# FORSCHUNGS FORUM

## PADERBORN

UNIVERSITÄT PADERBORN
*Die Universität der Informationsgesellschaft*

9-2006

PADERBORNER UNIVERSITÄTSMAGAZIN

- Siedende Kunststoffe
- „FRÄULEINS“ UND GIs
- Spannungsfeld Berufsschullehrer
- Generation XXL
- Intelligente Maschinen
- Outsourcing im Bankenbereich

# Very British!

## Von Paderborn/Lippstadt:

## London
## Manchester
## Bournemouth
## Glasgow*

ab **€ 29,–**

* Glasgow und Manchester via London ab € 49
One-Way-Komplettpreis für ausgesuchte Abflüge

**Hotline:**
**01805 737 800**
(0,12 €/Min)

Alle Flüge sind ab sofort buchbar.
Nähere Informationen erhalten Sie
unter www.airberlin.com
über die Hotline oder in Ihrem Reisebüro.

**FLUGHAFEN PADERBORN/LIPPSTADT**

**Informationen erhalten Sie unter 02955/77 0 oder besuchen Sie uns unter www.flughafen-paderborn-lippstadt.de**

## IMPRESSUM

**Herausgeber**
Prof. Dr. Nikolaus Risch
Rektor der Universität Paderborn

**Konzeption und Redaktion**
Ramona Wiesner
Leiterin des Referats Hochschulmarketing
und Universitätszeitschrift
Warburger Str. 100, 33098 Paderborn
Tel.: 05251/60 2553, 3880
E-Mail: wiesner@zv.uni-paderborn.de
http://www.uni-paderborn.de/hochschulmarketing/

**ForschungsForum Paderborn (ffp) im Internet**
http://www.uni-paderborn.de/ffp/

**Wissenschaftlicher Beirat**
Prof. Dr. Gitta Domik
Prof. Dr. Jörg Jarnut
Prof. Dr. Klaus Meerkötter
Prof. Dr. Winfried Reiß
Prof. Dr. Wilhelm Schäfer
Prof. Dr. Jürgen Voß
Prof. Dr. Jörg Wallaschek
Prof. Dr. Gerhard Wortmann

**Drucklegung**
Januar 2006

ISSN (Print) 1435-3709

**Layout**
PADA-Werbeagentur
Heierswall 2, 33098 Paderborn

**Anzeigenverwaltung**
PADA-Marketingverlag
Heierswall 2, 33098 Paderborn
Tel.: 05251/527577

**Auflage**
5 000

## Titel

Blasenbildung über einem Heizrohr in einem Gemisch aus Pentan und Silikonöl, Lehrstuhl für Thermodynamik und Energietechnik (Seite 6), Foto: Dipl. Phys.-Ing. Elmar Baumhögger

## Editorial

Ramona Wiesner
Referentin für Öffentlichkeitsarbeit

Liebe Leserinnen und Leser,

Kindheit und Jugend werden unbewusst in Verbindung gebracht mit Gesundheit, Schönheit und Leichtigkeit. Aber wie sieht es in Wahrheit aus? Verfügt der Mensch nicht erst im Alter über ausreichend Erfahrung und Lebenssinn, um bewusst auf seine Gesundheit zu achten – für Schönheit und Leichtigkeit ein Leben lang? Wird der Grundstein für ein gesundes Leben bereits in der Kindheit gelegt? Wie sieht ein gesundes Leben aus und besteht eine Verbindung zu den jeweiligen gesellschaftlichen Verhältnissen und Lebensumständen? Eine sportwissenschaftliche Untersuchung ergab, dass nahezu 20 Prozent der deutschen Kinder übergewichtig sind und eine vermeintliche „Generation XXL“ heranwächst (Seite 12).

Siedende Flüssigkeiten spielen in unser aller Leben eine entscheidende Rolle, auch wenn wir uns dessen nur selten bewusst sind. Die Reihe der Beispiele reicht vom Kochtopf bis hin zu Kraftwerksprozessen – ohne Dampf funktionieren viele Prozesse nicht. Meistens verdampfen dabei Wasser oder andere dünnflüssige Stoffe. Was ist aber, wenn der siedende Stoff um ein Vielfaches zäher ist als Honig? Haben wir es dann noch mit den gleichen physikalischen Effekten zu tun? Können die Formeln, mit denen Ingenieure Kraftwerksverdampfer auslegen, noch angewandt werden? Solche Fragestellungen ergeben sich zum Beispiel bei der Herstellung von Kunststoffen und sind für die Wissenschaftler des Lehrstuhls für Thermodynamik und Energietechnik Grund genug, sich mit dem Sieden sehr zähflüssiger Gemische zu beschäftigen (Seite 6).

Klischeebilder fallen in der Regel nicht vom Himmel, sondern haben meistens einen geschichtlichen Hintergrund. Noch hält sich das scheinbare Klischee vom katholischen „schwarzen Paderborn“. Dabei wird kaum unterschieden zwischen Voreingenommenheit und Realität. So steht das „schwarze Paderborn“ bei einigen Paderbornern und Nicht-Paderbornern für ein vermeintlich negatives Image. In der modernen Zeit ist Paderborn jedoch längst nicht mehr nur Domstadt, sondern vor allem auch gefragte Universitätsstadt. Was hat es nun konkret auf sich – mit diesem Klischee? Überraschende Antworten geben kommunikationsgeschichtliche Forschungen zu antikatholischen Klischeebildern (Seite 18).

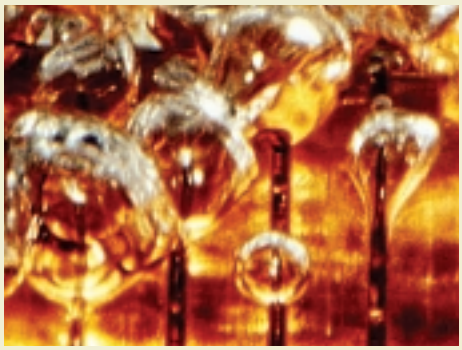
Liebe Leserinnen, liebe Leser, das „ForschungsForum Paderborn“ erscheint einmal pro Jahr. Vor Ihnen liegt die neunte Ausgabe – mit dem nächsten Heft begehen wir bereits ein kleines Jubiläum.

Viel Spaß beim Lesen.

Ihre Ramona Wiesner

Seite 6

**Siedende Kunststoffe**
*An der Schnittstelle von Verfahrens- und Kunststofftechnik*
Prof. Dr.-Ing. Roland Span, Dipl.-Ing. Marcus Wienecke,
Dipl.-Ing. Mandy Gerber
Fakultät für Maschinenbau



Seite 12

**Generation XXL**
*Übergewicht im Kindesalter: Prävalenz, Ursachen, Folgen*
Prof. Dr. päd. Wolf-Dietrich Brettschneider, Andrea Bünemann
Fakultät für Naturwissenschaften

Seite 18

**Das „schwarze Paderborn“**
*Kommunikationsgeschichtliche Forschungen*
*zu antikatholischen Klischeebildern*
Prof. Dr. phil. Dietmar Klenke
Fakultät für Kulturwissenschaften

Seite 22

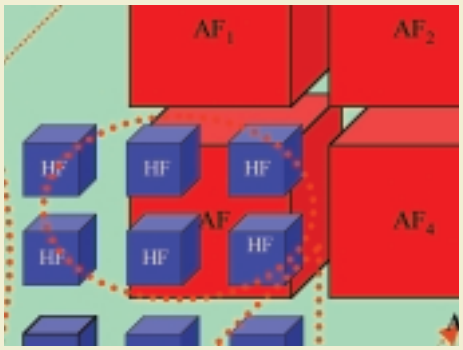
**Jean-Paul Sartre und die deutsche Okkupation**
*Zur sozialpsychologischen Dimension seines Erfolgs*
Prof. Dr. phil. Ingrid Galster
Fakultät für Kulturwissenschaften

Seite 26

**„FRÄULEINS“ UND GIs**
*Besonderheiten einer historischen Situation*
Prof. Dr. rer. soc. Annette Brauerhoch
Fakultät für Kulturwissenschaften

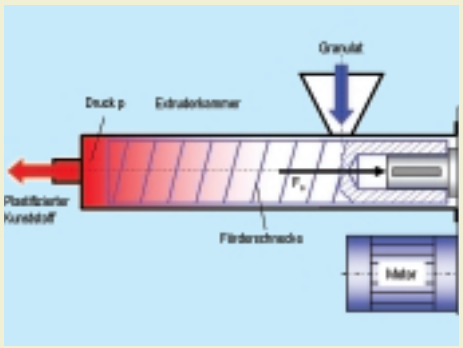
Seite 32

**Der Modellversuch FiT**
*Berufsschullehrerbildung im Spannungsfeld von Qualität und Quantität*
**Prof. Dr. rer. pol. Peter F. E. Sloane, Eva M. Hertle**
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften




Seite 38

**Dynamische Laufzeitprognose bei Extrudergetrieben**
*Umsetzung ingenieurwissenschaftlichen Wissens in die industrielle Anwendung*
**Prof. Dr.-Ing. Detmar Zimmer,**
**Dr.-Ing. Jianquan Bo (jetzt CDTF, Qingdao)**
Fakultät für Maschinenbau

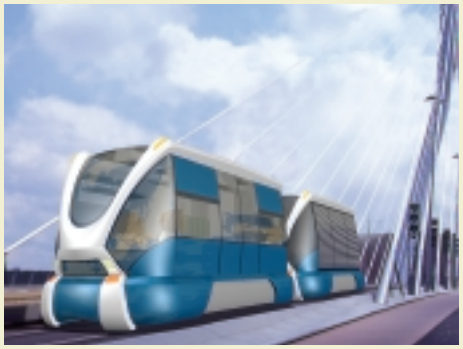



Seite 44

**Qubits im Nanokosmos**
*Der Aufbruch in die Welt der Quanten*
**Prof. Dr. rer. nat. Artur Zrenner**
Fakultät für Naturwissenschaften

Seite 50

**Selbstoptimierung im Maschinenbau**
*Auf dem Weg zu den Maschinen von übermorgen*
**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Prof. Dr. rer. nat. Franz-J. Rammig, Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer**
Fakultät für Maschinenbau,
Fakultät für Elektrotechnik, Informatik und Mathematik



Seite 56

**Outsourcing im Bankenbereich**
*Vertrauen ist gut – aber ist Kontrolle wirklich besser?*
**Prof. Dr. rer. pol. Thomas Mellewigt**
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Das « Wir machen den Weg frei » Prinzip
200 Tausend Kunden, 90 Tausend Mitglieder, ein Prinzip.
Das Ergebnis: Einzigartige Kundennähe
Volksbank
Paderborn-Höxter
www.vb-paderborn-hoexter.de
mit uns zum Erfolg

Prof. Dr. Wilhelm Schäfer

## Vorwort

*Liebe Leserin, lieber Leser,*

*bereits im letzten Vorwort des „ForschungsForum Paderborn" habe ich ausführlich zu der damals noch geplanten „Exzellenzinitiative" Stellung genommen. Inzwischen ist das von Bund und Ländern verabschiedete 1,9-Milliarden-Euro-Programm zur Förderung und zum Ausbau von Spitzenforschung an deutschen Universitäten ausgeschrieben. In einem zweistufigen Verfahren sind in der ersten Runde ca. 300 Bewerbungen (für die drei ausgeschriebenen Förderlinien) bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft eingegangen. Aus diesen jeweils 25-seitigen Antragsskizzen hat eine große Zahl internationaler Gutachter ca. 80 Skizzen ausgewählt, die dann in einer Langfassung bis April 2006 zur weiteren Begutachtung eingereicht werden. Letztlich wird etwa die Hälfte dieser Anträge genehmigt. Eine Entscheidung wird für Oktober 2006 erwartet. Da in diesem Jahr nur etwa die Hälfte der 1,9 Milliarden Euro verplant werden soll, gibt es in 2007 eine zweite Chance für alle, die in der ersten Runde nicht zum Zug gekommen sind.*

*Da der „Löwenanteil" in der ersten Runde wahrscheinlich auf die Medizin sowie die Lebens- und Naturwissenschaften und damit einhergehend auf die Universitäten entfallen wird, die sich in der 3. Förderlinie für den Ausbau der projektbezogenen Förderung von Spitzenforschung (in der Presse als Konzept für eine „Eliteuniversität" bezeichnet) beworben haben, hatte die Universität Paderborn von vornherein in dieser ersten Runde mit ihren im Exzellenzbereich stark technisch geprägten Fächern eher einen Nachteil. Außerdem kommt aufgrund ihrer Größe und der damit verbundenen notwendigen Konzentration auf relativ wenige Fächer eine Bewerbung in der 3. Förderlinie nicht in Frage.*

*Trotzdem hat sich die Universität mit drei Anträgen beteiligt. Der umfangreichste stammt nicht überraschend aus dem Bereich Informatik/Ingenieurwissenschaften in Verbindung mit Mathematik und Wirtschaftsinformatik zum Thema „Selbstkoordinierende verteilte, eingebettete Systeme". Dieser Antrag basiert auf den bereits vorhandenen zwei Sonderforschungsbereichen, mehreren (internationalen) Promotionskollegs und der traditionell guten Kooperation mit heimischen Industriefirmen, die sich insbesondere im C-Lab, der Innovationswerkstatt von Siemens und der Universität, dem L-Lab, dem gemeinsam mit der Firma Hella betriebenen Forschungslabor zum Thema Licht und dem kürzlich mit sechs Industriepartnern gegründeten s-lab zum Thema Softwarequalität sowie dem Fraunhofer Anwendungszentrum in der Logistik niederschlägt. Aber auch unter Federführung der Physiker ist ein Antrag im Bereich Materialwissenschaften entstanden und das PLAZ (Paderborner Lehrerausbildungszentrum) hat einen Antrag zum Thema „Professional School of Education" koordiniert.*

*Da selbst einige der „großen" Universitäten „nur" etwa sechs bis acht Anträge eingereicht haben, ist das Zustandekommen von drei Anträgen, die die Exzellenzbereiche der hiesigen Universität repräsentieren, sicherlich mehr als man ursprünglich erwarten konnte. Auch wenn sie in der ersten Runde nicht zum Zug gekommen sind, ergeben sich auf dieser Basis aber doch Chancen für die in 2007 avisierte Ausschreibung. In jedem Fall wird die Universität ihre Exzellenzbereiche nachdrücklich unterstützen, selbst wenn sie in der ja letztlich „hoffnungslos überbuchten" Exzellenzinitiative nicht gefördert werden sollten. (In der ersten Runde sind von insgesamt 74 Universitäten, die Anträge eingereicht haben, noch 36 übrig, die eventuell gefördert werden. Bis zum Abschluss der ersten Runde wird aber noch einmal fast die Hälfte dieser 36 ausscheiden.)*

*Sie finden in diesem Heft eine Reihe von Beiträgen, die zum Teil den angesprochenen Exzellenzbereichen entstammen, aber auch Beiträge über ebenso interessante und herausragende Forschungsergebnisse aus Bereichen, die durch ihre Größe nicht über genügend kritische Masse verfügen, um einen Antrag im Rahmen der Exzellenzinitiative zu stellen; ein Fakt, dem jede kleinere Universität, die sich letztlich nur eine gewisse Anzahl von Profil bildenden Schwerpunkten leisten kann, Rechnung tragen muss.*

*Wilhelm Schäfer*
*Prorektor für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchs*

# Siedende Kunststoffe

## *An der Schnittstelle von Verfahrens- und Kunststofftechnik*

**Die Übertragung von Wärme spielt in einer Vielzahl von alltäglichen Anwendungen eine entscheidende Rolle – vom Heizkörper bis zum Kühlkreislauf unserer Autos. Wird Wärme, wie zum Beispiel in einem Kühlschrank oder einer Klimaanlage, an eine verdampfende Flüssigkeit abgegeben, sprechen wir von „Wärmeübertragung beim Sieden". Diese Art der Wärmeübertragung ist stets auch mit „Stoffübertragung" gekoppelt, weil dabei Moleküle aus der Flüssigkeit in den Dampf übergehen müssen. Technisch ist das Sieden von so großer Bedeutung, dass es seit Jahrzehnten intensiv untersucht wird. Allerdings beschränken sich diese Arbeiten bis heute fast ausschließlich auf Flüssigkeiten mit geringer Viskosität. Die Grundlagen des Siedens sehr zäher Flüssigkeiten, wie sie z. B. in der Lebensmittel- oder der Kunststofftechnik vorkommen, sind bisher kaum untersucht worden. Diese Lücke will der Lehrstuhl für Thermodynamik und Energietechnik nun schließen.**

### Wärmeübertragung beim Sieden

Die Übertragung von Wärme an siedende Flüssigkeiten spielt in einer Vielzahl von technischen Prozessen und für deren Auslegung eine entscheidende Rolle – das Spektrum reicht von der Wahl des richtigen Kochtopfes für eine bestimmte Herdplatte über die Auslegung des Verdampfers, der in einem Kühlschrank die Wärme aufnimmt und damit den Kühlraum abkühlt, bis hin zu den riesigen Dampferzeugern von Kraftwerken, in denen so viel Wärme übertragen wird, wie an kalten Wintertagen für die Beheizung von 500 000 Einfamilienhäusern gebraucht wird. Ein großer Teil der Verluste, die in solchen Prozessen entstehen, geht zu Lasten von Widerständen bei der Wärmeübertragung. In Kraftwerksprozessen reduzieren diese Widerstände die Nutzbarkeit der zur Verfügung stehenden Wärme. In Kälte- und Klimaprozessen führen sie dazu, dass der Kompressor mehr Antriebsleistung aufnimmt, als eigentlich notwendig. Die Verbreitung von Prozessen, bei denen Wärme an eine siedende Flüssigkeit abgegeben wird, ist so groß, dass die weitere Optimierung dieses Prozesses einen wichtigen Beitrag zur rationellen Nutzung unserer Energieressourcen leisten kann.

Kein Wunder also, dass technische Siedeprozesse seit Jahrzehnten eines der zentralen Arbeitsgebiete der „Thermodynamik" sind. Unter Leitung des 2002 emeritierten, aber bis heute wissenschaftlich aktiven Dieter Gorenflo hatte sich der damalige Lehrstuhl für Wärme- und Kältetechnik der Universität Paderborn insbesondere mit Blick auf die experimentelle Untersuchung von Siedeprozessen eine international herausragende Stellung erarbeitet. Im Mittelpunkt dieser Arbeiten standen kälte- und klima-

**Prof. Dr.-Ing. Roland Span** ist seit 2002 Professor für Thermodynamik und Energietechnik und leitet an der Fakultät für Maschinenbau den gleichnamigen Lehrstuhl. Nach einer Habilitation im Bereich der Stoffdatenforschung und energietechnischen Arbeiten im Forschungszentrum von ALSTOM in der Schweiz hat er sich in Paderborn auch der unter seinem Vorgänger, Prof. Dr.-Ing Dieter Gorenflo, bereits etablierten Forschungsschwerpunkte angenommen. Über aktuelle Entwicklungen in einem dieser Arbeitsgebiete berichtet er in diesem Heft.

Abb. 1: Blasensieden eines Kältemittels an einem Hochleistungs-Verdampferrohr.

technisch relevante Stoffe und Verdampfertypen (Abbildung 1). An anderen Universitäten wurden intensiv die Siedevorgänge in den Dampferzeugern von Kraftwerken untersucht. Trotzdem bleiben aber auch in diesen Bereichen noch große Wissenslücken. Der Prozess der Wärmeübertragung beim Sieden ist so komplex, hat so viele schwer beschreibbare Einflussgrößen, dass die Erkenntnisse aus experimentellen Arbeiten an anwendungsnah gestalteten Verdampfern und die Erkenntnisse von Simulationsrechnungen an einzelnen oder kleinen Gruppen von Blasen nur sehr langsam konvergieren.

Noch sehr viel schlechter ist der Stand des Wissens, wenn es um das Sieden von Flüssigkeiten mit hoher Viskosität geht. Solche Flüssigkeiten kommen zum Beispiel in der Lebensmitteltechnik vor, wenn Lebensmittel wie Marmelade eingedickt werden, oder in der Polymertechnik, wenn aus den Polymeren nach dem Herstellungsprozess Lösungsmittel und die im Produktionsprozess übrig gebliebenen Ausgangsstoffe (Monomere) entfernt werden. Die entsprechenden Verfahren sind technisch seit langem etabliert, ohne dass aber die darin ablaufenden Prozesse im Detail modelliert werden könnten. Der Zwang zu einer weiteren Optimierung der technischen Prozesse, die nur mit einem grundlegenden Prozessverständnis gelingen kann, resultiert in diesen Fällen nicht primär aus dem Zwang zur rationellen Energienutzung. Vielmehr müssen für eine schonende Behandlung der thermisch instabilen Produkte zu hohe Spitzentemperaturen an der Wand vermieden werden, ohne dabei die Wärmestromdichte (den Wärmestrom pro $m^2$ Übertragungsfläche) zu reduzieren. Wirtschaftlich konkurrenzfähig sind nur Anlagen mit hoher Produktqualität, also mit niedrigen Spitzentemperaturen, und niedrigen Investitionskosten, also mit einer kleinen Wärmeübertragungsfläche – die führt aber automatisch zu höheren Wandtemperaturen.

## Polymertechnik an der Universität Paderborn

Die Beschäftigung mit grundlegenden Aspekten der Wärme- und Stoffübertragung beim Sieden hochviskoser Fluide geht in Paderborn von Fragestellungen im Bereich der Polymertechnik aus – einem seit langem in Paderborn etablierten Forschungsschwerpunkt, der sich mehr und mehr über Instituts- und Fakultätsgrenzen hinweg zu einem Profil bildenden Element Paderborner Forschung entwickelt. Dabei geht es nicht isoliert um die Synthese von Polymeren, deren Aufbereitung, Verarbeitung oder Einsatz in technischen Produkten – Polymertechnik ist die Synthese von all diesen Aspekten, und so wird sie an der Universität Paderborn auch verstanden.

Im Department für Chemie arbeitet die Technische Chemie unter Leitung von Hans-Joachim Warnecke zum Beispiel an Fragen der Polymerreaktionstechnik. Im gleichen Fachgebiet beschäftigt sich Wolfgang Bremser mit der Chemie und Technologie von Beschichtungsstoffen – ein Arbeitsgebiet, das, einmalig in Deutschland, auch in einem eigenständigen Studiengang aufgegriffen wird. Im Bereich der Grundlagen polymerer Strukturen arbeiten die Gruppen von Claudia Schmidt und Klaus Huber. Am Institut für Energie- und Verfahrenstechnik der Fakultät für Maschinenbau beschäftigt sich neben dem Lehrstuhl für Thermodynamik und Energietechnik auch der Lehrstuhl für Mechanische Verfahrenstechnik und Umweltverfahrenstechnik unter Leitung von Manfred Pahl intensiv mit Fragestel-

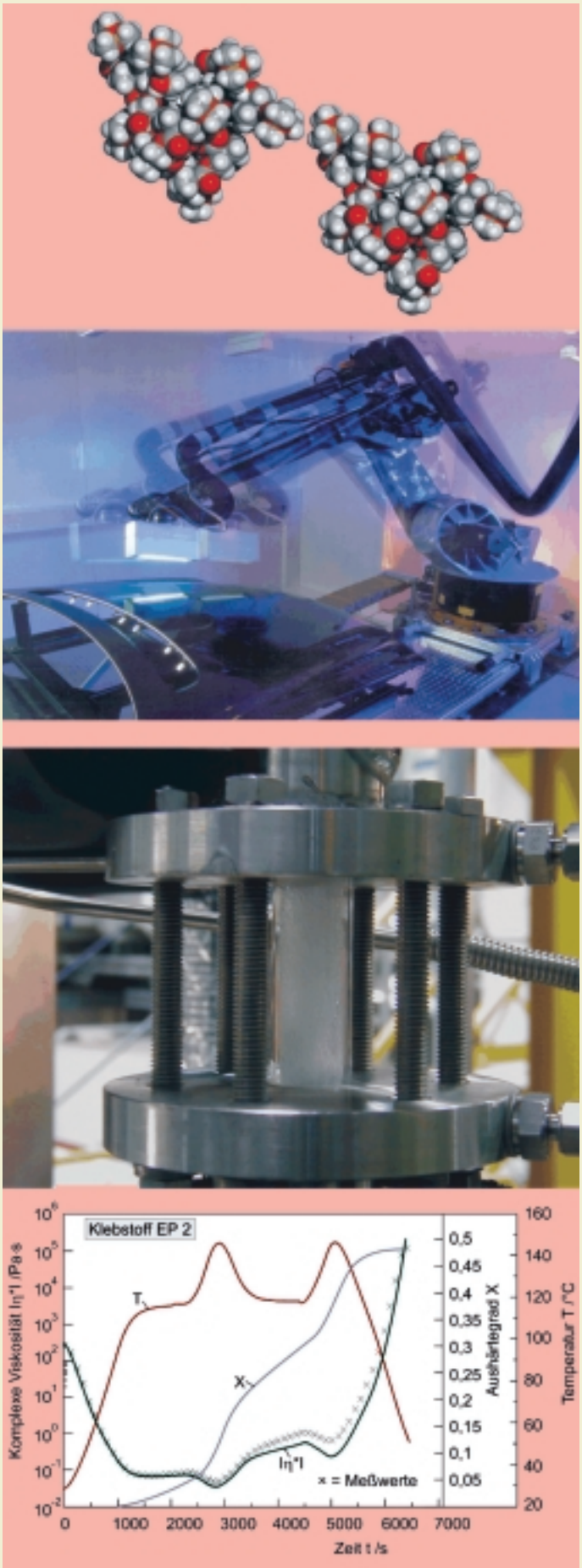



Abb. 2: Impressionen Paderborner Polymertechnik (von oben nach unten): Aufbau von Polymermolekülen. Automatische Verarbeitung UV härtender Lacke. Beobachtung einer hochviskosen Zweiphasenströmung. Zusammenhang zwischen Temperatur T, Vernetzungsgrad X und Viskosität η.

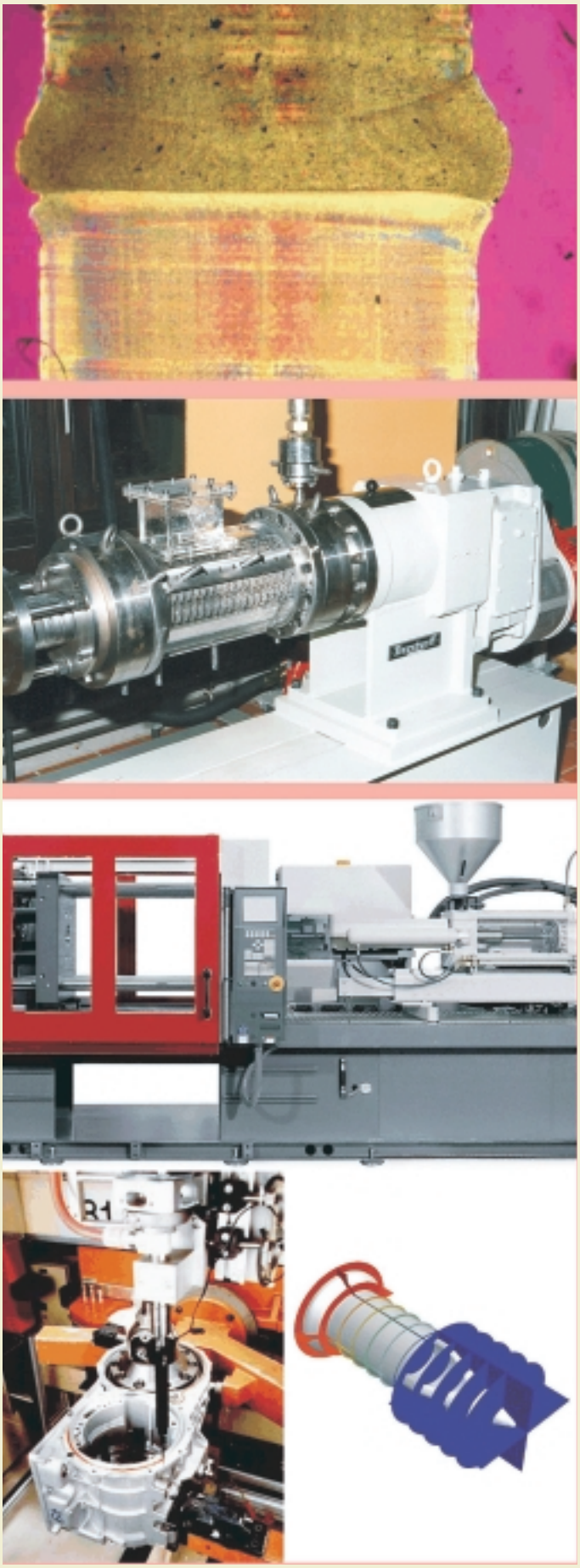


Abb. 3: Impressionen Paderborner Polymertechnik (von oben nach unten): Dünnschliff einer Kunststoff-Schweißnaht. Modellextruder für Strömungsuntersuchungen. Detail einer Spritzgießmaschine. Abdichten eines Motorblocks. Simulation von Teilprozessen beim Spritzgießen.

lungen der Polymertechnik, von der Rheologie über die Entgasung in Extrudern bis hin zur Verwendung von Polymeren als Klebstoff und Dichtungsmasse. Fragestellungen der Fügbarkeit, der Bauteil- und der Werkstoffeigenschaften stehen am Lehrstuhl für Werkstoff und Fügetechnik unter Leitung von Ortwin Hahn und am Lehrstuhl für Werkstoffkunde unter Leitung von Hans Jürgen Maier im Vordergrund; beide gehören zum Institut für Prozess- und Werkstofftechnik. Und schließlich beschäftigt sich das in diesem Bereich international renommierte Institut für Kunststofftechnik unter Leitung von Helmut Potente mit der detaillierten Modellierung polymertechnischer Produktionsprozesse, vom Granulat oder Kautschuk über die Auslegung der Anlagentechnik bis hin zu den Eigenschaften des fertigen Produkts (Abbildungen 2 und 3).

Am Lehrstuhl für Thermodynamik und Energietechnik hat sich die Beschäftigung mit der Wärme- und Stoffübertragung beim Sieden hochviskoser Fluide aus einer Zusammenarbeit mit der Hochviskostechnik der Bayer Technology Services GmbH (BTS) in Leverkusen entwickelt. In enger Kooperation mit den Kollegen von BTS wurde eine Apparatur aufgebaut, mit der die Entgasung von Polymerschmelzen in Rohrbündelapparaten im Detail untersucht werden kann [1]. Verwendet wird dazu eine von innen beheizte Ringspaltgeometrie mit in regelmäßigen Abständen angebrachten Glassegmenten, die eine genaue Beobachtung des Siedeprozesses ermöglichen. Mit zahlreichen, entlang der Strecke angebrachten Drucksensoren, über siebzig Messstellen für lokale Temperaturen und der Möglichkeit, Strömungsverhältnisse mit Video- und Hochgeschwindigkeitskameras aufzuzeichnen, lässt sich mit dieser Anlage das Strömungssieden eines hochviskosen Gemisches in industriell relevanten Parameterbereichen detaillierter untersuchen als je zuvor. Eine parallel verlaufende, von außen mit Dampf beheizte Rohrstrecke stellt sicher, dass die im Ringspalt gewonnenen Ergebnisse auch wirklich auf Rohrbündelapparate übertragbar sind. Abbildung 4 verdeutlicht die Dimensionen und die Komplexität dieser Versuchsanlage, mit der Experimente an der Schnittstelle von Verfahrens- und Kunststofftechnik durchgeführt werden: Das eintretende Gemisch aus Pentan und einem Silikonöl simuliert ein Gemisch aus Polymer, Monomer und Lösungsmitteln, wie es als Ergebnis der verfahrenstechnischen Herstellung von Polymeren anfällt. Das aus der Anlage austretende, fast reine Silikonöl hat eine Viskosität, die bereits zehnmal höher ist als die von Honig und entspricht der Polymerschmelze, die im industriellen Prozess vom Rohrbündelapparat zur Restentgasung in die Extruder gelangt, ehe der eigentliche kunststofftechnische Produktionsprozess beginnt.

## Eine ganz andere Physik

Eine eigentlich gar nicht überraschende, aber in dieser Konsequenz doch unerwartete Erkenntnis aus den Experimenten zum Strömungssieden hochviskoser Fluide ist, dass dieser Prozess von ganz anderen physikalischen Effekten dominiert wird, als das Strömungssieden niedrigviskoser Flüssigkeiten. Zum einen verdampft das Gemisch nicht vollständig. Die Gasphase enthält praktisch nur Pentan, das extrem schwer siedende Silikonöl bleibt als hochviskose flüssige Phase zurück. Dadurch entsteht zum Ende des Verdampfungsprozesses statt einer reinen Gasströmung eine zähe Schaumströmung, die wesentlichen Anteil am

Abb. 4: Oben: Elmar Baumhögger, Marcus Wienecke und Thorsten Föhrer (v. l.) bei der Arbeit an der geöffneten Klimakammer der Versuchsanlage zur Untersuchung des Strömungssiedens hochviskoser Gemische. Unten: Elmar Baumhögger bei der Arbeit an Verstärkerkarten der elektronischen Messdatenerfassung.

Druckabfall entlang der Versuchsstrecke hat. Bei niedrigen Heizraten überlagern sich durch den starken Druckgradienten Effekte des Strömungssiedens und der Flashverdampfung.
Versuche, bekannte Korrelationen für die Beschreibung von Siedeprozessen in durchströmten, von außen beheizten Rohren durch die Einführung viskositätsabhängiger Terme so zu modifizieren, dass sie die Ergebnisse der Messungen wiedergeben, sind zunächst gescheitert. Gravierende Probleme traten dabei nicht nur im Bereich der hochviskosen Schaumströmung am Ende der Versuchsstrecke auf, sondern auch in dem Bereich, in dem die zunächst homogene Flüssigkeit so weit aufgeheizt ist, dass sich die ersten Blasen bilden (einsetzendes Blasensieden).
Eine erste Hypothese zur Erklärung dieser Beobachtung war, dass auch der Effekt der Blasenbildung ein anderer sein müsse, als bei niedrigviskosen Flüssigkeiten. Und in der Tat konnten optische Untersuchungen der Blasenbildung mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeitskamera diese Hypothese stützen. Abbildung 5 zeigt ein Beispiel für solche Unterschiede in der Blasenbildung. Bei niedrigviskosen Flüssigkeiten spielen mikroskopisch kleine Unebenheiten in der Heizwandfläche eine entscheidende Rolle für die Blasenbildung. Die „Keimstellen“ für die Blasenbildung ergeben sich aus Oberflächeneigenschaften und bleiben daher ortsfest – so wie im Sektglas die Perlen auch immer an den gleichen Stellen der Wand entstehen. Neben diesen ortsfesten Keimstellen wurden beim Strömungssieden hochviskoser Flüssigkeiten jetzt erstmals wandernde Keimstellen beobachtet. Hier bilden sich neue Blasen aus kleinen Gasresten, die wahrscheinlich wegen der großen Wandkräfte der Strömung nicht ortsfest an einer Vertiefung der Heizwand bleiben, sondern in Strömungsrichtung wandern.

## Von der Anwendung zu den Grundlagen

Diese und ähnliche Beobachtungen machen deutlich, dass eine Beschreibung technisch relevanter Siedeprozesse mit hochviskosen Medien nicht gelingen kann, ohne die Grundlagen dieser Art von Siedeprozessen systematisch zu untersuchen. Fragen wie die nach dem Oberflächeneinfluss bei der Keimbildung oder nach der möglichen Ausbildung praktisch vollständig entgaster Grenzschichten auf der Rohroberfläche müssen beantwortet werden, ehe die Modellierung des technischen Prozesses gelingen kann.
Vorarbeiten zu einer solchen systematischen Untersuchung [2], die eigentlich nur der Erschließung von Fördermitteln für die weitere Arbeit dienen sollten, haben inzwischen dazu geführt, dass sich der Blickwinkel auf das Sieden hochviskoser Gemische noch einmal geändert hat. Es geht nicht mehr darum, „nur“ die Grundlagen für das Verständnis eines technischen Prozesses zu legen. Vielmehr hat sich gezeigt, dass die Untersuchung hochviskoser Gemische wichtige Beiträge zum Verständnis des Siedeprozesses an sich liefern kann. Dabei stehen zwei Argumente im Vordergrund:
In hochviskosen Gemischen laufen die meisten Einzelprozesse des Siedens sehr viel langsamer ab, als in niedrigviskosen Gemischen (so wie Luftblasen in Honig ja auch langsamer aufsteigen als in Wasser). Vorgänge, die in niedrigviskosen Gemischen sehr schnell ablaufen und darum messtechnisch extrem schwer zu erfassen sind, lassen sich in hochviskosen Gemischen mit vergleichsweise geringem Aufwand analysieren.
Beim Sieden hochviskoser Gemische werden Effekte erwartet, die in niedrigviskosen Gemischen in dieser Form nicht zu beobachten sind. Effekte dieser Art sind zwar postuliert worden [2], konnten bisher aber nur in einem einzigen Fall experimentell nachgewiesen werden. Die Existenz von Effekten, die nur beim Sieden hochviskoser Gemische auftreten, kann dazu dienen, die Plausibilität von Annahmen zu überprüfen, mit denen der Viskositätseinfluss in theoretischen Siedemodellen berücksichtigt wird.

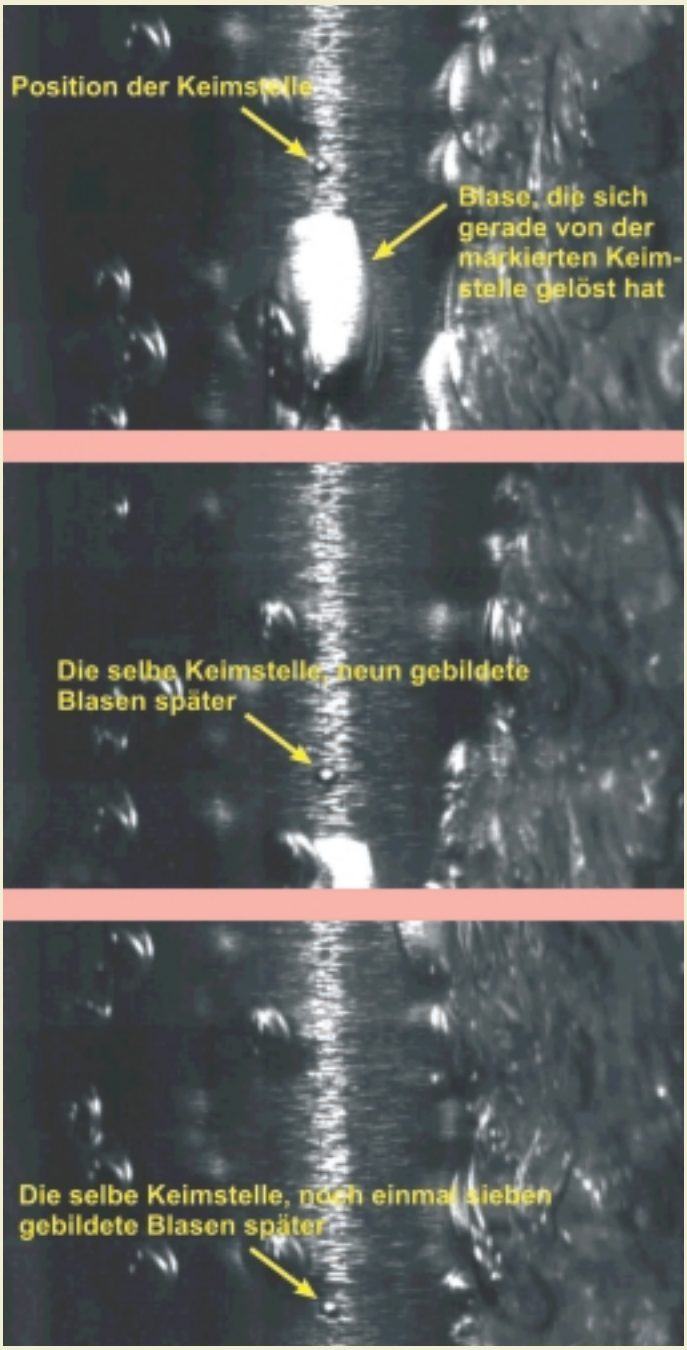



Abb. 5: Die Auswertung der Hochgeschwindigkeitsaufnahme macht deutlich, dass beim hochviskosen Strömungssieden eine neue Art von Keimstellen auftritt, die in Strömungsrichtung wandert.

