

FORSCHUNGS FORUM

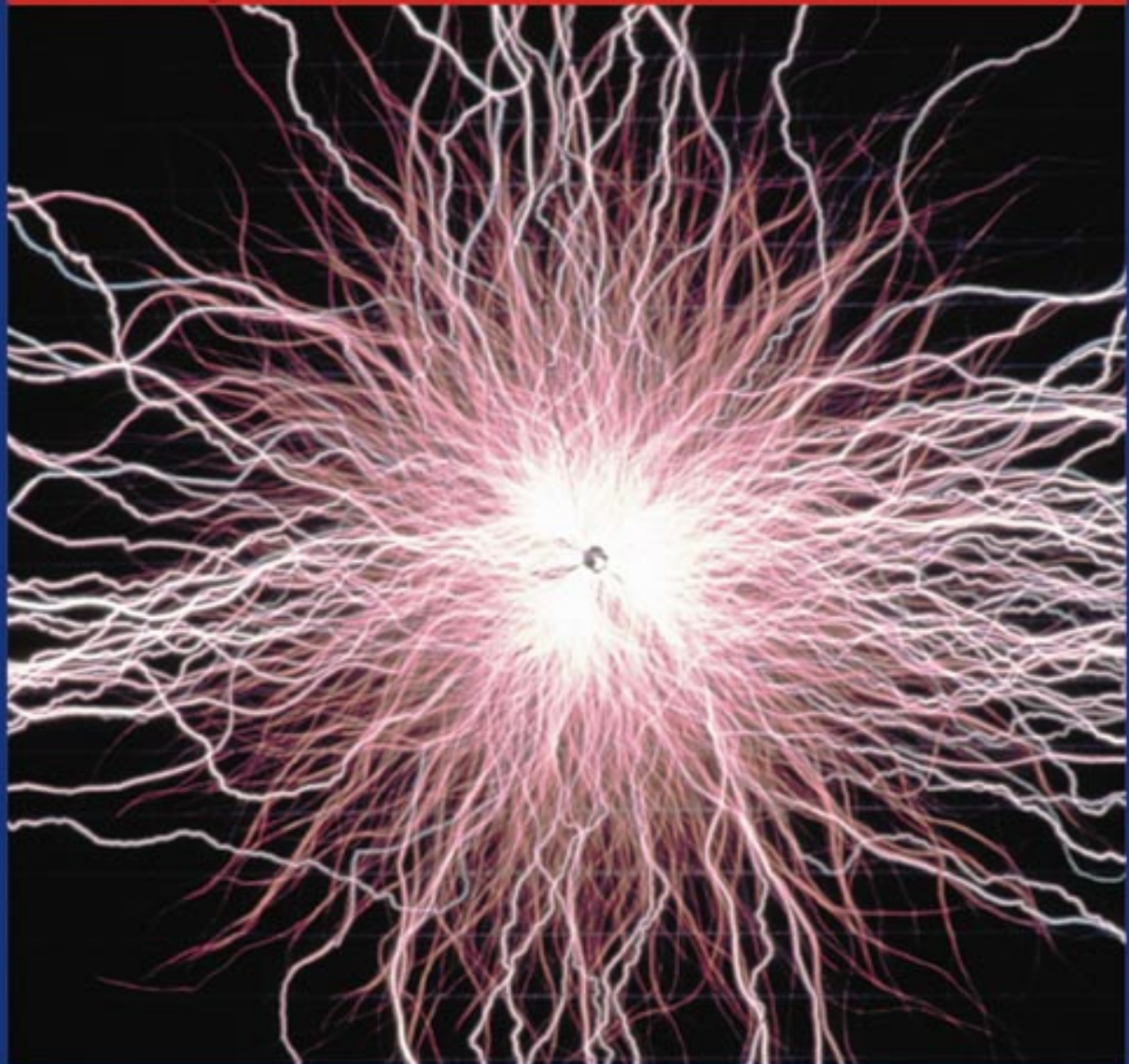
PADERBORN



Paderborner Universitätsmagazin

1-1998

Mit Beiträgen aus Paderborn, Höxter, Meschede und Soest



■ **Kryptographie**
Entschlüsseln Sie das
Geheimnis Paderborns!

■ **Digitale Röntgenbilder**
für die Medizin

■ **Überholen auf der**
Datenautobahn

■ **Schulen in der**
Informationsgesellschaft

■ **Inspektionstechnologie**
für das Kanalnetz

Vorbemerkung der Redaktion

Vor uns liegt die erste Ausgabe der Zeitschrift „ForschungsForum Paderborn“. Mit dieser Publikation gewährt die Universität ihren eigenen Angehörigen und einer breiten Öffentlichkeit Einblicke in die Vielfalt ihrer wissenschaftlichen Aktivitäten. Eine intensivere Forschungsberichterstattung soll - neben den gelben Seiten „Forschung in Paderborn“ (FIP) in der „Paderborner Universitätszeitschrift“ (puz) - den bestehenden Dialog zwischen Hochschule und Öffentlichkeit unterstützen und zeigen, daß sich Forschung in Paderborn an den Problemen unserer Zeit orientiert und Lösungen anbietet.

Die Themen, über die berichtet wird, sind von großer Vielseitigkeit, haben einen hohen Praxisbezug und wenden sich auch an Nicht-Fachleute. Deshalb sind die Beiträge (bei weitgehender Vermeidung von Fachbegriffen) verständlich abgefaßt.

Angesprochen werden Interessenten aus Wissenschaft, Wirtschaft, Politik sowie Bürgerinnen und Bürger der Universitätsstadt, der Region und darüber hinaus.

Die veröffentlichten Beiträge sind nur Ausschnitte aus dem großen Forschungspotential der Universität.

Ein Dank gebührt den Autoren und Wissenschaftlern für die inhaltliche Gestaltung dieser Ausgabe des „ForschungsForum Paderborn“. Gleichfalls bedankt sich die Redaktion bei allen anderen, die auf ihre Weise dazu beigetragen haben, daß dieses Heft erscheinen konnte.

Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wurde die Herstellung der Zeitschrift überwiegend durch Anzeigen finanziert. Wir danken daher allen Firmen und Organisationen, die in Form von Werbeanzeigen (in Zusammenarbeit mit der Bonifatius GmbH) unser Vorhaben unterstützen.

Die Weiterführung des „ForschungsForum Paderborn“ wird auch von der Resonanz unserer Leserinnen und Leser auf diese Form der Forschungsberichterstattung abhängen. Deshalb sind wir an Ihrer Meinung interessiert.

Ihre Ramona Wiesner

IMPRESSUM

Herausgeber

Der Rektor der Universität Paderborn
Prof. Dr. Wolfgang Weber

Wissenschaftlicher Beirat

Prof. Dr. Gitta Domik
Prof. Dr. Wilfried Holzapfel
Prof. Dr. Jörg Jarnut
Prof. Dr. Klaus Meerkötter
Prof. Dr. Winfried Reiß
Prof. Dr. Heinrich Schulte-Sienbeck
Prof. Dr. Jürgen Voß

Konzeption und Redaktion

Ramona Wiesner (verantw.)
Hochschulmarketing und Universitätszeitschrift
Warburger Str. 100, 33098 Paderborn
Tel.: 05251/60 2553, 3880
E-Mail: wiesner@zv.uni-paderborn.de

ffp im Internet

<http://www.uni-paderborn.de/ffp/>

Layout

PADA-Werbeagentur
Heierswall 2, 33098 Paderborn

Druck und Anzeigenkauf

Bonifatius GmbH, Druck-Buch-Verlag, 33100 Paderborn

Auflage

5 000

Titel

„Gleitentladung als Simulation von Entladungsvorgängen
an Apparaten der Hochspannungstechnik“.

Hochspannungslabor, FB 16/Elektrische Energietechnik,
Prof. Dr.-Ing. Jan Meppelink

Seite 6

**Algebra für Spione,
Datenschützer und das Internet**
Kryptographie und endliche Körper
Joachim von zur Gathen



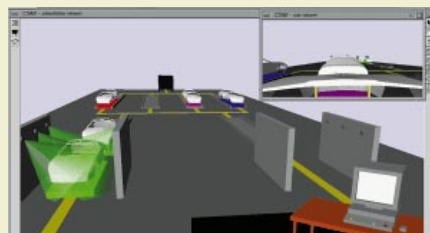
Seite 12

**Digitale Röntgenbilder
für die medizinische Diagnostik**
Der Beitrag der Festkörperphysiker
Johann-Martin Spaeth, Stefan Schweizer



Seite 16

**Schneller Entwurf dreidimensionaler
Computer-Animationen**
*Die Entwicklung einer
„High-Level“-Animationsbibliothek*
Franz Rammig, Christian Geiger, Ralf Hunstock, Volker Paelke



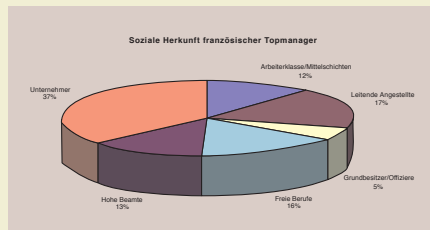
Seite 20

Die „Fürstliche Bibliothek Corvey“
Eine „Schatzkammer“ wird erforscht
Hartmut Steinecke



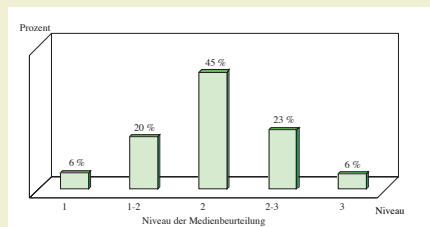
Seite 24

**Nationale Bildungssysteme und die Reproduktion
wirtschaftlicher Eliten**
*Soziale Herkunft und Ausbildung der Spitzenmanager
in Deutschland, Frankreich und Großbritannien*
Michael Hartmann



Seite 28

Schulen in der Informationsgesellschaft
*Medienkonsum als pädagogisches Problem -
Medienerziehung als unterrichtliche Aufgabe*
Gerhard Tulodziecki



Seite 32

Nordrhein-Westfalen hat Schwein
Agrarmärkte, Umwelt, ländlicher Raum
Hans-Ulrich Hensche, Martin Spielhoff, Harald Vogt



Seite 36

**Zur Entwicklung der Ufergehölze an der naturnah
ausgebauten Ems bei Rietberg**
Bedeutung für den Gewässerschutz

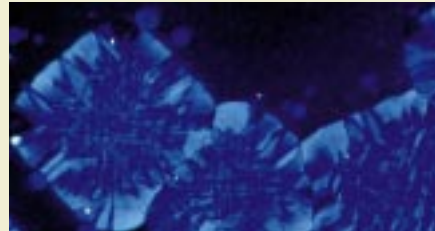
Horst Wedeck



Seite 40

Können Kristalle flüssig sein?
Flüssigkristalle als vierter Zustand der Materie

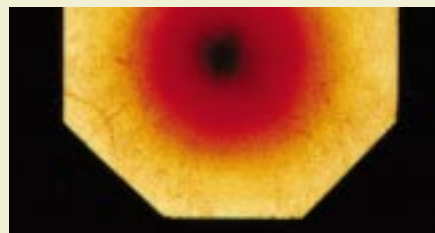
Horst Stegemeyer



Seite 44

Hochdruck in Natur und Technik
Forschung in der Hochdruckphysik

Wilfried B. Holzapfel



Seite 48

**Umweltrisiko Abwasserkanal -
Wie löchrig ist das deutsche Kanalnetz?**
*Methodische Produktinnovation für Umweltschutz und
Wettbewerb*

Walter Jorden, Joachim Niewels



Seite 52

Überholen auf der Datenbahn
*Ausbau der Telekommunikationsnetze mit modernen
Techniken der Nachrichtenübertragung*

Ulrich Rust, Reinhold Noé



Seite 56

Der elektronische Hörsaal
Aufbau lernförderlicher Infrastrukturen

Reinhard Keil-Slawik



Seite 60

**Papierarme Informationsverarbeitung
im Office mit Groupware**
*Workflow Management im Intranet, Extranet und
Internet*

Ludwig Nastansky





Vorwort

Die Universität Paderborn kann wie die vier anderen nordrhein-westfälischen Gesamthochschulen in diesem Jahr ihr fünfundzwanzigjähriges Bestehen feiern. Die Jahre des Auf- und Ausbaus der Gesamthochschulen waren in erster Linie geprägt durch Diskussionen über die Reform des Hochschulstudiums. Daß das Prinzip der Einheit von Forschung und Lehre auch für die Gesamthochschulen gelten sollte, wurde zwar beim konzeptionellen Entwurf dieses Hochschultyps hervorgehoben, in der Öffentlichkeit entstand aber nicht selten der Eindruck, als seien die Gesamthochschulen vornehmlich Lehruniversitäten. Nicht zuletzt wurde dieser Eindruck dadurch gefördert, daß die Vorgängereinrichtungen, also Pädagogische Hochschulen und Höhere Fachschulen, im wesentlichen nur einen Auftrag zur Lehre hatten. Auch jüngsten Äußerungen von politischer Seite ist zu entnehmen, daß die Gesamthochschulen nahezu ausschließlich als Stätten des Studiums und der Lehre wahrgenommen werden.

Universitäre Lehre auf hohem Niveau kann aber nur durch Hochschullehrer geleistet werden, die in der Forschung in vorderster Linie tätig sind und dort neues Wissen schaffen. Dies gilt in ganz besonderem Maße für die im Zusammenhang mit der Betreuung von Doktoranden zu erbringende Lehre. Nur hierdurch ist sichergestellt, daß die Promotion auch zukünftig einen beachtlichen wissenschaftlichen Qualifikationsnachweis darstellt.

Daß an den Gesamthochschulen und insbesondere auch an der Universität Paderborn international anerkannte Forschungsleistungen erbracht werden, ist in Fachkreisen wohlbekannt und wird auch durch die in diesen Tagen von der Deutschen Forschungsgemeinschaft vorgelegte Veröffentlichung über die bewilligten Finanzmittel für die universitäre Forschung überzeugend belegt. Für viele außenstehende Beobachter wird das Forschungsprofil in Paderborn vor allem durch Aktivitäten im Bereich von Informatik und Technik bestimmt, wie beispielsweise im Heinz-Nixdorf-Institut, im Paderborn Center for Parallel Computing, im Sonderforschungsbereich „Massive Parallelität“ oder in den Materialwissenschaften. Mit dem „ForschungsForum Paderborn“, dessen erste Ausgabe vor Ihnen liegt, soll einer breiteren Öffentlichkeit gezeigt werden, daß die Paderborner Forschungsaktivitäten hohen Qualitätsansprüchen genügen und sich nicht auf Informatik und Technik beschränken, sondern auch andere naturwissenschaftliche sowie geisteswissenschaftliche Bereiche betreffen. Während das vorliegende Heft einen Blick auf Forschungsarbeiten aus sehr unterschiedlichen Gebieten der Paderborner Universität wirft, ist für die Zukunft beabsichtigt, in einer Ausgabe nur einige wenige Themenschwerpunkte in größerer Breite und Tiefe zu behandeln.

*Klaus Meerkötter
Prorektor für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchts*

Algebra für Spione, Datenschützer und das Internet

Kryptographie und endliche Körper

Moderne algebraische und zahlentheoretische Methoden haben die Kryptographie revolutioniert - mit Anwendungen bei vielen sicheren Formen der Datenübertragung (ec-Karten etc.). Dieser Artikel gibt eine kurze Übersicht und beschreibt ein spezielles algorithmisches Problem.

Das Verschlüsseln geheimer Nachrichten gehört zum Handwerkszeug des zweitältesten Gewerbes der Welt: der Spionage. Julius Caesar kodierte seine Nachrichten, indem er jeden Buchstaben um eine feste Größe verschob. Dabei identifiziert man die 26 Buchstaben unseres Alphabets mit 26 Zahlen, z.B.

A	B	C	D	E	...	X	Y	Z
0	1	2	3	4	...	23	24	25

Nun legt man einen geheimen *Schlüssel* k fest, z.B. $k = 10$, und die Kodierung $\kappa(a)$ eines Buchstaben a ist einfach $\kappa(a) = a + k$. Wörter oder längere Texte werden Buchstabe für Buchstabe kodiert, und zum Dekodieren eines Buchstabens b bildet man $\delta(b) = b - k$. Als Beispiel:

$$\begin{aligned} \text{CAESAR} &\leftrightarrow (2,0,4,18,0,17) = x = \delta(y) \\ y = \kappa(x) &= (12,10,14,2,10,1) \leftrightarrow \text{MKOCKB} \end{aligned}$$



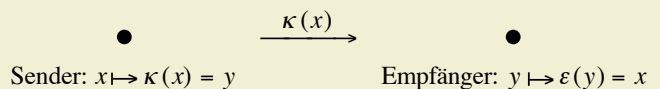
Foto: Braun, HNF

Abb. 1: Die deutsche ENIGMA-Chiffriermaschine aus dem 2. Weltkrieg. Dieses Exemplar steht im Heinz Nixdorf MuseumsForum, Paderborn.



Joachim von zur Gathen,
Fachbereich 17/Mathematik - Informatik, ist (nach 14 Jahren an der University of Toronto) seit 1994 Professor für Algorithmische Mathematik an der Universität Paderborn. Er beschäftigt sich mit Komplexitätstheorie und Computational Algebra.

Der Absender schickt also *MKODKC*, und der Empfänger dekodiert das zu *CAESAR*.



Beim Kodieren kommt *A* hinter *Z*, so daß $\kappa(18) = 28 = 3 \leftrightarrow D$.

Diese Verschlüsselungsmethode ist äußerst *einfach* und *ebenso unsicher*. Den geheimen Schlüssel $k = 10$ kann man leicht durch Raten herausfinden (es gibt ja nur 26 Möglichkeiten), und manche Verallgemeinerung dieses klassischen Verfahrens fällt einer Frequenzanalyse der Buchstaben zum Opfer - vorausgesetzt, man kennt die Sprache. (Das US-Militär hat im 2. Weltkrieg die Indianersprache Navajo benutzt.)

Die raffiniertesten „klassischen“ Methoden basieren auf solchen Permutationen von Buchstabengruppen und sind nicht leicht zu brechen. Die deutsche Wehrmacht und Marine benutzten im 2. Weltkrieg das *Enigma-System* (Abbildung 1). Einer Gruppe englischer Wissenschaftler in Bletchley Park unter Leitung von Alan Turing, dem Begründer der theoretischen Informatik, gelang es mit dem Einsatz ihres *Colossus-Computers*, dieses System (zeitweise) zu brechen; dies war für den Ausgang der U-Boot-Schlacht im Nordatlantik entscheidend. Der Roman *Enigma* von Robert Harris schildert eindringlich die Stimmung in diesem Mathematikercamp.

Kodiertafeln und visuelle Kryptographie

Eine weitere klassische Methode ist der Gebrauch von Kodiertafeln, die von Vernam 1926 vorgeschlagen wurde. Diese bestehen aus langen Zahlenreihen, möglichst zufällig ausgewählt. Abbildung 2 zeigt eine solche Tafel, wie sie eine enttarnte DDR-Spionin in einem Kleiderbügel versteckt hatte. Zur Übermittlung



Foto: Fechner/laife

Abb. 2: In einem Kleiderbügel versteckte MFS-Kodiertafel.

wandelt die *Kundschafterin des Friedens* den eigentlichen Text nach einem festgelegten, einfachen Verfahren in Blöcke von fünfstelligen Zahlen und addiert dann blockweise die Zahlen der Kodiertafel dazu. Dabei bleibt alles fünfstellig, d.h., es wird modulo 100000 gerechnet. Wenn also etwa die Nachricht 62103 ist und dazu der Block 55126 aus Abbildung 2 gehört, so schickt sie 12229. Ihr Agentenführer an der Normannenstraße subtrahiert davon einfach den Block aus der Tafel - von der er auch eine Kopie hat - und schon ist wieder ein Quentchen mehr über den kapitalistischen Gegner bekannt. (Das Urteil der Historie über die erfolgreiche DDR-Spionage ist wohlbekannt ...)

Wenn die Kodiertafel nur einmal benutzt wird, so ist dieses Verfahren absolut *sicher*, aber sehr *umständlich* zu benutzen, da die Agentin mit genügend Tafeln versorgt werden muß, um die gesamte Länge aller ihrer Nachrichten abzudecken. Die *visuelle Kryptographie* von Naor und Shamir liefert eine graphische Illustration der Kodiertafeln. Dabei wird die Bildfläche in *Großpixel* unterteilt, von denen

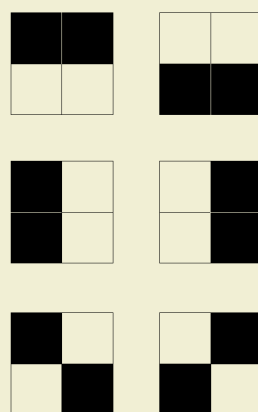
jedes aus 2x2 Pixeln (Bildelementen) besteht. Die visuelle Kodiertafel besteht aus Großpixeln mit je zwei weißen und zwei schwarzen Pixeln (Abbildung 3a). Die sechs Möglichkeiten werden dabei zufällig ausgesucht. Das (z.B. per Fax) übertragene Bild wird nach Abbildung 3b erzeugt; es sieht ebenfalls zufällig aus. Wenn die beiden Figuren übereinandergelegt werden, so ist das „geheime“ Bild sichtbar. Der Leser kann das auf Seite 13 mit Hilfe der am Ende der Zeitschrift beigefügten Folie ausprobieren.

jedes aus 2x2 Pixeln (Bildelementen) besteht. Die visuelle Kodiertafel besteht aus Großpixeln mit je zwei weißen und zwei schwarzen Pixeln (Abbildung 3a). Die sechs Möglichkeiten werden dabei zufällig ausgesucht. Das (z.B. per Fax) übertragene Bild wird nach Abbildung 3b erzeugt; es sieht ebenfalls zufällig aus. Wenn die beiden Figuren übereinandergelegt werden, so ist das „geheime“ Bild sichtbar. Der Leser kann das auf Seite 13 mit Hilfe der am Ende der Zeitschrift beigefügten Folie ausprobieren.

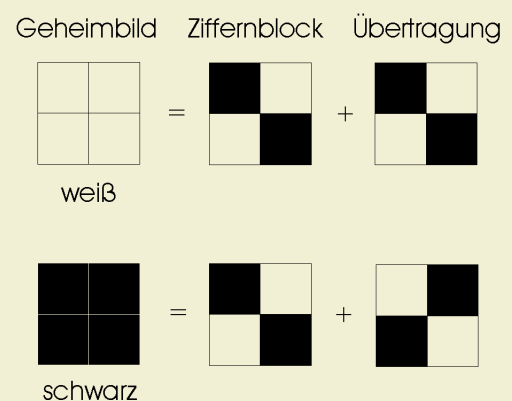
Algebraische Geheimnisse

Als Kryptosystem ist Caesars Methode nicht zu empfehlen, aber sie ist ein einfaches Beispiel für eine ganz wichtige Idee: die Benutzung der **Algebra**. Der erste Schritt hierbei ist die Identifizierung des Alphabets mit einer algebraischen Struktur: dem Ring Z_{26} der Zahlen 0, 1, ..., 25, wobei „modulo 26“ gerechnet wird, so daß $18 + 10 \equiv 2 \pmod{26}$. Der zweite Schritt ist die Wahl einer arithmetischen Funktion κ zum Kodieren und ihrer Inversen δ zum Dekodieren. Im Beispiel ist $\kappa(a) = a + 10$ und $\delta(a) = a - 10 = a + 16$. Dieses Prinzip ist lange wohlbekannt. So sagte der Algebraiker Abraham Adrian Albert vor einer Versammlung der American Mathematical Society 1941: „It would not be an exaggeration to state that *abstract* cryptography is *identical* with abstract mathematics.“ („Es wäre keine Übertreibung zu behaupten, daß *abstrakte* Kryptographie *identisch* mit abstrakter Mathematik ist.“)

Die zweite Idee ist neueren Datums und hat die Kryptographie revolutioniert. Diffie und Hellman haben nämlich 1976 vorgeschlagen, Kryptographie „mit öffentlichem Schlüssel“ zu machen. Wenn also Bob eine Nachricht an Alice schicken will - so heißen die Figuren üblicherweise in der Literatur - so stellt Alice einen geheimen Schlüssel S und einen öffentlichen Schlüssel



a) Die 6 Möglichkeiten



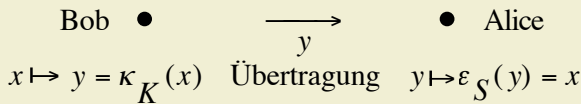
b) Die visuelle Kodierung (Ziffernblock = fünfte Möglichkeit)

Abb. 3: Das Schema der visuellen Kryptographie.

sel K her. Jedermann - also auch Bob - kennt K und die entsprechende Verschlüsselungsfunktion κ_K . Nur Alice kennt die Entschlüsselungsfunktion ε_S , mit der Eigenschaft, daß

$$\varepsilon_S(\kappa_K(x)) = x$$

Dabei sollen die folgenden Eigenschaften gelten:



- κ_K ist leicht auszuführen,
- ε_S ist leicht auszuführen, wenn man S kennt,
- ε_S ist schwierig auszuführen, wenn man S nicht kennt.

Die zugrundeliegende Abbildung ist eine *Falltürfunktion*: man kommt leicht rein, aber nur schwer wieder raus, außer wenn man den geheimen Schlüssel hat.

Hier spielt nun die *Komplexitätstheorie*, ein erfolgreiches und vitales Teilgebiet der theoretischen Informatik, eine entscheidende Rolle. Sie liefert nämlich - im Prinzip jedenfalls - Werkzeuge, um die zunächst vagen Begriffe „leicht“ und „schwierig“ präzise zu fassen. Eine Aufgabe heißt nämlich leicht, wenn es eine Methode gibt, die sie in polynomialer Zeit löst, d.h. mit Aufwand etwa n^2 , wobei n die Länge der Eingabe in geeigneter Weise beschreibt, und statt 2 irgendeine feste Zahl genommen werden kann. Dabei sind auch Zufallswahlen innerhalb des Algorithmus zugelassen, vorausgesetzt, das Ergebnis ist mit überwältigender Wahrscheinlichkeit richtig. Was nicht leicht ist, heißt *schwierig*.

Seit der Pionierleistung von Diffie und Hellman hat sich die moderne Kryptographie rasant entwickelt. Sie hat längst die Schattenwelt der Schlapphüte verlassen und wird heute überall dort in der elektronischen Datenübertragung eingesetzt, wo Daten geheim bleiben sollen: Geldtransfers quer über den Globus, ec-Karten, Bestellungen im Internet etc. Die bekannteste Methode ist das RSA-Protokoll von Rivest, Shamir und Adleman. Wie mehrere solche Verfahren beruht es auf raffinierten Anwendungen der Zahlentheorie, so daß David Hilberts Erkenntnis von 1930 heute nicht mehr gilt: „Die reine Zahlentheorie ist dasjenige Gebiet der Mathematik, das bisher noch nie Anwendung gefunden hat“.

Das ElGamal-Kryptosystem

Im Folgenden sei ein modernes Kryptosystem beschrieben - das *ElGamal-System* - zu dessen Algorithmik wir Beiträge geliefert haben. Grundlage sind die *endlichen Körper*, wie für viele Anwendungen der Algebra, z.B. beim Versuchsentwurf, dem Korrigieren von Nachrichten über verrauschte Kanäle, und den endlichen Geometrien. Ein solcher endlicher Körper besteht aus endlich vielen Elementen, sagen wir q Elementen, mit denen man wie üblich rechnen kann: addieren, subtrahieren, multiplizieren, dividieren (außer durch Null). Das einfachste Beispiel ist $Z_2 = \{0,1\}$, mit $1 + 1 = 0$, d.h. Rechnen modulo 2. Allgemein existiert so etwas genau dann, wenn q eine Potenz einer Primzahl ist, z.B. für alle q mit $2 \leq q \leq 9$ außer für $q = 6$. Wir

bezeichnen das dann mit F_q . In F_q gibt es stets ein *erzeugendes Element* g (sogar viele solche), dessen Potenzen g, g^2, g^3, \dots sämtliche Elemente (außer Null) des Körpers bilden. Alice wählt nun solche q, g und außerdem eine ganze Zahl b mit $2 \leq b < q$, berechnet $w = g^b$ und veröffentlicht ihren öffentlichen Schlüssel $K = (q, g, w)$; ihr geheimer Schlüssel ist $S = b$. Wenn Bob ihr eine Nachricht x schicken will (wir können annehmen, daß $x \in F_q$), so wählt er eine zufällige Zahl $k < q$, berechnet $u = g^k$ und $v = xw^k$ und schickt $\kappa_K(x) = (u,v)$ an Alice. Sie kann dann die Nachricht leicht ausrechnen mittels $x = v / u^b$.

Die Crux dieses Verfahrens ist, daß das Potenzieren in endlichen Körpern eine Falltürfunktion ist. Das schnelle Berechnen einer Potenz a^e ist für $e = 13$ in Abbildung 4 gezeigt. Im allgemeinen geht das mit höchstens $2 \log_2 e$ Multiplikationen - das ist „leicht“. Die Theorie der *Additionsketten* liefert raffinierte Verbesserungen dieser Methode, bis zu wenig mehr als $\log_2 e$ Multiplikationen. Weil eine Multiplikation den Grad höchstens verdoppeln kann, braucht man auch mindestens $\lceil \log_2 e \rceil$ Multiplikationen.

$$e = 13 = 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 \text{ in Binärdarstellung}$$

$$r_1 = a^2 \quad r_2 = r_1^2 (= a^4) \quad r_3 = r_2^2 (= a^8)$$

$$r_4 = a \cdot r_2 (= a^5) \quad r_5 = r_4 \cdot r_3 (= a^{13})$$

Abb. 4: Berechnen von a^{13} mittels wiederholtem Quadrieren.

Die Umkehrabbildung ist der *diskrete Logarithmus*: Zu gegebenen $a \in F_q$ soll man ein e berechnen mit $g^e = a$, so daß $e = \log_g a$. Dies ist ein wohlstudiertes Problem, aber die schnellsten bekannten (und mathematisch tief liegenden) Algorithmen brauchen exponentielle Zeit, ungefähr $2^{n^{1/3}}$ Operationen - genauer: $\exp(O((n \log^2 n)^{1/3}))$ - für ein n -stelliges q ; das zählt als „schwierig“. Das “O” steht für eine nicht näher spezifizierte Konstante. Genau genommen muß der Angreifer des ElGamal-Systems ein etwas anderes Problem lösen: aus g^k und g^b soll g^{kb} berechnet werden. Aber alle bekannten Algorithmen hierfür benutzen den diskreten Logarithmus. Somit sind die drei Eigenschaften einer Falltürfunktion vermutlich gegeben.

Die Firma Newbridge Microsystems aus Ontario, Kanada, hat in Zusammenarbeit mit Kryptologen der University of Waterloo einen erfolgreichen Kryptoprozessor auf Basis dieses Verfahrens entwickelt. Der benutzte Körper $F_{2^{593}}$ hat 2^{593} Elemente; eine Nachfolgeversion benutzt $F_{2^{1013}}$. Der Prozessor ist in Abbildung 5 zu sehen, und die Kosten einiger Anweisungen in Abbildung 6. Im von mir rot umrandeten Teil sind drei Potenzier Routinen aufgeführt, mit drastisch unterschiedlichen Laufzeiten. Welche davon wird der Kunde wohl wählen? Natürlich die mit der kürzesten Rechenzeit und somit dem höchsten Durchsatz. Niemand sagt ja dem Kunden, daß damit die allgemeinen Überlegungen zur Sicherheit des Systems ihre Gültigkeit verlieren.

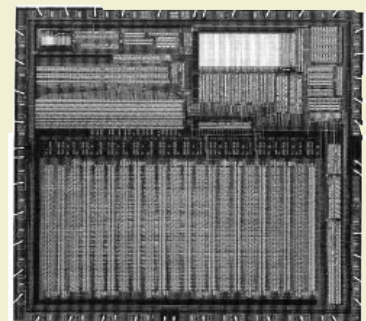


Abb. 5: Der Newbridge Kryptoprozessor.

Instruction*		Operation	Register					DEP cycles
OP Code			A	B	D	R	S	
<i>Class 2</i>								
INVA	D0	Compute the inverse of A (Note 1)	A^{-1}	U				50000
MULT	A0	A gets $A*B$	$A*B$					1300
EXP1	D0	Full exponentiation	$(A)^D$					up to 10^9
EXP2	C4	Fast exponentiation (Note 3)	$(A)^{Rm'}$	$(A)^{Rm'}$				up to 40000
EXP3	CC	EXP2 PERMR CPA2B SWAPRS EXP2 PERMR SWAPRS (Note 2)	$(A')^{f(R'',S'')}$	$(A')^{f(R'',S'')}$			R' S'	up to 80000

Abb. 6: Die Zeiten für einige Instruktionen in Data Encryption Processor (DEP) Zyklen. Für uns relevant sind die umrandeten Potenzieranweisungen.

Schnelles Potenzieren

Das allgemeine Forschungsgebiet meiner Arbeitsgruppe in Paderborn sind der Entwurf und die Implementierung schneller Algorithmen für grundlegende Aufgaben der Computeralgebra. Innerhalb des SFB „Massive Parallelität“ wird vor allem an Methoden für parallele Rechner gearbeitet; dabei hat sich eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit der theoretischen Informatik (Meyer auf der Heide, Monien) und den Entwicklern des MuPAD-Computeralgebrasystems (Fuchssteiner) ergeben. Unser Ziel war es nun, einen schnelleren Algorithmus für die

Grundaufgabe des Potenzierens in endlichen Körpern zu finden. Die Lösung hat mehrere Komponenten, die hier nur oberflächlich beschrieben werden können. Die erste ist die *schnelle Multiplikation*. Wenn man die übliche Formel für das Produkt zweier n -stelliger Zahlen (oder zweier Polynome vom Grad n) nimmt, so liefert das einen Algorithmus mit ungefähr $2n^2$ Operationen. Diese Kosten können verringert werden; der Weltrekord ist seit über einem Vierteljahrhundert der Algorithmus von Schönhage und Strassen, mit nur $O(n \log n \log \log n)$ Operationen. Er beruht auf einer geschickten Anwendung der schnellen Fouriertransformation; es ist ein ungelöstes Forschungsproblem, ob er verbes-

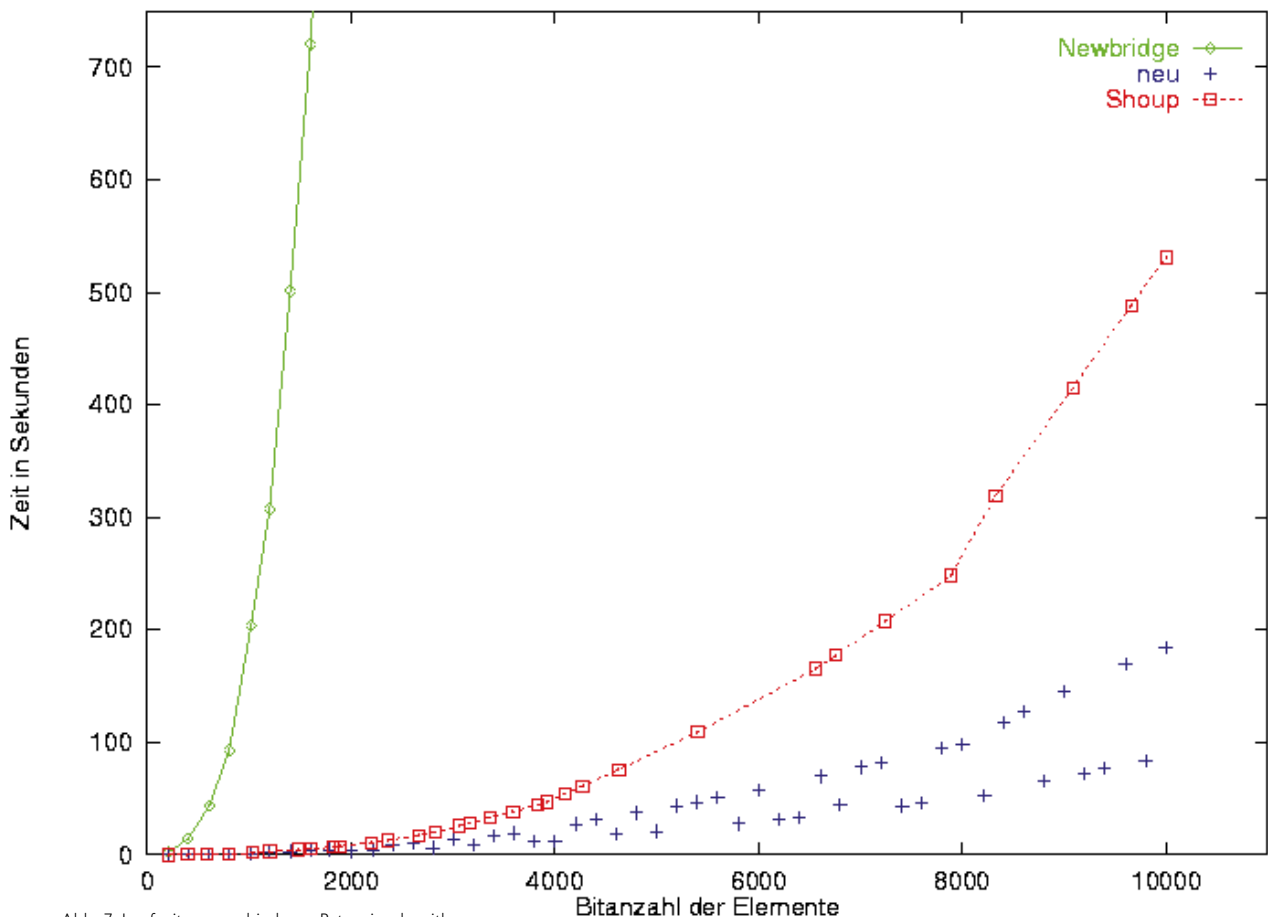


Abb. 7: Laufzeiten verschiedener Potenzieralgorithmen.

sert werden kann (z.B. um den Faktor $\log \log n$).

