

# FORSCHUNGS FORUM

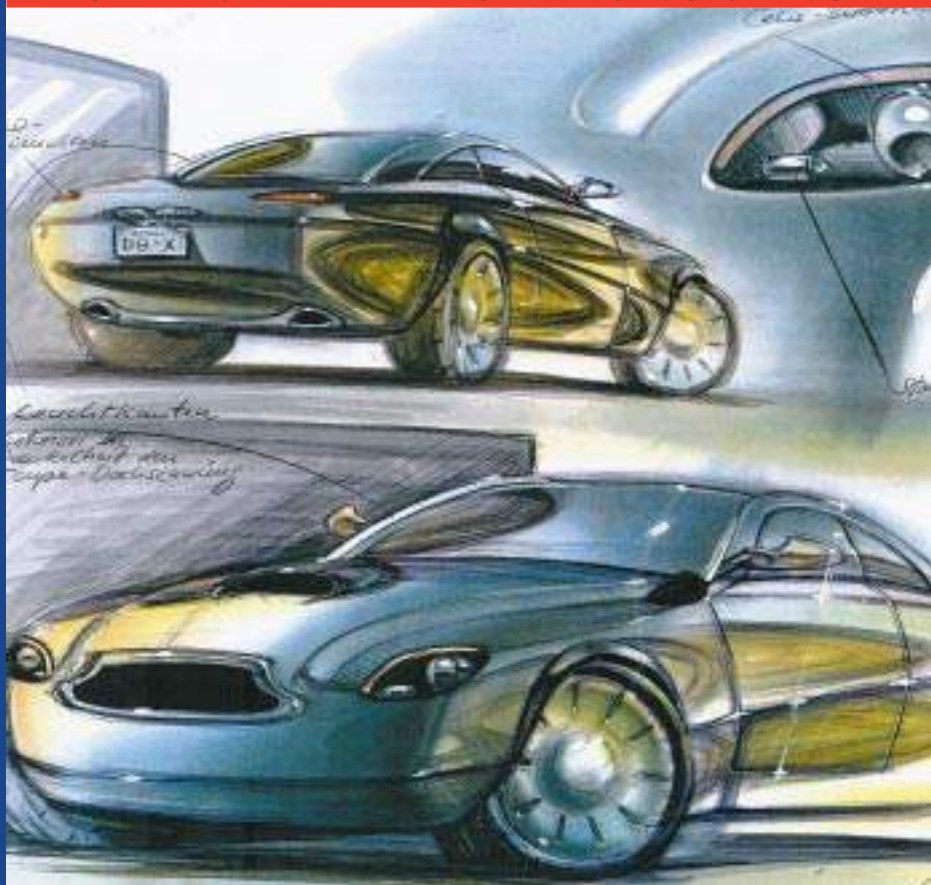
PADERBORN



Paderborner Universitätsmagazin

5-2002

DIE UNIVERSITÄT DER INFORMATIONSGESELLSCHAFT



- Public-private Partnership zwischen Universität und Automobilzulieferer
- Molekulare Strukturen und Prozesse auf dem Computer
- Kreativität des Augenblicks „Hauptsache kreativ“?
- Neue Ordnungsprinzipien im Wirrwarr der englischen Sprache
- Produktintegrierter Umweltschutz in der Möbelbranche
- Erhöhte Informationstransparenz durch das Internet

IMPRESSUM

**Herausgeber**

Prof. Dr. Wolfgang Weber  
Rektor der Universität Paderborn

**Konzeption und Redaktion**

Ramona Wiesner  
Referentin für Öffentlichkeitsarbeit

**Referat Hochschulmarketing und Universitätszeitschrift**

Warburger Str. 100, 33098 Paderborn  
Tel.: 05251/60 2553, 3880  
E-Mail: wiesner@zv.uni-paderborn.de  
<http://hrz.uni-paderborn.de/hochschulmarketing>

**ForschungsForum Paderborn (ffp) im Internet**

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

**Wissenschaftlicher Beirat**

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

**Drucklegung**

Dezember 2001

ISSN (Print) 1435-3709

**Layout**

PADA-Werbeagentur  
Heierswall 2, 33098 Paderborn

**Druck und Anzeigenverwaltung**

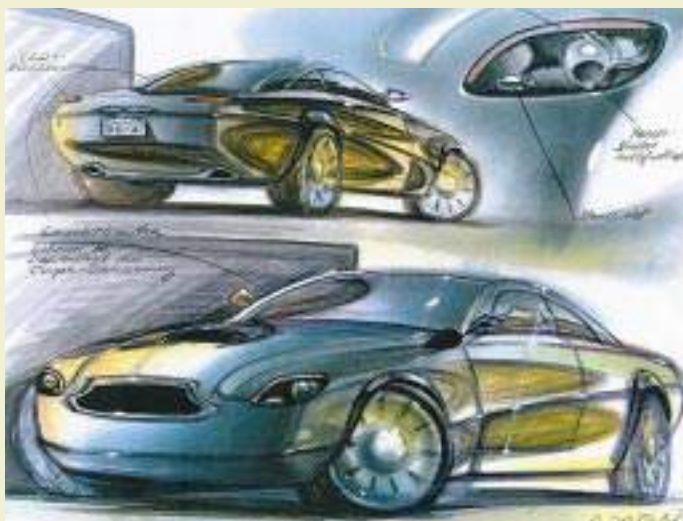
Media-Print, Informationstechnologie GmbH  
Postfach 1833, 33048 Paderborn

**Auflage**

5 000

Titel

Coupé mit Nachtdesign, Hella KG. Entwurf: Arne Dassen



Editorial

Die 5. Ausgabe des Wissenschaftsmagazins der Universität „ForschungsForum Paderborn 5-2002“ ist eine besondere Ausgabe - Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Universitätsstandortes Paderborn und der Fachhochschulabteilungen Höxter, Meschede und Soest berichten zum letzten Mal in einem gemeinsamen Heft über ihre Forschungsarbeiten: Ab 2002 gehört die Abteilung Höxter zur Fachhochschule Lippe mit der geänderten Bezeichnung „Fachhochschule Lippe und Höxter“. Die Standorte Meschede und Soest bilden mit der Märkischen Fachhochschule Iserlohn die „Fachhochschule Südwestfalen“.

Das Forschungsmagazin der Universität richtet sich auch 2002 wieder an alle, die an wissenschaftlichen Erkenntnissen interessiert sind sowie an die nationale und internationale Fachwelt - Ergebnisse und neue Ansätze wissenschaftlicher Arbeiten sollen bekannt gemacht werden.

Das aktuelle Heft handelt in 13 Aufsätzen u.a. von der „Kreativität des Augenblicks“, der „Musterbildung in Flüssigkristallen“, von „Umweltfreundlichen Möbeln“ und „Fruchtbaren Böden“. Sie erleben den Beginn einer „Public-private Partnership zwischen Universität und Automobilzulieferer“ oder lesen „Ein Märchen der Neuzeit“.

Die Universität ist in vielen Bereichen eine herausragende wissenschaftliche Forschungseinrichtung, an der anerkannte Wissenschaftler tätig sind. Das beweist jetzt noch einmal der 2001 an Prof. Dr. Frank Vollertsen von der Universität Paderborn verliehene Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Zu den aktuellen Forschungsarbeiten des Preisträgers gehört ein DFG-Schwerpunktprogramm, bei dem es um die bei der Skalierung - Verkleinerung von Produkten - auftretenden Phänomene geht. Anwendungen finden sich beispielsweise bei der Weiterentwicklung von Herzschrittmachern oder Festplatten in mobilen Geräten wie Mobiltelefonen. Die Paderborner Ergebnisse tragen wesentlich dazu bei, dass die deutsche Wirtschaft international einen Spitzenplatz im Bereich der mikrotechnischen Systeme erreichen kann.

1992 erhielten bereits die Paderborner Prof. Dr. Burkhard Monien und Prof. Dr. Friedhelm Meyer auf der Heide gemeinsam den Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis.

Der Erfolg der Paderborner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler manifestiert sich auch in einem Drittmittelaufkommen von derzeit rund 55 Millionen Mark. Es umfasst Forschungsmittel aus Einrichtungen der Forschungsförderung, insbesondere der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), aus der Wirtschaft, aus Stiftungen und aus verschiedenen Ministerien. Mit einem Sonderforschungsbereich, einer DFG-Forschergruppe sowie vier DFG-Graduiertenkollegs und einer Graduate School „Dynamisch-verbundene intelligente Systeme“ belegt die Universität eindrucksvoll ihre Stellung als erfolgreiche Forschungseinrichtung. Die neu eingerichtete Graduate School als so genanntes „Center of Excellence“ soll Spitzenforschung im Schnittbereich von Informatik, Ingenieurwissenschaften und Wirtschaftswissenschaften fördern und international hervorragend qualifizierte Diplomanden zielgerichtet zu einer Promotion führen.

Die Herstellung des ForschungsForums Paderborn wurde auch in diesem Jahr durch Anzeigen finanziert. Wir danken allen Firmen und Organisationen, die unser Projekt unterstützt haben. Unseren Leserinnen und Lesern wünschen wir beim Studium der vorliegenden fünften Ausgabe wieder viele neue Erkenntnisse.

Ihre Ramona Wiesner, Referentin für Öffentlichkeitsarbeit

Seite 6

Public-private Partnership  
**Innovation und Lernen in Forschung und Anwendung**  
*Geburt einer Public-private Partnership zwischen*  
*Universität und Automobilzulieferer*

Von Dr.-Ing. Thomas Börnchen und  
 Dr. rer. nat. Burkard Würdenweber



Seite 14

Physikalische Chemie  
**Musterbildung in Flüssigkristallen**  
*Ein Modellsystem für die Entstehung des Lebens*

Von Prof. Dr. Heinz-Siegfried Kitzerow



Seite 20

Kulturwissenschaftliche Anthropologie  
**Kultur als Text und Bild**  
*Interdisziplinäre Interpretationen des Bildbegriffs*

Von Prof. Dr. Renate Schlesier und Dr. Sabine Heiser



Seite 26

Betriebswirtschaftslehre/Marketing  
**Erhöhte Informationstransparenz**  
**durch das Internet**  
*Ein Märchen der Neuzeit?*

Von Prof. Dr. Mario Rese



Seite 32

Romanistik  
**Globalisierte Grabinschriften**  
*Sefardische Sprachzeugnisse des*  
*17. und 18. Jahrhunderts*

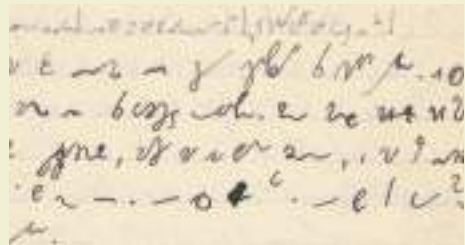
Von Rafael Arnold



Seite 38

Neuere deutsche Literaturwissenschaft  
**„Mein Schicksal als Jude, Frau, als Mensch“**  
*Die Erschließung der Tagebücher*  
*Jenny Alonis 1935-1993*

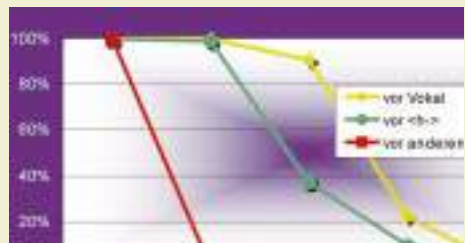
Von Prof. Hartmut Steinecke



Seite 42

Anglistische Sprachwissenschaft  
**Neue Ordnungsprinzipien im Wirrwarr**  
**der englischen Sprache**  
*Determinanten grammatischer Variation im Englischen*

Von Prof. Dr. Günter Rohdenburg und Julia Schlüter



Seite 48

Kunst/Gestaltung

**Kreativität des Augenblicks**

„Hauptsache kreativ“? Kreativität ist alles!

Von Prof. Dorothea Reese-Heim



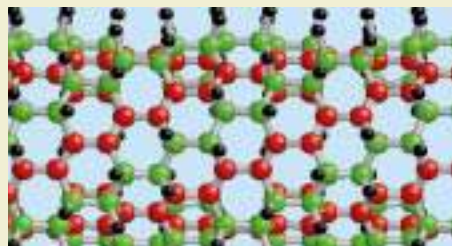
Seite 54

Theoretische Physik

**Quantenmechanische Materialsimulationen im Nanometerbereich**

Maßschneidern molekularer Strukturen und Prozesse auf dem Computer

Von Prof. Dr. Thomas Frauenheim



Seite 60

Informatik und Gesellschaft

**HyperSkript**

Verteiltes Wissen gemeinsam nutzen

Von Prof. Dr. Reinhard Keil-Slawik, Andreas Brennecke und Harald Selke



Seite 66

Technischer Umweltschutz

**Forschungsprojekt „Umweltfreundliche Möbel“**

Impulse für den produktintegrierten Umweltschutz in der Möbelbranche

Von Prof. Dr. Manfred Sietz und Dipl.-Volkswirt Günter Schumacher



Seite 72

Agrarwirtschaft

**Weiche Reifen – fruchtbarer Boden**

„Umwelt Boden: darauf stehen wir“

Von Prof. Dr. Ludwig Volk



Seite 78

Kunststofftechnik

**Moderne Kunststoffverarbeitung**

Einschneckenplastifizierung erfolgreich simulieren

Von Prof. Dr. Helmut Potente, Jens Pape, Tim Pohl, Wilhelm H. Többen





## Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser,

wir blicken auf ein für die Entwicklung der Hochschule besonders wichtiges Jahr zurück. Da ist zunächst die in Folge der Evaluierung durch den Expertenrat zu sehende Trennung von den Abteilungen zu nennen, aber auch die künftige Ausrichtung der Naturwissenschaften auf eine stärkere Kooperation mit den Ingenieurwissenschaften oder die Veränderungen in Teilen der Geisteswissenschaften.

Von diesen Vorgängen, die oft auch einen politischen Hintergrund hatten, überdeckt und deshalb für viele nicht sofort erkennbar, sind eine Reihe wichtiger Weichenstellungen erfolgt:

- die zur Erprobung und Weiterentwicklung der Neuen Bahn Technik Paderborn erforderliche Probestrecke wird gebaut,
- im Bereich der Informatik, Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften wurde die „Graduate School of Dynamic Intelligent Systems“ eingerichtet,
- das DFG-Graduiertenkolleg „Reiseliteratur und Kulturanthropologie“ wurde verlängert,
- das bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft neu beantragte Graduiertenkolleg „Automatische Konfigurierung in offenen Systemen“ wurde bewilligt,
- der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft finanziert eine Forschungsdozentur für „Aktive Lichttechnische Systeme“ im L-LAB, dem gemeinsam mit der Firma Hella betriebenen Kompetenzzentrum für Lichttechnik und Mechatronik,
- das von der Universität, dem Land NRW, der Stadt Paderborn, dem Kreis Paderborn, dem Landschaftsverband Westfalen-Lippe und privaten Sponsoren geförderte Institut zur interdisziplinären Erforschung des Mittelalters und seines Nachwirkens und das dort angesiedelte Kolleg „Kloster und Welt im Mittelalter“ haben erfolgreich Stipendien eingeworben und ihre Arbeit aufgenommen.