Abb. 6: Entstehung einer Blase in der homogenen Flüssigkeit.

Das inzwischen experimentell verifizierte Beispiel für einen Effekt von grundlegender Bedeutung, der beim Sieden an einem Heizrohr (Behältersieden oder „Pool Boiling“ im Gegensatz zum Strömungssieden) für niedrigviskose reine Stoffe oder Gemische nicht auftritt, ist in Abbildung 6 dargestellt. Hier bildet sich in einiger Entfernung von der Rohroberfläche aus einem mikroskopisch kleinen Gasrest einer vorhergehenden Blase eine neue Blase. In niedrigviskosen Flüssigkeiten kann es in der Wirbelschleppe von Blasen zwar auch zur Abspaltung kleiner Gasreste kommen, doch kondensieren diese Gasreste wieder. Mikroskopisch kleine Blasen sind nur stabil, wenn die Flüssigkeit gegenüber der Siedetemperatur weit überhitzt ist. Beim Sieden hochviskoser Fluide ergeben sich an der Heizfläche solch große Überhitzungen. In der Konsequenz könnte es vor allem bei geringen Lösemittelgehalten und hohen Wärmestromdichten dazu kommen, dass sich um das Heizrohr eine praktisch vollständig entgaste, weit überhitzte Schicht hochviskoser Flüssigkeit bildet und die Blasenbildung in die homogene Flüssigkeit verlegt wird. Sollte sich diese Vermutung bestätigen, wäre eine neue Form der kritischen Wärmestromdichte beim Sieden gefunden, deren Existenz natürlich auch Auswirkungen auf die technischen Prozesse hätte, von denen wir ausgegangen sind – hohe Spitzentemperaturen an der Wand vertragen Polymere nun einmal nicht. Hier schließt sich also der Kreis von der Anwendung zu den Grundlagen und zurück zur Anwendung.

**Literatur**

[1] M. Wienecke, A. Luke, D. Gorenflo und R. Span: Flow boiling of highly viscous fluids in a vertical annular tube. J. Chem. Eng. Res. and Design, 83, 1044-1051 (2005).

[2] M. Gerber und R. Span: A concept for measuring heat transfer in highly viscous mixtures. In: N. Kasagi, S. Maruyama, H. Yoshida und T. Inoue: Proc. 6th World Conf. Exp. Heat Transfer, Fluid Mechanics and Thermodynamics, Matsushima, Japan (2005).

**Dipl.-Ing. Marcus Wienecke** ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Thermodynamik und Energietechnik. Er promoviert zurzeit mit seinen Arbeiten zum Aufbau und Betrieb der oben beschriebenen Anlage zur Untersuchung des Strömungssiedens hochviskoser Fluide.

**Dipl.-Ing. Mandy Gerber** ist Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Thermodynamik und Energietechnik. Mit Ihren Arbeiten zur Untersuchung der Effekte beim Sieden hochviskoser Gemische hat sie die stärker von grundlegenden Fragestellungen bestimmten Forschungsansätze zu dieser Thematik entscheidend mitgeprägt.

***Bestimmen Sie mit uns die Trends in der Automobilelektronik und Lichttechnik.***

*Als einer der größten und innovativsten Automobilzulieferer der Welt entwickeln wir die Trends der Zukunft, z. B. in den Bereichen Lichttechnik, Mechatronik und elektronische Systeme. Wir sind erfolgreich, weil wir bei allen Produkten die Standards setzen – in punkto Qualität, Innovation und Kundenorientierung. An unseren internationalen Standorten genauso wie in unserer Zentrale in Lippstadt.*

HELLA®

***Ideen für das Auto der Zukunft***

## Hochschulabsolventen/
## Diplomanden und Praktikanten (m/w)

**Elektrotechnik** **Maschinenbau** **Mechatronik**

Sie haben Ihr Studium erfolgreich beendet und wollen jetzt richtig durchstarten. In einem Unternehmen, das Ihnen einfach mehr bietet. Hervorragende Entwicklungschancen für eine Karriere nach Maß. Ein Umfeld, welches Ihnen den notwendigen Freiraum für eigene Ideen bietet. In einem Unternehmen, das aus Tradition an der Spitze des technischen Fortschritts ist. Willkommen bei Hella!

Ihr Profil

- Überdurchschnittliche Studienleistungen
- Erste Praxiserfahrung, z. B. durch Praktika oder Ausbildung
- Begeisterung für Technik
- Gute Englischkenntnisse
- Hohe Motivation und Einsatzbereitschaft

Ohne Umwege zum Erfolg! Wir freuen uns auf Ihre vollständigen Bewerbungsunterlagen.

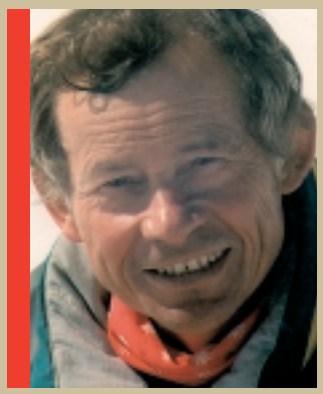
**Hella KGaA** Hueck & Co.
Frau Wencke Braun · Hochschulmarketing
Rixbecker Straße 75 · 59552 Lippstadt
Tel. (0 29 41) 38-11 55
E-Mail: wencke.braun@hella.com

**www.hella.de**

# Generation XXL

## *Übergewicht im Kindesalter: Prävalenz, Ursachen, Folgen*

**Kindheit und Jugend waren lange Zeit Begriffe, die mit Aktivitätsdrang und Gesundheit assoziiert wurden. Vor dem Hintergrund sich stetig verändernder Lebensverhältnisse in unserer Gesellschaft sind sowohl im Kindes- als auch im Jugendalter zunehmend Krankheiten zu verzeichnen, die bis vor kurzer Zeit in dieser Altersspanne nicht vorkamen. Dazu zählen psychosomatische Beschwerden. Zudem klagen unsere Kinder nicht selten über Erkrankungen des Herzkreislaufsystems oder Diabetes mellitus Typ 2, dessen umgangssprachliche Bezeichnung „Altersdiabetes" heute nicht mehr haltbar ist. Zivilisationserkrankungen dieser Art treten häufig in Verbindung mit Übergewicht auf, dessen Folgen für die individuelle Entwicklung wie auch für die Entwicklung der Gesellschaft und ihres Gesundheitssystems beträchtlich sind.**



**Prof. Dr. päd. Wolf-Dietrich Brettschneider** ist Professor für Sportwissenschaft. Seine Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich Jugend und Sport sowie im Bereich interkulturell vergleichender Studien. Er ist Mitglied im Direktorium des Bundesinstituts für Sportwissenschaft. Darüber hinaus ist er in mehreren nationalen und internationalen wissenschaftlichen Gremien und Beiräten tätig.

### Übergewicht – Prävalenz und Genese

Bei deutschen Kindern beträgt die Übergewichtsprävalenz derzeit 15-18 Prozent, mit einem 5-prozentigen Anteil fettleibiger – adipöser – Heranwachsender. Im europäischen Vergleich befinden sich die deutschen Kinder damit im Mittelfeld (Abbildung 1). Während etwa die Baltischen Staaten von juveniler Adipositas noch weitgehend verschont sind, erreichen die Prävalenzraten vor allem in südeuropäischen Staaten bereits amerikanische Größenordnungen (20-30 Prozent).

Betrachtet man die Entwicklung des Übergewichts im Altersverlauf, steigt die Prävalenz im Kindesalter zunächst deutlich an, stagniert oder nimmt in der Jugendphase wieder leicht ab, um mit dem Eintritt in das Erwachsenenalter wieder stark anzusteigen.

Zu Sorgen veranlasst aber nicht nur der hohe Anteil übergewichtiger Heranwachsender. Bedrohlich ist der rasche Anstieg dieses

Ein CD-Cover der Band „Fatboy Slim".

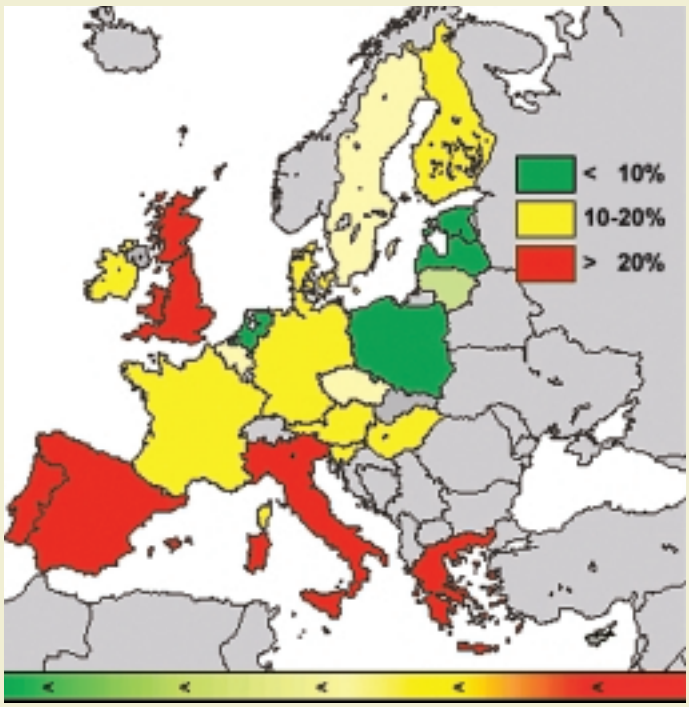



Abb. 1: 13- bis 15-jährige europäische Heranwachsende, die gemäß BMI übergewichtig/adipös sind (Brettschneider & Naul, 2004, erstellt nach Daten von Currie et al., 2004 und anderen).

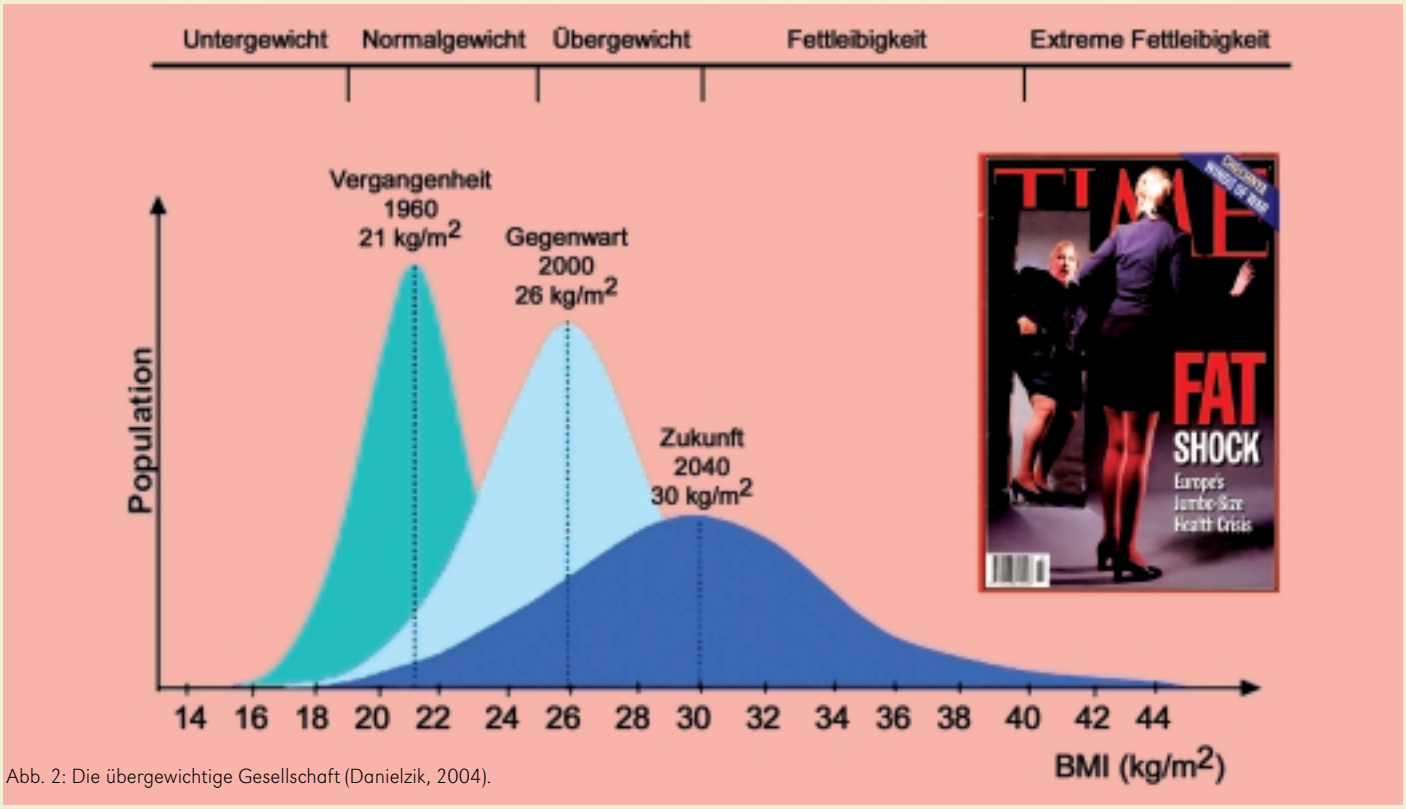



Abb. 2: Die übergewichtige Gesellschaft (Danielzik, 2004).

Gesundheitsproblems innerhalb der letzten Jahre bzw. Jahrzehnte (Abbildung 2). Im Zehnjahresvergleich ist für die „alten" EU-Länder eine Zunahme übergewichtiger Kinder von ca. 8 bis 10 Prozent zu verzeichnen (Brettschneider & Naul, 2004), wobei sich diese Tendenz gegenwärtig eher verstärkt als abschwächt. Verbunden mit der Zunahme des Übergewichts ist bei den Heranwachsenden in einer Zeitspanne von 25 Jahren eine Verringerung ihrer motorischen Leistungsfähigkeit von ca. 10 bis 15 Prozent festzustellen (Bös, 2003).

Die Ursache für die epidemische Verbreitung von Übergewicht und die daraus resultierenden Zivilisationskrankheiten ist in einem noch nicht entschlüsselten Zusammenspiel von genetischer Prädisposition und Umweltfaktoren zu suchen (Wabitsch, 2004). Da sich der menschliche Genpool aber im Laufe der letzten 10 000 Jahre substanziell kaum verändert hat, kommen die Gene als zentrale Ursache für den gegenwärtigen Anstieg von Übergewicht nicht in Frage. Größere Aufmerksamkeit verdienen daher die aktuellen Lebensverhältnisse und Lebensstile der Heranwachsenden, insbesondere ihre Ernährungsgewohnheiten und ihre körperlichen Aktivitäten. Als wichtiger Indikator für den steigenden Anteil des Körperfetts gilt eine zunehmend aus dem Gleichgewicht geratende Energiebalance – maßgeblich bestimmt durch die Nahrungsaufnahme auf der einen und die Energieabgabe in Form von körperlicher Aktivität auf der anderen Seite (Abbildung 3).

## Ernährungsverhalten

Ist ein Kind übergewichtig, gilt der erste Blick häufig der Ernährung. Allerdings ist eine alleinige Ursachenzuweisung in Richtung Energieaufnahme nicht haltbar. Zwar ist das Ernährungsverhalten der jungen Generation durchaus zu optimieren. Denn während Fleisch, Wurstwaren und Süßigkeiten in zu hohem Maße konsumiert werden, ist der Verzehr von Brot, Getreideprodukten, Kartoffeln, Nudeln und Reis zu gering (Abbildung 4).

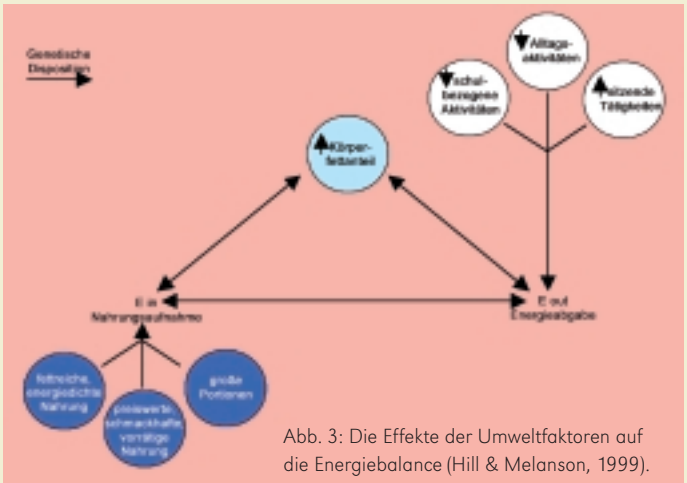


Abb. 3: Die Effekte der Umweltfaktoren auf die Energiebalance (Hill & Melanson, 1999).

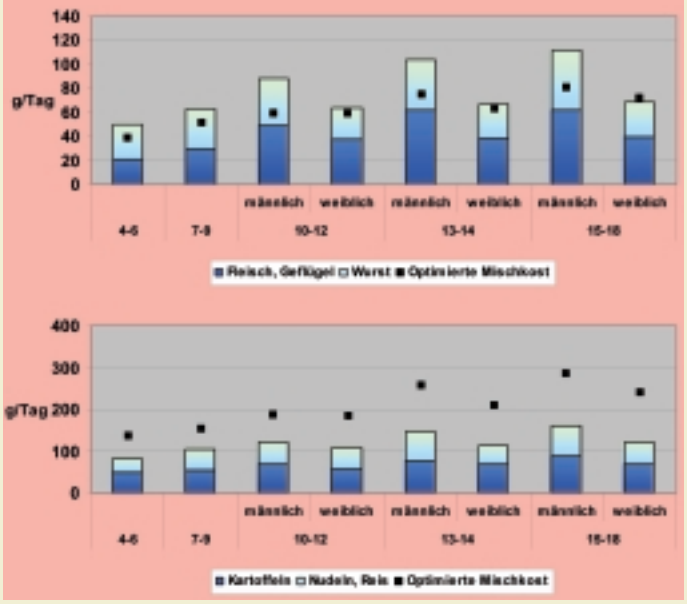



Abb. 4: Verzehr von Fleisch, Geflügel und Wurst (oben) und von Kartoffeln, Nudeln und Reis (unten) bei 500 4- bis 18-jährigen Probanden der DONALD-Studie (Kersting et al., 2004).

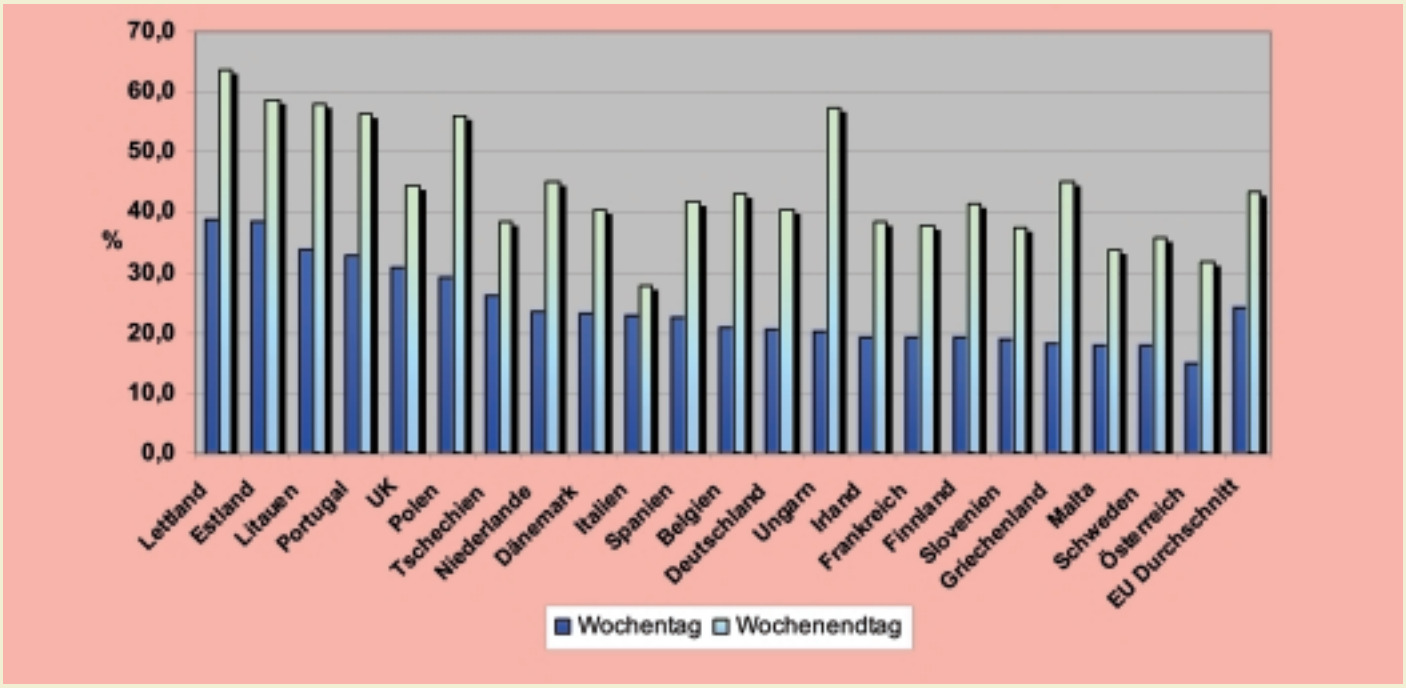



Abb. 5: Anteil europäischer Jugendlicher, die an einem Wochentag bzw. Wochenendtag vier oder mehr Stunden fernsehen (erstellt nach Daten von Currie et al., 2004).

Die Verteilung der Energie liefernden Nährstoffe ist dabei ebenfalls ungünstig. Die Fettzufuhr ist nach dem Präventionskonzept der „Optimierten Mischkost" (Kersting, Alexy, Kroke & Lentze, 2004) eindeutig zu hoch, der Anteil der Kohlenhydrate an der aufgenommenen Nahrung dagegen zu gering. Darüber hinaus werden die Vitaminlieferanten Obst und Gemüse von Heranwachsenden zu wenig verzehrt.

Doch trotz dieses noch zu optimierenden Verhältnisses der Nahrungsmittel und einer noch zu verbessernden Verteilung der Energie liefernden Nährstoffe, liegt die gesamte Energiezufuhr – entgegen populärer Annahmen – derzeit unterhalb der empfohlenen nationalen Referenzwerte, ein Befund der nicht nur für deutsche, sondern in gleicher Weise für Kinder in anderen europäischen Ländern gilt (Brettschneider & Naul, 2004). Zudem zeigt die Entwicklung der Energiegesamtaufnahme in vielen Ländern innerhalb der letzten 50 Jahre keinen Anstieg, sondern vielmehr einen stetigen Rückgang (Abbildung 6).

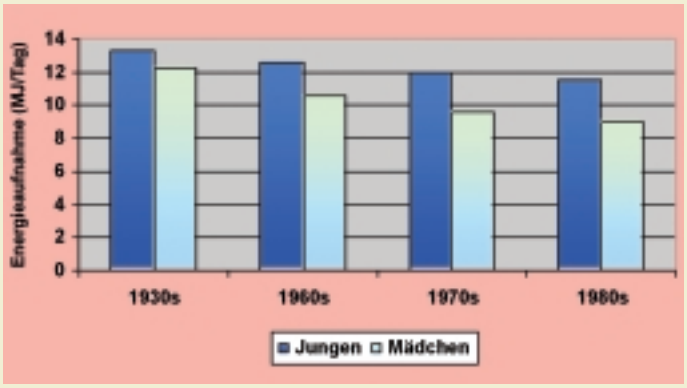



Abb. 6: Energieaufnahme von 14- bis 15-Jährigen in Großbritannien (Armstrong, 2004).

Hinsichtlich der Ernährungsgewohnheiten kommt es zudem zu einer zunehmenden Polarisierung innerhalb der jungen Generation. Jungen und Mädchen aus sozial benachteiligten Milieus und bildungsfernen Schichten ernähren sich deutlich ungünstiger als Heranwachsende aus sozial privilegierten Familien. Die erste Gruppe isst zuviel und zu fett und weist zudem einen viel zu hohen Konsum hochkalorischer Getränke auf.

## Mediennutzung

Wenn nicht die Energiezufuhr als zentraler Verursacher von Übergewicht identifiziert werden kann, muss die Energieabgabe in den Aufmerksamkeitshorizont gerückt werden. Nicht selten geraten dabei die Medien als alleinige Übeltäter ins Visier. Doch ist eine monokausale Schuldzuweisung in Richtung Mediennutzung nicht haltbar, auch wenn die Nutzungszeiten – regional stark variierend – in Europa recht umfangreich sind.

So verbringt ein Kind in den Baltischen Staaten durchschnittlich mehr als drei Stunden pro Tag vor dem Fernseher. In Deutschland beträgt der Umfang ca. eineinhalb Stunden bei 3- bis 13-Jährigen und knapp zwei Stunden bei 14- bis 19-Jährigen. Der hohe Anteil an Vielsehern ist in Abbildung 5 zu erkennen. An normalen Wochentagen beträgt der Anteil der Heranwachsenden, die vier oder mehr Stunden vor dem TV-Gerät zubringen, etwa 25 Prozent. Am Wochenende wächst der Anteil auf 50 Prozent (Currie et al., 2004).

Zur Fernsehzeit ist die Zeit zu addieren, die die Heranwachsenden mit anderen Medien, vor allem mit dem Computer verbringen. In Deutschland kann man von etwa einer Stunde pro Wochentag und eineinhalb Stunden pro Wochenendtag ausgehen.

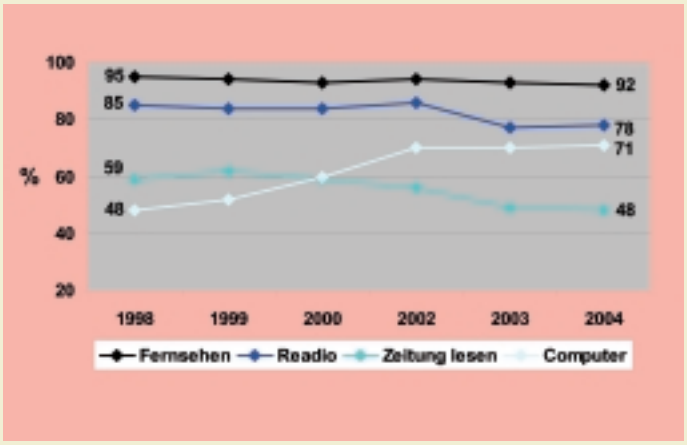



Abb. 7: Mediennutzung deutscher Jugendlicher (täglich bzw. mehrmals pro Woche), 1998 bis 2004 erstellt nach Daten des Medienpädagogischen Forschungsverbunds Südwest.

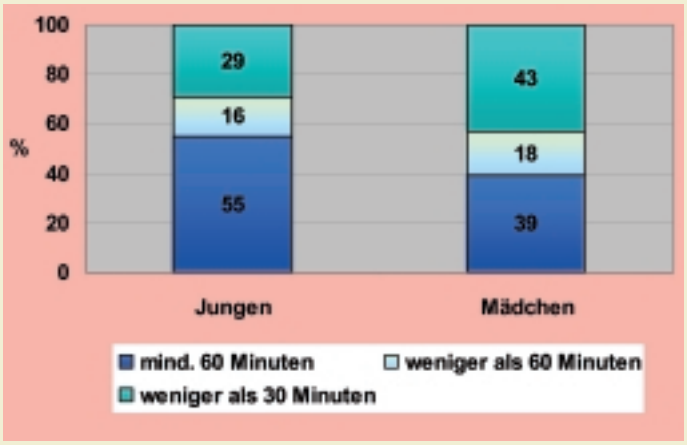



Abb. 8: Anteil britischer Heranwachsender unter 16 Jahren, die das erforderte Maß an kumulierter moderater körperlicher Aktivität von einer Stunde pro Tag erreichen bzw. nicht erreichen (erstellt nach Daten von Prescott-Clarke & Primatesta, 1998).

Während die Zeit, die Jugendliche am Computer verbringen, innerhalb einer Sechsjahresspanne deutlich angestiegen ist und Printmedien und Radio einen Rückgang erfahren haben, ist die konsumierte TV-Zeit seit Jahren unverändert geblieben (Abbildung 7). Die Mediennutzung hat einen deutlichen Wandel in Richtung ‚moderner' Medien erfahren (Feierabend & Klingler, 2004). Die Lebenswelten der Heranwachsenden wurden Medienwelten, charakterisiert durch wachsende körperliche Inaktivität.
Wie schon die Ernährung lässt auch der Umgang mit Medien eine starke soziale Differenzierung erkennen. Fernsehen, Spielkonsolen, Videogames und Gameboys werden vornehmlich von Kindern aus sozial weniger privilegierten Familien bevorzugt, während unter den kreativen Computernutzern Gymnasiasten überrepräsentiert sind.

## Körperliche Aktivität

Wie steht es nun mit der körperlichen Aktivität der Heranwachsenden? Im Vergleich zu früheren Generationen treiben Kinder und Jugendliche heute nicht weniger, sondern eher mehr Sport. Der Organisationsgrad der Heranwachsenden in Sportvereinen ist nach wie vor ungebrochen hoch. Parallel dazu wird der informell betriebene Sport immer attraktiver.
Deutlich zurückgegangen ist dagegen die körperliche Aktivität im Alltag. Eine schweizerische Studie fand heraus, dass 6- bis 9-jährige Kinder im Jahr 2000 im Durchschnitt 80 Minuten pro Tag im Auto, Bus oder Zug verbrachten. 28 Prozent der Kinder wurden von ihren Eltern mit dem Auto zur Schule gefahren, wobei die Distanz zwischen Wohnort und Schule nicht selten unter einem Kilometer lag. Und auch in Großbritannien bestreiten 29 Prozent der Kinder ihren Schulweg im „Taxi Mama". Vor 15 Jahren war es noch die Hälfte (16 Prozent). Für Deutschland können ähnliche Befunde angenommen werden, zumal ein Zeitvergleich zwischen 1960, als drei Kinder auf ein Auto kamen, und heute, wo drei Autos auf ein Kind kommen, den Anstieg des motorisierten Transports von Kindern und Jugendlichen anschaulich belegt. Nur noch die Hälfte der Kinder und Jugendlichen in Europa kommen auf den erforderten Richtwert für gesundheitsbezogene Fitness, der eine Stunde kumulierter moderater körperlicher Aktivität pro Tag vorsieht (Abbildung 8).
Ein weiterer Faktor, der körperliche Aktivität eher unterbindet, ist die Schule. Unterrichtszeit ist weitgehend Sitzzeit. Von den drei Stunden, die wöchentlich für den Sportunterricht vorgesehen sind, findet jede vierte Stunde nicht statt. Im Durchschnitt werden nur 70 bis 75 Prozent des curricular festgelegten Sportunterrichts erteilt.
Auch im Bereich körperlicher und sportlicher Aktivität herrscht soziale Ungleichheit. Männliche Jugendliche, Gymnasiasten und Heranwachsende aus sozial privilegierten Familien treiben durchschnittlich deutlich mehr Sport als ihre Counterparts aus bildungsfernen Schichten.

## Zusammenhänge von Ernährung, Mediennutzung und körperlicher Aktivität

Den vorangegangenen Ausführungen ist zu entnehmen, dass ein Hauptfaktor für eine gestörte Energiebalance bei den Heranwachsenden und die damit verbundene Zunahme des Übergewichts im Rückgang der körperlichen Aktivität zu sehen ist. Allerdings kann ein Faktor allein nicht für die Zunahme von Übergewicht und Adipositas im Kindesalter verantwortlich gemacht werden, sondern – neben genetischen Faktoren – das Geflecht von Variablen, die den modernen Lebensstil vieler Heranwachsender prägen, und den Zusammenhängen zwischen ihnen. Entgegen vielfach geäußerten Annahmen geht der vermehrte Umgang mit Medien nicht zu Lasten körperlicher und sportlicher Aktivität (Biddle et al., 2003). Positive Zusammenhänge bestehen dagegen zwischen Medienkonsum und Ernährungsverhalten. Hoher TV-Konsum korreliert deutlich mit dem Verzehr von fetthaltigen Snacks und energiereichen Getränken. Und auch zwischen Ernährungsverhalten und Sportengagement lassen sich positive Korrelationen aufzeigen. Sportlich aktive junge Leute ernähren sich im Durchschnitt gesünder als sportabstinente und inaktive Heranwachsende.

## Fazit

Das rasch steigende Übergewicht im Kindesalter mit seinen Risikofaktoren wie auch die prognostizierbare Entwicklung, dass aus dicken Kindern übergewichtige Erwachsene werden, erfordern umgehend vernetzte Interventions- und Präventionsmaßnahmen. Dazu gehört neben einer gesunden Ernährung vor allem ein gesteigertes Maß an körperlicher Aktivität, das weniger durch vermehrtes Sportengagement zu erreichen ist, sondern in viel stärkerem Maße durch eine gezielte Verringerung körperlicher Inaktivität im Alltag der Kinder.

**Literatur**

Armstrong, N. (2004). Physical fitness and physical activity patterns of European youth. United Kingdom: University of Exeter.

Biddle, S., Gorely, T., Marshall, S. J., Murdey, I. & Cameron, N. (2003). Physical activity and sedentary behaviours in youth: issues and controversies. The Journal of the Royal Society for the Promotion of Health, 124 (1), 29-33.

Bös, K. (2003). Motorische Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen. In W. Schmidt, I. Hartmann-Tews & W.-D. Brettschneider (Eds.), Erster Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht (S. 85-107). Schorndorf: Hofmann.

Brettschneider, W.-D. & Naul, R. (2004). Study on young people's lifestyles and sedentariness and the role of sport in the context of education and as a means of restoring the balance – Final report. Zugriff am 3. Februar 2005 unter http://europa.eu.int/comm/sport/documents/lotpaderborn.pdf

Currie, C., Roberts, C., Morgan, A., Smith, R., Settertobulte, W., Samdal, O., et al. (2004). Young People's Health in Context. Health Behaviour in School-aged Children (HBSC) study: international report from the 2001/2002 survey. (Health Policy for Children and Adolescents, No. 4). Copenhagen: World Health Organization Regional Office for Europe.

Danielzik, S. (2004, Juni). Overweight in children and youth. Determinants and strategies for prevention. Vortrag auf der EU-Konferenz „Young people's lifestyles and sedentariness" in Essen.

Feierabend, S. & Klingler, W. (2004). Was Kinder sehen. Eine Analyse der Fernsehnutzung Drei- bis 13-Jähriger 2003. Media Perspektiven, 4, 151-162.

Hill, J. O. & Melanson, E. L. (1999). Overview of the determinants of overweight and obesity: current evidence and research issues. Medicine Science of Sports and Exercise, 31 (11, supplement), 515-521.

Kersting, M., Alexy, U., Kroke, A. & Lentze, M. J. (2004). Kinderernährung in Deutschland. Ergebnisse der DONALD-Studie. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 47, 213-218.

Wabitsch, M. (2004). Kinder und Jugendliche mit Adipositas in Deutschland. Aufruf zum Handeln. Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz, 47, 251-255.

**Andrea Bünemann** ist Diplom-Sportwissenschaftlerin und seit Oktober 2004 Promotions-Stipendiatin der Alfried Krupp von Bohlen und Halbach-Stiftung. Im Rahmen ihrer Dissertation beschäftigt sie sich mit den Zusammenhängen von gesundheitsrelevanten Lebensstilen und Adipositas.

# Werben in Paderborn

## Wir gestalten Ihren Auftritt

**Die PADA Werbeagentur**
bietet Ihnen rund um Ihr Produkt
oder Dienstleistung,
eine auf den Markt gerichtete
offensive Werbung.
Dabei realisieren wir für Sie
vom Internetauftritt über
Logoentwicklung, Geschäftspapiere,
Zeitschriften, Prospekte, Flyer,
Grafiken, Poster bis zum
3D-Modelling alles was Sie
zur Werbung benötigen.

P A D A

**Kreatives Handels - Marketing**

Martin Heynen • Heierswall 2 • 33098 Paderborn
Tel.: 0 52 51/52 75 77 • FAX: 0 52 51/52 75 78
E-mail:pada-werbeagentur@t-online.de • www.pada-werbeagentur.de

# Das „schwarze Paderborn“

## *Kommunikationsgeschichtliche Forschungen zu antikatholischen Klischeebildern*

**Wer am 3. Februar 2005 die Tageszeitung „Die Welt“ zur Hand nahm, konnte über Paderborn Bemerkenswertes in Erfahrung bringen: „Doch weder Strukturwandel noch 200 Jahre (sic!) Preußenherrschaft vermochten die Finsternis der Paderborner Seele zu wandeln.“ Fühlt man sich nach solcher Lektüre an den Kulturkampf der Bismarckzeit erinnert, liegt man nicht ganz falsch. Offen bleibt allerdings, wie sich antikatholische Klischeebilder dieser Art über solch lange Zeiträume lebendig erhalten konnten. Wir haben es hier mit kulturgeschichtlichen Wahrnehmungsphänomenen zu tun, die eine beachtenswerte Resistenz gegenüber gesellschaftlichen Wandlungsprozessen aufweisen und für den Historiker als Medien- und Kommunikationsforscher ein ergiebiges und zugleich wenig beackertes Forschungsfeld darstellen. Zwar ist das Klischeebild vom „schwarzen Paderborn“ bis heute in aller Munde, aber nur selten wird nach Ursprung, Funktion und Zählebigkeit dieses ‚Konstrukts’ gefragt. An diesen offenen Fragen setzt das Forschungsvorhaben an.**

Nr. 21. Berlin, den 7. Mai 1871. XXIV. Jahrgang.

Kladderadatsch.

Wochenkalender. Wochenkalender.

Humoristisch-satirisches Wochenblatt.

Die schwarze Jagd.

(Nach bekannter Weise zu singen.)

Was glänzt dort im Reichstag im Mondenschein
Der kahl geschorenen Glatzen?
Sie sitzen geschaart in dichtem Reih'n,
Die Einen heimlich, mit hämmen Gehein,
Die Andern gemächlich zum Plappen.
Und wenn ihr die frommen Gesellen fragt —
Das ist die schwarze verlogene Jagd!

Was schleicht, wie Gespenster in nächtlichem Grau'n,
Und kriecht in Kutten und Roben?
Sie kommen, schwärzt Einer den andern hinaus,
Ganz sacht durch die Hintenthür wieder ins Haus,
Doch der Segen kommt Ihnen von oben,
Und wenn ihr die frommen Schleicher fragt —
Das ist die schwarze verlogene Jagd!

Was führet im Reichsthale? Was gellet und schallt
Die Kampf- und lauten Gebete?
Sie werben den Mann mit der Bannert Gewalt,
Die Frauen mit klingem Heidenhalt
Für Rom und den heiligen Vater.
Und wenn ihr die frommen Werber fragt —
Das ist die schwarze verlogene Jagd!

Wo die Reben hart glühen, hart braust der Rhein,
Wo der Schinken mächt in Westphalen,
Wo Kaiserkraut mächtige Kuchen gedeihn,
Da bellagen und fluchen sie dumpf sich ein.
Und wecken die Sieger der Mahden.
Und wenn ihr die frommen Gesellchen fragt —
Das ist die schwarze verlogene Jagd!