Die zweite Komponente sind *Gauß-Perioden*, eine Methode, mit der Carl Friedrich Gauß 1798 das seit der Antike offene Problem löste, regelmäßige n -Ecke mit Zirkel und Lineal zu konstruieren. Seit Gauß weiß man, daß dies genau dann geht, wenn n ein Produkt von Zweierpotenzen und Primzahlen von der Form $2^k + 1$ ist; diese dürfen n nur einmal teilen, z.B.:

3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 17.

Diese Gauß-Perioden wurden schon im Newbridge-Kryptoprocessor eingesetzt. Aber erst 1994 haben Gao, von zur Gathen und Panario gezeigt, wie man Gauß-Perioden mit schneller Multiplikation zusammen verwenden kann. Dies drückt die Potenzierkosten in F_q , wo q eine n -stellige Zahl ist, von $O(n^3)$ auf $O(n^2 \log \log n)$ Operationen.

Den wichtigen Schritt in die Praxis hat Michael Nöcker in seiner Diplomarbeit getan. Neben Untersuchungen zu Additionsketten hat er die schnellen Potenzialgorithmen implementiert. Abbildung 7 zeigt einige Messungen; hierbei ist „Shoup“ die im Kryptoprocessor verwendete Methode, „Shoup“ ein neuer Zugang von Victor Shoup und „neu“ unser Algorithmus. Die neue Methode wird bereits in Waterloo eingesetzt.

Diese Gauß-Perioden existieren nicht in allen Fällen, sondern z.B. in F_{2^n} nur für etwa 26% aller $n \leq 1000$. (Dies bezieht sich auf *optimale Gauß-Perioden*, auf deren Definition ich hier verzichte.) Für kryptographische Zwecke ist dies ausreichend, aber trotzdem sucht man nach einer breiter anwendbaren Methode. In ihrer Diplomarbeit hat Sandra Schlink dies erreicht; dabei muß ein gewisser Parameter nur noch quadratfrei (ohne mehrfache Faktoren) sein, der im klassischen Zugang eine Primzahl sein mußte. In Zusammenarbeit mit Amin Shokrollahi während meines Forschungsfreisemesters in Berkeley gelang es, auch diese letzte Einschränkung zu beseitigen (Feisel, von zur Gathen, Shokrollahi; dazwischen feierten wir Sandras Hochzeit mit Mirko Feisel). Der Fortschritt sieht im Beispiel so aus:

Parameterwert:	41	39	45
klassisch	ja	nein	nein
Schlink	ja	ja	nein
Feisel, von zur Gathen, Shokrollahi	ja	ja	ja

Als nächste Forschungsaufgabe innerhalb der beantragten Weiterführung des Sonderforschungsbereichs haben wir uns gestellt, diese Methoden - von der schnellen Arithmetik bis zu den Gauß-Perioden - auf massiv parallele Rechner zu übertragen.

Literatur

W. DIFFIE AND M. E. HELLMAN, New directions in cryptography. IEEE Trans. Inform. Theory 22 (1976), 644-654.
 T. ELGAMAL, A public key cryptosystem and a signature scheme based on discrete logarithms. IEEE Transactions on information theory IT-31(4) (1985), 469-472.
 S. FEISEL, J. VON ZUR GATHEN, AND M. A. SHOKROLLAHI, Normal bases via general Gauß periods. Erscheint in Mathematics of Computation, 1998.
 S. GAO, J. VON ZUR GATHEN, AND D. PANARIO, Gauß periods and efficient arithmetic in finite fields. Extended abstract in Proc. LATIN '95, Lecture Notes in Computer Science 911 (1995), 311-322.
 J. VON ZUR GATHEN AND M. NÖCKER, Exponentiation in finite fields: Theory and practice. In Proc. 12th Symp. Applied Algebra, Algebraic Algorithms and Error-Correcting Codes, AAECC-12,

Lecture Notes in Computer Science 1255 (1997), 88-113.
 J. VON ZUR GATHEN AND S. SCHLINK, Normal bases via general Gauss periods. Reihe Informatik, tr-ri-96-177, Universität-Gesamthochschule Paderborn, 1996.
 R. HARRIS, Enigma, Roman. Heyne Verlag, 1996.
 M. NAOR AND A. SHAMIR, Visual Cryptography, in EUROCRYPT '94, Lecture Notes in Computer Science 950 (1994), 1-12.
 M. NÖCKER, Exponentiation in finite fields; theory and practice, Diplomarbeit. 1996.
 R. L. RIVEST, A. SHAMIR, AND L. M. ADLEMAN, A method for obtaining digital signatures and public-key cryptosystems. Comm. ACM 21 (1978), 120-126.
 T. ROSATI, A high speed data encryption processor for public-key cryptography. In Proc. of IEEE Custom Integrated Circuits Conference, San Diego, 1989, 12.3.1 - 12.3.5.
 S. SCHLINK, Normalbasen mit Hilfe von verallgemeinerten Gauß-Perioden, Diplomarbeit, 1996.
 A. SCHÖNHAGE AND V. STRASSEN, Schnelle Multiplikation großer Zahlen. Computing 7 (1971), 281-292.
 G. S. VERNAM: Cipher printing telegraph systems for secure wire and radio telegraphic communications, J. Amer. Inst. Elect. Eng. XLV (1926), 109-115.

Digitale Röntgenbilder für die medizinische Diagnostik

Der Beitrag der Festkörperphysiker

In der Anfangszeit der Röntgendiagnostik wurden zur Bildgewinnung fotografische Filme verwendet. Aufgrund ihrer sehr geringen Empfindlichkeit gegenüber Röntgenstrahlung waren für Röntgenaufnahmen entsprechend hohe Dosen nötig. Eine entscheidende Verbesserung ergab sich durch den Einsatz von Szintillatoren, mit denen die Filme beschichtet wurden (Bildwandler). Abhängig vom Szintillatormaterial wird hierbei die einfallende Röntgenstrahlung zunächst in Licht umgewandelt (Röntgenlumineszenz), das den fotografischen Film belichtet. In modernen Systemen wie den Computertomographen wird das emittierte Licht direkt mit geeigneten Detektoren gemessen. Das Bild liegt dann in digitaler Form vor, was für die Weiterverarbeitung der Bildinformation von Vorteil ist.

Röntgenspeicherleuchtstoffe - ein Meilenstein in der Röntgendiagnostik?

Digitale Bilder erlauben Kontrastverstärkungen, Korrektur von Fehlbelichtungen, vereinfachte Archivierung und sogar die sofortige Übertragung in alle Welt. Diese Möglichkeit beruht auf dem speziellen System der Computertomographie, das allerdings eine hohe und schnelle Rechnerleistung benötigt. Ein „einfaches“



Prof. Dr. rer. nat. Johann-Martin Spaeth ist seit 1974 Professor für Experimentalphysik im Fachbereich 6/Physik an der Universität Paderborn. Arbeitsgebiete sind Festkörperphysik, Festkörperspektroskopie, Magnetische Resonanzspektroskopie, Optische Spektroskopie und Kristallzüchtung.

digitales Röntgenbild, wie es jeder von der normalen Röntgendiagnostik her kennt, kann mit dem Szintillatormaterial nicht verwirklicht werden. In jüngster Zeit wird jedoch daran gearbeitet, digitale Röntgenbilder für „jedermann“ mit Hilfe von sog. Röntgenspeicherleuchtstoffen herzustellen.

Im Gegensatz zu den Szintillatoren geschieht bei einem Röntgenspeicherleuchtstoff die Umwandlung der Röntgenstrahlung in Licht nicht direkt. Die Intensitätsverteilung der Röntgenstrah-

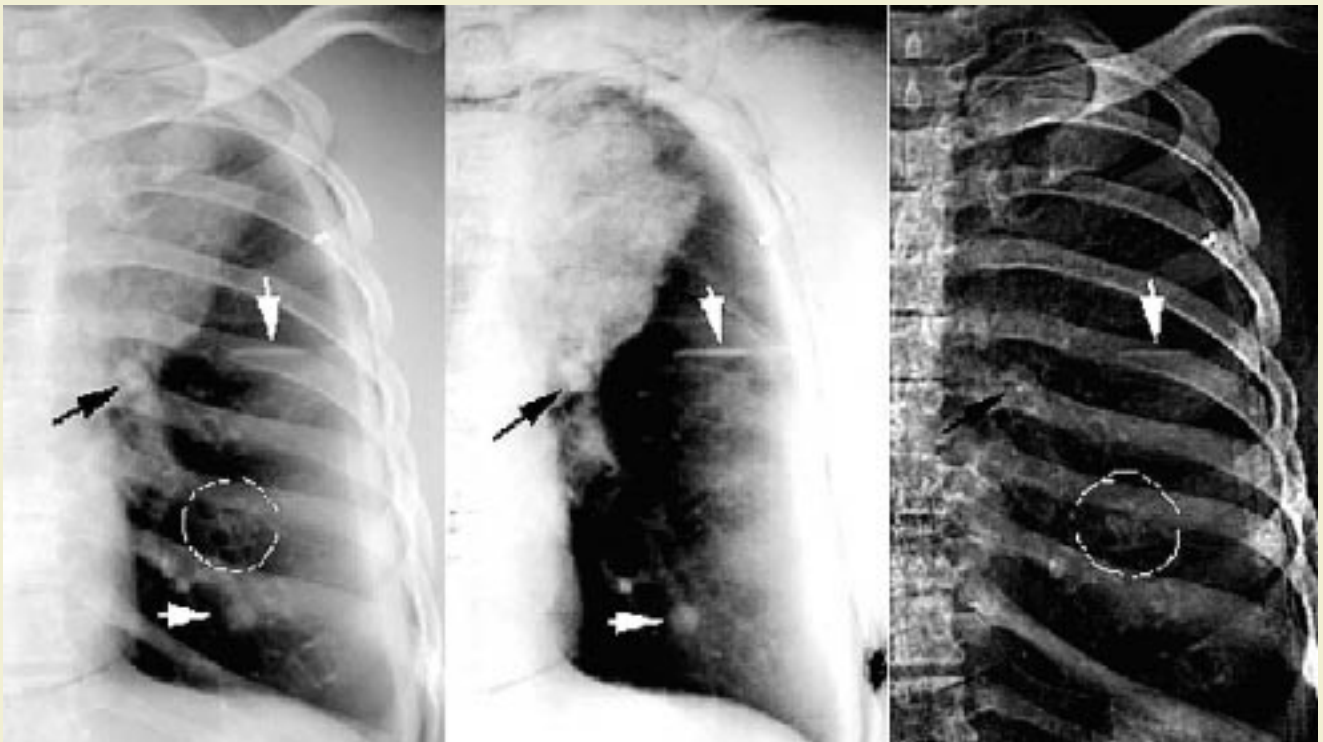


Abb. 1: Röntgenaufnahmen bei niedriger (links) und hoher (rechts) Röntgenenergie. In der Mitte ist das digitale Differenzbild zu sehen.

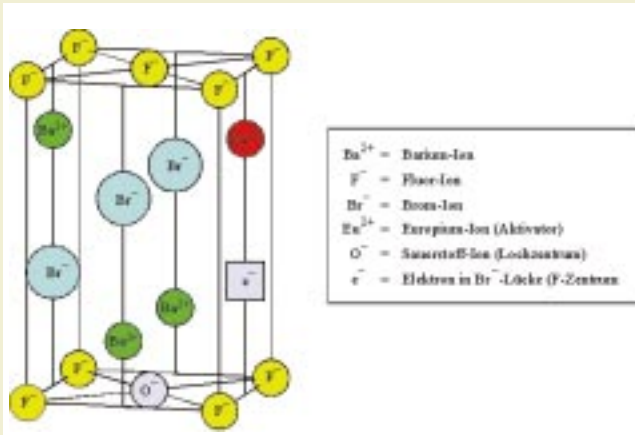


Abb. 2: Kristallstruktur des Röntgenspeicherleuchtstoffes BaFBr:Eu mit einem in einer Bromlücke gefangenen Elektron (F-Zentrum), einem auf Fluorplatz sitzenden Sauerstoff-Ion und einem auf Bariumplatz sitzenden Europium-Ion.

lung hinter dem durchstrahlten Körper wird auf einem Schirm, der eine Schicht dieser Leuchtstoffe enthält, als „Information“ gespeichert. Der Röntgenspeicherleuchtstoff besteht aus speziellen anorganischen Kristalliten, die für diesen Zweck mit sog. Aktivator-Atomen (meistens Atome der Seltenen Erden) angereichert werden. Die Röntgenbestrahlung erzeugt in diesen Kristalliten sog. Defekte, d.h. einzelne Atome werden von ihren Plätzen geworfen oder ihre Ladungszustände werden geändert. Die Anzahl der Defekte ist proportional zur Röntgenintensität. Durch Einstrahlen von sichtbarem Licht können die Defekte ausgeheilt werden. Bei diesem Prozeß wird die in den Kristalliten gespeicherte Röntgenenergie wieder frei und in Form von Lichtstrahlung des Aktivator-Atoms (Lumineszenz) abgegeben. Dieser Vorgang wird als photostimulierte Lumineszenz (PSL) bezeichnet. Nach dem Röntgen wird der Schirm in einer Abtasteinheit Zeile um Zeile und Punkt für Punkt ausgelesen. Das der Röntgenintensität proportionale emittierte Licht wird von einem Lichtdetektor (Photomultiplier) aufgenommen, in ein elektrisches Signal umgewandelt, digitalisiert und in einem Rechner gespeichert.

Die Empfindlichkeit der Röntgenspeicherleuchtstoffe ist im Vergleich zu den oben beschriebenen Bildwandlern etwa um eine Größenordnung besser. Dies ermöglicht eine deutliche Reduktion der nötigen Röntgendosen. Bei den besten Röntgenspeicherleuchtstoffen ist die Dosisabhängigkeit der PSL-Emissi-

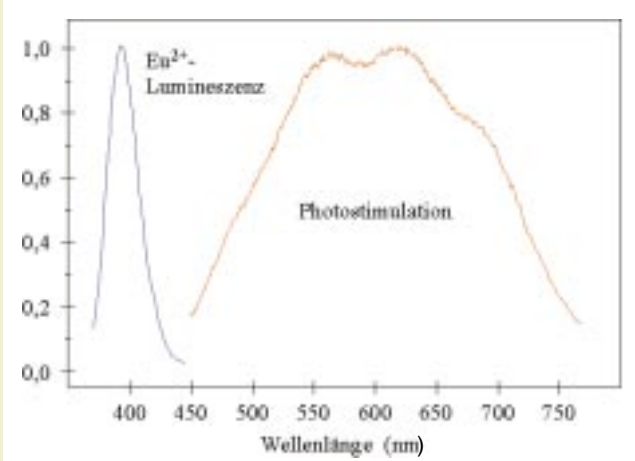


Abb. 3: Lumineszenz und Photostimulation des kommerziell eingesetzten Leuchtstoffes BaFBr:Eu.

sion über fünf Größenordnungen linear. „Fehlbelichtungen“ werden somit vermieden. Bedingt durch die Lichtstreuung an den Leuchtstoffkörnchen ist das Auflösungsvermögen eines solchen Schirmes allerdings noch geringer als das von konventionellen Bildwandlersystemen.

Was muß ein Röntgenspeicherleuchtstoff können?

Um optimal eingesetzt zu werden, sollte der Röntgenspeicherleuchtstoff eine Reihe wichtiger Anforderungen erfüllen. Die Absorption von Röntgenstrahlung sollte möglichst groß sein. Dies kann durch den Einbau von Elementen mit hoher Massenzahl erreicht werden. Die erzeugten Defekte sollten bei Raumtemperatur thermisch so stabil sein, daß die Bildinformation bis zum Auslesen erhalten bleibt. Das Ausleselicht sollte hierbei in einem Wellenlängenbereich liegen, in dem Laser möglichst preiswerter Bauart zur Verfügung stehen. Anregendes Ausleselicht und emittiertes Licht müssen spektral getrennt sein, wobei das emittierte Licht einfach und empfindlich zu detektieren sein sollte. Die Eigenschaften des Aktivators und der Strahlendefekte müssen derart sein, daß der Ausleseprozeß genügend schnell ist. Wichtig ist auch eine häufige Wiederverwendbarkeit der Schirme (mehrere tausend Belichtungen). Es muß eine vollständige Löscharkeit der gespeicherten Bildinformation möglich sein, damit das Entstehen von „Geisterbildern“ vermieden wird.

Was ist der momentan beste Röntgenspeicherleuchtstoff?

Seit wenigen Jahren werden in Kliniken Röntgenanlagen kommerziell eingesetzt, die mit dem momentan besten Röntgenspeicherleuchtstoff BaFBr:Eu arbeiten. Hersteller von Leuchtstoffen sind zum Beispiel die Firma Fuji in Japan (besitzt die meisten Patente), die Firma Kodak in den U.S.A., die Firma Siemens in Deutschland (bis vor kurzem) und die Firma Agfa in Belgien. In Europa bauen Siemens und Agfa komplette Anlagen zur Herstellung digitaler Bilder mit Hilfe der Speicherleuchtstoffe. Abbildung 1 verdeutlicht die Vorteile der digitalen Röntgendiagnostik: Die linke Aufnahme wurde bei niedriger Röntgenenergie, die rechte Aufnahme bei hoher Röntgenenergie aufgenommen. Bei der linken Aufnahme sind sowohl die Knochen als auch die Weichteil-Gewebestruktur erkennbar, während bei der rechten Aufnahme nur die Knochenstruktur zu sehen ist. Das digitale Differenzbild der beiden Aufnahmen ist in der Mitte abgebildet. Es zeigt lediglich die Weichteil-Gewebestruktur des Patienten.

BaFBr ist ein Ionenkristall mit Schichtstruktur, in dem sich Fluor-, Barium-, Brom-, Brom-, Barium- und Fluor-Schichten abwechseln (Abbildung 2). Als Aktivator wird das Seltene-Erd-Ion Eu^{2+} eingebaut. Bei den kommerziell eingesetzten Leuchtstoffschirmen ist ungefähr jedes tausendste Barium-Ion durch ein Europium-Ion ersetzt. Das Maximum der Aktivatorlumineszenz liegt bei 390 nm (im blauen Spektralbereich), das Optimum des Auslesens bei ungefähr 600 nm (im roten Spektralbereich). Der spektrale Bereich des Anregungslichtes ist also deutlich von dem des emittierten Lichtes getrennt (Abbildung 3). Der Mechanismus der Bildspeicherung und des Auslesevorgangs ist jedoch noch nicht vollständig verstanden. Insbesondere ist die genaue atomare Natur der Defekte, die für die Informationsspeicherung verantwortlich sind, noch nicht vollständig verstanden. Einig ist

man sich darüber, daß durch die Röntgenstrahlung sog. Elektronen- und Lochzentren entstehen, die komplementär zueinander sind (ein Lochzentrum ist ein atomarer Baustein, bei dem ein Elektron durch Röntgenbestrahlung herausgeschlagen wurde). Die Natur der Elektronenzentren konnte inzwischen weitgehend aufgeklärt werden. Es handelt sich um sog. F-Zentren. Ein F-Zentrum ist ein in einer Brom- oder Fluorlücke gebundenes Elektron. Unbekannt jedoch sind die Lochzentren. Dementsprechend ist auch unklar, wie beim Ausleseprozeß die Rekombinationsenergie zwischen F-Zentren und Lochzentren auf den Aktivator übertragen wird. Es hat sich herausgestellt, daß sich bei der Herstellung des Materials auch Verunreinigungen einbauen, die in dem Speicher- und Ausleseprozeß eine wichtige und oft unerkannte Rolle spielen können. Für eine Optimierung und Weiterentwicklung dieses Materials ist ein besseres Verständnis des Speicher- und Auslese-Mechanismus unbedingt notwendig.

Wie kann der Festkörperphysiker helfen?

Der Beitrag als Festkörperphysiker besteht nun darin, mit Hilfe von spektroskopischen Methoden zu versuchen, die atomistische Struktur der beim Speicherprozeß beteiligten Defekte aufzuklären sowie herauszufinden, wie diese Defekte beim Ausleseprozeß miteinander reagieren. Die wichtigsten Methoden, die zum Einsatz kommen, sind die der sog. Elektronenparamagnetischen Resonanz (EPR). Die Möglichkeit, mit EPR die Strukturdetails zu ermitteln, beruht, grob gesagt, darauf, daß man die winzig kleinen Wechselwirkungen zwischen den elementaren Magneten, die sowohl Elektronen als auch viele Kerne tragen, mit hoher Präzision messen kann. Insbesondere die in der Universität Paderborn weiterentwickelten Methoden der Elektron-Kern-Doppelresonanz (ENDOR) und der Verfahren, diese Messungen mit erhöhter Empfindlichkeit auf optische Weise zu detektieren (sog. optisch detektierte EPR/ENDOR, d.h. ODEPR/OENDOR), haben dazu beigetragen, daß deutliche Fortschritte beim Verständnis der Vorgänge erzielt werden konnten. Interessant ist hierbei der „Nebeneffekt“, daß sich auch methodisch neue und vielversprechende Wege wie die Detektion von EPR in der Rekombinationslumineszenz nach PSL-Anregung ergeben haben. Letztere Entwicklung wurde möglich, seit nach Beendigung des Ost-West-Konfliktes Höchstfrequenz-Mikrowellenquellen (ungefähr 100 GHz) kommerziell erhältlich wurden.

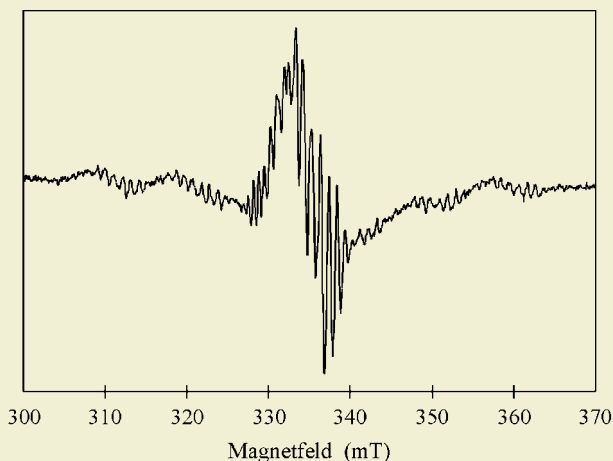


Abb. 4: Spektrum der Elektronenparamagnetischen Resonanz eines auf Fluorplatz sitzenden ^{17}O -Ions in einem ^{17}O -dotierten BaFBr-Einkristall.

Wie weit ist die Forschung?

Für das Funktionieren des Röntgenspeicherleuchtstoffes BaFBr:Eu ergibt sich gegenwärtig folgendes Bild [Blasse 1993, Spaeth 1995]: Durch Röntgenbestrahlung entstehen im Kristall F-Zentren, d.h. Elektronen werden in Brom- und in Fluorlücken eingefangen. Die Lücken entstehen teilweise aufgrund von Verunreinigungen (siehe unten) und, wenn das Material nicht-stöchiometrisch ist, aufgrund des Strahlungsschadensprozesses. Die bei Zimmertemperatur stabilen Lochzentren konnten noch immer nicht identifiziert werden, außer im Falle des nicht-stöchiometrischen Materials, dessen Herstellungsprozeß anders verläuft als bei den Einkristallen (das Material liegt nur als Pulver vor). Entgegen langjährigen Vorstellungen ist das Lochzentrum nicht einfach Eu^{3+} , sondern die Bildspeicherung wird von räumlich korrelierten sog. Tripelaggregaten von Defekten bewerkstelligt. Sie bestehen aus dem F-Zentrum, dem Lochzentrum und dem Aktivator Eu^{2+} , die sich im Abstand einiger Gitterkonstanten befinden. Die genauen räumlichen Abstände sind nicht bekannt, aber es ist klar, daß zumindest für einen Teil dieser Aggregate beim Ausleseprozeß keine thermische Aktivierung nötig ist, so daß man auch bei tiefen Temperaturen den Rekombinationsprozeß in Gang setzen kann. Optische Stimulation der F-Zentren führt zur Rekombination der F-Elektronen mit den Lochzentren. Die freiwerdende Energie wird auf das benachbarte Eu^{2+} übertragen und führt zur Lumineszenz. Nach einem vollständigen „Ausbleichen“ dieser Tripelaggregate kann keine Lumineszenz mehr beobachtet werden. Aus Messungen mit Hilfe der optisch detektierten magnetischen Resonanz geht die räumliche Korrelation der atomaren Defekte klar hervor. Würden die atomaren Defekte statistisch verteilt sein, dann wären bei der geringen medizinischen Dosis die Röntgenspeicherleuchtstoffe nicht funktionsfähig, da die Rekombination unwahrscheinlich wäre. Eine offene Frage ist allerdings noch, warum die Defekte räumlich benachbart entstehen.

Die Forschung erfolgte an kommerziell eingesetzten Leuchtstoffen aus der Industrie sowie an eigens im Kristallzuchtlabor der Universität Paderborn gezüchteten Einkristallen, die für den Einsatz der Methoden der magnetischen Resonanz optimal geeignet sind. Die meisten BaFBr-Pulver bzw. Einkristalle enthalten Sauerstoff als nahezu unvermeidbare Verunreinigung, was lange Jahre unentdeckt blieb. Sauerstoff baut sich als zweifach negativ geladenes Ion auf einem einfach negativ geladenen Brom- oder Fluorplatz ein. Die Ladungskompensation wird durch die entsprechende Anzahl an Fluor- oder Bromlücken gewährleistet. Bei Röntgenbestrahlung wird der eingebaute Sauerstoff zum einfach negativ geladenen Ion umgeladen. Abbildung 4 zeigt als Beispiel das Spektrum der Elektronenparamagnetischen Resonanz eines auf Fluorplatz sitzenden kernmagnetischen ^{17}O -Ions. Die Analyse der zahlreichen Einzellinien ermöglicht eine Strukturaussage über diesen Defekt [Eachus 1995]. Die Rolle der raumtemperaturstabilen Sauerstofflochzentren ist zwispältig. Sicher ist, daß der eingebaute Sauerstoff über die ladungskompensierenden Anionenlücken eine wichtige Rolle bei der F-Zentrenproduktion spielt, aber auch als Konkurrent für den Locheinfang wirken kann. Jedoch ist er wohl nicht das beim Speicher- und Ausleseprozeß entscheidende Lochzentrum als Partner im Tripelaggregat. In Zusammenarbeit mit der Industrie wurden inzwischen Wege gefunden, die Sauerstoffverunreinigung

zu vermeiden und durch zusätzliche Dotierung wie zum Beispiel kleinere Kationen die Eigenschaften des Röntgenspeicherleuchtstoffes entscheidend zu verbessern. Durch die Dotierung mit kleineren Kationen konnte eine Rotverschiebung in der Stimulation der F-Zentren erreicht werden, so daß zum Auslesen billige Halbleiterlaser verwendet werden können [Schweizer 1996].

Alternative Systeme

In Zusammenarbeit mit der Industrie haben wir aufgrund der Erkenntnisse über BaFBr neue Systeme entdeckt, die durchaus für eine praktische Verwendung in Frage kommen. Hierbei wurden unter anderem Alkalihalogenide dotiert mit Gallium oder Thallium, Elpasolithe dotiert mit Cer und Perowskite dotiert mit Europium untersucht. Ein wichtiges Problem, daß sich bei der Verwendung von Röntgenspeicherleuchtstoffen im Moment noch stellt, ist die im Vergleich zum Film geringe Ortsauflösung, bedingt durch Lichtstreuungseffekte an den einzelnen Pulverkörnchen. Insbesondere ist man auf der Suche nach kubischen Kristallsystemen, da sich im Falle der Schichtstruktur von BaFBr noch zusätzliche Schwierigkeiten durch die doppelbrechenden Eigenschaften dieses tetragonalen Systemes ergeben. Durch die Verwendung von kubischen Systemen erhofft man sich, das räumliche Auflösungsvermögen verbessern zu können.

Literatur

- [Blasse 1993] G. Blasse, Journal of Alloys and Compounds 192, 17 (1993).
- [Eachus 1995] R. S. Eachus, R. H. D. Nutall, M. T. Olm, W. G. McDugle, F.-K. Koschnick, Th. Hangleiter, and J.-M. Spaeth, Phys. Rev. B 52, 3941 (1995).
- [Schweizer 1996] S. Schweizer, P. Willems, P. J. R. Leblans, L. Struye and J.-M. Spaeth, J. Appl. Phys. 79 (8), 4157 (1996).
- [Spaeth 1995] J.-M. Spaeth, Th. Hangleiter, F.-K. Koschnick and Th. Pawlik, Radiation Effects and Defects in Solids 135, 1 (1995).



Dr. rer. nat. Stefan Schweizer ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich 6/Physik. Seine Arbeitsgebiete sind Festkörperspektroskopie, Magnetische Resonanzspektroskopie, Optische Spektroskopie, Spezialgebiet Röntgenspeicherleuchtstoffe.

Schneller Entwurf dreidimensionaler Computer-Animationen

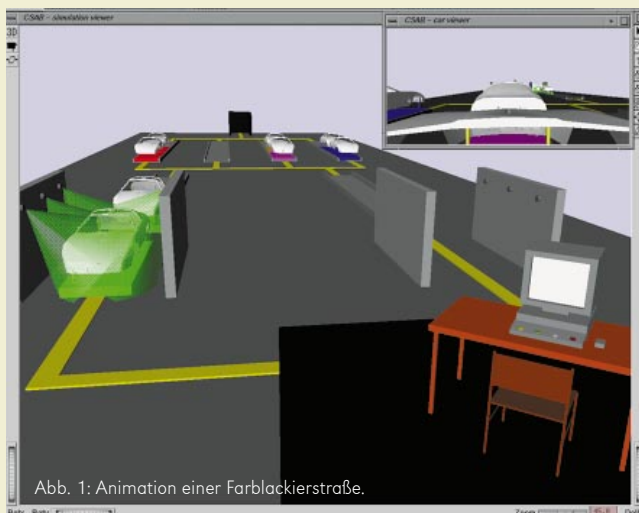
Die Entwicklung einer „High-Level“-Animationsbibliothek

Die Entwicklung komplexer dreidimensionaler Animationen zählt zu den anspruchsvollsten Aufgaben im Bereich grafischer Datenverarbeitung, da einerseits umfangreiche mathematische Kenntnisse zum Aufbau solcher Szenen notwendig sind und andererseits der Rechenaufwand zur Erzeugung grafischer Ausgaben beträchtlich ist.

Im Zeitalter von Multimedia, Internet und Cyberspace wird es jedoch immer wichtiger, die Ergebnisse komplexer Berechnungen oder neu konstruierter physikalischer Objekte anderen wirksam zu präsentieren. In vielen Fällen eignen sich dafür Computeranimationen, die der Betrachter in gewissen Grenzen steuern kann, sogenannte interaktive Illustrationen. Einer animierten dreidimensionalen Darstellung wird dabei eine immer wichtigere Rolle beigemessen. Nach einer Studie des Analysten J. Leston wird der Umsatz mit 3D/VR-Grafikprodukten von 134.9 Millionen Dollar im Jahr 1995 auf über 1 Milliarden Dollar im Jahr 2001 ansteigen. Typische Anforderungen sind dabei hohe graphische Ausgabequalität, Realitätsnähe, Echtzeitanimation und Interaktivität. Auch auf die Verfügbarkeit auf allen wichtigen Rechnerplattformen und einfache Benutzbarkeit wird zunehmend Wert gelegt. Daher wächst der Bedarf nach Grafiksystemen und Werkzeugen, die eine einfach handhabbare Generierung komplexer 3D-Szenen ermöglichen.

Warum interaktive 3D-Computeranimation?

Existierende Vorgehensweisen und Werkzeuge, die einen strukturierten Entwurf komplexer 3D Animationen unterstützen, sind meist auf spezielle Anwendungen wie das Durchwandern stati-



Prof. Dr. rer. nat. Franz Rammig (Mitte) ist seit 1984 Professor für praktische Informatik und leitet die Arbeitsgruppe „Entwurf paralleler Systeme“ im Fachbereich 17/Mathematik-Informatik.

Dipl.-Inform. Christian Geiger (l.) ist seit 1994 Mitglied der Arbeitsgruppe von Prof. Rammig und promoviert über den schnellen Entwurf dreidimensionaler Computeranimationen.

Dipl.-Inform. Volker Paelke (r.) und **Dipl.-Inform. Ralf Hunstock** (nicht im Bild) waren bis Anfang 1997 Diplomanden in der Arbeitsgruppe von Prof. Rammig.

scher 3D-Welten oder 3D-Computerfilme beschränkt. In Filmen wie Walt Disney's „Toy Story“ oder Steven Spielberg's „Jurassic Parc“ wird eine Animationssequenz in einem mehrstufigen Verfahren, dem Keyframing, entwickelt und anschließend als 3D-Computeranimation auf Grafikrechnern in oft mehrtägigen Programmläufen erzeugt. Eine solche Keyframe-Animation ist fest vorgegeben, d.h. sie kann nur in immer gleicher Art und Weise abgespielt werden. Für die Präsentation und interaktive Illustration von Ergebnissen aus dem technisch-wissenschaftlichen Bereich ist diese Art der Erzeugung einer Animation meist ungeeignet, da der Ablauf von dynamischen Daten und Ereignissen bestimmt ist und alle potentiell möglichen Abläufe vordefiniert werden müssten.

In solchen Fällen gibt man für ein Objekt mögliche Animationsmethoden an, die festlegen, auf welche Art das Objekt verändert werden kann (z.B. das Objekt kann sich drehen und seine Farbe ändern). Zu jeder Animationsmethode gehören dann eine Reihe von Parametern (z.B. bei einer Rotation die Rotationsachse und Geschwindigkeit), die entweder statisch angegeben werden oder sich dynamisch aus den Simulationsdaten berechnen. Die eigentliche Animation ergibt sich dann aus der Verknüpfung der dynamischen Animationsparameter mit dem statischen Objekt. Dies ist bisher oft nur durch Programmierung möglich und daher Spezialisten vorbehalten, die meistens nicht Endbenutzer einer Animation sind. Viele Probleme in der Entwicklung von Animationen im technischen Bereich resultieren aber gerade aus der schwierigen Kommunikation zwischen dem Grafikprogrammierer auf der einen und dem Inhaltsexperten oder Endanwender auf der anderen Seite. Die Anforderungen des Anwenders sind anfänglich oft unklar, unscharf oder unvollständig. Diese Probleme können durch die Erstellung von Prototypen bereits in der

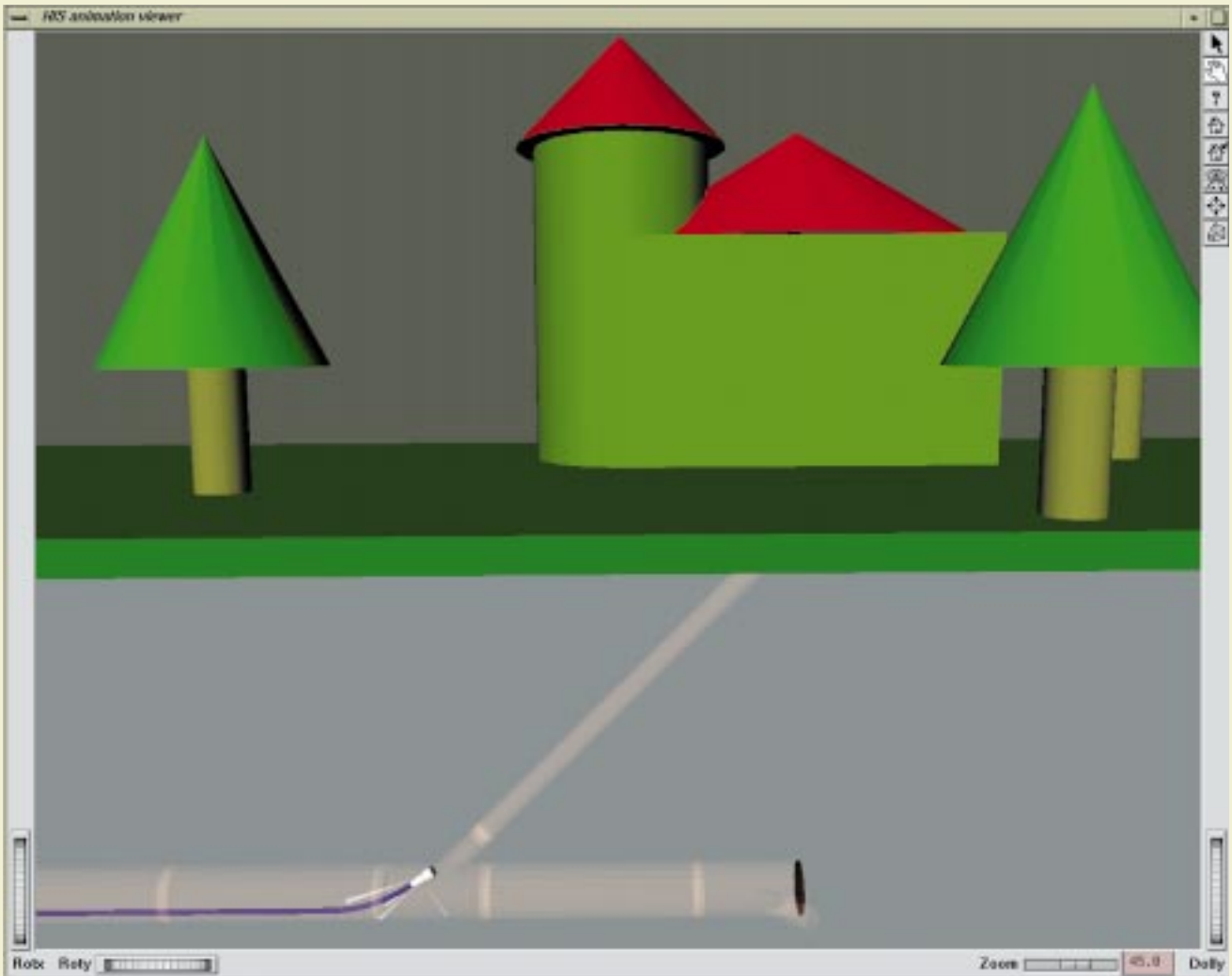


Abb. 2: Animation eines Inspektionsroboters.