Diese Erfolge, bei denen sich die Paderborner Projektvorschläge und -anträge immer einem starken Wettbewerb mit den Anträgen der anderen Hochschulen stellen mussten, wirken sich nicht nur auf die Forschung, sondern auch auf die Lehre aus, denn die Erfahrung lehrt, dass gute Lehrangebote oft dort entstehen, wo auch entsprechende Forschungserfolge erzielt werden. Der Aufbau weiterer Forschungsschwerpunkte ist in vollem Gang. Im Zuge eines in diesem Jahr erstmals verliehenen Forschungspreises wurden z.B. fünf besonders viel versprechende neue Projekte ausgezeichnet, darunter auch drei aus den Geistes- und Wirtschaftswissenschaften.

Es ist wichtig und gut, dass wir uns in der Forschung positionieren. Nach dem Ende des Modells „Gesamthochschule“ muss sich der Standort Paderborn besonders in der Forschung noch stärker als bisher dem Wettbewerb mit anderen Universitäten stellen. Wir sind dabei auf einem guten Weg, wie die oben genannten Erfolge des letzten Jahres zeigen. Dabei dürfen wir aber nicht vergessen, dass es neben den großen Schwerpunkten auch die vielen kleinen Einzelvorhaben gibt, in denen wichtige Themen bearbeitet werden. Gerade dort zeigt sich die Fähigkeit des Menschen, Neues zu entdecken, oft am deutlichsten.

Die vorliegende Ausgabe unseres Forschungsmagazins enthält wieder eine Reihe von Beiträgen aus den unterschiedlichen Bereichen, in denen wir forschen. Wir wollen Sie damit teilhaben lassen an unseren kleinen und großen Erfolgen und Misserfolgen, die es natürlich auch hin und wieder gibt.

Die Neugier ist nach Felix von Cube der menschlichste, der flexibelste und der kreativste aller Triebe. Das Erfolgserlebnis, von dem das erfolgreiche Lösen von Problemen begleitet wird, ist nur schwer zu beschreiben. Vielleicht wird es unseren Autoren an der einen oder anderen Stelle aber gelingen, Ihnen einen Eindruck davon zu vermitteln.

Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.

Ihr Prof. Dr.-Ing. Jörg Wallaschek Prorektor für Forschung und wissenschaftlichen Nachwuchses

# Innovation und Lernen in Forschung und Anwendung

## *Geburt einer Public-private Partnership zwischen Universität und Automobilzulieferer*

In die Kraftfahrzeug-Lichttechnik kommt Bewegung. Wir von der Hella KG Hueck & Co. und der Universität Paderborn haben die im intelligenten Licht liegenden Chancen frühzeitig erkannt und uns gemeinsam in Bewegung gesetzt. Wir bearbeiten systematisch und ganzheitlich die Aufgaben, die zu lösen sind, um zukünftig innovative, bedarfsgerechte Lichttechnik erfolgreich in den Markt einzuführen. Ein Teil des Weges ist bereits gegangen und hat zu ersten Serienprodukten geführt.

Innovationsprozesse bedeuten stets, in bislang technisch, gesellschaftlich oder anderweitig unbekanntes Gebiet vorzustoßen. ZAHN 1986 [6] sieht den „Begriff der Innovation [...] häufig auf technische Neuerungen reduziert. Innovationen sind nach dieser Interpretation die wirtschaftliche Verwertung von neuen Ideen und neuem Wissen. Sie gehen aus wissenschaftlichen Entdeckungen und aus Inventionen hervor, durch die neues Wissen geschaffen wird. Innovationen sind jedoch [...] Neuerungen schlechthin und als solche für die Entwicklungs- bzw. Fortschrittsfähigkeit sozio-technischer Systeme, seien diese Unternehmen oder Volkswirtschaften, von fundamentaler Bedeutung“.

### Umfeld von Innovation

Die spannendsten Entwicklungsaufgaben finden sich seit jeher in den Grenzbereichen bekannter und etablierter Wissensgebiete und Fakultäten. Sie lassen sich nur lösen, wenn das Wissen verschiedener Disziplinen erfolgreich miteinander verknüpft wird. Mit Wissensbündelung und Wissenstransfer in andere Fachbereiche allein wäre es jedoch nicht getan. Innovationstätigkeit erfordert einen Lernprozess von allen, während sie an der Lösung eines anspruchsvollen Problems arbeiten. Innovation lässt sich auch verstehen als „Enabler“ für den konzentrierten Wissensaufbau.

Von wem, wo und in welcher Form wird Wissen für innovative Produkte heute überhaupt erworben? Die am Entwicklungsprozess beteiligten Kräfte lassen sich zweckmäßig als drei „Schalen“ in einem unternehmerischen Umfeld auffassen, die jeweils einander umschließen:

- Die innerste Schale repräsentiert den einzelnen Wissensträger mit seinem speziellen und subjektiven Wissen, mit seiner Motivation, seinen persönlichen Zielen und seinem individuellen Methodenfundus, was Lern-, Arbeits-, Kommunikationsstil etc. anbelangt.
- In Organisationen – Unternehmen, Forschungseinrichtungen usw. – werden Projektteams als umschließende Schale initiiert. Große Bedeutung kommt dabei der Gestaltung der Schnittstelle zur umgebenden Organisation zu (s.u.).<sup>1</sup>



**Thomas Börnchen** studierte von 1990 an Maschinenbau mit der Vertiefungsrichtung Konstruktionstechnik an der Universität Paderborn und an der Western Michigan University in Kalamazoo, USA. 2000 promovierte er zum Dr.-Ing. im Bereich Mechatronik und Dynamik bei Prof. Dr.-Ing. J. Wallaschek. Heute ist er beschäftigt in der Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. Kommanditgesellschaft in Hallstadt b. Bamberg.



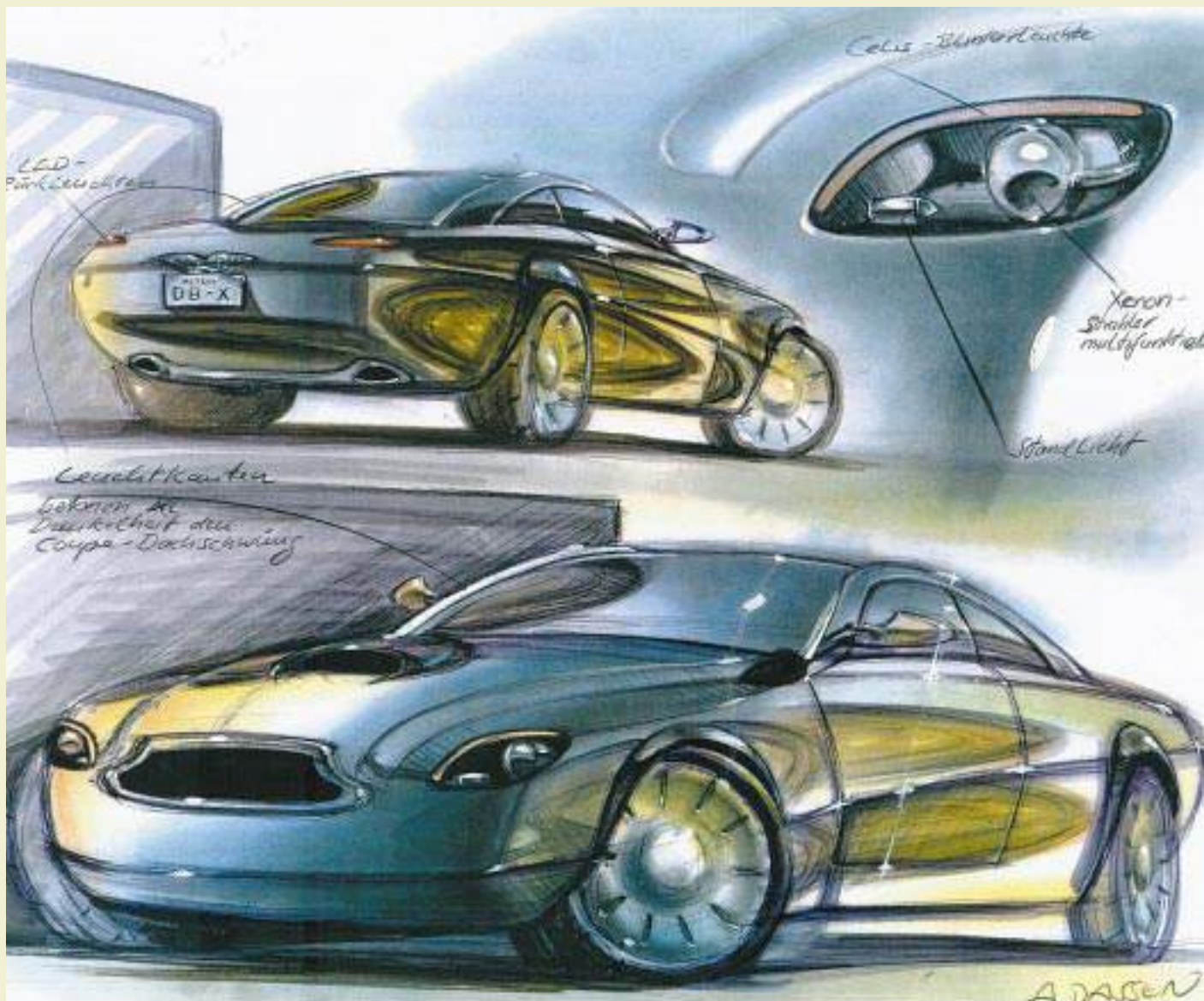
**Burkard Wördenweber** beendete sein Studium in Großbritannien mit dem Dokortitel *rer. nat.* der Universität Cambridge im Bereich Rechnergestützte Modellierung, Berechnung und Simulation. Seit 1988 bei der Firma HELLA leitete er 5 Jahre die Abteilung für Technische Informatik. Seit 1993 leitet er das Forschungs- und Testzentrum und ist jetzt mit dem Aufbau des L-LAB betraut. (Burkard Wördenweber siehe kursiv im Text.)

- Organisationen ihrerseits müssen kooperieren, wenn sie das Spektrum an Ideen, Methoden und Technologien, über die sie verfügen, vergrößern und das eigene Wissensprofil ausdehnen wollen.<sup>2</sup> Nur so können sie heute
  - Produktumfänge mit höherem Kundennutzen anbieten sowie
  - an Lösungen für morgen und übermorgen arbeiten und damit ihre Zukunft sichern. Gleichzeitig gestalten sie damit einen Teil der Gesellschaft als „sozio-technisches System“.

### Licht und Innovation in der Region

In den letzten Jahren haben wir an der Universität Paderborn und bei der Hella KG Hueck & Co. in Lippstadt die Grundlagen zur Entwicklung von adaptivem Kraftfahrzeug-Scheinwerferlicht gelegt. Heute ist die erste wesentliche Etappe eines längeren Lernprozesses abgeschlossen, und die Weichen sind gestellt für ein umfangreicheres Gemeinschaftsprojekt.

*Es ist ein lohnendes Unterfangen, anhand der auf beiden Seiten gesammelten Erfahrung zu studieren, wie die Kräfte entstehen, die in und zwischen den oben beschriebenen einzelnen Schalen wirken, und wie sie sich zum wechselseitigen Nutzen im Spannungsfeld von Grundlagenorientierung und Anwendung lenken lassen. Denn es war ja auch nicht alles einfach. Hella wollte ein neues Produkt mit neuen Technologien so schnell wie möglich*



auf den Markt bringen. Thomas Börnchen hingegen wollte in angemessener Zeit seine Dissertation veröffentlichen. Marktdruck und Wissensdurst stehen sich manchmal auch im Wege.

### Auftakt

Wie hat alles angefangen? Gegen Ende meines Studiums bewarb ich mich 1995 bei Hella für ein Fachpraktikum in den USA. Daraufhin konnte ich bei der damaligen Hella-Tochter North American Lighting, Inc. in Flora, Illinois erstes fertigungstechnisches wie konstruktives Scheinwerfer-Know-how sammeln. Zur „hands-on experience“ gehörte u.a. die Koordination von Werkzeugänderungen während des Produktionsanlaufs der BMW-Z3-Scheinwerfer. Da erreichte die James-Bond-katalysierte Markteuphorie um dieses Modell gerade ihren Höhepunkt. Aber dies ist eine andere Geschichte.

Zurück in Ostwestfalen ging ich mit meiner Diplomarbeit der Lichttechnik weiter auf den Grund. Betreut von Dr. Wördenwäber vom Forschungs- und Testzentrum bei Hella und von Professor Wallaschek, Fachgruppe Mechatronik und Dynamik am Heinz Nixdorf Institut, begann ich mit der Analyse und Synthese von Konzepten für variables Scheinwerferlicht. Dabei war ich eingebunden in die Aktivitäten der Produktentwicklung bei Hella.

### Licht heute und morgen

Wozu variables Scheinwerferlicht? – Das Steuern eines Fahrzeugs im Verkehr ist eine anspruchsvolle, hochdynamische Aufgabe. Sie stellt erhebliche Anforderungen an visuelle Wahrnehmung, kognitive Verarbeitung und motorische Koordination des Fahrers. In der Literatur findet sich ein allgemeiner Konsens, dass etwa 90 Prozent der im Straßenverkehr relevanten Informationen durch den Sehsinn aufgenommen werden. Dementsprechend wichtig ist eine gute Ausleuchtung des Verkehrsraumes bei Dämmerung und Dunkelheit und bei Witterungssituationen, in denen das natürliche Licht nicht ausreicht.

Die gegenwärtig noch gültigen ECE-Vorschriften für das asymmetrische Abblendlicht auf europäischen Straßen stellen einen Kompromiss zwischen guter Sicht und möglichst geringer Blendung anderer Verkehrsteilnehmer dar. Eine statische Lichtverteilung kann den Anforderungen nicht optimal gerecht werden, wie sie eine sich ständig verändernde Umgebung stellt, in die Fahrer und Fahrzeug eingebettet sind. In der Stadt, auf (kurven- und kuppenreichen) Überlandstraßen, auf Autobahnen, bei Regen und Nebel und abhängig vom Verkehrsaufkommen ermöglichen voneinander verschiedene Lichtbilder das geringste Unfallrisiko und den höchsten Sehkomfort für alle Verkehrsteilnehmer: Eine dynamische Umgebung erfordert ein dynamisches Licht.