Kladderadatsch.

Abb. 1: Spottgedicht auf den politischen Katholizismus von 1871.

**Prof. Dr. phil. Dietmar Klenke**
lehrt am Historischen Institut der Universität und ist Inhaber des Lehrstuhls für Neueste Geschichte und Didaktik der Geschichte. Zu seinen Arbeitsgebieten zählt die Nationalismus-, Liberalismus- und Konfessionalismus-Forschung.

Den Anstoß lieferte die jüngste Imagekampagne Paderborns, die zwar vom guten Willen zeugte, die Vielfalt der Stadt ins beste Licht zu rücken, zugleich aber nur wenig historische Perspektivität im Umgang mit den spezifisch „schwarzen“ Denktraditionen und deren ideologischen Gegenspielern vorweisen konnte. Will man das darin eingeschlossene negative Klischeebild von Paderborn verstehen lernen, wird man diesem Phänomen nur über eine systematische historische Analyse zu Leibe rücken können. An erster Stelle interessiert mich, wie Wahrnehmungsverzerrungen der oben zitierten Art entstehen, sich durchsetzen und über längere, Generationen übergreifende Zeiträume reproduzieren können. Im Falle Paderborns scheinen sich massenmediale Vermittlungsprozesse gegenüber dem Objekt der Betrachtung in auffälliger Weise verselbstständigt zu haben.

### Kulturkampfära als Geburtsstunde des „schwarzen Paderborn“

Im Kulturkampf des 19. Jahrhunderts, den ich bereits eingehend betrachtet habe, stand Paderborn wegen eines streitbaren Bischofs schon einmal im Rampenlicht der Öffentlichkeit. Aber die gehobenen Kreise der Stadtbürgerschaft wussten recht gut die Balance zwischen konfessionellem Konservativismus und politischer Fortschrittsorientierung im preußisch-deutschen Staatsverband zu wahren. Vor allem war es die „Harmonie-Gesellschaft“, die als selbstbewusste, fast monopolartige Honoratorenvereinigung der Stadt konfessionelle Verengungen zu vermeiden verstand, wobei sich die Einbindung in den protestantischen Staatsverband, das kulturelle wie wirtschaftliche Gewicht der

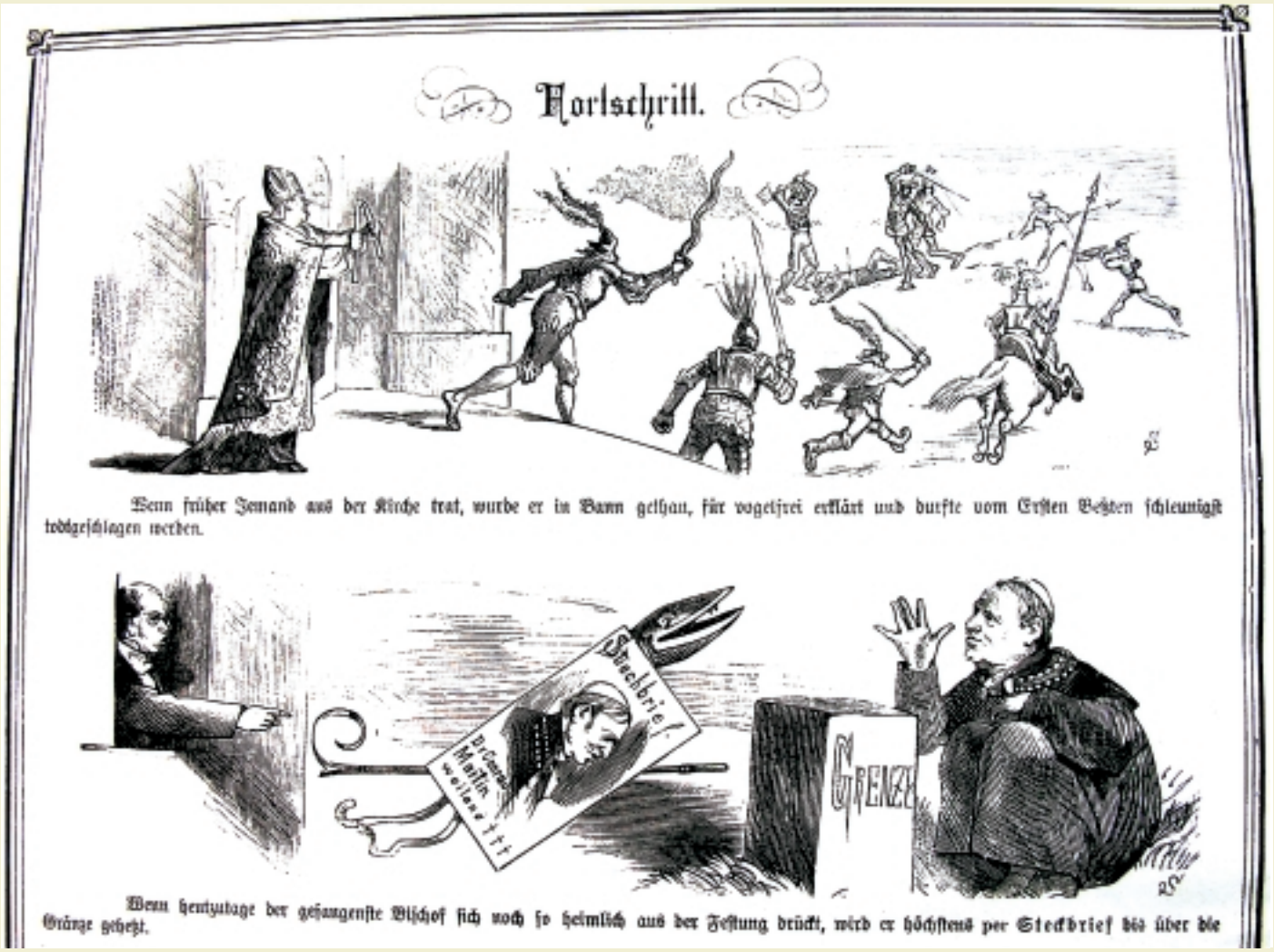



Abb. 2: Karikatur des „Kladderadatsch" vom 9. Januar 1876 über den Kulturkampf-Bischof Konrad Martin.

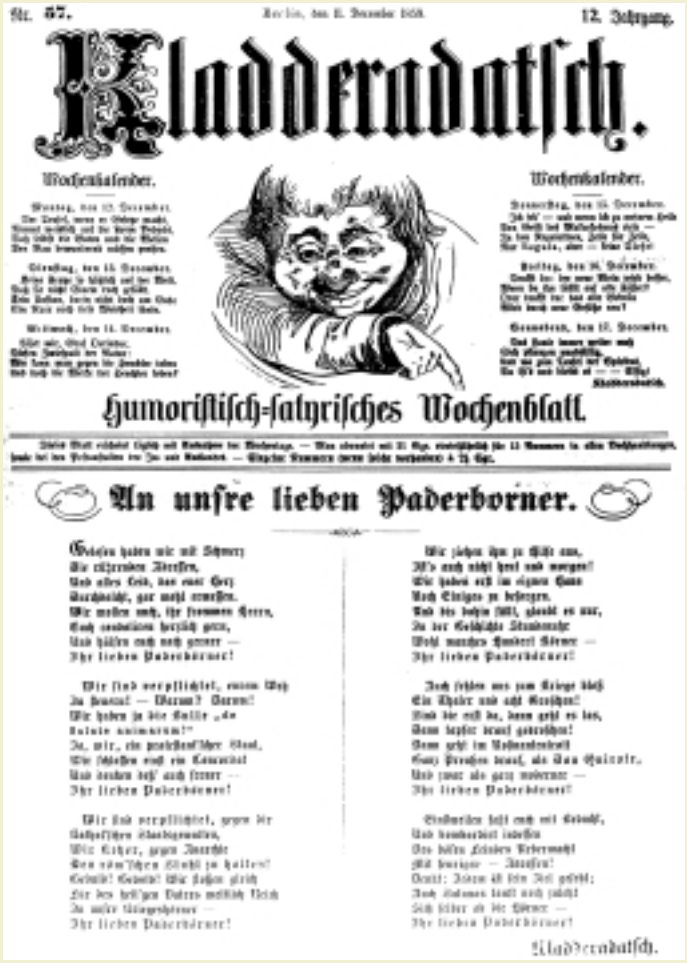
Paderborner Juden und die eher liberale Ausrichtung der katholischen Oberschicht als wirksame Barriere gegenüber konfessionellen Einseitigkeiten erwiesen. Allein schon der Umstand, dass die Juden in Paderborn besser als anderswo anerkannt und integriert waren, zeigt, dass das geistige Klima innerhalb der Stadtbürgerschaft weniger konfessionell geprägt war, als man auf Basis des heutigen Klischeebildes vermuten mag. Als der Kulturkampf verebbte und an die Stelle des Bischofs Konrad Martin kein streitbarer Nachfolger trat, gab es aus der Optik der Massenmedien wenig Veranlassung, Paderborn weiterhin als herausgehobenes Symbol des „schwarzen" Konservativismus zu betrachten.

## Inneritalienischer Streit um den Kirchenstaat als Impulsgeber des „schwarzen Paderborn"

Im deutschsprachigen Raum erhielt der Kulturkampf den entscheidenden Anstoß vom Italienischen Einigungskrieg und vom Kampf der italienischen Liberalen gegen die päpstliche Herrschaft im Kirchenstaat. Die italienischen Frontstellungen färbten massiv auf die innerdeutschen Spannungen zwischen Liberalnationalismus und konfessionellem Konservativismus ab. In der von den Liberalen stark beeinflussten Medienöffentlichkeit setzte sich nunmehr das politische Etikett „schwarz" als abwertender Kampfbegriff gegenüber dem „ultramontanen" Katholizismus durch, womit eine auf das römische Zentrum hin ausgerichtete Kirchen- und Papstgläubigkeit gemeint war, die zum Inbegriff für Rückständigkeit, Autoritäts- und Dogmengläubigkeit, Scheinheiligkeit und Fortschrittsfeindlichkeit wurde. Obendrein gerieten Katholiken in den schweren Verdacht, wegen der religiösen Bindung an ein supranationales Zentrum national unzuverlässig zu sein wie der partikularistische Herrschaftsadel, der aus liberaler Warte die deutsche Nation gespalten und an ihrer machtpolitischen und industriellen Entfaltung gehindert zu haben schien.

## Die „Schwarzen" als autoritärer „Wolf" im liberalen „Schafspelz"

Sogleich nach der Reichsgründung traf die katholische Zentrumspartei, die auch in Paderborn stark vertreten war, der schwere Verdacht, wie ein autoritärer Wolf im liberalen Schafspelz aufzutreten, wenn sie in der Reichsverfassung staatsbürgerlich-liberale Grundrechte wie die Religionsfreiheit verankert wissen wollte (Abbildung 1). In diesem Sinne unterstellte ein Spottgedicht des Berliner Witzblattes „Kladderadatsch" den „Schwarzen", sie hätten sich lediglich zum Schutz der katholischen Minderheit zusammengefunden und ihr Verhältnis zu liberalen Grundrechten sei deshalb nur taktischer Natur und gründe auf Unehrlichkeit, wie dies für eine Partei typisch sei, die von einer dogmengläubigen, herrschsüchtigen und zugleich „verlogenen" Priesterkaste geführt werde. Damit etablierte sich ein Feindbild, das zum negativen Fixpunkt des Selbstverständnisses einer liberalen und später auch einer linksintellektuellen Bildungselite wurde. Die Identität dieser Kreise wurde bis ins späte 20. Jahr-


Nr. 57. 12. Jahrgang.

Kladderadatsch.

Wochenkalender.

Wochenkalender.

Humoristisch-satyrisches Wochenblatt.

An unsre lieben Paderborner.

Kladderadatsch.

Abb. 3: ‚Geburtsurkunde' des „schwarzen Paderborn" von 1859.

hundert stärker von diesem Feindbild geprägt, als der bloße Anschein vermuten lässt.

## Klischee der „mittelalterlichen" Rückständigkeit der „Schwarzen"

Auf dem Höhepunkt des Kulturkampfes hatte der nationalliberale „Kladderadatsch" auch für den streitbaren Paderborner Kulturkampfbischof nur derben Spott übrig. Im Hintergrund stand, dass Bischof Martin wegen Übertretung der Kulturkampfgesetze Haftstrafen hatte absitzen müssen und 1875 in die Niederlande geflohen war, während er daheim steckbrieflich gesucht wurde (Abbildung 2). Darauf anspielend, erinnerte eine Karikatur des „Kladderadatsch" an die Ketzerverfolgungen der Papstkirche und verknüpfte den offenkundigen Rollenwechsel von einer verfolgenden zu einer verfolgten Kirche mit der höhnischen Bemerkung, dass es doch ein „Fortschritt" sei, wenn der preußische Staat den Paderborner Bischof lediglich außer Landes jage, statt ihn für vogelfrei zu erklären und totschlagen zu lassen. Das demagogische Grundmuster, die Kirche im modernen Industriezeitalter für die Fehler früherer Jahrhunderte verantwortlich zu machen und für unwandelbar starr zu erklären, blieb ein konstitutives Element antikatholischer Polemik bis in die Gegenwart; sie schwingt unverkennbar auch im Klischeebild vom „schwarzen Paderborn" mit.

## Geburtsurkunde des „schwarzen Paderborn"

Die Stigmatisierung Paderborns begann, als der Paderborner Bischof im Jahre 1859 die weltliche Herrschaft des Papstes im Kirchenstaat vehement verteidigte und den Zorn der liberalen Öffentlichkeit auf sich zog. Er hatte seine Anhänger unter den Paderborner Katholiken überredet, den preußischen Monarchen zu drängen, den Papst im Sinne gemeinsamer monarchischer Interessen als Herrscher des Kirchenstaates zu unterstützen. Dass ausgerechnet konservative Katholiken den preußischen Regenten als einen gegenüber dem Liberalismus aufgeschlossenen Protestanten für sich vereinnahmen wollten, führte in der liberalen Medienlandschaft zu empörten Reaktionen mit der Folge, dass sogleich die gesamte Stadtgemeinde Paderborns für ihren Bischof massenmedial ín Kollektivhaft genommen wurde, obwohl es auch vor Ort eine ansehnliche Zahl von Gegnern des Bischofs gab, darunter auch Katholiken aus dem gehobenen Bürgerstand. Gleichwohl färbten die Polemiken gegen den papistischen Paderborner Bischof auch auf die Außenwahrnehmung Paderborns ab (Abbildung 3). Den ‚Startschuss' gab ein Spottgedicht mit dem Titel „An unsre lieben Paderborner", das der Kladderadatsch Ende 1859 veröffentlichte, um die Vermessenheit papstgläubiger Paderborner Bürger zu geißeln, die „für des heil'gen Vaters weltlich Reich" ins „Kriegshorn" zu blasen schienen, um den überlebten Kirchenstaat vor dem Zugriff der italienischen Liberalen zu retten. Als der Kulturkampf Ende der 1870er-Jahre abebbte, verblasste mit dem Ableben des Paderborner Bischofs auch das Klischeebild vom „schwarzen Paderborn" recht bald. Erst in bundesdeutscher Zeit lebte es in bemerkenswerter Intensität wieder auf; ein weiteres Mal war es ein streitbarer Bischof, der einer dezidiert auf Paderborn zielenden antikatholischen Feindsymbolik auf die Beine half.

## Nationalistische Polemik als Vehikel der intergenerationellen Weitergabe des Klischees

Auch wenn Paderborn nach der Kulturkampfära kaum Anlass für antikatholische Fixierungen gab, so lebte gleichwohl das antikatholische Klischeebild unterschwellig fort, vor allem in nationalliberalen Kreisen. Einen zweiten, bislang kaum erforschten Höhepunkt erlebte die Polemik gegen die „Schwarzen" im so genannten Hottentotten-Reichstagswahlkampf von 1907, der sich zu einer wüsten nationalistischen Hetzkampagne der liberalen und nationalkonservativen Parteien gegen die katholische Zentrumspartei entwickelte. Diese hatte sich geweigert, den blutigen Kolonialkrieg in Deutsch-Südwestafrika vorbehaltlos zu unterstützen (Abbildung 4). Den Reichskanzler, der zuvor mit der katholischen Partei eng kooperiert hatte, warnte der „Simplicissimus", ein liberales Münchener Witzblatt, vor der „schwarzen Pfarrerkatze", die sich hinterhältig eingeschmeichelt und das Vertrauen des Kanzlers dazu missbraucht hatte, den „Reichsadler" aufzufressen. Mit solchen Attacken erlebte das Klischee vom katholischen „Reichsfeind" eine neue Hochblüte. Die intergenerationelle Weitergabe war damit gesichert: Von nationalistischer Polemik dieser Art führte eine direkte Linie zur Katholikenfeindschaft der Nationalsozialisten.

## Erforschung der aktuellen Stigmatisierung Paderborns

Einen Anknüpfungspunkt für weitere, bis in die Gegenwart reichende Forschungen erblicke ich in der Beobachtung, dass Paderborn im 19. und 20. Jahrhundert in wechselnden Konjunkturen Opfer antikatholischer Symbolzuschreibungen wurde. Eigenartigerweise vermochte sich die Stadt im späten 19. Jahr-

Abb. 4: Karikatur des „Simplicissimus“ vom 21. Januar 1907 aus dem ‚Hottentotten'-Reichstagswahlkampf.

hundert besser vom Stigma des „Schwarz“-Seins zu lösen als im ausgehenden 20. Jahrhundert. Dieser Befund provoziert die Frage nach den Ursachen und zielt direkt auf die Imageprobleme des heutigen Paderborn, vor allem auf die Diskrepanz zwischen der dynamischen Entwicklung der Stadt in den zurückliegenden 40 Jahren auf der einen und der Außenwahrnehmung auf der anderen Seite. Als ‚weicher Standortfaktor' wirkt die Außenwahrnehmung nachteilig auf den Universitäts- und Wirtschaftsstandort zurück.

Hinter der Klischeebildung verbergen sich, so meine Zwischenbilanz, Ereignisse und Strukturen, die auf kirchenpolitischem, milieusoziologischem und massenmedialem Gebiet zu suchen sind. Beachtung verdienen mit Blick auf die verzerrte Außenwahrnehmung die Struktur der kommunikativen Netzwerke, in die Paderborn überregional eingebunden ist, sodann das soziale und weltanschauliche Profil der Klischeeproduzenten, des Weiteren die innere Struktur und weltanschauliche Spaltung der gehobenen Bürgerschichten Paderborns und nicht zuletzt die Wechselbeziehungen zwischen Stadtbürgerschaft und kirchenpolitisch offensiv agierender Bistumszentrale.

Im Vergleich des 19. und 20. Jahrhunderts fällt auf, dass der Aufprall traditioneller kirchlicher Moralvorstellungen und religionsferner Freizügigkeitsideale zu keiner Zeit so groß war wie in der Umbruchperiode der 1960er- bis 80er-Jahre. Dies begünstigte in den massenmedialen Auseinandersetzungen das Aufkommen griffiger Klischees, für die sich Bistumsstädte vor allem dann anboten, wenn die jeweiligen Bischöfe Medienpräsenz bewiesen und sich als Traditionalisten profilierten. Dies traf allem Anschein nach vorzugsweise auf Paderborn zu. Je enger sich die Beziehungen zwischen Stadt und Bistumszentrale gestalteten, um so anfälliger wurde Paderborn für Negativ-Zuschreibungen. Während im 19. Jahrhundert eine heterogene und zugleich hochintegrierte städtische Honoratiorenschicht für eine bistumsunabhängige Stellung der Stadtgemeinde bürgte, schrumpfte die städtische Elite infolge der Umwälzungen der NS- und Nachkriegszeit in der jungen Bundesrepublik weitgehend auf das katholische Segment. Die in späteren Jahren sich entwickelnde universitäre Bildungsschicht vermochte auf Grund ihrer zu schwachen lokalen Integration die jüdische und protestantische Elite des 19. Jahrhunderts als Gegengewicht zum Katholizismus nicht zu ersetzen: Ihr kommunikatives Aktionsfeld ist eher das der überregionalen Netzwerke.

Aus historischer Perspektive lässt sich mit Blick auf die Gegenwart folgern, dass Impulse, die vielfach beschworene Vielgestaltigkeit der Stadt produktiv in ein Gesamtkonzept zu integrieren, nur dann auf fruchtbaren Boden fallen werden, wenn konservative und fortschrittsorientierte Gruppierungen innerhalb der Stadt in eine lebendige Wechselbeziehung treten und althergebrachte Scheuklappen beiseite legen, wie sie dies bereits im 19. Jahrhundert in einer Weise vorgeführt haben, die das heutige Klischeebild Lügen straft.

### Literatur und Anmerkungen

Paderborn. Stadt Land Fluß, verfasst von Berthold Seewald, in: Die Welt (Tageszeitung), Rubrik Kultur vom 3.2.2005.

Klenke, Dietmar, Die Paderborner „Harmonie-Gesellschaft“ im 19. und frühen 20. Jahrhundert – Lokale Elitenintegration im Spannungsfeld von liberalkonservativer Konsensbildung und konfessionellen Absonderungstendenzen, in: Mitteilungen des Vereins für Geschichte an der Universität Paderborn, Nr.17, 2004, Heft 1.

Spottgedicht „Die schwarze Jagd“, in: Kladderadatsch (Berlin), Jg. 24, Nr.21, 7.5.1871 (siehe die 6. Strophe).

Karikatur „Fortschritt“, in: Kladderadatsch, Jg. 29, Nr.2, 9.1.1876.

Spottgedicht „An unsre lieben Paderborner“, in: Kladderadatsch, Jg, 12, Nr.57, 11.12.1859.

Karikatur „Der geleimte Bernhard“, in: Simplicissimus, Jg.11, Nr.43, 21.1.1907. Mit dem geleimten Bernhard ist Reichskanzler Bernhard Fürst von Bülow gemeint. Der „Simplicissimus“ war eine liberale satirische Zeitschrift, die in München erschien.

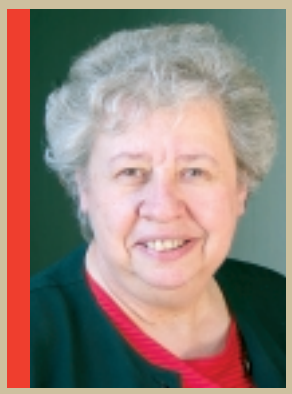
# Jean-Paul Sartre und die deutsche Okkupation

## *Zur sozialpsychologischen Dimension seines Erfolgs*

**Am 21. Juni 2005 wäre Jean-Paul Sartre 100 Jahre alt geworden. Der französische Philosoph, Romancier, Dramatiker und Essayist kann als der einflussreichste Intellektuelle des 20. Jahrhunderts betrachtet werden. Nach der Befreiung Frankreichs von deutscher Besatzung lancierte er 1945 eine Engagement-Theorie, die weltweit Gehör fand. Der Kultursoziologie Bourdieus zufolge ist Sartres Erfolg damit zu erklären, dass er verschiedene Funktionen, die zuvor auf mehrere Autoren verteilt waren, in seiner Person vereinigte. Dabei wird jedoch die sozialpsychologische Dimension dieses Erfolgs außer Acht gelassen, die eng mit der deutschen Okkupation zusammenhängt.**

Tatsächlich wurde Sartre nicht erst im Herbst 1945 schlagartig durch eine Reihe von Publikationen berühmt, wie die bisherige Forschung es behauptet; er trat vielmehr schon während der Okkupation durch zwei skandalumwitterte Theaterstücke ins öffentliche Bewusstsein. Die Titel dieser Stücke sind heute Vielen geläufig: *Die Fliegen* und *Geschlossene Gesellschaft*.

Abb. 1: *Die Fliegen* (Szenenfoto der Uraufführung 1943 im Théâtre de la Cité, Paris – ex-Sarah-Bernhardt).



**Prof. Dr. phil. Ingrid Galster** ist seit 2000 Professorin für Romanische Literaturwissenschaft in Paderborn. Ihr wissenschaftliches Interesse gilt u. a. den französischen Intellektuellen, insbesondere Jean-Paul Sartre und Simone de Beauvoir, der Feminismusdebatte und der Rezeptionsforschung. Als assoziiertes Mitglied der „Equipe Sartre" im ITEM/CNRS, Paris, hat sie an der 2005 publizierten kritischen Ausgabe von Sartres Theater in der Reihe „Bibliothèque de la Pléiade" (Gallimard) mitgearbeitet.

### *Die Fliegen*: eine Satire der mea-culpa-Politik des Vichy-Regimes

*Die Fliegen* nehmen den Orest-Stoff der antiken Mythologie auf und deuten ihn neu, wie es einer Mode entsprach, die sich in der Zwischenkriegszeit im französischen Theater etabliert hatte. Auf der philosophischen Ebene ist Sartres Orest entsprechend dem gleichzeitig verfassten Werk *Das Sein und das Nichts* der Mensch, der sich – frei – in einer Situation vorfindet, in der er handeln muss, um sich auf diese Weise selbst zu definieren. Aber das Stück nimmt auch (verdeckt wegen der Zensur) auf die Aktualität Bezug, und zwar in zweierlei Hinsicht. Zum einen liefert Sartre eine Satire auf das nach der Kapitulation und der Besetzung Nordfrankreichs durch die Deutschen von Vichy aus das übrige Frankreich regierende und mit dem Besatzer kollaborierende Regime des Marschalls Pétain. Dieser machte die Republik (die außer Kraft gesetzt war) und ihre Werte für die Niederlage verantwortlich und forderte seine Landsleute zur Buße auf: „Ihr werdet noch lange leiden, denn ihr habt längst nicht für Eure Sünden bezahlt." Diese Propaganda hatte eine lähmende Wirkung, der Sartre entgegen trat, indem er sie auf der Bühne unter dem Deckmantel des mythologischen Stoffes lächerlich machte. Zum anderen sollte der von Orest begangene Mord die Urheber von Attentaten auf die Besatzer in ihren Absichten bestärken, denn diese Attentate waren unter den Franzosen umstritten, da sie Geiselerschießungen nach sich zogen.
Hat diese Widerstandsbotschaft das Publikum 1943 erreicht, als das Stück im Herzen von Paris auf der Ile de la Cité uraufgeführt wurde? Es war vor allem die Inszenierung, die Aufsehen erregte, weil sie in einem Stil ausgeführt war, den die herrschende Ideologie als „jüdisch-bolschewistisch" oder degeneriert bezeichnete.

Abb. 2: *Geschlossene Gesellschaft* (Szenenfoto der Uraufführung 1944 im Théâtre du Vieux Colombier, Paris).

Was den politischen Widerstand angeht, so konnte dieser natürlich in der zensierten Presse nicht offen thematisiert werden. Im Rückblick fielen die Antworten unterschiedlich aus, je nachdem, ob die Zeitzeugen Sartre freundlich oder feindlich gesinnt waren. Alle waren sich jedoch darin einig, dass schwerlich von Widerstand gesprochen werden kann, wenn die Botschaft nicht vermittelt wird. Die zeitgenössischen Rezeptionszeugnisse, die zum Sartre-Jahr in einer Quellenedition vorgelegt wurden, lassen – trotz Zensur – klar erkennen, dass den meisten Zuschauern, soweit sie nicht mit der Person Sartres und seinen Ideen vertraut waren, die Widerstandsabsicht entging. Aber nach Aussagen eines deutschen Zensors und einem erhaltenen Polizeibericht wurden Sartre und der Regisseur von deutschfreundlichen Landsleuten denunziert, die politischen Intentionen sickerten durch und vorsichtige Anspielungen in der Presse reichten aus, um Sartre ein subversives Image zu verleihen.

## *Geschlossene Gesellschaft*: die Hölle der „Nationalen Revolution“

Als Ende Mai 1944, zehn Tage vor der Landung der Alliierten in der Normandie, *Geschlossene Gesellschaft* uraufgeführt wurde, erwarteten daher bestimmte Zuschauer erneut eine politische Botschaft. Heute ist dieses Stück als Klassiker bekannt, der Sartres Theorie der konfliktiven Intersubjektivität aus *Das Sein und das Nichts* fiktional umsetzt. Weder Sartre noch die universitäre Literaturkritik haben je von einer politischen Dimension gesprochen. Und dennoch hat auch dieses Stück einen Bezug zur Aktualität der Vichy-Jahre, auch wenn der Begriff „Politik“ hier in weiterem Sinne zu verstehen ist als bei den *Fliegen*. Der wegen der durchgehenden Ironie nicht leicht zu identifizierende Bezugspunkt ist die konservative Revolution, durch die das traditionalistische Vichy-Regime die republikanischen Werte Freiheit-Gleichheit-Solidarität durch die Trias Arbeit-Familie-Vaterland ersetzen und vorrevolutionäre Verhältnisse wiederherstellen wollte. Sartre und Simone de Beauvoir, die beide an Pariser Gymnasien Philosophie unterrichteten, waren den neuen Machthabern, denen das Erziehungswesen unterstand, negativ aufgefallen. Beauvoir war von der Mutter einer ehemaligen Schülerin wegen Verführung Minderjähriger angezeigt worden. Das Polizeiverhör verlief ergebnislos, aber dennoch forderte der Beamte der zuständigen Aufsichtsbehörde, der sich ganz der konservativen Revolution verschrieben hatte, Sartres und Beauvoirs Entlassung. Der Brief an das Erziehungsministerium zeigt deutlich, dass es sich um eine Säuberungsmaßnahme zur Gleichschaltung handelte, denn Sartre und Beauvoir, die unverheiratet zusammenlebten, im Hotel wohnten, die Arbeiten ihrer Schülerinnen und Schüler im Café korrigierten und ihnen überdies die Lektüre von Gide und Proust empfahlen, welche als Homosexuelle für das Vichy-Regime die Dekadenz der III. Republik verkörperten, konnten nach der herrschenden Ideologie nicht als Vorbilder angesehen werden. Sartre hatte im Übrigen kurz vor Kriegsausbruch einen Novellenband veröffentlicht, in dem für damalige Verhältnisse allzu offen Sexualität thematisiert wurde. Welchen moralischen Gewinn sollten die Schüler aus seinem Unterricht ziehen, so fragte der Rektor der Pariser Akademie. Weder Sartre noch Beauvoir erschien geeignet, die Bedeutung der Familie als Keimzelle der Gesellschaft in der Schule zu vermitteln.

Das Ministerium entließ Beauvoir im Juni 1943; Sartre behielt

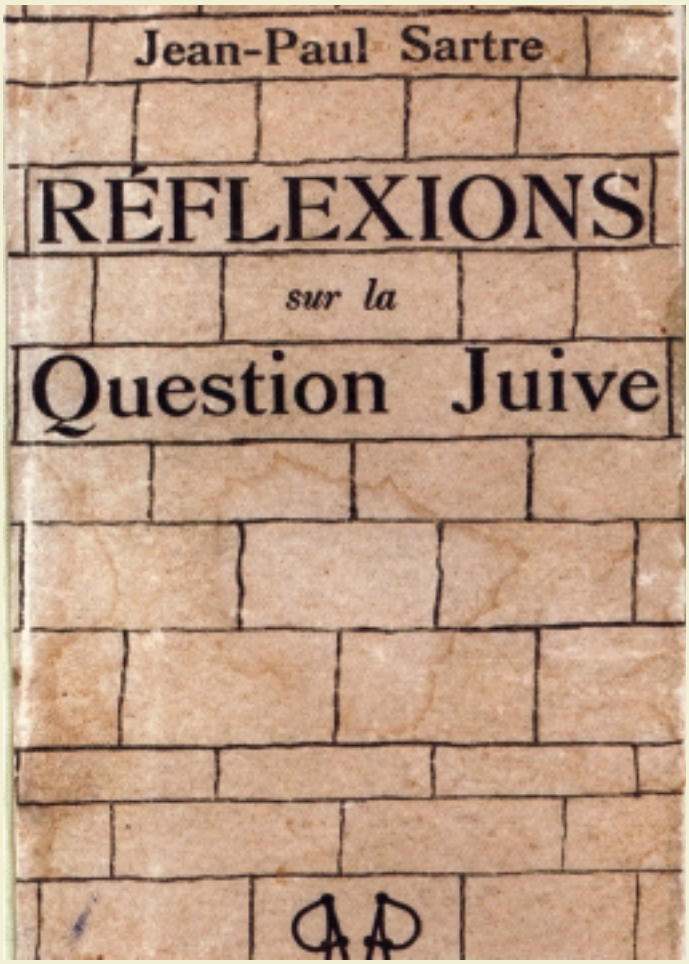



Abb. 3: *Réflexions sur la question juive* (*Überlegungen zur Judenfrage*), Cover der Erstausgabe 1946.

© Gisèle Freund/Agence Nina Beskow

Abb. 4: Jean-Paul Sartre 1939

seine Stelle. Er schrieb einige Monate später in wenigen Tagen *Geschlossene Gesellschaft*. In Kenntnis der Umstände kann das Stück (wenn auch nicht ausschließlich) als Antwort auf Beauvoirs Entlassung gedeutet werden. Angesichts der institutionalisierten Tugendhaftigkeit – „alle Frauen waren keusch, die Mädchen Jungfrauen, die Männer treu, die Kinder unschuldig", schreibt Beauvoir – stellt Sartre nicht von ungefähr eine Lesbe, eine Kindsmörderin und einen Casanova auf die Bühne. Die eindeutigen Avancen, die die Protagonisten sich in der säkularisierten Hölle machen, können auf die Sex-Orgien anspielen, die zu organisieren Sartre und Beauvoir unterstellt wird. Die Uraufführung wurde zum Skandal. Die Ton angebenden Kritiker sahen „drei brünstige Monster" auf der Bühne. Es wird mit einem Aufführungsverbot gerechnet, das tatsächlich von der Kontrollbehörde erwogen wird. Sartres Eignung als Philosophielehrer wird in einer pronazistischen Wochenzeitung öffentlich in Abrede gestellt.

## Sartre: Symbol des intellektuellen Widerstands

Nach der Satire auf die mea-culpa-Politik Vichys in den *Fliegen* hatte Sartre erneut die Machthaber provoziert. Aber er stand nicht mehr allein. Den ersten Rezensionen ist zu entnehmen, dass der Erfolg schon vor der Aufführung feststand. Im Theater standen die Anhänger Sartres seinen Gegnern gegenüber. Bei Sartre, der von den Machthabern als Jugendverderber angesehen wurde, fanden die Studenten eine Gegenkultur, die sie derartig faszinierte, dass in der Presse bald von einem „Sartre-Phänomen" gesprochen wurde. Die Wiederaufnahme des Stücks nach der Befreiung wurde zu einem Triumph. Die Intellektuellen, die mit dem Besatzungs- und Vichy-Regime ebenso wenig einverstanden gewesen waren wie Sartre, bereiteten ihm wahre Ovationen. Sartre wurde zum Symbol des intellektuellen Widerstands.

Heute hat sich die Situation gewandelt, und man erfährt in den Pariser Medien fast nur noch, dass Sartre seine Stücke der deutschen Zensur vorlegte, dass er sie von deutschen Offizieren beklatschen ließ und dass es ihn nicht störte, sein Widerstandsstück *Die Fliegen* in einem Theater aufführen zu lassen, dem man den Namen der Schauspielerin Sarah Bernhardt entzogen hatte, weil sie Jüdin war. *Eine* selektive Wahrnehmung hat die andere abgelöst. Denn zweifellos wurde nach der Befreiung in der Euphorie des Sieges idealisiert und übertrieben, weil man Gründungsmythen brauchte. Und die Illusion des Widerstandes Aller gegen die Deutschen war der Gründungsmythos schlechthin der neuen Republik. Dieser Mythos half bei der Verdrängung dessen, was im kollektiven Gedächtnis der Franzosen lange ein blinder Fleck war: die Gleichgültigkeit der Meisten gegenüber dem Schicksal der Juden. Erst vor einigen Jahren wurde bekannt, dass Sartre in dieser Hinsicht repräsentativ für seine Landsleute war.

## Ein blinder Fleck

Sartre hat seine Widerstandsliteratur auf der Stelle eines Juden verfasst, der wie alle Juden im Schuldienst nach der antisemitischen Gesetzgebung des Vichy-Staates zwangspensioniert wurde.

Abb. 5: Publikationen zu Sartre.

Als er im Frühjahr 1941 aus der Kriegsgefangenschaft kam, nahm er zunächst die Stelle ein, die er vor dem Krieg innegehabt hatte. Der zuständige Schulrat versprach ihm jedoch sofort eine Beförderung, und ab Herbst unterrichtete er nur wenige Stunden pro Woche in einer Klasse, die er für die Aufnahmeprüfung zu einer der französischen Elitehochschulen vorbereitete. Diese Stelle erlaubte es ihm, in Rekordzeit die mehr als 700 eng bedruckten Seiten von *Das Sein und das Nichts*, seine Theaterstücke, einen Roman, mehrere Filmdrehbücher und Anderes zu verfassen. Die meisten Pariser Sartreforscher behaupten, dass Sartre nicht wissen konnte, dass es sich um die Stelle eines entlassenen Juden handelte, denn sie wurde vorübergehend von jemand anderem vertreten. Dem zwangspensionierten jüdischen Philosophielehrer war jedoch bewusst, dass Sartre sein Nachfolger war: Nach der Befreiung teilte er es seinen Schülern im Unterricht mit. Glücklicherweise war er dem Holocaust entkommen, denn er hatte sich im Süden Frankreichs an verschiedenen Orten versteckt. Weder Sartre noch Simone de Beauvoir, die in ihrer Autobiographie ziemlich lückenlos über Sartres Leben berichtete, haben je diesen Vorfall erwähnt. Es gab damals in Paris nur vier solcher Vorbereitungskurse – „khâgnes" im Argot der Eliteschüler –, die Stellen waren äußerst begehrt, sie sollen prestigeträchtiger als Lehrstühle an Universitäten gewesen sein. Es konnte den Kollegen folglich kaum entgehen, wer die Stelleninhaber waren. Sartre wartete seit Jahren auf eine solche Beförderung, die ihm nach den Kriterien der französischen „Meritokratie" gewissermaßen zustand, weil er sein Staatsexamen als Jahrgangsbester bestanden hatte.

## Der Antisemit als Sündenbock

Unmittelbar nach der Befreiung schrieb Sartre einen Essay mit dem Titel *Überlegungen zur Judenfrage*, der damals auf viele Juden befreiend wirkte. Er beginnt mit dem Portrait des Antisemiten, dessen Daseinsgrund der Hass auf die Juden ist. Sartre zufolge wird den Juden ihre Identität ausschließlich durch den Blick des Antisemiten verliehen; ohne diesen entfremdenden Blick würden sie sich nicht von den anderen Franzosen unterscheiden. In letzter Zeit wurde dieser Text häufig kritisiert. Eine Generation von Juden, die sich – anders als viele assimilierte Juden in Frankreich vor und nach dem 2. Weltkrieg – ihres Judentums bewusst geworden sind, vermisst in Sartres Theorie die jüdische Kultur und Geschichte, über die sie sich definiert. Andere meinten, in Sartres Text antisemitische Klischees zu entdecken; wieder andere wunderten sich darüber, dass in dem Ende 1946 publizierten Text der Genozid keine Rolle spielt, was man freilich mit dem Zeitpunkt der Abfassung des Textes erklären kann: Im Oktober 1944 war noch sehr wenig Information über die Realität der Konzentrationslager in Paris verfügbar. Was allerdings nicht gesehen wurde, ist, dass Sartre ausschließlich die Antisemiten anklagt. Er spricht nicht von jenen, die im Zentrum seiner Theorie des Engagements stehen, den Gleichgültigen, die glauben, nicht involviert zu sein, während wir es Sartre zufolge doch immer sind: Auch Schweigen ist Stellungnehmen. In Sartres System ist die Passivität das schwerste Vergehen, denn wer Neutralität vorgibt, verschleiert sich im Selbstbetrug („mauvaise foi") die wahre Situation. Genau dies war aber Sartres Fall in der „Affaire des Lycée Condorcet", als er die Stelle des zwangspensionierten jüdischen Kollegen einnahm. Liest man die *Überlegungen zur Judenfrage* vor diesem Hintergrund, kommt man nicht umhin festzustellen, dass er sich durch die Abfassung des Textes – zweifellos unbewusst – einer Reinigung unterzieht, indem er die eigene Schuld durch Gleichgültigkeit auf die Antisemiten projiziert. So wie er als Symbol des intellektuellen Widerstands zum Gründungsmythos der IV. Republik beitrug, so hat er seinen Landsleuten, die wie er selbst tatenlos hinnahmen, was den Juden angetan wurde, Sündenböcke verschafft: Da die Antisemiten die einzig Schuldigen waren, brauchten sie sich keine Vorwürfe zu machen und Frankreich konnte auf eine Debatte über die Kollektivschuld, wie Karl Jaspers sie 1945 in Deutschland anstieß, verzichten.