Frühphase der Entwicklung geklärt werden, wozu allerdings die Integration des Anwenders in den Designprozeß erforderlich ist. Im Idealfall sollte der Entwurf soweit vereinfacht werden, daß der Anwender erste Prototypen auch selbständig erstellen kann.

Ein Baukasten für 3D-Animationen

Die in der AG Rammig entwickelte Animationsbibliothek AnimAgentLayer (AAL) dient der schnellen 3D-Repräsentation textuell/2D-visuell modellierter Systemprototypen [3],[4]. Im Unterschied zu anderen bekannten Animationsbibliotheken (z.B. [1],[2]) werden in AAL verschiedene Abstraktionsebenen (A1 bis A4) definiert, die Bausteine in unterschiedlicher Komplexität zur einfachen Benutzung zur Verfügung stellen. Da AAL die prototypische Repräsentation komplexer Systeme zum Ziel hat, werden fast ausschließlich 3D-Grafikprimitive (Kugel, Zylinder, Kegel, Quader) bzw. Kompositionen dieser verwendet. Freiformflächen sind als importierte Dateien möglich und werden wie primitive Objekte behandelt.

AAL benutzt auf unterster Ebene die 3D-Grafik Bibliothek OpenInventor [5], die mittlerweile auf vielen Plattformen verfügbar ist (Unix, Win95/NT). Im Unterschied zu Inventor's baumartiger Szenenbeschreibungen verfolgt AAL dabei eine konsequent objektorientierte Modellierungsstruktur.

In der zweiten Schicht A2 werden statische Objekte mit allen relevanten Eigenschaften (Farbe, Größe, Position, Ausrichtung, etc.) als Attribute definiert. Auf häufig verwendete Animationen (Transformation/Rotation/Skalierung/Farbinterpolation) kann ebenfalls durchgängig objektorientiert zugegriffen werden. Es werden dabei algorithmische und keyframebasierte Animationen unterstützt. In der dritten Stufe A3 können aus den Basiselementen unterer Stufen animierbare Objekte erzeugt werden. Ein Objekt besitzt eine Liste von Animationen, die nacheinander ausgeführt werden. Über mehrere Listen für ein Objekt sind parallele Animationen möglich. Synchronisation ist über zeit- oder ereignisgesteuerte Kontrolle realisiert. Objekte dieser Schicht besitzen jedoch kein implizites Wissen über andere in der Szene befindliche Objekte und keine aktive Kontrolle über ihre Funktionalität.

Für Beziehungen zwischen autonomen, aktiv handelnden Objekten wird die vierte Ebene A4 benutzt, in der animierbare Agenten definiert werden. Diese besitzen komplexe interne Zustände, haben Wissen über ihre Umgebung und kommunizieren über strukturierte Nachrichten. Durch einen in jedem Agenten ablaufenden Kontrollmechanismus werden eingehende Nachrichten und Ereignisse bearbeitet und Aktionen des Agenten geplant. Die dargestellten Konzepte wurden prototypisch in einem Animationssystem realisiert. Bereits in der Entwurfsphase von

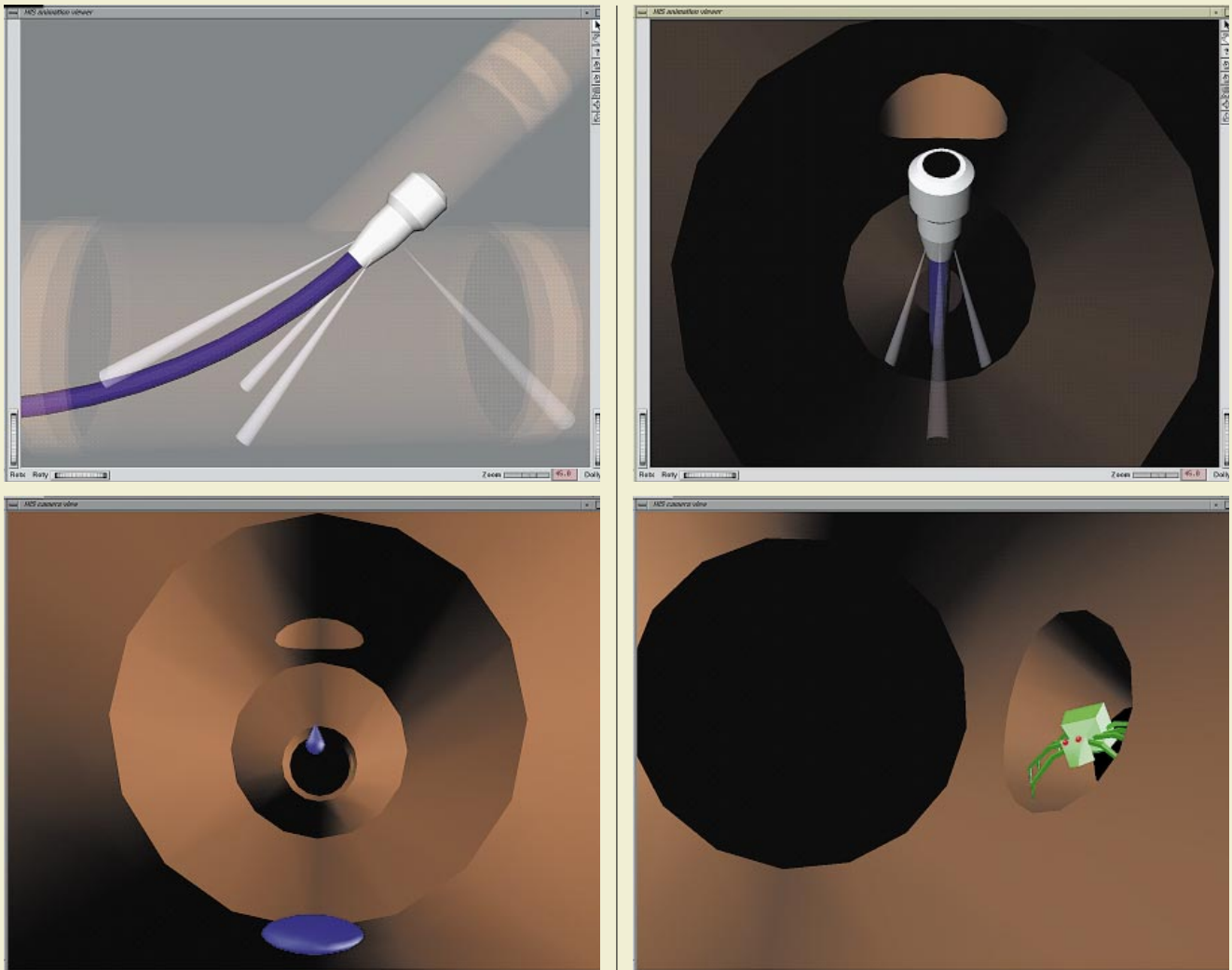


Abb. 3: Detailansichten des Inspektionsroboters.

AAL entstanden erste Anwendungen, die aus unterschiedlichen Einsatzbereichen stammen.

Eine Anwendung im Automobilbau

Der Farbsortierspeicher ist eine Fertigungseinheit aus der Automobilindustrie. Wesentliche Bestandteile sind mehrere parallel angeordnete und hintereinandergelagerte Warteschlangen, in die Kfz-Rohkarossen eingelagert werden. Am Ende der Schlangen ist eine Zahl von Lackierkabinen angeordnet, in denen die Karossen ihre endgültige Farbe durch Sprühlackierung erhalten. Eine 3D-Modellierung des Farbsortierspeichers mit animierten Karosserieträgern, welche die Rohkarossen befördern und Lackierkabinen, in denen der bei der Lackierung entstehende Sprühnebel animiert wird, dient der Visualisierung des gesamten Lackierprozesses mit seinen nebenläufigen Aktionen (Einlagern, Auslagern und Lackieren mehrerer Rohkarosserien). Die einzelnen Bestandteile des Farbsortierspeichers wurden aus Objekten der unterschiedlichen Stufen von AAL komponiert (Abb. 1). Basierend auf einer Simulation des Lackiersystems durch nebenläufige Objekte in der Multiagenten-Programmiersprache DFKI Oz konnten in einer Kopplung mit der 3D-Animation auf Fuzzy Logik basierende Sortierstrategien wirkungsvoll demonstriert werden. Diese Strategien minimieren die Farbwechsel in den einzelnen Lackierkabinen. Ein Farbwechsel tritt auf, wenn eine Karosserie mit ei-

ner anderen Farbe als ihr Vorgänger in der selben Kabine lackiert werden muß. In der Minimierung der Farbwechsel liegt ein enormes Optimierungspotential im Rahmen der Kfz-Fertigung. Man rechnet mit 20 bis 30 DM für einen Farbwechsel, verursacht durch Reinigungsmittel und ungenutzte Farbreste.

3D-Animation und Simulation eines Kanalroboters

Der wohl unbestrittene Vorteil von Visualisierungen besteht darin, Gegenstände und Vorgänge darstellen zu können, die in der realen Welt nur schwer oder gar nicht beobachtet werden können. Dabei kann es sich um Prototypen handeln, die physikalisch noch gar nicht existieren, oder um nicht sichtbare Vorgänge, wie im Falle des Kanalroboters HIS, der unterirdisch in der Kanalisation arbeitet (Abb. 2).

Das HIS (Hausanschluß-Inspektions-System) besteht aus einem Wasserstrahl-getriebenen Roboter, der zu Inspektions- und Reinigungszwecken in Kanalsystemen mit geringem Durchmesser von ca. 60 Zentimeter (Hausanschlüsse) von einem Hauptrohr aus einbiegen kann. Er wurde in einer Zusammenarbeit der Kanal-Müller Gruppe mit dem Laboratorium für Konstruktionslehre (LKL) der Universität-Gesamthochschule Paderborn entwickelt [6]. Um das neuartige Antriebskonzept und die Arbeitsweise des HIS einem interessierten Publikum vorstellen zu können, ist eine animierte, interaktive 3D-Simulation des HIS mit AAL erstellt

worden. Auf der Industriemesse Hannover 1996 und der weltgrößten Entsorgungsmesse IFAT 1996 in München diente diese 3D-Simulation der Präsentation des realen HIS-Prototyps (Abb.3) [3].

Die Modellierung der HIS-Simulation mitsamt seiner Umgebung (Erdreich, Oberflächenbebauung und Kanalsystem) erfolgte mit den Objekten des AAL. Da es sich nicht nur um eine reine Animation handelt, sondern das Verhalten des HIS in dem gegebenen Kanalsystem simuliert werden mußte, wurde AAL für diese Anwendung um einen Simulationskern erweitert, der die interaktiven Benutzereingaben mit den Objekteigenschaften der AAL-Agenten (Schicht A4) in geeigneter Weise verknüpfte.

Werkzeuge für 3D-Animationen

Durch die hierarchischen Abstraktionsebenen erlaubt AAL eine effiziente Generierung von 3D-Animationen. Ein Problem bleibt jedoch die notwendige Programmierung solcher Szenen in einer Programmiersprache (hier C++). Durch die Integration der Skriptsprache Tcl/Tk in AAL wird zwar ein interpretativer Zugriff auf die Bibliothek ermöglicht, jedoch benötigt auch diese Lösung umfangreiche Programmiererkenntnisse.

Für den Entwurf von statischen 3D Objekten gibt es eine Vielzahl von CAD-Programmen und anderen Editoren. Leider sind diese Werkzeuge für den Entwurf von animierten Objekten oft ungeeignet, da die Struktur der damit entworfenen Objekte das Hinzufügen von Animationen schwierig macht. Während im kreativen Animationsbereich (z.B. für Trickfilme) Werkzeuge existieren, die den einfachen Entwurf von Animationen ermöglichen, fehlen im technischen Bereich (z.B. bei graphischer Simulation) solche Werkzeuge weitestgehend, da der Ablauf einer Animation von dynamischen Daten und Ereignissen bestimmt wird.

Um den Entwurf von animierten Objekten in AAL zu vereinfachen, haben wir das Programm AnimEdit entwickelt [4]. AnimEdit ermöglicht die Konstruktion von 3D Objekten nach dem Baukastenprinzip: Dabei werden neue Objekte aus vordefinierten Primitiven (den Bausteinen) zusammengefügt. Die Baukastentechnik schränkt zwar die Gestaltungsmöglichkeiten ein, ist aber insbesondere im Zusammenspiel mit speziellen 3D-Ein- und Ausgabegeräten sehr einfach zu bedienen. Was AnimEdit von anderen direkt manipulativen Editoren nach dem Baukastenprinzip unterscheidet, ist die Integration von Animationsme-

thoden in den graphischen Entwurf. Zielsetzung war es, Endanwendern den Entwurf von animierten Objekten zu ermöglichen und die Erstellung der ersten, groben Prototypen zu vereinfachen und dadurch zu beschleunigen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf möglichst einfacher, intuitiver Bedienbarkeit durch spezielle 3D-Elemente: die AnimatIcons. Diese sind dreidimensionale Objekte, die als Bausteine in die Szene eingefügt und durch Aktionen des Benutzers verändert werden können (sogenannte 3D-Widgets). Jedes AnimatIcon repräsentiert eine Animationsmethode; die graphischen Eigenschaften eines AnimatIcons korrespondieren eins zu eins zu den Animationsparametern. AnimatIcons stellen also auf der einen Seite die Animationsmethode und ihre Parameter graphisch dar, auf der anderen Seite können die Animationsparameter über die AnimatIcons vom Benutzer direkt verändert werden. Die Funktionsweise der AnimatIcons läßt sich am einfachsten anhand eines Beispiels erklären: Für eine virtuelle Welt soll ein einfacher Schmetterling realisiert werden. Die Animation des Schmetterlings besteht aus dem permanenten Schlagen der Flügel und einer Vorwärtsbewegung, deren Ziel dynamisch von einer externen Simulation bestimmt wird. In AnimEdit werden diese Animationen durch entsprechende AnimatIcons visualisiert (Abb. 4).

Der Schmetterling ist Teil einer weiteren Anwendung, in der eine virtuelle Welt aus dem Bereich „Virtual Life“ dreidimensional simuliert wird. Diese Welt besteht aus einer Anzahl von Kreaturen (Hund, Katze, Schmetterling), die jeder für sich ein komplexes, durch Regeln spezifiziertes Verhalten besitzen. Durch Interaktion miteinander (Hund jagt Katze, Katze flieht vor Hund, Schmetterling folgt Hund) entsteht so eine virtuelle Welt, in der die Objekte nicht direkt vorhersehbare Aktionen ausführen.

Zusammenfassung

Die hier dargestellte Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung einer hierarchisch strukturierten „High-Level“-Animationsbibliothek, die eine prototypische, schnelle Erstellung von 3D-Animationen unterstützt. Um den Aufwand bei der Programmierung von Animationen zu minimieren, wurde zusätzlich ein Werkzeug entwickelt, das eine direkt manipulative Erstellung animierter Objekte ermöglicht. Anhand verschiedener Anwendungen konnte der Nutzen dieses Ansatzes bereits früh verifiziert werden.

Literatur

- [1] Brown, M., Najork, M (1995). Oblique-3D: A high level, fast-turnaround 3D Animation System. IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics, 1(2): June 1995.
- [2] Elliot, C., Schechter, G., Yeung, R. Abi-Ezzi, S. (1994). TBAG: A High Level Framework for Interactive, Animated 3D Graphics Applications. SIGGRAPH 1994.
- [3] Geiger, C., Hunstock, R., Niewels, J. (1997): Simulation und 3D-Animation eines Kraftvektor-gesteuerten Hausanschluß-Inspektion-Systems. Simulation und Animation 1997, Magdeburg.
- [4] Geiger, C., Hunstock, R., V. Paelke. (1996): Interactive Modeling of Animated 3D Objects. Proc. Of the Euromedia, SCS, London 1996.
- [5] Wernecke, Josie (1994): The Inventor Mentor, Release 2, Addison-Wesley, Reading, MA.
- [6] Niewels, J., Jorden W.; Systematical development of an autonomous HPF driven and controlled Inspection Robot; 4. Int. Offshore and Polar Engineering Conf., Osaka, Japan 1994.

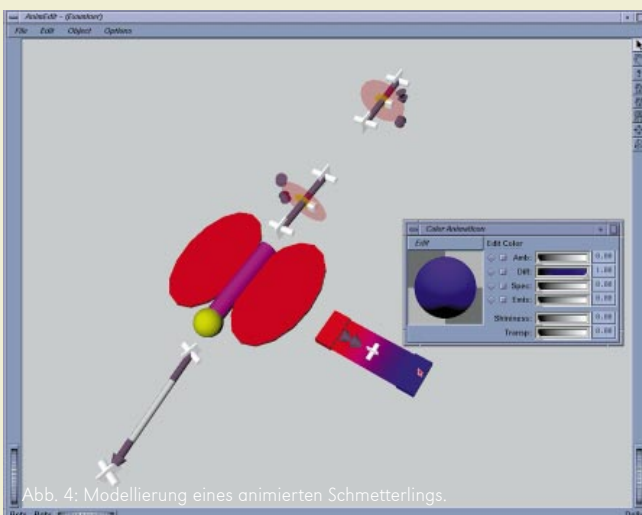


Abb. 4: Modellierung eines animierten Schmetterlings.

Die „Fürstliche Bibliothek Corvey“

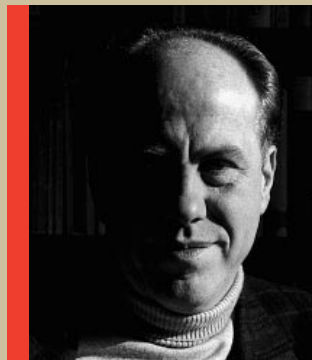
Eine „Schatzkammer“ wird erforscht

Das „Corvey-Projekt“ ist das bedeutendste kulturwissenschaftliche Langzeitprojekt der Hochschule, darüber hinaus eines der angesehensten im Lande. Es erschließt die Fürstliche Bibliothek Corvey, mit über 70 000 Bänden eine der größten deutschen Privatbibliotheken, für die Öffentlichkeit und für die Wissenschaft.

Voraussetzung dieser Arbeiten ist ein Grundlagenvertrag, der 1985 mit einer Laufzeit von 12 Jahren zwischen dem Eigentümer der Bibliothek, dem Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes NRW (vertreten durch die Hochschule) und der Projektleitung (bestehend aus den Literaturwissenschaftlern Rainer Schöwerling und Hartmut Steinecke sowie dem Direktor der Universitätsbibliothek Klaus Barckow) geschlossen wurde.

„Wirkliche Schatzkammern“ Porträt einer Bibliothek

„Wirkliche Schatzkammern“, so nannte Goethe 1805 die Bibliotheken des vergangenen Jahrhunderts; in seiner Gegenwart seien diese Institutionen allerdings „bei dem schnellen Fortschreiten



Prof. Dr. phil. Hartmut Steinecke ist seit 1974 Professor für Neuere deutsche Literatur und Literaturtheorie im Fachbereich 3/Sprach- und Literaturwissenschaften an der Universität Paderborn.

der Wissenschaften, bei dem zweckmäßigen und zwecklosen Anhäufen der Druckschriften, mehr als nützliche Vorratskammern und zugleich als unnütze Gerümpelkammern anzusehen.“ (Wie im Zeitalter heutiger Medienspeicher und Datenbanken die drei Charakterisierungen zu gewichten sind, ist das Thema kontroverser Diskussionen: Unbestritten ist die Nützlichkeit als Vorratskammern, aber die Freude über die unbegrenzten Spei-



Abb. 1: Fürstliche Bibliothek Corvey - Saal 2.



Abb. 2: Schloß Corvey - Bibliotheksturm.

chermöglichkeiten ist teilweise bereits Klagen über die unkontrollierte Überflutung mit dem Nichtwissenswerten gewichen.) Als Goethe dies schrieb, entstand in Schloß Rotenburg an der Fulda eine Bibliothek, die der alten Vorstellung einer „Schatzkammer“ noch einmal entsprach. Landgraf Viktor Amadeus vermehrte, tatkräftig unterstützt von seiner Ehefrau Elise, vor allem während seiner Regierungszeit 1812-1834 seine ererbte Büchersammlung von etwa 6 000 auf 36 000 Bände. Durch den Umzug in das prachtvolle Schloß Corvey in den zwanziger Jahren gab er ihr ein würdiges Ambiente. Er stellte die Belle Etag im barocken Konventgebäude des ehemaligen Benediktinerklosters zur Verfügung, ließ die Räume mit eigens angefertigten Tapeten ausstatten, klassizistische Schränke anfertigen, die Bände repräsentativ in Leder mit goldverzierten Rücken einbinden. So wurde aus der Büchersammlung eine Bibliothek im zweifachen Sinn des Wortes.

Die Erben des Landgrafen begründeten 1840 das Fürstliche Haus Ratibor und Corvey, dem in der vierten Generation Franz Albrecht Metternich-Sándor angehört, der heutige Eigentümer der „Fürstlichen Bibliothek Corvey“. Als Privatbibliothek blieb sie bis 1985 nahezu unbekannt und für die Öffentlichkeit unzugänglich.

Erschließung für die Öffentlichkeit - „Modell Corvey“

Mit dem Grundlagenvertrag begann die Erschließung dieser einmaligen Bibliothek, die etwa zur Hälfte aus Belletristik besteht, zur anderen Hälfte Werke aus allen Wissensbereichen enthält: von Geschichte, Geographie und Theologie über Naturwissenschaften und Technik bis hin zu Spezialbeständen wie Biographien, Militaria oder Hippologie. Diese polyhistorische Bibliothek ist zugleich polyglott und international - je etwa ein Drittel ist in deutscher, englischer und französischer Sprache

verfaßt, über die Hälfte im Ausland verlegt. Umfangreiche Seltenheitsüberprüfungen bestätigten den außergewöhnlichen Rang der Bibliothek und bildeten die Basis von Anträgen, die zu einem starken und jahrelangen Engagement des Wissenschaftsministeriums und mehrerer Förderorganisationen führten.

Der „Öffentlichkeitsauftrag“ ist in wesentlichen Teilen erfüllt: die Katalogisierung ist weitgehend abgeschlossen; sehr viele der besonders wertvollen und seltenen Werke - etwa 32 000 Bände mit 9,5 Millionen Seiten - wurden auf Mikrofilm aufgenommen. Die fortschreitenden Arbeiten zeigten jedoch einen weit größeren Anteil an Rara und Rarissima, als anfangs in vorsichtigen Schätzungen (die nichtsdestoweniger vielen übertrieben schienen) veranschlagt worden waren. Die Fortsetzung des Verfilmungsprogramms ist daher überaus wünschenswert.

Die erfolgreiche Zusammenarbeit sehr verschiedener Partner - Eigentümer, Universität, Ministerium, Hochschulbibliothekszentrum und Förderorganisationen - wird mittlerweile in Fachveröffentlichungen als „Modell Corvey“ gerühmt und wurde zum Muster für ähnliche Kooperationen.

Erschließung für die Wissenschaft

Die beiden Wissenschaftler in der Projektleitung fanden einerseits das Gesamtprojekt sehr reizvoll, andererseits sahen wir die Möglichkeiten, in unseren fachwissenschaftlichen Arbeitsfeldern auf die Corveyer Materialien eigene Forschungsprojekte zu gründen. Der Charakter der Bibliothek und unsere Forschungsinteressen führten von Beginn an zu einer interdisziplinären und internationalen Ausrichtung. Das zeigen die drei bisherigen Forschungssymposien, die wir 1990, 1993 und 1997 in Paderborn veranstalteten. An ihnen nahmen über 100 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus zahlreichen Disziplinen teil, davon nahezu die Hälfte aus dem Ausland.

Die beiden größten der vier bisher von der DFG geförderten Projekte befassen sich mit der deutschen und englischen Romanliteratur. Der besondere Wert der Bibliotheksbestände für die Forschung liegt hier nicht so sehr in der (von allen Fachleuten auch heute noch bestaunten) großen Zahl von Unika (Werken also, die bislang nur in Corvey nachweisbar sind), sondern vielmehr in der ungewöhnlichen Bestandsdichte - über 3000 Titel - in dem Hauptsammelzeitraum von ca. 1800 bis 1834. Dadurch, daß im Gegensatz zu jeder anderen bekannten größeren Bibliothek nicht unter bestimmten Gesichtspunkten - des Geschmacks,



Abb. 3: Regalböden mit Einbänden verschiedener Epochen.



Abb. 4: Schloß Corvey - Ein Blick in die „Belle Etage“ mit der Bibliothek.

Fotos: Tiggesbömler

der literarischen Bedeutung, des wissenschaftlichen Ansehens - gesammelt wurde, hat sich ein einmaliger Querschnitt durch die gesamte Buchproduktion der Zeit erhalten. Während man früher die Massen als „Sudelbücher“ oder „Trivilliteratur“ abwertete (und sich dadurch viel Arbeit ersparte), wächst seit den siebziger Jahren die Einsicht, daß diese Werke wichtige Quellen nicht nur für die Literatur-, sondern auch für die Sozial-, Institutionen- und Lesergeschichte einer Epoche sind.

Das Projekt

„Der deutsche Roman 1815-1830“

Für mein DFG-Projekt „Der deutsche Roman 1815-1830“ wählte ich einen Zeitraum, der sowohl - mit 614 Titeln - in Corvey besonders gut vertreten als auch literarhistorisch interessant und perspektivenreich ist: als Ende der „Sattelzeit um 1800“, als Umbruchphase zwischen ausklingender Romantik und dem aus vielen Ursprüngen entstandenen ‚realistischen‘ Roman. Die Werke wurden gelesen und nach einem ausführlichen Fragebogen unter differenzierten Kriterien erfaßt - alle Daten gingen in eine Datenbank ein, die Recherchen in die unterschiedlichsten Richtungen ermöglicht. Dieses Forschungsprojekt griff in einzelnen Aspekten über die Corveyer Bestände hinaus und erfaßte erstmals die gesamte nachweisbare Romanproduktion der Zeit, ferner deren Rezeption in zeitgenössischen Rezensionen. Zum erstenmal sind nun für einen Zeitraum der „Massenproduktion“ (nach 1790) konkrete Angaben über viele bisher nur spekulativ behandelte Themen möglich - z.B. Anteil weiblicher Autoren, von Anonymen und Pseudonymen, Verteilung von Gattungsbezeichnungen, thematische Schwerpunkte -, und alle diese Komplexe können in ihrer Entwicklung während eines längeren literaturgeschichtlich besonders wichtigen Zeitraums verfolgt werden.

„Sudelbücher“ als Mentalitätseuennisse

Das Projekt mußte auch methodisch neue Wege gehen, zumal, als wir begannen, gattungshistorische und literatursoziologische Ansätze mit mentalitätengeschichtlichen Fragestellungen zu verbinden; denn es gab bis dahin von seiten der Geschichtswissenschaften nur punktuelle Überlegungen, auch belletristische Literatur als mentalitätengeschichtliche Quellen zu betrachten und auszuwerten. Dieser Diskussion konnten wir durch verschiedene Arbeiten, vor allem durch das zweite Corvey-Symposium „Literatur und Erfahrungswandel 1789-1830“, einige wesentliche Impulse gegeben. Die Romane als Zeugnisse von Mentalitätengeschichte sagen uns sehr viel über das Denken und Fühlen der durchschnittlichen Menschen jener Epochen, über ihre Träume, Wünsche und Ängste, ihre Erfahrungswelten, aber auch über Geschlechterrollen, bürgerliches Selbstverständnis, über das Eindringen liberaler und sozialer Ideen in die verbreitete und gelesene Literatur und damit in den Wahrnehmungsbereich breiter Schichten des Volkes. Zu diesen und vielen anderen Fragen konnten wir wesentlich mehr und Konkretes aussagen und belegen als die bisherige Forschung.

Die vorliegenden Publikationen des Projekts „Der deutsche Roman 1815-1830“ dokumentieren jeden Arbeitsschritt: Sie enthalten die erste Gesamtbibliographie (mit Standortnachweisen) des deutschsprachigen Romans dieser Zeit überhaupt, eine Reihe von Einzelstudien über Romane, zum Teil als Nachwörter zu Reprintausgaben, ferner methodische Untersuchungen über den Umgang mit großen Textmassen und zur Rolle von Belletristik innerhalb der Mentalitätengeschichte, übergreifende Darstellungen, Querschnittsuntersuchungen zur Romanproduktion eines bestimmten Jahrgangs, zur Entwicklung einer Untergattung, schließlich ein Sammelwerk mit Beiträgen mehrerer

Projektmitarbeiter zur zentralen Untergattung der Zeit, dem historischen Roman. Allein diesem Romanprojekt sind drei der fünf bisher erschienenen umfangreichen Bände der „Corvey-Studien“ gewidmet, ferner etwa 30 weitere Publikationen des Projektleiters und der Mitarbeiter; dazu kommt eine wachsende Zahl von Publikationen auswärtiger, auch ausländischer Kolleginnen und Kollegen, die mit unseren Materialien bei teilweise längeren Forschungsaufenthalten in Paderborn arbeiten. Als (vorläufiger) Schlußpunkt des über 6 Jahre geförderten Projektes entsteht eine übergreifende Monographie, die versucht, die zahlreichen Einzelergebnisse in den größeren Kontext der Gattung einzuordnen, die in ganz Europa zur wichtigsten Literaturgattung der Moderne wurde und bis heute geblieben ist: Die Rolle des Romans in der Literatur und Kultur des 19. Jahrhunderts kann nun auf einer wesentlich verbreiterten Basis nicht nur differenzierter, sondern auch unter anderen Perspektiven mit teilweise neuen Ergebnissen gesehen werden.

Projekt ermöglicht

Einheit von Forschung und Lehre

Von dem Forschungsprojekt Corvey haben nicht nur Öffentlichkeit und Wissenschaft einen Gewinn, auch Mitarbeiter und Studierende profitierten und profitieren davon. Das Projekt ermöglichte es nämlich, die Tragfähigkeit der periodisch totgesagten Humboldtschen Idee der Einheit von Forschung und Lehre auch in unserer Zeit nachdrücklich zu zeigen. Von Beginn an hielten wir Lehrveranstaltungen über literarhistorische und methodische Fragen aus dem Umkreis des Corvey-Projekts ab. Die Ergebnisse sind in Seminar-, Staats- und Magisterarbeiten sowie in Dissertationen eingegangen. Über 60 Studierende haben im Laufe der Zeit als Studentische und Wissenschaftliche Hilfskräfte im Projekt gearbeitet, sich damit nicht nur ihr Studium finanziert, sondern auch eine Reihe von zusätzlichen Qualifikationen angeeignet. Das gilt in noch größerem Maße für die insgesamt bisher 14 jungen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die als Wissenschaftliche Angestellte, zum überwiegenden Teil mehrere Jahre lang, im Projekt eingestellt waren. Einer unserer früheren Mitarbeiter ist heute Bibliotheksdirektor, einer Verlagsleiter, zwei sind Lektorinnen, zwei Privatdozenten.

Corvey bleibt

eine wissenschaftliche Fundgrube

Mit der fortschreitenden Erschließung der weiteren Wissenschaftsbereiche, die in der Fürstlichen Bibliothek Corvey enthalten sind, wächst das Angebot an andere Disziplinen, sich der Schätze zu bedienen und die Interdisziplinarität der Zusammenarbeit auszuweiten. Der gegenwärtige Arbeitsschwerpunkt der beiden Projektleiter hat sich auf die (mit etwa 2 500 Titeln ebenfalls überaus reichhaltige) Reiseliteratur verlagert; auch sie dokumentiert einen zentralen Aspekt des „Erfahrungswandels“ um 1800 - die Erschließung neuer geographischer Räume, technische Fortschritte, geistige Neuorientierungen, Auseinandersetzungen mit dem *Anderen* und *Fremden*.

Das „Corvey-Institut an der Universität Paderborn“ bildet den institutionellen Rahmen, in dem die Forschung auch nach Abschluß der organisatorisch aufwendigen Erschließungsarbeiten wissenschaftlich kontinuierlich weitergehen kann.

Dieses Institut wurde inzwischen zum Zentrum weiterer Aktivitäten: sowohl wissenschaftlicher Projekte als auch von Ausstellun-

gen (vorbildlich betreut von dem langjährigen Mitarbeiter Günter Tiggesbäumker) und Veranstaltungen, die im kulturellen Leben zwischen Höxter und Paderborn eine zunehmend wichtige Rolle spielen. So wird das Corvey-Institut auch Beiträge leisten zum 200. Geburtstag von Hoffmann von Fallersleben 1998 und zum Kulturprogramm der „Expo 2000“.

Literatur

Schöwerling, Rainer und Steinecke, Hartmut [Hrsg.]
Corvey-Studien. Zur Literatur- und Kulturgeschichte des 19. Jahrhunderts. Band 1-5. München: Fink-Verlag, 1992-1996.
(Reihe wird fortgesetzt)

Tiggesbäumker, Günter [Hrsg.]
Ein Förderer der Wissenschaft: der Herzog von Ratibor und Fürst von Corvey. Zur Verleihung der Medaille der Universität-GH Paderborn an den Herzog von Ratibor am 6. September 1995 in Paderborn. Hildesheim: Olms-Verlag, 1995.
(mit ausführlicher Bibliographie zum Projekt Corvey mit ca. 100 Publikationen der Projektleiter und -mitarbeiter)

Nationale Bildungssysteme und die Reproduktion wirtschaftlicher Eliten

Soziale Herkunft und Ausbildung der Spitzenmanager in Deutschland, Frankreich und Großbritannien

Seit dem Zusammenbruch des Ostblocks erfreuen sich die gesellschaftlichen Eliten und vor allem die Wirtschaftselite eines deutlich gesteigerten öffentlichen Interesses. Dieses Interesse hat sich bisher noch nicht in aktuellen, empirisch fundierten sozialwissenschaftlichen Untersuchungen niedergeschlagen.

Die letzten einschlägigen Erhebungen sind durchweg 15 bis 20 Jahre alt. Diese Forschungslücke zumindest ein Stück weit zu füllen, war das Ziel zweier Forschungsprojekte (1994-1997) über die soziale Herkunft und die Bildungsabschlüsse der Topmanager Deutschlands, Frankreichs und Großbritanniens.

Soziale Herkunft und Bildungsabschlüsse der Topmanager

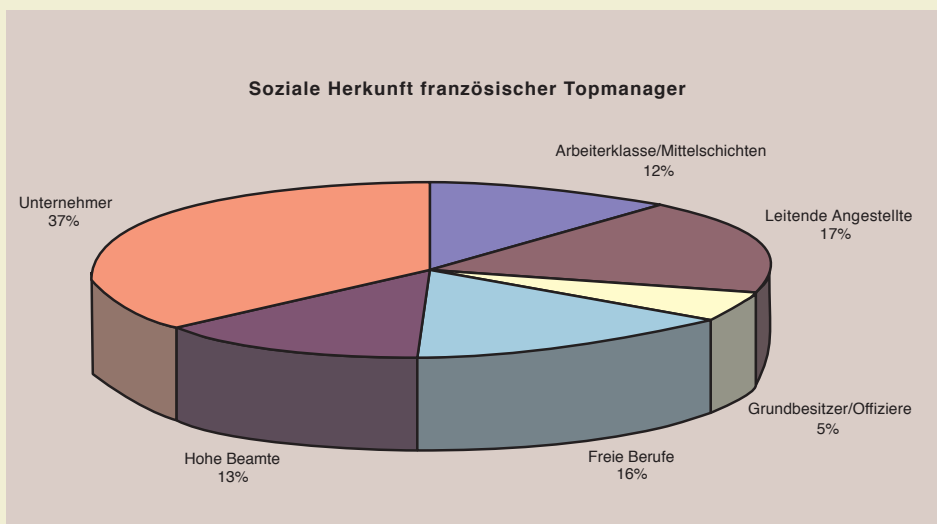
Betrachtet man die soziale Herkunft und die Bildungsabschlüsse der deutschen, französischen und britischen Topmanager, so bestätigen sie zunächst die Ergebnisse jener Untersuchungen, die von Wissenschaftlern wie Bourdieu oder Giddens schon in den 70er Jahren durchgeführt worden sind. Die große Mehrheit dieser Personen stammt heute wie damals aus dem gehobenen Bürgertum. (Der Begriff des gehobenen Bürgertums wird für Deutschland anstelle des von Bourdieu verwandten Begriffs der herrschenden Klasse, „Classe dominante“, benutzt, weil er am besten den relativ engen sozialen Zusammenhang zwischen den größeren Unternehmern, den leitenden Angestellten etc. deutlich macht, die weder einer einzigen Klasse noch einer einzigen Schicht zuzurechnen sind, sich aber bis in die 60er Jahre als obere 3 bis 4 Prozent der Einkommensbezieher von der Masse der Bevölkerung durch ihren Lebensstandard und -stil deutlich abhoben.)



PD Dr. phil. Michael Hartmann ist Gastprofessor im Fachbereich 1/Philosophie, Geschichte, Geographie, Religions- und Gesellschaftswissenschaften, Fach Soziologie an der Universität Paderborn.