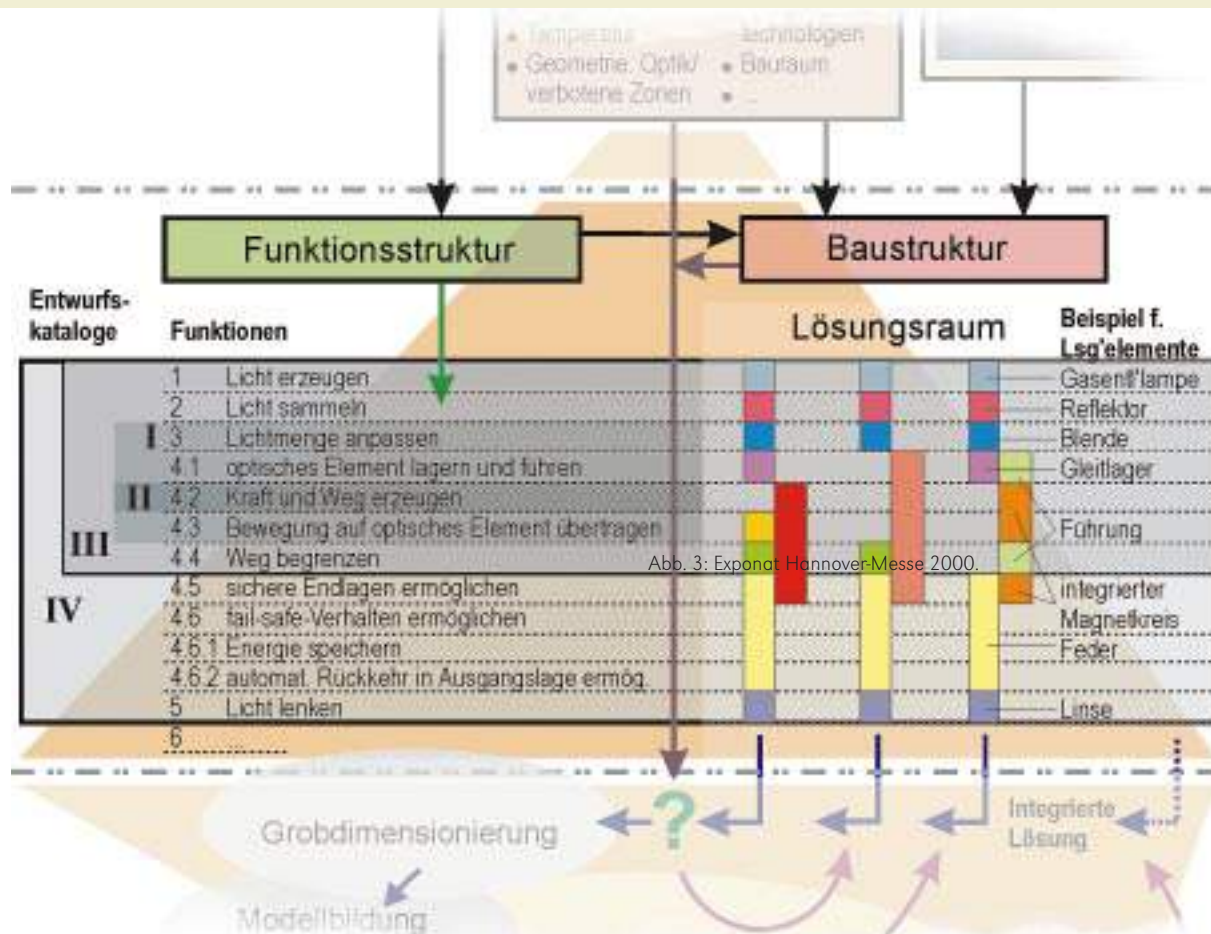


Abb. 1: Vorgehensplan für die frühen Phasen bei der Entwicklung eines adaptiven Scheinwerfermoduls (Ausschnitt).

## Der Weg zum adaptiven Licht

Die gegenwärtigen Lichtfunktionen werden weitgehend durch die Kombination der Lichtbilder aus einzelnen Lichtquellen erzielt. Können wir in näherer Zukunft eine anspruchsvolle dynamische Funktionalität durch die bloße Erhöhung der Leuchtmittelzahl erreichen? Diesem Ansatz sind aus lichttechnischen, thermischen, Bauraum-, Gewichts-, Styling- und wirtschaftlichen Gesichtspunkten enge Grenzen gesetzt. Auch ist der Einsatz optisch aktiver Gläser durch ihre bislang nur geringe Dynamik und insbesondere zu geringe Kontraststärke noch nicht in greifbare Nähe gerückt. Einen zielführenden Lösungsansatz sehen wir gegenwärtig deshalb darin, die lichttechnische und starr-mechanische Grundstruktur um eine kinematische Struktur zu ergänzen, die eine Strahlengangbeeinflussung durch bewegliche optische Komponenten ermöglicht. Als Vorstufe zu adaptivem Licht lässt sich die Leuchtwertenregulierung betrachten. Sie macht den Scheinwerfer bereits zum mechatronischen System, das die störende Wirkung von Karosseriebewegungen zu kompensieren vermag.

Damit ist die Schwelle zur Dynamisierung des Kfz-Lichts bereits überschritten. Hinsichtlich der Dynamisierung der Lichtbilder zeigt insbesondere die Patentlage heute einen beträchtlichen „Ideenstau“. Aktuelle Konzepte sind teilweise schon seit Jahrzehnten bekannt, aber noch nicht umgesetzt.

Welche Barrieren – ungeachtet der gesetzlichen – bestehen also gegenwärtig bei der Entwicklung dynamischer Komponenten für variables Kfz-Licht? Es lassen sich u.a. folgende Defizite ausmachen:

1. Aus kinematischer Perspektive gibt es eine Vielzahl von einzel-

nen Lösungsvorschlägen, jedoch keine systematische Durchdringung des Lösungsraums.

2. Durch die Entwicklung von Leuchtwertstellern sind Erfahrungen in Auswahl und Ansteuerung von Gleichstrom-Kommutator- sowie Schrittmotoren gesammelt worden. Weitere Aktorbauformen auf Basis elektrischer Eingangsenergie – auch anderer physikalischer Effekte – sind prinzipiell bekannt. Jedoch fehlt auch für Aktoren ein systematischer und breiter Überblick hinsichtlich ihrer Eignung – ihrer spezifischen Stärken und ihrer Einsatzgrenzen – für typische Stellaufgaben in Scheinwerfern.
3. Auslegungswerkzeuge für eine möglichst optimale Aktor- bzw. Stellerdimensionierung – insbesondere zur Berechnung elektromagnetischer Felder – werden nicht eingesetzt.
4. Kinematiksimulation ermöglicht keine Prognosen zum kinetischen Systemverhalten. Mehrkörpermodellbildung zur Ermittlung von dynamischen Kräften, Beschleunigungsspitzen, Stellzeiten etc. wird nicht verwendet.

Diese Barrieren haben wir im Verlauf von Pilotprojekten überwunden. Unser Ansatz war zunächst, die beiden wichtigsten Funktionen heutigen Kfz-Lichts – Abblend- und Fernlicht – in einem „Bi-Xenon“-Modul zu vereinen. Idee dabei ist, den hohen Lichtstrom von Gasentladungslampen durch eine bedarfsweise Vergrößerung der Lichtaustrittsfläche auch für das Fernlicht nutzbar zu machen. Damit lässt sich der bislang bei Doppelkammersystemen bestehende Farbunterschied zwischen Gasentladungsabblendlicht und zugeschaltetem Halogenfernlicht eliminieren. Hinzu kommen die Vorteile einer gegenüber der Doppelkammerlösung besonders kompakten Bauform (s.o.) und neuer Designfreiheit.



classification		solution principles		criteria						
shield movement	actuator	no.	mechanism design	layout	length of tolerance chain w/ respect to lighting requirements	functional stability of system			temperature and heat load on actuator	degree of integration
						vertical vibration resistance	horizontal vibration resistance	tolerance influence on function		
		1	2	3	4	5	6	7	8	...
rotation about off-centred axis	DC lifting magnet	1	magnetic pull force transmission to shield via lever arrangement		short (decoupled actuator)	due to eccentric shield suspension: <ul style="list-style-type: none"> <li>low for horizontal actuator orientation</li> <li>moderate for vertical actuator orientation</li> </ul> stress compensation possible	low (but play in kinematic chain)	low	high (close to shield due to limited stroke and design space constraints)	low
	DC rotary magnet	2	shield-integrated rotary armature		long (coupled actuator)	low (due to eccentric suspension, stress compensation possible)	moderate	moderate	moderate	moderate
	...	3	...	...	...	...	...	...	...	...
	actuator with special flux stroke length	4	magnetic force on armature at top of shield		short (decoupled actuator)	very poor (high mass and inertia increase due to armature at shield top)	moderate	very high (poor actuator force ratio in case of armature deviation from center position)	low (insufficient distance between actuator and hot spot achievable)	very high
relative about off-centred axis	DC permanent magnet rotary motor	5	motor torque transmission to shield via toothed wheel		moderate (2 bearings, decoupled actuator)	high (in main beam position with use of stiff magnet)	moderate	moderate	moderate (optimum between compact design and low heat load fairly simple achievable)	low
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Abb. 2: Prinziplösungen zur Schaltfunktion des ersten Bi-Xenon-Moduls.

**Methodischer Ansatz**

Es leuchtet unmittelbar ein, dass im Entwurfsprozess für ein Lichtmodul gleichermaßen gestalt- wie funktionsorientiert vorgegangen werden muss, s. auch WALLASCHEK/BÖRNCHEN 1998 [4]. Um attraktive Lösungsansätze so systematisch wie möglich erfassen und bearbeiten zu können, haben wir die Gesamtfunktionalität hierarchisiert. Auf verschiedenen Konkretisierungsebenen haben wir sukzessiv alternative Lösungselemente gesucht, Vorzugsvarianten bzw. -kombinationen ausgewählt und von dort jeweils weitergesucht. Abbildung 1 visualisiert unser Vorgehen. Im linken Teil sind den Funktionen, die wir für das Bi-Xenon-Modul ermittelt haben, Objekt- bzw. Lösungskataloge zugeordnet, in denen die gefundenen Alternativen dokumentiert werden. Kinematische Ansätze (Katalog I) und Energiewandler (Katalog II) werden mit oberster Priorität untersucht. Im rechten Teil sind schematisch mögliche Lösungskombinationen dargestellt.

Aufgrund zunehmender Miniaturisierung, Steigerung der Leistungsdichte und Integrationsfähigkeit bei der Aktorik gehen wir davon aus, dass sie zur wesentlichen Schrittmachertechnologie für zukünftige Kfz-Lichttechnik wird. Insofern haben wir geeigneten Energiewandlern frühzeitig besondere Beachtung geschenkt und mit einer scheinwerferspezifischen Systematisierung des Lösungsraums begonnen (BÖRNCHEN 1996 [1], BÖRNCHEN/WALLASCHEK 1998 [2]). Abbildung 2 zeigt einen Teil des Entwurfskatalogs III, in dem der erste Syntheseschritt für die lichttechnische Schaltfunktion dokumentiert ist.

Durch die hier skizzierte Strukturierung des Lösungsraums lässt sich die Chance maximieren, in einem jeweils überschaubaren Suchbereich viele alternative, starke Prinziplösungen aufzuspüren. Zur weiteren Konkretisierung haben wir das Prinzip einer mittels Hubmagnet betätigten Blende (Abbildung 2, Variante 1) festgelegt.

*Wir sehen auch heute noch die großen Plakate mit den strukturierten Lösungsansätzen und Bewertungen. Sie dienen noch immer als Wegweiser und sind ein Symbol der Einheit zwischen methodisch-strukturiertem Vorgehen und den kreativen, schnellen Lösungsansätzen in der Entwicklung innovativer Produkte. Interessanterweise finden sich in der Universität Paderborn Symbole für pragmatisches und gekonnt einfaches Vorgehen.*

**Mechatronik und Risikominimierung in der Lichttechnik**

Als ein besonderes Entwicklungsrisiko haben wir u.a. die Endlagenstabilität der Blende bei Schwingungsanregung, insbesondere in Vertikalrichtung, eingeschätzt. Diesem sind wir auf zwei Wegen begegnet:

1. Der zunächst „konservative“ Lösungsansatz besteht in einer Verriegelung der Blende mittels eines zweiten Aktors. Diesen Pfad haben wir im Rahmen der Diplomarbeit von Erhard Moog verfolgt. Als Herzstück der Riegelbaugruppe haben wir einen Multilayer-Monomorph-Piezoaktor verwendet. Dieser innovative Energiewandler ermöglicht aufgrund seiner Abmessungen und seiner Kraft-/Weg-Charakteristik eine äußerst kompakte Integration in das Lichtmodul. Das Halten in aktiver Endlage ist – im Gegensatz zum elektromagnetischen Prinzip – nahezu verlust(wärme)frei. Mit einem Funktionsmus-

ter haben wir prinzipiell gezeigt, dass der Einsatz von Piezoaktoren in Scheinwerfern für spezielle Aufgaben viel Potenzial besitzt. Großserienlösungen sind jedoch nicht für die kommenden zwei Fahrzeuggenerationen zu erwarten.

2. Alternativ haben wir einen mechatronischen Ansatz zur Gestaltung des Magnetkreises und zu seiner Ansteuerung verfolgt – und auch bis zur Serienreife weiterentwickelt: Die Blende wird „quasi-verriegelt“. Die Magnetspule ist niederohmig ausgelegt und wird mikroprozessorgesteuert pulsbreitenmoduliert bestromt. Während des Schaltens der Blende fließt ein hoher Strom, beim Halten in Fernlichtlage ein geringerer Ruhestrom. So lassen sich hohe Schaltkraft und thermische Stabilität bei kompakten Spulenabmessungen vereinen. Den Magnetkreis haben wir mittels Finite-Elemente-Untersuchungen kennlinienoptimiert.

*Die Zeit für die Produkteinführung drängte. Die InnovationCell (s.u.) brauchte die Ergebnisse der Simulationen und Tests recht zügig, um die bestehenden Risiken so schnell wie möglich abzubauen. Es war interessant zu beobachten, wie sich die schnelle Lösungsfindung und der systematische Aufbau von Handlungsalternativen ergänzte und der InnovationCell die Fähigkeit gab, sich auch aus Sackgassen in der Entwicklung schnell wieder auf einen neuen, erfolgversprechenden Weg zu begeben.*

Der Wert des mechatronischen Prinzips besteht bei dem hier illustrierten Produkt insbesondere darin, die Teilsysteme – Aktor und Umgebungs konstruktion – so auslegen zu können, dass die kritischen Eingangs-, Zustands- und Störgrößen größere Wertebereiche annehmen können und dürfen, als es bei konventionellen, z.B. rein elektromechanischen Lösungen möglich wäre, um eine sichere Funktionserfüllung zu gewährleisten. Zu den kritischen Eingangsgrößen sind insbesondere Bordnetzspannung und Umgebungstemperatur, zu den kritischen Zustandsgrößen Magnetkraft und Spulentemperatur zu zählen. Kritischste Störgröße sind die Beschleunigungsspitzen in Vertikalrichtung. Mit dem mechatronischen Ansatz wird die Gesamtlösung also robu-

ster. Er hat entscheidend das Risiko verringert, das im Technologiesprung dieser Produktentwicklung liegt.

Abbildung 3 zeigt schematisch den Grundaufbau eines mechatronischen Systems im lichttechnischen Umfeld.

### ■ Simulationswerkzeuge in der Lichttechnik

Mit dem aktiven Eingriff in die lichttechnische Wirkkette gewinnt die Frage nach dem dynamischen Systemverhalten weiter an Bedeutung. Wir haben mit Finite-Elemente-Untersuchungen elektromechanischer Energiewandlungsmechanismen begonnen. Ab dem frühestmöglichen Zeitpunkt – d.h. mit Festlegung des Wirkprinzips auf Basis des Entwurfskatalogs III – haben wir verschiedene Magnetkreisvarianten berechnet und auf Basis der Simulation Fluss- und Kraftverläufe – erstmals auch quantitativ – verglichen und bewerten können.

Mit dem nachfolgenden Entwurf einer Bi-Xenon-Lösung für das Reflexionssystem haben wir systematisch die Mehrkörpersystem-Modellbildung in die Lichttechnik eingeführt und dazu zwei methodisch verschiedene Ansätze verfolgt: Zum einen haben wir mathematische Gleichungen in einer blockorientierten Berechnungsumgebung (MATLAB-Simulink) abgebildet. Zum anderen haben wir im Rahmen der Diplomarbeit von Holger Thöne ein sogenanntes mentales Modell (Abbildung 5) direkt in einer geeigneten Berechnungsumgebung (ADAMS) abgebildet.