### Literatur

Galster, Ingrid, *Le Théâtre de Jean-Paul Sartre devant ses premiers critiques*, Gunter Narr/Jean-Michel Place, Tübingen/Paris, 1986; 2. Auflage mit Vorwort von Michel Winock L'Harmattan, Paris, 2001.
Galster, Ingrid, *Sartre, Vichy et les intellectuels*, L'Harmattan, Paris, 2001.
Galster, Ingrid (Hrsg.), *La Naissance du „phénomène Sartre". Raisons d'un succès*. Le Seuil, Paris, 2001.
Galster, Ingrid (Hrsg.), *Sartre devant la presse d'Occupation. Le dossier critique des „Mouches" et „Huis clos"*. Presses Universitaires de Rennes, Rennes, 2005.
Galster, Ingrid (Hrsg.), *Sartre et les juifs*. La Découverte, Paris, 2005.
Galster, Ingrid, „Was wußte Sartre? Bernard-Henri Lévys Buch und eine übersehene Frage", *Neue Zürcher Zeitung*, 11./12. März 2000.
Galster, Ingrid, „Die Vichy-Jahre Jean-Paul Sartres. Anmerkungen zu einem blinden Fleck". In *Engagement und Esprit civique. Festschrift für Henning Krauss*. Stauffenburg Verlag, Tübingen, 2003.
Galster, Ingrid, „Sartre and the Jews". Beitrag zum Kolloquium „Sartre and His Others", Harvard, April 2005. Erscheint in den Kolloquiumsakten im *Journal of Romance Studies*.

# „FRÄULEINS“ UND GIs

## *Besonderheiten einer historischen Situation*

**Die amerikanische Präsenz in Deutschland nach dem Zweiten Weltkrieg stellt zahlenmäßig und zeitlich ein einmaliges Phänomen in der Geschichte des 20. Jahrhunderts dar. Die amerikanische Besatzung nimmt in der kollektiven Erinnerung der Deutschen einen wesentlich breiteren und intensiveren Raum ein als die britische und französische. Die sowjetische hat zu einer separaten Geschichte der DDR geführt und funktioniert oft als negatives Gegenbild zur amerikanischen Besatzung, die eher wohlwollend positiv eingeschätzt wird. Sie hat zu vielfältigen, lang anhaltenden politischen und privaten Beziehungen geführt. Sie ist in beiden Ländern als Erbe spürbar, das einen ständigen Vergleich und die Reflexion des historisch-politischen Verhältnisses zueinander provoziert. Selbst auf der privaten Ebene bleibt für viele Deutsche kaum eine Reise in die U.S.A. ohne Begegnung mit einem ehemals in Deutschland stationierten Soldaten. Ihre Zahl geht in die Millionen.**

Sie nehmen zwar rapide ab, doch sechzig Jahre nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs gibt es in Deutschland immer noch amerikanische Kasernen und die Wohngebiete der „little Americas“. Militärische Einrichtungen der US-Armee inmitten oder am Rande deutscher Städte und Ortschaften waren in manchen Gegenden jahrzehntelang integraler Bestandteil des Alltags,

**Prof. Dr. rer. soc. Annette Brauerhoch** verbrachte drei Jahre als DAAD Gastprofessorin an der Columbia Universität in New York, bevor sie 2001 den Lehrstuhl für Filmwissenschaft an der Universität Paderborn antrat. Publikationen u. a. sind: *Die gute und die böse Mutter. Kino zwischen Melodrama und Horror*; zahlreiche Aufsätze in Büchern und Zeitschriften zu Schauspiel, feministischer Filmtheorie, Avantgarde- und Experimentalfilm; langjährige Mitherausgeberin von *Frauen und Film*.

wurden von der Bevölkerung allerdings unterschiedlich intensiv wahrgenommen. Was den Paderbornern ihre Briten, sind vor allem im südlichen Raum Deutschlands „die Amis“. Deutsche Frauen, die sich mit den amerikanischen Soldaten einließen, wurden „Amiflittchen“ genannt. Vor allem aber galten sie als „Fräuleins“ und unter den Amerikanern kursierte in pikanter Parallele zur sich entwickelnden Wirtschaft das Wort vom „Fräuleinwunder“.

Diese besondere Situation, deren ökonomische, politische und kulturelle Relevanz für die Entwicklung der Bundesrepublik 50 Jahre nach Kriegsende und mit dem historisch Werden von „Westdeutschland“ wieder in den Blick geriet und zum gegenwärtigen 60-jährigen Jubiläum erneut den Anlass für eine breite Medienresonanz gibt, wird bisher vor allem als zeit- und politikhistorische untersucht. Die so genannten „privaten“ Beziehungen hunderttausender von deutschen Frauen zu amerikanischen Soldaten spielen darin keine Rolle, obwohl sich in diesen Verhältnissen und ihrer Darstellung in Zeitungsberichten, (Fortsetzungs-)Romanen und Filmen entscheidende Elemente für die psychosoziale Geschichte Deutschlands herauskristallisieren: komplexe Dynamiken von Sieg und Niederlage, eine unter einem hierarchischen Machtverhältnis stattfindende kulturelle Konfrontation und – in den Beziehungen zu afroamerikanischen Soldaten – komplexe Spannungen zwischen nationalsozialistischer Rasseideologie und US-amerikanischem Rassismus. Gegenstand der vorliegenden Untersuchung ist auch die Spiegelung nationalspezifischer innen- und außenpolitischer Fragen der Nachkriegszeit im verpönten Verhältnis von amerikanischem GI und deutschem „Fräulein“.

### Das „Fräulein“

In der Nachkriegszeit verstand man unter dieser Bezeichnung nicht mehr eine meist ältere, unverheiratete Frau, die vor

*Hallo Fräulein!* (Rudolf Jugert, D 1949)

*Hallo Fräulein!* (Rudolf Jugert, D 1949)

allem durch ihr asexuelles Äußeres und den Stolz auf ihre Berufstätigkeit gekennzeichnet ist, sondern eine junge Frau, die Beziehungen mit amerikanischen Soldaten eingeht. Von der Figur des „Fräuleins" gibt es seither ein kulturell fest verankertes Stereotyp, das sich relativ unverändert von der unmittelbaren Nachkriegszeit bis heute erhalten hat. Das Klischee manifestierte sich in einer Fülle von schriftlichem Material: amerikanischen und deutschen Nachkriegsromanen, Magazinreportagen, Sensations- und Photojournalismus. Meist beinhaltete es forcierte Jugendlichkeit, artifizielle (statt ‚natürlicher') Femininität, Konsumorientiertheit, ‚Asozialität' und Promiskuität. Mit diesen Eigenschaften bildete das „Fräulein" ein despektierliches Gegenbild zur respektierten Figur der Trümmerfrau. Beide Figuren verhalten sich damit diametral entgegengesetzt zum anstehenden Projekt des Wiederaufbaus und der Reetablierung einer respektablen deutschen Identität. Gegen eine aufopferungsvolle Hingabe der Trümmerfrau an Familie und Nation steht das egoistische Konsumverhalten des „Fräulein". Diese Bilder hatten nicht nur Einfluss auf das kollektive Gedächtnis, sondern lange auch auf die historische Forschung.

„Fräuleins" bildeten eine ganz eigene Kategorie von Frauen. Im Rahmen des existierenden Stereotyps nahmen sie nicht wie die viel zitierte „Trümmerfrau" am unmittelbaren und nationalen Projekt des Wiederaufbaus teil, sondern gaben sich hedonistisch, exhibitionistisch Vergnügungen hin, die mit Scham, Untreue und Ehrverlust assoziiert wurden. Die Intensivierung einer allgemein üblichen Aufspaltung von Weiblichkeit in entsexualisierte und sexualisierte Bilder hatte gerade in den beiden Stereotypen von der „Trümmerfrau" und dem „Fräulein" sehr wenig mit der Nachkriegsrealität gemein, in der weder das „Fräulein" von Arbeit noch die „Trümmerfrau" von Sexualität ausgenommen war. Doch das Streben nach „Normalität" ist grundsätzlich mit dem Geschlechterverhältnis und seiner Konstruktion und gesellschaftlichen Definition verbunden. Gerade in Zeiten politischer und ideologischer Instabilität scheint die etablierte Geschlechterordnung ein Reservoir ‚ewiger' Werte zu bilden, auf das verstärkt zurückgegriffen wird im Versuch, eine Ordnungsmacht jenseits historischer Variablen in Biologie oder Tradition zu finden.

Die Intensivierung und Bedeutungsverdichtung, die diese Metaphorisierungen von Weiblichkeit, aber auch das aktuelle soziale Verhalten von Frauen in Kriegs- und Nachkriegszeiten erfahren, suggerieren Vergleiche mit der Situation während und nach dem Ersten Weltkrieg. Allgemein führt Krieg nicht nur zu Sexualisierungen privater ebenso wie nationalpolitischer Vorgänge, sondern er provoziert Veränderungen der Geschlechterrollen und impliziert – zumindest wird dies von einigen Studien suggeriert – eine „Krise der Männlichkeit", auf die er einerseits eine Reaktion darstellt und die er andererseits mitbewirkt. Aus einer Verschärfung der Geschlechterverhältnisse gehen die Frauen zunächst siegreicher hervor als die Männer. Während der Krieg auf Seiten der Männer Situationen des Versagens und der Ohnmacht auslöste, führen neue Arbeitsbereiche und gesellschaftliche Freiheiten den Frauen Erlebnisse von Macht und Kompetenz zu. Einer der großen Unterschiede zwischen dem Ersten und dem Zweiten Weltkrieg besteht jedoch im Fehlen eben jener Aufregung und Begeisterung, die bei Ausbruch des Ersten Weltkriegs herrschten – selbst in Deutschland. Darüber hinaus ermöglichte der Zweite Weltkrieg nicht mehr die Entwicklung einer separaten Sphäre weiblicher Aktivitäten und Solidarität: Die Grenze zwischen Schlachtfeld und Heimatfront war aufgelöst, und die ganze Bevölkerung aller Staaten war vom Krieg betroffen. Und

*Hallo Fräulein!* (Rudolf Jugert, D 1949)

*A Foreign Affair* (Billy Wilder, USA 1948)

dennoch vermitteln manche Zeitberichte zur Situation der Frauen im Nachkriegsdeutschland ein deutliches Gefühl weiblicher Identifikation gegen die vor allem in Fragen der Alltagsorganisation als schwach und unzulänglich empfundenen Kriegsheimkehrer. Doch diese Allianz der Frauen schloss die „Fräuleins“ nicht mit ein. „Fräuleins“ waren Nestbeschmutzer, untreue, vorschnelle, ‚billige’ Kapitulierer, Opportunisten. Die Beurteilungen der Zeit kennen kaum Zwischentöne, und im rigiden Versuch, ein „Eigenes” im Angesicht der moralischen Schmach (wieder-) zu finden, findet die deutsche Bevölkerung schnell ein anderes „Anderes” im unmoralischen Verhalten der „Fräuleins”. Die Figur des „Fräulein“ diente im damaligen Sprachgebrauch als umfassende Metapher zur Beschreibung einer gesamthistorischen Situation, in der politische Verhältnisse sexualisiert wurden. In der Sexualisierung lag der Versuch, politisch unkontrollierbare Vorgänge – wie Kapitulation und Besatzung – in scheinbar kontrollierbarere Parameter der Geschlechterbeziehungen zu übersetzten.

Der amerikanische Soldat spielt als nationale Ikone eine ganz andere Rolle als das „Fräulein“. Zum einen liegen Figur und Repräsentation näher beieinander, zum anderen ist er keine auf einen bestimmten historischen Zeitraum zu beschränkende Figur nationaler Folklore, sondern ein konkreter alltäglicher Bestandteil der amerikanischen Gesellschaft. Im Verhältnis zum „Fräulein“ allerdings gewinnt er nicht nur als Repräsentant einer siegreichen Armee Bedeutung, einer von hegemonialen Bestrebungen gekennzeichneten Wirtschaft und Kultur, sondern auch als Verkörperung einer zum „Deutschen“ differenten Form von Männlichkeit – und als afroamerikanischer Soldat bringt er die Konfrontation mit einer anderen Ethnie und deren spezifischer Ausprägung amerikanischer Kultur mit sich.

## Nachkriegskultur

Der Umgang deutscher Frauen mit amerikanischen Soldaten kann als ein wenig beachteter Faktor der so genannten Amerikanisierung der deutschen Gesellschaft nach dem Krieg betrachtet werden, der den Zeitgenossen noch lebhaft vor Augen stand, in die Zeitforschung allerdings selten eingegangen ist. Das desintegrierte Deutschland fand im Körper seiner Frauen symbolhaften Ausdruck, der fremde Einfluss, der in diese eindringt, steht für die „Überwältigung“ der ganzen Nation, deren „body politic“ am Boden liegt. Sich „dem Amerikaner“ anzudienen wurde zur allseits geübten Überlebensstrategie. Dieses im gesamtdeutschen Rahmen als Prostitution eines ganzen Volkes empfundene Verhalten wird vehement an einen bestimmten weiblichen Teil der Bevölkerung abgegeben und dort abgeurteilt.

Die kulturellen Implikationen der deutsch-amerikanischen Geschlechterbeziehungen der Nachkriegszeit haben sich nicht in gleichermaßen sichtbare Manifestationen umgesetzt wie der Halbstarken-Kult der 50er- oder die Studenten- und Frauenbewegung der 60er-Jahre. Sie blieben – trotz Sichtbarkeit – eine „Revolution im Stillen“, im Privaten; und doch haben sie zutiefst mit der politischen und kulturellen Geschichte der Bundesrepublik zu tun sowie mit einer noch zu schreibenden und zu entdeckenden „Frauengeschichte“, die bis heute nicht nur die lebhaftesten und leidenschaftlichsten Erinnerungen weckt, sondern ebenso lebhaft, doch ohne die damaligen zeitpolitischen Implikationen, eine Fortführung im subkulturellen Bereich der bis heute existierenden Stationierungsorte erfährt. Obwohl z. B. behauptet wird, dass mit dem Eintreffen amerikanischer Truppen in Deutschland ein beispielloser Vorgang kultureller Beeinflussung einsetzte, werden die Hauptagenten einer ab Mitte der 50er-Jahre verstärkt einsetzenden Welle der Amerikanisierung in der Regel in männlichen Jugendlichen gesehen, die, so die Begründung, dem Kontakt mit amerikanischer Lebensweise ausgesetzt waren. In dieser Argumentation werden die Frauen, die noch viel früher und in stärkerem Maße in Kontakt mit amerikanischen Ausdrucks- und Lebensformen traten, ausgeblendet und übergangen. Für die Frauen gab es keine, wie später für die Jugendlichen, Kultur des Ausdrucks, die Gruppenzugehörigkeit rituell manifestierte. Dennoch kann man deutsch-amerikanische Geschlechterbeziehungen in der Formation GI und „Fräulein“ als Vorläufer der so genannten „Amerikanisierung“ betrachten. Darüber hinaus bildeten die Verhältnisse deutscher Frauen mit amerikanischen Soldaten nicht nur eine Aneignungsform einer differenten Kultur, sondern auch eine Form weiblicher Rebellion und „Gegenkultur“ nach 1945: nicht nur in der

*The Big Lift* (George Seaton, USA 1950)

*A Foreign Affair* (Billy Wilder, USA 1948)

„befreiten" Sexualität, sondern auch in der Abkehr von nationalsozialistischer Vergangenheit und der Ablehnung nationalspezifisch geprägter Formen von Männlichkeit. Damit wird das „Fräulein", gerade auch aufgrund der weit verbreiteten Denunziation, zur Statthalterin für ein von der deutschen Nachkriegsgesellschaft Abgespaltenes. Mit „Sittenverderbtheit" ließ sich das Phänomen einerseits sensationalistisch ausschlachten, andererseits schützte die Sensation vor dem Blick auf die gesellschaftlich und gesellschaftspolitisch relevanteren Implikationen der Liebe oder auch der Beziehungen „ohne Liebe". Mit „Prostitution" bekam dieser Ausschluss einen Namen, der die Dimensionen des Verlusts versuchte klein zu halten: durch Abwertung der Frauen und Abschieben ihrer Verhältnisse in einen ökonomisch regulierten Bereich des Austausches. Gleichzeitig findet mit dieser Kategorisierung auch eine Eingemeindung statt: als Freundinnen der Amerikaner müssten die „Fräuleins" in ihrer Abtrünnigkeit ernst genommen werden. Über die Einordnung als Prostituierte hingegen wird ein Diskurs etabliert, in dem sich deutsche und amerikanische Männlichkeit scheinbar trifft, verbündet und nivelliert.

## Ein Verhältnis wird zum Symbol

In jedem Land, in dem die amerikanische Armee während des Zweiten Weltkrieges stationiert war, entwickelten sich naturgemäß, wie in jeder anderen Besatzungssituation auch, die verschiedensten Beziehungen zwischen ihren Soldaten und den ortsansässigen Frauen, sei dies in Italien, Frankreich, England, Australien oder Japan. In keinem dieser Länder wurde die Beziehung jedoch so deutlich zum Symbol für das psychologische und politische Machtverhältnis der Länder zueinander wie in Deutschland. Angesichts der Tatsache, dass Deutschland selbst nach dem entschiedenen Truppenabbau im Zuge der Wiedervereinigung historisch weiterhin das zahlenmäßig bedeutendste Stationierungsland geblieben ist, scheint das Fehlen einer „Alltagsgeschichte", die die Bedeutung dieser Verhältnisse berücksichtigt, verwunderlich. Das im Vergleich zu anderen Ländern größere Ausmaß sowie die speziellen Bedingungen eines außerordentlich ungleichen Machtverhältnisses haben die Fraternisierung in Deutschland mit einer Bedeutung aufgeladen, an die ungern erinnert wird – das starke Stereotyp des „Fräuleins" scheint einer Einkapselung und Abspaltung dieser Erinnerung zu dienen. In der Forschung bleibt die Fraternisierung – im Unterschied zu Australien und Großbritannien – eine Randerscheinung. Dieser Mangel mag in einem engen Zusammenhang mit der Symbolfunktion stehen, die „Fräulein und GI" als Chiffre für die deutsche Nachkriegsgeschichte eingenommen haben. Die ‚unmittelbare' Signalfunktion, die das Bild von diesem Paar bis heute besitzt, suggeriert „Selbst-Verständlichkeit". Diese Selbstverständlichkeit, mit der das Bild offenbar als nicht interpretationsbedürftig angenommen wird, resultiert aus einem historisch bedeutungsvollen Prozess der Verdrängung. Im Klischee vom „Fräulein" residiert die Abwehr einer Figur und Situation gegenüber, die Deutschland im Bewusstsein vieler

*The Big Lift* (George Seaton, USA 1950)

bei seiner „nationalen Anstrengung“ eine „zweite Niederlage“ einbrachte.

## Worte und Bilder: Filme als Dokument

Neben der Untersuchung von Schriftdokumenten und Romanen geht es in der Untersuchung zu „Fräuleins“ und GIs vor allem um Spielfilme im Zeitraum zwischen 1946 und 1961: die amerikanischen Filme *A Foreign Affair* (Billy Wilder, 1948), *The Big Lift* (George Seaton, 1950), *Fraulein* (Henry Koster, 1956) und *Verboten!* (Samuel Fuller 1958/59) und die deutschen Filme *Hallo Fräulein!* (Rudolf Jugert, 1949), *Die goldene Pest* (John Brahm, 1954) und *Schwarzer Kies* (Helmut Käutner, 1960/61). Daneben werden verschiedene Dokumentar- und Propagandafilme des amerikanischen *Office of War Information* berücksichtigt sowie solche Filme, in denen das Thema vermittelt zur Sprache kommt, wie beispielsweise in dem deutschen Film Toxi (R. A. Stemmle, 1952), der beim Publikum um Sympathien für die „Schokoladenbabys“ oder „Mischlingskinder“ wirbt. Wichtig für eine Einschätzung der deutsch-amerikanischen Liebesbeziehungen wurde auch eine Untersuchung der deutschen Geschlechterverhältnisse in deutschen Nachkriegsfilmen. Dazu gehört *Liebe 47* von Wolfgang Liebeneiner (1947), *Irgendwo in Berlin* von Gerhard Lamprecht (1946) und Peter Pewas' *Straßenbekanntschaft* (1948). Erst auf diesem Hintergrund werden die Bilder oder Nicht-Bilder vom „Fräulein“ bedeutsam. Ausgeklammert wurden Beispiele des so genannten Neuen Deutschen Films, in dem die historisch tabuisierte und deshalb völlig unrepräsentierte Variante der Beziehungen, die zwischen einem afroamerikanischen Soldaten und einem deutschen „Fräulein“, zum Prototyp für das Besatzungsverhältnis wird, wie beispielsweise in Rainer Werner Faßbinders *Die Ehe der Maria Braun* (1978). Es gab auch keinen Raum, das Motiv in den Kinematografien Österreichs, Frankreichs, Englands oder Japans zu vergleichen. Filme des italienischen Neorealismus werden hingegen am Rande berücksichtigt. Im Mittelpunkt steht das deutsch-amerikanische Verhältnis der Beziehungen in den Filmen Deutschlands und den USA bis 1961 – das Jahr, in dem das Thema als Phänomen der Nachkriegszeit zum letzten Mal von Helmut Käutner in *Schwarzer Kies* aufgegriffen wird. Aus der Reihe der amerikanischen Filme fällt ein Film aus dem Rahmen „realistischer“ Darstellungen: *GI Blues* von Norman Taurog (1961) wurde als Musical, das den Rockstar und das Idol Elvis feiert, nicht in diese Arbeit mit einbezogen.

Die Arbeit versucht binationale Sexualität im Spannungsfeld zwischen integrativer und desintegrativer Funktion zu verorten, zu einem Zeitpunkt als die internen Ordnungssysteme Deutschlands ebenso wie äußere Machtstrukturen zusammengebrochen waren. Film gilt dabei als die „andere“ Geschichtsschreibung. Mit der vergleichenden Analyse von Nachkriegsfilmen in Deutschland und Amerika zwischen 1946 und 1961 wird einerseits eine Periode deutscher Filmproduktion in den Blick gerückt, der bisher sehr wenig Aufmerksamkeit geschenkt wurde, und deren Anfänge oft mit dem Begriff des „Trümmerfilms“ ästhetisch abschließend beurteilt wurden. Andererseits bindet dieser Vergleich amerikanische Filme in einen Kontext ein, in dem sie noch nicht gesehen wurden. Das Projekt verbindet die Kinematografien beider Länder auf eine Weise miteinander, in deren historischem Zeitraum beide entscheidende politische, ökonomische und kulturelle Bedeutung füreinander hatten, wenn auch mit unterschiedlicher Gewichtung und unter ungleichen Machtverhältnissen. Ingesamt handelt es sich um eine kulturwissenschaftliche Studie, die die Geschlechterdifferenz und ihre kulturellen und politischen Implikationen zu einem bestimmten historischen Zeitpunkt vor allem an einem Repräsentationsmodell untersucht, das für die westlichen Demokratien repräsentativ geworden ist – dem Film, einer der wesentlichen Sozialisationsagenturen.

*Fräuleins und GIs. Geschichte und Filmgeschichte* erscheint Ende Februar 2006 beim Stroemfeld Verlag, Basel und Frankfurt am Main.

### Bildnachweise

Die Illustrationen wurden, so nicht anders nachgewiesen, der Publikation *„Fräuleins und GIs“* mit freundlicher Genehmigung des Verlages entnommen. Dank an Doris Kern für ihre Bereitstellung.
S. 27: http://www.br-online.de/bayern-heute/thema/kriegsende/befreiung-bayern-nachkrieg.xml
S. 29: http://www.legacy-project.org/film/display.html?ID=320
S. 30: Videoarchiv Annette Brauerhoch (Aufzeichnung einer Fernsehausstrahlung 1995, leider ohne Sender, Datum und Titel archiviert)

# Einsteigen.

**In unserem technisch-orientierten Unternehmenbieten wir laufend interessante Herausforderungen für**

## Absolventen*) und Berufserfahrene

**der Fachbereiche**
**E-Technik, Informatik, Maschinenbau, Mechatronik, Physik, ...**

Die dSPACE GmbH ist internationaler Marktführer bei Entwicklungs- und Testwerkzeugen schneller mechatronischer Regelungssysteme wie z.B. ABS oder ESP. Durch die ständige Entwicklung innovativer High-Tech- Produkte wachsen wir seit unserer Gründung 1988 permanent.
Deshalb bieten sich immer neue und spannende Aufgaben für unsere Mitarbeiter.

- **Produktmanagement**
- **Hardware-Entwicklung**
- **Software-Entwicklung (GUI, embedded systems)**
- **Anwendungen Echtzeitsimulation**
- **Technische Dokumentation, Marketing und Vertrieb**

**Aktuelle Stellenangebote unter www.dspace.de**

Bei uns erwarten Sie neueste Technologien, junge, lebendige Projektteams und ein hohes Maß an selbständiger, eigenverantwortlicher Arbeit in einem lockeren, angenehmen Betriebsklima.

*) wir kennen den Unterschied zwischen Männern und Frauen, machen aber keinen.

paderborn.de Paderborn überzeugt.

dSPACE GmbH · Personalabteilung
Herrn Harald Wilde
Technologiepark 25 · 33100 Paderborn
Tel.: 05251-1638-0 · hwilde@dspace.de

dSPACE

# Der Modellversuch FiT

## *Berufsschullehrerbildung im Spannungsfeld von Qualität und Quantität*

**Das Bildungssystem im Allgemeinen und die Lehrerbildung im Speziellen stehen nicht zuletzt seit PISA und TIMMS auf dem Prüfstand. Wobei genau genommen in der Diskussion um Lehrerbildung nur begrenzt von der Lehrerbildung gesprochen werden kann. Das Tätigkeitsfeld von Lehrenden stellt je nach Schulart durchaus differenzierte Anforderungen an das Lehrerhandeln. Das System der beruflichen Bildung kennzeichnet sich über ein so genanntes gemischtes Verantwortungssystem zwischen Wirtschaft und Staat. Lehrkräften an berufsbildenden Schulen kommt dabei eine Vermittlerfunktion zwischen diesen beiden Systemen und den jeweiligen Ansprüchen zu und sie sind mit den Entwicklungsprozessen beider Systeme konfrontiert, was für die Ausbildung von Lehrkräften mit durchaus vielfältigen Herausforderungen verbunden ist.**

**Prof. Dr. rer. pol. Peter F. E. Sloane**, Dipl.-Hdl., leitet seit 2000 den Lehrstuhl für Wirtschaftspädagogik am gleichnamigen Department der Universität Paderborn. Neben seiner Forschungstätigkeit im Bereich der Berufs- und Lehrerbildung widmet er sich seit 2003 als Dekan der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften darüber hinaus der hochschulinternen Gestaltungs- und Entwicklungsarbeit.

### Lehrermangel und Lehrqualität

Die Diskussionen um die Lehrerbildung und -rekrutierung sind nicht erst in jüngster Vergangenheit brisant. Vielmehr halten die Diskussionen um den Lehrermangel, fehlende Studierendenzahlen für das Lehramt an berufsbildenden Schulen sowie die Qualität berufsschulischen Unterrichts und damit verbunden die Debatte um die Professionalisierung von Berufsschullehrern seit mehr als dreißig Jahren an. Der immer wiederkehrende akute Mangel an Lehrkräften für berufliche Schulen wird in vielen Bundesländern durch Sondermaßnahmen wie die Rekrutierung von Akademikern ohne didaktisch-pädagogische Qualifikationen gedeckt. Dieses kurzfristig gedachte Vorgehen provoziert die Frage nach der Lehrqualität unseres Lehrpersonals an berufsbildenden Schulen. Da das Problem des Lehrermangels offensichtlich kein kurzfristiges zu sein scheint, einerseits sowohl die Standards in der berufsschulischen Ausbildung gesichert werden sollen als auch andererseits Berufswechslern und Quereinsteigern eine adäquate pädagogische und didaktische Vorbereitung auf den Lehrberuf ermöglicht werden soll, sind langfristige Konzepte notwendig, um unterschiedlichen Zielgruppen in der Lehrerausbildung gerecht zu werden. Gerade auch vor dem Hintergrund einer zunehmenden gesellschaftlichen Individualisierung, die u. a. dadurch geprägt ist, dass Lebensbiographien einen immer weniger stetigen Verlauf aufweisen, scheint dies in die richtige Richtung zu weisen (Abbildung 1).

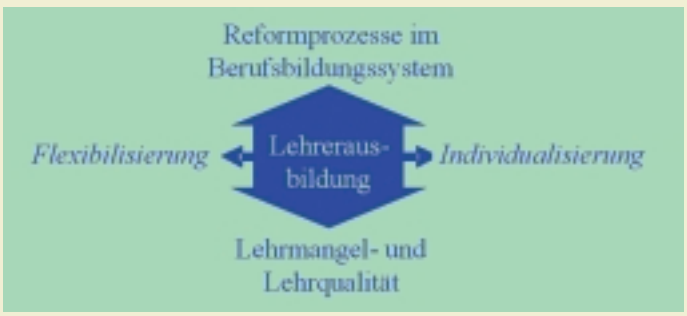



Abb. 1: Spannungsfeld Lehrerausbildung

### Besondere Herausforderungen für Lehrkräfte berufsbildender Schulen

Darüber hinaus ist das System der beruflichen Bildung durch vielerlei Reformprozesse geprägt, die sich mittelbar oder unmittelbar auf berufsschulisches Lehrerhandeln auswirken. Hierzu gehört die Diskussion um Modularisierung als mögliches Reformmodell ebenso wie die Implementation ausbildungsbegleitender Zusatzqualifikationen oder auch Qualifizierungsbausteine in der Berufsausbildungsvorbereitung. Schließlich sind seit Ende der Neunzigerjahre Lehrpläne für den schulischen Teil dualer Ausbildungsberufe nicht mehr fachsystematisch strukturiert, sondern nach handlungssystematischen Gesichtspunkten. Die Intention, die hinter der Handlungssystematik steckt ist die, dass eine an beruflichen Handlungsfeldern orientierte Ausbildung geeigneter scheint, Schüler auf die komplexen Anforderungen der beruflichen und außerberuflichen Lebenswelt vorzubereiten. Die Implementation solcher so genannten lernfeldstrukturierten Curricula geht mit zum Teil nicht unerheblichen Veränderungen für die Organisation sowie die curricular-didaktische Arbeit an den Schulen einher, die schließlich mit der Umsetzungsmotivation und -kompetenz der jeweiligen Lehrkräfte steht und fällt (vgl. exemplarisch Bader/Sloane 2000, Beek et al. 2003). Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Anlässe über eine Innovierung der Lehrerbildung, welche durch eine starre Struktur mit erster und zweiter Phase geprägt ist, nachzudenken, vielfältiger Natur sind. Gleichzeitig muss aber auch zur Kenntnis

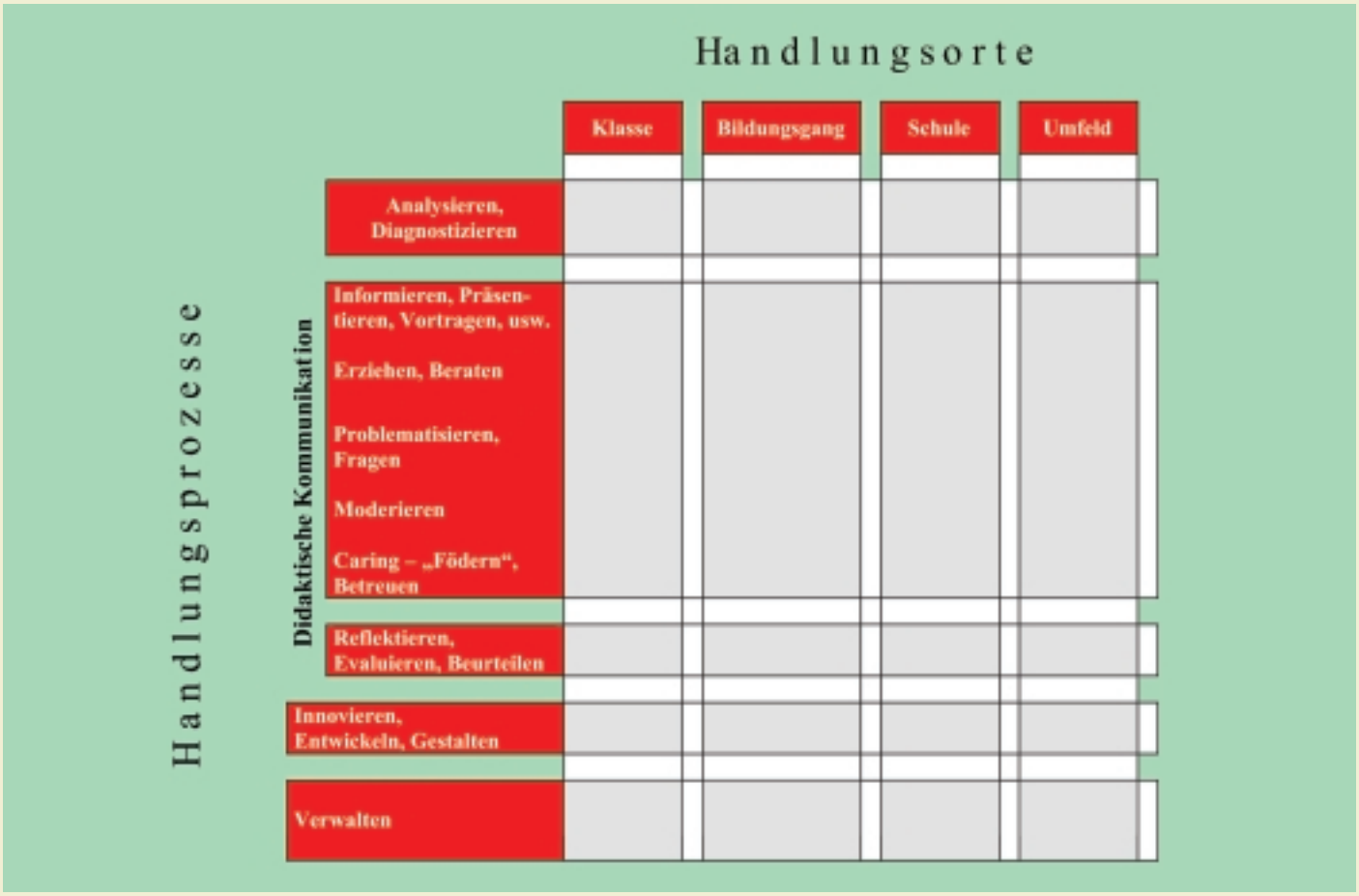



Abb. 2: Lehrerhandlungsmatrix

genommen werden, dass viele der genannten Reformprozesse weder einmalig noch Ausnahmen sind. Vielmehr stellen Reformprozesse im Bildungsbereich den Alltag dar. Bezogen auf die Lehrerbildung bedeutet dies, dass es nicht zielführend sein kann, Lösungen für einzelne Reformprozesse zu entwickeln und zu implementieren. Lehrerbildung muss auf ein Konzept aufbauen, das sich gegenüber Innovationen offen zeigt. Dies stellt einen Anspruch des Modellversuchs FiT dar, der im Folgenden kurz skizziert werden soll.

## Der Modellversuch FiT

Die bisherigen Ausführungen haben bereits eine Vielzahl an Herausforderungen und mit diesen verbundene Fragestellungen und Handlungsnotwendigkeiten für die Berufsschullehrerbildung herausgestellt. Im Vordergrund des Modellversuchs FiT („Flexibilisierung, Individualisierung und Teamentwicklung in einer integrativen lernfeldorientierten Lehrerausbildung für berufliche Schulen") stand die Zielsetzung nach einer größeren Flexibilität der starren Strukturen der Lehrerausbildung bei gleichzeitiger Berücksichtigung der individuellen Voraussetzungen der in Ausbildung befindlichen Lehrer sowie der Anforderungen an das Lehrerhandeln. Darüber hinaus gilt es neben Quer-/Seiteneinsteigern insbesondere auch Fachlehreranwärter und –anwärterinnen, d. h. die für den fachpraktischen Teil des berufsschulischen Unterrichts verantwortlichen Lehrenden, systematisch in die Ausbildungsarbeit zu integrieren, um so die spätere Zusammenarbeit aller genannten Zielgruppen zu fördern. Zentrale Aspekte in einem zukunftsweisenden Seminarkonzept sind darüber hinaus u. a. die Arbeit in Teams, die Orientierung an komplexen beruflichen Handlungsfeldern von Lehrern, die Arbeit mit Lernfeldcurricula, die Orientierung an Standards.

## Lern-/Ausbildungsfelder und Module als didaktisch-curriculare Gestaltungsparameter

Die ‚innere Logik' von Lernfeldcurricula, wie sie seit 1996 der berufsschulischen Ausbildung im Dualen System zugrunde liegen, basiert auf der Annahme, dass sich Lernfelder am beruflichen Tätigkeitsfeld orientieren und von ihnen ausgehend Lernsituationen, die wiederum auf das berufliche Tätigkeitsfeld vorbereiten sollen, zu entwickeln sind. Dabei ist jedes berufliche Tätigkeitsfeld ein komplexes, vielschichtiges und zugleich auch offenes Feld hinsichtlich Anforderungen und Qualifikationen bzw. Kompetenzen. Diese curriculare Sichtweise wird im Übrigen auch bei der Entwicklung modular aufgebauter MA-/BA-Studiengänge eingenommen.

Für die Entwicklung von Lernfeldern für die Lehrerausbildung, die im Folgenden als Ausbildungsfelder bezeichnet werden, galt es im Modellversuch somit zunächst die Anforderungsstruktur des Lehrertätigkeitsfeldes zu erfassen. In den bisherigen Ausführungen wurde bereits mehrfach das umfassende Aufgabenspektrum von Lehrern an berufsbildenden Schulen angedeutet. Es ist jedoch nicht nur durch Vielfalt geprägt, sondern auch durch die Dynamik des gesellschaftlichen, technischen und ökonomischen Wandels, was sich u. a. in aktuellen berufsbildungs-politischen Entwicklungen niederschlägt (vgl. Sloane 1998). Das Handlungsfeld (Berufsbild) einer Lehrerin ist daher, wie jedes berufliche Tätigkeitsfeld, kaum vollständig erfassbar oder gar katalogisierbar.