In einer Untersuchung über die Führungsspitzen der 100 größten französischen Unternehmen haben Bourdieu und de Saint Martin 1978 ermittelt, daß die Manager dieser Firmen im Jahre 1972 zu über 80 Prozent aus den genannten sozialen Kreisen kamen (Bourdieu/de Saint Martin 1978). An dieser exklusiven Rekrutierung hat sich bis heute nichts geändert. Von den Spitzen der 100 größten französischen Unternehmen kommen zur Zeit 88 Prozent aus der „Classe dominante“. Die elitäre soziale Herkunft korrespondiert dabei mit dem Besitz exklusiver Bildungstitel. 86 der von Bourdieu und de Saint Martin erfaßten Manager verfügten über einen Abschluß an einer Universität oder einer der Grandes Écoles. Dabei lagen die Grandes Écoles, die ein weit höheres Ansehen als die Universitäten genießen, mit 68 Absolventen weit vorn. In den letzten zwei Jahrzehnten hat sich die Bedeutung exklusiver Bildungstitel für die Besetzung von Toppositionen noch weiter erhöht. Zwar ist der Anteil der Absolventen der Grandes Écoles und der Universitäten insgesamt

nur noch wenig gestiegen, die Konzentration auf die renommiertesten unter den Bildungsinstitutionen hat aber deutlich zugenommen. Ungefähr zwei Drittel kommen heute allein von den drei wohl renommiertesten Grandes Écoles, der École Polytechnique, dem IEP (inkl. der von fast all diesen IEP-Absolventen anschließend noch besuchten ENA) und der HEC (Hartmann 1997 a, b). Die Spitzenmanager der britischen Unternehmen weisen eine nicht ganz so exklusive soziale Rekrutierung und Bildung auf. Giddens/Stanworth haben



Mitte/Ende der 70er Jahre ermittelt, daß damals knapp drei Viertel von ihnen aus der „Upper class“ stammten. Neuere Angaben ließen sich umfassender nur für den Finanzsektor, und zwar für 7 der 10 größten Banken und 8 der 10 größten Versicherungen ermitteln. Die Chairmen dieser Unternehmen stammen ohne Ausnahme aus den Familien von Unternehmern, Bankiers, leitenden Angestellten, Freiberuflern, hohen Beamten oder Offizieren. Der exklusiven sozialen Herkunft

entsprach und entspricht der Besuch elitärer Schulen und Universitäten. Über drei Viertel der von Giddens und Stanworth untersuchten Chairmen hatten eine der privaten Public Schools besucht und gut die Hälfte hatte in Oxford und/oder Cambridge, den beiden mit Abstand angesehensten Universitäten des Landes studiert (Giddens/Stamworth 1978). Heute haben immer noch gut 72 Prozent der Chairmen der 100 größten britischen Unternehmen eine Public School besucht und der Anteil der Oxbridge-Absolventen unter ihnen liegt bei 45 Prozent (Hartmann 1997 a).

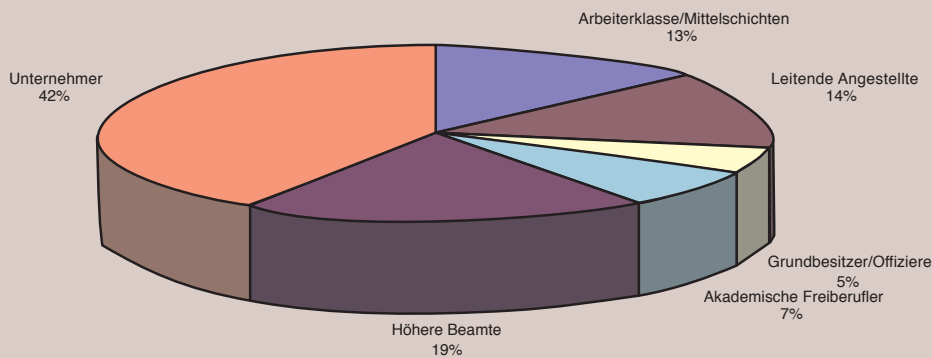
Betrachtet man abschließend die Vorstandsvorsitzenden der 100 größten deutschen Unternehmen, so ändert sich das Bild nicht. Von ihnen stammten 1970 schon 83 Prozent aus den Familien größerer Unternehmer, von Großgrundbesitzern, leitenden Angestellten, akademischen Freiberuflern und höheren Beamten. Bis heute ist der Prozentsatz sogar auf 87 Prozent gestiegen. Was die Bildungsabschlüsse der Vorstandsvorsitzenden betrifft, so haben durchweg über 90 Prozent von ihnen das Abitur gemacht. Hier hat es im Laufe der letzten 25 Jahre nur eine geringfügige Anhebung gegeben. Der Prozentsatz derjenigen, die anschließend auch noch studiert haben, ist in demselben Zeitraum allerdings noch einmal deutlich von 73 Prozent auf gut 84 Prozent gestiegen (Hartmann 1997 a, b)

Nationale Bildungssysteme und elitäre soziale Rekrutierung

In allen drei Ländern besteht ein offensichtlicher Zusammenhang zwischen der exklusiven sozialen Rekrutierung von Spitzenmanagern und deren weit überdurchschnittlichen Bildungsabschlüssen. Die Analyse von Bourdieu über die Umwandlung ökonomischen in „kulturelles Kapital“ und dessen Institutionalisierung in Bildungstiteln wird im großen und ganzen also bestätigt. Nichtsdestotrotz gibt es in dieser Hinsicht auch erhebliche Unterschiede zwischen Frankreich, Großbritannien und Deutschland.

Für Frankreich treffen die Aussagen von Bourdieu am uneingeschränktesten zu. Die große Bedeutung außerordentlich elitärer Bildungsinstitutionen in Form der Grandes Écoles sorgt dort für ein Maß an sozialer Vorauslese auf den verschiedenen Stufen einer Bildungslaufbahn, das in der Welt seinesgleichen sucht, denn durch die Existenz der Grandes Écoles konnte die soziale Öffnung des Bildungswesens und auch der Universitäten durch die Bildungsexpansion seit den 60er Jahren wirksam unterlaufen werden. Die Grandes Écoles, vor allem die berühmten unter ihnen, haben ihren elitären Charakter bis heute bewahren

Soziale Herkunft deutscher Topmanager



können, so daß sich der Nachwuchs der „Classe dominante“ durch ihren Besuch in puncto Bildungstitel auch weiterhin deutlich vom Nachwuchs der anderen Bevölkerungsschichten abheben kann.

Wie gering die Chancen des Nachwuchses aus der Arbeiterklasse und den Mittelschichten insgesamt sind, die verschiedenen Selektionsfilter zu passieren, die dem Besuch einer der renommierten Grandes Écoles vorgeschaltet sind, verdeutlichen folgende Angaben über die soziale Zusammensetzung der Studenten bekannter Grandes Écoles während der letzten drei Jahrzehnte. Wiesen von den Studenten der vier bekanntesten Grandes Écoles, der Polytechnique, der ENA, der ENS (École Normale Supérieure) und der HEC, zwischen 1966 und 1970 immerhin noch 21,2 Prozent eine „origine populaire“ (Bauern, Arbeiter, normale Angestellte und Beamte, Handwerker, Kaufleute und Unternehmer) auf, waren es zwischen 1989 und 1993 nur noch 8,6 Prozent (Euriat/Thelot 1995).

Das britische Bildungssystem enthält wie das französische ein stark elitäres Element. Dieses bestimmt den Hochschulbereich zwar nicht so stark wie in Frankreich, den Schulsektor dafür aber um so mehr. Während den Privatschulen in Frankreich für die soziale Auslese keine wesentliche Funktion zukommt, bilden sie in Großbritannien die entscheidende Instanz für diesen Selektionsprozeß. Da die angesehenen Public Schools zumeist in Form von Internaten („Boarding schools“) organisiert sind, werden die Kinder der „Upper class“ in ihren Verhaltensweisen wie ihren Leistungen weit stärker als in Frankreich vom Schulleben geprägt. Für die Aneignung exklusiver Bildungstitel spielt die Weitergabe des familiären „kulturellen Kapitals“ deshalb auch eine geringere Rolle als in Frankreich. Dem ökonomischen Kapital, d.h. den einer Familie zur Verfügung stehenden finanziellen Mitteln, kommt dafür angesichts der sehr hohen Schulgebühren, die beim Besuch einer Public School anfallen, eine größere Bedeutung zu. Das Schulgeld beträgt nämlich zwischen 5 000 und 14 000 £ pro Jahr, wobei die neun renommiertesten, die sog. „Clarendon Schools“ am teuersten sind. Die Schülerschaft der Public-Schools rekrutiert sich dementsprechend zum größten Teil aus den oberen Gesellschaftskreisen. In den 60er und 70er Jahren stammte sie zu 66 bis 85 Prozent, in den 80ern sogar zu 86 Prozent aus der sogenannten Serviceklasse. Ähnliches gilt für die beiden angesehensten Universitäten, Oxford und Cambridge, deren Studenten zu über 50 Prozent von den Public Schools kommen (Hartmann 1996, 1997 a).

Die Situation in Deutschland unterscheidet sich grundsätzlich von der in den beiden anderen Ländern. Es existieren keine

Einrichtungen, die im Status wie vor allem in der gesellschaftlichen Bedeutung mit den Grandes Écoles, den Public Schools und Oxbridge auch nur annähernd vergleichbar wären. Aus einer ganzen Reihe von historischen Gründen, die zu erläutern hier kein Platz ist, zeichnet sich das deutsche Bildungssystem durch den Verzicht auf ausgesprochene Elite-Ausbildungswege und -Ausbildungsstätten aus.

Die Studentenschaft ist aufgrund der fehlenden inneren Differenzierung im universitären Sektor für eine den Grandes Écoles oder Oxbridge vergleichbare Selektionsfunktion nicht nur zahlenmäßig viel zu groß, ihre soziale Zusammensetzung ist auch bei weitem nicht exklusiv genug. Schon im Zeitraum zwischen 1950 und 1966, in der ungefähr 60 Prozent der heutigen Vorstandsvorsitzenden ihr Studium absolviert haben, also noch vor der enormen Expansion des deutschen Hochschulwesens, stammte mit 44 Prozent bis 48 Prozent nicht einmal die Hälfte der Studierenden aus den Familien höherer Beamter, akademischer Freiberufler, leitender Angestellter und mittlerer sowie größerer Unternehmer. In der Folgezeit ist ihr Anteil dann sogar auf unter 40 Prozent gesunken (Hartmann 1996). Ein deutsches Universitätsexamen weist deshalb bei weitem nicht dieselbe soziale Auslesewirkung auf wie das Diplom einer Grande École oder der Studienabschluß an Universitäten wie Oxford und Cambridge.

„Klassenspezifischer Habitus“

als entscheidendes soziales Selektionskriterium

Da es in Deutschland keine den exklusiven Bildungseinrichtungen Frankreichs und Großbritanniens vergleichbaren Institutionen gibt, bei der Auswahl der Kandidaten für Toppositionen in der Wirtschaft auf die Abschlußzertifikate solcher Bildungsstätten also auch nicht zurückgegriffen werden kann, stellt sich die Frage, aufgrund welcher Auswahlkriterien und -mechanismen sich der Nachwuchs des gehobenen Bürgertums bei der Besetzung von Topmanagementpositionen dennoch ebenso erfolgreich durchsetzen kann wie in den beiden anderen Ländern. Wie eine umfassende Analyse der Rekrutierungsverfahren und Bewertungskriterien bei der Besetzung von Spitzenpositionen in der deutschen Wirtschaft zeigt, gibt es darauf eine eindeutige Antwort: Entscheidend für den Erfolg der Kinder aus „besseren Kreisen“ ist die Tatsache, daß sie aufgrund ihrer klassen- und schichtspezifischen familiären Erfahrungen in Kindheit und Jugend in weit größerem Maße als der Nachwuchs aus den anderen Klassen und Schichten der Gesellschaft über jene Persönlichkeitsmerkmale verfügen, die in den Besetzungsverfahren für Toppositionen im Management großer deutscher Unternehmen von ausschlaggebender Bedeutung sind: souveränes Auftreten, der Position angemessene Umgangsformen, gute Allgemeinbildung, optimistische Lebenseinstellung und unternehmerisches Denken (Hartmann 1996).

Der wesentliche Unterschied zwischen Deutschland auf der einen und Frankreich sowie Großbritannien auf der andern Seite besteht also nicht darin, daß die Bedeutung des „kulturellen Kapitals“ in Deutschland geringer ist. Seine in der einzelnen Person inkorporierte Form als „klassenspezifischer Habitus“ (Bourdieu) ist für die Besetzung von Spitzenpositionen in der Wirtschaft gleichermaßen wichtig, das deutsche Bildungssystem ist nur nicht in der Lage, eine Institutionalisierung des „kulturellen Kapitals“ in dem umfassenden Sinne zu leisten, wie es in

Frankreich und Großbritannien durch die Grandes Écoles, die Public Schools und Oxbridge geschieht.

Das ausschlaggebende Gewicht, das dem „klassenspezifischen Habitus“ bei der Rekrutierung von Topmanagern in allen drei Ländern, wenn auch in unterschiedlicher Form, zukommt, erklärt auch, warum sich die soziale Rekrutierung dieser Elite-Gruppe (zu drei Vierteln bis vier Fünfteln aus dem gehobenen Bürgertum) zum einen in Frankreich, Großbritannien und Deutschland trotz aller kulturellen, politischen und wirtschaftlichen Besonderheiten jedes dieser drei Länder so stark ähnelt und zum anderen ungeachtet aller gesellschaftlichen Veränderungen im letzten Vierteljahrhundert weitgehend stabil geblieben ist. Speziell jene Erwartungen und Hoffnungen, die viele Beobachter in den Ausbau der Bildungsinstitutionen gesetzt haben, sind diesbezüglich zum größten Teil enttäuscht worden.

An der elitären sozialen Herkunft der Wirtschaftselite hat sich in den letzten 25 Jahren also kaum etwas geändert, und zwar unabhängig davon, welchen Umstrukturierungen das jeweilige nationale Bildungssystem unterworfen worden ist. Die Kontinuität in den sozialen Rekrutierungsmustern der Topmanager kann dadurch gewährleistet werden, daß der Nachwuchs des gehobenen Bürgertums (wie in Frankreich) dank des in der Familie weitergegebenen „kulturellen Kapitals“ die Existenz besonderer, vom enormen Ausbau des gesamten Bildungswesens nahezu unberührt bleibender Elite-Ausbildungsstätten zu seinen Gunsten nutzen kann. Sie kann auch dadurch gesichert werden, daß (wie in Großbritannien) die Elite-Bildung in teuren Privatschulen, deren Besuch nicht nur die Verfügung über familiäres „kulturelles Kapital“, sondern (im Unterschied zu Frankreich) auch unmittelbar die über erhebliche finanzielle Mittel voraussetzt, die entscheidenden Weichen für eine spätere Karriere stellt. Sie kann aber auch, wie das deutsche Beispiel zeigt, ohne die Existenz spezieller Eliteschulen und -universitäten erreicht werden und sich im Rahmen eines (verglichen mit früher) deutlich geöffneten Bildungssystems allein durch den stillschweigenden Konsens innerhalb der wirtschaftlichen Elite über die für Spitzenpositionen erforderlichen Führungsqualitäten und deren enge Bindung an das Aufwachsen in den Kreisen des gehobenen Bürgertums durchsetzen.

Literatur

- Bourdieu, P./de Saint Martin, M. (1978): Le patronat. Actes de la recherche en sciences sociales, 20/21, 2-82.
- Euriat, M./Thelot, C. (1995): Le recrutement social de l'élite scolaire en France. Revue française de sociologie, 36, 403-438.
- Giddens, A./Stanworth, P. (1978): Elites and Privilege. In: Abrams, P. (Ed.): Work, Urbanism and Inequality. London, 206-248.
- Hartmann, M. (1996): Topmanager – Die Rekrutierung einer Elite. Frankfurt/M.
- Hartmann, M. (1997 a): Die Rekrutierung von Topmanagern in Europa. Nationale Bildungssysteme und die Reproduktion der Eliten in Deutschland, Frankreich und Großbritannien. Archives Européennes de Sociologie, 38, 3-37.
- Hartmann, M. (1997 b): Soziale Öffnung oder soziale Schließung. Die deutsche und die französische Wirtschaftselite zwischen 1970 und 1995, Zeitschrift für Soziologie, 26, 296-311.

Schulen in der Informationsgesellschaft

Medienkonsum als pädagogisches Problem - Medienerziehung als unterrichtliche Aufgabe

Medien sind zu einem festen Bestandteil der Lebenswelt von Kindern und Jugendlichen geworden. Die Palette der Medien umfaßt Bücher, Zeitungen, Zeitschriften, Radio, Fernsehen, Film, Ton- und Bildträger verschiedener Art sowie Computer und Telekommunikation. Auf der Basis des Grundsatzes der Informations- und Meinungsfreiheit bieten die Medien ein weitgefächertes Programmangebot von Nachrichten und politischen Magazinen über Dokumentar- und Spielfilme sowie Bildungs-, Kinder- und Jugendprogramme bis zu simulierten Gewalt- und Horrorszenerien.

Entwicklung der Medienlandschaft: Herausforderung für Erziehung und Bildung

Die Entwicklung geht weiter: Präsentationstechniken werden noch verbessert, z.B. durch die Entwicklung von hochauflösendem Fernsehen, großflächigen Projektionen und dreidimensionalen Gestaltungen, etwa in Form von künstlich erzeugten Räumen; Bildschirmmedien und Computertechnologie sowie Datenfernübertragung werden zunehmend miteinander verbunden. Entsprechende Stichworte sind Multimedia und Datenautobahnen. Darüber hinaus wächst die ökonomische Verflechtung und Abhängigkeit im Medienbereich aufgrund mehrfacher Beteiligungen einzelner Konzerne, z.B. bei Presse, Fernsehen, Hörfunk, Film und Telekommunikation. Solche Tendenzen sind auch vor dem Hintergrund des internationalen Wettbewerbs in Europa und auf dem Weltmarkt zu sehen.

Die Medienlandschaft und ihre Entwicklungstendenzen stellen eine Herausforderung für Erziehung und Bildung, für Schule und Unterricht dar. Man muß davon ausgehen, daß sich ein persönlichkeits- und gesellschaftsförderlicher Umgang mit den Medien nicht von selbst ergibt, sondern der Unterstützung durch Elternhaus, Kindergarten und Schule bedarf.

Bisherige medienerzieherische Ansätze haben allerdings einige Schwächen. Nicht selten bewegen sie sich nur auf der Ebene der Zielbestimmung ohne hinreichende Klärung der Voraussetzungen bei Kindern und Jugendlichen. Darüber hinaus lassen sie zum Teil eine angemessene theoretische Grundlage vermissen. Schließlich wird in der Regel ein möglicher Erfolg ohne empirische Prüfung unterstellt.

Vor dem Hintergrund dieser Problemlage setzt sich die Arbeitsgruppe „Allgemeine Didaktik und Medienpädagogik“ im Fach Erziehungswissenschaft u.a. mit folgenden Fragen auseinander: Welche entwicklungsbezogenen Voraussetzungen sind für die Mediennutzung relevant? Wie stellt sich ihre Ausprägung bei Kindern und Jugendlichen empirisch dar? Wie sollten voraussetzungs- und zielangemessene medienerzieherische Konzepte aussehen? Welcher Erfolg ist von ihnen zu erwarten?



Prof. Dr. phil. Gerhard Tulodziecki ist seit 1980 Professor für Allgemeine Didaktik und Schulpädagogik im Fachbereich 2/Erziehungswissenschaft, Psychologie, Sportwissenschaft, Fach Erziehungswissenschaft an der Universität Paderborn.

Modellvorstellung von der Mediennutzung

Für unsere Arbeiten haben wir - ausgehend von psychologischen Annahmen - folgende Modellvorstellung für die Mediennutzung entwickelt (vgl. Tulodziecki 1992):

Mediennutzung entsteht aus einer Wechselbeziehung von Bedürfnissen, z.B. dem Bedürfnis nach Sinneserregung, und situativen Bedingungen, z.B. Langeweile. Es kommt zu einem Spannungszustand - auch Motivation genannt - mit dem Bestreben, den Spannungszustand „abzubauen“. Dies kann durch die Wahl der Handlungsmöglichkeit „Mediennutzung“ erreicht werden, z.B. Anschauen eines Actionfilms. Die Wahl dieser Handlungsmöglichkeit ist dabei nicht nur von der Situation und der Bedürfnislage abhängig, sondern auch von dem Kenntnis-, Erfahrungs- und Urteilsniveau im Hinblick auf das gewählte Medium sowie von der sozialen Orientierung. Wenn ein Kind z.B. Fernsehsendungen generell als lustig und spannend erfahren und entsprechende Erwartungen aufgebaut hat, wird es in langweiligen Situationen geneigt sein, den Fernsehapparat anzustellen. Bezogen auf die soziale Orientierung mag beispielsweise ein Jugendlicher, der in einer bestimmten Gruppensituation von sich aus keinen Horrorfilm ansehen möchte, dies dennoch tun, weil die Gruppe es von ihm erwartet und er die Gruppenmitglieder nicht enttäuschen möchte.

Schule: Einfluß auf Urteilsniveau und soziale Orientierung

Betrachtet man diese Modellvorstellung von der Mediennutzung unter der Frage, welche Konsequenzen sich daraus für die schulische Medienerziehung ergeben, so muß man zunächst feststellen, daß die Schule auf die Bedürfnislage und die außerschulische Lebenssituation der Kinder und Jugendlichen nur einen

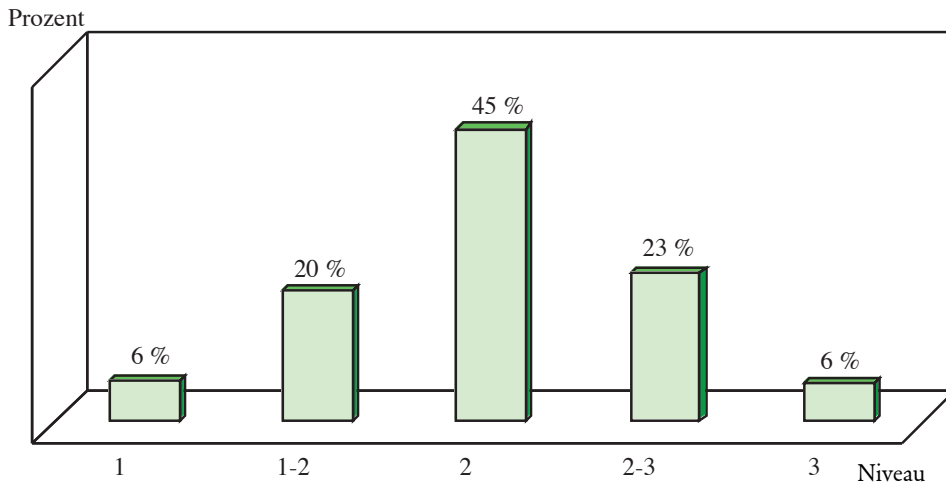


Abb. 1: Niveau der Medienbeurteilung (Anzahl der Schüleräußerungen n = 361).

Fernsehen nicht, daß es brutale Filme gibt und einige interessante Filme ziemlich spät gesendet werden. Insgesamt finde ich das Fernsehen eigentlich gut.“

(4) Systematisch-kriterienbezogenes Denken: Dabei werden verschiedene Vorzüge oder Probleme unter übergeordneten Kriterien betrachtet und diskutiert, z.B.: „Das Fernsehen übernimmt wichtige Informationsfunktionen. Allerdings wird neben bedeutsamer Information auch viel Nichtssagendes verbreitet. Außerdem hat das Fernsehen

begrenzten Einfluß hat. Allerdings besitzt die Schule wichtige Einflußmöglichkeiten im Hinblick auf das Kenntnis- und Urteilsniveau sowie auf die soziale Orientierung von Kindern und Jugendlichen. Dort kann sie einen bedeutenden Beitrag zum Ziel eines reflektierten Mediengebrauchs leisten.

Vor dem Hintergrund dieser Einschätzung sind wir den Fragen nach der Medienbeurteilung und nach der sozialen Orientierung bei der Mediennutzung nachgegangen. Zur Klärung theoretischer Grundlagen haben wir u.a. den Arbeiten zum komplexen Denken von Schroder/Driver/Streifert (1975) und zur sozialmoralischen Entwicklung von Kohlberg (1974) wichtige Anregungen entnommen.

Medienbeurteilung von Kindern und Jugendlichen

Bezogen auf die Medienbeurteilung lassen sich folgende Niveaus unterscheiden (vgl. Tulodziecki 1992):

(1) Fixiertes Denken: Ein bestimmtes Medium wird in eindimensionaler Weise als gut oder schlecht beurteilt, z.B.: „Fernsehen ist toll.“

(2) Isolierendes Denken: Es kommen zwar zwei Urteilsrichtungen in den Blick, allerdings stehen sie - einschließlich etwaiger Einzelaspekte - unverbunden nebeneinander, z.B.: „Das Fernsehen ist ein guter Zeitvertreib. Mir allerdings gefallen die Wahlreden gar nicht. Die Werbung für Lebensmittel finde ich ebenfalls nicht besonders.“

(3) Konkret-differenzierendes Denken: Hier werden sowohl Vorteile als auch Nachteile eines Mediums bedacht. Darüber hinaus sind erste Ansätze zu einer Abwägung erkennbar, z.B.: „Mir gefällt am Fernsehen folgendes: Es informiert, was in der Welt passiert, es unterhält, es vertreibt die Langeweile. Mir gefällt am

Bildungs-, Unterhaltungs- und Beratungsaufgaben, wenn diese auch nicht immer in adäquater Weise wahrgenommen werden. Insgesamt ist das Fernsehen vor allem aufgrund seiner Informationsfunktion für unsere Gesellschaft nicht wegzudenken.“

(5) Kritisch-reflektierendes Denken: Dies ist dadurch gekennzeichnet, daß verschiedene Kriterien und ihre Ausprägungen, z.B. verschiedene Funktionen des Fernsehens, im Hinblick auf übergreifende Gesichtspunkte, z.B. Bedeutung für Demokratie oder Kultur, vergleichend reflektiert und bewertet werden.

Um festzustellen, auf welchem Niveau sich Medienbeurteilungen von Kindern und Jugendlichen bewegen, haben wir Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 5 bis 10 in Haupt- und Realschulen gebeten, ihre Meinung zum Fernsehen aufzuschreiben. Der entsprechende Impuls auf unserem Erhebungsbogen lautete: Zum Fernsehen habe ich folgende Meinung (beschreibe bitte, was dir am Fernsehen gefällt, was dir nicht gefällt und wie du das Fernsehen insgesamt beurteilst). Die Antworten wurden den obigen Stufen der Urteilsentwicklung zugeordnet. Zur besseren Differenzierung wurden Zwischenstufen gebildet. Das Ergebnis der Zuordnung zeigt Abbildung 1. Danach ist das isolierende Denken das dominante Muster bei der Medienbeurteilung. Konsequenzen aus diesen Ergebnissen werden am Ende des Beitrags angesprochen.

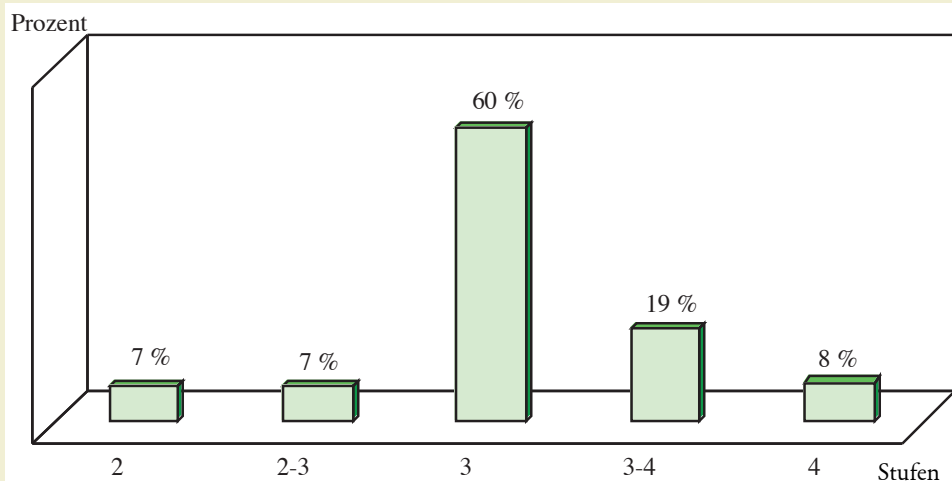


Abb. 2: Stufe der sozialen Orientierung (n = 411).

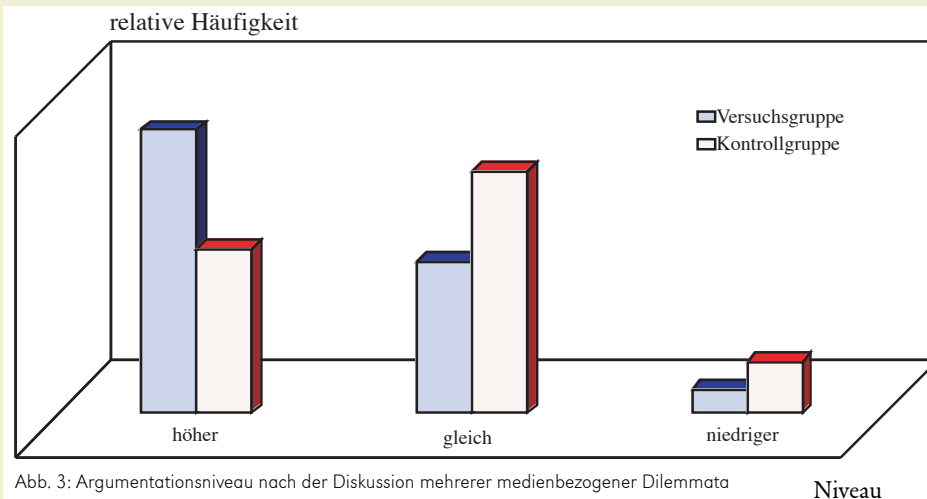


Abb. 3: Argumentationsniveau nach der Diskussion mehrerer medienbezogener Dilemmata (Versuchsgruppe: n = 42; Kontrollgruppe: n = 28).

Soziale Orientierung bei der Mediennutzung

Im Hinblick auf soziale Orientierungen, die für die Mediennutzung bedeutsam sind, kann man folgende Stufen unterscheiden (vgl. Tulodziecki 1992):

- (1) Mediennutzung nach Gebot und Verbot der Eltern: Kinder auf dieser Stufe richten sich nach dem, was ihnen die Eltern erlauben bzw. nicht verboten haben.
- (2) Mediennutzung auf der Basis von Tauschbeziehungen: Kinder mit dieser Orientierung versuchen beispielsweise ihre Medienwünsche - wenn notwendig - so durchzusetzen, daß sie den Eltern etwas „anbieten“, z.B.: „Wenn ich jetzt sofort die Schularbeiten mache, darf ich dann nachher auch fernsehen?“
- (3) Mediennutzung in Orientierung an den Erwartungen von Bezugspersonen: Jugendliche auf dieser Stufe schauen sich z.B. eine bestimmte Sendereihe an, weil es ihre Freundinnen und Freunde auch tun und man mitreden will.
- (4) Mediennutzung nach bestimmten Regeln, von denen man annimmt, daß sie für das soziale System, in dem man lebt, wichtig sind: Jugendliche mit einer solchen Orientierung schauen sich z.B. die Tagesschau an, weil sie es als Mitglied der Gesellschaft für wichtig halten, über politische Ereignisse informiert zu sein.
- (5) Mediengebrauch aufgrund einer kritischen Reflexion des eigenen Verhaltens im Aspekt allgemeiner Prinzipien: Individuen auf dieser Stufe reflektieren die eigene Mediennutzung im Hinblick auf die Frage, ob sie neben den eigenen Bedürfnissen auch der sozialen Verantwortung bzw. ethischen Prinzipien gerecht wird.

Auch hier hat uns interessiert, welche dieser Orientierungen in Stellungnahmen von Kindern und Jugendlichen auftauchen. Um dies herauszufinden, haben wir eine zweite Untersuchung bei Schülerinnen und Schülern von Haupt- und Realschulen der Jahrgangsstufen 5 bis 10 durchgeführt. In diesem Falle wurden die Kinder und Jugendlichen mit folgender Geschichte konfrontiert:

Anja und Frank schauen sich - wie alle ihre Freundinnen und Freunde - regelmäßig am Sonntagnachmittag eine spannende Abenteuerserie im Fernsehen an. Ausgerechnet an dem Sonntag, an dem die letzte bzw. abschließende Folge der Serie läuft, wird die Großmutter 80 Jahre alt. Frank, Anja und ihre Eltern haben

die Großmutter jedes Jahr am Geburtstag in ihrem 60 km entfernten Wohnort besucht. Die Eltern und die Großmutter erwarten selbstverständlich, daß Anja und Frank auf die letzte Folge der spannenden Abenteuerserie verzichten und mit den Eltern zum Kaffeetrinken bei Omas Geburtstag erscheinen. Wenn dies nicht der Fall sein sollte, wäre die Oma sehr enttäuscht. Da der Fernsehapparat der Oma gerade in der Reparatur ist, können Frank und Anja den Film auch nicht bei der Großmutter anschauen. Ein Videorekorder steht ebenfalls nicht zur Verfügung. Anja und

Frank weigern sich, auf den Fernsehfilm zu verzichten und mit zum Kaffeetrinken zur Oma zu fahren.

Die Schülerinnen und Schüler wurden im Anschluß an die Schilderung dieser Alltagssituation gebeten, Gründe für und gegen das Verhalten von Anja und Frank anzugeben. Die Argumente wurden gemäß den Stufen der sozialen Orientierung inhaltsanalytisch eingeordnet. Das Ergebnis zeigt Abbildung 2. Es wird deutlich, daß die meisten Schülerinnen und Schüler bei ihren Argumenten an den Erwartungen von Bezugspersonen - seien es nun die Eltern oder die Mitschüler - orientiert sind.

Unterrichtskonzept für eine verantwortungsbewußte Mediennutzung

Die theoretischen Grundlagen und empirischen Befunde unserer Studien legen es nahe, die Weiterentwicklung von Medienbeurteilungen und von sozialen Orientierungen zu einem wichtigen Ziel der Medienerziehung zu erklären. Alle Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe I sollten so gefördert werden, daß sie in ihrer Medienbeurteilung und in ihrer sozialen Orientierung das Niveau 4, möglichst sogar das Niveau 5 erreichen können. Das Erreichen höherer Niveaus muß als wichtige Voraussetzung für eine sachgerechte, selbstbestimmte und sozialverantwortliche Mediennutzung angesehen werden.

Vor diesem Hintergrund haben wir verschiedene Unterrichtskonzepte mit einer entsprechenden Zielvorstellung entwickelt und erprobt (vgl. Tulodziecki u.a. 1995). Ein Beispiel dafür sind unsere Studien zu medienethischen Reflexionen im Unterricht. Dabei ging es vor allem darum, problematische Konfliktverhaltensmuster, wie sie in vielen Medienangeboten nahegelegt werden, zu erkennen und aufzuarbeiten sowie Fragen einer verantwortungsbewußten Mediennutzung zu diskutieren. Beispielsweise wurde mit Bezug auf die aktuelle Sportberichterstattung in den Medien das Problem aufgeworfen, ob es vertretbar sei, einen verletzten Fußballspieler mit deutlichen Gesundheitsrisiken fitzuspritzen, weil er möglicherweise noch das entscheidende Tor für den Einzug in einen lukrativen europäischen Wettbewerb schießen könnte. Im Hinblick auf eine verantwortungsbewußte Mediennutzung wurden verschiedene Alltagssituationen diskutiert. U.a. ging es um einen Jugendlichen, der von seinen Eltern einen Videorecorder mit der Bedingung geschenkt bekommen hat, daß er darauf keine jugendgefährden-

den Horrorfilme abspielt. Als kurz darauf die Eltern für längere Zeit fort sind, erscheinen Freunde mit dem neuesten Horrorfilm und setzen den Jugendlichen unter Druck, den Horrorfilm gemeinsam anzuschauen. Wie soll er sich in dieser Situation verhalten?

In einer empirischen Fallstudie konnten wir zeigen, daß die Jugendlichen durch die Diskussion entsprechender Dilemmata für Fragen medienbeeinflusster Verhaltensorientierungen sowie einer verantwortungsbewußten Mediennutzung sensibilisiert werden und daß Anregungen zur Weiterentwicklung der sozialen Orientierungen wirksam werden. Die Ergebnisse der Fallstudie zeigt Abbildung 3.

Darüber hinaus wurden entsprechende Unterrichtseinheiten in ein medienpädagogisches Programm für Schulen integriert, das

zur Zeit in mehreren Schulen erprobt wird. Die Erfahrungen werden zeigen, in welcher Weise Schulen ihren medienpädagogischen Aufgaben in der Informationsgesellschaft gerecht werden können.

Literatur

Kohlberg, L. (1974): Zur kognitiven Entwicklung des Kindes. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.

Schroder, H.M./ Driver, M.J./ Streufert, S. (1975): Menschliche Informationsverarbeitung. Weinheim: Beltz.

Tulodziecki, G. (1992): Medienerziehung in Schule und Unterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Tulodziecki, G., u.a. (1995): Handlungsorientierte Medienpädagogik in Beispielen. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Nordrhein-Westfalen hat Schwein

Agrarmärkte, Umwelt, ländlicher Raum

Schweinefleisch ist bei den deutschen Verbrauchern beliebt. Der jährliche Pro-Kopf-Verbrauch liegt zwischen 50 und 60 Kilogramm und damit neben dem dänischen an der Spitze in der Europäischen Union. Rund ein Viertel des in Deutschland verbrauchten Schweinefleisches muß deshalb trotz einer hohen inländischen Produktion importiert werden. Die Branche ist einem intensiven Wettbewerb ausgesetzt, der in Preisschwankungen und einem starken Strukturwandel sichtbar wird.

Für die nordrhein-westfälische Landwirtschaft hat die Schweinefleischproduktion einen besonderen Stellenwert. Hier wird etwa ein Viertel aller deutschen Schweine gehalten. Veredlungsschwerpunkt ist dabei das Münsterland. Neben die sich fortsetzende starke regionale Konzentration tritt auch eine zunehmende einzelbetriebliche Konzentration der Schweinehaltung. Beide Konzentrationstendenzen haben mit zu den Nitratproblemen im Grundwasser, zu immer größeren Tierbeständen und zu teilweise weiteren Transportwegen geführt.



Prof. Dr. agr. Hans-Ulrich Henschke
ist seit 1986 Professor für Agrarökonomie und beschäftigt sich u.a. mit Agrarpolitik und Marktlehre im Fachbereich 9/Agrarwirtschaft, Abteilung Soest der Universität Paderborn.