Die Berechnungsergebnisse decken sich für beide Ansätze etwa gleich gut mit Messungen an einem Funktionsmuster, Abbildung 6. Der direkte Vergleich bei der Modellerstellung und -berechnung hat uns jedoch gezeigt, dass der zukünftig stabilere Ansatz – insbesondere bei wachsender Produktkomplexität – der letztere sein wird.

### ■ Lernen im Entwurfsprozess

Die Motivation, die heutige Entwicklungsmethodik der Kfz-

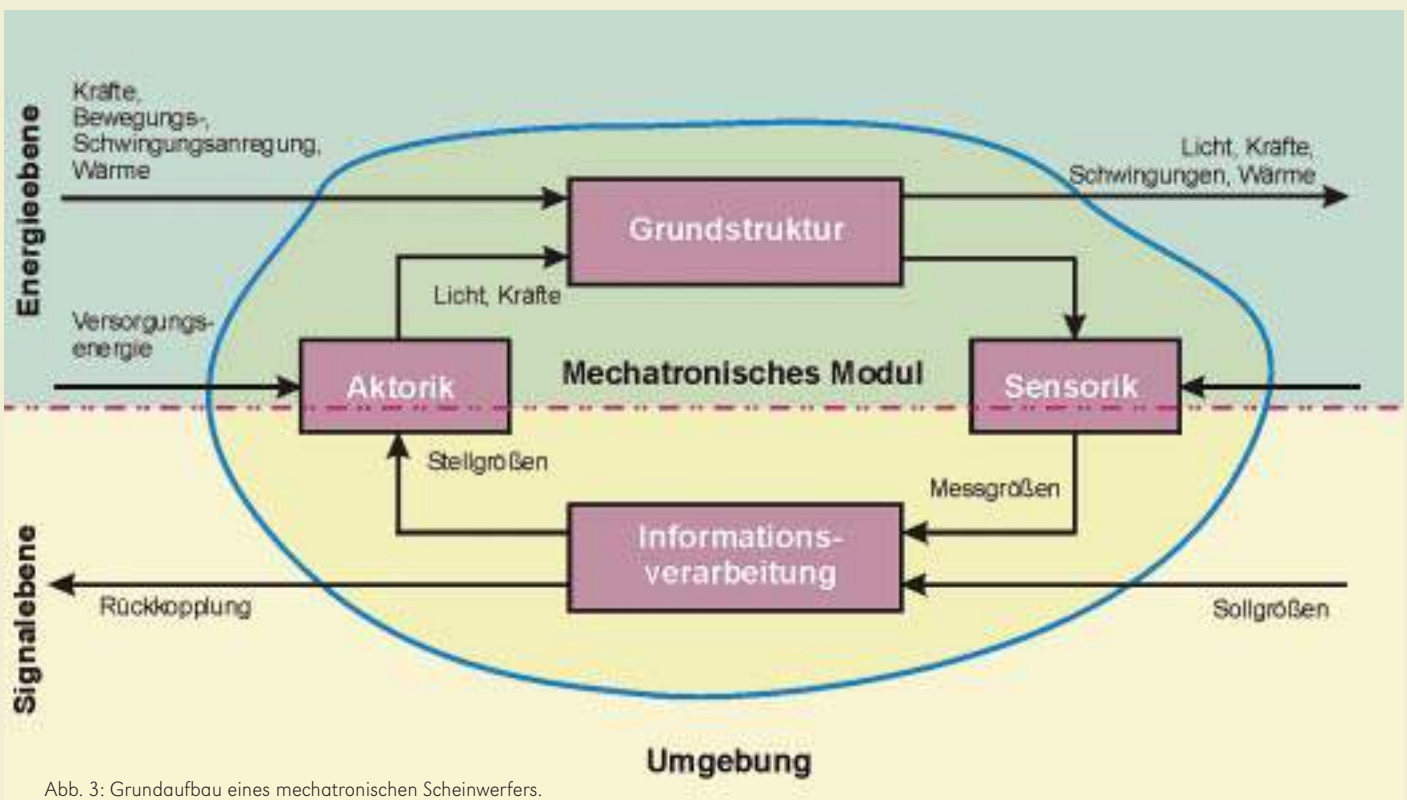


Abb. 3: Grundaufbau eines mechatronischen Scheinwerfers.

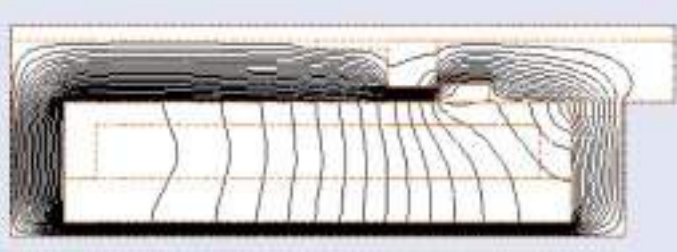


Abb. 4: Feldlinienverteilung des Hubmagneten mit kennlinienoptimierter Luftspaltgeometrie.

Lichttechnik so zu erweitern, dass zukünftig auch ein zielsicherer Entwurf adaptiver Scheinwerfer möglich wird, hat mich auf das Problem geführt, dass eine systematische Lücke zwischen der Entwicklungsmethodik und dem Innovationsmanagement besteht. Erstere berücksichtigt die unternehmerischen Randbedingungen nicht in ausreichendem Maße. Das in Abbildung 7 gezeigte Nautilusmodell versucht eine Brücke zu schlagen. Es hat zyklischen Charakter, wie er sich auch bei Modellen von Lern- und Problemlösungs- und Kreativitätsprozessen findet.

Für den Entwicklungsprozess müssen oft Entscheidungen aus noch unvollständigen Informationen gefällt werden. Die aus dieser Unwissenheit entstehenden Risiken können erst im Laufe der Entwicklung durch die sich festigenden Informationen und Erkenntnisse beseitigt werden. Wissensgenerierung ist also eng verknüpft mit Risikominimierung und Lösungsstabilisierung.

Ein Zyklus umfasst fünf Abschnitte vorherrschender Tätigkeiten, die nacheinander durchlaufen werden. Dabei wächst das erworbene Wissen über das Produkt üblicherweise stetig an. Nach einem Umlauf ist ein Meilenstein erreicht, bei dem aus mehreren Alternativen auszuwählen ist, die Wissensbasis also bewusst wieder eingeschränkt wird, und bei dem über den weiteren Projektfortgang zu entscheiden ist. Danach beginnt ein weiterer Zyklus auf höherer Konkretisierungsebene. Das Modell hat noch eine dritte, hier nicht dargestellte Dimension, die den erforderlichen Aufwand - aus unternehmerischer Sicht von Schlüsselbedeutung - sichtbar machen kann. Eine nähere Beschreibung findet sich bei BÖRNCHEN 2001 [3].

Das Modell kann ein methodisches Vorgehen unterstützen und allen an einem Projekt Beteiligten eine Orientierung über dessen Reifegrad geben. Es lässt sich in den Entscheidungsprozess einbeziehen, wann der bestgeeignete Zeitpunkt zum Start einer - nachfolgend beschriebenen - InnovationCell erreicht ist.

**InnovationCell**

In den frühen 90er Jahren verließ Hella die Struktur eines funktional gegliederten Unternehmens und führte Projektmanagement in der Produktentwicklung und Gruppenarbeit in der Fertigung ein. Es wurde außerdem zunehmend klarer, dass der gleichzeitig steigende Innovationsbedarf durch diese Methoden nicht abgedeckt wurde. Die hohen Investitionen für neue Technologien und die unsteten Entscheidungsprozesse zu Produktinnovationen führen heute zu Innovationsprojekten mit hohem Risiko, hoher Komplexität und hoher Gewinnerwartung. Diese Projekte buhlen mit normalen Entwicklungsprojekten um Ressourcen oder machen gar bei Erfolg anderer Projekten den Gewinn streitig. Aus diesem Grund führte Hella einen Innovations- und Technologiemanagement-Prozess ein, der als Kern die „InnovationCell“ nutzt. 1995 lief die erste InnovationCell zur Einführung der Lichtleittechnik ins Fahrzeug.

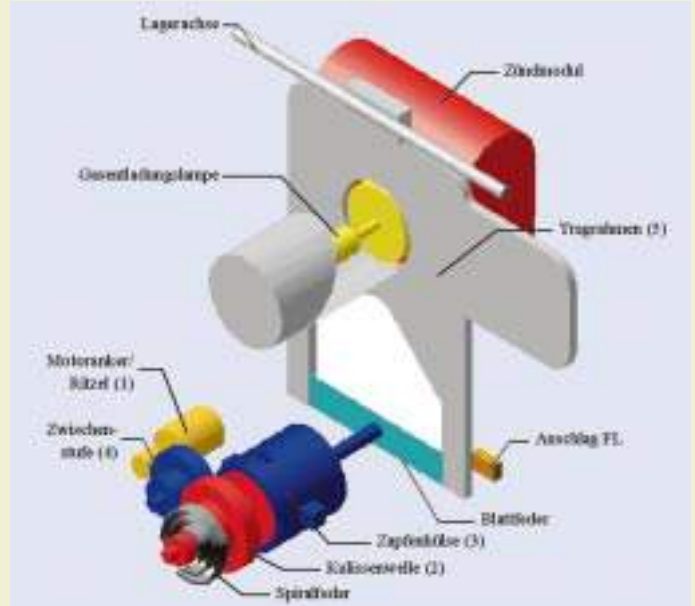


Abb. 5: Mehrkörpersystem für Bi-Xenon-Reflexionsprinzip.

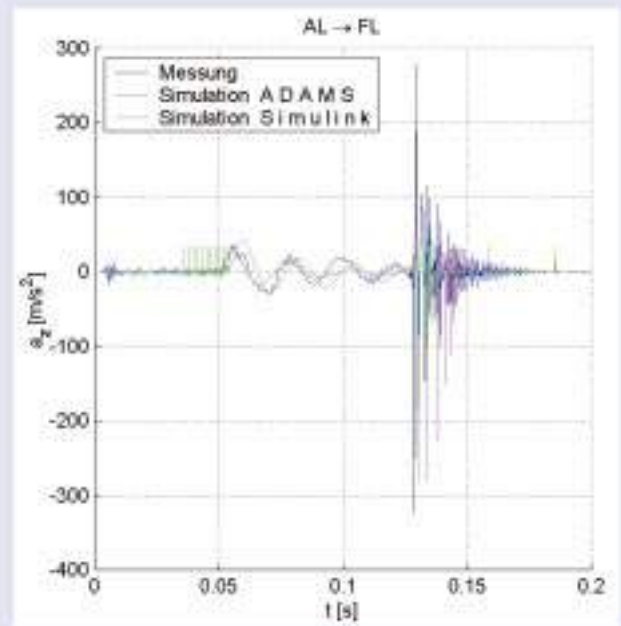


Abb. 6: Simulation und Messung beim Schalten des Bi-Xenon-Reflexionssystems.

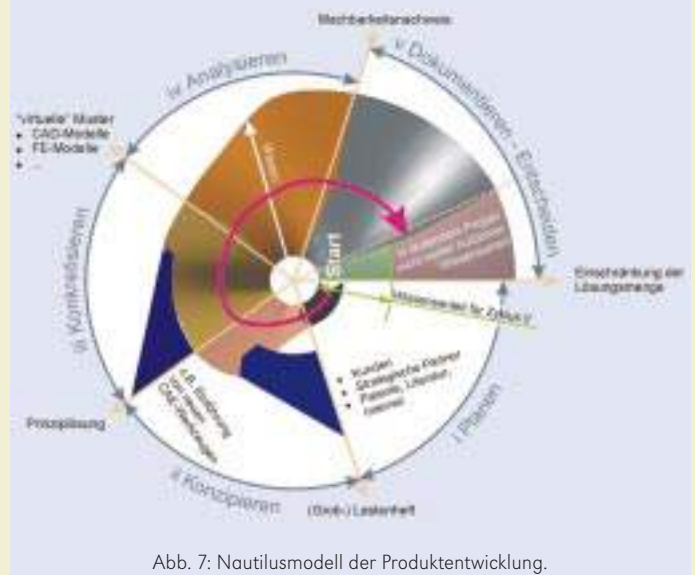


Abb. 7: Nautilusmodell der Produktentwicklung.



Abb. 8: Bi-Xenon-Projektionsmodul.



Abb. 9: Erster Serieneinsatz (Foto: DaimlerChrysler).

Die InnovationCell ist ein Unternehmen im Unternehmen. Schon vor Jahrzehnten wurde das Prinzip unter dem Namen „Systemfokus“ bei der Entwicklung von Hauptrechnern genutzt. Automobilhersteller, wie zum Beispiel Mercedes Benz, haben die Bezeichnung „Projekthaus“, was für sie gleichbedeutend ist mit „Entwicklung von Technologien zur schnellen Serieneinführung gemeinsam mit Lieferanten und Forschung“.

Die InnovationCell besteht bei Hella aus einem Raum und einem autonomen Team. Dieses Team integriert das Systemwissen und die Kompetenzen, die aus den verschiedenen Bereichen des Unternehmens oder aus externen Quellen stammen. Wenn möglich, werden Team und Raum immer dort zusammengeführt, wo die größten Schwierigkeiten bestehen, zum Beispiel im Falle besonders anspruchsvoller Abstimmung zum technischen Umfeld beim Pilot-Kunden oder im Falle besonders anspruchsvoller Technologie in der Produktion. Durch eine zwar temporäre, jedoch feste Teamzugehörigkeit findet ein intensiver Wissensaustausch statt. Neue Erkenntnisse werden schnell gewonnen und kommuniziert. Für weitere beteiligte Personen ist die InnovationCell die Adresse, wo Auskünfte, Informationen und Entscheidungen laufen. Der Abstimmungsaufwand ist gering und sichere Entscheidungen sind schnell gefällt. Hella stellt den InnovationCells ein erweitertes Team und ein Projektcontrolling zur Verfügung. So können Risiken und Ausnahmen leichter erkannt und abgefangen werden. Ein schneller und dadurch kostengünstiger Markteintritt für Innovationen ist möglich.

Mit dem Start der InnovationCell „Bi-Xenon“ waren Einzelkonzepte zu magnetisch oder motorisch erzeugten Schwenkbewegungen für Blenden bereits vorhanden und teilweise erstmalig in Form von Werkstattmustern realisiert. Wir haben eine rasche Minimierung des Risikos verfolgt, das wir in der modulgerechten Auslegung der Aktorik und in ihrer Abstimmung auf die Lichttechnik gesehen haben. Dazu haben wir einhergehend mit den Syntheseaktivitäten der Gesamtfunktionalität (Entwurfskatalog IV) die bereits erläuterten Finite-Elemente-Untersuchungen der Magnet-Lösungsvarianten mit dem größten Umsetzungspotenzial durchgeführt. Mit der Entwicklung des „Bi-Xenon“-Projektionsmoduls (Abbildungen 8 und 9) haben wir erstmalig den Schritt vom stationären zum dynamischen Licht vollzogen. Auf den Erfolg der ersten InnovationCell aufbauend bringen

heute mehrere InnovationCells gleichzeitig neue Produktinnovationen mit neuen Technologien in die Serie. Die InnovationCell „Bi-Xenon“, die Thomas Börnchen begleitete, führte Aktorik und Mechatronik in den Scheinwerfer ein.