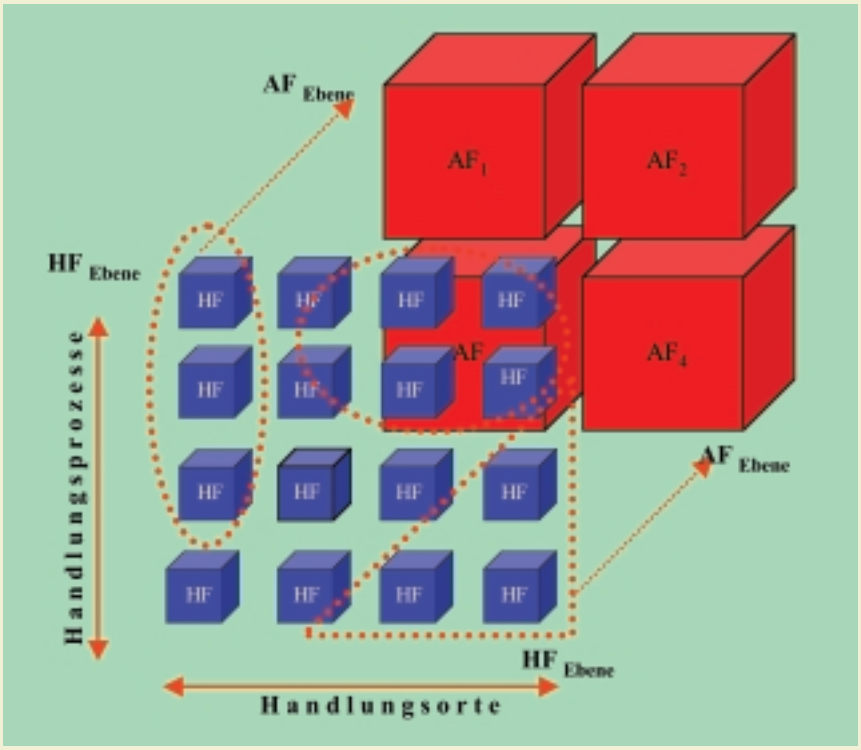



Abb. 3: Vom Lehrerhandlungsfeld zum Ausbildungsfeld.

Um das Tätigkeitsfeld adäquat abzubilden, bedarf es daher einer Struktur, die sich zum einen hinsichtlich Veränderungen flexibel zeigt und zum anderen der Abbildung von Aufgaben in ihrer unterschiedlichen Ausprägung gerecht wird. Eine Matrixstruktur, die einerseits die zentralen Aufgaben (Prozesskomponente) und andererseits die jeweiligen Situationen, in denen Lehrende agieren (Handlungsorte), abbildet, schien hierfür geeignet zu sein (Abbildung 2). Aufbauend auf dieser Struktur und um den Ansprüchen und Zielsetzungen der Lehrerbildung zu begegnen, wurden im Rahmen des Modellversuchs von den Studienseminaren für berufliche Schulen in Gießen und Wiesbaden curriculare Ausbildungsgrundlagen entwickelt, die sich einerseits am Tätigkeitsfeld von Lehrenden an beruflichen Schulen und andererseits an folgenden didaktisch-curricularen Annahmen und Konzepten orientieren (vgl. Hertle/Sloane 2004):

- In der Ausbildungsarbeit findet ein Perspektivenwechsel von fachwissenschaftlicher Verbindlichkeit zu einer handlungssystematischen Verbindlichkeit statt, d. h. den Ausgangspunkt für die Planung und Gestaltung der Ausbildungsarbeit bilden nicht mehr fachwissenschaftliche Inhalte, sondern konkrete Tätigkeits- bzw. Handlungsfelder von Lehrenden in beruflichen Schulen. Fachwissenschaftliche Inhalte werden somit entsprechend den Anforderungen des Tätigkeitsfelds herangezogen. Zur Identifizierung der relevanten Handlungsfelder und der entsprechenden Tätigkeiten in diesen Handlungsfeldern wurde auf die Lehrerhandlungsmatrix (Abbildung 2) Bezug genommen.
- Die Lehrerhandlungsmatrix gibt einen Überblick über konkrete Aufgaben (entspricht den Matrixzeilen) sowie Tätigkeitsorte (entspricht den vier Matrixspalten) von Lehrenden an berufsbildenden Schulen. Auf der Basis des durch die Matrix aufgerissenen Handlungsfeldes lassen sich Kompetenzprofile entwickeln, die für das erfolgreiche Handeln in bestimmten Tätigkeitsfeldern erforderlich sind und als Zielkategorie für die Lehrerausbildung zu definieren sind.
- Auf dieser strukturellen Grundlage konnten nun begründete Ausbildungsfelder zugeschnitten werden (Abbildung 3) . Folgende Ansprüche wurden dabei an Ausbildungsfelder formuliert:
  - Ein Ausbildungsfeld muss für den Lerner sowohl in Bezug auf seine gegenwärtige Situation als auch bezogen auf seine zukünftige Lehrertätigkeit bedeutsam sein.
  - Es muss den Tätigkeitsbereich, den es abbildet (über Handlungsorte und -prozesse), adäquat erfassen, wobei es ‚exotische' Fälle zu vermeiden gilt.
  - Es soll auf Handlungsfelder vorbereitet werden, die eine relative Häufigkeit im Alltag des Lehrers haben.
  - Es bedarf einer Fokussierung der Prozesse. Hiermit ist gemeint, dass nicht jeder Prozess in jeder Situation abgebildet werden muss, sondern Prozesse in exemplarischen Handlungsfeldern abgebildet werden können. Dabei gilt es zu entscheiden, in welchen Situationen die zu erlernenden Prozesse in den Mittelpunkt gestellt werden. Die Frage lautet: Welche Situation ist besonders geeignet, um einen Prozess zu vermitteln?
- Die aus der Handlungsmatrix abgeleiteten Ausbildungsfelder sollen schließlich einen begründeten ‚Pfad' innerhalb der Tätigkeitsmatrix darstellen, bei denen aber zugleich – unter dem Anspruch von Exemplarität und Fokussierung – eine inhaltliche Präzisierung der zu berücksichtigenden Handlungsorte und -prozesse erfolgt. Es stellt sich somit die Frage nach der Sequenzierung von Ausbildungsfeldern.
- Der Pfad selbst zielt auf den Aufbau von Kompetenz.

Folgende Ausbildungsfelder, die den genannten Ansprüchen genügten, konnten schließlich identifiziert werden:

**AF 1: Einstieg in Bildungsmaßnahmen erleben und gestalten**
**AF 2: Unterrichten auf der Grundlage normierender Prinzipien**
**AF 3: Bildungsgangarbeit an der Schule und im regionalen Kontext**
**AF 4: Schule gestalten und verwalten**

## Zur Ausbildungsarbeit in Ausbildungsfeldern

Lerntheoretisch wird in den Ausbildungsfeldern eine Situierung von Wissen angestrebt. Entsprechend einer zentralen Idee des Lernfeldkonzepts wird davon ausgegangen, dass Lernfelder Anwendungsfelder von Wissen sind, d. h. es geht um die Applikation wissenschaftlicher Erkenntnisse in authentischen Fallstrukturen (vgl. Kremer/Sloane 2000). Auf die Lehrerausbildung übertragen stellen Ausbildungsfelder Anwendungsbeispiele für pädagogisch-didaktisches Wissen sowie Wissen über die Organisation Schule sowie ihre institutionelle Einbindung dar. Durch die in Fallstrukturen eingebundenen fachsystematischen Inhalte soll im Rahmen konkreter Ausbildungssituationen vorhandenes (und v. a. in der ersten Ausbildungsphase erarbeitetes) Fachwissen angewandt, vertieft sowie erweitert werden.

Abb. 4: Evaluationsebenen im Modellversuch FiT.

## Individualisierung der Lernprozesse – Beratungskonzept – Portfolioarbeit

Über die Strukturierung in Form von Ausbildungsfeldern wird u. a. eine Modularisierung der Ausbildungsarbeit ermöglicht, die wiederum abhängig von den jeweiligen Bildungsbiographien und -ansprüchen der angehenden Lehrer einerseits individuelle Schwerpunktsetzungen ermöglicht. Dies setzt jedoch ein entsprechend differenziertes Veranstaltungsangebot voraus. Andererseits können den je aktuellen Erfordernissen entsprechende Bildungsangebote in die seminarbasierte Lehrerausbildung über eine Modulstruktur flexibel integriert werden.

Die Entwicklung eines entsprechenden Beratungskonzepts, das die in der Ausbildung befindlichen Lehrer bei der konkreten Gestaltung des Vorbereitungsdienstes hinsichtlich ihres Kompetenzerwerbs unterstützt, und das Angebot an Kompensationsveranstaltungen im pädagogisch-didaktischen Veranstaltungsbereich, insbesondere für Teilnehmer mit fehlenden entsprechenden Grundlagen, trägt dem Anspruch an Individualisierung Rechnung.

Ergänzt werden die bisher genannten seminardidaktischen Ausgestaltungen über die Implementation eines ausbildungsbegleitenden Portfoliokonzepts. Durch die Entwicklung eines individuellen Ausbildungsportfolios werden die Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst dazu angeleitet, ihren Ausbildungsprozess vor dem Hintergrund bisheriger Lernerfahrungen reflexiv zu durchdringen und dadurch ihr vorhandenes Kompetenzprofil sowie hieraus weiteren Lernbedarf zu bestimmen. Auf Basis konkreter Portfolios kann eine gezielte Beratungsarbeit durch die Ausbilder unterstützt werden (vgl. Tetzner 2005).

## Modellversuche als Forschungsfelder

Seit 1971 werden von Bund und Ländern gemeinsam, institutionalisiert durch die Bund-Länderkommission für Bildungsplanung und Bildungsforschung (BLK), Modellversuche durchgeführt. BLK-Modellversuche beziehen sich auf schulische Innovationen, deren Ziel es ist, Entscheidungshilfen für die Weiterentwicklung des Bildungssystems bereit zu stellen (vgl. Weishaupt 1980).

Die zentralen Akteure in Modellversuchen sind der Modellversuchsträger, die Wissenschaftliche Begleitung des Modellversuchs sowie die Feldagenten. Modellversuchsträger können Schulen, Studienseminare, Fortbildungsinstitute und Landesinstitute, aber auch Universitäten sein. Feldagenten sind die im sozialen Feld Modellversuch handelnden Personen. In BLK-Modellversuchen handelt es sich hierbei insbesondere um Lehrende sowie Lernende im schulischen Kontext. Die „Wissenschaftliche Begleitung (WB) ist die Organisation und/oder Person, die nach wissenschaftlichen Kriterien eine Reflexion des Modellversuches respektive der durch ihn bewirkten Veränderung in sozialen Feldern vornimmt“ (Sloane 2004. S. 658).

Fragt man nach der genauen Rolle der Wissenschaftlichen Begleitung, so bewegt sie sich in einem Kontinuum zwischen dem Anspruch der konkreten Praxisgestaltung und dem Anspruch der Erkenntnisgewinnung (vgl. Weishaupt 1980, Sloane 2004). Sollen beide Ansprüche vereint werden, d. h. sich die Wissenschaft durch die Mitarbeit an der Entwicklung von Konzepten an der Modellversuchspraxis maßgeblich beteiligen und dabei ihren Anspruch an Erkenntnisfortschritt einlösen, so kann dies über eine entsprechende Modellversuchsstruktur und ein entsprechendes Forschungskonzept geleistet werden.

Im Modellversuch FiT wurde dieser Spagat durch das zu Grunde liegende Forschungskonzept, das sich über ein responsives Evaluationsdesign kennzeichnen lässt, eingelöst (Abbildung 4). Kennzeichnend für ein Forschungskonzept, das sich an der responsiven Evaluation orientiert, ist, dass sich Wissenschaft dem Ziel verpflichtet, innerhalb des Entwicklungsprozesses bereits die Nützlichkeit eines zu implementierenden Programms für die Praxis zu prüfen und bei Bedarf auf eine Modifikation/Verbesserung im Entwicklungsfeld zu verweisen (Evaluation II).

Hypothesengenerierung oder weiterführend auch Theorieentwicklung sind zwar nicht das eigentliche Ziel eines responsiven Evaluationsprogramms, dennoch kann über die Analyse der Modellversuchsprozesse eine hypothesenbildende oder auch Theorien entwickelnde Funktion im Forschungsprozess (Evaluation I) wahrgenommen werden. Die Prozesse Praxisgestaltung und Erkenntnisgewinnung laufen dabei nicht getrennt voneinander, sondern werden über den Prozess der responsiven Evaluation, die sich einer kontinuierlichen Verbesserung der Modellversuchsarbeit verpflichtet, miteinander verbunden.

Für die Aktivitäten von Wissenschaftlichen Begleitungen in Modellversuchen bedeuten die bisherigen Überlegungen, dass sie als kommunikativer Partner in allen Projektphasen auf mögliche Problembereiche hinweist, wichtige Fragestellungen thematisiert, moderierend und beratend zur Seite steht sowie dabei hilft, Lösungsansätze zu entwickeln.

Die Aufgaben der Wissenschaftlichen Begleitung im Modellversuch FiT, die vom Lehrstuhl für Wirtschaftspädagogik übernommen wurden, lassen sich über folgende Punkte zusammenfassen:

- die Dokumentation von (Zwischen-)Ergebnissen,
- eine beratende Funktion im Arbeitsprozess,
- Angebote an Theorie geleiteten Beiträgen für die Entwick-

lungsarbeiten im Modellversuch (Input, Beratung, usw., in Form von Vorträgen, Arbeitspapieren, Projekten oder Seminaren),
- Unterstützung bei der Entwicklung eines Transferkonzeptes und der Transferarbeit,
- die kontinuierliche Theorie geleitete Reflexion der Modellversuchsarbeit mit dem Ziel der Erkenntnisgewinnung,
- das Einbringen der Modellversuchserfahrungen und -ergebnisse in den wissenschaftlichen und bildungspolitischen Diskurs, die sich im vorliegenden Fall primär in den Bereich der Lehrerbildungs- und Implementationsforschung einordnen lassen.

**Anmerkung zum Modellversuch FiT:**
Die Projektlaufzeit des Modellversuchs war von August 2002 bis Juli 2005. Strukturell eingebettet war der Modellversuch in das auf fünf Jahre angelegte BLK-Modellversuchsprogramm Innovative Fortbildung der Lehrerinnen und Lehrer an beruflichen Schulen (innovelle-bs). Nähere Informationen sind zu finden unter www.innovelle-bs.de und www.modellversuch-fit.de

### Literatur

Bader, Reinhard/Sloane, Peter F. E. (Hrsg.): Lernen in Lernfeldern – Theoretische Analysen und Gestaltungsansätze zum Lernfeldkonzept. Beiträge aus den Modellversuchsverbünden NELE und SELUBA. Markt Schwaben 2000.
Beek, Heinz/Binstadt, Peter/Hertle, Eva M./Kremer, H.-Hugo/Sloane, Peter F. E. (2003): Abschlussbericht BLK-Modellversuch „Neue Unterrichtsstrukturen und Lernkonzepte durch berufliches Lernen in Lernfeldern". München und Wiesbaden 2003.
Sloane, Peter F. E. (2004): Modellversuchsforschung. In: Rauner, Felix (Hrsg.): Handbuch der Berufsbildungsforschung. Bielefeld 2004, S. 658-664.
Sloane, Peter F. E. (1998): Funktionen im Wandel. Das neue Verhältnis von Arbeiten und Lernen in einer wissensstrukturierten Praxis. In: Innovationsforschung und Technologiemanagement. Konzepte, Strategien, Fallbeispiele. Hrsg. von Nikolaus Franke und Christoph-Friedrich von Braun. Gedenkschrift für Prof. Dr. Stephan Schrader. München 1998, S. 89-104.
Tetzner, Martin (2005): Portfolio in der Lehrerausbildung – Ein Praxisbericht. Hertle, Eva M./Sloane, Peter F. E. (Hrsg.): Portfolio – Kompetenzen – Standards. Neue Wege in der Berufsschullehrerbildung. Paderborn, erscheint 2006 im Eusl-Verlag.
Einen differenzierten Einblick in die Grundlagen und Ergebnisse des Forschungskonzepts sowie entsprechende Literatur vgl. insbesondere:
Hertle, E. M./Sloane, P. F. E. (2004): Projektbericht Modellversuch FiT. Flexibilisierung, Individualisierung und Teambildung in einer integrierten lernfeldorientierten Lehrerausbildung für berufliche Schulen. Wirtschaftspädagogische Beiträge Paderborn, Heft 8, September 2004 (URL:http://pbfb5www.uni paderborn.de/www /fb5/wiwi-web.nsf/id /3E26D7F61E04A527C1256FC0003DC 24D, Stand: 01/2006).
Hertle, E. M./Sloane, P. F. (2005): Innovative Lehrerbildung: Reformen gestalten. Paderborn 2005.

**Eva M. Hertle** ist Diplom-Handelslehrerin und seit 2001 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Wirtschaftspädagogik.
Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der Lehrerbildung sowie der Innovations- und Implementationsforschung.

SIEMENS

Global network of innovation

# IT-Outsourcing in Asien. Ein Mobile-Banking-Projekt in Irland.

## Und eine Welt, die auf Ideen wartet.

Mal wieder ein guter Tag, um bei uns anzufangen.

Go. Spin the globe.
siemens.com/career

# Dynamische Laufzeitprognose bei Extrudergetrieben

## *Umsetzung ingenieurwissenschaftlichen Wissens in die industrielle Anwendung*

**Ein wichtiger Aspekt für eine wirtschaftliche Produktion von Konsum- und Investitionsgütern ist die optimale Auslastung der zum Produktionsprozess erforderlichen Maschinen und Anlagen. Ein Maß hierfür ist die so genannte Verfügbarkeit. Sie stellt das Verhältnis der Zeit, in der die Anlage für ihren eigentlichen Zweck innerhalb eines Zeitraums wirklich zur Verfügung steht, zu der Länge des betrachteten Zeitraums dar und wird in Prozent angegeben. Die nutzbare Zeit wird bei Maschinen und Anlagen durch Wartung und Schäden sowie durch Reparaturen zu deren Beseitigung begrenzt. Stillstandszeiten, die die Verfügbarkeit negativ beeinflussen, haben im Wesentlichen zwei Ursachen:**

**Wartungsarbeiten**

Die Wartungsarbeiten sind nach vom Maschinenhersteller festgelegten Betriebsdauern durchzuführen. Üblicherweise geschieht dies in regelmäßigen Abständen, wobei der zum jeweiligen Zeitpunkt relevante Umfang einer Wartung unterschiedlich sein kann. Zeitpunkt und Umfang der Arbeiten sind also planbar. Bei der Festlegung der Wartungsintervalle geht der Hersteller von definierten Belastungen der Bauteile aus. Mitunter unterscheiden sich die Belastungen im Betrieb allerdings von diesen definierten Belastungen, so dass Wartungsarbeiten wie z. B. der Austausch von Verschleißteilen häufig aus Sicherheitsgründen zu früh oder aber bei unvorhergesehen hoher Belastung zu spät, d. h. bei bereits eingeschränkter Funktion oder nach einem Maschinenschaden und damit ungeplant durchgeführt werden.

**Schädigungen durch zu hohe Belastungen**

Belastungen, die bezogen auf die zu Grunde gelegte Dimensionierung der Maschinenteile unvorhergesehen hoch sind, können zur Schädigung eines oder mehrerer Bauteile führen. Diese Schädigung wird in der Regel einen vollständigen oder teilweisen Funktionsverlust und damit ungeplante Maschinenstillstandszeiten zur Folge haben, was sich letztlich wegen reduzierter Produktivität und Effektivität negativ auf die Wirtschaftlichkeit der gesamten Anlage auswirkt.

Elementare Komponenten Kunststoff verarbeitender Anlagen sind Extruder. Sie haben die Aufgabe, das in Granulat- oder Pulverform vorliegende Ausgangsmaterial aufzuweichen und zu homogenisieren, um es dann unter Druck durch eine Düse dem nachfolgenden Verarbeitungsprozess zuzuführen. Dies kann wie beim Spritzgießen diskontinuierlich oder wie beim Extrudieren kontinuierlich erfolgen. Die Abbildungen 1a und 1b zeigen eine Anlage, die von der Firma Battenfeld hergestellt wurde und zur kontinuierlichen Extrusion von Rohren für die Wasserwirtschaft dient.

**Prof. Dr.-Ing. Detmar Zimmer** ist seit 2001 Leiter des Lehrstuhls für Konstruktions- und Antriebstechnik (KAt) der Fakultät Maschinenbau an der Universität Paderborn. Er promovierte 1989 am Institut für Maschinenkonstruktion und Getriebebau der Universität Stuttgart bei Prof. Langenbeck. Während seiner anschließenden elfjährigen Industrietätigkeit bei der Lenze GmbH & Co. KG war Prof. Zimmer zuletzt als Entwicklungsleiter für Getriebemotoren für den gleichnamigen Geschäftsbereich mitverantwortlich.

In Abbildung 2 ist die Funktionsweise eines Extruders in stark vereinfachter Form dargestellt. Das Granulat wird der Extruderkammer über einen Trichter zugeführt und dann durch eine Schneckenwelle in Richtung der Extrusionsdüse gefördert. In der Extruderkammer wird es dabei durch Heizsysteme und durch die Reibarbeit erwärmt, die durch die Reibung und die Scherbeanspruchung des Kunststoffs während des Förderns entsteht. Letztlich wird der aufgeschmolzene und durch die Förderbewegung homogenisierte Kunststoff unter hohem Druck durch die Düse gepresst und dem nächsten Prozessschritt zugeführt. Die für die Drehung der Förderschnecke erforderliche mechanische Leistung wird in der Regel von einem Elektromotor bereitgestellt und dann hinsichtlich Drehzahl und Drehmoment durch ein Getriebe an den Extrusionsprozess angepasst. Häufig übernimmt das Getriebe zusätzlich die Aufgabe, die durch den Extrusionsdruck auf die Förderschnecke wirkende Axialkraft $F_a$ aufzunehmen.

Das aus Motor, zugehöriger Steuerelektronik und Getriebe bestehende Antriebssystem hat einen erheblichen Anteil an der Gesamtfunktion und am Wert des Extruders, wobei insbesondere das Getriebe den aus der jeweiligen Prozessführung resultierenden, teilweise stark veränderlichen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt ist. Für die Verfügbarkeit einer Extrusionsanlage sind daher folgende Fragen von hoher Bedeutung:

- Wie lassen sich ungeplante Stillstandszeiten durch Getriebeschäden vermeiden bzw. minimieren?
- Wie können frühzeitig Informationen über anstehende Austausch- und Wartungsarbeiten, deren Zeitpunkt von der jeweiligen relevanten Belastungshistorie abhängt, bereitgestellt werden?

Abb. 1a, 1b: Extrusionsanlage zur Herstellung von Wasserrohren.

Abb. 1b

## Aufgabenstellung und Lösungsweg

Die aufgeworfenen Fragen führen zu dem Wunsch, zu beliebigen Zeitpunkten während des Extrusionsprozesses Aussagen über den aktuellen (Schädigungs-)Zustand des Getriebes machen zu können. Gesucht ist also ein System, das unter Berücksichtigung der Belastungshistorie und der aktuellen Betriebsbedingungen in der Lage ist, eine Aussage über die verfügbare Restlebensdauer einzelner Bauteile zu treffen und damit eine dynamische Lebensdauerprognose für das Getriebe abzugeben.

Voraussetzung für die Konzeption eines derartigen Systems ist, dass die zulässigen Beanspruchungen für die einzelnen Bauteile sowie die während der Betriebszeit tatsächlich aufgetretenen Beanspruchungen der einzelnen Maschinenkomponenten bekannt sind. Zusätzlich müssen Modelle vorliegen, die basierend auf den Informationen über die Beanspruchung Aussagen zum Schädigungsgrad oder zum Verschleiß beziehungsweise zur Restlebensdauer des jeweiligen Elements zulassen. Dem entsprechend wurden folgende Schritte zur Lösung der Aufgabe vorgesehen:

- Ermitteln der Getriebebelastung auf möglichst einfache Art und Weise. Durch kontinuierliches Erfassen und Speichern des Drehmoment- und des Drehzahlverlaufs kann dann die Belastungshistorie des Getriebes dokumentiert werden. Diese wird im weiteren zur Berechnung des Belastungsverlaufs einzelner Getriebebauteile wie Lager, Wellen oder Zahnräder herangezogen. Damit ist für jedes Bauteil der Ist-Verlauf der Belastung in Abhängigkeit von der Zeit bekannt.
- Rechnerische Bestimmung einer äquivalenten Last für jedes Bauteil. Diese ist dadurch definiert, dass sie über der Zeit konstant ist und im Bauteil den selben Verschleiß oder die selbe Vorschädigung bewirkt wie der zeitlich veränderliche Ist-Verlauf der Belastung.
- Erstellen einer Prognose zur Restlebensdauer durch Vergleich der äquivalenten Last mit der Belastung, die in der Konstruktionsphase der Dimensionierung des Bauteils zu Grunde gelegt wurde, um eine bestimmte Lebensdauer zu erreichen.

## Getriebe- und Bauteilbelastung

Die Kenntnis der Belastung aller Getriebebauteile ist erforderlich, um für jedes Bauteil entsprechend den jeweils zu erwartenden Schädigungsmechanismen einen Festigkeitsnachweis führen zu können. Bei Zahnrädern können beispielsweise folgende Schädigungsarten auftreten: Ein Zahn kann vollständig abbrechen (Bruch), auf der Zahnflanke können kleine Materialteile ausbrechen („Pitting“) und die Flankenoberfläche kann temporär wegen mangelhafter Schmierungsbedingungen mit der Gegenflanke verschweißen („Fressen“). Jeder Schadensmechanismus hängt von den Belastungsbedingungen ab und ist getrennt zu betrachten. Die auf das jeweilige Bauteil wirkende schädigungsrelevante Belastung lässt sich mit Hilfe der technischen Mechanik bestimmen, wenn das in das Getriebe eingeleitete Drehmoment und die zugehörige Antriebsdrehzahl bekannt sind. Es ist also erforderlich, diese beiden Größen kontinuierlich zu erfassen.

Im Falle der hier betrachteten Extruder wird die Motor- und damit die Getriebeeingangsdrehzahl elektronisch geregelt. Voraussetzung dafür ist, dass die Drehzahlistwerte in geeigneter Form erfasst und zur Auswertung zur Verfügung gestellt werden. Damit liegen zu beliebigen Zeitpunkten ausreichend genaue Informationen über die Drehzahl der Getriebeeingangswelle vor. Hinsichtlich der Messung des Drehmoments stellte sich die

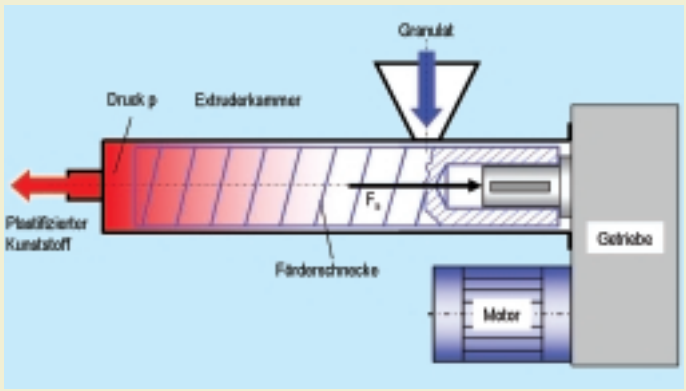



Abb. 2: Prinzipdarstellung eines Extruders.

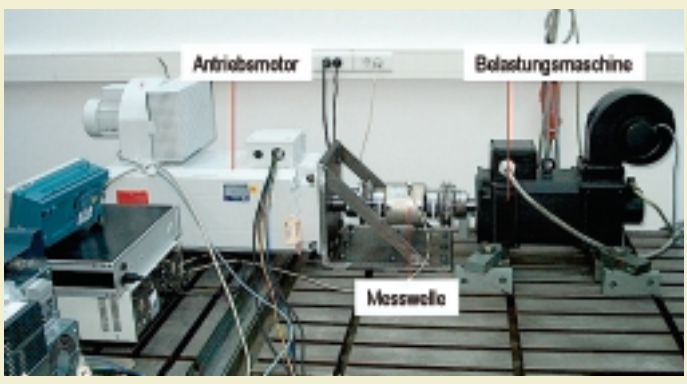



Abb. 3: Prüfaufbau zur Erfassung von Motorstrom und Drehmoment.

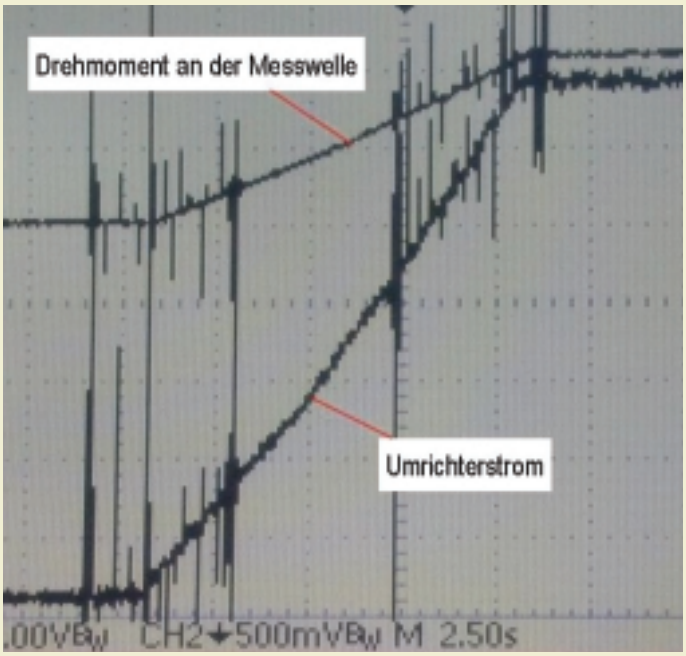



Abb. 4: Gemessener Verlauf von Motorstrom und Drehmoment bei Belastungsänderung.

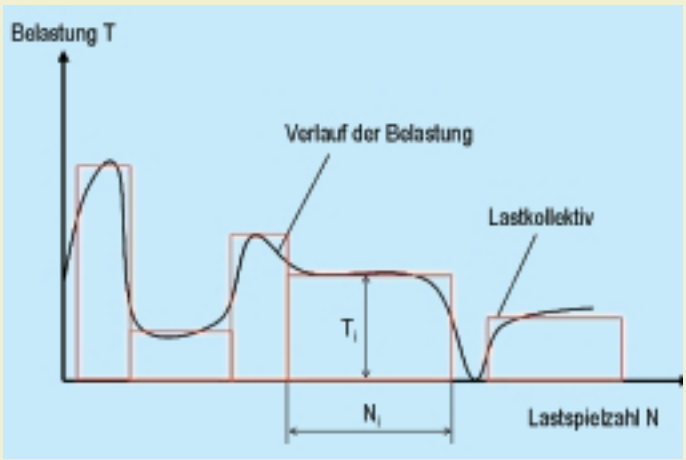



Abb. 5: Belastungsverlauf und Lastkollektiv.

Frage, ob ein spezieller Sensor im Antriebsstrang vorzusehen ist oder ob der zeitliche Verlauf des Motorstroms mit hinreichender Genauigkeit und Dynamik als Maß für das Getriebeabtriebsdrehmoment herangezogen werden kann. Der Motorstrom hängt direkt von der mechanischen Belastung des Motors ab, sodass eine indirekte, sensorlose Messung des Getriebedrehmoments möglich ist. Das Stromsignal kann an der Steuerelektronik abgegriffen werden, da es üblicherweise zur Steuerung und zur Überwachung des Motors ohnehin vorliegt. Zu überprüfen war, ob das Stromsignal in der Motorsteuerung der mechanischen Belastung der Motorwelle ausreichend schnell folgt. Hierzu wurde im Prüffeld des KAt ein Dynamik-Test durchgeführt, bei dem ein elektronisch geregelter Antriebsmotor über eine Drehmomentmesswelle durch eine Belastungsmaschine mit zeitlich unterschiedlich langen Belastungsänderungen beaufschlagt wurde. Parallel wurden das übertragene Drehmoment und der Motorstrom aufgezeichnet und gegenübergestellt (Abbildungen 3 und 4).

Es stellte sich heraus, dass sich das Motorstromsignal im relevanten Bereich proportional zum Drehmoment verhält und dass es ausreichend schnell auf die Änderung der mechanischen Belastung reagiert. Somit kann der Motorstrom als ausreichend genaues Maß für die mechanische Belastung des Getriebes herangezogen werden. Damit liegen alle Informationen vor, die zur Bestimmung der Belastung der Getriebebauteile zu einem beliebigen Zeitpunkt erforderlich sind.

## Äquivalentes Moment

Während des Betriebs treten üblicherweise unterschiedlich hohe Belastungen in verschiedener Häufigkeit auf. Um dies bei der Auslegung des Getriebes berücksichtigen zu können, wird der tatsächliche Belastungsverlauf zunächst in einem Lastkollektiv zusammengefasst (Abbildung 5). Das Lastkollektiv stellt vereinfacht dar, wie oft ein Bauteil während des Betriebs durch Belastungen unterschiedlicher Höhe beansprucht wird. Dies soll am Beispiel eines Zahnrads verdeutlich werden: Jeder Zahn wird während einer Umdrehung des Rades einmal in eine Richtung belastet und anschließend entlastet. Es hat ein Lastwechsel stattgefunden. Während eines Zeitabschnitts $t_i$ liegen – je nach Drehzahl $n_i$ – $N_i$-Lastwechsel mit dem Drehmoment $T_i$ vor.

Basierend auf einem bekannten Lastkollektiv lässt sich nun für jedes einzelne Bauteil zu Berechnungszwecken ein äquivalentes Moment $T_{eq}$ bestimmen. Eine Belastung mit dem äquivalenten Moment führt theoretisch zu der gleichen Bauteilschädigung wie die Belastung mit dem tatsächlich auftretenden Lastkollektiv. Im Rahmen der Auslegung ist dann jedes Bauteil so zu dimensionieren, dass es bei Belastung des Getriebes durch das äquivalente Moment mindestens die der erwarteten Betriebsdauer entsprechende Lastwechselzahl erreicht.

Zur Berechnung des äquivalenten Moments wird neben dem Lastkollektiv noch ein Wert für die Variable p benötigt, mit deren Hilfe der Schädigungsmechanismus und der Bauteilwerkstoff berücksichtigt werden können; Werte für p werden experimentell an Normproben ermittelt und liegen für die relevanten Werkstoffe und Schädigungsmechanismen vor.

## Dynamische Laufzeitprognose

Die Lebensdauer eines dynamisch beanspruchten Bauteils ist vom Betrag und vom zeitlichen Verlauf der Belastung abhängig. Abbildung 6 zeigt eine Wöhlerlinie, die die Abhängigkeit der zulässigen Lastspielzahl in Abhängigkeit von der Belastung – hier ein Drehmoment T – während eines Lastspiels im doppelt logarithmischen Netz darstellt. Unterschieden werden die Bereiche der statischen Festigkeit, der Zeitfestigkeit und der Dauerfestigkeit. Belastungssituationen, die oberhalb der Linie liegen, führen zur Schädigung des Bauteils. Die Steigung der Wöhlerlinie im Zeitfestigkeitsbereich ist ein Maß für die Empfindlichkeit des Bauteils gegenüber Lastanhebungen oder -absenkungen; die oben genannte Variable p entspricht dem Kehrwert der Wöhlerliniensteigung im Zeitfestigkeitsbereich. Bei einer flach verlaufenden Linie – also bei kleiner Steigung und damit einem hohen Wert für p – ist beispielsweise eine geringe Erhöhung der Beanspruchung mit einer starken Reduzierung der zulässigen Lastspielzahl verbunden.

Bei der Dimensionierung eines Getriebebauteils ist zunächst zu entscheiden, ob dieses dauer- oder zeitfest ausgelegt werden soll. Bei zeitfester Auslegung ergibt sich die erforderliche Lastwechselzahl aus der gewünschten Betriebszeit und der zu Grunde gelegten Drehzahl. Das Bauteil ist dann so zu gestalten, dass die zu Grunde gelegte Beanspruchung diejenige Beanspruchung mit

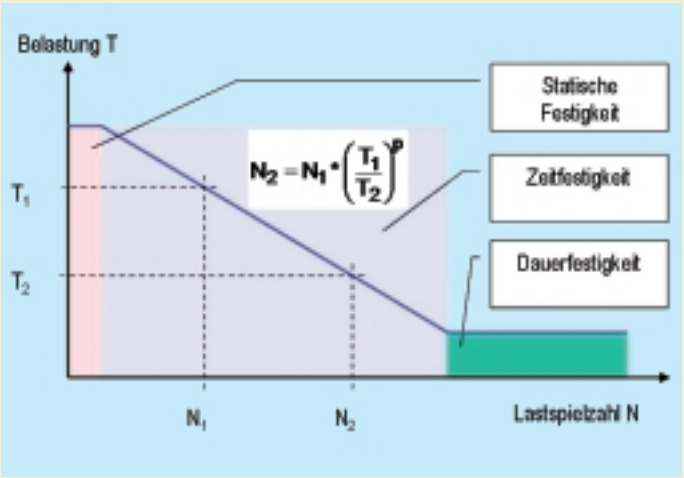



Abb. 6: Wöhlerlinie

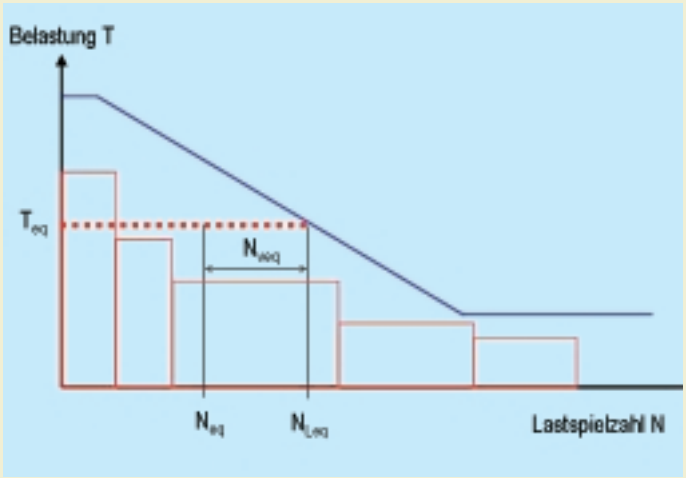



Abb. 7: Bestimmung der Restlebensdauer.

ausreichender Sicherheit nicht überschreitet, die gemäß Wöhlerlinie für die erforderliche Lastwechselzahl zulässig ist. Bei dauerfester Auslegung ist sicherzustellen, dass die zu Grunde gelegte Beanspruchung mit ausreichender Sicherheit unter der dauerhaft zulässigen Beanspruchung liegt.

Wenn die im Betrieb auftretende Belastung von der Belastung abweicht, die der Dimensionierung zu Grunde gelegt wurde, wird die vorgesehene Lebensdauer nicht erreicht oder überschritten. Auf die Anlagenwartung bezogen bedeutet das, dass sie zu früh oder zu spät kommt. Um nun eine dynamische, das heißt eine der Belastungshistorie angepasste Prognose über die verfügbare Restlebensdauer der verwendeten Maschinenelemente zu erstellen, wurde folgender Weg gewählt: Aus der Belastungshistorie wird zu einem beliebigen Zeitpunkt das aktuelle äquivalente Moment bestimmt. Mit Hilfe der für das Bauteil gültigen Wöhlerlinie lässt sich die Lastwechselzahl $N_{Leq}$ ermitteln, bei der theoretisch ein Schaden am Bauteil auftritt. Weiter ist aus der Belastungshistorie die Zahl der Lastwechsel $N_{eq}$ bekannt, während derer das Bauteil mit dem äquivalenten Moment belastet wurde. Die Differenz dieser Werte entspricht der Anzahl der noch verfügbaren Lastwechsel $N_{veq}$ (Abbildung 7). Damit lässt sich bei bekannter Drehzahl die Restlebensdauer des Bauteils bestimmen, die bei dem jeweils aktuellen äquivalenten Moment noch verfügbar ist.