Im Soester Fachbereich Agrarwirtschaft werden im Forschungsgebiet „Agrarmärkte, Umwelt, ländlicher Raum“ aktuelle Fragestellungen der Schweinefleischproduktion bearbeitet. Mit Unterstützung des nordrhein-westfälischen Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft werden in einem



Bedarfsgerechte Fütterung ist Voraussetzung für hochwertiges Schweinefleisch. Erst sorgt die Sau dafür und dann der Landwirt.

	1980	1982	1984	1986	1988	1990	1992	1994	1996
Schweinebestand (in Mio.)	5,5	5,7	6,2	6,5	6,1	5,9	5,9	5,8	5,8
Halter (in Tsd.)	65	60	56	52	45	40	35	30	26
Schweine je Halter	85	94	110	124	136	150	168	192	218

Schweinebestand und Schweinehalter in NRW zwischen 1980 und 1996.

1994 begonnenen Forschungsprojekt „Perspektiven ausgewählter Standorte der Schweinefleischproduktion in Nordrhein-Westfalen (Veredlungsstandorte)“ analysiert. Im folgenden werden daraus erste ausgewählte Ergebnisse zu den bisherigen Entwicklungen dargestellt (vgl. Hensche, Spielhoff, Vogt, 1996).

Ziel dieses Projektes ist es, anhand fundierter Analysen der bisherigen Entwicklungen Szenarien bis ins Jahr 2010 zu erstellen, die ökonomische, regionale, ökologische und soziale Faktoren mit berücksichtigen, um damit standortangepasste Strategien für Schweinehalter und ihre Marktpartner zu entwickeln und für die Politik Hinweise auf gegebenenfalls notwendige Änderungen der Rahmenbedingungen des Veränderungsprozesses sowie seine soziale Abfederung zu geben. Dazu sind neben statistischen Auswertungen auch umfangreiche Literaturanalysen und insbesondere die Einbindung der landwirtschaftlichen Praxis in das Projekt notwendig. Diese anwenderbezogene Vorgehensweise ist kennzeichnend für die Forschungsarbeit am Soester Fachbereich Agrarwirtschaft und wird durch breite, sorgfältig gepflegte Kontakte und die Einbeziehung der Studierenden erleichtert.

Rasante Strukturanpassungen

Die Zahl der in Nordrhein-Westfalen gehaltenen Schweine lag im Zeitraum 1980 bis 1996 zwischen 5,5 und 6,5 Mio. Tieren. Der größte Schweinebestand wurde 1986 erreicht, seither ging er auf 5,8 Mio. Tiere im Jahr 1996 zurück. Aus der Reduzierung der Tierzahl resultiert jedoch kein Rückgang in der Versorgung mit Schweinefleisch, da die kleinere Tierzahl in den vergangenen Jahren über die Steigerung der biologischen Leistungen ausgeglichen werden konnte. So stieg das durchschnittliche Schlachtgewicht der Schweine seit 1980 bei etwa gleichen Mastzeiten um 10 Prozent auf 92 kg an.

Anders als der Schweinebestand entwickelte sich die Anzahl der Schweinehalter. Während 1980 noch von 65 Tsd. Landwirten Schweine gehalten wurden, waren es 1996 nur noch 26 Tsd. und damit weniger als die Hälfte der Ausgangsgröße.

Die amtliche Statistik erlaubt in der normalen Aufbereitung den Schluß, daß vor allem Halter mit kleiner Tierzahl aufgegeben haben, während Halter mit großer Tierzahl hinzugekommen sind. Werden allerdings tatsächliche Entwicklungsschritte untersucht, wie dies im Rahmen dieses Projektes anhand von Wanderungsanalysen und strukturierten Gesprächen mit Landwirten und Beratern der Landwirtschaftskammern Rheinland und Westfalen-Lippe geschehen ist, werden differenzierte Entwicklungen deutlich. Weder werden nur kleine Haltungen aufgegeben, noch wachsen alle großen Haltungen. Vielmehr sind Entwicklungsschritte in alle Richtungen zu beobachten. Dabei werden die

strategischen Entscheidungen in Abhängigkeit von der Ausstattung der Betriebe mit Produktionsfaktoren, den Standortfaktoren und den Einstellungen und Einschätzungen der Betriebsleiter getroffen. Die Vielzahl der einzelbetrieblichen Entwicklungen führte im Untersuchungszeitraum zu einer deutlichen Verschiebung der Wachstumsschwelle nach oben. Heute nimmt nur noch die Zahl der Haltungen mit 600 und mehr Schweinen zu. 1980 waren es noch alle Haltungen mit 200 und mehr Schweinen. Ursache für diese Entwicklung ist eine zunehmende Spezialisierung auf den Höfen und der auch in der Landwirtschaft immer deutlicher werdende Zwang zur Kostensenkung über große Einheiten mit weiterem Einsatz von technischem Fortschritt. Diese Entwicklung wird besonders deutlich in der durchschnittlichen Bestandsgröße, die in Nordrhein-Westfalen von 85 Schweinen je Halter auf etwa 220 angestiegen ist. Hinter diesem Durchschnitt verbirgt sich allerdings ein große Spanne. So standen 1996 über 65 Prozent der Schweine in Haltungen mit 400 und mehr Tieren, die lediglich 20 Prozent der Haltungen ausmachten, während zugleich in Haltungen mit bis zu 20 Schweinen, das waren 1996 noch 28 Prozent aller Haltungen in NRW, weniger als 1 Prozent der Schweine standen. 1980 war die sektorale Konzentration noch nicht so ausgeprägt. Obwohl die Bestandsgrößenstruktur in Nordrhein-Westfalen größer ist als in den meisten anderen Bundesländern, gibt es in den Niederlanden und anderen europäischen Regionen deutlich größere Schweinehaltungen, die allgemein als wettbewerbsstärker angesehen werden.

Trend zur regionalen Konzentration

Die Bedeutung der größeren Haltungen für die Entwicklung der Schweineproduktion wird besonders deutlich, wenn die regionale Entwicklung des Schweinebestandes genauer analysiert wird. Dabei zeigt sich zunächst, daß in den Ballungsgebieten der Schweineproduktion, in den Gebieten also, in denen bereits überdurchschnittlich viele Schweine gehalten werden wie im Münsterland, der Bestand weiter ansteigt. Gleichzeitig geht der Bestand in den Streuungsgebieten der Schweineproduktion anhaltend zurück. Dies führt unter anderem dazu, daß in manchen Gemeinden in den Veredlungszentren mehr Schweine gehalten werden als im gesamten Regierungsbezirk Köln, einer ausgeprägten Streuungsregion der Produktion. Hinzu kommt eine interregionale Arbeitsteilung zwischen Ferkelerzeugern und Schweinemästern, die Ferkeltransporte über weite Entfernungen nach sich zieht. Als Ursachen für diese Entwicklungen werden immer wieder besondere Standortqualitäten aber auch die unterschiedliche Bestandsgrößenstruktur angeführt.



Ohne Computer geht auch in der Schweinehaltung fast nichts mehr.

Vielfältige Ursachen

Um den Einfluß der beiden Ursachenkomplexe auf die regionale Entwicklung des Schweinebestandes quantifizieren zu können, wurde mit der Shift-Analyse ein statistisches Verfahren der empirischen Strukturforschung angewandt. Damit ist es möglich, Entwicklungen in räumliche und strukturelle Komponenten zu zerlegen und die beobachtbaren Veränderungen ursächlich zuzuordnen (Klemmer, 1973, S. 117 ff.). Als Datengrundlage fungieren in der Analyse Querschnitts- und Zeitreihendaten des Schweinebestandes. Im Verlauf der Analyse wird zunächst der Regionalfaktor eines Gebietes ermittelt, der die relativen Entwicklungsbesonderheiten in Bezug zu einer Vergleichsregion quantifiziert. Anschließend wird der Strukturfaktor bestimmt, der die positive oder negative Vorbelastung des Untersuchungsgebietes im Hinblick auf die Bestandsgrößenklassenverteilung der Vergleichsregion verdeutlicht. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, daß die Verteilung des Schweinebestandes auf die verschiedenen Bestandsgrößenklassen die Entwicklung des Bestandes entscheidend beeinflußt. Würde allerdings allein diese Größe die Entwicklung determinieren, dann müßten Regional- und Strukturfaktor identisch sein. Dies ist jedoch nicht der Fall, denn in der wirtschaftlichen Realität wirken noch andere Faktoren, die in der Shift-Analyse aggregiert als Standortfaktor ermittelt werden. Dieser spiegelt die Attraktivität des Untersuchungsgebietes für die Schweineproduktion wider und muß per Definition multipliziert mit dem Strukturfaktor den Regionalfaktor ergeben.



Eine gesunde und zufriedene Schweinefamilie.

Die Shift-Analyse liefert als Ergebnis, daß der Anstieg des Schweinebestandes in den Ballungsgebieten der Produktion hauptsächlich von der guten Ausgangsstruktur (Strukturfaktor) getragen wurde, während der Standortfaktor verdeutlicht, daß andere Größen hemmend auf die weitere Ausdehnung des Bestandes gewirkt haben. In den Streuungsgebieten der Produktion ergibt sich zumeist das umgekehrte Bild.

Die Zukunft gestalten

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage nach der Zukunft der Veredlungswirtschaft, die von Experten durchaus kontrovers diskutiert wird. Auf der einen Seite steht die Tatsache, daß vor allem aus ökologischen Aspekten ein weiterer Ausbau der Schweineproduktion in den Veredlungszentren nicht zu vertreten ist. Auf der anderen Seite sind bislang keine praktikablen Wege erkennbar, in den Streuungsgebieten der Produktion den Rückzug der Veredlungswirtschaft zu bremsen. Dazu wäre vor allem ein Transfer von Kapital und Know-how in diese Gebiete notwendig, der aus den Veredlungszentren kommen könnte und letztlich in einer intensiven Kooperation von Ackerbauer und Veredlungslandwirt münden müßte. Da es aber bislang nur in Einzelfällen erste Ansätze gibt und das Problem der Verteilung der entstehenden Kooperationsrente ungelöst ist, stehen sowohl Landwirte als auch deren Marktpartner vor großen Herausforderungen.

An dieser Stelle soll das Forschungsprojekt wichtige Entscheidungshilfen für die langfristige Ausrichtung der Unternehmen liefern. Dazu werden im weiteren Projektverlauf Extremszenarien für das Jahr 2010 erstellt, die multiple Entwicklungen unterschiedlicher Faktoren berücksichtigen und damit die Extreme eines Entwicklungskorridors aufzeigen. Unter Berücksichtigung der Extremszenarien werden anschließend zukunftsrobuste Strategien für die Unternehmen entwickelt, die unabhängig vom Eintreffen der jeweiligen Szenarien eine gesicherte Weiterführung der Unternehmen gewährleisten.

Literatur

Hans-Ulrich Hensche, Martin Spielhoff und Harald Vogt: Analyse der Schweinefleischproduktion seit 1980 - Ein inter- und intraregionaler Vergleich. Forschungsberichte des Fachbereichs Landbau Soest Universität-Gesamthochschule Paderborn, Nr. 6, Soest 1996.

Klemmer, Paul: Die Shift-Analyse als Instrument der Regionalforschung. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Methoden der empirischen Regionalforschung (1. Teil). S. 117-130, Hannover 1973.



Dipl.-Ing. agr. Martin Spielhoff ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich 9/Agrarwirtschaft, Abteilung Soest der Universität Paderborn und beschäftigt sich mit der Analyse und Prognose der Schweineproduktion.



Dipl.-Ing. agr. Harald Vogt ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich 9/Agrarwirtschaft, Abteilung Soest der Universität Paderborn und beschäftigt sich mit der Analyse und Prognose der Schweineproduktion.

Zur Entwicklung der Ufergehölze an der naturnah ausgebauten Ems bei Rietberg

Bedeutung für den Gewässerschutz

In den Jahren 1984 und 1985 wurde zwischen dem Nordtor in Rietberg und der Mühle Füchthey ein fast 4 Kilometer langer Abschnitt der Ems naturnah ausgebaut.

Der Verfasser hatte während der Jahre 1989 bis 1995 die Aufgabe, an ausgewählten Standorten im Bereich des neu gestalteten Emsabschnittes Änderungen in der Entwicklung der Vegetation, der Böden und des Geländeklimas zu untersuchen. Der folgende Beitrag enthält einige Forschungsergebnisse zur Entwicklung der Erlenbestände in den Jahren 1989 bis 1995 und ihre Bedeutung für den Gewässerschutz.

Die Bepflanzung der überwiegend bis zu 5 Meter breiten Uferböschungen der Ems (Bild) erfolgte im wesentlichen mit *Alnus glutinosa* (Schwarzerle). Daneben fanden, vor allem in den oberen Bereichen der Böschungen, gelegentlich auch andere Baum- und Straucharten Verwendung, u.a. *Quercus robur* (Stiel-Eiche), *Salix cinerea* (Grau-Weide), *Salix aurita* (Ohr-Weide) und *Frangula alnus* (Faulbaum).

Entwicklung der

Erlenbestände von 1989 bis 1995

Im Uferbereich der Ems ist als heutige potentielle natürliche



Prof. Dr. rer. nat.

Horst Wedeck

ist seit 1980 Professor für Landschaftsökologie und Landschaftsplanung im Fachbereich 7/Landschaftsarchitektur und Umweltplanung, Abteilung Höxter der Universität Paderborn.

Vegetation, also die Vegetation, die sich nach Aufhören des menschlichen Einflusses einstellen würde, ein Traubenkirschen-Erlen-Eschenwald (*Pruno-Fraxinetum*) zu erwarten. In den Sandgebieten des Ostmünsterlandes kommen im Bereich ähnlicher Standorte auf vergleyten, anmoorigen sowie mehr oder weniger basenreichen und kalkhaltigen Böden noch heute zahlreiche Reste des Traubenkirschen-Erlen-Eschenwaldes vor (vgl. u.a. TRAUTMANN 1966).



Abb. 1: Blick von der Brücke südlich des Hardthofes emsabwärts. Das linke Emsufer ist in diesem Abschnitt vollständig, das rechte nur teilweise mit Schwarzerlen bepflanzt worden. Stand: Sommer 1994.

Die Baum- und Strauchschicht naturnaher Bestände des Traubenkirschen-Erlen-Eschenwaldes besteht vor allem aus *Alnus glutinosa* (Schwarzerle), *Fraxinus excelsior* (Esche), *Prunus padus* (Trauben-Kirsche), *Cornus sanguinea* (Hartriegel), *Viburnum opulus* (Wasser-Schneeball), *Corylus avellana* (Hasel), *Sambucus nigra* (Schwarzer Holunder), *Euonymus europaeus* (Pfaffenhütchen), *Crataegus monogyna* und *laevigata* (Eingrifflicher und Zweigrifflicher Weißdorn), *Rosa canina* (Feldrose), *Salix caprea* (Sal-Weide) und *Salix cinerea* (Grau-Weide).

In der Bodenvegetation sind neben *Anemone nemorosa* (Busch-Windröschen), *Viola reichenbachiana* (Wald-Veilchen) und *Milium effusum* (Flattergras) vor allem Feuchtezeiger wie *Athyrium filix-femina* (Wald-Frauenfarn) und *Carex remota* (Winkelsegge) sowie nässeliebende Arten wie *Lysimachia vulgaris* (Gelb-Weiderich) und *Filipendula ulmaria* (Mädesüß) zu nennen. Aufgrund der basen- und nährstoffreichen Böden im Bereich der Ufersäume dürfte im Gebiet ausschließlich eine reiche Ausbildung mit *Ranunculus ficaria* (Scharbockskraut), *Ranunculus auricomus* (Gold-Hahnenfuß), *Arum maculatum* (Aaronstab), *Primula elatior* (Hohe Schlüsselblume), *Stachys sylvatica* (Wald-Ziest) und *Geum urbanum* (Echte Nelkenwurz) vorkommen.

Die Vegetation der Erlen-Pflanzbestände enthält zur Zeit, abgesehen von der Schwarzerle, so gut wie keine Art, die auf eine Entwicklung zu einem Traubenkirschen-Erlen-Eschenwald hindeutet. Als einzige Waldart der Krautschicht wurde 1995 erstmals *Stachys sylvatica* in einigen Exemplaren angetroffen. Dagegen haben sich im Zeitraum zwischen 1989 und 1995 vor allem Arten der Ruderal-Gesellschaften (Artemisietea) stark ausgebreitet, die vorzugsweise auf nährstoff- und vor allem stickstoffreichen Böden wachsen. Allein die 4 Arten *Urtica dioica* (Große Brennnessel), *Glechoma hederacea* (Gundelrebe), *Aegopodium podagraria* (Giersch) und *Galium aparine* (Kletten-Labkraut) nahmen 1995 fast 100 Prozent der Krautschicht ein, während ihr Anteil 1989 meist unter 30 Prozent lag.

Die Ergebnisse der Untersuchungen zur Entwicklung der Erlenbestände während der Jahre 1989 bis 1995 lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen:

- Bis heute, also mehr als 10 Jahre nach dem naturnahen Ausbau der Ems, sind noch keine Ansätze zu einer naturnäheren Entwicklung der Erlenbestände zu erkennen.
- Angesichts der geringen Breite der für einen Traubenkirschen-Erlen-Eschenwald zur Verfügung stehenden Uferstreifen und der großen Zahl an nitrophilen Arten stellt sich die

Frage, ob sich auf diesen Standorten jemals naturnahe Waldbestände entwickeln können. Voraussichtlich werden sie selbst unter optimalen Voraussetzungen künftig eine erhebliche Zahl an bestandsfremden Arten enthalten. Aber auch ein derartiger Zustand ist im Vergleich mit der Situation vor dem Ausbau der Ems als Fortschritt zu bezeichnen.

- Die Erlenbestände zeigten 1989 und 1995 nur im Uferbereich und stellenweise auch bis zur Böschungsmitte gute Wuchslleistungen. Oberhalb der Böschungsmitte werden die Wuchslleistungen der Erle zunehmend schlechter. Zahlreiche abgestorbene Bäume sind ein deutlicher Hinweis darauf, daß diese Standorte für die Schwarzerle nicht geeignet sind.
- Die Erlenbestände lassen bisher keine Anzeichen für eine Entwicklung zu einer größeren Naturnähe erkennen. Daher ist zu überlegen, ob nicht zur Einleitung und Beschleunigung der natürlichen Entwicklung auf diesen Flächen inselartig kleine Mengen an Bodenmaterial aus geeigneten Waldflächen der Umgebung eingebracht werden sollten, die zumindest die wichtigsten Strauch- und Krautarten in Form von Samen enthalten.

Bedeutung der Gehölzbestände für den Gewässerschutz

Im Bereich des etwa 2 Kilometer langen Emsabschnittes zwischen der Kläranlage Rietberg (Nähe der Bundesstraße 64) und der Mühle Füchthey wurden von Januar bis Dezember 1994 in jedem Monat an 7 Stellen Wasserproben aus der Ems entnommen. Die 7 Entnahmestellen waren mehr oder weniger gleichmäßig auf diese Strecke verteilt. Die Probestellen 1 und 2 lagen unmittelbar oberhalb bzw. unterhalb des Auslaufes aus der Kläranlage in die Ems. Die Meßstelle 7 befand sich an der Mühle Füchthey. Von den gemessenen Parametern sind die Stickstoffverbindungen (Nitrat, Nitrit und Ammonium) besonders interessant, da sie im Untersuchungsgebiet zum großen Teil abgebaut werden.

Die Nitrat-Gehalte liegen in naturnahen, wenig belasteten Gewässern meist zwischen 0,4 und 8 mg/l (HÜTTER 1992). Geht man im Untersuchungsgebiet von etwa 4 mg/l als Mittelwert aus, dann ist die Ems hier mit Werten zwischen 5,2 und 19,8 mg/l (Tab. 1) als mehr oder weniger stark belastet einzustufen.

Bei der Verteilung der Nitrat-Gehalte ist ein deutlicher Jahresgang festzustellen (vgl. Tab. 1). In den Monaten, Januar, Februar, März und April (5,2 - 8,4 mg/l) sind sie besonders gering, während in den Monaten Juni, Juli, August und September mit

Meßstelle	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
1	6,3	7,9	7,0	8,2	15,3	18,5	19,1	19,0	18,7	16,4	14,5	12,5
2	8,2	7,2	6,3	8,4	16,9	19,3	19,8	19,3	18,5	18,8	14,3	13,2
3	7,4	6,9	6,1	8,1	16,7	19,2	19,8	19,2	18,3	15,5	15,1	12,9
4	7,1	6,2	5,9	7,6	17,0	19,1	19,3	19,3	18,2	15,4	15,3	11,9
5	7,1	6,0	5,4	7,5	16,6	19,1	19,1	19,2	18,3	15,2	14,8	11,8
6	6,9	6,0	5,2	7,2	17,0	18,1	18,7	18,6	18,0	16,3	14,1	10,6
7	6,4	5,9	5,3	7,1	16,5	18,1	18,6	19,0	18,2	16,2	12,5	10,6

Tabelle 1: Nitrat-Gehalte in der Ems zwischen der Kläranlage Rietberg und der Mühle Füchthey in mg/l. Meßzeitraum: Januar - Dezember 1994. Die Messungen erfolgten mit dem Photometer LPW 10 der Firma Lange. Meßstelle 1 = oberhalb der Kläranlage Rietberg, Meßstelle 2 = unterhalb der Kläranlage Rietberg, Meßstelle 7 = Mühle Füchthey.

Nr. der Standorte	Bodentiefe in cm	Röhrichtböden im Bereich der Ufersäume							Röhrichtböden im Bereich der Böschungsmitte	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nitrat (NO ₃)-Gehalt	0-10	14,1	10,8	14,5	14,4	3,6	12,7	17,5	4,6	10,2
	20-30	8,2	10,1	1,0	12,3	6,5	19,1	11,1	11,4	16,4
	40-50	1,5	2,9	1,0	8,2	3,9	17,7	8,3	7,1	3,1

Tabelle 2: Nitrat-Gehalte (mg/100 g Boden) in ufernahen Böden zwischen der Kläranlage Rietberg und der Mühle Füchty. Tag der Probenahme: 7.9.1993. Zur Meßmethode siehe Tabelle 1.

18,0 - 19,8 mg/l die höchsten Werte gemessen wurden. Bemerkenswert ist, daß die Nitrat-Werte von der Meßstelle 1, vor allem aber von dem Meßpunkt 2 an bis hin zur Probestelle 7 in fast allen Monaten deutlich abnehmen. Allerdings erfolgt die Abnahme nicht immer kontinuierlich. Sie beträgt in den Sommermonaten meist 1 - 2 mg/l, während in den Wintermonaten etwa 2 - 2,5 mg/l erreicht werden. Es handelt sich also nur um ziemlich kleine Mengen, die jedoch in den Wintermonaten 20 Prozent und mehr des Gehaltes an den Meßstellen 1 und 2 ausmachen können. Eine ähnliche Entwicklung wurde auch bei den Nitrit- und Ammonium-Gehalten festgestellt.

Die emsabwärts festgestellte Abnahme der Nitrat-Konzentrationen dürfte vor allem auf biologische Abbauprozesse zurückzuführen sein (vgl. REMY 1992). Einen wichtigen Beitrag zur Verringerung der Gewässerbelastung leisten dabei die uferbegleitenden Gehölzbestände, die den Wasserlauf gegen die Einträge aus den angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen abschirmen.

Auffällig ist, daß auch der chemische Sauerstoffbedarf, der hier nicht dargestellt werden konnte, in fast allen Monaten meist mehr oder weniger deutlich von der Meßstelle 1 bis zur Meßstelle 7 abnimmt und somit eine deutliche Korrelation mit den gemessenen Nitrat-Gehalten aufweist.

Gehölzbestände zeichnen sich in der Regel durch besondere geländeklimatische Eigenschaften aus. Sie weisen im Vergleich mit offenen, d.h. nicht mit Gehölzen bewachsenen Flächen u.a. erheblich geringere Windgeschwindigkeiten sowie einen schlechten Luftaustausch auf und sind daher in der Lage, Stäube und Gase aus der Luft auszufiltern. Bäume und Sträucher werden aus diesem Grunde häufig für Immissionschutzpflanzungen verwendet. Zu den nachteiligen Folgen gehört allerdings, daß die Böden mit den ausgefilterten Nähr- und Schadstoffen angereichert werden. Am Beispiel der Nitrat-Gehalte in einigen unmittelbar an Erlenbestände angrenzenden Röhrichtböden im Uferbereich und in der Mitte der Uferböschungen wird deutlich, daß es sich dabei um erhebliche Mengen handeln kann (Tab. 2). Aufgrund ihrer leichten Löslichkeit werden Nitrate leicht ausgewaschen. Sie nehmen daher bei nicht oder nur gering belasteten Standorten normalerweise von den oberen zu den unteren Bodenschichten zu. Wie aus der Tabelle 2 hervorgeht, wurden in den Böden der Röhrichte jedoch die höchsten Werte in den oberen und z.T. auch in den mittleren Bodentiefen gemessen. Dies ist ein deutlicher Hinweis darauf, daß die Anreicherung der Böden mit Nitrat durch Einwehung aus den angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen erfolgt ist. STEUBING und FANGMEYER (1992) geben als Richtwert für normal mit Nitrat

versorgte Ackerböden 5 mg/100 g Boden an. Diese Werte werden im Untersuchungsgebiet meist erheblich überschritten, obwohl hier keine Düngung erfolgt.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen, daß die etwa 5 Meter breiten Gehölzstreifen auf jeder Seite des Wasserlaufes für die Ems und die angrenzenden Uferbereiche keinen ausreichenden Schutz gegen Immissionen darstellen. Bis heute ist die Frage nicht geklärt, wie breit Gehölzstreifen sein müssen, damit z.B. zum Schutz von Gewässern und der angrenzenden Uferstreifen oder bei der Anlage von Biotopverbundsystemen zumindest die Kernbereiche mehr oder weniger frei von Immissionen bleiben.

Zusammenfassung

In den Jahren 1984 und 1985 wurde die Ems bei Rietberg vor allem durch die Anpflanzung von Schwarzerlen naturnah ausgebaut. Bis heute, also mehr als 10 Jahre nach dem Ausbau der Ems, sind noch keine Ansätze zu einer naturnäheren Entwicklung zu erkennen. Somit stellt sich die Frage, ob nicht zur Einleitung und Beschleunigung der natürlichen Entwicklung kleine Mengen an Bodenmaterial von geeigneten Waldstandorten der Umgebung eingebracht werden sollten.

Die Gehölzbestände stellen, wie am Beispiel des Nitrates gezeigt wurde, eine wirksame Pufferzone gegen Einträge aus den angrenzenden landwirtschaftlich genutzten Flächen dar. Andererseits filtern sie Gase und Stäube aus, die, wie die gemessenen Nitrat-Werte zeigen, zu einer erheblichen Belastung der Standorte führen.

Literatur

- HÜTTER, L. A.: Wasser und Wasseruntersuchung. Methodik, Theorie und Praxis chemischer, chemisch-physikalischer, biologischer und bakteriologischer Untersuchungsverfahren. 516 S. Aarau, Frankfurt am Main, Salzburg 1992.
- REMY, D.: Pflanzensoziologische und standortkundliche Untersuchungen an Fließgewässern Nordwestdeutschlands. Westf. Mus. für Naturkde. 118 S. Münster 1993.
- STEUBING, L. & FANGMEYER, A.: Pflanzenökologisches Praktikum. Gelände- und Laborpraktikum der terrestrischen Pflanzenökologie. 205 S. Stuttgart 1992.
- TRAUTMANN, W.: Erläuterungen zur Karte der potentiellen natürlichen Vegetation der Bundesrepublik Deutschland 1 : 200 000 Blatt 85 Minden. Schr.Reihe Vegetationskde. 1. 138. S. Bad Godesberg 1966.

Können Kristalle flüssig sein?

Flüssigkristalle als vierter Zustand der Materie

„Alles fließt“ sagte Heraklit um 500 v. Chr. und meinte damit wohl, alle Dinge seien einem ewigen Wechsel unterworfen. Aber können auch Kristalle fließen? Der Begriff „Flüssiger Kristall“ ist scheinbar ein *contradictio in adjectis*. Denn wir meinen: was fest ist, kann nicht fließen und was flüssig ist, faßt sich nicht fest an. Dennoch: flüssige Kristalle umgeben uns im täglichen Leben.

Auf Armbanduhren zeigen sie uns Datum und Tageszeit digital ohne Zeiger an, sie dienen zur Darstellung von Ziffern und Zeichen auf Taschenrechnern und elektrischen Meßgeräten und zur Temperaturanzeige an Kühlschränken. Textdarstellung auf Laptops und Bildübertragung auf tragbaren Fernsehgeräten geschieht mit Hilfe von Flüssigkristallen.

Der Botaniker Friedrich Reinitzer entdeckte 1888 an der Deutschen Universität in Prag, daß Ester des Cholesterins scheinbar zwei Schmelzpunkte besitzen, ein Phänomen, das bald darauf Otto Lehmann, Professor für Physik in Karlsruhe, durch die Existenz „fließender Kristalle“ erstmals richtig deutete.

Wie sind flüssige Kristalle strukturiert?

Im Alltag kennen wir drei Aggregatzustände der Materie: fest, flüssig und gasförmig, wie sie in Form von Eis, Wasser und



Abb.1: Das Freiburger Straßenpflaster symbolisiert eine optimale Molekülanordnung in einem Flüssigkristall.



Prof. Dr. rer. nat. Horst Stegemeyer ist seit 1974 Professor für Physikalische Chemie im Fachbereich 13/Chemie und Chemietechnik an der Universität Paderborn.

Wasserdampf auftreten. Ihre Struktur läßt sich sehr einfach durch das Verhalten der Besucher eines Theaters beschreiben: Während der Vorstellung sitzen die Menschen auf festen Plätzen und bewegen sich nur wenig; so sind die Atome oder Moleküle im Kristallgitter eines Festkörpers auf Gitterplätzen fixiert und schwingen nur wenig um ihre Ruhelage. In der Pause strömen die Besucher durch die Gänge ins Foyer des Theaters, sie bewegen sich wie die Teilchen in einer Flüssigkeit, die stets die Gestalt annimmt, die ihr das Gefäß vorgibt. Nach Schluß der Vorstellung streben die Besucher zu Fuß, per Auto oder Straßenbahn nach Hause in verschiedene Gegenden, sie sind nun sehr weit voneinander entfernt wie Teilchen in einem Gas, die keine Beziehung mehr zueinander haben.

Der vierte Zustand der Materie

Flüssige Kristalle stellen einen vierten Zustand der Materie dar, der die Eigenschaften sowohl von Festkörpern als auch von Flüssigkeiten in sich vereint. Das Problem, eine möglichst große Menge von Streichhölzern in einer Schachtel unterzubringen, läßt sich lösen, indem man sie parallel packt. Moleküle von langgestreckter Gestalt wie Streichhölzer oder Zigarren lassen sich synthetisch herstellen; man kennt heute etwa 50 000 Beispiele davon. Normalerweise sind die Moleküle in einer Flüssigkeit wie Benzin oder Öl völlig ungeordnet gepackt und bewegen sich in allen Richtungen gleichartig. Man bezeichnet solche Flüssigkeiten daher nach dem Griechischen als „isotrop“. Anders die Zigarren-Moleküle: Wie Streichhölzer in der Schachtel liegen sie am liebsten mit ihren Längsachsen parallel. Da diese Anordnung der Moleküle und ihre Bewegung nun nicht mehr in allen drei Raumrichtungen gleich ist, nennt man derartige Flüssigkeiten „anisotrop“. Die optischen Eigenschaften solcher anisotroper Flüssigkeiten hängen wie bei festen Kristallen von der Rich-

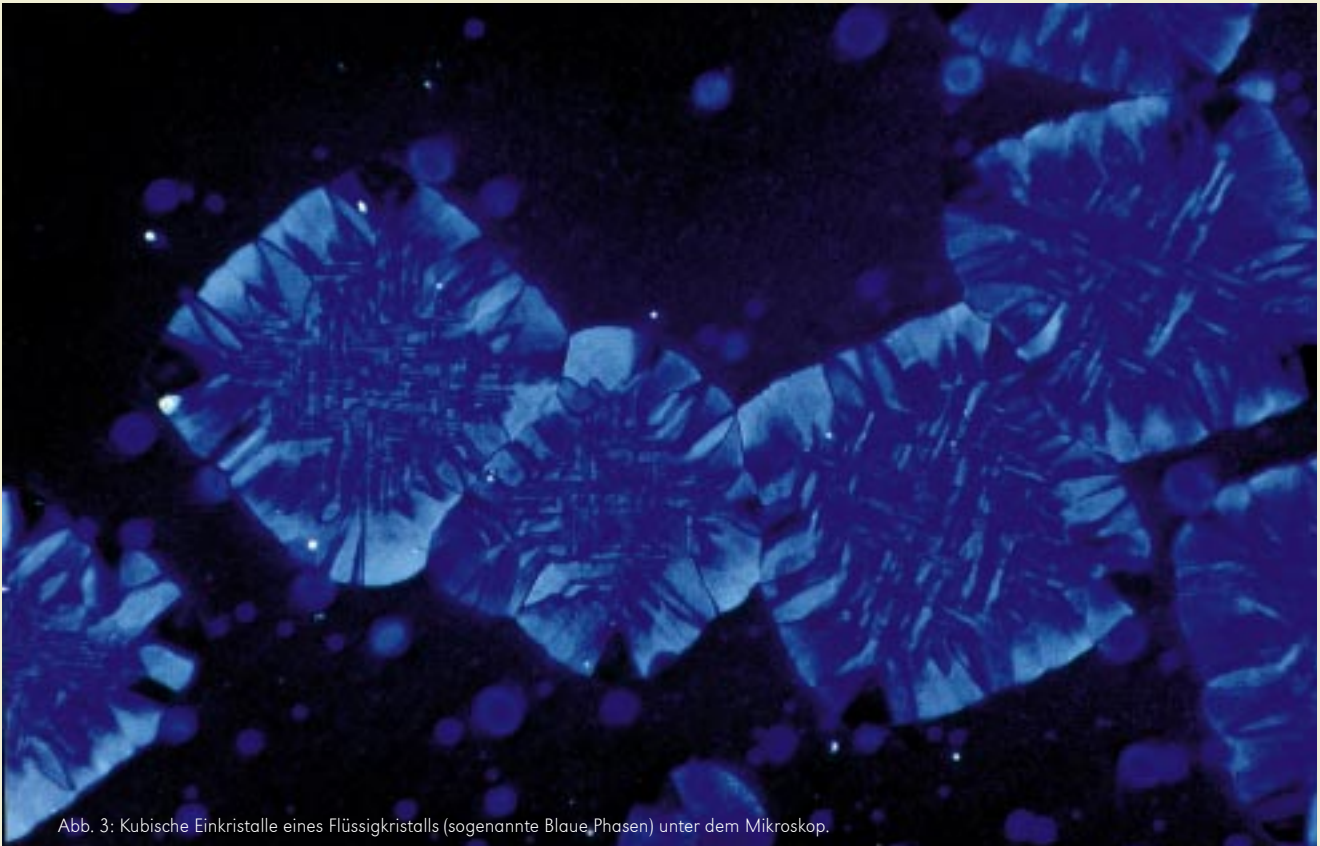


Abb. 3: Kubische Einkristalle eines Flüssigkristalls (sogenannte Blaue Phasen) unter dem Mikroskop.

tung ab. Man kann eine solche anisotrope Orientierung am Freiburger Straßenpflaster gut beobachten, wo länglich gespaltene Rheinkiesel in einem Parallelmuster angeordnet sind (Abb. 1). Die Zigarren-Moleküle sind aber nicht wie Steine fixiert,

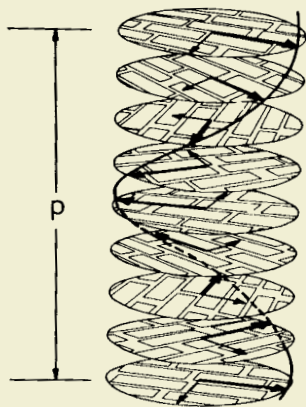


Abb. 2: Helix-Struktur der Molekülanordnung in einem cholesterischen Flüssigkristall (p : Helix- oder Schraubengängehöhe).

sondern bilden eine Flüssigkeit, in der immer eine thermisch verursachte Bewegung herrscht. Sie schwingen dabei um ihre Längsachsen und zwar um so mehr, je höher die Temperatur steigt, bis oberhalb einer bestimmten Temperatur die Längsachsen der Zigarren-Moleküle völlig ungeordnet sind. Bei dieser sogenannten Klärtemperatur, geht der „anisotrope“ Flüssigkristall in die ganz normale „isotrope“ Flüssigkeit über. Dieser Vorgang kann umgekehrt werden, beim Abkühlen bildet sich der flüssigkristalline Aggregatzustand zurück, da sich die Zigarrenmoleküle nun wieder parallel anordnen.

Wie können aus kristallinen Flüssigkeiten Ziffern und Zeichen werden?

Das läßt sich am Beispiel eines einfachen Flüssigkristall-Displays demonstrieren: Der Chemiker kann die Zigarren-Moleküle so mit polaren Gruppen bestücken, daß sie alle bei Anlegen einer elektrischen Spannung in eine bestimmte Richtung weisen. In

eine solche einheitliche Richtung gezwungen, kann ein Flüssigkristall je nach Art der chemischen Zusammensetzung das Licht reflektieren oder durchlassen. Der Flüssigkristall wird in einer Dicke von wenigen Mikrometern zwischen zwei Glasplatten gepreßt, auf die elektrisch leitende Masken aufgedampft sind, an die eine elektrische Spannung angelegt wird. Diese Masken bestehen aus einer Reihe von isolierten Segmenten, die einzeln angesteuert werden können. So kann man z.B. aus 7 Segmenten alle Ziffern darstellen, indem die Moleküle nur im Bereich bestimmter Segmente elektrisch ausgerichtet werden und dort und nur dort das Licht reflektieren. Beim Abschalten der Spannung werden die Zeichen wieder gelöscht. Der Vorteil solcher elektrooptischer Flüssigkristall-Anzeigen liegt in ihrem extrem niedrigen Stromverbrauch und geringem Platzbedarf. Deshalb, und weil sich auch relativ große Symbole darstellen lassen, haben sie in tragbaren Geräten fast alle anderen Arten von elektro-optischen Anzeigeelementen verdrängt.