Durch InnovationCells ist Hella in der Lage, schnell zu agieren und neue Produkte mit neuen Technologien auf den Markt zu bringen. Für den sicheren Erfolg ist das Timing des Starts ausschlaggebend. Folgende Startbedingungen sind daher Voraussetzung für die InnovationCell:

1. Die Marktchancen sind gut.
2. Die notwendigen Kompetenzen liegen – wenn auch getrennt – vor.
3. Ein Schlüssellkunde oder Schlüssellieferant ist identifiziert.
4. Das Projekt ist technisch machbar.
5. Die verbleibenden Risiken sind nicht chaotisch, sondern planbar.

Wenn alle diese Startbedingungen erfüllt sind und der Auftraggeber Ziel und Budget definiert hat, kann die InnovationCell starten.

### Austausch zwischen Wissensorten

Die InnovationCell bietet ideale Rahmenbedingungen für Wissensgenerierung:

- Das Team bringt durch die Sichtweisen und Skills der Einzelnen eine reifere Gesamtsicht ein.
- Bei dezidiertem Vollzeitanteil sind Nebentätigkeiten, die die Konzentration stehlen, ausgeschlossen.
- Der Raum der InnovationCell, der auch für alle Außenstehenden zum Zentrum für Informationen wird, begünstigt Informationsfluss und Wissensverteilung.
- Nicht zuletzt gibt die Begleitung der Arbeit durch methodisch-systematische Untersuchungen durch Student und Universität der InnovationCell den nötigen Überblick, um bei eventuell aufkommenden Widersprüchen oder Problemen Handlungsalternativen zu finden.

Es hat viel Spaß bereitet, im Ausguck der InnovationCell zu sitzen und nach Klippen und Untiefen Ausschau zu halten.



Abb. 10: InnovationCell als Bindeglied zwischen Unternehmen und Universität.



Abb. 11: Leitbild für unser Zukunftsprogramm.

## Kooperationen

Hella arbeitet für alle namhaften Automobilhersteller und nutzt eine große Anzahl von Lieferanten. Die effiziente Kooperation in der Wertschöpfungskette vom Lieferanten über Teilehersteller bis zum Automobilhersteller ist Grundvoraussetzung für jedes Entwicklungsprojekt und seinen wirtschaftlichen Erfolg. Für Innovationen ist es notwendig, neben den bestehenden Kooperationen in der Wertschöpfungskette weitere Zusammenarbeit gezielt anzugehen. Schon allein der Aufwand, der mit dem Erschließen von Schlüssel- und Schrittmachertechnologien verbunden ist, macht für Hella Kooperationen zu anderen Firmen und zu wissenschaftlichen Einrichtungen notwendig. Dabei sind je nach Technologiereife und Notwendigkeit der Alleinstellung verschiedene Kooperationsformen denkbar. So helfen zum Beispiel Entwicklungskooperationen bei der Erschließung neuer Technologien, garantieren jedoch keine exklusive Alleinstellung.

Für die Einbringung der Mechatronik in den Scheinwerfer war für uns die Kooperation mit der Universität Paderborn besonders interessant. Die extremen Anforderungen im Automobil und insbesondere im Scheinwerfer führten zu bislang ungelösten Herausforderungen für die Mechatronik. Durch die Zusammenarbeit in der Problembeschreibung und Lösungsfindung wurden neue Wege sowohl für die Universität als auch für Hella beschritten.

Wir haben dabei viel gelernt. Wir haben insbesondere gelernt, dass Kooperationen zwischen öffentlicher Forschung und privater Wirtschaft ein Gewinn für alle Beteiligten bedeutet. Daher

haben die Universität Paderborn und Hella jetzt eine langfristig angelegte Kooperation mit dem „L-Lab“ gestartet. Diese Kooperation, heute oft „Public-private Partnership“ genannt, ermöglicht es uns, Technologien aus der Grundlagenforschung herauswachsen zu lassen, die wir dann für die Schlüsselstellung in der Zukunft benötigen. Wir haben dabei eine gemeinsame Vision. Die Leitkonzepte der Visionen dienen der Orientierung sowohl der Wissenschaftler als auch der Ingenieure, die gemeinsam im „L-Lab“ die Visionen anfassbar und umsetzbar machen.

## Literatur

- [1] Börnchen, T.: Untersuchung mechatronischer Systeme zur aktiven Beeinflussung des Lichtbilds bei Kraftfahrzeug-Scheinwerfern. Diplomarbeit, Universität Paderborn, 1996
- [2] BÖRNCHEN, T.; WALLASCHEK, J.: Mechatronik für intelligentes Scheinwerferlicht von Kraftfahrzeugen. in: SCHMITZ, G.; DEMEL, W. (HRSG.): TransMechatronik – Entwicklung und Transfer von Entwicklungssystemen der Mechatronik. Aachener Workshop, HNI-Verlagsschriftenreihe, vol. 38, 26.05.1998
- [3] Börnchen, T.: Zur Entwicklung dynamischer Komponenten für variables Kraftfahrzeug-Scheinwerferlicht. Dissertation, HNI-Verlagsschriftenreihe, vol. 93, Paderborn, 2001
- [4] WALLASCHEK, J.; BÖRNCHEN, T.: Innovation – Weiß Ihr Scheinwerfer, wo Sie hinfahren? Hella Lichttechnik Research & Development Review 1998, Lippstadt, 1998
- [5] Wördenweber, B.; Wickord, W.: Chancen- und Risikomanagement – Produktnahe Forschung aus Sicht eines Automobilzulieferers, Springer, 2001
- [6] ZAHN, E. (HRSG.): Technologie- und Innovationsmanagement. Festgabe für Gert von Kortzfleisch zum 65. Geburtstag. Duncker und Humboldt, Berlin, 1986

<sup>1)</sup> Die betreffenden Schalen sind formell (Projektteam) oder informell (Netzwerke, „Seilschaften“).

<sup>2)</sup> Auch hier gibt es sichtbare Schalen (Kooperationen, Allianzen) sowie verdeckte (Kartelle).

# Musterbildung in Flüssigkristallen

*Ein Modellsystem für die Entstehung des Lebens  
oder „nur“ eine neue Methode, Plastikfilme zu strukturieren?*

Tiger- und Zebrafell, wellenförmige Muster an einem trockenen Strand, Schleifen eines mäandernden Flusses: überall in der Natur begegnen uns solche „dissipativen“ Strukturen: Muster, die durch eine regelmäßige räumliche Wiederholung gekennzeichnet sind und aus einem zunächst einheitlichen Zustand hervorgehen, ohne dass unmittelbar erkennbar ist, wie die charakteristische Länge der Wiederholung und die Symmetrie der jeweiligen Struktur zu Stande gekommen ist. Auch Flüssigkristalle können dissipative Strukturen ausbilden, beispielsweise wenn eine elektrische Spannung angelegt oder die Probe von unten erwärmt oder das Präparat kontinuierlich entlang eines Temperaturgefälles bewegt wird. Das Auftreten regelmäßiger Muster hat sowohl praktische Aspekte als auch Modellcharakter für das Verständnis komplizierter biologischer Systeme.

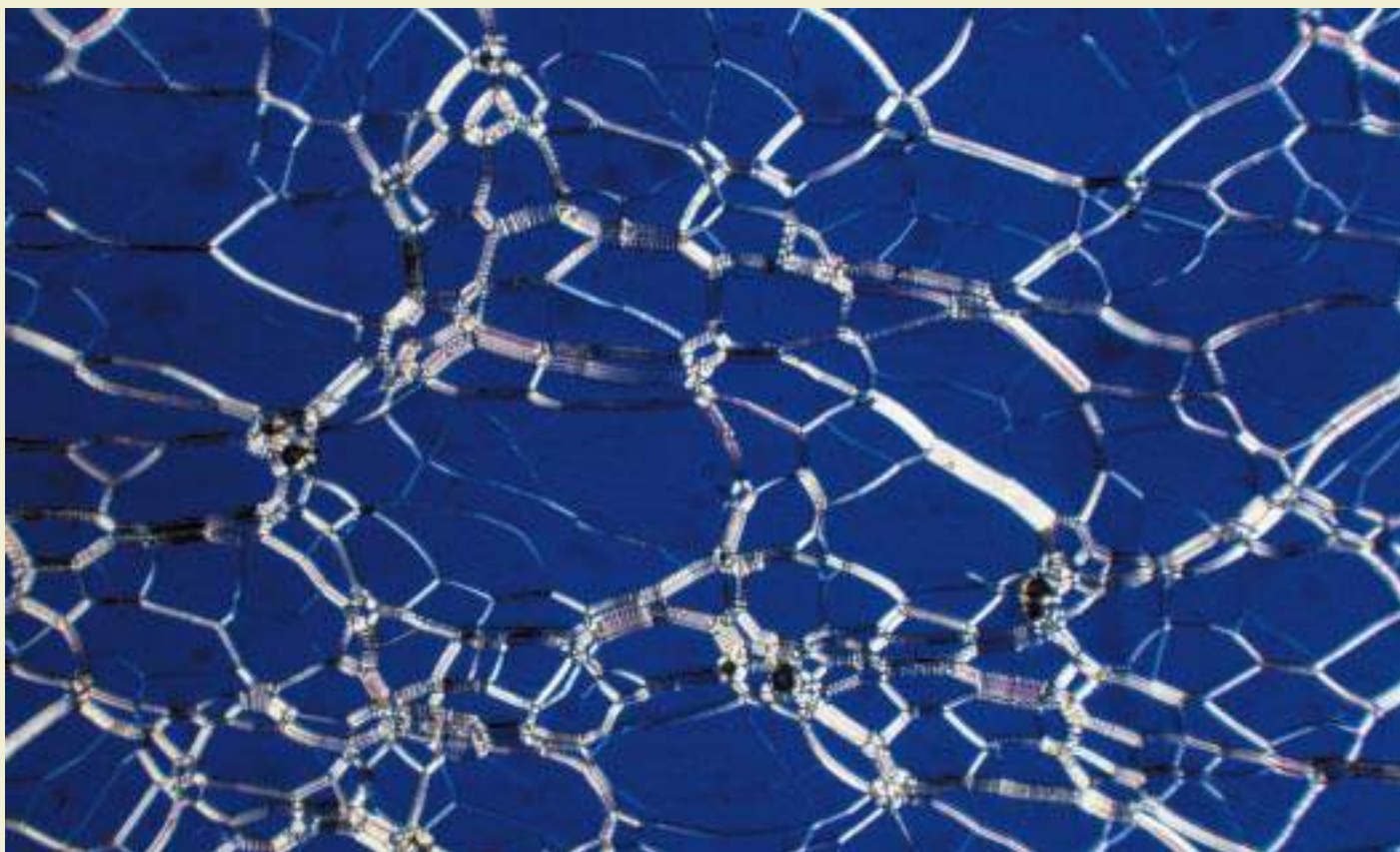
## Musterbildung in der Natur und im Reagenzglas

Die Beispiele aus der Natur (Abbildung 1) lassen sich ergänzen durch Phänomene, die uns im Haushalt begegnen: Wenn wir eine Flüssigkeit im Kochtopf zum Sieden bringen, besitzen die



Prof. Dr. rer. nat. Heinz-Siegfried Kitzerow ist Professor für Physikalische Chemie am Fachbereich 13 der Universität Paderborn. Seine Forschungsinteressen sind gerichtet auf Flüssigkristalle und sonstige organische Materialien mit interessanten optischen und elektrischen Eigenschaften.

aufsteigenden Bläschen oft einen ganz bestimmten Abstand; oder wenn Sie etwas Abwechslung in das Fernsehprogramm bringen möchten, sollten Sie eine Videokamera vor den zunächst leeren Bildschirm stellen und sich das Bild der Kamera auf demselben Bildschirm ansehen (Abbildung 2). Natürlich haben wir Naturwissenschaftler nicht nur beim Kochen Freude an solchen spontan entstehenden Strukturen, sondern wissen,



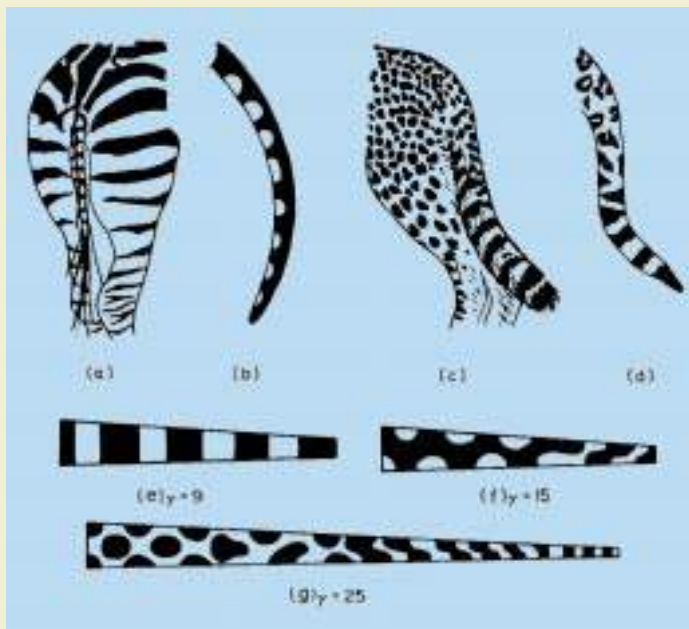


Abb. 1: Musterbildung in der Natur: Tierfelle (nach J. D. Murray [2]). (a) Zebra, (b) Kleinfleck-Ginsterkatze, (c) Gepard, (d) Jaguar, (e)(g) Visualisierung der mathematischen Lösungen eines Systems von gekoppelten Differenzialgleichungen: Das Muster hängt jeweils ab von einem Koeffizienten  $\gamma$ , der direkt in die Differenzialgleichungen eingeht, und von der zur Verfügung stehenden Fläche. Die Unterschiede der Muster (a), (b) und (c) können durch eine Variation des Parameters  $\gamma$  beschrieben werden [vgl. (e), (f) und (g)]. Derselbe Wert  $\gamma$  kann allerdings auf großer Fläche zu einem Punktmuster und auf kleiner Fläche zu einem Streifenmuster führen [vgl. (c) und (g)].

diese auch im Labor zu erzeugen: Regelmäßig angeordnete Wirbel entstehen in einem Flüssigkeitsfilm, wenn dieser zwischen zwei konzentrisch angeordneten, rotierenden Zylindern geschert wird. Aus einem komplizierten chemischen Reaktionsgemisch, das zu Beginn der Reaktion völlig einheitlich ist, kann sich ein Farbmuster entwickeln. Ein Laserstrahl, der durch ein optisch nichtlineares Medium hindurchgeht, kann dabei in mehrere Teilstrahlen aufgespalten werden, die regelmäßig angeordnet sind. Abhängig von der Intensität des Lichts bilden die Teilstrahlen ein Quadrat, ein regelmäßiges Fünfeck oder ein regelmäßiges Sechseck.