Die beschriebene Vorgehensweise verlangt, dass für jedes betrachtete Maschinenelement innerhalb des Extrudergetriebes die auftretende Belastung mit der zulässigen Belastung verglichen wird. Dies lässt sich dann besonders einfach realisieren, wenn bekannt ist, welche Lebensdauer beziehungsweise wie viele Lastwechsel $N_N$ die einzelnen Maschinenelemente bei Belastung durch das Getriebe-Nennmoment $T_N$ bei der Nenndrehzahl $n_N$ erreichen. Diese Daten liegen beim Getriebehersteller vor. Da der Exponent p auch bekannt ist, kann die Lastwechselzahl $N_{Leq}$ mit Hilfe des in Abbildung 6 beschriebenen Zusammenhangs bestimmt werden. Damit sind alle Informationen bekannt, die zur Bestimmung der Laufzeit des Getriebes bis zur nächsten Wartung benötigt werden.

Die Auswertung der erforderlichen Messdaten und die hier beschriebenen Beziehungen wurden in die Standard-Maschinensteuerung des Extruders implementiert, die auf einem Industrie-PC basiert. Dort wird die noch verfügbare Getriebelaufzeit berechnet; sie kann direkt an ein Produktionsplanungssystem und/oder über die Benutzeroberfläche an den Maschinenbediener übermittelt werden (Abbildung 8). Zusätzliche Sensoren sind hierfür nicht erforderlich.

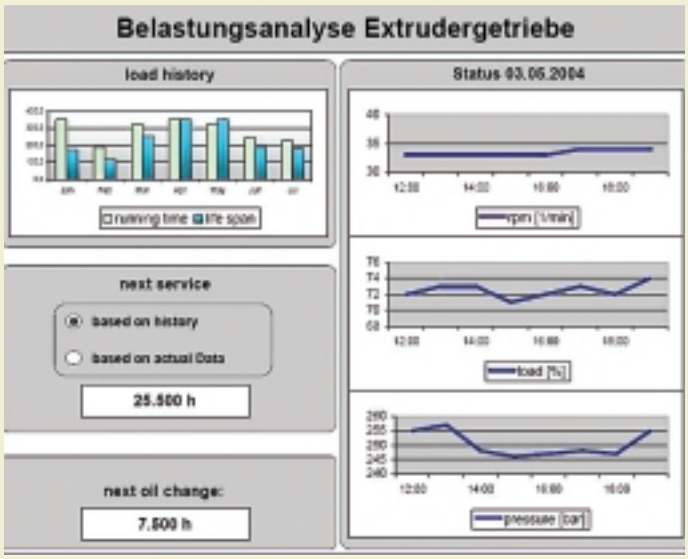



Abb. 8: Benutzeroberfläche mit Hinweis auf verfügbare Laufzeit.

## Zusammenfassung

Die Verfügbarkeit Kunststoff verarbeitender Anlagen ist eine wichtige Kennzahl für deren Wirtschaftlichkeit. Aus diesem Grund ist es Ziel der Anlagenbetreiber, Stillstandszeiten auf ein Minimum zu reduzieren. Ein Ansatz hierfür ist die in dem vorliegenden Beitrag beschriebene dynamische Laufzeitprognose für Extrudergetriebe, die gemeinsam vom Lehrstuhl für Konstruktions- und Antriebstechnik der Universität Paderborn und der Firma Battenfeld Extrusionstechnik in Bad Oeynhausen entwickelt wurde. Das Getriebe stellt als Teil des Antriebssystems bezüglich Wert und Funktion einen elementaren Bestandteil des Extruders dar.

In dem Beitrag wird aufgezeigt, wie sich eine dynamische Laufzeitprognose durch einen Vergleich der Getriebe-Auslegungsdaten mit den kontinuierlich erfassten Belastungsdaten erstellen lässt. Mit Hilfe der Prognose ist es möglich, den Anwender rechtzeitig auf anfallende Wartungsarbeiten hinzuweisen. Servicearbeiten werden nicht mehr in regelmäßigen Intervallen, sondern je nach Belastungshistorie früher oder später als bei der klassischen Intervallwartung durchgeführt. Ein schonender, sachgemäßer Umgang mit der Anlage führt beispielsweise zu einer Verlängerung der Laufzeit zwischen einzelnen Wartungsinspektionen, während Überlastung und unsachgemäße Behandlung

die Wartungsintervalle verkürzen. Diese Zusammenhänge werden dem Anwender angezeigt. Er erhält Informationen darüber, wie viel Laufzeit bis zur nächsten Wartung verfügbar sein wird und in welcher Weise die Belastung der Anlage die verfügbare Restlaufzeit beeinflusst. Wartungsarbeiten können so sinnvoll terminiert und unnötige sowie ungeplante Stillstandszeiten vermieden werden.

Ein weiterer Vorteil der dynamischen Laufzeitprognose liegt in der Erfassung der Belastungshistorie. Die erfassten Daten liefern wichtige Informationen über den Extrusionsprozess, die für den Anwender der Anlage, den Hersteller und für den Getriebelieferanten ausgesprochen wertvoll sind. Gute Kenntnisse über den Extrusionsprozess und die damit verbundenen Getriebebelastungen sind für die Dimensionierung der Getriebebauteile von hoher Bedeutung. Alle zur Erstellung der dynamischen Laufzeitprognose erforderlichen Informationen werden der Antriebselektronik entnommen und in der Standard-Maschinensteuerung verarbeitet. Kosten für zusätzliche Sensorik entstehen damit nicht.

Unser herzlicher Dank gilt der Battenfeld Extrusionstechnik, vertreten durch Dr. Norbert Kreth und Dipl.-Ing. Martin Kopp, für die Unterstützung des Projekts und für wertvolle Diskussionsbeiträge.

**Dr.-Ing. Jianquan Bo** promovierte 2000 in der Fachgruppe Computeranwendung und Integration in Konstruktion und Planung der Universität Paderborn bei Prof. Koch. Nach einer anschließenden dreijährigen Industrietätigkeit war er ab 2004 wissenschaftlicher Mitarbeiter bei Prof. Zimmer am Lehrstuhl für Konstruktions- und Antriebstechnik. Seit September 2005 ist er als Professor für Konstruktionslehre an der Chinesisch Deutschen Technischen Fakultät in Qingdao (CDTF) tätig.

**Kino, Film und Theorie bei** *Stroemfeld*

Klaus Theweleit: **Deutschlandfilme. Filmdenken & Gewalt. Godard Hitchcock Pasolini** ISBN 3-87877-827-9

Heide Schlüpmann: **Abendröthe der Subjektphilosophie – eine Ästhetik des Kinos** ISBN 3-87877-740-X

Heide Schlüpmann: **Öffentliche Intimität. Die Theorie im Kino.** ISBN 3-87877-875-9

Kevin Brownlow: **Pioniere des Films. Vom Stummfilm bis Hollywood** ISBN 3-87877-386-2

Linda Williams: **Hard Core. Über pornographischen Film** (nexus 3) ISBN 3-86109-103-8

Karl Sierek: Ophüls : **Bachtin. Versuch mit Film zu reden** (nexus 16) ISBN 3-86109-116-X

Karl Siereck, Barbara Eppensteiner (Hrsg.): **Der Analytiker im Kino. Siegfied Bernfeld – Psychoanalyse – Filmtheorie** (nexus 43) ISBN 3-86109-143-7

Bärbel Tischleder: **Body Trouble. Entkörperlichung, Whiteness und das amerikanische Gegenwartskino** (nexus 58) ISBN 3-86109-158-5

Renate Lippert: **Vom Winde verweht. Film und Psychoanalyse** (nexus 62) ISBN 3-86109-162-3

Marie-Hélène Gutberlet: **Auf Reisen. Afrikanisches Kino** (nexus 67) ISBN 3-86109-167-4

Annette Brauerhoch: **Fräuleins und GIs** (nexus 70) ISBN 3-86109-170-4

Inuhiko Yomota: **Im Reich der Sinne. 100 Jahre japanischer Film** (nexus 79) ISBN 3-86109-179-8

**Filmwissenschaftliche Reihen:**

**KINtop – Jahrbuch zur Erforschung des frühen Films.**
Herausgegeben von Frank Kessler, Sabine Lenk, Martin Loiperdinger

**KINtop Schriften – Materialien zur Erforschung des frühen Films.**
Herausgegeben von Frank Kessler, Sabine Lenk, Martin Loiperdinger

**Frauen und Film**
Herausgegeben von Annette Brauerhoch, Heike Klippel, Gertrud Koch, Renate Lippert, Heide Schlüpmann

Bitte fordern Sie unser Gesamtverzeichnis an!

*Stroemfeld*

D-60322 Frankfurt am Main
Holzhausenstraße 4
Fax +49-69-955226-24
info@stroemfeld.de www.stroemfeld.com

# DEN KOPF VOLLER IDEEN, EIN KLARES ZIEL VOR AUGEN.

RIGHT CHAIRING

Wer kann, der darf: Ob Sie im Rahmen eines Praktikums erstmals Berufsalltag schnuppern, Ihre Diplomarbeit bei uns schreiben oder mit abgeschlossener Ausbildung bei uns starten wollen – wir haben für ehrgeizige Einsteiger immer einen Stuhl frei. Als international ausgerichtetes Unternehmen suchen wir Denker, Macher und Talente aus unterschiedlichen Bereichen. Und weil wir 75% unserer Führungskräfte aus den eigenen Reihen besetzen wollen, stehen Ihre Chancen bei uns auch langfristig gut.

## Nachwuchskräfte
### für unterschiedliche Fachbereiche

- **Praktikanten**
- **Diplomanden**
- **Absolventen**

Weidmüller ist der führende Hersteller von Komponenten für die elektrische Verbindungstechnik. Zu dem Weidmüller-Produktportfolio zählen Reihenklemmen, Steck- und Leiterplattenverbinder, geschützte Baugruppen, Industrial Ethernet Komponenten sowie Relaiskoppler bis hin zu Stromversorgungs- und Überspannungsschutz-Modulen in allen Anschlussarten. Material zur Elektroinstallation und Betriebsmittelkennzeichnung, E/A-Basiskomponenten und Werkzeuge runden das Programm ab. Als OEM-Anbieter setzt das Unternehmen dabei weltweit Standards in der elektrischen Anschluss- und Verbindungstechnik. Weltweit beschäftigt Weidmüller derzeit insgesamt rund 2.300 Mitarbeiter und ist in mehr als 70 Ländern für seine Kunden tätig. Weidmüller erzielte im Geschäftsjahr 2004 einen Umsatz von 360 Mio. Euro.

Weidmüller Interface GmbH & Co. KG
– Akademie – Schul- und Hochschulbetreuung
Postfach 30 30, 32760 Detmold
Bewerberhotline: 0 52 31 / 14-18 74
E-Mail: hochschulbetreuung@
weidmueller-akademie.de
Gehen Sie uns ins Netz:
www.weidmueller.com

Wer alles gibt, gibt nie zu wenig

Weidmüller

# Qubits im Nanokosmos

## *Der Aufbruch in die Welt der Quanten*

**Die Quantenwelt liegt irgendwo verborgen im Nanokosmos. Wir kennen mittlerweile viele der uns sonderbar erscheinenden Gesetze, die in der Quantenwelt gelten. Diese neuen Gesetze, die in der uns vertrauten klassischen Welt nicht in Erscheinung treten, sind extrem wichtig für die weitere Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Das Zauberwort heißt Quanteninformationsverarbeitung. Neue Funktionalitäten wie die absolut sichere Datenübertragung und die Voraussage höchster Rechenleistung rufen die Wissenschaftler auf den Plan. Viele von ihnen im In- und Ausland sind bereits aufgebrochen zum langen Marsch in die Quantenwelt. Der Weg dorthin führt sie direkt in den Nanokosmos, wo sie lernen müssen, mit einzelnen Quantensystemen umzugehen und als Qubits (Quantenbits) für künftige Quantencomputer zu nutzen.**

**Prof. Dr. rer. nat. Artur Zrenner** ist seit 2001 Professor für Experimentalphysik in der Fakultät für Naturwissenschaften an der Universität Paderborn. Seine wissenschaftlichen Arbeitsgebiete umfassen die festkörperbasierenden Quanteninformationsverarbeitung, die Optoelektronik und Photonik an nanostrukturierten Materialsystemen sowie die Mikroskopie.

### Stand der Technik

Die Entwicklung der Informationstechnologien ist eine der wichtigsten Errungenschaften der angewandten Forschung. Viele der entscheidenden Schlüsselkomponenten basieren auf Halbleiter-Bauelementen mit elektronischen oder opto-elektronischen Funktionen. Nach jahrzehntelanger intensiver Forschung und Entwicklung ist die Leistungsfähigkeit dieser Elemente exzellent. Die Mikroelektronik ist zum Motor unserer Gesellschaft und Wirtschaft geworden. Die moderne Informationsgesellschaft indes erweist sich als hoch-dynamisch und innovativ, sodass eine zunehmende Nachfrage nach weitergehenden Entwicklungen besteht. Das Motto heißt: Immer kleiner – immer schneller. Das zu Beginn der 70er-Jahre formulierte „Moor'sche Gesetz" postuliert eine Verdoppelung der Leistungsfähigkeit moderner Mikrochips alle 18 Monate. Im Jahr 2007 werden bei minimalen Strukturbreiten von etwa 50 nm mehr als eine Milliarde Transistoren auf einem Chip Platz finden. Die heute eingesetzte Silizium CMOS-Technologie wird Prognosen zufolge bei Strukturbreiten von etwa 10 nm an ihre Grenzen stoßen. Die konventionelle, klassische Mikroelektronik wird in diesem Bereich bereits von der atomaren Gitterstruktur der Materie beeinflusst, das Verhalten der Elektronen im Transistor wird bereits stark von den Gesetzen der Quantenphysik dominiert.

Die Grenzen des Wachstums werden also sichtbar. Bereits jetzt entwerfen Wissenschaftler daher Konzepte für die Zukunft: Die Quantenphysik ist dabei nicht eine unerwünschte Komplikation für das Bestehende und Bewährte, sondern Ausgangspunkt für einen grundlegenden Neuanfang.

Reprinted with permission from Physics Today, Oct. 1991, © 1991, AIP

Abb. 1: In der klassischen Welt ist alles klar geregelt. Die Quantenwelt hingegen präsentiert sich etwas sonderbar: Alles ist wellig, die Schrödinger-Katze gleichzeitig tot und lebendig.

### Die Welt der Quanten

Mit den Gesetzen der klassischen Mechanik sind wir alle vertraut, aus dem Physikunterricht in der Schule oder aus der eigenen Erfahrung und Intuition. Objekte sind im Raum mit beliebiger Genauigkeit positionierbar und auch bestimmbar, die Energie von Körpern kann in beliebig kleinen Schritten verändert werden, Mauern sind undurchdringbar. Dieses im täglichen Leben beobachtbare Verhalten von Körpern wurde von Isaac Newton in den nach ihm benannten Axiomen formuliert. Die Newtonsche Mechanik beschreibt die Vorgänge im Makrokosmos, also in der von uns direkt erlebten Realität.

Die Quantenmechanik, vor etwa 100 Jahren begründet, beschreibt dagegen die Vorgänge im Kleinen. In diese Kategorie fällt beispielsweise ein einzelnes Elektron oder ein Atom. Ein Elektron ist nach den Gesetzen der Quantenmechanik nicht mehr exakt im Ort bestimmbar. Es gehorcht vielmehr der Heisenbergschen Unschärferelation. Die besagt, dass das Produkt aus Ortsunschärfe $\Delta x$ und Impulsunschärfe $\Delta p$ immer größer oder gleich $\hbar$ zu sein hat. Wenn ein Elektron innerhalb

Unbekannter Künstler, Überarbeitung Berghof Studios, Köln

Abb. 2: Manchmal muss man über den Horizont hinaus blicken, um das Räderwerk jenseits des bekannten Universums zu erkennen.

eines Atoms gebunden ist, so ist dessen Energie gequantelt, d. h. die Energie des Elektrons kann nur in diskreten Häppchen (Quanten) verändert werden, sein Ort hingegen wird lediglich durch eine Wahrscheinlichkeitsverteilung beschrieben.

Konzeptionell wichtig in der Welt der Quanten ist auch der Dualismus zwischen Welle und Teilchen. So tritt Licht, das wir als elektromagnetische Welle kennen, im Teilchenbild auch als Photon, also Lichtquant, in Erscheinung. Dies wird besonders eindrucksvoll beim Photoeffekt klar: Ein Lichtquant gibt in einem diskreten Prozess seine Energie an ein Elektron ab. Albert Einstein hat diese Erkenntnis in seiner Arbeit zum Photoeffekt im Jahre 1905 formuliert und schließlich im Jahre 1921 dafür auch den Nobelpreis für Physik erhalten.

Umgekehrt zeigen massive Teilchen wie Elektronen oder Atome ihren Wellencharakter deutlich in Beugungsmustern, wie wir sie von der Lichtbeugung her kennen.

1926 postulierte Erwin Schrödinger eine Gleichung, mit der wir heute in der Lage sind, die Vorgänge in der Quantenwelt im Prinzip zu beschreiben. Dabei müssen wir uns von den Denkmustern der klassischen Mechanik lösen. Längst nicht alles ist in der Quantenwelt exakt messbar. Denken wir nur an die Unschärferelation: Eine genaue Festlegung des Ortes eines Teilchens lässt dessen Impuls unbestimmt. Andererseits zerstört die Messung eines einzelnen Quantensystems dessen Zustand. Diese Aussage klingt auf den ersten Blick nicht gerade viel versprechend. Wie wir noch sehen werden, erwachsen aus ihr jedoch auch völlig neue Möglichkeiten und Konzepte.

## Quanten als Bits

Im Nanokosmos gibt es unvorstellbar viele Atome. In jedem Kubikmillimeter einer beliebigen festen Substanz finden wir etwa $10^{20}$ Atome. Jedes dieser Atome könnte in vielfältiger Weise zur Darstellung eines Quantenbits (Qubits) verwendet werden.

Mögliche „Schaltzustände“ können unterschiedliche Energieniveaus einzelner Elektronen sein, die durch Emission bzw. Absorption einzelner Lichtquanten eingenommen werden. Jedes einzelne Elektron, wie auch der Atomkern besitzt darüber hinaus einen so genannten Spin, den man im Prinzip als Quanten-Kompassnadel auffassen kann (Ursache des permanenten Magnetismus). Der Spin besitzt im einfachsten Fall zwei Einstellmöglichkeiten. Die Orientierung des Spins kann beispielsweise durch Einstrahlen von Mikrowellen verändert werden.

Um der Vielfältigkeit der Teilchen und Systeme in der Nanowelt Herr zu werden, haben Physiker den abstrakten Begriff des 2-Niveaussystems eingeführt. Beschränken wir uns auf nur zwei Energieniveaus in einem Atom oder nur zwei Spinzustände eines Elektrons, so lassen sich diese Systeme in einem einheitlichen

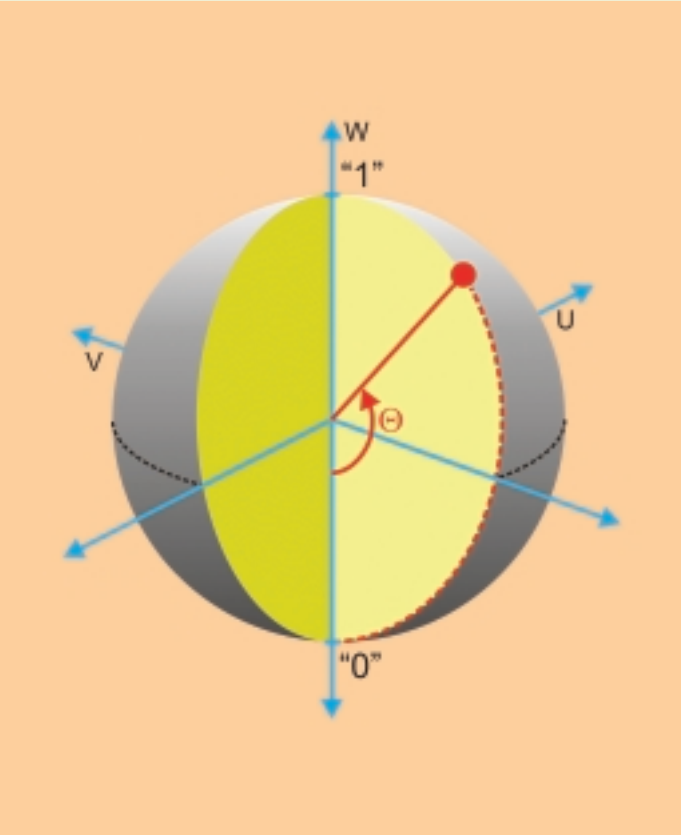



Abb. 3: Das Qubit – mehr als nur „0“ und „1“. Alle Werte auf der Oberfläche der so genannten Bloch-Kugel stehen zur Verfügung. Grund: Der Zustand des Qubits ist durch Betrag (w) und Phase (u, v) bestimmt.

Abb. 4: Das NanoQuit Netzwerk des BMBF in Deutschland: www.nanoquit.de

Modell beschreiben – und das Modell funktioniert hervorragend. Ein Quantenbit ist ein einzelnes 2-Niveausystem – es liefert bereits auf der Quantenebene die Basis für eine neue Art der Informationsverarbeitung – die Zustände „0“ und „1“ sind natürlich mit dabei, aber der Nanokosmos ist gütig, er beschert uns deutlich mehr.

Wodurch unterscheiden sich also diese neuartigen Quantenbits von den konventionellen Bits, die uns mittlerweile vertraut erscheinen? Konventionelle Bits sind jene elementaren Informationshäppchen, die digitale Computer heute direkt verstehen. Dabei gibt es nicht viel Auswahl: Ein konventionelles Bit kann nur den Zustand „0“ oder „1“ annehmen, was etwa den elektrischen Schaltzuständen „Aus“ und „Ein“ oder entsprechenden magnetischen oder optischen Größen entspricht.

Anders bei Quanten-Bits: Sie können nicht nur die reinen Zustände „0“ und „1“ annehmen, sondern auch beliebige Mischzustände – eine elementare Eigenschaft quantenmechanischer Zustände. Die Gesamtheit der möglichen Zustände kann auf der Oberfläche einer Kugel dargestellt werden, die man Bloch-Kugel nennt. Aus dieser Grundeigenschaft resultiert ein bemerkenswerter Unterschied. Vergleichen wir acht klassische Bits (also ein klassisches Byte) mit acht Qubits, so erkennen wir Folgendes: Mit einem klassischen Byte können wir eine von 256 Zahlen darstellen. Mit acht Qubits dagegen eine beliebige Mischung (Superposition) aller 256 Zahlen. Starten wir also eine Rechenoperation, so wird es möglich, diese in einem Schritt für alle Zahlen auszuführen. Dies ist natürlich ein Bahn brechender Vorteil, geradezu ein Quantensprung in der Datenverarbeitung hin zur intrinsischen Parallelverarbeitung. Mit den passenden, bereits entwickelten Algorithmen werden dann Problemlösungen möglich, von denen wir bisher nur geträumt haben: Im Bereich der Faktorisierung von Zahlen, der Datenbanksuche oder der Simulation quantenmechanischer Systeme.

Versuchen wir ein Qubit zu messen, so wird es zerstört. Die Messung bringt den quantenmechanischen Wert des Qubits zurück in die klassische Welt. Das Qubit muss sich dabei entscheiden – zwischen einer reinen „0“ und einer reinen „1“. War das Qubit im „reinen“ Zustand „0“ oder „1“, so ist die Antwort klar. Befand es sich jedoch in einem Mischzustand, etwa 50 Prozent „0“ und 50 Prozent „1“, so liefert eine Einzelmessung mit 50 Prozent Wahrscheinlichkeit eine „0“ oder eine „1“. Die Phase des Zustands geht unwiderruflich verloren.

Aber das ist noch lange nicht Alles: Wenn es auch in dem oben Gesagten schon versteckt enthalten ist, es verdient die gesonderte Erwähnung: Das Konzept der verschränkten Zustände. Es ist z. B. möglich, zwei Qubits als Mischzustand in eine verrückt anmutende Einheit zu präparieren. Das geschehe so, dass bei einer Messung entweder beide als „1“ oder beide als „0“ registriert werden. Der Zufall des Messprozesses bleibt natürlich auch hier erhalten, nur diesesmal bezieht er sich auf die Gesamtheit des verschränkten Paars. Zufall im Gleichtakt, der auch dann gilt, wenn wir das eimal verschränkte Paar im Ort weit trennen. Die Messung des ersten Teils liefert dann nach wie vor ein zufälliges Ergebnis, dieses legt aber das Messresultat für den zweiten Teil fest: Das perfekte Konzept für eine sichere Schlüsselübertragung. Einstein nannte das „spukhafte Fernwirkung“ und er wollte es nie glauben – heute wissen wir, hier hat er sich geirrt.

Als Träger für Quanten-Bits kommen nur extrem kleine Objekte in Frage, 2-Niveausysteme eben, die der Quantenmechanik gehorchen. In diese Kategorie fallen natürlich einzelne Atome und Lichtquanten, aber auch Nanostrukturen auf Halbleiterbasis, dem Basismaterial der etablierten Mikroelektronik.

## NanoQuit

Ohne Förderung keine Forschung. Was ist NanoQuit? Ein Verbundprojekt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Unter der Koordination des Nobelpreisträgers Prof. Klaus von Klitzing haben sich ausgewiesene Forscher in Deutschland zusammengefunden, um auf dem Gebiet der halbleiterbasierenden Quanteninformationsverarbeitung Pionierarbeit zu leisten.

Halbleiter wie Silizium oder Galliumarsenid sind heute die Basismaterialien der Informationstechnologie. Die Skalierbarkeit scheint angesichts der verfügbaren Halbleitertechnologie im vollen Umfang gegeben zu sein. Was liegt also näher, als die Konzepte der Quanteninformationsverarbeitung mit Qubits auf Halbleiterbasis zu implementieren? Die Arbeiten im NanoQuit-Verbund laufen parallel zu komplementären Initiativen aus den Bereichen der Atom- und Ionenphysik sowie der Supraleitung in Deutschland, der EU, USA und Japan. Die Notwendigkeit zum Handeln wurde also erkannt. In den USA scheinen die Arbeiten zur Quanteninformationstechnologie sogar eine strategische Bedeutung zu haben. Wer immer als erster einen Quantencomputer realisieren kann, wird z. B. in der Lage sein, bisher sicher geglaubte Verschlüsselungsverfahen zu knacken. Auf der anderen Seite erlaubt es die gleiche Technologie, eine absolut sichere Datenübertragung zu implementieren. Der neue Ansatz schöpft seinen absoluten Anspruch aus der Tiefe der Quantenmechanik der verschränkten Zustände. Die Messlatte wird also irgendwann sehr viel höher gelegt werden. Nur wann und mit genau welchem der heute im Vorfeld untersuchten Quantensysteme, das weiß bisher noch niemand.

## Künstliche Atome

An der Universität der Informationsgesellschaft in Paderborn konzentrieren sich die Arbeiten auf Halbleiter-Nanostrukturen. Die Materialien kommen aus der Mikro- und Optoelektronik. Wir sprechen von Mischkristallen aus Gallium, Aluminium, Arsen, Indium und Phosphor, die mit einem Verfahren hergestellt werden, das man Molekularstrahlexpitaxie nennt. Ohne diese Materialien gäbe es keine Handys, kein Satelliten-TV,

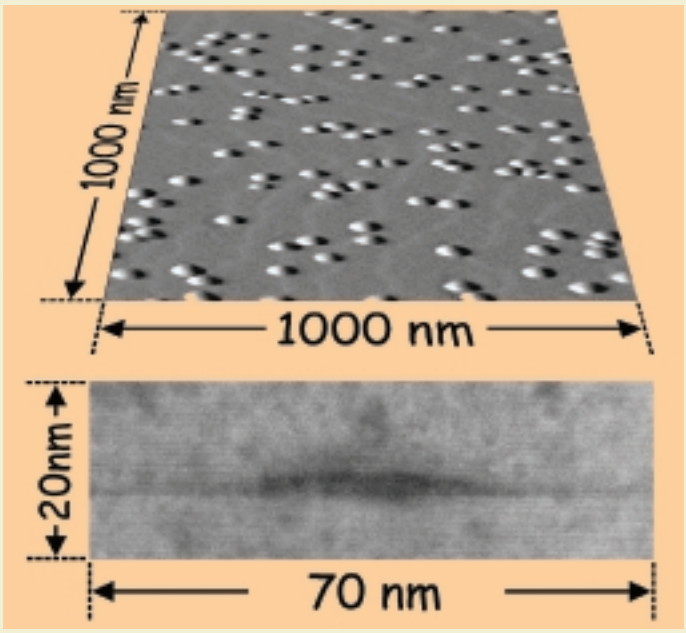



Abb. 5: Künstliche Atome aus InGaAs. Aufsicht und Querschnitt.

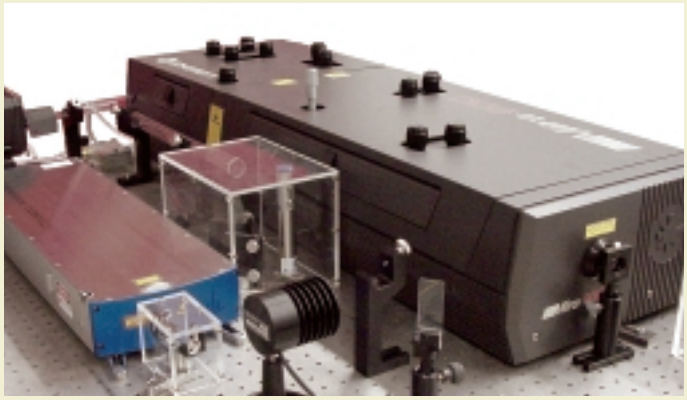


Abb. 6: Lasersystem als Taktgenerator – Licht für $10^{-12}$ Sekunden.

keinen CD-Spieler, keinen Laserpointer und keine Datenautobahn.

Innerhalb der letzten zehn Jahre hat man es gelernt, Nanostrukturen aus diesen Mischkristallen herzustellen. Diese sind so klein, dass deren optisches und elektrisches Verhalten von den Gesetzen der Quantenmechanik dominiert wird. Man nennt diese Objekte daher Quantenpunkte oder auch künstliche Atome.

Dieser Vergleich ist durchaus berechtigt: Quantenpunkte haben optische Linienspektren wie Atome und sie können einzelne Elektronen oder Löcher (fehlende Elektronen) beherbergen. Besonders interessant für die Optoelektronik ist auch die Kombination von einem Elektron und einem Loch. Man nennt dieses Objekt auch Exziton. Es entsteht aus einem Lichtquant und zerfällt am Ende seiner Lebensdauer auch wieder in ein solches. Ein Quantenpunkt ist also ein wunderbarer Container für Elementarladungen und materialisiertes Licht in Form von Exzitonen.

Die besten zurzeit verfügbaren Quantenpunkte entstehen durch Selbstorganisation beim planaren Kristallwachstum. Ihre genaue Position und Größe ist daher Schwankungen unterworfen. Auf der Querschnittsfläche eines menschlichen Haars finden etwa 100 000 Quantenpunkte Platz: Zu viele, um einen einzelnen im Lasermikroskop zu adressieren.

Für ein Experiment benötigt man definierte Ausgangsbedingungen. Zunächst muss es gelingen, ein einzelnes Quantensystem für systematische Messungen zu isolieren. Hier ist ein weiteres Mal die Nanotechnologie gefragt: Mittels Elektronenstrahllithographie wird eine Maske erzeugt, die nur einen Quantenpunkt frei gibt. Ein einzelnes Exziton-Qubit ist nun mit einem fokussierten Laserstrahl zugänglich und somit gezielt manipulierbar.

## Die kleinste Solarzelle der Welt

Das Auslesen eines einzelnen Qubits ist schwierig. Lassen wir den Zustand „1“ strahlend zerfallen, so erhalten wir genau ein Photon. Einzel-Photon-Quellen benötigt man im Bereich der Kryptographie. Dieses Thema ist daher Gegenstand der laufenden Arbeiten für NanoQuit in Paderborn. Als Auslesemethode für ein Qubit ist der Umweg über das Photon jedoch zu kompliziert und aufwändig.

Deutlich einfacher ist es, den Quantenpunkt direkt in eine Photodiode zu integrieren. Das künstliche Atom wird so gleichsam elektrisch kontaktiert, der Zustand des Qubits wird mit hoher Effizienz elektrisch auslesbar. Man könnte diese Photodiode mit nur einem Quantensystem in der aktiven Zone einfach

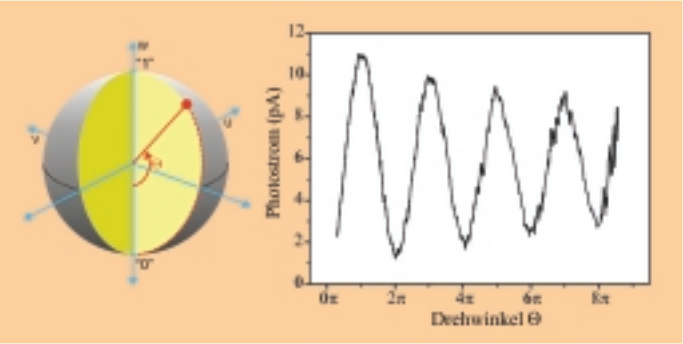



Abb. 7: Rabi-Oszillationen – Qubit-Rotation durch Laserbeschuss.

nur als die kleinste Solarzelle der Welt bezeichnen, ihre Funktionalität erschließt jedoch weit mehr: Die kohärente Welt der Quantensysteme für zukünftige Anwendungen im Bereich der Quanten-Informationsverarbeitung.

Erzeugt und kontrolliert werden die Exziton-Qubits durch Beschuss mit extrem kurzen optischen Laserpulsen. Das Qubit kann in der unglaublich kurzen Zeit von nur $10^{-12}$ Sekunden manipuliert werden, z. B. von „0“ auf „1“. Diese Zeit ist etwa eintausend Mal kürzer als die Taktperiode eines modernen Computers. Die dazu nötigen Lichtpulse werden von modernen Lasersystemen zur Verfügung gestellt. Dabei ist nicht nur die Intensität des Laserpulses relevant, sondern auch dessen Phase. Beim Laserbeschuss geht die Phase des Lichtpulses auf das Qubit über und bleibt dort zunächst erhalten, für einen Zeitraum, den man Dekohärenzzeit nennt. Während dieser Zeit ist das Qubit in der Lage, mit Folgepulsen wie auch anderen Qubits zu interferieren.

Die Beobachtung von Rabi-Oszillationen gilt als eines der Schlüsselexperimente am Qubit. Hierbei wird die Amplitude des Laser-Anregungspulses systematisch erhöht. Dies führt zur monotonen Zunahme des Drehwinkels Θ des Qubit-Zustandsvektors auf der Blochkugel. Der im Photostrom gemessene Zustand des Qubits oszilliert dann mit dem Drehwinkel. Für $\Theta=\pi$ wird dabei zum ersten Mal der Zustand „1“ erreicht. Jeder Laserpuls erzeugt unter dieser Bedingung genau ein Exziton, was im Stromkreis der Photodiode zum Fluss genau eines Elektrons führt. Die Diode liefert dann einen deterministischen Photostrom der durch $I=f\cdot e$ gegeben ist (f: Pulswiederholfrequenz des Lasers). In der Quantenwelt können wir also Dinge tun, von denen man in der klassischen Welt nur träumt.

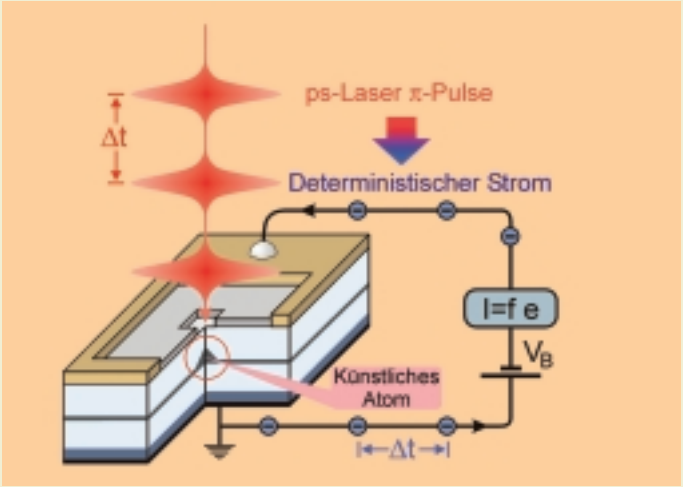



Abb. 8: Künstliches Atom unter Laserbeschuss: Die neue Quantendiode macht es möglich: Jeder Laserpuls schickt genau ein Elektron auf den Weg.

Ziel der aktuellen Forschung ist es also, Qubits herzustellen und zu beherrschen – also Quanten-Bits gezielt zu setzen und wieder auszulesen. Diese elementare Manipulation eines einzelnen Quantensystems ist ein wichtiger Meilenstein auf dem Weg hin zu einer zukünftigen Quanteninformationstechnologie.

## Literatur und Internetseiten

„The Physics of Quantum Information“, D. Bouwmeester, A. Ekert, A. Zeilinger, (Springer, Berlin, 2000).

„A close look on quantum dots“, A. Zrenner, J. Chem. Phys. 112, 7790 (2000).

„Coherent properties of a two-level system based on a quantum-dot photodiode“, A. Zrenner, E. Beham, S. Stufler, F. Findeis, M. Bichler, and G. Abstreiter, Nature 418, 612 (2002).

„Manipulations of a qubit in a semiconductor quantum dot“, A. Zrenner, S. Stufler, P. Ester, and M. Bichler. Advances in Solid State Physics, Vol. 45, pp. 173-184, ed. by B. Kramer (Vieweg, Braunschweig/Wiesbaden) (2005).

Die „Quantum Computation Roadmap“: http://qist.lanl.gov/qcomp_map.shtml

Die NanoQuit Homepage: http://www.nanoquit.de und http://www.nanoquit.de/_media/Einsteins_unverhofftes_Erbe.pdf

ORGA Systems

## Schon gehört?

www.orga-systems.com

**Beste Karrierechancen bei ORGA Systems, dem Erfinder des GSM Prepaid Billing.**

# Selbstoptimierung im Maschinenbau

## *Auf dem Weg zu den Maschinen von übermorgen*

**Die absehbare Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnik wird Maschinen und Systeme mit inhärenter Teilintelligenz ermöglichen. Hierfür verwenden wir den Begriff Selbstoptimierung. Selbstoptimierende Systeme reagieren autonom und flexibel auf sich ändernde Umfeldbedingungen. Sie sind lernfähig und optimieren ihr Verhalten im Betrieb. Etwa vierzig Forscherinnen und Forscher haben es sich zur Aufgabe gemacht, zu klären, wie solche Systeme funktionieren und wo sie Nutzen stiften sollen und vor allem wie sie zu entwickeln sind.**

Maschinen sind allgegenwärtig. Sie produzieren, sie transportieren. Maschinen erleichtern die Arbeit und helfen. Jeder fünfte Arbeitsplatz resultiert aus dem Maschinenbau und verwandten Branchen wie dem Automobilbau. Aus der zunehmenden Durchdringung des Maschinenbaus mit Informationstechnik eröffnen sich erhebliche Nutzenpotenziale. Der Begriff Mechatronik bringt dies zum Ausdruck. Gemeint ist hier das enge Zusammenwirken von Mechanik, Elektronik, Regelungstechnik und Softwaretechnik, um das Verhalten eines technischen Systems zu verbessern. Dafür werden mit Hilfe von Sensoren Informationen über die Umgebung, aber auch über das System selbst erfasst und in Rechnern verarbeitet. Dies führt zur Ansteuerung von Aktoren und somit zur Beeinflussung des Systems.