Information bleibt nach Abschalten der Spannung stabil

Seit einiger Zeit beanspruchen sogenannte ferroelektrische Flüssigkristalle ein besonderes Interesse, bei denen in einem linearen elektrooptischen Effekt sehr schnell im μsec -Bereich zwischen zwei optisch unterscheidbaren Zuständen geschaltet werden kann. Das molekulare Design derartiger ferroelektrischer Flüssigkristall-Materialien wurde im Fach Physikalische Chemie der Universität Paderborn eingehend studiert. Es wurden neuerdings ferroelektrische Flüssigkristall-Anzeigen zur Marktreife entwickelt, in denen die eingeschriebene Information auch nach Abschalten der Spannung stabil bleibt, wodurch eine Anwendung als schnelle Informationsspeicher möglich ist, und die als flache Bildschirme für Personal-Computer Verwendung finden.

Spezielle Farbmuster weisen oberflächennahe Tumore nach

Eine andere Art von Flüssigkristallen leitet vom Cholesterin ab und wird deshalb cholesterischer Flüssigkristall genannt. An diesen Substanzen

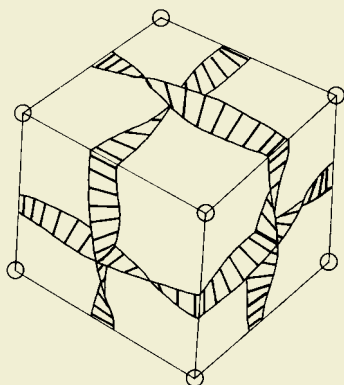


Abb. 4: Kubische Gitterstruktur von Defekten in einer dreidimensionalen Helixanordnung (Modell der Blauen Phasen).

wurden vor mehr als 100 Jahren die flüssigkristallinen Eigenschaften von Friedrich Reinitzer erstmals beobachtet. In den cholesterischen Flüssigkristallen sind die Zigarren-Moleküle in Form einer Helix angeordnet, deren Drehsinn wie bei einer Schraube links- oder rechtshändig sein kann (Abb. 2). Sie sind deshalb optisch aktiv und reflektieren selektiv nur einen

Teil des farbigen Lichtes. Da die Reflexionsfarbe dieser Flüssigkristalle von ihrer Temperatur abhängt, kann man sie benutzen, um Temperaturen sichtbar zu machen und z.B. Thermometer bauen, die anzeigen, ob der Wein die richtige Trinktemperatur besitzt. Durch die Lichtreflexion cholesterischer Flüssigkristalle, die an sich völlig farblos sind, lassen sich zweidimensionale Temperaturfelder visuell darstellen. Mit Hilfe dieser sogenannten Thermotopographie lassen sich in der medizinischen Diagnostik oberflächennahe Tumore durch spezielle Farbmuster nachweisen, da gesundes Gewebe auf Grund unterschiedlicher Durchblutung eine andere Temperatur besitzt. Mit der gleichen Methode kann man in der Werkstoffprüfung Oberflächenfehler z.B. in Metallklebverbindungen erkennen oder die Strömungsverhältnisse an einem Prüfkörper im Strömungskanal sichtbar machen.

Die Züchtung blauer flüssiger Einkristalle

An cholesterischen Flüssigkristallen beobachtet man noch eine interessante Spielart der Natur, welche die Verwandtschaft zu festen Kristallen besonders eindringlich aufzeigt. Man findet bei ihnen in einem extrem kleinen Temperaturbereich unterhalb der isotropen Flüssigphase sogenannte Blaue Phasen, die thermodynamisch stabil sind und historisch ihre Bezeichnung auf Grund der Reflexion von blauem Licht erhielten. Im Fach Physikalische Chemie der Universität Paderborn gelang es erstmals, diese Blauen Phasen in Form von würfelförmigen flüssigen Einkristallen zu züchten (Abb. 3). Damit wurde die zunächst als Hypothese formulierte kubische Gitterstruktur der Molekülanordnung in den Blauen Phasen bewiesen. Molekulare Helixstrukturen, wie in Abb. 2 gezeigt, lassen sich nämlich im dreidimensionalen Raum nicht ohne eine Frustration der Materie anordnen: Es entstehen Störungen oder Defekte, die ein dreidimensionales kubisches Gitter aufbauen, vergleichbar mit der kubischen Anordnung von Natrium- und Chlor-Ionen in einem Kochsalzkristall, nur daß die Gitterparameter in den Blauen Phasen um Größenordnungen höher sind (Abb. 4). Die Abstände der Defekte erreichen die Größe der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes, so daß die von festen Kristallen bekannte Bragg-Streuung die Farbe der Kristalle bewirkt.

„Rubies“ reflektieren sichtbares Licht im roten Spektralbereich

Da nach den Gesetzen der Kristallographie auch Kristalle mit rhombendodekaedrischer Tracht zur kubischen Klasse gehören, verwunderte es nicht, daß in Paderborn auch solche flüssigen Einkristalle in dreidimensionaler Form gezüchtet werden konnten. Diese „Rubies“ reflektieren sichtbares Licht im roten Spektralbereich auf Grund ihrer größeren Gitterdimensionen, so daß der Name „Blaue Phasen“ nur historisch zu verstehen ist (Abb. 5). Beobachten kann man solche morphologisch ebenso gut wie feste Kristalle ausgebildeten Formen unter dem Polarisationsmikroskop. Wenn man allerdings die in dünner Schicht zwischen zwei Objektträgern präparierten flüssigen Einkristalle mechanisch durch Scheren beansprucht, zerfließen die dreidimensionalen Kristalle, da eben - wie Heraklit sagte - alles fließt.

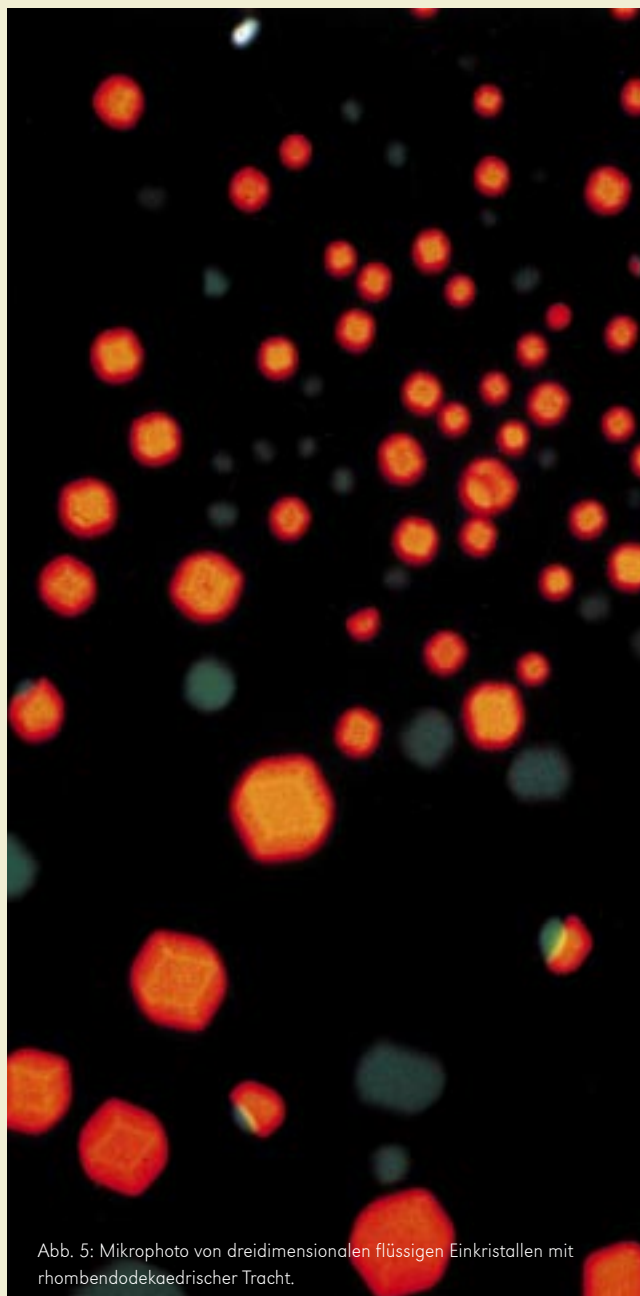


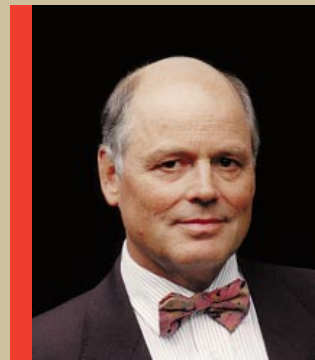
Abb. 5: Mikrophoto von dreidimensionalen flüssigen Einkristallen mit rhombendodekaedrischer Tracht.

Hochdruck in Natur und Technik

Forschung in der Hochdruckphysik

Mit hohen Drücken werden Düngemittel und Kunststoffe in großem Umfang hergestellt. Koffeinarmes Kaffeepulver erhält man durch Hochdruck-Prozesse. Lebensmittel werden neuerdings durch Hochdruck sterilisiert, und Diamant-Synthesen unter hohem Druck liefern heute den größten Teil der Industrie-Diamanten. Kann man von Hochdruck-Forschung mehr erwarten?

Wenn man die Hochdruck-Physik in einen größeren Rahmen einordnen will, kann ein Blick auf die in der Natur und Technik auftretenden hohen Drücke helfen (Abb. 1). Vom Wetterbericht sind zunächst für den Luftdruck unserer Atmosphäre die Druckeinheiten 1 atm (1 bar = 1 000 hPa (sprich: Tausend-Hektopascal) bekannt. Der Druck der Wassermassen in den Tiefseegräben der Weltmeere erreicht Werte über 1 kbar (Kilo-Bar) und für den inneren Kern der Erde liefern die geophysikalischen Erdmodelle Werte von 3.6 Mbar (Mega-Bar), d.h. von 360 GPa (Giga-Pascal) in den heute empfohlenen Einheiten. Bei industriellen Hochdrucksynthesen werden dagegen kaum mehr als 3 kbar angewandt. Nur bei der Umwandlung von (hochreiner) Kohle aus der Graphit-Struktur in die Diamant-Struktur werden großtechnisch Drücke bis 60 kbar benötigt. Ähnlich hohe Drücke werden für Bruchteile eines Augenblicks (d.h. für Zeiten von

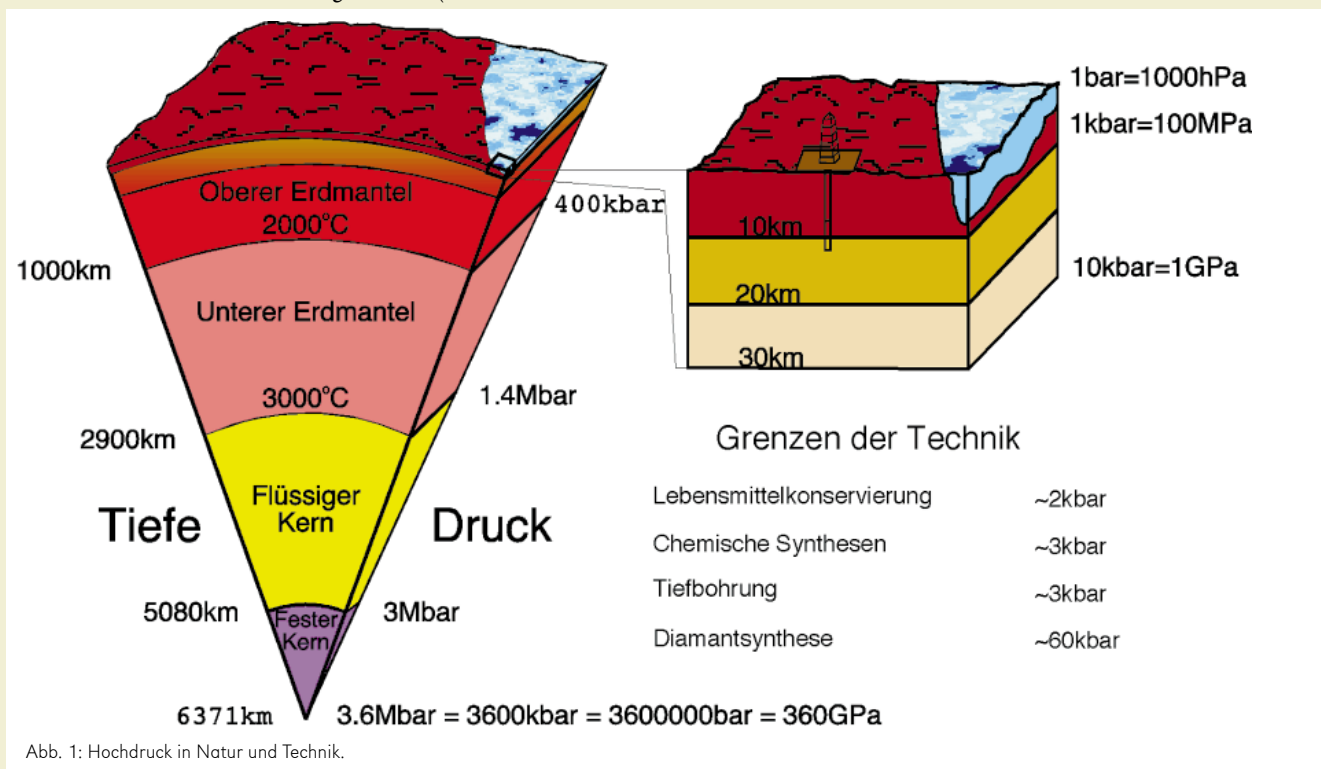


Prof. Dr. rer. nat. Wilfried B. Holzapfel ist seit 1978 Professor für Experimentalphysik im Fachbereich 6/Physik an der Universität. Seine Arbeitsgebiete sind Festkörperphysik, Zustandsgleichungen, Phasenübergänge, Kristallstrukturen sowie optische Eigenschaften von Festkörpern unter hohem Druck.

etwa 100 ns oder weniger als eine millionstel Sekunde) mit Sprengladungen bei Explosionen erreicht.

Hochdruck-Erzeugung im Labor

Für wissenschaftliche Untersuchungen kann man im Labor heute mit relativ einfachen Mitteln Drücke bis über 5 Mbar für beliebig lange Zeit in kleinen Diamantstempel-Hochdruckzellen genau nach Wunsch einstellen (Abb. 2). Dabei werden zunächst



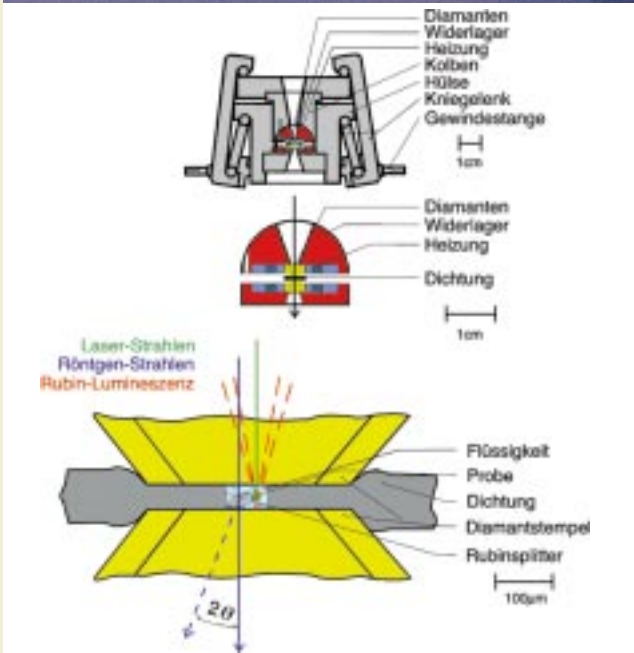
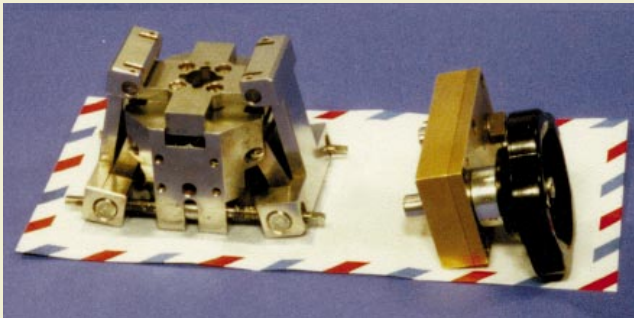


Abb. 2: Die Diamantstempel-Hochdrucktechnik
 oben: Hochdruckzelle mit Handgetriebe
 Mitte: Querschnitt durch Hochdruckzelle und Diamant-Widerlager mit Heizung
 unten: Querschnitt durch die Hochdruckzone zwischen den Diamantstempeln. Typische Probengrößen sind 10 - 100 µm Durchmesser, das entspricht etwa der Dicke eines Haares.

in einer faustgroßen mechanischen Druckzelle über Getriebe, Gewindestangen, Kniegelenke und Kolben-Zylinder-Führungen genau kontrollierte Kräfte, die etwa dem Gewicht eines PKW's entsprechen, an zwei besonders gut unterstützten Diamanten so angelegt, daß in einer metallischen Dichtscheibe zwischen den stumpfen Spitzen der Diamanten eine eingeschlossene Flüssigkeit bei der Verformung der Dichtscheibe schließlich den gewünschten Druck auf die spezielle Probe ausübt (Abb. 2). Hierbei dienen die Diamanten auch noch als Fenster, durch die man die Probe mit einem Mikroskop beobachten kann. Mit Laserlicht kann ein kleiner zusätzlicher Rubinsplitter im Probenraum zum Leuchten angeregt werden und eine genaue Messung der Farbänderung der Rubinlumineszenz erlaubt dann eine genaue Druckbestimmung. Neben optischen Messungen der Absorption oder der Farbe des zurückgestreuten Lichts der Probe, d.h. neben Absorptions-, Lumineszenz- oder Raman-Spektroskopien, ermöglichen die Diamantfenster auch Messungen mit Röntgen-Strahlen, z.B. Röntgen-Absorptions- und Mößbauer-Spektrometrie sowie Röntgen-Beugung. Dabei liefert insbesondere die Röntgen-Beugung genaue Informationen über Kristallstrukturen, also über die Anordnung der Atome in der untersuchten Probe.

Was erreicht man mit hohem Druck?

Zunächst erwartet man, daß unter Druck alle Abstände zwischen den Atomen nur wie elastische Federn zusammengestaucht werden. Der Zusammenhang zwischen Druck und atomaren Abständen sagt dann etwas über die Bindungskräfte aus. Sind die Bindungen schwach, wie bei Gummi, oder hart, wie bei Diamanten? Oft ändert sich bei einem bestimmten Druck spontan die Anordnung der Atome zueinander. Man spricht dann von einem strukturellen Phasenübergang. Mit solchen strukturellen Änderungen sind im allgemeinen auch drastische Änderungen aller anderen physikalischen Eigenschaften verknüpft. Die Farbe kann sich ändern: Gelber Schwefel wird orange, rot, schwarz und schließlich metallisch glänzend (Abb. 3). Dabei gehen schwache Bindungen zwischen komplexen Schwefelmolekülen schließlich in starke metallische Bindungen über. Beispiele für verschiedene Packungsmöglichkeiten von Atomen in unterschiedlichen Kristallstrukturen sind in der Abb. 4 zusammengestellt. Die hier gezeigten einfachsten Strukturtypen beobachtet man natürlich nur bei „elementaren“ festen Stoffen, d.h. bei den „Elementen“, die nur aus einer Atomsorte bestehen. Dabei ist der Zusammenhang zwischen „Struktur“ und anderen physikalischen Eigenschaften für die heute weit entwickelten theoretischen Vorhersagen von Festkörpereigenschaften von besonderem Interesse. Hoher Druck liefert in besonders einfacher Weise neue Strukturen zum Test solcher Rechnungen.

So beruht z.B. im Fall von Kohlenstoff der Unterschied zwischen schwarzer Kohle (Graphit) und kristallklarem Diamant zunächst nur auf der unterschiedlichen Anordnung der Kohlenstoffatome in diesen beiden „Strukturtypen“, wobei die unterschiedlichen Bindungsverhältnisse nicht nur die Farbe (die optischen Eigenschaften), sondern ebenso die Festigkeit und die elektrischen Eigenschaften beeinflussen. So können unter hohen Drücken die Eigenschaften aller Stoffe in weiten Grenzen geändert werden. Aus der Vielzahl der experimentellen und theoretischen Arbeiten zu diesem Themenkreis sollen hier nur die dabei typischen Fragestellungen an zwei Beispielen (aus Paderborn) näher erläutert werden:

Das Erdalkalimetall Kalzium (Ca) wird bei Raumtemperatur aus seiner kubisch- flächenzentrierten Normalstruktur (cF4) bei 240

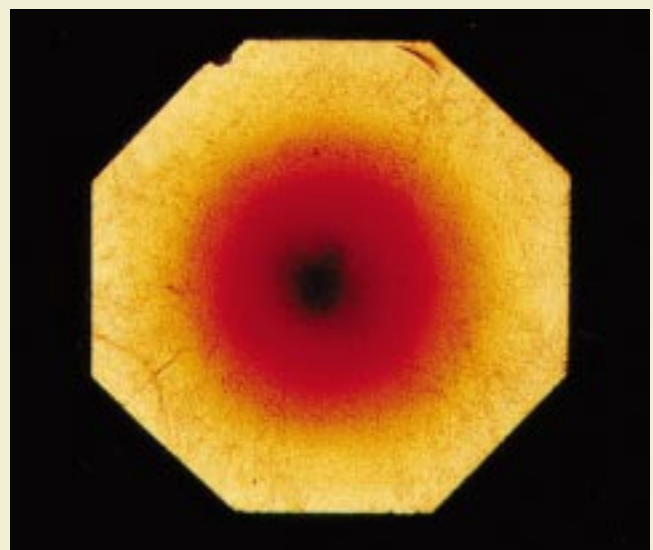


Abb. 3: Schwarz-rot-gelber Schwefel zwischen Diamantstempeln ohne Dichtung mit niedermem Druck am Rand (gelb) und höchstem Druck in der Mitte (schwarz).

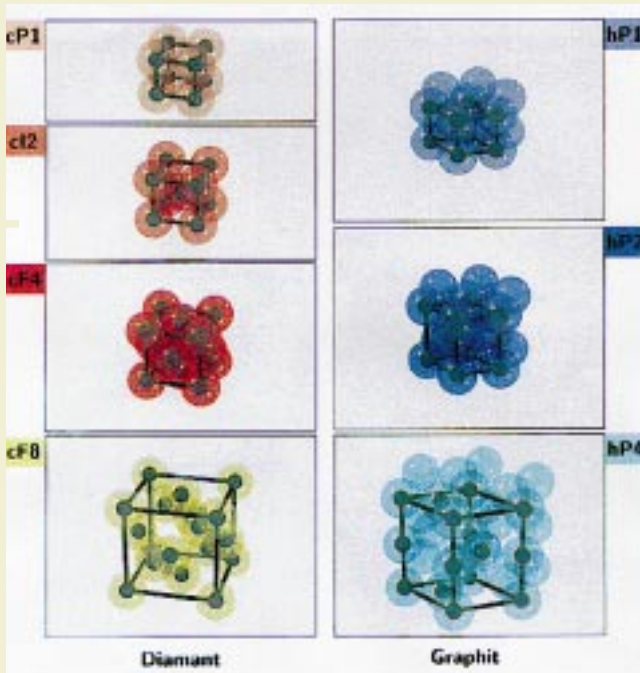


Abb. 4: Elementare Strukturblöcke (kristallographische Einheitszellen) zum Aufbau verschiedener Kristallgitter, die bei Phasenumwandlungen unter Druck auftreten. Die beigefügten Kurznamen (Pearson-Nomenklatur) kennzeichnen kubische Gitter mit c und hexagonale Gitter mit h, primitive Gitter mit P, Innenzentrierung mit I, Flächenzentrierung mit F und die Zahl der Atome pro Einheitszelle mit beigefügten Ziffern. Bei den hexagonalen Gittern sind die Einheitszellen mit weiteren Atomen (ohne schwarze innere Kugeln) zu sechseckigen Säulen ergänzt. cF4 und hP2 sind dichte Kugelpackungen. Alle anderen Strukturen

kbar in eine kubisch-innen-zentrierten Struktur (cI2) und schließlich bei etwa 360 kbar in eine kubisch-primitive Struktur (cP1) umgewandelt. Dabei erhöht sich die Dichte (das spezifische Gewicht) um einen Faktor 3, obwohl bei einer Packung von harten Kugeln die Struktur cF4 deutlich dichter gepackt wäre als cI2 oder gar cP1. Das bedeutet, daß die Bindungsverhältnisse oder, anders gesagt, die Elektronenstruktur von Kalzium unter Druck sich drastisch ändern. Inzwischen weiß man, daß dabei in der Tat Elektronen aus äußeren „s-Schalen“ der Atome in innere unbesetzte „d-Schalen“ gepreßt werden, wobei diese inneren „d-Schalen“ besonders starke gerichtete Bindungen bilden, was dann die „offenen“ Strukturen mit kurzen zwischenatomaren Abständen erklärt, d.h. unter Druck brechen hier Elektronenschalen auf und Elektronen werden umverteilt. Barium (Ba) als schwerstes Element der gleichen Familie zeigt unter Druck zunächst scheinbar ein völlig anderes Verhalten (Abb. 5): Die anfangs offene Struktur (cI2) wird bei etwa 60 kbar bei Tempera-

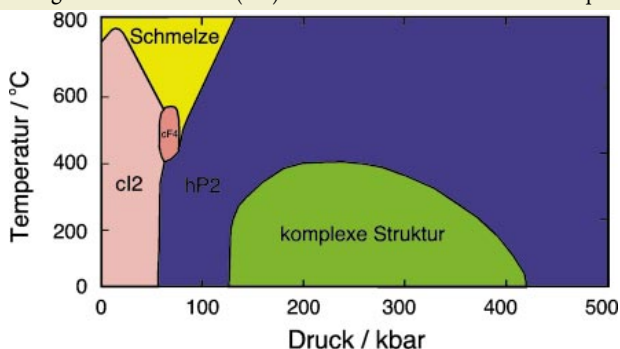


Abb. 5: Phasendiagramm von Barium mit Anomalien in der Schmelzkurve (ungewöhnliche Abnahme der Schmelztemperatur unter Druck). Gründe für die verschiedenen Phasenübergänge sind im Text erläutert!

turen oberhalb 400 °C in eine dichte Kugelpackung (cF4), bei tiefen Temperaturen aber in eine stark verzerrte hexagonale Kugelpackung (hP2) umgewandelt. Bei hohen Temperaturen und höherem Druck nimmt diese ungewöhnliche Verzerrung stetig ab, bis schließlich oberhalb etwa 400 kbar die Struktur einer hexagonalen dichten Kugelpackung entspricht. Bei tiefen Temperaturen taucht im Zwischenbereich eine komplexe Struktur auf, die bis heute noch nicht restlos aufgeklärt ist.

Offene Fragen

Wie kann man z.B. dieses komplexe Verhalten von Barium erklären? Insbesondere auch die ungewöhnliche Abnahme der Schmelztemperatur im Bereich von 20 - 80 kbar und das Auftreten von Supraleitung in den Hochdruckphasen bei tiefen Temperaturen? Der gleiche Effekt wie bei dem leichteren Kalzium, ein s-d-Elektronen-Transfer unter Druck, erklärt auch hier alle Beobachtungen. Solche Beispiele zeigen, daß neben strukturellen Änderungen, insbesondere auch Änderungen der Elektronenstruktur unter hohem Druck von großem Interesse sind.

Neben grundlegenden Fragen, die neue Regeln für die Festkörperphysik aufzeigen, werden in vielen Fällen auch anwendungsbezogene Fragen aus der Halbleiter-Physik, der Optik oder der Laser-Physik durch Materialforschung mit hohen Drücken in Paderborn gelöst. Dazu werden in der AG von Prof. von der Osten Methoden der Kurzzeitspektroskopie angewandt. In der AG von Prof. Wortmann werden Röntgenabsorptions- und Mößbauer-Spektrometrie benutzt; in Zusammenarbeit mit der AG von Prof. Lischka werden neue Halbleiterschichten unter Druck untersucht und in Zusammenarbeit mit der AG von Prof. Spaeth werden neue magnetische Resonanz-Spektroskopieverfahren für die Untersuchung von Kristall-Defekten unter Druck entwickelt.

Schließlich wird die Entwicklung neuer Flüssig-Kristall-Anzeigen (LCD-Technik) durch entsprechende Hochdruckuntersuchungen im FB 13/Chemie und Chemietechnik in der AG von Prof. Pollmann mit vorangetrieben. Mit dieser Breite und vielfältigen Verzahnung nimmt die Hochdruckphysik in Paderborn sicher eine einmalige Stellung an deutschen Universitäten ein, und vielfältige internationale Kooperationen stützen diese Position.

Der Autor dankt Dr. P. G. Johannsen für die Bereitstellung der Fotovorlagen für die Abbildungen 2 und 3, W. Sievers und Th. Krüger für die Gestaltung der Abbildungen 1 und 2 bzw. 4 und S. Weeke für Ihre Geduld bei der Bearbeitung der Manuskripte. Die Daten für die Abbildung 5 sind der Doktorarbeit von M. Winzenick, Paderborn, 1996, entnommen.

Literatur

„Physics of Solids under Strong Compression“, W.B. Holzapfel, Rep. Prog. Phys. 59, 29 - 90 (1996).

Umweltrisiko Abwasserkanal - Wie löchrig ist das deutsche Kanalnetz?

Methodische Produktinnovation für Umweltschutz und Wettbewerb

Mehr als achtmal könnte man mit dem deutschen Kanalnetz den Erdball umfängen. Die privaten Hausanschlußleitungen entsprechen aneinandergereiht sogar etwa vierundzwanzigmal der Äquatorlänge. In diesem Leitungsnetz verschwinden durch Defekte bis heute unbekannte Mengen an Abwasser im Boden. Der Sanierungsbedarf ist enorm. Für den öffentlichen Teil liegen die Schätzungen bei mehreren 100 Milliarden DM. Der Bedarf für den privaten Hausanschlußbereich ist nicht genau bekannt. Das Problem: die Technologie zur Vermessung und Inspektion für diesen besonders schwierigen Teil des Kanalnetzes fehlte bislang.

Mit Hilfe methodischer Produktentwicklung, wie sie am Laboratorium für Konstruktionslehre (LKL) der Universität Paderborn betrieben wird, ist es gelungen, die so dringend benötigte Inspektionstechnologie bereitzustellen. Ein Beispiel für das weite



Prof. Dr.-Ing. Walter Jorden ist seit 1974 Professor für Konstruktionslehre im Fachbereich 10/Maschinentechnik der Universität Paderborn. Seine Arbeitsgebiete sind Recyclinggerechtes Konstruieren, Form- und Lagertoleranzen, Freilaufkupplungen.

Anwendungsfeld der methodischen Innovationsarbeit und seine besondere wirtschaftliche und umweltpolitische Bedeutung. Es

The screenshot shows a Netscape browser window with the URL `file:///C:/K/opem/03/kanal_d.html`. The page content includes a sidebar with the Hannover Messe '96 logo and navigation buttons. The main content area features a 'NEWS' section with the following text:

NEWS
 AUSGEWÄHLTE ARTIKEL DER «MESSE-ZEITUNG»
 (Auszug aus der "Frontpage" der Messezeitung vom 23.4.97)

Zeitbombe tickt im Kanalnetz
Rohrsystem löchrig wie ein Sieb

Wir sitzen auf einer Zeitbombe: Deutschlands Kanalisation ist nach Experteneinschätzung vermutlich löchrig wie ein Sieb. Grundwasser wird durch Schadstoffe verschmutzt oder versickert nutzlos in schadhafte Rohren. "Eigentlich macht sich derzeit jede Gemeinde strafbar, weil permanent Giftstoffe ins Erdreich eingeleitet werden", stellt Jürgen Jenne von der Terra-Dr. Jenne GmbH (Freigelande K00/4) fest. Daß sowohl im privaten wie im öffentlichen Kanalsystem der Sanierungsbedarf groß ist, stellt für den Geschäftsmann aus Essen außer Frage.

Bewegung in den Markt könnte die Abwasserverordnung der Europäischen Union bringen, die bald auch hierzulande umgesetzt werden muß. In manchen Bundesländern ist auch ein "Kanal-TUV" im Gespräch, um das ramponierte Kanalnetz auf Vordermann zu bringen.

Below the text is a small photograph showing two men in suits examining a large pipe section.

Abb. 1: Leitartikel der Messezeitung.



Abb. 2: Darstellung des Meßstandes.

zeigt auch, wie durch eine intensive Partnerschaft zwischen Industrie und Hochschule die Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland gesteigert und Innovationen vorangetrieben werden können.

Das völlig neuartige Inspektionssystem ermöglicht die ferngesteuerte Reinigung, Inspektion und Zustandserfassung der Abwasser-Seiteneinläufe. Der hochintegrierte Inspektionsskopf (Satellit) wird mittels Kraftvektorsteuerung frei im Raum orientiert. Der Inspektionssatellit nutzt das Hochdruckwasser multifunktional zur Steuerung, zum Antrieb und zur Reinigung der Rohrwandung.

Umweltgifte: aus dem Kanal direkt ins Grundwasser

Grundwasser wird durch Schadstoffe verschmutzt oder verschwindet nutzlos in schadhafte Rohren. Schätzungen der Abwassertechnischen Vereinigung (ATV) gehen davon aus, daß etwa eine Million Kilometer Hausanschlußleitungen in Deutschland verlegt sind. Leitungen, von oft nur 10 Zentimeter Durchmesser, die die privaten Haushalte mit dem öffentlichen Kanalnetz verbinden. Da diese Leitungen teilweise oberhalb des Grundwasserspiegels verlaufen, tritt im Schadensfall belastetes Abwasser nahezu unmittelbar in das Grundwasser ein. Der Zustand dieser Leitungen ist nicht bekannt, da bisher geeignete technische Systeme zur Zustandserfassung fehlen. Die begrenzt möglichen Probeuntersuchungen ergaben jedoch eine erschreckend hohe Schadensquote.

Das Aufgabenprofil: Entwicklungsziel und Projektpartner

Angeregt durch den konkreten Handlungsbedarf startete das Laboratorium für Konstruktionslehre der Universität Paderborn und die Kanal Müller Gruppe Ost mit Unterstützung des Bundesministeriums für (Forschung und Technologie) ein umfangreiches Forschungs- und Entwicklungsprojekt. Das „Hausanschluß-Inspektionssystem“, (HIS). Ziel dieser Gemeinschaftsarbeit zwischen Universität und Industrie war es, ein völlig neuartiges System zu entwickeln und zu optimieren. Ein System, das es gestattet, ferngesteuert vom Hauptkanal aus in die Anschlüsse einzufahren, diese zu reinigen und optisch zu inspizieren. Ein hochintegriertes, modulares Inspektionsgerät, das technisch zuverlässig und wirtschaftlich sinnvoll einsetzbar ist. Das Gesamt-Finanzvolumen von 1,8 Millionen DM spiegelt nicht zuletzt die technische Komplexität sowie die ökologische Bedeutung des Projekts wider.

Bisherige Lösungen: nicht angepaßt an die besondere Problematik

Die besondere Problematik der Inspektion der Seiteneinläufe liegt in der schwierigen Zugänglichkeit, den kleinen Abmessungen und den starken Verformungen und Geometrieabweichungen der Rohrleitungen. Besonders erschwerend wirkt die Notwendigkeit, in die Seiteneinläufe vom Hauptkanal aus ferngesteuert einzufahren zu müssen. Existierende Lösungsansätze erfüllen die gestellten Anforderungen nur unzureichend. Die Eindringtiefe ist häufig auf etwa 8 Meter begrenzt. Die Inspektionköpfe verfügen über keinen eigenen Antrieb. Eine Reinigung der Rohrwandung vor der Untersuchung ist mit diesen Systemen nicht realisierbar. Aber: unter nicht gereinigten Wandsegmenten sind oft gefährliche Risse verborgen. Und: Wenn die Inspektionseinheit keinen Eigenantrieb hat, sondern von hinten in den Kanal geschoben wird, ist das Verschmutzungsrisiko für die Optik besonders hoch. Damit bleiben die Ergebnisse bruchstückhaft und dringend erforderliche Sanierungsmaßnahmen können nicht eingeleitet werden.

Die Realisierung: interdisziplinäre Prototyp-Entwicklung

Um für die rauhe und extrem unzugängliche Einsatzumgebung ein geeignetes System zu entwickeln, waren umfangreiche Grundlagenuntersuchungen erforderlich. Ausgehend von der Erarbeitung des speziellen Anforderungsprofils wurde konstruktionsmethodisch ein völlig neues Systemkonzept entwickelt, erprobt und

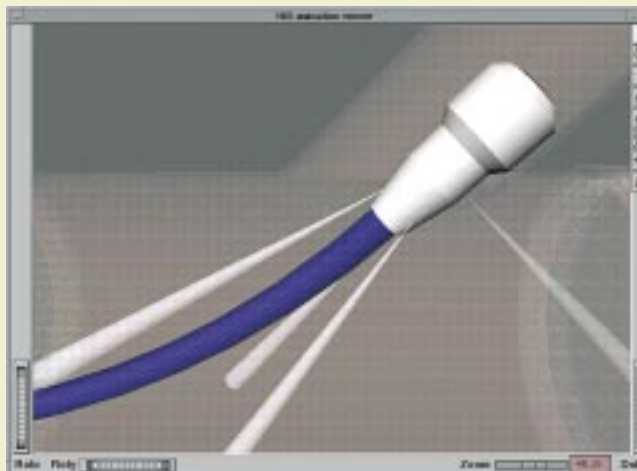


Abb. 3: Rechnersimulation und Einsatz im Labor.