### Eine Herausforderung des zurückliegenden Jahrhunderts

Das Phänomen der spontanen Musterbildung hat den Naturwissenschaftlern des zwanzigsten Jahrhunderts aber nicht nur Freude, sondern auch Kopfzerbrechen bereitet, denn es widerspricht scheinbar einer fundamentalen Erfahrung: Wenn Sie Ihren Kaffee durch die Zugabe von Milch verfeinern, sind Kaffee und Milch auch ohne Rühren nach einiger Zeit gleichmäßig durchmischt. Niemand hat bisher beobachtet, dass sich die beiden Komponenten – Milch und Kaffee – plötzlich an bestimmten, voneinander verschiedenen Stellen sammeln und spontan ein braun-weißes Karomuster bilden. Diese und andere Beobachtungen hatten Wissenschaftler des neunzehnten Jahrhunderts zutreffend im „Zweiten Hauptsatz der Thermodynamik“ zusammengefasst. Wenn aber aus einem befruchteten Ei und einigen Nahrungsmitteln durch chemische Reaktionen ein Lebewesen oder aus einem einfarbigen Zebra-Embryo ein gestreiftes Zebra entsteht, so findet scheinbar gerade der umgekehrte Vorgang statt: Aus einheitlicher, undifferenzierter Materie entsteht eine hochdifferenzierte Struktur, das Lebewesen. Die drängenden

Fragen, die sich aus diesem scheinbaren Widerspruch ergaben, beantworteten bedeutende Forscher des letzten Jahrhunderts – unter ihnen Lars Onsager (Nobelpreis in Chemie 1968) und Ilya Prigogine (Nobelpreis in Chemie 1977) –, die zeigten, dass die verschiedensten lebenden und unbelebten musterbildenden Systeme gewisse Gemeinsamkeiten besitzen, und zwar (vereinfacht):

1. Diese Systeme streben zwar (in Übereinstimmung mit dem Zweiten Hauptsatz) einem Zustand zu, der durch und durch einheitlich ist, sind aber von diesem Gleichgewichtszustand sehr weit entfernt.
2. Eine Quelle, die dem System Energie oder Stoffe zuführt, erhält das Nichtgleichgewicht aufrecht und verhindert im Idealfall, dass der Gleichgewichtszustand jemals erreicht wird. Für das Leben auf der Erde ist es die Sonnenenergie, die diese Voraussetzung gewährleistet.
3. Zwischen den „Kräften“, welche die Entwicklung des Systems vorantreiben, und ihren Wirkungen, den „thermodynamischen Flüssen“, besteht kein linearer Zusammenhang. Daher können bestimmte Eigenschaften des Systems sich selbst verstärken. Treten mehrere solcher Eigenschaften in Konkurrenz zueinander, so sind die Voraussetzungen für eine Musterbildung gegeben: An den verschiedenen Stellen des Musters überwiegt mal die eine, mal die andere dieser konkurrierenden Eigenschaften, und sie wechseln sich in einem bestimmten Abstand regelmäßig ab.



Abb. 2 oben: Spontan entstandenes Muster in einem Kochtopf mit Hirse. Unten: Muster auf Grund einer optischen Rückkopplung, das entsteht, wenn eine Videokamera auf einen Bildschirm mit ihrem eigenen Signal gerichtet wird.

Foto: Gabriele Harth

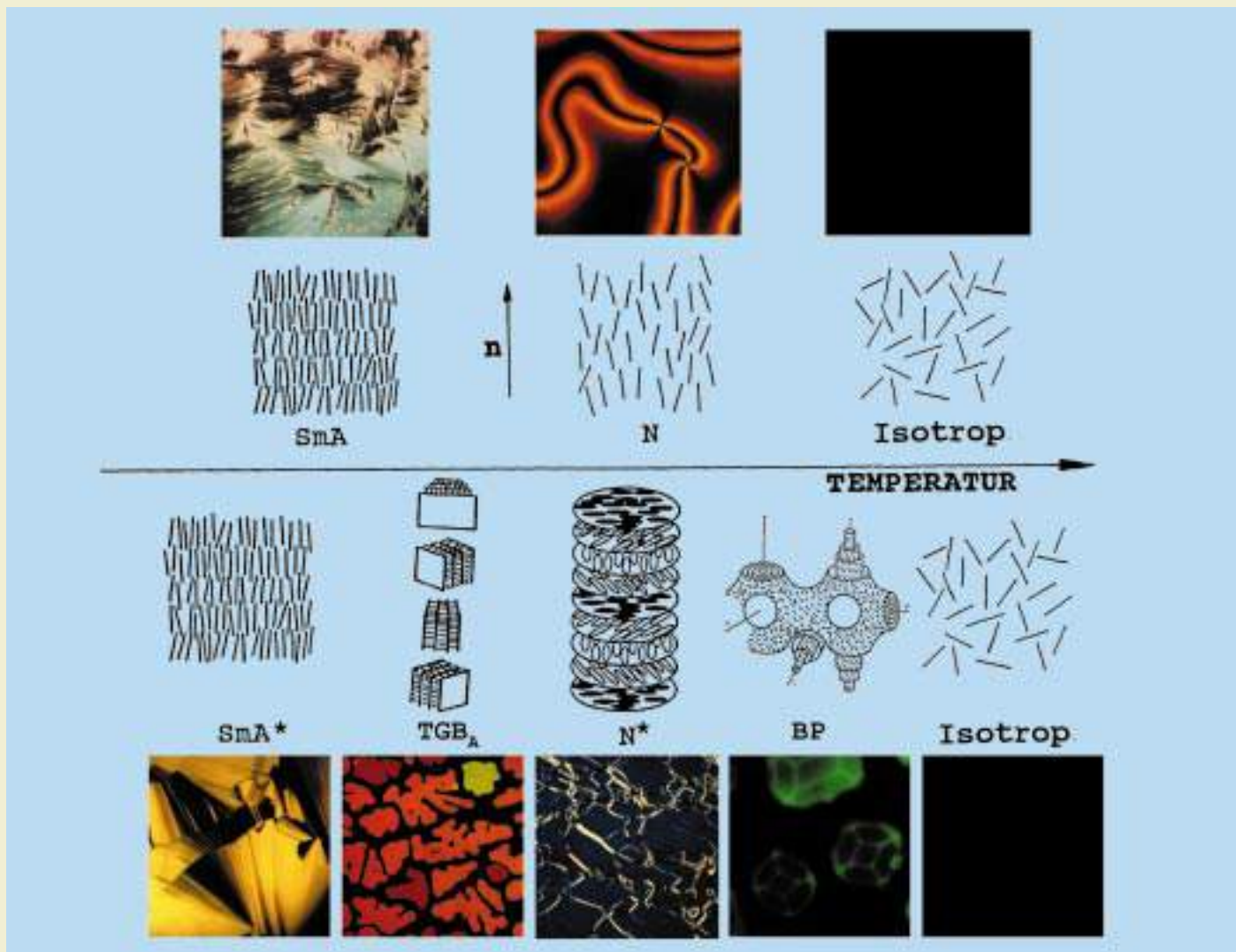


Abb. 3: Schematische Darstellung der flüssigkristallinen Phasen, die bei verschiedenen Temperaturen auftreten, und ihre jeweilige Erscheinung im Polarisationsmikroskop. Oben: Phasen eines nicht-chiralen Flüssigkristalls (dessen Moleküle Spiegelsymmetrie besitzen). Unten: Phasen eines chiralen Flüssigkristalls (dessen Moleküle keine Spiegelsymmetrie besitzen).

Das Verständnis der thermodynamischen Voraussetzungen für Musterentstehung fand seine Fortsetzung in biologischen Untersuchungen, durch die sogar diejenigen Gene identifiziert werden konnten, die bei der Entwicklung der Fruchtfliege (*Drosophila melanogaster*) vom Ei zu einer Larve mit 14 Segmenten und schließlich zur erwachsenen Fliege für die Ausbildung der Körpersegmente verantwortlich sind [3]. Edward B. Lewis, Christiane Nüsslein-Volhard und Eric F. Wieschaus erhielten hierfür den Nobelpreis in Physiologie/Medizin 1995.

### Musterbildung in Flüssigkristallen

Flüssigkristalle gehören zu den Modellsystemen, an denen sich die Ausbildung dissipativer Strukturen besonders gut studieren lässt. Ihr Verhalten ist zwar komplizierter als das Verhalten normaler, isotroper Flüssigkeiten, zum Teil ist jedoch der „Grad ihrer Komplexität gerade richtig“ [4], um Phänomene zu beobachten, die in anderen Materialien nicht auftreten, aber diese Beobachtungen auch noch interpretieren zu können. Flüssigkristalle sind geordnete Flüssigkeiten, die entweder aus Aggregaten vieler Tensid-Moleküle bestehen (lyotrope Flüssigkristalle) oder aus größeren, stäbchen- oder scheibenförmigen organischen Molekülen (thermotrope Flüssigkristalle, Abbildung 3). Im flüssigkristallinen Zustand sind die Moleküle oder die aus ihnen

gebildeten Aggregate vorzugsweise parallel orientiert, aber ansonsten relativ frei beweglich. Daher lassen sich Flüssigkristalle zwar gießen wie eine normale Flüssigkeit, sie können aber auch einheitlich orientiert werden und besitzen dann anisotrope, d.h. richtungsabhängige, Eigenschaften. Die einheitliche Orientierung kann entweder erreicht werden durch die Wechselwirkung des Flüssigkristalls mit der Oberfläche der Messzelle, in der er sich befindet, oder durch ein elektrisches oder magnetisches Feld. Die Anwendung von Flüssigkristallen in Flachbildschirmen beruht auf einer Umorientierung der Vorzugsrichtung thermotroper Flüssigkristallmoleküle unter dem Einfluss einer elektrischen Spannung. Um den elektrischen Strom und damit den Energieverbrauch eines Displays möglichst gering zu halten, wird hohe Sorgfalt darauf verwendet, Verunreinigungen des Flüssigkristalls durch geladene Teilchen (Ionen) auszuschließen. Das war aber nicht immer so: Der erste für elektrooptische Anzeigen vorgeschlagene Effekt, die dynamische Lichtstreuung, basierte auf Flüssigkristallen mit besonders hoher Leitfähigkeit, die beim Anlegen einer Spannung von einem einheitlich orientierten, transparenten Zustand in einen turbulenten und daher trüben Zustand übergehen. In einem mittleren Spannungsbereich bilden diese – für heutige Display-Anwendungen weniger interessanten – Materialien eine Vielfalt wunderschöner Muster aus [5].



Am deutlichsten ist die Musterbildung, wenn die Richtungsabhängigkeit der Leitfähigkeit eine Orientierung der Moleküle parallel zur Richtung des elektrischen Feldes begünstigt (positive Anisotropie der Leitfähigkeit,  $\Delta\sigma > 0$ ), während die elektrischen Dipolmomente der Moleküle eine Ausrichtung der Moleküle senkrecht zum Feld favorisieren (negative dielektrische Anisotropie,  $\Delta\epsilon < 0$ ). Eine geeignete Präparation der Messzelle (Abbildung 4) gewährleistet die einheitliche parallele Orientierung des Flüssigkristalls im ausgeschalteten Zustand und bei niedrigen Spannungen. Wird eine kritische Spannung überschritten, so entstehen regelmäßige Strömungsmuster in der Zelle (Abbildung 4), die bei der Beobachtung im Polarisationsmikroskop als Streifen („Normal Rolls“) wahrgenommen werden. In unterschiedlichen Bereichen der Frequenz und der Amplitude der angelegten Wechselspannung tritt neben diesem parallelen Streifenmuster eine große Zahl weiterer Muster mit Quadraten, wellenförmigen Streifen oder gewinkelten Strukturen auf (Abbildung 5). Flüssigkristalle, deren Moleküle keine Spiegelsymmetrie besitzen, können darüber hinaus auch Spiralen ausbilden (Abbildung 6).

### Fixierung dissipativer Strukturen

Voraussetzung für die Musterbildung ist – wie bereits erwähnt –, dass durch ständiges Zuführen von Energie, in diesem Falle elektrischer Energie, das Erreichen eines Gleichgewichtszustands verhindert wird. Sobald die Spannung ausgeschaltet wird, verschwindet das Muster und der Flüssigkristall kehrt in seinen Ausgangszustand mit gleichförmiger Orientierung zurück. In einer Diplomarbeit an der Universität Paderborn [6] wurde vor kurzem untersucht, ob es gelingt, eine dissipative Struktur zu induzieren und dann gewissermaßen einzufrieren, sodass sie auch nach dem Abschalten der Spannung erhalten bleibt. Hierzu bedienen wir uns einer Methode, die auch bei Klebstoffen und Lacken Anwendung findet, und zwar einer durch UV-Bestrahlung ausgelösten chemischen Reaktion, durch die der dünne Flüssigkristallfilm – also eine Flüssigkeit – in eine glasartig erstarrte Plastikfolie übergeht. Bei dieser Polymerisationsreaktion werden die einzelnen Flüssigkristallmoleküle, die an den Enden reaktive Gruppen tragen, miteinander verknüpft, bis alle Moleküle zu einem einzigen Netzwerk vereinigt sind. Geeignete Flüssigkristalle, welche die hierfür nötigen reaktiven Gruppen tragen, wurden von der Firma BASF (Ludwigshafen) zur Verfügung gestellt, die diese Materialien normalerweise zur Erzeugung spezieller Farbpigmente verwendet.

Die Abbildungen 7 und 8 zeigen die Ergebnisse dieser Photopolymerisation. Alle Muster konnten auf diese Weise fixiert werden – mit Ausnahme der Chevronstruktur, bei der dies nur in Ausnahmefällen gelang. Als Ergebnis erhält man einen strukturierten Polymerfilm, der wie ein optisches Phasengitter wirkt und bei Bestrahlung mit einem Laserstrahl ein charakteristisches Beugungsbild erzeugt (in Abbildung 7 und 8 jeweils rechts). Abhängig von der Präparation der inneren Glasflächen der Zelle kann eine mehr oder weniger einheitliche Orientierung der Flüssigkristallmoleküle an diesen Flächen vorgegeben werden. Bei einheitlicher Randorientierung ist auch das Muster über große Flächen einheitlich ausgerichtet und das Beugungsbild zeigt scharfe, punktförmige Maxima. Ohne Randorientierung hingegen ändert sich die Orientierung des lokalen Musters von Bereich zu Bereich und das Beugungsbild zeigt Ringe, die auf

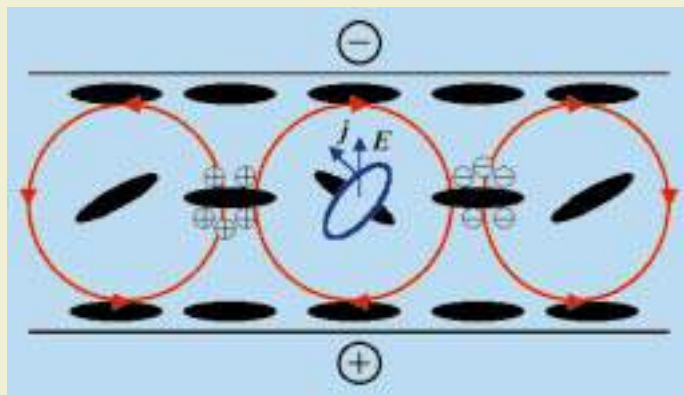


Abb. 4: Entstehung dissipativer Strukturen in einem Flüssigkristall: Die anisotrope Flüssigkeit wird in eine flache Zelle gefüllt, die aus zwei Glasplatten besteht. Die schwarzen Ellipsen entsprechen der Vorzugsrichtung der Flüssigkristallmoleküle. Die Gläser sind mit einer transparenten Elektrodenbeschichtung versehen, sodass das elektrische Feld  $E$  senkrecht zu den Glasflächen orientiert ist. Oberhalb der kritischen Spannung reicht eine zufällige Abweichung der Moleküle aus der Parallelorientierung aus, um das System instabil werden zu lassen: Im Fall  $\Delta\sigma > 0$  besitzt die elektrische Stromdichte  $j$  eine Komponente senkrecht zum Feld  $E$ ; daher sammeln sich positive und negative Ladungen im Innern der Zelle; diese Ladungen entsprechen einer zusätzlichen Querkomponente des elektrischen Feldes, die wiederum (im Fall  $\Delta\epsilon < 0$ ) die Umorientierung der Moleküle verstärkt. Zugleich fließen die positiven und negativen Ionen zu den Elektroden und verursachen eine Strömung der Flüssigkeit entlang der rot gezeichneten Strömungslinien. Es entstehen zylinderförmige Strömungsrollen.