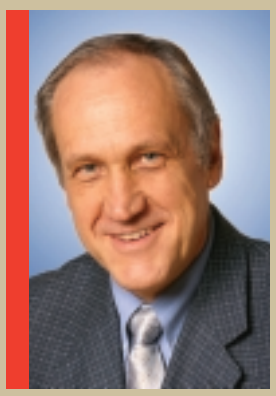
Künftige Systeme des Maschinenbaus werden aus Konfigurationen von Systemelementen, die aufgrund der in ihnen enthaltenen Rechner über eine inhärente Teilintelligenz verfügen, bestehen. Das Verhalten des Gesamtsystems wird durch die Kommunikation und Kooperation der intelligenten Systemelemente geprägt sein. Aus informationstechnischer Sicht handelt es sich nach unserem Verständnis um verteilte Systeme von miteinander kooperierenden Agenten. Daraus eröffnen sich faszinierende Möglichkeiten für die Gestaltung der maschinenbaulichen Erzeugnisse von morgen. Der Begriff Selbstoptimierung charakterisiert diese Perspektive:

Unter Selbstoptimierung eines technischen Systems wird die endogene Änderung der Ziele des Systems auf veränderte Einflüsse und die daraus resultierende zielkonforme autonome Anpassung der Parameter und gegebenenfalls der Struktur und somit des Verhaltens dieses Systems verstanden. Damit geht Selbstoptimierung über die bekannten Regel- und Adaptionsstrategien wesentlich hinaus; Selbstoptimierung ermöglicht handlungsfähige Systeme mit inhärenter „Intelligenz“, die in der Lage sind, selbstständig und flexibel auf veränderte Betriebsbedingungen zu reagieren.

Während es viele Beispiele für den Nutzen der Mechatronik gibt (stellvertretend für die große Anzahl von Publikationen sei auf [VDI04] verwiesen), zeichnen sich die Nutzenpotenziale der Selbstoptimierung von maschinenbaulichen Systemen erst in groben Konturen ab. Offensichtlich ist Phantasie gefragt, Maschinen mit inhärenter Teilintelligenz zu definieren. Eine wesentliche Voraussetzung zur Bewältigung dieser Herausforderung ist die wissenschaftliche Durchdringung und die ingenieurmäßige Aufbereitung des Wirkparadigmas der Selbstoptimierung.

Die zweite Herausforderung ist die Entwicklung eines Instrumentariums für den Entwurf selbstoptimierender Systeme des

**Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier** ist seit 1990 Inhaber des Lehrstuhls „Rechnerintegrierte Produktion“ am Heinz Nixdorf Institut. Seine Arbeitsschwerpunkte sind: Strategische Produkt- und Technologieplanung, Entwicklungsmethodik Mechatronik und Virtual Reality/Augmented Reality. Er ist Sprecher des SFB 614.



**Prof. Dr. rer. nat. Franz-J. Rammig** ist seit 1983 Professor am Institut fuer Informatik an der Universität Paderborn und ist hochschulseitiger Vorstand des C-LAB. Im Heinz Nixdorf Institut leitet er das Fachgebiet „Entwurf paralleler Systeme“. Seine Forschungsinteressen liegen auf dem Gebiet der verteilten eingebetteten Realzeitsysteme mit einer Schwerpunktsetzung auf Modellierung, Verifikation, Realzeitbetriebssysteme und rekonfigurierbare Hardware. Er ist stellvertretender Sprecher des SFB 614.

**Prof. Dr. rer. nat. Wilhelm Schäfer** leitet seit 1994 das Fachgebiet Softwaretechnik im Institut für Informatik und ist seit 2001 Sprecher der International Graduate School Dynamic Intelligent Systems. Seine Forschungsschwerpunkte sind Integrative Spezifikationsumgebungen für eingebettete Systeme und adaptive Re-Engineering-Prozesse sowie die Analyse und Verbesserung von Softwareentwicklungsprozessen, insbesondere des Konfigurationsmanagements. Er ist stellvertretender Sprecher des SFB 614.

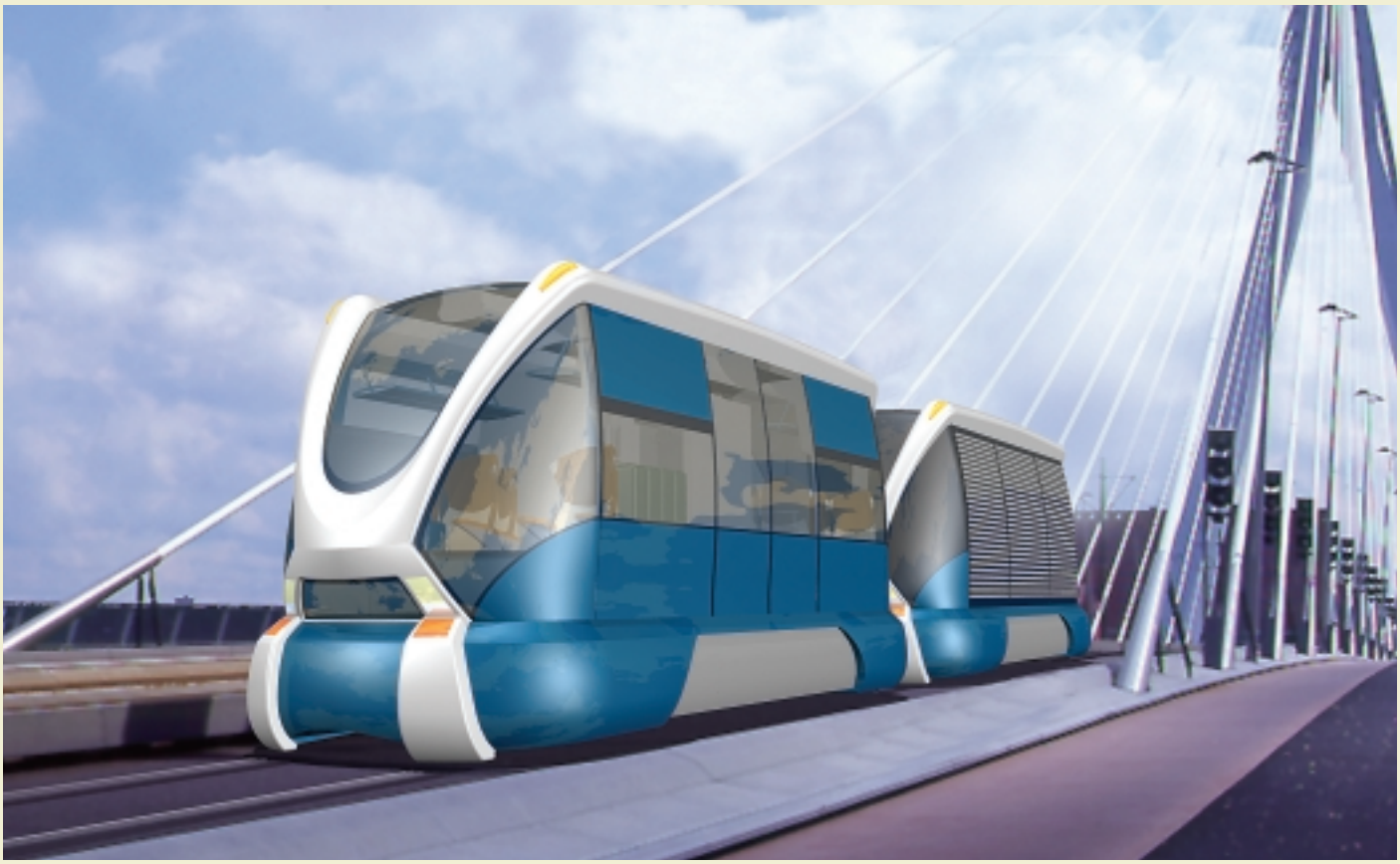


Abb. 1a: Konvoi aus einem Personen- und einem Güter-Shuttle.

Maschinenbaus. Als herausragende Besonderheit ist festzustellen, dass im Entwurf nicht mehr alle Konstellationen und Verhaltensweisen antizipiert werden können. Ein Teil der Entscheidungen verlagert sich quasi vom Entwurf in die Phase des Betriebs des intelligenten Systems.

Als Demonstrationsfeld für die grundlegenden Forschungsarbeiten haben wir u. a. die Bahntechnik ausgewählt, weil a) wir die Notwendigkeit für ein intelligentes System Bahn sehen, das in Kooperation mit weiteren Verkehrssystemen einen Beitrag für die Mobilität von Personen und Gütern von morgen leistet, b) auf diesem Sektor ein Innovationsstau zu verzeichnen ist und c) an der Universität Paderborn mit dem Forschungsschwerpunkt Neue Bahntechnik Paderborn eine leistungsfähige Forschungsinfrastruktur zur Verfügung steht.

Den Kern des neuen Bahnsystems bilden autonome Fahrzeuge (Shuttles) für den Personen- und Gütertransport, die nach Bedarf und nicht nach Fahrplan fahren. Sie handeln proaktiv, beispielsweise um die Auslastung zu erhöhen und den Energiebedarf durch Konvoibildung zu reduzieren. Die Shuttles sind modular mit standardisierten Baugruppen aufgebaut. Der Antrieb erfolgt mit Hilfe eines elektromagnetischen Linearantriebs berührungslos. Der Langstator-Linearmotor ermöglicht die Energieübertragung ins Fahrzeug ohne Oberleitungen oder Stromschienen. Das Tragen und Führen erfolgt über einen Rad-Schiene-Kontakt. Dadurch können bestehende Trassen genutzt werden. Durch eine aktive Spurführung auf Basis eines Einzelachsfahrwerks mit Losrädern kann die Richtungswahl der Fahrzeuge beim Überfahren von Weichen fahrzeugseitig erfolgen. Die Weichen sind also im Gegensatz zur konventionellen Bahn passiv. Eine aktive Federungstechnik – auf der Basis von Luftfedern – mit zusätzlicher Neigetechnik führt zu einem bisher unerreichten Fahrkomfort. Die wesentliche Technik der Fahrzeuge ist in der flach bauenden Bodengruppe untergebracht, auf der die Nutzlastzellen für den Personen- und Gütertransport aufsetzen. Die Abbildungen 1a und 1b vermittelt einen Eindruck von den Fahrzeugen.

## Prinzipielle Funktionsweise selbstoptimierender Systeme

Das Zusammenwirken der wesentlichen Aspekte eines selbstoptimierenden Systems ist in Abbildung 2 dargestellt. Auf Basis der Einflüsse bestimmt das selbstoptimierende System die aktiv zu verfolgenden internen Ziele. Diese internen Ziele beruhen auf externen Zielen, die von außen an das System gestellt werden (z. B. durch den Benutzer oder andere Systeme), und inhärenten Zielen, die den Entwurfszweck des Systems widerspiegeln. Beispiele für inhärente Ziele eines Antriebs- und Bremsmoduls

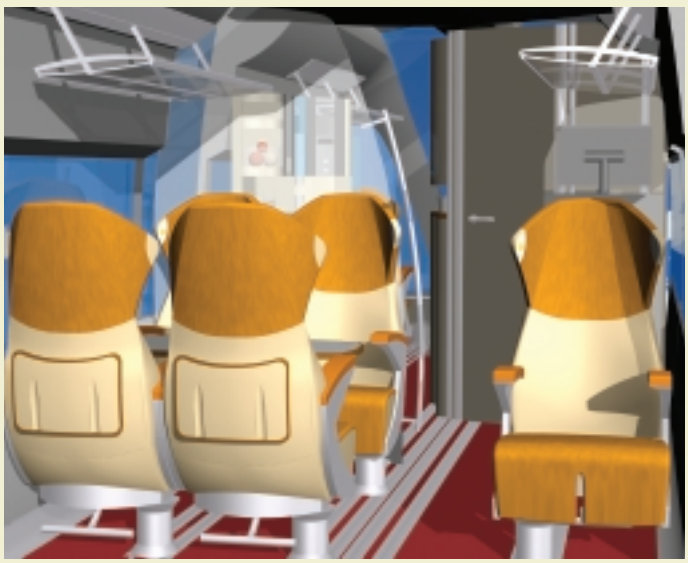


Abb. 1b: Interieur eines Personen-Shuttles für 10 Personen in der Fernverkehrsvariante.

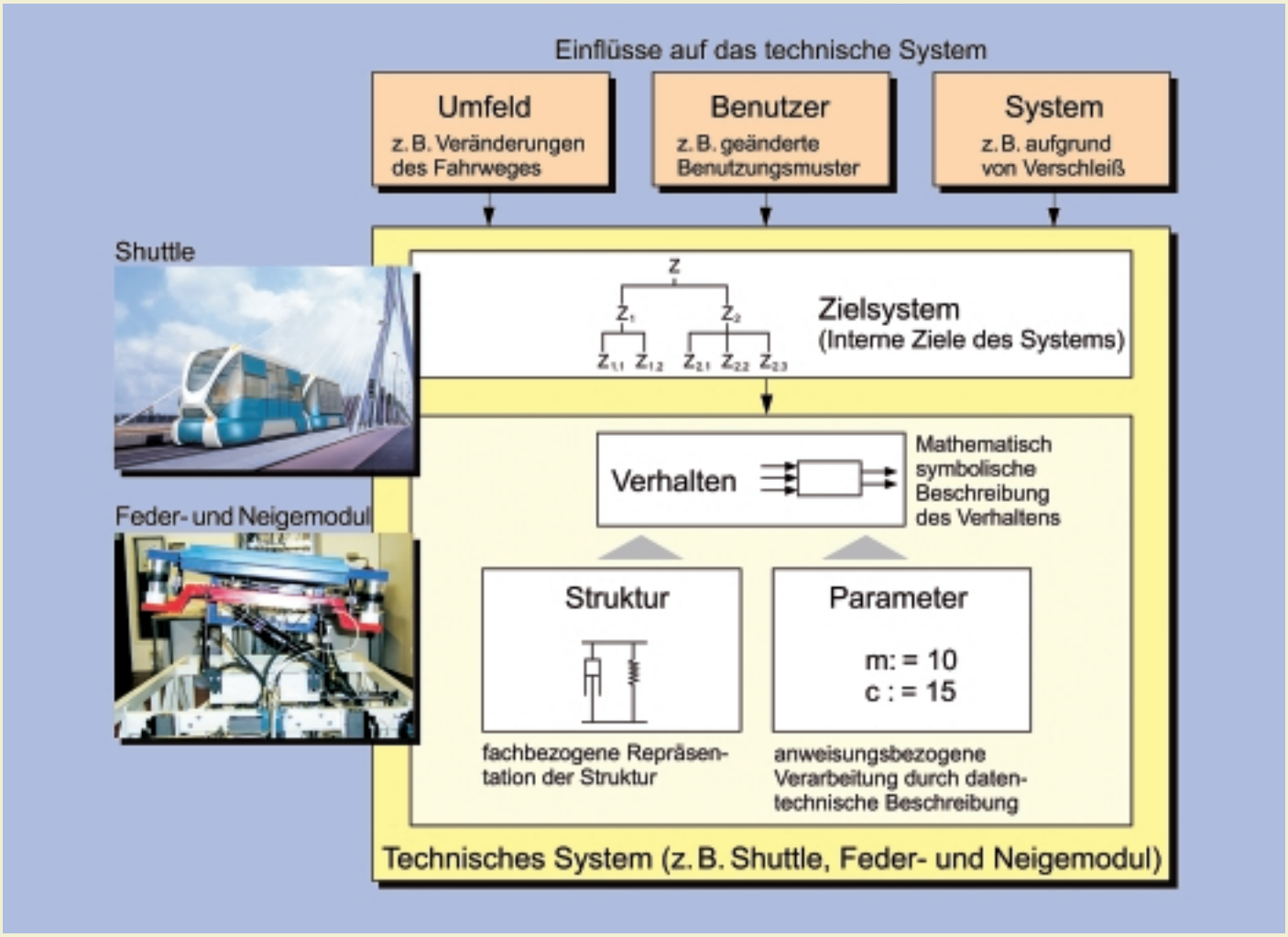



Abb. 2: Die Hauptaspekte eines selbstoptimierenden Systems.

sind das Sichern der Funktionen Antreiben und Bremsen, geringer Verschleiß und ein hoher Wirkungsgrad. Wenn im Folgenden von Zielen die Rede ist, dann meinen wir die internen Ziele, die Gegenstand der Optimierung sind. Die Anpassung der Ziele bedeutet, dass die Gewichtung der Ziele verändert wird, neue Ziele hinzukommen oder vorhandene Ziele entfallen und nicht mehr verfolgt werden. Diese Anpassung der Ziele führt zu einer Anpassung des Systemverhaltens. Die notwendige Verhaltensanpassung wird durch Parameter- und gegebenenfalls durch Strukturanpassungen erreicht. Unter einer Parameteranpassung wird die Anpassung eines Systemparameters verstanden, z. B. das Ändern eines Regelparameters. Strukturanpassungen betreffen die Anordnung und Beziehungen der Elemente eines Systems.

Den Ablauf der Selbstoptimierung drücken wir durch drei aufeinander folgende Aktionen aus, die in der Regel wiederkehrend ausgeführt werden. Die Folge dieser Aktionen bezeichnen wir als Selbstoptimierungsprozess:

**Analyse der Ist-Situation:** Die betrachtete Ist-Situation umfasst den Zustand des Systems selbst sowie alle durchgeführten Beobachtungen über seine Umgebung. Dabei können Informationen auch indirekt durch Kommunikation mit anderen Systemen gewonnen werden. Der Zustand eines Systems beinhaltet weiterhin eventuell gespeicherte zurückliegende Beobachtungen. Ein wesentlicher Aspekt der Analyse ist die Prüfung des Erfüllungsgrades der verfolgten Ziele.

**Bestimmung der Systemziele:** Die aktuellen Ziele des Systems können durch Auswahl, Anpassung oder Generierung gewonnen werden. Hierbei verstehen wir unter Auswahl die Selektion einer Alternative aus einer fest vorgegebenen, diskreten, endlichen Menge von möglichen Zielen. Eine Anpassung von Zielen dagegen beschreibt die graduelle Veränderung bestehender Ziele. Von Generierung der Ziele sprechen wir dagegen dann, wenn diese unabhängig von den bisher bekannten neu erzeugt werden.

**Anpassung des Systemverhaltens:** Dies wird durch die drei Aspekte Parameter, Struktur und Verhalten bestimmt. In dieser Aktion wird die abschließende Rückwirkung des Selbstoptimierungskreislaufes durch Anpassung des Systemverhaltens vorgenommen. Die einzelnen Fälle der Anpassung können je nachdem, auf welcher Ebene eines mechatronischen Systems (Modul, Fahrzeug, Fahrzeugverband) wir uns befinden, sehr unterschiedlich ausfallen. Auch die Domäne, in der die Anpassung umgesetzt wird, spielt hierbei eine wesentliche Rolle.

Ausgehend von einem Zustand führt der Selbstoptimierungsprozess aufgrund von bestimmten Einflüssen zu einem neuen Zustand. Es findet also ein Zustandsübergang statt. Diese, einen Zustandsübergang auslösenden Einflüsse, bezeichnen wir als Ereignisse. Der Selbstoptimierungsprozess definiert die Aktivitäten, die diesen Zustandsübergang realisieren. Er beschreibt somit das Anpassungsverhalten des Systems.

Im Zusammenhang mit der Abwägung zwischen mehreren Zielen ist die Mehrzieloptimierung (MZO) ein wichtiges mathematisches Hilfsmittel. Dabei werden mehrere Zielfunktionen gleichzeitig betrachtet und optimiert, die als mathematische Funktionen vorliegen müssen. Da diese Zielfunktionen typi-

scherweise konfliktär sind, besteht die Lösung eines Mehrzieloptimierungsproblems aus der Menge der optimalen Kompromisse, der so genannten Paretomenge. Beispiele für solche Zielfunktionen sind bei der Optimierung der Arbeitspunktsteuerung des Linearmotors zwei konfliktäre Wirkungsgrade oder, im Falle der Optimierung eines aktiven Federbeins, „Komfort“ und „Sicherheit“. Wurde die Paretomenge berechnet, so kann anhand weiterer problemabhängiger Kriterien geschickt selbstoptimierend auf der Paretomenge „gewandert“ werden (Decision Making). Somit können die aktuellen Systemeinstellungen jeweils in optimaler Art und Weise der jeweiligen Situation angepasst werden. Hat das System eine hierarchische Struktur, können auf jeder Ebene mehrere Zielfunktionen, die gleichzeitig optimiert werden sollen, auftreten. Ziele höherer Ebenen können auch als Nebenbedingungen in unterliegende Ebenen einfließen.

Ein weiterer Schwerpunkt der modellbasierten Optimierung ergibt sich durch die Optimierung von Multiagentensystemen. Besteht ein System aus mehreren eigenständigen, selbstoptimierenden Agenten, kann sich die Situation ergeben, dass der Nutzen eines Agenten vom Verhalten aller, oder zumindest einiger anderer Agenten abhängt. In diesem Szenario haben die Agenten private Ziele, während das Gesamtsystem ein globales Ziel hat. Die Agenten sind eigennützig, indem sie durch ihr Verhalten versuchen, ihre privaten Zielfunktionen zu optimieren. Eine zentrale Kontrolle würde dagegen versuchen, die Zielfunktion des Gesamtsystems zu optimieren und eine global optimale Lösung zu finden. Nash Equilibrien sind stabile Zustände eines Systems eigennütziger Agenten. Sie sind dadurch charakterisiert, dass in einem Nash Equilibrium kein Agent seine Zielfunktion dadurch steigern kann, dass er unilateral von seinem Verhalten im Nash Equilibrium abweicht. Nash Equilibrien sind nicht automatisch global optimale Lösungen. In Systemen dieser Art stellt sich für den Systemdesigner das Problem, die privaten Zielfunktionen so zu formulieren, dass von den eigennützigen Agenten im Sinne der globalen Zielfunktion möglichst gute Nash Equilibrien angestrebt werden. Für einen Systemadministrator, der die privaten Zielfunktionen nicht beeinflussen kann, stellt sich das Problem, Regelwerke zu finden, die die Agenten dazu bewegen, diese Regeln einzuhalten und dadurch im Sinne der globalen Zielfunktion möglichst gute Nash Equilibrien anzustreben.

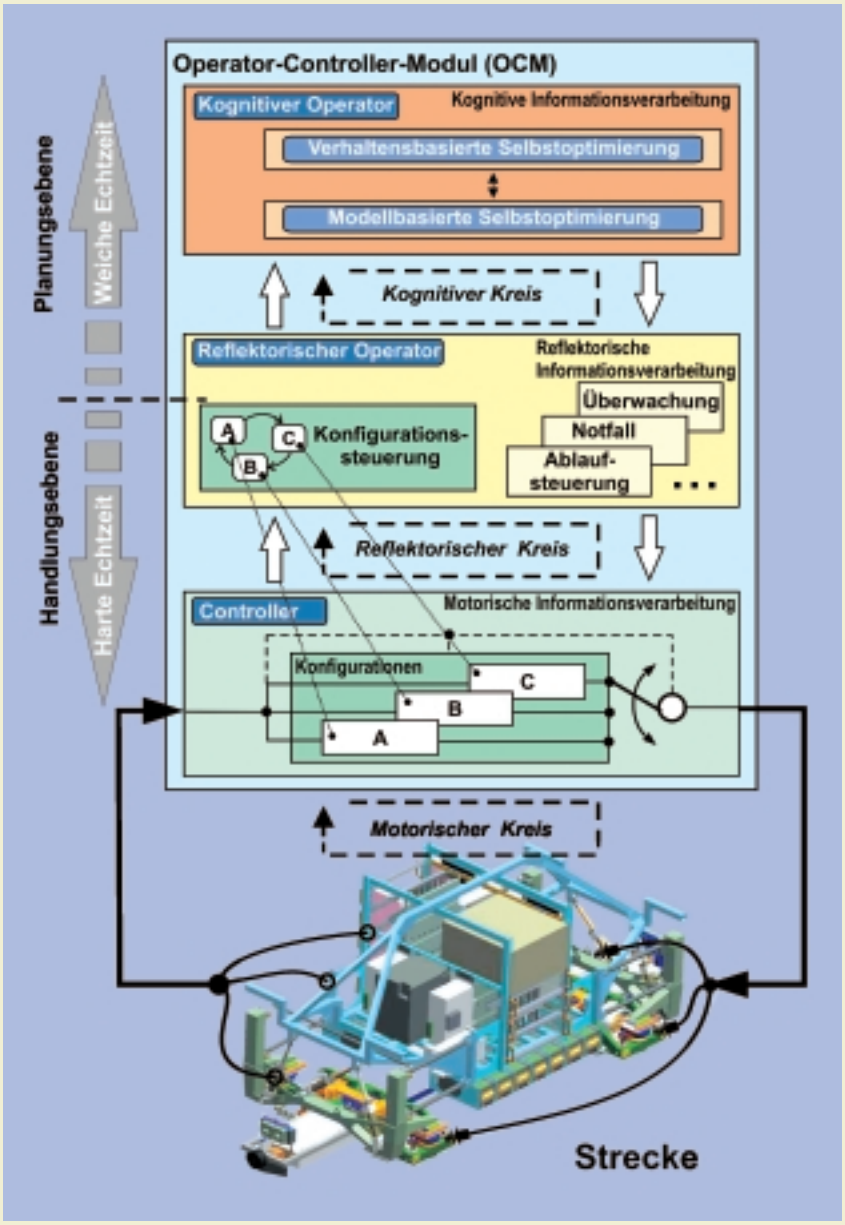



Abb. 3: Architektur des Operator-Controller-Moduls (OCM).

## Architektur der Informationsverarbeitung selbstoptimierender Systeme

Die Realisierung komplexer mechatronischer Systeme mit inhärenter Teilintelligenz erfordert ein geeignetes Strukturierungs- und Architekturkonzept für die Informationsverarbeitung. Hierzu wurde das Konzept des Operator-Controller-Modul (OCM) entwickelt [FGK+04]. Es entspricht aus informationstechnischer Sicht einem Agenten. Abbildung 3 zeigt seinen Aufbau. Demnach gliedert sich ein OCM in drei Ebenen (Controller, reflektorischer Operator und kognitiver Operator), auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

**Controller:** Bezogen auf den Durchgriff auf das technische System (Strecke) ist das die unterste Ebene. Dieser Regelkreis verarbeitet in direkter Wirkkette die Messsignale, ermittelt Stellsignale und gibt diese aus. Er wird daher als „motorischer Kreis“ bezeichnet. Die Software auf dieser Ebene arbeitet quasikontinuierlich unter harten Echtzeitbedingungen. Dabei kann sich der Controller aus mehreren Reglern zusammensetzen, zwischen denen umgeschaltet werden kann. Diese Umschaltung erfolgt dabei in einem Schritt; erforderliche Überblendungsmechanismen u. ä. sind wiederum in einem eigenen Reglerelement zusammengefasst.

**Reflektorischer Operator:** Er überwacht und steuert den Controller. Er greift dabei nicht direkt auf die Aktorik des Systems zu, sondern modifiziert den Controller, indem er Parameter- oder Strukturänderungen initiiert. Bei Strukturänderungen werden gegebenenfalls nicht nur die Regler ausgetauscht, sondern es werden auch entsprechende Kontroll- bzw. Signalflüsse im Controller umgeschaltet. Kombinationen aus Reglern, Schaltelementen und zugehörigen Kontroll- bzw. Signalflüssen

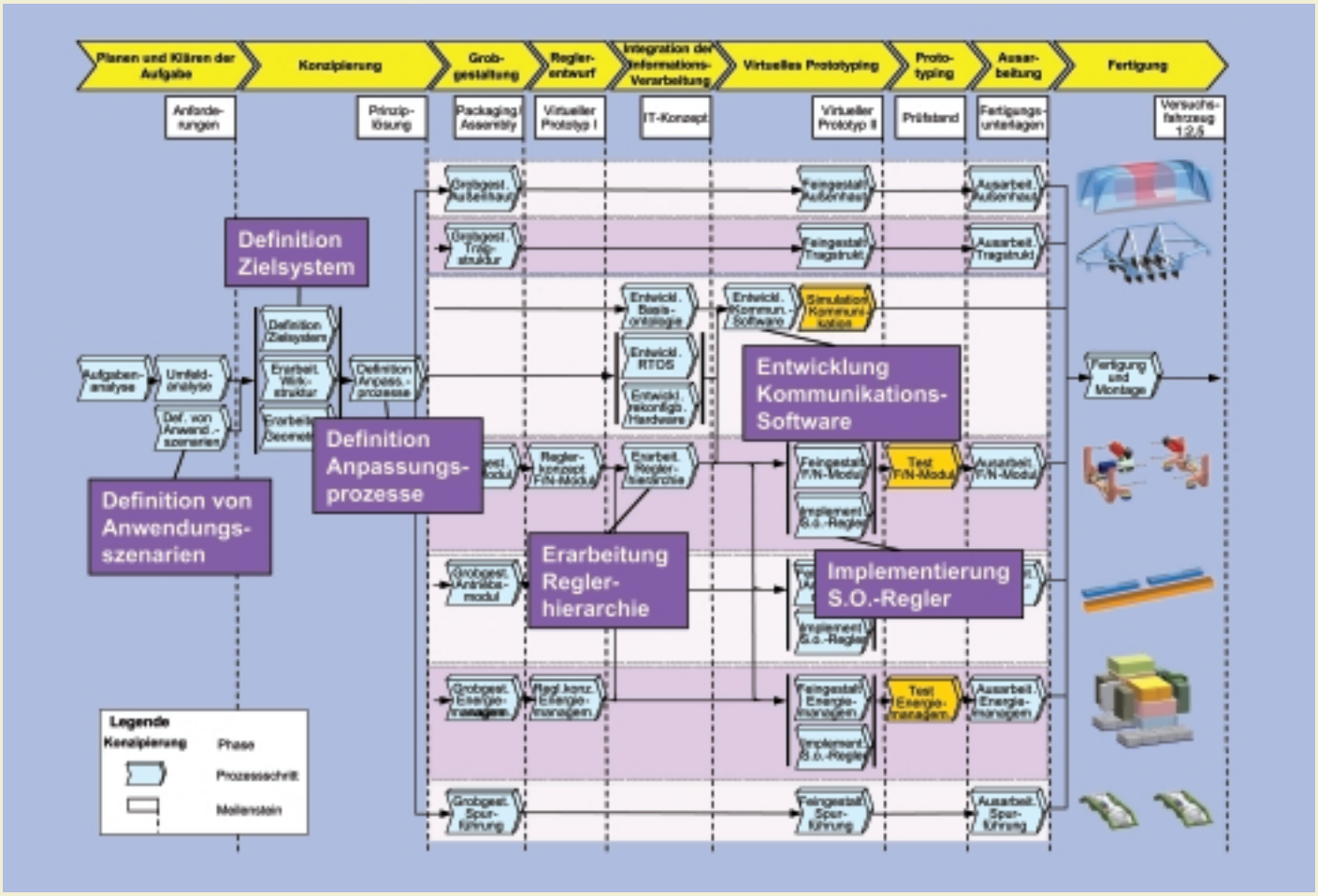



Abb. 4: Vereinfachtes Vorgehensmodell zur Entwicklung des Versuchsfahrzeugs und Beispiele von Aufgaben, die einen besonderen Bezug zur Selbstoptimierung haben.

werden als Controllerkonfigurationen bezeichnet. In Abbildung 4 sind Controllerkonfigurationen im Controller durch die Blöcke A, B und C angedeutet. Die Konfigurationssteuerung – realisiert durch eine Zustandsmaschine – definiert, bei welchem Systemzustand welche Konfiguration gültig ist sowie wie und unter welchen Bedingungen zwischen den Konfigurationen umgeschaltet wird. Der reflektorische Operator arbeitet überwiegend ereignisorientiert. Die enge Verknüpfung mit dem Controller erfordert eine Abarbeitung in harter Echtzeit. Als Verbindungselement zur kognitiven Ebene des OCM bietet der reflektorische Operator ein Interface zwischen den nicht echtzeitfähigen, bzw. mit weicher Echtzeit arbeitenden Elementen und dem Controller. Er filtert die ankommenden Signale und bringt sie in die unterlagerten Ebenen ein. Der reflektorische Operator ist weiterhin für die Echtzeitkommunikation zwischen mehreren OCM verantwortlich, die gemeinsam ein zusammengesetztes selbstoptimierendes System bilden.

**Kognitiver Operator:** Auf der obersten Ebene des OCM kann das System durch Anwendung vielfältiger Methoden (etwa Lernverfahren, modellbasierte Optimierungsverfahren oder den Einsatz wissensbasierter Systeme) Wissen über sich und die Umgebung zur Verbesserung des eigenen Verhaltens nutzen. Der Schwerpunkt liegt hier auf den kognitiven Fähigkeiten zur Durchführung der Selbstoptimierung. Modellbasierte Verfahren erlauben eine vorausschauende und vom realen System zeitlich entkoppelte Optimierung.

Im Rahmen der OCM-Architektur können die Aktionen des Selbstoptimierungsprozesses (1. Analyse der Ist-Situation, 2. Bestimmung der Systemziele und 3. Anpassung des Systemverhaltens) auf vielfältige Art und Weise durchgeführt werden. Wenn die selbstoptimierende Anpassung Echtzeitanforderungen genügen muss, werden alle drei Aktionen im reflektorischen Operator durchgeführt. Systeme, die die Selbstoptimierung nicht in Echtzeit durchführen müssen, können hier aufwändigere Verfahren einsetzen, die im kognitiven Operator angesiedelt werden. Die Verhaltensanpassung erfolgt in diesem Fall indirekt unter Vermittlung durch den reflektorischen Operator, der die Anweisungen zur Verhaltensanpassung auf geeignete Weise mit dem Echtzeitablauf des Controllers synchronisieren muss. Daneben können innerhalb eines einzelnen OCM auch Mischformen auftreten, bei denen die beiden beschriebenen Formen der Selbstoptimierung parallel und zueinander asynchron ablaufen.

Da die dargestellte Architektur zu großen Teilen durch Software umgesetzt wird, ist ein weiterer wesentlicher Forschungsschwerpunkt die (Weiter-)Entwicklung von mathematisch fundierten Methoden zur Produktion sicherer und zuverlässiger Software. Die vom heimischen PC gewohnten Ausfälle und „Abstürze“ sind beispielsweise bei einem fahrerlosen Transportsystem natürlich nicht tolerierbar. Aktuelle Arbeiten basieren daher auf Vorarbeiten und Verfahren, die heute schon vor allem bei der Softwareentwicklung in der Luft- und Raumfahrt zum Einsatz kommen.

Ein weiteres Ziel der Forschungsarbeiten ist es, andere in die Lage zu versetzen, ein selbstoptimierendes maschinenbauliches System entwickeln zu können. Das erfordert ein entsprechendes Instrumentarium; dieses besteht im Wesentlichen aus einem Vorgehensmodell, Methoden und Spezifikationstechniken zur Unterstützung der einzelnen Aufgaben des Vorgehensmodells

und einer Wissensbasis, die als so genannte Lösungsmuster die Elemente für den Aufbau eines Systems enthält. Abbildung 4 vermittelt einen Eindruck von einem ausgeprägten Vorgehensmodell. Danach wurde das Shuttle entwickelt. Es sind diejenigen Aufgaben hervorgehoben, die aufgrund der Selbstoptimierung gegenüber der Entwicklung eines mechatronischen Systems neu sind. Ein derartiges Vorgehensmodell gilt für die Klasse der hier betrachteten Schienenfahrzeuge.

## Förderung der Forschungsarbeiten

Die dargestellten Forschungsarbeiten finden nationale und internationale Anerkennung. Dies kommt insbesondere dadurch zum Ausdruck, dass die Deutsche Forschungsgemeinschaft 2002 einen Sonderforschungsbereich (SFB) zum Thema „Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus“ an der Universität Paderborn eingerichtet hat. Diese prestigeträchtigen SFB werden nach einer harten Begutachtung durch Fachgutachter sowie im nationalen Wettbewerb nur dann eingerichtet, wenn eine Gruppe von interdisziplinär arbeitenden Forscherinnen und Forschern einen hoch innovativen Ansatz verfolgt. Im Frühjahr 2005 wurde der SFB aufgrund der in den ersten zweieinhalb Jahren erzielten Ergebnisse um weitere vier Jahre verlängert. Dabei bescheinigten die Gutachter den Paderborner Forschern eine weltweite Spitzenposition im Bereich der Mechatronik.

Die an diesem Paderborner SFB beteiligten Wissenschaftler kommen aus drei Fakultäten und bearbeiten die verschiedenen Fragestellungen des Entwurfs und der Konstruktion selbstoptimierender Systeme im Rahmen so genannter Teilprojekte, die in der Übersicht in Abbildung 5 dargestellt sind.

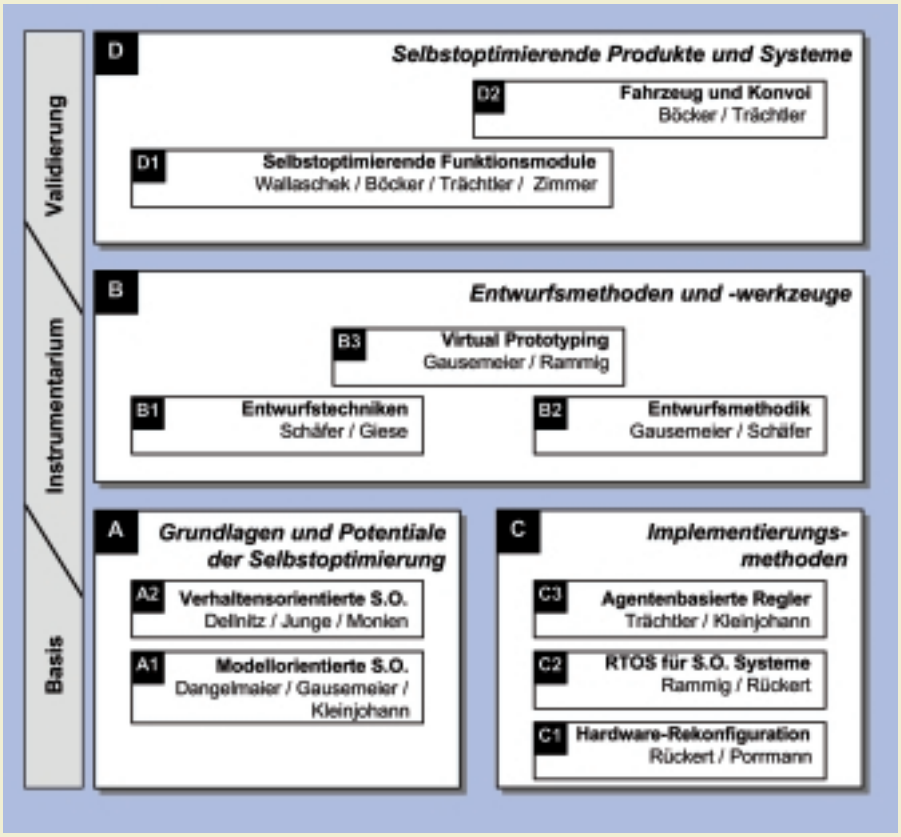



Abb. 5: Projektstruktur – Projektbereiche und Teilprojekte.

### Literatur

[FGK+04] FRANK, U.; GIESE, H.; KLEIN, F.; OBERSCHELP, O.; SCHMIDT, A.; SCHULZ, B.; VÖCKING, H.; WITTING, K.; GAUSEMEIER, J. (Hrsg.): Selbstoptimierende Systeme des Maschinenbaus – Definitionen und Konzepte. HNI-Verlagsschriftenreihe Band 155, Paderborn, 2004.