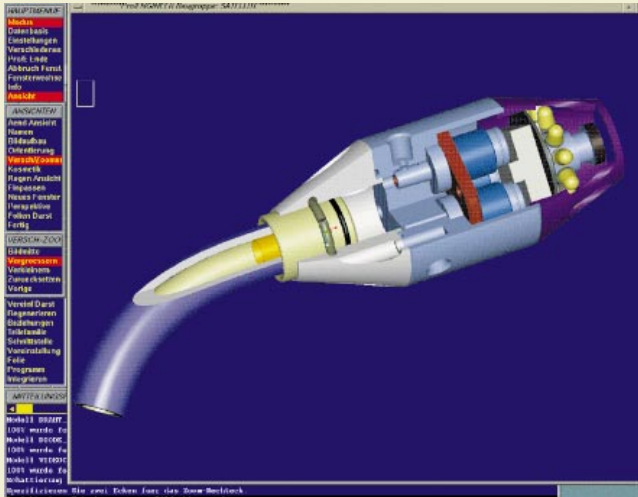


Abb. 4: Schnittdarstellung der Inspektionseinheit.

optimiert. Das umfangreiche Anwendungswissen der Kanal Müller Gruppe konnte erfolgreich mit der Methodenkompetenz des LKL verknüpft werden. Zur Unterstützung der Erforschung

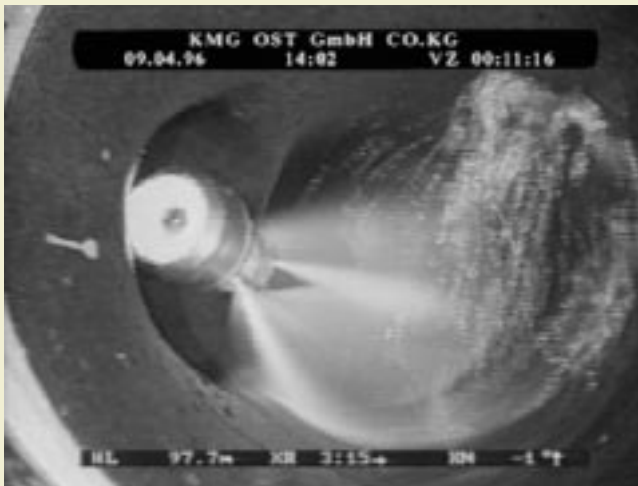


Abb. 5: Prototyp im Einsatz.

besonderer hydrodynamischer Effekte und deren Einbindung in das Inspektionssystem wurde ein spezieller multifunktionaler Labormeßstand entwickelt (Abb. 2).

Notwendige Rechner-Simulationen, die insbesondere auch die frühzeitige Präsentation und Überprüfung des Entwicklungskonzepts ermöglichten, wurden in enger Zusammenarbeit mit den Arbeitsgruppen „Graphische Datenverarbeitung und Visualisierung“ (GDV) und „Entwurf paralleler Systeme“ (EPS) entwickelt. Durch die gezielte Zusammenführung der Expertise der einzelnen Partner konnte der Öffentlichkeit im Frühjahr 1996 ein einsatzfähiger Prototyp vorgestellt werden. Ein Produkt, das neue Bereiche der Inspizierbarkeit eröffnet und das endlich die technische Grundlage schafft, die gesamten Seitenkanäle auf voller Länge zu inspizieren. Die Abbildung 3 zeigt den Prototyp im Laboreinsatz und ein entsprechendes Bild der Rechnersimulation.

Das System arbeitet umgebungsneutral. Der Inspektionskopf ist extrem klein und verfügt dennoch über einen eigenen Antrieb, freie dreidimensionale Steuerbarkeit und die Möglichkeit die Rohrwandungen vorzureinigen. Die Abbildung 4 zeigt einen Schnitt durch die Konstruktion. „Digital mock ups“ (ein Begriff, der die Montage des Systems schon als virtuelles Modell im Rechner bezeichnet) wurden eingesetzt um sicherzustellen, daß

trotz extrem geringer Baugröße alle Komponenten optimal untergebracht sind.

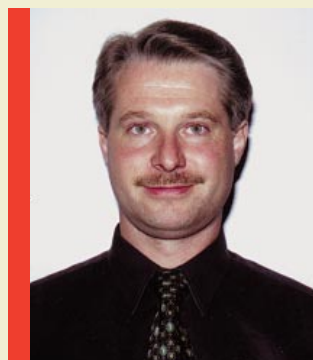
Das Ergebnis: extreme Flexibilität unter härtesten Einsatzbedingungen

Mit dem neu entwickelten System sind Inspektionslängen bis zu 30 Meter realisierbar. Hindernisse die für rad- oder kettenbetriebene Systeme häufig das Ende der Inspektionsfahrt darstellen, können problemlos überwunden werden. Die Abbildung 5 zeigt den entwickelten Prototypen im Einsatz im Abwasserkanal. Mit der Entwicklung steht erstmals ein System zur Verfügung, das die technischen Eigenschaften besitzt, die vollständige Inspektion der Hausanschlußleitungen durchzuführen. Eine Inspektion die notwendig ist, um ohne Kompromisse in der Wasserqualität den Frischwasserbedarf in Deutschland nachhaltig zu sichern. Eine gezielte Maßnahme im verantwortlichen Umgang mit den natürlichen Ressourcen.

Das Produkt: internationale Präsentation der neuen Technologie

Wie groß der Bedarf für die entwickelte technische Lösung ist, zeigt auch das besondere Interesse, das der Lösung von seiten des Fachpublikums entgegengebracht wurde. Die Universität konnte den Prototypen erfolgreich auf der Hannover Messe 96 und der IFAT 96, der weltgrößten Entsorgungsmesse, in München ausstellen. International ist das System auf der BIG FIVE Show 96 in Dubai präsentiert worden. Im September 1997 stand die Vorstellung auf dem nordamerikanischen Kontinent in Mexico City auf der TECOMEX 97 an.

Besonders interessant: das internationale Interesse, das auch zeigt, daß mit der gleichen Technik möglicherweise ähnlich gear-tete Inspektionsprobleme in anderen Anwendungsbereichen zukünftig gelöst werden können. So wird zur Zeit eine Zusammenarbeit mit den Umweltbehörden in Mexiko vorangetrieben. Das Gemeinschaftsprojekt HIS verdeutlicht, wie akute umwelt-technische Probleme durch eine zielorientierte und partnerschaftliche Zusammenarbeit zwischen Industrie und Hochschule erfolgreich gelöst werden können. Für den Prototyp wurden mehrere Patentanmeldungen durchgeführt. Die Einbindung des Systems in den Servicebetrieb der Kanal Müller Gruppe erfolgt firmenintern und soll zum Jahresende 1997 abgeschlossen sein.



Dipl.-Ing. Joachim Niewels ist seit 1990 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Konstruktionslehre. Seit 1993 ist er für die Betreuung und Durchführung des Projektes „Hausanschluß-Inspektionssystem“ verantwortlich. Die im Rahmen des Projekts durchgeführten Untersuchungen und Entwicklungen bilden die Basis seiner Dissertation im Bereich der methodischen Produktentwicklung.

Überholen auf der Datenbahn

Ausbau der Telekommunikationsnetze mit modernen Techniken der Nachrichtenübertragung

Durch den Einsatz des sogenannten Wellenlängenmultiplex kann die Übertragungskapazität faseroptischer Datennetze um ein Vielfaches erhöht werden. Schlüsselkomponenten für diese Zukunftstechnik werden an der Paderborner Hochschule entwickelt.

Stau auf der Datenbahn?

Es vergeht kaum ein Tag, an dem in den Medien nicht über neue Entwicklungen und Tendenzen unserer Informationsgesellschaft berichtet wird; die immer wiederkehrenden Schlagworte dabei sind z.B. Internet, Multimedia, Information Highway oder virtuelle Realität. Diese Begriffe werden - da sind sich die meisten Fachleute einig - unser zukünftiges Leben bestimmen und grundlegend verändern. Dieser Wandel wird vermutlich gewaltiger sein, als es sich heute irgend jemand vorstellen kann. Aber bis dahin wird noch mancher Liter Wasser die Pader hinunterfließen und manches Bit im Stau auf den Datenbahnen steckenbleiben. Und damit ist auch schon ein Hauptproblem genannt: die mit der Zeit exponentiell ansteigende Menge an zu übertragenden Daten führt dazu, daß die Kapazitätsgrenzen der bestehenden Telekommunikationsnetze sehr bald überschritten sein werden. Die große Herausforderung besteht also darin, die informationstechnische Infrastruktur zukunftssicher zu gestalten, und dies selbstverständlich unter Berücksichtigung der Bezahlbarkeit.

Die optische Nachrichtentechnik bietet sehr attraktive Möglichkeiten zur Informationsübertragung. Zunächst stellt sich die Frage, warum Kupferkoaxialkabel nicht mehr verlegt werden. Der Grund liegt in der extremen Transparenz, also geringen Dämpfung der Glasfaser. Bei Wellenlängen um 1550 nm, wo diese Dämpfung mit ca. 0,2 dB/km minimal ist, bleibt nach einer Strecke von 100 km immerhin noch ein Prozent der Signalleistung erhalten. Die Dämpfung eines Kupferkoaxialkabels ist je nach Modulationsfrequenz rund 1000mal so groß. Bei optischer Übertragung werden also viel weniger Signalverstärker und -regeneratoren benötigt, so daß Kosten und Störanfälligkeit sinken. Richtfunk, ein ernsterer Konkurrent der Glasfaser, ist prinzipiell witterungsanfällig und führt bei transozeanischen Verbindungen wegen der großen Höhen geostationärer Satelliten zu unangenehmer Signalverzögerung. Daher wird seit geraumer Zeit ein Großteil der hochratigen Datenverbindungen über mittlere bis lange Strecken in Glasfasertechnik realisiert. Übrigens sind auch Mobiltelefone wegen ihrer beschränkten Sendeleistung auf derartige Festnetze angewiesen.

Noch heller leuchtende Perspektiven hat die optische Nachrichtentechnik vor zehn Jahren durch die Entwicklung des ersten erbiumdotierten Faserverstärkers geschaffen. Mit diesem ist es



Dipl.-Phys. Ulrich Rust
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Fachbereich 6/Physik. Sein Arbeitsgebiet ist die Integrierte Optik.

möglich, die optischen Signale direkt, also ohne optoelektronische Wandlungen, zu verstärken. Dazu werden einige Meter Glasfaser mit optisch aktiven Ionen des Seltenerdmetalls Erbium dotiert. Beleuchtet man diese Ionen mit einer externen Pumplichtquelle, so wird die Signalwelle ähnlich wie in einem Laser verstärkt; bei den heute kommerziell erhältlichen Geräten beträgt der Verstärkungsfaktor etwa 100 bis 1000. Der Wellenlängenbereich, in dem diese Verstärkung erreicht werden kann, liegt zwischen 1530 und 1560 nm; dies entspricht genau dem Bereich minimaler Glasfaserdämpfung. Daher konzentriert sich die Forschung und Entwicklung vor allem auf dieses „Erbium-Fenster“ von 30 nm bzw. im Frequenzmaßstab 3,8 THz Bandbreite.

Wie kann diese Übertragungsbandbreite von fast 4 THz möglichst effektiv genutzt werden? Der konventionelle Ansatz ist, eine Laserdiode als Lichtquelle zu verwenden und diese möglichst schnell in ihrer Intensität zu modulieren (Abb. 1). Dies kann z.B. durch eine direkte Modulation des Injektionsstroms der Laserdiode oder aber auch durch einen externen Modulator geschehen. Damit sind heutzutage Bitraten von 2,5 Gbit/s relativ problemlos erreichbar. Viele Nutzer greifen dabei abwechselnd, aber quasi simultan, auf den Bitstrom zu. Dies

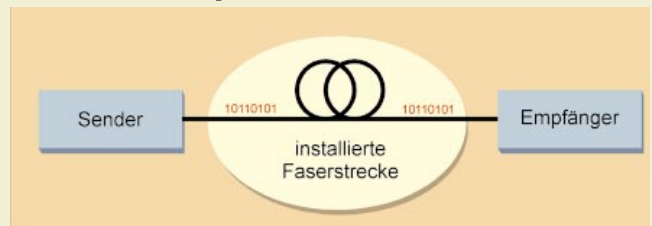


Abb. 1: Konventionelle optische Übertragungsstrecke. Ein Laser sendet die zu übertragende Information über die Glasfaserstrecke an den Empfänger. Dort wird das optische Signal mit Hilfe einer Photodiode empfangen und wieder in ein elektronisches Signal umgewandelt. Die Übertragungskapazität ist durch die maximal mögliche Bitfolgefrequenz bestimmt.

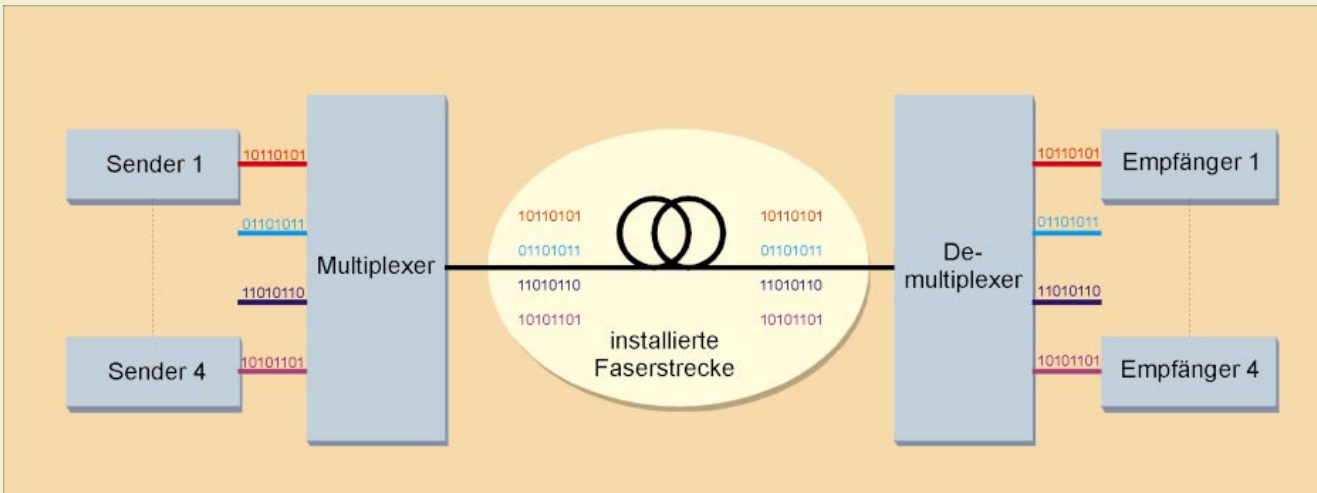


Abb. 2: Übertragungsstrecke mit vierfacher Wellenlängenmultiplex-Technik. Die einzelnen Sendelaser emittieren die optischen Signale auf unterschiedlichen Wellenlängen. Diese werden in einem Multiplexer vereint und gemeinsam über eine einzige Glasfaser geleitet. An der Empfängerseite werden die verschiedenen Wellenlängenkanäle mit einem Demultiplexer wieder voneinander getrennt und jeweils einer Photodiode zugeführt. Die Gesamtübertragungsleistung ist durch die Anzahl der Wellenlängenkanäle und durch die maximal mögliche Bitfolgefrequenz in jedem Kanal gegeben.

nennt man Zeitmultiplex. In absehbarer Zeit werden 10 Gbit/s-Übertragungssysteme auf den Markt kommen. Selbst Übertragung von 40 Gbit/s wurde im Labor schon demonstriert. Eine weitere Erhöhung der Datenrate durch Zeitmultiplex ist gegenwärtig nicht in Sicht. Erstens sind erzielbare Grenzfrequenzen und Ausgangsspannungen der Elektronik für die Übertragung von mehr als 40 Gbit/s unzureichend. Zweitens handelt man sich bei der Übertragung sehr kurzer Pulse Probleme durch die sogenannte Dispersion ein. Unter diesem Begriff versteht man eine hier unerwünschte Eigenschaft der verlegten Standard-Glasfasern, die dazu führt, daß übertragene Pulse „zerfließen“ und sich gegenseitig stören. Je geringer der zeitliche Abstand zweier aufeinanderfolgender Pulse ist, desto kritischer wird natürlich dieser Effekt. Übrigens würde auch bei deutlicher Steigerung der Datenrate erst ein geringer Teil der Glasfaserbandbreite genutzt. Der aufmerksame Leser wird vielleicht fragen, warum man die Übertragungskapazität zwischen zwei Punkten nicht einfach dadurch erhöht, daß man eine Reihe von in Abb. 1 skizzierten herkömmlichen Übertragungsstrecken parallel betreibt. Die Antwort ist relativ einfach. In der Regel muß man auf das bereits vor Jahren installierte Glasfasernetz zurückgreifen; es wäre praktisch unbezahlbar, überall neue Fasern zu verlegen. Daher muß man möglichst mit dem auskommen, was verfügbar ist. Und die Anzahl der „dark fibres“, d.h. der noch ungenutzten Glasfasern, ist sehr begrenzt.

Mehrfarbig wird das Leben bunter

Es gibt aber eine Lösung, die mit dem Stichwort Wellenlängenmultiplex (engl.: wavelength-division multiplexing - WDM) beschrieben wird (Abb. 2). Man macht sich hierbei zunutze, daß sich optische Signale verschiedener Wellenlänge gleichzeitig und nahezu ohne gegenseitige Beeinflussung durch eine Glasfaser ausbreiten können. Durch eine solche „Farbkennung“ der Übertragungskanäle läßt sich auf sehr elegante, flexible und letztlich auch kostengünstige Art und Weise ein großes Stück des verfügbaren „Bandbreite-Kuchens“ ausschneiden. Kürzlich wurden in Labors in den USA und Japan Übertragungsraten bis zu 2,5 Tbit/s demonstriert, wobei die Übertragungsrate der einzelnen Kanäle mit je 20 Gbit/s durchaus noch im praktikablen Bereich

lag. Diese schier unendlich große Übertragungskapazität entspricht etwa 80 Mio. Seiten Text pro Sekunde oder 500.000 Fernsehkanälen.

Aber nicht nur für solche Extremenanwendungen, sondern auch für Netzwerke, an die mittlere bis hohe Leistungsanforderungen gestellt werden, eignet sich die WDM-Technik. Die Kapazitätserweiterung bestehender, insbesondere dispersionsbegrenzter Übertragungsstrecken ist dadurch unter Bewahrung bereits getätigter Geräteinvestitionen möglich. Gleichzeitig unterstützt dieses Verfahren durch die gezielte Reservierung bestimmter Wellenlängenkanäle den Betrieb mehrerer logischer Netze auf einem physikalischen Netz. Dies ist z.B. im Zusammenhang mit Abhör- und Betriebssicherheit ein wichtiger Aspekt.

Betrachtet man Abb. 2, so fällt auf, daß Multiplexer/Demultiplexer eine Schlüsselrolle einnehmen. Die Entwicklung und Optimierung solcher Bauelemente ist ein Schwerpunkt der Forschungsarbeiten in der Arbeitsgruppe „Angewandte Physik - Integrierte Optik“ von Prof. Dr. Wolfgang Sohler.

Seit 15 Jahren beschäftigt sich die Arbeitsgruppe mit der integrierten Optik in Lithiumniobat, einem Kristall, der sich durch

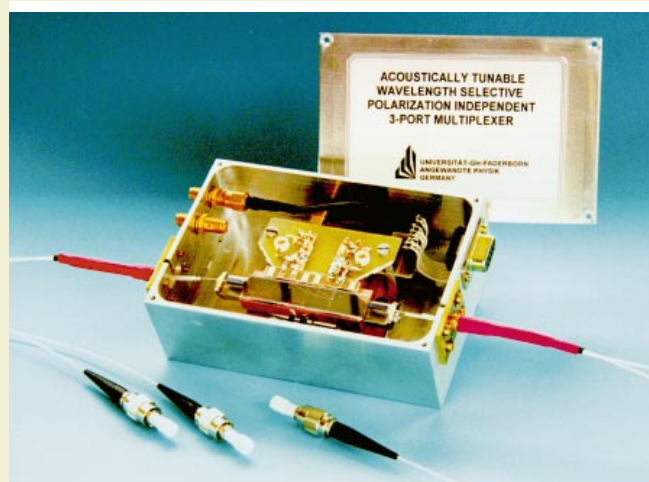


Abb. 3: Integriert akustooptischer (De-)Multiplexer. Der optische Chip ist ca. 70 x 12 mm² groß und ist auf einem speziellen, temperaturstabilisierten Kupferblock montiert. Das optische Signal wird über mit Steckverbindern versehene Glasfasern zugeführt. Auf der kleinen Platine befindet sich eine elektrische Anpaßschaltung für das externe Steuersignal.



Abb. 4: Das Stockholm Gigabit Network. Ein Demonstrator, in dem in Paderborn entwickelte integriert akustooptische Bauelemente erfolgreich eingesetzt wurden.

besonders gute Eigenschaften für Anwendungen in der optischen Nachrichten- und Meßtechnik auszeichnet. In loser Analogie zur Mikroelektronik werden dabei unter Verwendung von Aufdampf-, Ätz- und Diffusionsprozessen verschiedene, mikroskopisch fein strukturierte „optische Schaltkreise“ auf Substraten hergestellt. Als ein Beispiel soll an dieser Stelle ein integriert akustooptischer (De-)Multiplexer etwas näher vorgestellt werden, der an den oben erwähnten Schlüsselpositionen eines WDM-Netzes sehr erfolgreich eingesetzt werden kann. Die Funktion dieses Bauelementes beruht auf der Wechselwirkung des optischen Signals mit sich entlang der Kristalloberfläche ausbreitenden Ultraschallwellen, die mit Hilfe eines externen, elektrischen Steuersignals angeregt werden können. Dabei kommt es zu einer wellenlängenselektiven Änderung der Lichtpolarisation. Dieser Effekt kann dazu genutzt werden, Lichtwellen unterschiedlicher Wellenlänge räumlich voneinander zu trennen. Abb. 3 zeigt ein solches Bauelement. Im Rahmen eines von der Europäischen Union geförderten Forschungsprojektes wurden ähnliche, in Paderborn entwickelte Komponenten u.a. in einem Demonstrator im „Stockholm Gigabit Network“ (Abb. 4) erfolgreich eingesetzt und untersucht; dabei mußten sie sich zum Teil in direkter Konkurrenz mit anderen Technologien messen lassen.

Ein weiteres Beispiel für den erfolgreichen Einsatz integriert akustooptischer Bauelemente ist ein von der Siemens AG aufgebauter Demonstrator. In einer interdisziplinären Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe „Optische Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik“ eines der Autoren (Prof. Dr.-Ing. R. Noé), in der die elektronischen Ansteuerungen entwickelt wurden, wurden spezielle Multiplexerlösungen dafür entworfen und hergestellt. Nachdem die Untersuchungen bei Siemens in München mittlerweile abgeschlossen wurden, erhielten wir insgesamt vier Zugangsknoten für weitere Experimente. Inzwischen sind zwei dieser Knoten zusammen mit einer ebenfalls auf akustooptischen Bauelementen basierenden Vermittlungseinheit zu einem Ringnetzwerk verknüpft worden. An den beiden Knoten können z.B. Videosignale eingespeist oder ausgekoppelt werden, während mit der Vermittlungseinheit die Möglichkeit gegeben ist, die Daten in eine ggf. vorhandene höhere Netzwerkebene weiterzuleiten (Abb. 5). Dieses Demonstrationsnetzwerk

soll in Zukunft weiter ausgebaut werden. Es bietet eine ideale Möglichkeit, die Bauelemente im Hinblick auf die Praxistauglichkeit zu untersuchen und zu optimieren sowie Erfahrungen bezüglich des Management eines optischen Netzwerks zu sammeln.

Diese Erfahrungen könnten für ein Vorhaben wichtig werden, daß sich zur Zeit in der Planungsphase befindet. Dabei soll in enger Kooperation mit dem Fachbereich Informatik und dem Paderborner Zentrum für paralleles Rechnen (PC², Prof. Dr. B. Monien) die bestehende faseroptische Datenverbindung zwischen dem Universitäts-Campus und der Außenstelle an der Fürstenallee mit Hilfe der Wellenlängenmultiplex-Technik ausgebaut werden (Abb. 6). Durch den Einsatz integriert akustooptischer Demultiplexereinheiten „made in Paderborn“ soll die vorhandene Übertragungskapazität vervierfacht werden. In einem weiteren Schritt wird erwogen, auch andere Hochschulstandorte und die Universität Bielefeld an dieses WDM-Netz anzubinden. Wer weiß, vielleicht gibt es in einiger Zukunft ein „Gigabit-Netz Ostwestfalen-Lippe“. Das würde nicht nur für eine Reihe von Wissenschaftlern das Leben bunter machen.

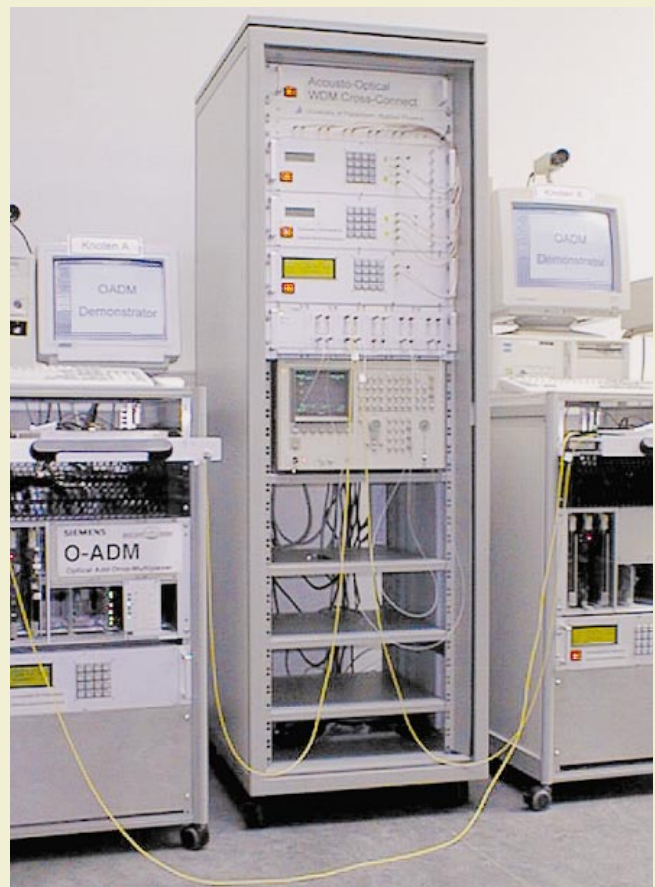


Abb. 5: WDM-Demonstrationsnetzwerk bestehend aus zwei Zugangsknoten A und B, an denen Datensignale verschiedener Wellenlängenkanäle in den Faser-ring eingespeist oder aus diesem ausgekoppelt werden können („optical add/drop multiplexing - OADM“). In der Vermittlungseinheit („optical cross connect - OXC“) könnte eine Anbindung an eine höhere Netzwerkebene erfolgen. Zur Zeit wird dieser Demonstrator mit einer Bitrate von 2 x 622 Mbit/s betrieben.

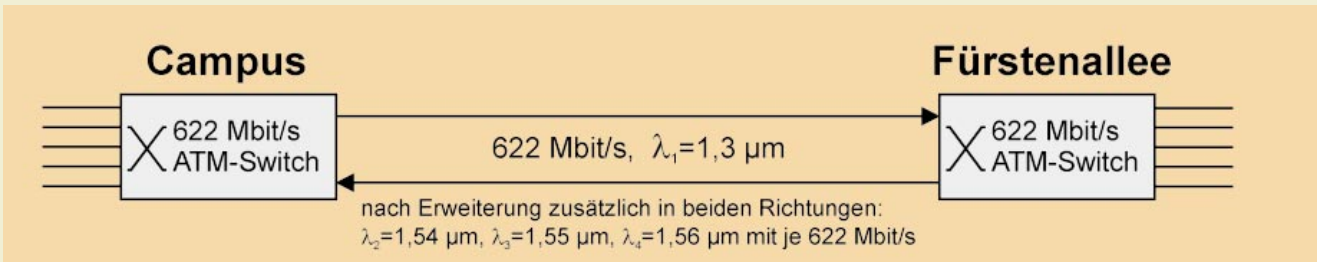


Abb. 6: Hochratige Verbindung zwischen den Universitätsstandorten Campus und Fürstenallee. Bei der geplanten Erweiterung mit Wellenlängenmultiplex-Technik soll die Übertragungskapazität vervierfacht werden.

Überall Baustelle oder Funkübertragung zum Teilnehmer?

Wie schon erwähnt, findet die Datenübertragung über mittlere und große Entfernungen meist in optischen Netzen statt. Zum Großkunden werden selbstverständlich Glasfasern gelegt. Wie steht es aber mit der Verbindung auf den letzten 1-2 km zum einfachen Teilnehmer, also Telefon- oder Datenkunden? Überraschenderweise bieten die verlegten Telefonleitungen bei Verwendung moderner Elektronik eine deutlich höhere Übertragungskapazität als die, für die sie ausgelegt wurden. Aber auch hier gibt es Grenzen, beispielsweise in dünner bebauten Gebieten, wo die Entfernung zur Vermittlungsstelle größer ist, und für neue Netzbetreiber, die die Miete für bestehende Telefonleitungen nicht tragen können. Eine Alternative ist die Verlegung von Glasfasern bis hin zu jedem Teilnehmer. „Eine Baustelle pro Teilnehmer“ wäre aber dermaßen teuer, daß die meisten von uns auf die vielfältigen Möglichkeiten, die die Informationsgesellschaft bietet, verzichten würden. Das Kabelfernsehtz kann ebenfalls nicht verwendet werden, weil es für Nachrichtentransport in nur einer Richtung ausgelegt ist. Einen natürlichen Weg zum Teilnehmer und zurück finden aber die Funkwellen.

Zur Versorgung einer größeren Anzahl von Teilnehmern bei guter Informationskapazität ist mindestens die genormte Datenrate 155,52 Mbit/s erforderlich. Da benachbarte Versorgungsgebiete eventuell gestört werden könnten, muß man wie im Radio mehrere Frequenz- oder Wellenlängenbänder vorsehen, übrigens in exakter Analogie zum optischen Wellenlängenmultiplex. Eine ausreichende, von anderen Diensten nicht genutzte Bandbreite ist erst bei Frequenzen von mindestens 27 GHz verfügbar; dies ist etwa das 300fache der UKW-Rundfunkfrequenzen. Zu klären ist aber, ob z.B. Reflexionen am Boden, an Gebäuden und

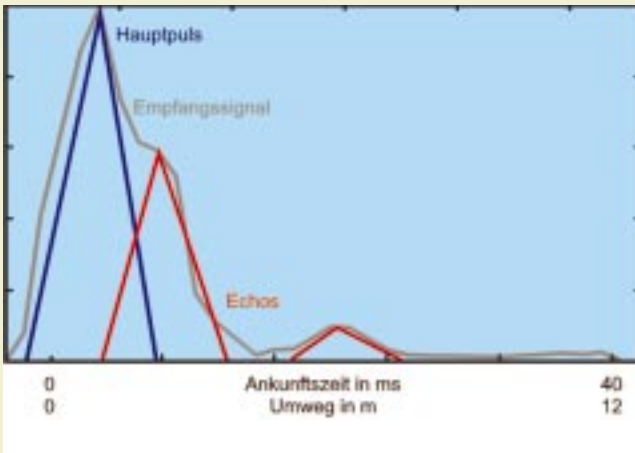
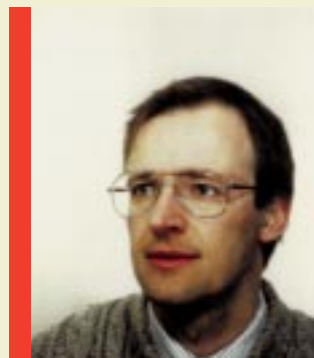


Abb. 7: 30 GHz-Funkverbindung neben verwinkeltem Gebäude bei ungünstiger Empfängerposition. Statt eines einzigen werden mehrere dreiecksförmige Testimpulse empfangen, die z.T. überlappen. Auch dieser Fall ist bei Verwendung eines Entzerrers tolerierbar.



Abb. 8: Funkkanalvermessung. Empfängerantenne für 30 GHz und Signalverarbeitung sind auf dem Antennenmast montiert, der Rest des Empfängers ist im Kraftfahrzeug untergebracht. Der Sender steht woanders.

einer größeren Anzahl von vermessenen Szenarien bietet der Pohlweg auf der Rückseite der Universität an einigen, nur wenige Meter umfassenden Stellen die stärksten Reflexionen mit großem Signalumweg. In Abb. 7 ist das bei 30 GHz gemessene Empfangssignal zu sehen, das sich beim Aussenden eines dreiecksförmigen Testimpulses ergäbe. Hinter dem Hauptimpuls (Sichtpfad) und teilweise damit überlagert erscheinen verzögerte Impulse, die auf Mehrfachreflexionen an einem verwinkelten Gebäude zurückzuführen sein dürften. Ein weiteres Resultat der bisherigen Messungen ist, daß Reflexionen an fahrenden Autos recht schwach sind und deshalb kaum stören. Doch die Untersuchungen gehen weiter und sollen auch auf Signalschwundeffekte und Frequenzen bis 60 GHz ausgedehnt werden. Daß der Einsatz der von uns entwickelten Meßeinrichtung nicht zu den schweißtreibenden Tätigkeiten zählt, ist Abb. 8 zu entnehmen.



Prof. Dr.-Ing. Reinhold Noé ist seit 1992 Professor für Optischen Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik im Fachbereich 14/Elektrotechnik der Universität Paderborn.

Der elektronische Hörsaal

Aufbau lernförderlicher Infrastrukturen

Lehr- und Lernprozesse benötigen Medien an verschiedenen Lernorten: Hörsäle, Bibliotheken, Labore, Arbeitsplätze oder Wohnungen. Da individuelle und soziale Lernformen eng miteinander verzahnt sind, sollen mit Hilfe von Multimedia Strukturen geschaffen werden, die Materialien vielfältigster Art an allen Lernorten zugänglich machen. Der Aufbau und die Erforschung lernförderlicher Infrastrukturen ist eine wichtige Zukunftsaufgabe, die neue Formen interdisziplinärer Zusammenarbeit erfordert.

Auffallend ist, daß die öffentliche Diskussion um den Einsatz von Multimedia vorrangig unter dem Gesichtspunkt der Individualisierung von Lernprozessen erfolgt. Ausgehend vom technischen Potential stehen Fragen nach der Lernwirksamkeit von Multimediaunterlagen und des Tele-Lernens im Vordergrund des Interesses. Dahinter steckt das Bild von individuell lernenden Personen, die sich mit Hilfe der neuen Technologie Lerneinheiten zu Hause, im eigenen Lerntempo und gemäß den persönlichen Vorlieben erschließen können. Die Reduzierung von Lernsituationen auf die Übertragung und Rezeption von Multimedia-Lerneinheiten erinnert jedoch fatal an die Idee des Nürnberger Trichters, nur eben jetzt in elektronischer Form.

Tatsächlich findet Lernen im universitären Umfeld nicht nur beim Hören einer Vorlesung oder beim Lesen eines Skriptes statt. Vielmehr gibt es eine Fülle von sozialen und individuellen Aktivitäten, die zudem an unterschiedlichsten Orten stattfinden und allesamt als Teil des Lernprozesses betrachtet werden müssen. Es können aber weder multimediale Lernmaterialien zu Hause weiterbearbeitet werden, noch können eigene Ausarbeitungen in Arbeitsgruppen besprochen oder in Tutorien zur Diskussion gestellt werden, weil Übungs- und Seminarräume nicht mit einer entsprechenden Infrastruktur ausgestattet sind. Es stellt sich die Frage, ob durch eine rein auf Individuen zentrierte Sicht des Lernens der Einsatz von Multimedia nicht Gefahr läuft, insgesamt eher zu einer Verschlechterung als zu einer Verbesserung der Hochschulausbildung beizutragen.

Aus technischer Sicht hängt die Qualität von computergestützten Lehr- und Lernumgebungen entscheidend davon ab, inwieweit es sowohl den Lehrenden als auch den Lernenden möglich ist, sich ohne unnötigen Aufwand die jeweiligen Einsichten und Sachverhalte zu erschließen, d.h. sie sich zu vergegenständlichen, um sie weitergeben,



Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil-Slawik ist Hochschullehrer für das Fachgebiet Informatik und Gesellschaft im Heinz Nixdorf Institut an der Universität Paderborn.

aufbewahren, bearbeiten, überprüfen und mit anderen in Beziehung setzen zu können. Je nach Situation und Erfordernissen gilt es also, eine angemessene Mischung aus spezifischen und allgemeinen Funktionen zu ermitteln.

Um herauszufinden, wie eine angemessene technische Unterstützung aussehen sollte, muß eine innovative Konfiguration aufgebaut werden, die es erlaubt, den Einsatz von Multimedia unter alltagspraktischen Bedingungen zu evaluieren. Alltagspraxis bedeutet dabei, die Durchführung multimedialer Lehrveranstaltungen möglichst nahe an den täglichen Bedingungen universitärer Lehre zu orientieren. Die Durchführung soll unter der üblichen Zeit- und Ressourcenknappheit erfolgen und es sollen keine neuen Prioritäten in der Art der Durchführung gesetzt, z.B. mehr Zeit für die Erstellung der Unterlagen statt für andere Aktivitäten aufgewendet werden.