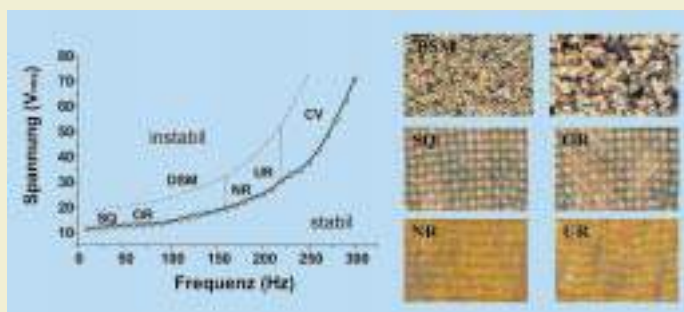


Abb. 5: Stabilitätsdiagramm für das Auftreten verschiedener Muster in einem nematischen Flüssigkristall, abhängig von der Frequenz und der Spannung des angelegten elektrischen Wechselfeldes. (SQ) Quadratmuster, (OR) „Oblique Rolls“ (Zig-zag-Muster), (NR) „Normal Rolls“ (Parallele Streifen), (UR) Undulierende Streifen, (CV) Chevron-Muster, (DSM) Dynamische Streuung (chaotische Turbulenz).

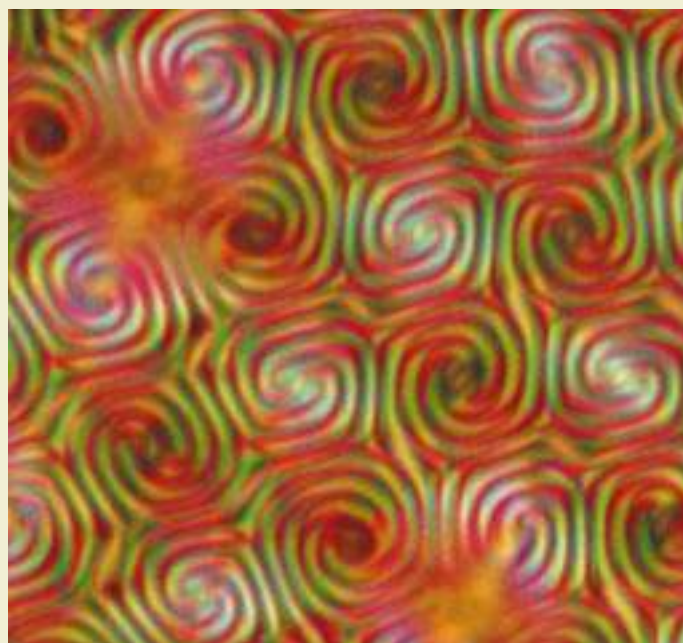


Abb. 6: Spiralmuster in einem chiral-nematischen Flüssigkristall.

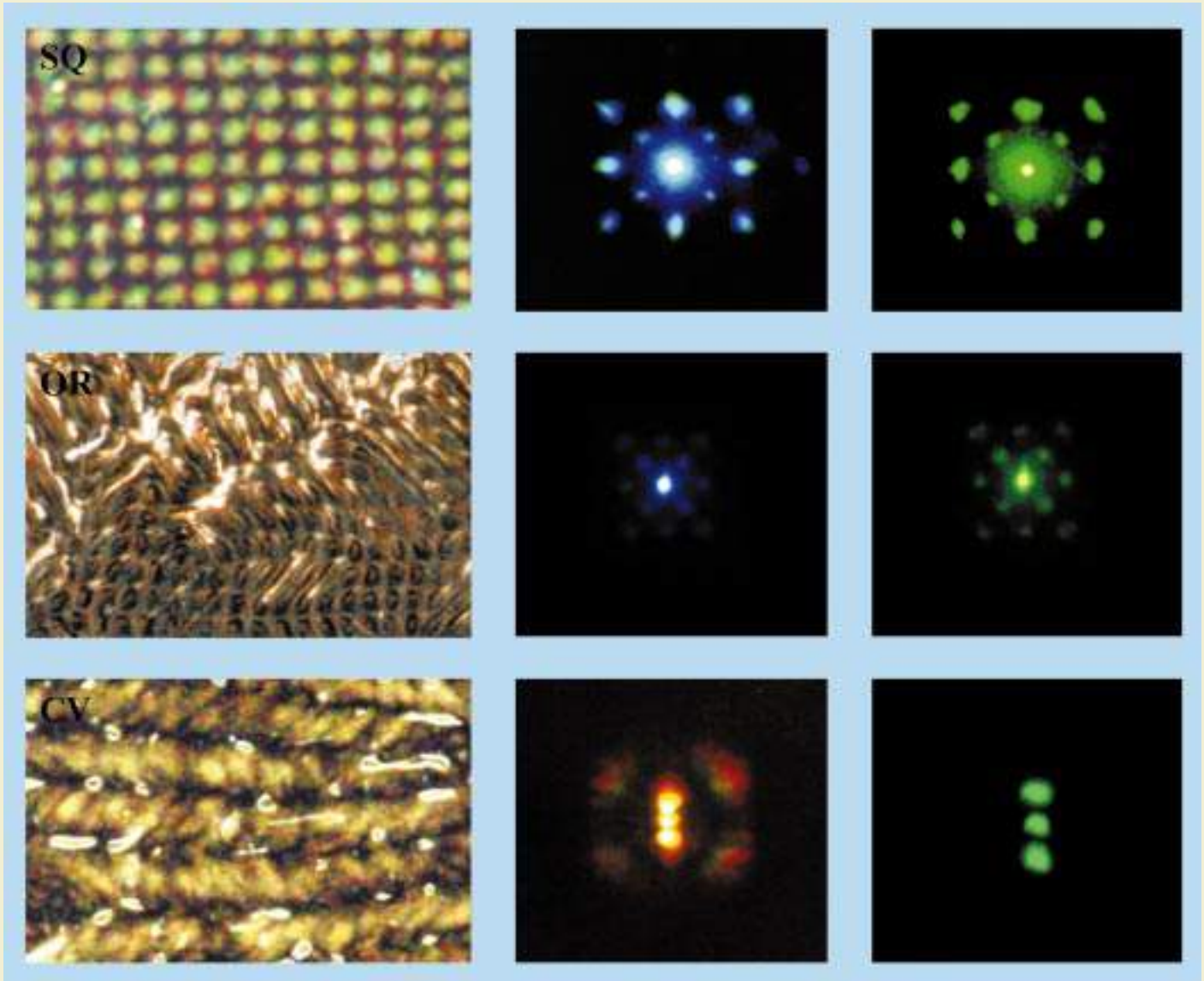


Abb. 7: Verschiedene, durch Polymerisation fixierte Muster eines nematischen Flüssigkristalls (links) und ihre Beugungsbilder für jeweils zwei verschiedene Farbfilter (rechts).

eine einheitliche Gitterkonstante aber willkürliche Orientierung hindeuten. Die charakteristische Länge des periodischen Musters (Gitterkonstante) stellt sich spontan ein und wird durch Materialparameter, durch die Amplitude und die Frequenz der Wechselspannung, sowie durch die Schichtdicke des Flüssigkristallfilms bestimmt.

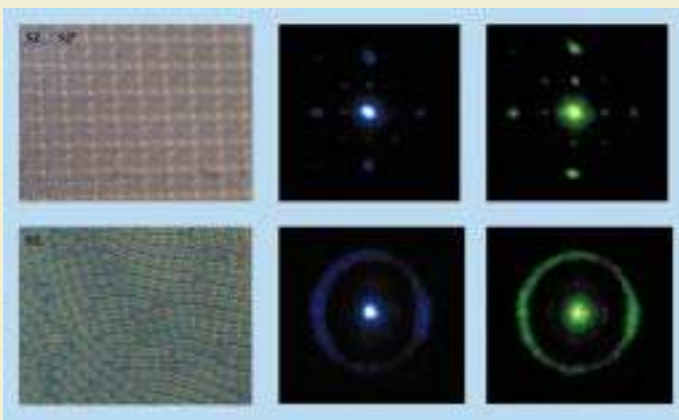


Abb. 8: Durch Polymerisation fixierte Muster eines chiral-nematischen Flüssigkristalls (links) und das jeweilige Beugungsbild (rechts). Oben: Probe mit einheitlicher Randoorientierung. Unten: Probe ohne spezielle Randoorientierung.

### Verlust der Symmetrie: Flüssigkristalle als Modellsysteme für die belebte Natur?

Der Übergang eines dissipativen Systems von einem einheitlichen Zustand in einen gemusterten Zustand ist in der Regel mit einer Verminderung der Symmetrie verbunden. In der belebten Natur ist diese Reduktion der Symmetrie gleich dreifach anzutreffen [7]:

- Die essenziellen physiologischen Vorgänge sind irreversibel, d.h. zeitlich nicht umkehrbar.
- Lebende Organismen besitzen – wie Flüssigkristalle – stets richtungsabhängige Eigenschaften. Schon bei der Zellmembran einer einzelnen Zelle unterscheiden sich die Eigenschaften in der Ebene der Membran von den Eigenschaften entlang der Achse senkrecht zur Membran.
- In der belebten Natur treten zahlreiche chirale Stoffe auf: Ihre Moleküle besitzen keine Spiegelsymmetrie. Von zwei theoretisch möglichen Molekülsorten, deren Strukturen sich genau wie Bild und Spiegelbild zueinander verhalten, hat sich in der Natur nur eine Spezies (z.B. D-Zucker und L-Aminosäuren) durchgesetzt, während die andere, äquivalente Sorte nicht oder nur sehr selten vorkommt. Dieses Überwiegen einer Molekül-

sorte mit einer bestimmten Händigkeit wird als Homochiralität bezeichnet.

Was uns ohne diese letztgenannte Bedingung fehlen würde bzw. ob sich Leben ohne Homochiralität überhaupt entwickeln kann, darüber können wir nur spekulieren. Hierbei sind Flüssigkristalle als Modellsysteme mindestens geeignet, um unsere Fantasie zu beflügeln. Wie die amerikanische Forscherin Patricia Cladis kürzlich hervorhob [7], haben musterbildende Flüssigkristallsysteme a priori bereits die beiden erstgenannten Symmetrieeigenschaften mit der belebten Natur gemeinsam. In Flüssigkristallen lässt sich jedoch einfach experimentell untersuchen, welche Qualität der Verlust der Spiegelsymmetrie mit sich bringt. Cladis und Mitarbeiter beobachteten die Form der Phasengrenze zwischen einer flüssigkristallinen und einer normalen, isotropen flüssigen Phase, während die Flüssigkristallphase in die unterkühlte flüssige Phase hineinwächst. Handelt es sich um einen Flüssigkristall mit Spiegelsymmetrie, so bildet die Phasengrenze ein wellenförmiges räumliches Muster, das zeitlich unverändert bleibt. Nur wenn der Flüssigkristall keine Spiegelsymmetrie besitzt, kann sich dieses räumliche Muster auch zeitlich periodisch verändern und mit einer bestimmten Frequenz pulsieren („Breathing Mode“). Nur das System ohne Spiegelsymmetrie bildet in diesem Experiment neben einer charakteristischen Länge des Musters auch eine charakteristische zeitliche Frequenz aus, es „kennt die Zeit“ [7].

### Danksagung

Wir danken Dr. Kathrin Kürschner (Fa. BASF, Ludwigshafen) für die verwendeten polymerisierbaren Substanzen und Gabriele Harth für das Foto in Abbildung 2.

### Literatur

- [1] M. C. Cross und P. C. Hohenberg: „Pattern formation outside of equilibrium“, *Rev. Mod. Phys.* 65, 851-1112 (1993).  
 [2] J. D. Murray: „A Pre-pattern Formation Mechanism for Animal Coat Markings“, *J. Theor. Biol.* 88, 161-199 (1981)

- [3] E. B. Lewis: „A Gene Complex Controlling Segmentation in *Drosophila*“, *Nature* 276, 565-570 (1978). C. Nüsslein-Volhard und E. F. Wieschaus: „Mutations Affecting Segment Number and Polarity in *Drosophila*“, *Nature* 287, 795-801 (1980).  
 [4] A. Buka und L. Kramer: „Pattern Formation in Liquid Crystals“, Springer-Verlag, New York, 1996.  
 [5] E. F. Carr: „Influence of Electric Fields on the Molecular Alignment in the Liquid Crystal p-(Anisalamino)-phenyl Acetate“, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 7, 253-268 (1969). W. Helfrich: „Conduction-Induced Alignment of Nematic Liquid Crystals: Basic Model and Stability Considerations“, *J. Chem. Phys.* 51, 4092-4318 (1969). P. G. de Gennes und J. Prost: „The Physics of Liquid Crystals“, Zweite Ausgabe, Clarendon Press, Oxford (UK), 1993.  
 [6] N. Mießen: „Komplexe anisotrope Strukturen: Einfrieren dissipativer Strukturen durch Photopolymerisation“, Diplomarbeit, Universität Paderborn, 2001.  
 [7] P. E. Cladis: „Traveling Phase Boundaries with the Broken Symmetries of Life“, Kap. 15 in: „Chirality in Liquid Crystals“, herausgegeben von H.-S. Kitzerow und Ch. Bahr, Springer-Verlag, New York, 2001.



**Dipl. Chem. Nicole Stich** ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Fachgebiet Physikalische Chemie des Fachbereichs 13. Sie hat ihre Diplomarbeit mit dem Thema „Komplexe anisotrope Strukturen: Einfrieren dissipativer Strukturen durch Fotopolymerisation“ vor kurzem abgeschlossen und beabsichtigt, am Fachbereich Chemie und Chemietechnik zu promovieren.

# Kultur als Text und Bild

## *Interdisziplinäre Interpretationen des Bildbegriffs*

Fragen zum Problem des Bildes haben gegenwärtig Konjunktur – wissenschaftliche Kongresse, Aufsatzsammlungen und selbst die Feuilletons der Tageszeitungen notieren die Schwankungen hinsichtlich des Verständnisses und der möglichen Interpretationen des Bildbegriffs. Aus diesen Bemühungen wird eine Schwierigkeit ersichtlich: Die Fokussierung auf das *Bild* kann bestenfalls zu Annäherungswerten und unscharfen Begriffsvaleurs führen, solange kein Bezugsrahmen formuliert wird, vor dessen Folie die Frage verhandelt werden kann.

In einer seit April 2000 bestehenden und vom Ministerium für Schule, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen geförderten Forschungsarbeitsgemeinschaft unter der Leitung von Prof. Dr. Renate Schlesier wird nun versucht, den Bildbegriff in eine Formel zu integrieren, die von verschiedenen fachwissenschaftlichen Richtungen als Erklärungsmodell und theoretisches Konzept benutzt wurde und sich u.a. in den Literaturwissenschaften als „cultural turn“ niederschlug: die Formel „Kultur als Text“.



**Prof. Dr. Renate Schlesier**

ist seit 1993 Vertreterin des Faches Kulturwissenschaftliche Anthropologie im Fachbereich 3 der Universität Paderborn, seit 1998 Sprecherin des Graduiertenkollegs „Reiseliteratur und Kulturanthropologie“. Arbeitsschwerpunkte sind u.a. Kulturtheorien und Geschichte der Kulturwissenschaften, Hermeneutik und Anthropologie, Kultur-, Wissenschafts- und Wirkungsgeschichte der Antike.