[VDI04] VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (VDI): Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. VDI-Richtlinie 2206, Beuth Verlag, Berlin, 2004.

# Outsourcing im Bankenbereich

## *Vertrauen ist gut – aber ist Kontrolle wirklich besser?*

*„Zuviel Vertrauen ist häufig eine Dummheit, zuviel Misstrauen immer ein Unglück“ (Jean Paul).*

**Internationalisierung, verschärfter Wettbewerb und steigender Kostendruck stellen Unternehmen vor immer größere Herausforderungen und führen zu einem Umdenken darüber, welche Aktivitäten am besten innerhalb oder außerhalb der Unternehmensgrenzen bewältigt werden können.**

Outsourcing (und der damit verbundenen Reorganisation von Geschäftsprozessen) kommt als einem der bedeutsamsten Organisationskonzepte der vergangenen Jahre hierbei ein besonderer Stellenwert zu: Die Frage, welche unternehmerische Aktivität innerhalb der Grenzen der Unternehmung durchgeführt und welche an externe Dienstleiter ausgelagert werden soll, kann als eine zentrale Themenstellung der Betriebswirtschaftslehre betrachtet werden. So beträgt allein das derzeitig geschätzte Volumen des US-amerikanischen Marktes für Outsourcingdienstleistungen ca. 340 Milliarden US-Dollar – Tendenz weiter steigend.
Generell fußt Outsourcing auf der Externalisierung bestimmter Teilleistungen oder Funktionen einer Unternehmung und deren Übernahme durch einen externen Anbieter. Dennoch muss zu Recht auf die Abgrenzung zur reinen, weiter gefassten „make or buy“-Entscheidung (also Eigenerstellung oder Fremdbezug) hingewiesen werden. Unter Bezugnahme auf die engere Betrachtungsweise beziehen sich Outsourcing-Entscheidungen ausschließlich auf jene Leistungen und Funktionen, die bisher im eigenen Unternehmen bereits erbracht worden sind (Matiaske/Mellewigt, 2002).
Die im Hinblick auf das Outsourcing-Konzept in der Literatur vielfach diskutierten Motive und Zielstellungen betonen insbesondere Kostensenkungspotenziale, eine stärkere Fokussierung auf das Kerngeschäft, Leistungsverbesserungen und Risikoverlagerung. Diesen potenziellen Erfolgsmöglichkeiten stehen ebenso ernste Risiken gegenüber: Vor dem eigentlichen Beginn der zwischenbetrieblichen Transaktion sind vor allem die aufwändige Suche nach bzw. die Auswahl eines geeigneten Outsourcing-Partners und die Ausgestaltung der vertraglichen Leistung im Vordergrund. Danach wird besonders auf Risiken wie beispielsweise die Abhängigkeit vom Outsourcing-Dienstleister sowie der mögliche Verlust von Kontrolle und Know-how hingewiesen.
Die von Matiaske/Mellewigt (2002) aufgezeigten Ergebnisse im Hinblick auf Befunde und Defizite der empirischen Outsourcing-Forschung verdeutlichen, dass zumindest die mit der Outsourcing-Entscheidung verbundenen Motive und Risiken verstärkt in die betriebswirtschaftliche Forschung eingegangen sind, wohingegen eine genauere Betrachtung der den Outsourcing-Beziehungen zugrunde liegenden formalen und informellen Steuerungs- und Kontrollmechanismen bislang weitgehend unterbleibt, obgleich ein maßgeblicher Grund für das Scheitern einer beträchtlichen Anzahl von Outsourcing-Partnerschaften in kontraproduktiven Verhaltensweisen der beteiligten Akteure zu sehen ist. Dies unterstreicht die erhebliche Erfolgswirksamkeit von Steuerungs- und Kontrollmechanismen. Die genaue Kenntnis über Art und Intensität der zwischen den Outsourcing-Partnern herangezogenen Steuerungs- und Kontrollmechanismen kann einerseits zwar helfen, Befürchtungen eines Kontrollverlustes zu reduzieren, vernachlässigt aber im Hinblick auf die Erfolgswirksamkeit der Partnerschaft den nicht minder bedeutenden Aspekt des zwischenbetrieblichen Vertrauens, dessen Bedeutung durch eine Vielzahl diesbezüglicher Veröffentlichungen in den letzten Jahren nachdrücklich unterstrichen wird. Gerade im Hinblick auf die beträchtlichen Kosten traditioneller Kontrollinstrumente wird Vertrauen zu einem begehrenswerten Gut, dessen beziehungsstabilisierende und opportunitätshemmende Effekte sich über einen anderen (und kostengünstigeren) Wirkungsmechanismus entfalten.
Sowohl Vertrauen als auch Steuerung und Kontrolle stellen innerhalb des komplexen Prozesses der Koordination von Beziehungen zwischen Unternehmen also wichtige Schlüsselkonzepte dar, deren – von der empirischen Forschung bislang vernachlässigte – wechselseitige Wirkungszusammenhänge den Gegenstand der im Rahmen dieses Artikels skizzierten Untersuchung bilden.

**Prof. Dr. rer. pol. Thomas Mellewigt** ist seit 2004 Professor für Organisation und Unternehmensführung, insbesondere Medienwirtschaft an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften. Seine Forschungsschwerpunkte sind Strategische Allianzen, Outsourcing, Organizational Economics sowie Konzern- und Gründungsmanagement.

### Management von Outsourcing-Beziehungen in Banken

Die im Vergleich zu anderen Branchen auffallend hohe Fertigungstiefe der Kreditinstitute – die Quote von Eigenerstellung zu Fremdbezug verschiedener bankbezogener Leistungen und Funktionen liegt bei 80:20 (Automobilbranche: 25:75) – verdeutlicht das grundsätzlich erhebliche Outsourcingpotenzial im gesamten

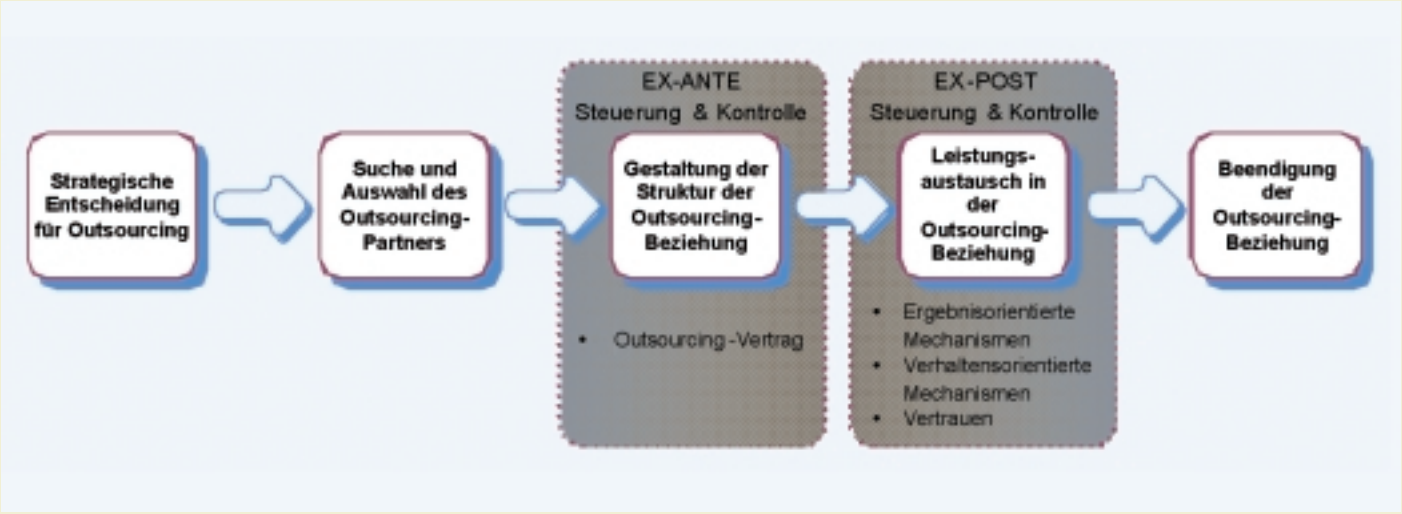



Abb. 1: Outsourcing-Prozess mit den dazugehörigen Steuerungs- und Kontrollinstrumenten.

Bankensektor. Einsatz und Verbreitung immer neuer und umfassender Informations- und Kommunikationstechnologien führten zu einer erheblich verbesserten Transparenz der Kapitalmärkte. Die hieraus resultierende Intensivierung des Wettbewerbs führte in der Folge zu einem bemerkenswerten Handlungsdruck der Kreditinstitute, die sich durch das Wegbrechen der Erträge im Wertpapier- und Investment-Banking-Geschäft seit dem Jahr 2001 und einer zudem kontinuierlich sinkenden Loyalität der Bankkunden, einer verstärkten Auseinandersetzung mit erfolgskritischen Kosten-, Qualitäts- und Flexibilitätsaspekten konfrontiert sehen.

Längerfristige Outsourcing-Beziehungen im Bankensektor bieten im Hinblick auf diese Problemfelder entsprechende Lösungspotenziale und offerieren den Kreditinstituten die Möglichkeit einer stabilen und ausbaufähigen Wettbewerbsposition.

Die hohen Misserfolgsquoten von Kooperationen verdeutlichen die Relevanz einer Auseinandersetzung mit den hierbei eingesetzten Steuerungs- und Kontrollinstrumenten. Deren Differenzierung soll im Folgenden über den Zeitpunkt der Kontrolle erfolgen (Dekker, 2004). Die idealtypische Darstellung der Phasen des Outsourcingprozesses in Abbildung 1 ermöglicht es, zwischen ex-ante (also im Voraus) und ex-post (also im Nachhinein) anzuwendenden Mechanismen zu unterscheiden, je nachdem ob die Gestaltung oder der Leistungsaustausch der Outsourcingbeziehung im Vordergrund der Steuerungs- und Kontrollperspektive stehen (Abbildung 1).

Im Rahmen der dritten und vierten Phase des Outsourcing-Prozesses kommen verschiedene Steuerungs- und Kontrollmechanismen zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten zum Einsatz (Abbildung 1). Vor dem Leistungsaustausch werden Vereinbarungen über die diesen betreffenden Vertragsinhalte getroffen.

Während des Leistungsaustauschs (aber nach der grundsätzlichen Vereinbarung über das Eingehen der Outsourcing-Beziehung) zwischen dem Kreditinstitut und dem Outsourcing-Partner werden ergebnis- bzw. verhaltensorientierte (formale) Mechanismen (Ouchi, 1979), aber auch Vertrauen als besonderer (informeller) Steuerungs- und Kontrollmechanismus (Gulati, 1995) eingesetzt. Einige Beispiele für Ergebniskontrolle stellen Budgets, Kennzahlen und Finanz- bzw. Umsatzberichte dar. Verhaltenskontrolle hingegen wird beispielsweise eher über Richtlinien, direkte Kontaktgespräche und Qualitätsmanagementsysteme gewährleistet.

## Theoretische Erklärungen des Erfolgs von Outsourcing in Banken

Ein im Strategischen Management besonders wichtiger theoretischer Erklärungsansatz ist die Transaktionskostentheorie. Diese erklärt, bei welchen Transaktionseigenschaften der Markt („buy“) bzw. die Unternehmenshierarchie („make“) besser zur Abwicklung einer bestimmten Transaktion geeignet ist. Demnach wird die Wahl der transaktionskostenminimalen und somit effizientesten Organisationsform durch die drei Determinanten Faktorspezifität, Unsicherheit und Häufigkeit der Transaktion beeinflusst (Williamson, 1985). Die Faktorspezifität beschreibt das Ausmaß, in dem die erforderlichen Einsatzfaktoren auf die Erstellung der auszutauschenden Leistung spezifisch anzupassen sind, worüber spezifische Faktoren in anderen Verwendungen also nur einen deutlich geringeren Wert aufweisen können. Da hohe spezifische Investitionen zu einer verstärkten Abhängigkeit vom Outsourcing-Partner führen können, kann der potenzielle (Outsourcing-) Dienstleister diese zu seinen Gunsten ausnutzen, was als opportunistisches Verhalten bezeichnet wird. Aufgrund dieser Gefahr muss der Bezug spezifischer Faktoren über den Markt abgesichert werden, was mit hohen Kontroll- und Überwachungskosten einhergeht. Deshalb sollten Transaktionen mit (hoch-)spezifischen Faktoren innerhalb des Unternehmens abgewickelt werden (Williamson, 1985).

Hohe Transaktionskosten beim Outsourcing einer spezifischen Leistung schränken die Performance der Outsourcing-Beziehung somit entsprechend ein, da die erhöhten Kosten den Produktionskostenvorteil durch Fremdbezug schmälern bzw. aufheben und die Zufriedenheit mit der Outsourcing-Beziehung sinken können. Daraus folgt:

**Hypothese 1a: Je höher die Spezifität der outgesourcten Leistung ist, desto geringer ist der Erfolg der Outsourcing-Beziehung.**

**Hypothese 1b: Je höher das opportunistische Verhalten des Outsourcing-Partners, desto geringer ist der Erfolg der Outsourcing-Beziehung.**

Die zweite Transaktionskostendeterminante Unsicherheit lässt sich in externe Unsicherheit und Verhaltensunsicherheit unterscheiden: Externe Unsicherheit bezieht sich auf potenzielle Marktveränderungen, allgemeine wirtschaftliche und politische

Entwicklung oder Variationen des technologischen Umfeldes. Verhaltensunsicherheit weist auf die Schwierigkeit hin, das Verhalten des Outsourcing-Partners vorhersagen und bewerten zu können. Erhöhte Unsicherheit erfordert insbesondere in Verbindung mit spezifischen Investitionen einen höheren Aufwand für Kontrolle und Überwachung, was die Verringerung des Gesamterfolges des Outsourcing-Projekts nach sich zieht.

**Hypothese 2: a) Je höher die auf die outgesourcte Leistung bezogene externe Unsicherheit ist, desto geringer ist der Erfolg der Outsourcing-Beziehung.**

**b) Je höher die auf die outgesourcte Leistung bezogene Verhaltensunsicherheit ist, desto geringer ist der Erfolg der Outsourcing-Beziehung.**

Der transaktionskostentheoretischen Annahme, dass sich die Akteure in einer Austauschbeziehung potenziell opportunistisch verhalten, wird in den letzten Jahren verstärkt die unsicherheitsreduzierende und damit Opportunismus hemmende Wirkung des Vertrauens entgegen gebracht. Zwischenbetriebliches Vertrauen unterstellt die positive Absicht des Partnerunternehmens, sich pflicht- und verantwortungsbewusst gemäß den gemeinsamen Vereinbarungen zu verhalten und die ihm zugetragene Rolle innerhalb der interorganisationalen Beziehung zu erfüllen. Damit steigt die Zuversicht des outsourcenden Kreditinstituts in die Bereitschaft des Outsourcing-Partners, dass dieser seine Aufgaben wie vereinbart erfüllt.
Aus dieser positiven Erwartungshaltung hinsichtlich der guten Absichten und Intentionen der Outsourcing-Partner resultieren eine erhöhte Intensität der zwischenbetrieblichen Zusammenarbeit sowie ein stärkerer Informationsaustausch, was sich in geringeren Verhandlungs- und Überwachungskosten bzw. einer insgesamt verbesserten Effizienz der Leistungserstellung niederschlagen kann.

**Hypothese 3: Je größer das Vertrauen zwischen dem Kreditinstitut und dem Outsourcing-Partner ist, desto höher ist der Erfolg der Outsourcing-Beziehung.**

Bezüglich der angenommenen Effekte von Steuerung und Kontrolle auf den Erfolg der Outsourcing-Beziehung wird im Folgenden nochmals auf die Unterscheidung in ex-ante und ex-post Steuerung und Kontrolle hingewiesen. Verträge als ex-ante Steuerungsmechanismus sollen mittels Regelung von Leistung und Gegenleistung Anreizstrukturen schaffen. Diese stellen positive bzw. negative Sanktionen in Aussicht, wodurch potenziell opportunistisches Verhalten reduziert werden kann. Das Verhalten des Vertragspartners soll vorhersehbarer (und damit sicherer) werden. In den Verträgen werden deshalb so genannte Sicherungsklauseln fixiert. Diese werden angewendet, wenn der Vertragspartner eigene Interessen zu Lasten des Gegenübers verfolgt. Bei Verträgen, in denen solche Regelungen klar fixiert sind, ist es somit kostspieliger, die Verträge nicht einzuhalten oder vorzeitig zu beenden als im Vergleich zu solchen Verträgen, die weniger spezifisch und komplex gestaltet sind. Weiterhin dienen Verträge der Koordination der Aktivitäten der Outsourcing-Partner, da einerseits die Ergebnisse des vorangegangenen Verhandlungsprozesses fixiert und die entsprechenden Rechte und Pflichten des Partners festgelegt werden und andererseits ein Rahmen gebildet wird, auf dem die künftige Zusammenarbeit beruht. Eine höhere Anzahl von Vertragsklauseln soll bei potenziell auftretenden Problemen und Streitfragen von vornherein Klarheit schaffen, wie damit umzugehen ist. Die daraus resultierende Zufriedenheit begünstigt den Erfolg der Outsourcing-Beziehung.

**Hypothese 4: Je höher die Komplexität des Outsourcing-Vertrages, desto höher ist der Erfolg der Outsourcing-Beziehung.**

Die ergebnisorientierte Steuerung und Kontrolle als ein ex-post Mechanismus fußt auf Bewertung und Zurechnung der Leistung des Kooperationspartners. Auf deren Basis werden Entscheidungen über Zahlung und Höhe ausgleichender Prämien und Beteiligungen getroffen, was einen anreizstiftenden und damit die Attraktivität der Partnerschaft beeinflussenden Faktor darstellt. Grundlegende Voraussetzung ist die vorherige Festlegung und Spezifizierung (i. d. R. bei der Vertragsgestaltung) der gewünschten Zielvorgaben und Ergebnisse. Die Kooperation des Partners wird letztlich erreicht, indem für die bewertete Leistung die vereinbarte Gegenleistung gewährt bzw. auf mögliche Sanktionen verzichtet wird. Ziel dieser Vorgehensweise ist es, die Kosten für opportunistische Verhaltensweisen des Outsourcing-Partners derart zu erhöhen, dass diese als nicht mehr lohnend erachtet werden. Aufgrund der anreizstiftenden Wirkung der Überprüfung der Zielerfüllung führen ergebnisorientierte Steuerungs- und Kontrollmechanismen zu einer höheren Performance der Outsourcing-Beziehung.

**Hypothese 5: Je intensiver die ergebnisorientierte Steuerung und Kontrolle der Outsourcing-Beziehung, desto höher ist der Erfolg der Outsourcing-Beziehung.**

Die verhaltensorientierte ex-post Steuerung und Kontrolle fokussiert eine Leistungsevaluation über die Beobachtung und Bewertung von Handlungen bzw. von Verhaltensweisen des Partners. Kooperatives Verhalten des Partners wird über die direkte Beschränkung der dem Outsourcing-Partner zur Verfügung stehenden Handlungsspielräume erreicht. Dabei wird der Leistungserstellungsprozess in konkrete operative Handlungsaktivitäten, Prozeduren und Verfahren strukturiert, die dem Outsourcing-Partner vorgegeben werden. Im Zeitablauf erfolgt eine Kontrolle und Überwachung der erwarteten Verhaltensweisen mit dem Ziel, die zuvor festgelegten Richtungspunkte zu erreichen. Im Gegensatz zur ergebnisorientierten Steuerung und Kontrolle, bei der einzig die Zielerreichung geprüft wird, untersucht die verhaltensorientierte Steuerung und Kontrolle, ob der Outsourcing-Partner im Hinblick auf die zuvor definierten Ziele angemessenen gehandelt hat. Daraus ergibt sich aufgrund einer intensiveren Zusammenarbeit und erfolgswirksamen Kommunikationsstrukturen eine höhere Effizienz der Outsourcing-Beziehung.

**Hypothese 6: Je intensiver die verhaltensorientierte Steuerung und Kontrolle der Outsourcing-Beziehung, desto höher ist der Erfolg der Outsourcing-Beziehung.**

## Ergebnisse der empirischen Untersuchung

Im Rahmen der empirischen Untersuchung wurden mittels einer geschichteten Zufallsauswahl insgesamt 570 Sparkassen, Kreditgenossenschaften sowie Regional- und sonstige Kreditbanken einbezogen. Die Datenerhebung erfolgte im August und September 2004 und wurde über eine schriftliche Befragung der Vorsitzenden der Geschäftsführung bzw. des Vorstandes der jeweiligen Kreditinstitute durchgeführt. Von den 570 angeschriebenen Kreditinstituten konnten 125 verwertbare Fragebögen in die empirische Untersuchung einbezogen werden (Rücklaufquote = 22 Prozent).

### Deskriptive Befunde

Wie aus der historischen Entwicklung des Outsourcings zu erwarten war, sind Softwareentwicklung/Anwendungssysteme sowie die IT-Infrastruktur in der Rangfolge der durchgeführten Outsourcing-Projekte entsprechend weit oben zu finden. Ferner befinden sich die Abwicklung von Wertpapieren und des inländischen Zahlungsverkehrs in der Reihenfolge der outgesourcten Funktionen auf den Plätzen zwei und drei. Insgesamt spiegelt das Ergebnis die aktuelle Entwicklung des Aufbrechens des deutschen Universalbankensystems wieder: Back-Office Leistungen werden zunehmend von spezialisierten Transaktionsbanken übernommen. Im Gegensatz dazu werden Leistungen in Zusammenhang mit Kreditabwicklung und Vertrieb so gut wie gar nicht outgesourct, was die von einem Großteil der Kreditinstitute konstatierte Bedeutung dieser beiden Funktionen unterstreicht.

Die Ergebnisse zeigen darüber hinaus, dass etwa 45 Prozent der Banken nur über sehr beschränkte Erfahrungen mit Outsourcing-Projekten verfügen, was sich über das stark regulierte Umfeld der Kreditinstitute erklären lässt: Erst im Jahre 2001, also drei Jahre vor der Erhebung der verwendeten Daten, hat die Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht mit dem Rundschreiben 11/2001 klare Rahmenbedingungen zum Outsourcing geschaffen, um den Banken die Möglichkeit zu geben, ihre Wettbewerbsfähigkeit zu stärken und dem zunehmenden Wettbewerbsdruck, insbesondere im Hinblick auf global agierende Banken, entgegenzutreten.

Im Hinblick auf die Anzahl der Outsourcing-Partner zeigt sich, dass fast zwei Drittel der befragten Banken mit lediglich einem Partnerunternehmen zusammenarbeiten. Die Bevorzugung bilateraler Outsourcing-Beziehungen kann darauf zurückgeführt werden, dass mit zunehmender Anzahl von Partnerunternehmen die Gefahr opportunistischen Verhaltens steigt. Zum anderen erhöhen sich der diesbezügliche Koordinationsbedarf und die damit einhergehenden Koordinationskosten.

### Empirische Befunde

Zur Überprüfung der aufgestellten Hypothesen wurde eine stufenweise Regressionsanalyse durchgeführt. Neben den in den Hypothesen enthaltenen unabhängigen Variablen und der abhängigen Variable Erfolg, wurde der Einfluss weiterer so genannter Kontrollvariablen auf den Erfolg der Outsourcing-Beziehung beleuchtet. Hierbei stand zum einen der mögliche Einfluss unterschiedlicher Typen von Kreditinstituten (also Sparkasse, Kreditgenossensschaft) im Vordergrund. Zum anderen wurden die Auswirkungen der Unternehmensgröße, der Dauer des Outsourcing-Projekts, der Ähnlichkeit der Outsourcing-Partner sowie der Auswirkung einer vorherigen Geschäftsbeziehung der Unternehmen hinsichtlich des Erfolges der jeweiligen Outsourcing-Beziehungen geprüft.

| Variablen | Abhängige Variable: Erfolg<br>Modell I | Modell II |
|---|---|---|
| **Kontrollvariablen** | | |
| Sparkasse | -0,060 | -0,075 |
| Kreditgenossenschaft | -0,216* | -0,045 |
| Unternehmensgröße | -0,190* | -0,161* |
| Dauer des Outsourcing -Projekts | -0,273** | -0,068 |
| Frühere Geschäftsbeziehungen | 0,091 | 0,068 |
| Ähnlichkeit | 0,088 | 0,066 |
| **Unabhängige Variablen** | | |
| Spezifität | | -0,163* |
| Opportunismus | | -0,246** |
| Verhaltensunsicherheit | | -0,035 |
| Umweltunsicherheit | | 0,040 |
| Vertrauen | | 0,342*** |
| Vertragskomplexität | | 0,175** |
| Ergebnissteuerung | | -0,141* |
| Verhaltenssteuerung | | 0,016 |
| **Korrigiertes R ≤** | 0,080 | 0,392 |
| **F(Wert)** | 2,599** | 5,977*** |
| N = 125; * p < 0.10 ** p < 0.05 *** p < 0.01 | | |

Tabelle 1: Ergebnisse der Regressionsanalyse.

In einem ersten Schritt wurde der Einfluss dieser sechs Kontrollvariablen isoliert getestet (Modell I), bevor dann die Effekte aller Einflussgrößen gemeinsam untersucht wurden (Modell II).

Die Tabelle 1 fasst die Ergebnisse der beiden Modelle überblicksartig zusammen.

Modell I zeigt den Einfluss der Kontrollvariablen auf den Erfolg der Outsourcing-Beziehung. Von den sechs Kontrollvariablen weisen drei signifikant negative Regressionskoeffizienten auf: Die „Unternehmensgröße“ sowie die „Dauer des Outsourcing-Projekts“ haben eine negative Wirkung auf den Outsourcing-Erfolg. Zudem scheint der Erfolg des Outsourcings beim Typ „Kreditgenossenschaft“ (im Vergleich zum Typ „Sparkasse“) generell geringer zu sein. Allerdings bleibt lediglich die negative Erfolgswirkung der Unternehmensgröße auch im zweiten Modell bestehen, wohingegen die negativen Effekte der anderen Kontrollgrößen nicht mehr signifikant sind.

In Modell II werden die unterstellten Haupteffekte mit einbezogen, was sich in einer zum Vergleich zu Modell I deutlich verbesserten Erklärungskraft niederschlägt. Die Befunde zeigen hypothesenkonform, dass mit zunehmendem Ausmaß der Spezifität der outgesourcten Leistung sowie mit zunehmendem opportunistischen Verhalten des Outsourcing-Partners der Erfolg der Outsourcing-Beziehung abnimmt (Hypothese 1). Entgegen Hypothese 2 kann aufgezeigt werden, dass sowohl Umwelt- als auch Verhaltensunsicherheit keinen Einfluss auf den Erfolg der Outsourcing-Beziehung besitzen. Der in Hypothese 3 postulierte positive Einfluss des interorganisationalen Vertrauens auf den Erfolg der Outsourcing-Beziehung ist hingegen hochsignifikant. Übereinstimmend mit Hypothese 4 lässt sich zeigen, dass mit steigender Komplexität der Vertragsgestaltung eine erhöhte Performance des Outsourcings einhergeht. Dagegen konnten die in Hypothese 5 und 6 unterstellten (positiven) Wirkungszusammenhänge zwischen einer ergebnis- bzw. verhaltensorienten Ausgestaltung der Steuerungs- und Kontrollmechanismen und dem Outsourcing-Erfolg nicht nachgewiesen werden. Im Rahmen der Ergebniskontrolle lässt sich sogar ein signifikant

negativer Einfluss auf den Erfolg der Outsourcing-Beziehung nachweisen.
Insgesamt kann festgehalten werden, dass sich der Fremdbezug besonders spezifischer Faktoren ebenso wie die Gefahr potenziell opportunistischer Verhaltensweisen des Partners negativ auf den Outsourcing-Erfolg auswirken, während Vertrauen und eine detaillierte Vertragsgestaltung den Erfolg des Outsourcings fördern. Ex-post zur Anwendung kommende Mechanismen wie verhaltens- oder ergebnisorientierte Steuerung und Kontrolle sowie das Vorliegen von Verhaltens- und Umweltunsicherheit hingegen beeinflussen die Performance der Outsourcing-Beziehung entweder gar nicht oder beeinträchtigen sie sogar.

## Diskussion der Ergebnisse

Der sowohl in Modell I als auch Modell II durchgehend signifikant (negative) Effekt der Unternehmensgröße auf den Outsourcing-Erfolg könnte sich über die bei größeren Unternehmen deutlich höheren „economies of scale" erklären, was im Hinblick auf das stärkste Outsourcing-Motiv – nämlich Kostensenkung – den Erfolg des Outsourcings einschränken kann, da diese Skaleneffekte nun nicht mehr in ähnlicher Höhe realisiert werden können bzw. vollständig entfallen. Des Weiteren deuten die im Hinblick auf den Outsourcing-Erfolg positiven Wirkungen von „Vertrauen" bzw. des ex-ante Steuerungs- und Kontrollmechanismus „Vertragskomplexität" auf ein interessantes Verhältnis zwischen den Konstrukten „Vertrauen" und „Kontrolle" hin: Obgleich Vertrauen und Kontrolle zwar Schlüsselkonzepte innerhalb des komplizierten Koordinations- und Kontrollprozesses zwischenbetrieblicher Beziehungen darstellen, ist das Verhältnis zwischen diesen Konstrukten keineswegs offenkundig (Das/Teng, 1998). Zumindest theoretisch dominieren zwei Sichtweisen: In einem Fall wird ein negativer Zusammenhang unterstellt: Kontrolle untergräbt und zerstört Vertrauen und umgekehrt: Vertrauen relativiert die Notwendigkeit zur Kontrolle und macht sie überflüssig. Vertrauen und Kontrolle müssen allerdings nicht zwangsläufig voneinander abhängige Substitute darstellen. Eine zweite Perspektive begreift Vertrauen und Kontrolle als Komplemente und postuliert einen positiven Zusammenhang: Der Einsatz von Kontrollinstrumenten und objektiver Leistungsbewertung kann so die Erfolgs- und Erfahrungsgeschichte begründen, welche – zumindest für jene Transaktionspartner, die kooperative Verhaltensweisen gezeigt haben – zu einer Förderung und Stärkung von Vertrauen beitragen kann.
In der vorliegenden empirischen Untersuchung werden beide Argumentationslinien kombiniert: Zu Beginn der Beziehung (ex-ante), wenn sich Kreditinstitut und Outsourcing-Dienstleister noch nicht gut kennen, begünstigen die im Rahmen des Vertrages schriftlich fixierten Ziele, Rechte und Pflichten die Absicherung und Koordination der Outsourcing-Partnerschaft und erleichtern das Entstehen eines erfolgswirksamen Vertrauensverhältnisses (komplementärer Zusammenhang) (Poppo/Zenger, 2002). Ist in dieser zwischenbetrieblichen Beziehung Vertrauen einmal entstanden, kann dies dazu führen, dass sich die Vertragspartner auf eine gewissenhafte Vertragserfüllung der Gegenseite verlassen. Hier würde dann der verstärkte Gebrauch ergebnisorientierter Steuerungs- und Kontrollmechanismen (ex-post) dem Partner ein bestehendes Misstrauen der Gegenseite suggerieren, was das zuvor aufgebaute Vertrauensverhältnis schädigen (substitutiver Zusammenhang) und in der Folge den Gesamterfolg beeinträchtigen könnte. Der Einsatz verhaltensorientierter Steuerungs- und Kontrollmechanismen hingegen fördert – zumindest theoretisch – zwar die Intensität der Zusammenarbeit, kann im Hinblick auf den Bankensektor aber keinerlei erfolgswirksame Wirkungen erzielen, was möglicherweise am grundsätzlich weniger üblichen oder möglichen Einsatz solcher Mechanismen in dieser Branche oder auf andere als in der Messung verwendete Instrumente zurückzuführen sein könnte.
Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass sowohl Vertrauen als auch Verträge maßgeblich den Outsourcing-Erfolg im Bankensektor beeinflussen.

### Literatur

(1) Barney, J. B. (1991): Firm resources and sustained competitive advantage, in: Journal of Management, Vol. 17, No. 1, S. 99-120.
(2) Dekker, H. C. (2004): Control of inter-organizational relationships: evidence on appropriation concerns and coordination requirements, in: Accouting, Organizations and Society, Vol. 29, No. 1, S. 27-49.
(3) Gulati, R. (1995): Does familiarity breed trust? The implications of repeated ties for contractual choice in alliances, in: Academy of Management Journal, Vol. 38, No. 1, S. 85-112.
(4) Kale, P./Singh, H./Perlmutter, H. (2000): Learning and protection of proprietary assets in strategic alliances: Building relational capital, in: Strategic Management Journal, Vol. 21, No. 3, S. 217-237.
(5) Matiaske, W./Mellewigt, T. (2002): Motive, Erfolge und Risiken des Outsourcings – Befunde und Defizite der empirischen Outsourcing-Forschung, in: Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Jg. 72, Heft 6, S. 641-659.
(6) Ouchi, W. G. (1979): A conceptual framework for the design of organizational control mechanisms, in: Management Science, Vol. 25, No. 9, S. 833-848.
(7) Penrose, E. T. (1959): The theory of the growth of the firm. New York 1959.
(8) Poppo, L./Zenger, T. (2002): Do formal contracts and relational governance function as substitutes or complements?, in: Strategic Management Journal, Vol. 23, No. 8, S. 707-725.
(9) Williamson, O. E. (1985): The economic institutions of capitalism. New York 1985.

Arbeiten bei Benteler –
eine Partnerschaft mit Perspektive

# Hochschulabsolventen (m/w)

- **Ingenieure**
- **Wirtschaftswissenschaftler**

Sie haben praxisorientiert studiert und stehen kurz vor dem Abschluss.
Sie sind begeisterungsfähig und würden Ihre Ideen gern in einem internationalen Unternehmen kreativ umsetzen?

Wir bieten Ihnen die Herausforderung, die Sie suchen. In der Benteler-Gruppe werden Sie in innovativen Teams eingebunden und in unterschiedlichen Projekten gefordert. Ihre Konzepte zur Lösung von Problemen interessieren uns.

Sie sind noch im Studium? Kein Problem, auch ein Praktikum oder eine Diplomarbeit könnte der erste Einstieg sein.

Nutzen Sie Ihre Chance, wir freuen uns auf Ihre Online-Bewerbung.

Benteler AG
Personalentwicklung
Residenzstraße 1
33104 Paderborn
Tel.: 0 52 54.81-18 46

**www.benteler.de**

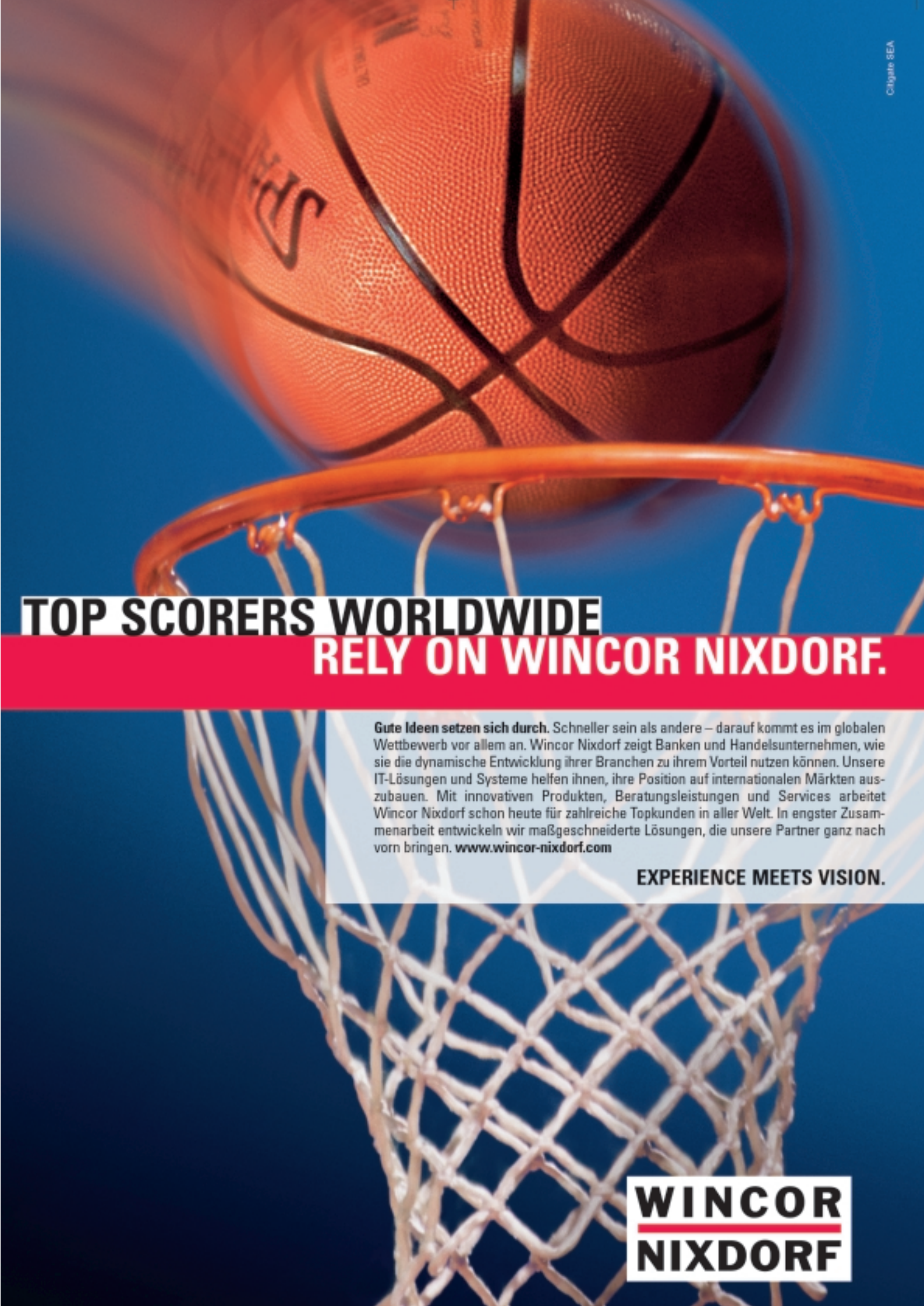
## Zeigen Sie bei uns, was Sie können!

Wir suchen engagierte Mitarbeiter, die zielorientiert, verantwortungsbewusst und pragmatisch handeln. Kurz: Menschen, die unseren Erfolg tragen.

Finden Sie Ihre berufliche Herausforderung und interessante Aufgaben bei einem der "Top 100 Unternehmen" der deutschen Industrie. Die international tätige Benteler-Gruppe beschäftigt in den Bereichen Automobiltechnik, Stahl/Rohr und Handel rund 19.000 Mitarbeiter an 150 Standorten in 34 Ländern.

BENTELER

Automobiltechnik • Stahl/Rohr • Handel


TOP SCORERS WORLDWIDE
RELY ON WINCOR NIXDORF.
Gute Ideen setzen sich durch. Schneller sein als andere – darauf kommt es im globalen Wettbewerb vor allem an. Wincor Nixdorf zeigt Banken und Handelsunternehmen, wie sie die dynamische Entwicklung ihrer Branchen zu ihrem Vorteil nutzen können. Unsere IT-Lösungen und Systeme helfen ihnen, ihre Position auf internationalen Märkten auszubauen. Mit innovativen Produkten, Beratungsleistungen und Services arbeitet Wincor Nixdorf schon heute für zahlreiche Topkunden in aller Welt. In engster Zusammenarbeit entwickeln wir maßgeschneiderte Lösungen, die unsere Partner ganz nach vorn bringen. www.wincor-nixdorf.com
EXPERIENCE MEETS VISION.
WINCOR
NIXDORF