Eine offene innovative Konfiguration, die unter diesen Bedingungen evaluiert und aufgrund der dabei gemachten Erfahrungen in weiteren Ausbaustufen modifiziert und erweitert wird, bezeichnen wir als lernförderliche Infrastruktur; lernförderlich deshalb, weil es nicht in erster Linie darum geht, eine feste Infrastruktur zu etablieren, sondern eine offene Umgebung zu schaffen, die aufgrund der gewonnenen Einsichten kontinuierlich weiterentwickelt wird. Für den Bereich „Elektronischer Seminarraum“ ist so mittlerweile ein Konzept erarbeitet worden, das auf andere Universitäten und Fachbereiche übertragen werden kann.

Von der Präsentation zur Interaktion

Der erste Innovationsschritt bestand darin, einen alten Büroschrank umzukippen, darauf sechs Monitore zu stellen, die wahlweise von einem Multimedia-PC, einem Macintosh oder einem Unix-Arbeitsplatzrechner angesteuert werden konnten. Das besondere daran war, daß die tieferliegenden Monitore es

Video



Abb. 1: Seminar im Konferenz- und Medienraum (KOMED).

den Teilnehmern gestatteten, sich gegenseitig anzusehen und so eine annähernd normale Kommunikationssituation zu erhalten. Zwar hatte dieser Konferenz- und Medienraum (KOMED) bereits vielfältige Vorteile, was beispielsweise die Präsentation und Demonstration von Musikgeräten und Software im Rahmen eines Seminars zur Lehrerausbildung belegte (siehe Abbildung 1), doch wurden mit den neuen Möglichkeiten zugleich die Defizite deutlich. So war es nicht möglich, die präsentierten Materialien den Seminarteilnehmern mitzugeben oder auch direkt Protokolle während des Seminarbetriebs anzufertigen und allen zur Verfügung zu stellen.

Der nächste Schritt bestand folgerichtig darin, für das Lehrveranstaltungsangebot insgesamt einen Server mit einem einheitlichen Zugang aufzubauen. Bei der Realisierung über das World Wide Web wurden noch bestehende Defizite deutlich. Den Studierenden sollte es möglich sein, aktiv mit den Materialien zu arbeiten und selbst Verweisstrukturen anzulegen. Hierzu und zur Einhaltung von Copyright- und Datenschutzbestimmungen ist eine differenzierte Vergabe von Zugriffsrechten erforderlich. Weiterhin sollte die langfristige Pflege und Aktualisierung großer Datenbestände unterstützt werden.

In der nächsten Ausbaustufe wurde deshalb ein spezieller WWW-Server (Hyperwave) eingerichtet, der wesentliche Neuerungen wie u.a. Zugriffsrechte, Annotationsmöglichkeiten, Datenbankadministration, Volltextsuche, Navigationsunterstützung, volle Hypermediafunktionalität, Mehrsprachigkeit und bidirektionale Verweisstrukturen unterstützte.

Mit dem Einsatz dieser Möglichkeiten wurde wiederum deutlich, daß ihre konsequente Nutzung einen weiteren Ausbau der technischen Infrastruktur sowie neue Konzepte für die Präsentation der Materialien und die Gestaltung von Übungsaufgaben erforderte, die jetzt ebenfalls mit Hilfe des Systems abgewickelt werden konnten.

Die Struktur der Dokumente änderte sich. Ursprünglich waren es nur eigenhändig verfaßte Artikel von Konferenzen

und Büchern sowie einige Skriptteile. Sie waren jedoch zu lang und boten keine übergeordnete Navigationsstruktur an. Hinzu kamen Texte von anderen Autoren, sowie Gesetzestexte, Normen und Vorschriften. Die Studierenden konnten jetzt zwar die Übungsaufgaben unmittelbar an und mit dem System erarbeiten, es war aber nicht möglich, verschiedene Lösungen je nach Situation und Bedarf im KOMED vorzustellen oder gar zu bearbeiten. Mit Mitteln des Heinz Nixdorf Institut wurde deshalb KOMED zu einem elektronischen Seminarraum ausgebaut (Abbildung 2). Neben der Anschaffung vernetzter PCs gehörten zur neuen Ausstattung eine interaktive Tafel und ein Objekt-Digitalisierer, mit dem es möglich ist, Gegenstände und Dokumente zu präsentieren und digitale „Schnappschüsse“ von der Präsentation anzufertigen. Es sollte sich zeigen, daß sich dieses Gerät im praktischen Einsatz als sehr hilfreich erwies, weil es damit möglich war, nahezu beliebig zwischen der digitalen Welt und der Welt der Geräte und Dokumente außerhalb der elektronischen Infrastruktur hin und her zu wechseln.

Von der Interaktion zur Integration

Allerdings offenbarte auch diese fortgeschrittene Infrastruktur ihre Tücken. Je mehr wir uns auf diese Welt einließen, desto deutlicher wurde der Bruch zwischen der alltäglichen Arbeitswelt des Wissenschaftlers und der von uns geschaffenen HighTech-Insel. Die Standardwerkzeuge der Arbeitswelt ließen sich nicht problemlos in die neue Welt der multimedial gestützten Lehre integrieren. Wir konnten zwar Multimedia-Dokumente präsentieren, aber nicht in der erforderlichen Zeit und mit vertretbarem Aufwand herstellen. Schon der Versuch, elektronisch erstellte Folien in die Hypermediawelt zu integrieren, war nicht ohne eigenen Programmieraufwand zu bewältigen.

Je besser die Integration gelang, desto mehr änderte sich der Charakter der Lehr- und Lernumgebung. Ursprünglich waren wir von der Idee ausgegangen, ein multimediales Vorlesungsskript zu erstellen. Jetzt wurde die selektive Erschließung großer Dokumentenbestände zum entscheidenden Paradigma. Zum einen wurden Regelwerke wie DIN-Normen und Gesetzestexte (z. B. die EU Bildschirmrichtlinie) in den Dokumentenbestand inte-



Abb. 2: Der Monitoring im elektronischen Seminarraum.

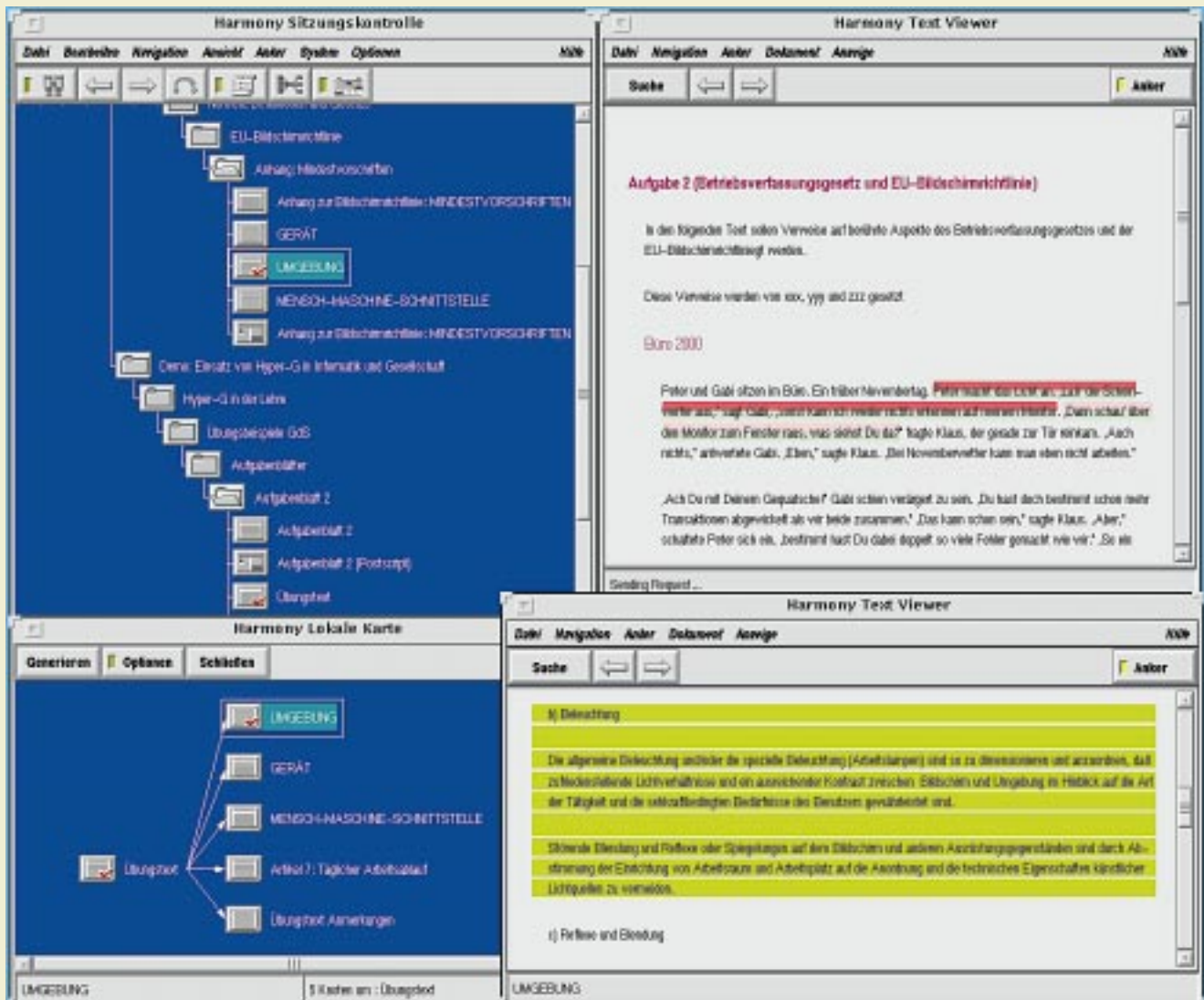


Abb. 3: Übungsaufgabe in Hyperwave, bei der die Richtigkeit der angelegten Verweise mit Hilfe der lokalen Karte effizient kontrolliert werden kann.

griert, damit die Studierenden nicht nur mit vordefinierten Ausschnitten der Wirklichkeit konfrontiert werden, sondern sich die Fähigkeit aneignen können, aus solchen Dokumenten die relevanten Tatbestände herauszudestillieren. Dazu war ein Übungskonzept erforderlich, das aber zugleich eine effektive Bewertung der abgegebenen Aufgaben ermöglicht (siehe Abbildung 3). Zum anderen begannen wir, für den Bereich der Systemgestaltung eine umfangreiche Beispielsammlung aufzubauen, die dann in weiteren Lehrveranstaltungen punktuell genutzt werden konnte. Darüberhinaus haben die Studierenden im Laufe einer Lehrveranstaltung selbst Dokumente erstellt und gemeinsam diskutiert oder bearbeitet. Der jederzeitige Zugriff auf alle diese Unterlagen der Lernumgebung ist ein entscheidender Erfolgsfaktor.

Neue Technik – Neues Lernen

Mit dem jetzt erreichten Forschungsstand ist ein gewisser Einschnitt gegeben, der es erlaubt, viele der ursprünglich mit dem Einsatz von Multimedia verknüpften Hypothesen zu revidieren und neue Perspektiven aufzuzeigen. Die technische Konzeption des elektronischen Seminarraums hat sich als alltagstauglich erwiesen und wird nun auch von anderen

Einrichtungen übernommen. Ähnlich erfolgreich war auch der Aufbau des Multimediaservers Hyperwave, auf dem für die zwei Hauptlehrveranstaltungen insgesamt etwa 1.200 Dokumente verwaltet werden. Mehrere große Lehrveranstaltungen (je 6 Semesterwochenstunden) mit jeweils 60-100 Studierenden sind einschließlich des Übungsbetriebs komplett über diese Infrastruktur abgewickelt worden. Neben neuen Übungs- und Lehrkonzepten haben sich viele Akzente hinsichtlich der Qualität von Multimedia verschoben:

- Nicht der Einsatz von Präsenzlernaktivitäten durch Telelernen bringt den entscheidenden Qualitätssprung, sondern die durchgängige Verfügbarkeit der Lernmaterialien an allen Lernorten.
- Die Vermeidung unnötiger Medienbrüche erschließt weit mehr Potential als Untersuchungen zur Lernwirksamkeit einzelner Lernmodule, die zudem aufgrund von Aktualitätserfordernissen schnell zu aufwendig werden und meist wenig verallgemeinerbar sind.
- Eine nachhaltige Unterstützung von Lernprozessen durch Multimedia kann nur im Rahmen einer behutsamen Struktur-erneuerung erfolgen, bei der die Vielfalt der miteinander verflochtenen Anforderungen unter alltagspraktischen Erfordernissen berücksichtigt wird, nicht jedoch durch isolierte

Projekte, die die prinzipielle Eignung von Spitzentechnologie präsentieren.

Insbesondere auch der letzte Punkt macht deutlich, wo ein Schwerpunkt in der zukünftigen Entwicklung liegen muß, denn wenn Lehrveranstaltungen außerhalb der eigenen Räumlichkeiten abgehalten werden müssen, werden die Grenzen der instituts-internen Infrastruktur überschritten. Ein solcher Ausbau ist jedoch auf der Ebene einer einzelnen Forschergruppe nicht mehr zu bewältigen. Der Vorstand des Heinz Nixdorf Institut beschloß, den Ausbau der Multimediainfrastruktur als neuen Forschungsschwerpunkt zu etablieren. Unter Federführung der Arbeitsgruppe Informatik und Gesellschaft fanden sich 10 Forschergruppen aus 5 Fachbereichen zusammen, um gemeinsam die erforderliche Infrastruktur und die damit ermöglichten Forschungsprojekte zu definieren. Ziel dieser Projekte ist, den Einsatz von Multimedia in der Arbeitswelt der Ingenieure und Wissenschaftler mit den Möglichkeiten der multimedigestützten Lehre zu verbinden. Zusätzlich sollen mit Sozialwissenschaftlern und Medienpädagogen neue Formen des Einsatzes von Multimedia in der Lehre erprobt werden. Die Ansätze reichen hier von der videobasierten Analyse von Lehr- und Lernprozessen bis hin zu neuen Lehrveranstaltungsarten in Form von erwägungsorientierten Seminaren.

Die intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit machte deutlich, daß im Bereich der Universität die Infrastruktur für einen kooperativen Einsatz von Multimedia noch nicht vorhanden ist. Zentrale Serverstrukturen fehlen beispielsweise ebenso wie die Möglichkeiten, große Datenmengen, die bei der Erstellung einer CD-ROM anfallen, plattformübergreifend an verschiedenen Arbeitsplätzen kostengünstig und effektiv zu bearbeiten. Aufgrund der beim Aufbau und Einsatz des elektronischen Seminarraums gemachten Erfahrungen und Ergebnisse ist es jetzt möglich, die Weichen für den universitätsweiten Ausbau der Multimediainfrastruktur besser zu stellen und neue Forschungsfelder zu eröffnen. In diesem Sinne verkörpert der elektronische Seminarraum einen wichtigen Meilenstein in der Entwicklung lernförderlicher Infrastrukturen; er wird aber nicht das letzte Wort bzw. die endgültige Antwort darstellen.

Zusammenfassung

Der Einsatz von Multimedia in der Hochschullehre steckt trotz der vielfältigen Initiativen und Projekte, die in den letzten Jahren entstanden sind, noch in den Kinderschuhen. Von einer Verankerung in der Alltagspraxis der Hochschule sind wir momentan noch weit entfernt. Angesichts der hohen Investitionen und des enormen Arbeitsaufwandes ist es wichtig, realistische Einschätzungen über die Entwicklungsmöglichkeiten und den damit verbundenen Zeitrahmen zu gewinnen, um unproduktive Frustrationen und Fehlinvestitionen zu verhindern. Eine genaue Analyse der Rolle von Technik in Lehr- und Lernprozessen ist dabei ebenso unerlässlich wie der Aufbau lernförderlicher Infrastrukturen.

In bezug auf Multimedia ist davon auszugehen, daß die Erfolgchancen in hohem Maße von Integration und Abstimmung abhängig sind. Integration bedeutet, daß Technik, Didaktik und curriculare Entwicklung nicht isoliert betrachtet werden dürfen: Neue Qualitäten ergeben sich erst, wenn alle Komponenten gleichermaßen berücksichtigt werden. Die besondere Herausforderung

besteht darin, daß schon das Versagen an einer einzigen Stelle, wie z. B. mangelnde Verfügbarkeit der technischen Ressourcen oder fehlende Qualifikationen auf seiten der Lehrenden, den Nutzen insgesamt in Frage stellt.

Abstimmung meint, daß vielfach nicht eine einzelne Leistung über Erfolg oder Mißerfolg entscheidet, sondern das *Fine Tuning*. Alle Aspekte müssen so aufeinander abgestimmt sein, daß ein annähernd reibungsloser Gebrauch unter alltagspraktischen Bedingungen möglich ist. HighTech-Inseln liefern keine brauchbare Evaluationsgrundlage, um langfristige Entwicklungen im Hinblick auf alltagspraktische Erfordernisse zu bestimmen. Das bedeutet, daß für eine dauerhafte Veränderung der universitären Lehre eine Strategie erfolgreich scheint, die nicht auf öffentlichkeitswirksame Demonstrationen zielt, sondern auf die allmähliche und fortwährende Änderung des Hochschulalltags.

Die bisherigen Forschungsarbeiten haben gezeigt, daß solche Infrastrukturen machbar sind und produktiv genutzt werden können, daß dazu aber eine Fülle von Rahmenbedingungen zusammen mit dem Aufbau der technischen Infrastruktur angepaßt bzw. geändert werden müssen.

Insofern werden die kurzfristigen Erfolge weitaus weniger spektakulär sein, als es große Schlagworte wie „virtuelle Universität“ oder „Learning on Demand“ und „Information at your Fingertips“ nahelegen. Bildung findet in sozialen Institutionen statt, nicht in virtuellen. Diese sozialen Institutionen können durch Multimedia weitreichend und umfassend unterstützt werden; ersetzen kann Multimedia sie nicht, denn Bildung ist kein technisches Problem. Allerdings spielen Medien eine zentrale Rolle für alle geistigen und kulturellen Leistungen und Errungenschaften. Der Umfang und die Qualität der Veränderungen werden daher langfristig sehr viel weiter reichen, als wir uns das heute vielfach vorstellen können.

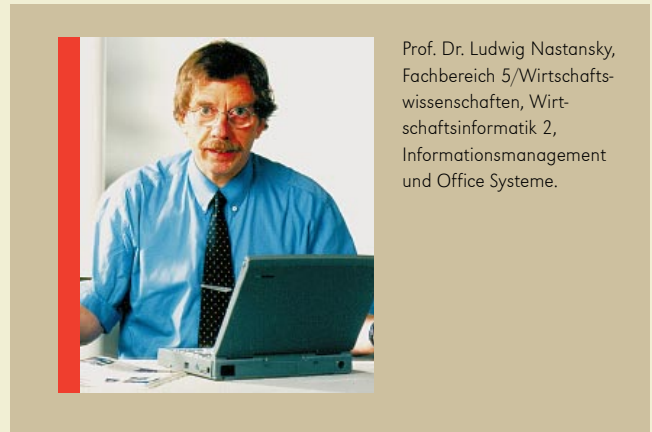
Papierarme Informationsverarbeitung im Office mit Groupware

Workflow Management im Intranet, Extranet und Internet

Das „papierlose Büro“ ist angesichts der bestehenden Realitäten im Büroalltag von Wirtschaftsunternehmen, Behörden, Privatsektor oder gerade auch im Hochschulbereich nach wie vor eine Vision. Gleichwohl umfassen die damit zusammenhängenden Herausforderungen einen der intensivsten Forschungsbereiche in Betriebswirtschaftslehre und Wirtschaftsinformatik. Das Umfeld und technologische Szenario wird bis in die Tagespresse umrissen mit Begriffen wie: Neugestaltung effektiverer Geschäftsprozesse, Workflow Management, Intranet, Internet und elektronische Märkte.

Innovationsbereich „Papierloses Büro“ in Forschung und Praxis

Auf den internationalen Märkten für Informations- und Kommunikationstechnologien werden Milliardenbeträge in diesem Segment investiert und mit steigenden Marktanteilen in Anwendungslösungen umgesetzt. In der betrieblichen Praxis handelt es sich um ein explodierendes Infrastruktur- und Dienstleistungssegment, in dem gerade auch auf dem deutschen Markt Großunternehmen und mittelständische Betriebe eine strategische Restrukturierung ihrer Infrastrukturen vornehmen und ent-



Prof. Dr. Ludwig Nastansky, Fachbereich 5/Wirtschaftswissenschaften, Wirtschaftsinformatik 2, Informationsmanagement und Office Systeme.

sprechend händierend nach qualifizierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (Know-How Träger) für innovative Gestaltung und Betrieb computergestützter und papierloser Geschäftsprozesse suchen. Es besteht daher in diesem Bereich erheblicher Bedarf an wissenschaftlicher Forschung zur Systematisierung von Anforderung und Bereitstellung von konzeptionellen und praktischen Lösungsansätzen, aber auch an konkreter Ausbildung von



Abb. 1: Bisherige Papierwelt im Büro.

Studierenden in den zugehörigen Technologien, um sie auf die neuen Aufgabenstellungen vorzubereiten.

In der Arbeitsgruppe Wirtschaftsinformatik 2, Informationsmanagement und Office Systeme, an der Universität Paderborn wird im Verbund der Wirtschaftsinformatik seit sechs Jahren an vorderster technologischer Front an Fragestellungen des „papierlosen“ oder zumindest „papierarmen“ Büros geforscht. Eine Fülle innovativer Lösungen und konkreter computergestützter Anwendungssysteme für das „paperless office“ konnten dabei in Forschungsprojekten mit nationalen und internationalen Partnern entwickelt werden. Ein Großteil dieser Forschungs- und Entwicklungsarbeiten fand Eingang in kommerzielle Produkte und Anwendungslösungen. Diese Produkte werden auf dem deutschen und auf internationalen Märkten vertrieben bzw. als Anwendungslösungen für innovative Bürosysteme bei Unternehmungen oder Behörden eingeführt.

Das Zusammenwirken von Intranet, Extranet und Internet

In Projekten im Bereich der Grundlagenforschung und der angewandten Forschung mit internationalen Partnern aus dem Industrie- und Behördenbereich wird Technologieentwicklung und -transfer in einem fachlichen Umfeld betrieben, das seit kurzem mit dem Begriff *Intranet* umschrieben wird. Damit ist der interne Informationsverarbeitungsbereich von Organisationen gemeint, die sich auf dem Weg von der papiergestützten Vorgangsbearbeitung zu einem Computernetz-basierten internen Informationsmanagement in ihren Büros befinden. Die jüngsten und stärksten Impulse zu diesem durchaus schon länger anhaltenden Trend kamen von der in dieser Form und Intensität von niemandem erwarteten Expansion des *Internet*, dabei vor allem im überzeugenden Leistungsprofil und explodierenden Informationsangebot des World Wide Web.

Die damit einhergehenden Paradigmenwechsel haben die für Informations- und Kommunikationstechnologien Verantwortlichen davon überzeugt, auch organisationsintern viel schneller produktivere und anwendungsfreundlichere Verfahren der Kommunikation, Kooperation und Koordination einzuführen, als sie mit bisherigen stark papierzentrierten Verfahren überhaupt möglich sind. Die mit den neuen Technologien aufzubauenden Intranets bieten dabei mit der Konzeption des *Extranet* die Schnittstelle zum Internet. Das Extranet ist dabei als derjenige Systembereich ihres Intranets anzusehen, mit dem eine Organisation ein rein computergestütztes Informationsmanagement mit ihren externen Partnern realisieren kann. Damit wird einer Wirtschaftsunternehmung ermöglicht, ohne Struktur- und Medienbrüche leistungsfähig bei Absatz- und Beschaffungsprozessen auf den expandierenden elektronischen Megamärkten,



Abb. 2: Konzeption Office System, Workflow Management und Intranet Architektur.

national wie international, zu partizipieren. Nicht kommerziell agierende Unternehmungen, wie sie etwa Hochschulen darstellen, werden mit ihren Extranets in die Lage versetzt, Wissensgenerierung, -weitergabe und -transfer an ihre Klientel in einem ungleich leistungsfähigeren Szenario zu realisieren als es mit den bisherigen Papiermedien und der daran gekoppelten physischen Kommunikations-, Weiterverarbeitungs- und Ablagelogistik möglich war.

Aktuelle fachliche Forschungsakzente

Fachliche Forschungsakzente liegen im sog. Re-Engineering von Office Systemen auf Groupware-Basis in Richtung eines elektronischen Workflow-Management, das als elektronisches Äquivalent der Bewältigung der Papierflut anzusehen ist. Besonders die noch vor zwei Jahren in Deutschland eher als exotisch angesehene Groupware und die darauf basierten Workflow Management Systeme werden zunehmend als das verstanden, was sie wirklich sind: Technologieoptionen mit erheblichem Effektivitäts- und Effizienzpotential für grundlegenden Strukturwandel im EDV-Bereich (Eine US-amerikanische Studie von 1994 in 68 Unternehmungen hat für das durchschnittliche „return on investment“ beim Einsatz von Groupware einen Produktivitätsfaktor von 179 Prozent ergeben!). Die Gesamtwirkungen dieses Technologiewandels umfassen gesellschaftliche Trends, wie die zu schlankeren und dezentralen Organisationsformen, zum virtuellen Büro, zur Telearbeit, zum Ersatz klassischer Medien durch Multimedia und zu den neuen Kooperationsmustern in der effizienten, marktübergreifenden Zusammenarbeit zwischen Unternehmungen auf den weltweiten elektronischen Märkten. Diese sehr dynamischen Veränderungen führen zu Unsicherheit bei den Entscheidungsträgern und bedürfen daher der Systematisierung und Prüfung durch praxisnahe Forschung ebenso wie der Entwicklung neuer Lösungsansätze als Empfehlung für weitere, fundierte Entwicklungen in der Praxis.

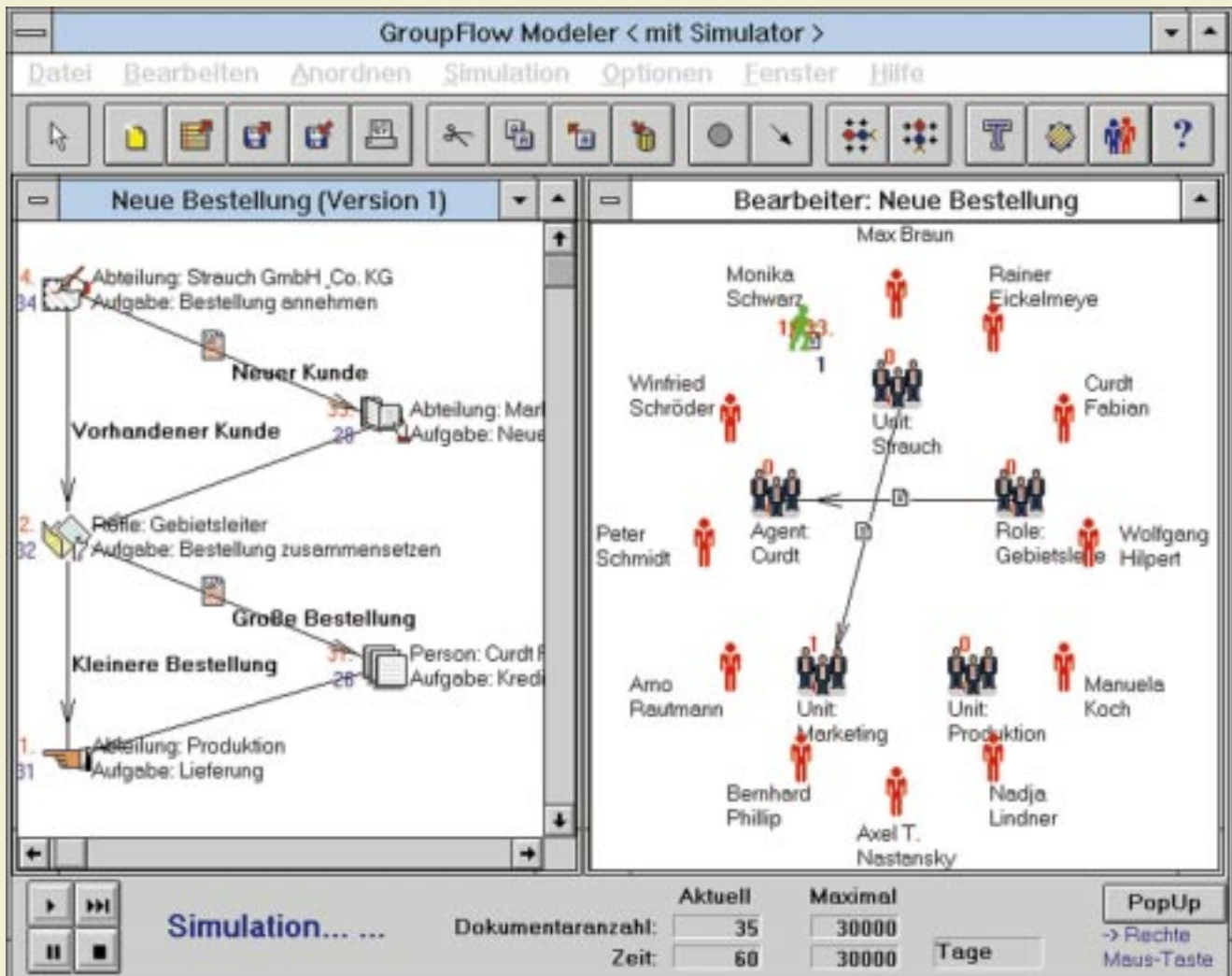


Abb. 3: Modellierung und Simulation von Büroabläufen (GroupFlow - System).

Die neuen papierlosen Büroumgebungen erfordern komplexe Planung mit computergestützten Modellierungswerkzeugen zur präzisen Erfassung der Vorgangsketten und Abläufe von Verwaltungsprozessen mit dem Ziel einer drastischen Reduktion der Durchlaufzeiten und Kostenverbesserung bei allen Bearbeitungsvorgängen. In der Arbeitsgruppe „Informationsmanagement und Office Systeme“ wurden in den letzten Jahren eine Vielzahl derartiger Werkzeugumgebungen entwickelt. Dabei spielte die Kreativität der Studierenden, die im Hauptstudium in Projekt-, Seminar-, Studien- und Diplomarbeiten Prototypen für derartige Office Systeme entwickeln, eine wichtige Rolle. Ein Teil dieser Prototypen wurden und werden mit Kooperationspartnern zu Marktprodukten weiterentwickelt oder kommen in speziellen Anwendungen bei den Partnerorganisationen zum Einsatz.

Im Zusammenhang mit den bisher beschriebenen Entwicklungen wurden in verschiedenen Projektgruppen u.a. in folgenden Bereichen wissenschaftliche Grundlagen erarbeitet und darauf aufbauend Prototypen entwickelt, die oft unter dem gleichen Namen in kommerzielle Produkte übergegangen sind:

- Integrierte Vorgangsteuerung (sog. Workflow Management) unter besonderer Berücksichtigung von Flexibilität und offenen Gruppenprozessen mit GroupFlow (siehe auch Abb. 3 und 4).
- Projektmanagement mit Projektplanung, Ausführungsunter-

stützung und Projektcontrolling auf der Basis verteilter Dokumentendatenbanken mit GroupProject.

- Verteilte papierlose Büroarbeit mit Adressverwaltung, Korrespondenz, Berichtswesen und Unterstützung mobiler Arbeitsplätze mit GroupOffice.
- Gestaltung komplexer und dynamischer Organisationsstrukturen im Team mit GroupOrga.
- Elektronische Verknüpfung der Geschäftsprozesse verteilter und rechtlich getrennter Organisationen mit Wide Area GroupFlow.

Ein wichtiger Einsatzbereich dieser innovativen Konzeptionen liegt z.B. auch im Aufbau des Intranet des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften. Die erste umfassende Extranet-Anwendung aus diesem Umfeld geht in diesen Tagen in die produktive Anwendungsphase. Und zwar handelt es sich dabei um das Lehrinformationssystem, in dem intern für Fachbereichsmitglieder und extern für Studierende oder weltweit verteilte Partnerhochschulen wie Interessenten Informationen über Lehrveranstaltungen einschließlich kommentierter Vorlesungsinformationen bereitgestellt werden.

Führend im Workflow Management mit Groupware-Kooperations-/Transferpartner in Forschung und Praxis

Beteiligt sind dabei nicht zuletzt in Paderborn ansässige Softwarehäuser, die teils als spin-offs dieser Forschungsarbeiten, mit erheblichem Engagement gerade auch von Absolventen der Universität Paderborn, gegründet wurden. Die Universität Paderborn ist dabei vor allem bei Systemen für Prozessgestaltung und -optimierung teamorientierter Arbeitsabläufe im Administrationsbereich von Unternehmen und Organisationen, Systemen für sog. „Workflow Management mit Groupware“, führend. Diese Führungsrolle zeigt sich dabei u.a. durch die langjährige Beteiligung mehrerer Arbeitsgruppen der Wirtschaftsinformatik am Schwerpunktprogramm „Verteilte betriebswirtschaftliche Systeme“ der deutschen Forschungsgemeinschaft und Prämierungen daraus entstandener Produktplattformen auf internationalen Industriemessen, u.a. in Nizza und Orlando.

Die Arbeitsgruppe „Informationsmanagement und Office Systeme“ kooperiert mit industriellen Partnern ganz unterschiedlicher Branchen, wie u.a.: Banken, Versicherungen, Luftfahrtindustrie, Anlagenbau, Schiffsbau, Mobilfunk, Informationstechnologie, Unternehmensberatung oder Softwareentwicklung. Gegenseitiger Know-How- und Technologietransfer findet statt mit so unterschiedlichen Partnern wie etwa: Deutsche Babcock, Deutsche Bank, Dornier, E-Plus Mobilfunk, Fiducia, IBM Deutschland, Lotus Development, MTW Schiffswerft, Provinzial Versicherun-

gen, Schöller Lebensmittel, Pavone Informationssysteme, Peacock und SNI. Im Bereich öffentlicher Organisationen bestehen Partnerschaften u.a. mit Bundesministerien, Kommunen oder Hochschulen. Weitere Informationen zu fachlichen Feldern, Lehre, Kooperationspartnern und Arbeitspapieren finden sich unter <http://fb5www.uni-paderborn.de/wininfo2> im Extranet des Teams.

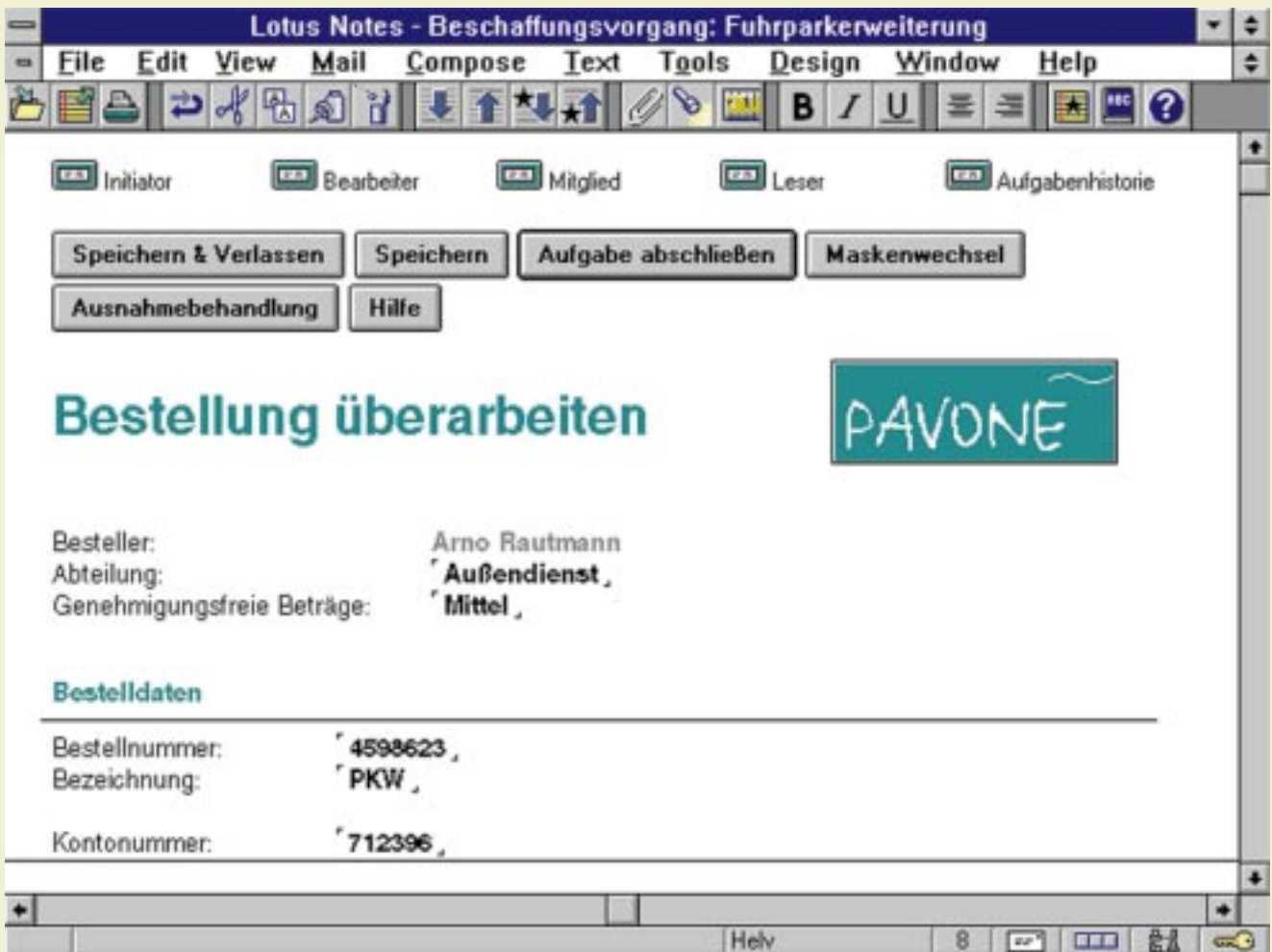


Abb. 4: Workflow-Beispiel aus dem Extranet „Bearbeitung einer Bestellung“.