Ausgangspunkt für diese Forschungsarbeit ist die Frage, wie tauglich diese Formel für die Beschreibung und das Verständnis von Kultur tatsächlich sein kann. Hier kann ein wissenschaftshistorischer Rückblick hilfreich sein: Der Ethnologe Clifford Geertz hatte seit den 70er-Jahren des 20. Jahrhunderts versucht, mittels



Abb. 1: Pieter de Hooch: Die Mutter, um 1661/63, Leinwand, 92 x 100 cm, Berlin, Gemäldegalerie SMPK (Dia: SMPK Berlin).

Foto: Jörg P. Anders

der Formel „Kultur als Text“ die Kulturanthropologie zu einer hermeneutischen Wissenschaft zu machen. Dabei knüpfte er an den Aufsatz des französischen Philosophen Paul Ricœur (zunächst 1971 auf Englisch unter dem Titel: „The Model of the Text: Meaningful Action Considered as Text“) an. Richtungweisend für Geertz' Verfahren war vor allem sein Epoche machendes Buch „The Interpretation of Cultures“ von 1973 (auf deutsch unter dem Titel „Dichte Beschreibung“, 1983). Sowohl in Deutschland als auch insbesondere in den angelsächsischen Ländern wurde die von Geertz geprägte Formel – die mit der Gewebemetapher (lat.: *textus* = Netz, Geflecht) spielt – vor allem in den Disziplinen Literaturwissenschaft, Geschichte und Ethnologie/Anthropologie programmatisch aufgegriffen.

Doch die Resultate der daran anschließenden Versuche, mittels der Formel „Kultur als Text“ eine gemeinsame Sprache zwischen Literaturwissenschaftlern und Gesellschaftswissenschaftlern zu finden, sind bisher eher enttäuschend. Da oft nur entweder das eine oder das andere Element der Formel akzentuiert wurde, gelang es nicht, ihr spannungsvolles Verhältnis produktiv zu machen. Dies drängt die Vermutung auf, dass die ausschließliche Fokussierung auf die Formel „Kultur als Text“ einen zu engen Rahmen darstellt, um die Konsequenzen der gegenwärtig zu beobachtenden Tendenz einer Verschränkung kulturanthropologischer und literaturwissenschaftlicher Fragestellungen und Methoden in ihrer tatsächlichen Ausdehnung erfassen zu können. Darüber hinaus ist die Auffassung von Kultur als Text aber noch mit weiteren Problemen belastet, die sich daraus ergeben, dass Text hier eine Analogie für etwas Anderes, nicht schriftlich Fixiertes ist. Doch eine Methodologie für eine hermeneutische Interpretation von Kultur als Text existiert in der Anthropologie bislang nicht. Dies macht verständlich, warum auch außerhalb der Ethnologie vom Konzept „Kultur als Text“ zunehmend Abstand genommen wird.

Im Widerstreit damit vollzog sich zudem ein „performative turn“, der den pragmatischen Handlungs- und Darstellungsbezug in den Kulturwissenschaften stärkte und sich mit neuen Zentralbegriffen, vor allem dem der Medialität, verband. Als Paradigmen der Kulturanalyse erweisen sich jedoch sowohl der Text als auch die Performativität und die Medialität als unzureichend, solange das kulturelle Phänomen der Bildlichkeit nicht in seiner Spezifität ernst genommen wird. Daraus ergibt sich die Frage, ob der Bildbegriff dazu beitragen kann, sowohl die Statik als auch die Prozesshaftigkeit der Begriffe Text, Medialität und Performativität kulturell sichtbar und genauer analysierbar zu machen. Konsequenterweise lautet daher das Thema der Forschungsarbeitsgemeinschaft „Kultur als Text und Bild“.

### Bilder als kulturelle Texte?

In der europäischen Tradition ist der Bildbegriff seit der griechischen Antike vor allem mit der von Platon vertretenen Abwertung des Bildes verknüpft. Vor dem Hintergrund unterschiedlicher Verwendungen und kulturwissenschaftlicher Interpretationen eines differenzierteren Bildbegriffs sollen Einblicke und Deutungsvarianten hinsichtlich des Spannungsverhältnisses von Bild und Text nun an wenigen Beispielen vorgestellt werden. Dabei ist davon auszugehen, dass das ikonische Medium zwischen Sichtbarem und Nicht-Sichtbarem, wenn auch visuell Evoziertem, changiert. Zugleich vermag es, die unterschiedlichen



Foto: Jörg P. Anders

Abb. 2: Gerard Dou: Junge Mutter/Natura, um 1660, Öl auf Holz, 49 x 36,5 cm, Berlin, Gemäldegalerie SMPK.

Grade von Realität und Möglichkeit anders als ein schriftliches Medium zu vermitteln.

Als erstes Beispiel dient der Vergleich zwischen zwei unabhängig voneinander entstandenen Gemälden, niederländischen Genrebildern des 17. Jahrhunderts. Das Sujet der beiden nahezu gleichzeitig entstandenen Gemälde scheint verwandt, im Zentrum steht jeweils das Bild einer Mutter im häuslichen Ambiente. Pieter de Hoochs (Abbildung 1) Leinwand jedoch leuchtet in einem Kolorit, das in erster Linie von Grundfarben, besonders rot und gelb, bestimmt ist, während Gerard Dous nur halb so große Tafel (Abbildung 2) von gebrochenen, dunkel schimmernden Farben dominiert wird. Beide Mütter achten des Betrachters nicht, unbeobachtet kann er auf de Hoochs Gemälde den Blick wandern lassen, in das noch ungemachte Alkovenbett blicken, den messingglänzenden Bettwärmer an der Wand hängen sehen, dem Hund als Schwellenfigur die Blicke in das sonnendurchflutete hintere Zimmer folgen lassen und dort ein größeres Kind vor der halbgeöffneten Tür ins Freie wahrnehmen. Der Säugling, der eher als das Kind im Nebenraum den Bildtitel "Die Mutter" begründet, bleibt für den Betrachter unsichtbar. Seine Anwesenheit ist allein durch die von hinten gezeigte Korbwiege zu erschließen, ergänzt durch den Blick der Mutter und ihre Handhaltung. Sie ist im Begriff, ihr Mieder zuzunesteln, nachdem das Kind gestillt wurde. All diese Eindrücke, anzureichern um unzählige weitere Details, verdichten sich zu einem Bild, das der Betrachter späterer Jahrhunderte für eine realistische Darstellung der niederländischen Kultur im 17. Jahrhundert halten mag. Keine Rätselebene scheint dem Gemälde innezuwohnen.

Auf Gerard Dous kleinem, halbrund geschlossenem Tafelbild liegen die Verhältnisse bereits auf den ersten Blick durchaus komplizierter, gilt es doch zuerst für den Betrachter, eine Schranke zu überwinden. Seinem Blick wird Einlass erst gewährt durch einen prachtvollen, üppig beiseite gerafften Vorhang. Die Szene, die sich ihm erschließt, scheint bühnenartig inszeniert zu sein: Die hier von vorne wiedergegebene Korbwiege ist leer, die gerade im Stillen innehaltende Mutter sitzt auf einem thronartig wirkenden Armstuhl und wendet ihr Gesicht einem älteren Kinde zu, das seinerseits zum Säugling gebeugt steht und ihn mit Schellen ablenkt. Starke Betonung erfährt die Mutter durch den prominent über ihr angebrachten Kronleuchter, der zugleich auch auf die Mitte des geteilten Vorhangs verweist. Reizvoll wiederholt sich das Vorhangmotiv am Bett im Hintergrund. Dieser Vorhang rahmt das Haupt des Mädchens und hebt es gleichzeitig hervor, ähnlich wie das Gesicht der Mutter durch die Helligkeit akzentuiert wird. Das gezeigte Interieur wirkt erlesener als auf de Hoochs Gemälde und scheint auf Angehörige einer höheren gesellschaftlichen Schicht zu verweisen. Auch hier öffnet sich der Hauptraum in ein hinteres Zimmer, das jedoch im Dämmerlicht bleibt und einen Mann, der am erhobenen Uringlas als Arzt kenntlich wird, mit einer älteren Frau zeigt. Die Situation auf Gerard Dous Gemälde wirkt auf eigentümliche Weise narrativer, es werden Interaktionen zwischen dem Bildpersonal gezeigt, als handele es sich um eine häusliche Momentaufnahme, während Pieter de Hoochs Bild statischer wirkt, wie ein eingefrorenes Filmbild, auf dem der Hund für alle Zeiten so gewendet bliebe und die Mutter bis in die Ewigkeit mit ausgestrecktem Arm das Band ihres Mieders hielte.

Dem gebildeten zeitgenössischen Betrachter der Genrebilder erschloss sich eine zusätzliche Verständnisebene aus der Kenntnis der Literatur seiner Epoche. So kursierte ein Aphorismus des Dichters Jacob Cats: „*Een die haer kinders baert, is moeder voor een deel, / Maer die haer kinders sooght, is moeder in't geheel*“ (Eine die Kinder gebiert, ist Mutter nur zum Teil, / Aber die ihre Kinder stillt, ist Mutter ganz und gar). Insofern können die gezeigten Stillenden als vorbildhaft, jedenfalls für die Betrachterin, verstanden werden.

Gerard Dou jedoch geht in seiner Interpretation des Themas noch über diese Aussage hinaus: Er fügt dem mütterlichen Handeln eine allegorische Komponente hinzu. In den Niederlanden des 17. Jahrhunderts waren so genannte Emblembücher weit verbreitet und einem breiten Publikum bekannt. Ein Emblem besteht aus drei Teilen: einer Abbildung, darüber ein Motto oder Titel, und darunter ein erklärender Kommentar. Keiner der drei Teile ist für sich allein verständlich, der Sinn ergibt sich erst aus der Synthese. Hingegen können einzelne Zitate aus Emblemen, die in die Malerei übernommen werden, vom gebildeten Publikum durchaus erkannt und verstanden werden. Im Jahre 1664 erschien in Amsterdam in niederländischer Übersetzung das Emblembuch „*Iconologia*“ des Italieners Cesare Ripa. Ein Holzschnitt mit dem Titel „*Natura*“ bildet eine nackte Frau ab, auf deren Hand ein Vogel sitzt. Die Erklärung unter dem Bild lautet: *Een naeckte vrouwe, die de borsten vol melck heeft, hebbende eenen Gier op de Hand, gelijkse in de Medaglie van deen Keyser Adrianus vertoont is* (Eine nackte Frau, die die Brüste mit Milch gefüllt hat, hält einen Geier auf der Hand, wie es auf der Münze des Kaisers Hadrian gezeigt wird). Der Hinweis auf die



Abb. 3: Francisco Goya, Capricho 43: El sueño de la razón produce monstruos, um 1797/98.

Frau mit Brüsten voller Milch trifft auch auf die Darstellung der jungen Mutter bei Gerard Dou zu, sie sind auf diesem Bild wichtiger als das Stillen selbst, zumal das Kind abgelenkt ist und nicht trinkt. Gleichzeitig wird in diesem Gemälde aber ebenso auf die Sittenlehre des Aristoteles zurückgegriffen, der drei Dinge für die Erziehung des Menschen zu vollkommener Tugend für wichtig hielt: Natur, Ausbildung und Übung. Die Natur wurde in der Folge weiter ausdifferenziert, als *Natura activa* und als *Natura passiva*. Die aktive Natur hat ihre Aufgabe darin, Leben zu begründen und zu erhalten, während die *Natura passiva* dahingehend wirkt, das Leben zu beenden oder zu vernichten. Diese beiden Ausprägungen der Natur sind auf dem Gemälde vertreten durch die nährende Mutter im Vordergrund als *Natura activa* und den beratenden Arzt sowie die alte Frau im Hintergrund als Verkörperung der *Natura passiva*, im Sinne eines von Krankheiten bedrohten und vergehenden Lebens. Somit schuf Gerard Dou ein hochkomplexes allegorisches Gemälde, bei dem der „Mutter Natur“ kompositionell eindeutig der Vorrang eingeräumt wird. Dou entkleidet das Thema jedoch jeglicher historisierender Elemente und verkleidet die allegorische Szenerie in das zeitgenössische Gewand einer bürgerlichen jungen Frau in einer modern eingerichteten Stube.

Das zweite Beispiel ist eine Radierung von Francisco Goya, die 1799 als Teil einer Serie von „*Caprichos*“ in Madrid erschien

(Abbildung 3) und aus einem vollkommen anderen kulturellen Kontext stammt. Die in das Blatt integrierte Inschrift „*El sueño de la razón produce monstruos*“ erscheint dem Leser wie Betrachter als geflügeltes Wort. Die landläufig bekannteste Übersetzung und Verständnisebene lautet: „Der Schlaf der Vernunft gebiert Ungeheuer“, wobei die Fledermäuse und nächtlichen Tiere, die den vornüberge-sunkenen Schlafenden umgeben, als Verbildlichung der inschriftlich benannten Ungeheuer verstanden werden. Mit dieser Verständnisvariante wird unmittelbar eine Interpretation des Blattes festgelegt, die weder im Text noch im Bild in dieser Eindeutigkeit vom Künstler intendiert gewesen sein muss. Im Gegenteil: Bewusst ist mit der Vokabel *sueño* ein doppeldeutiges Subjekt gewählt, das als Traum oder Schlaf begriffen werden kann. Die Genitivkonstruktion erlaubt es sogar, den Satz zumindest skeptisch, wenn nicht sogar kritisch gegenüber der Aufklärung zu verstehen: „Der Traum von der Vernunft erzeugt Ungeheuer“. Entsprechend dieser Möglichkeiten beginnt auch die bildliche Ebene der Grafik zu changieren, das schlafende Subjekt des Bildes verkörpert nicht zwingend die Ungeheuer generierende Verkörperung der Vernunft. Mit ebenso viel Recht kann der nicht unzweideutig abbildbare Traum von der Vernunft sich in den bedrohlichen Nachtwesen niederschlagen. Erst in der akribischen Lektüre und der Analyse des Bildpotenzials erschließen sich die netzartig verschlungenen Bedeutungsebenen, die die Bild-Erfindung Goyas über das Niveau einer den Text lediglich illustrierenden Darstellung erheben. In vielfacher Hinsicht und in unterschiedlichem Maße zeigt sich an den hier exemplarisch vorgestellten Kunstwerken, dass sich die Bilder in einem für sie spezifischen Sinne als Texte, als kulturelle Gewebe erweisen, ja zugleich auf kulturell wirksame Texte verweisen und solche Texte bildlich umsetzen und interpretieren. Die simultane Repräsentativität eines Bildes (als räumlich stillgestellter Augenblick) kann dabei mit der diskursiven Struktur eines Textes (als Ablauf in der Zeit) in Beziehung gebracht werden. Das Bild ist in diesem Falle jedoch keineswegs als bloße Realie gegenüber dem theoretisch scheinbar so viel anspruchsvolleren Text zu verstehen. Hilfreich kann hier die Analyse des semiotischen Charakters der Bildsprache sein. Häufig genug jedoch unterbleibt eine eigene „Lektüre“ des Bildmaterials, und die Interpretationspotenziale, die den Bildern gegenüber dem Text innewohnen, werden zu wenig berücksichtigt. Es wird deutlich, dass die Bilder sowohl eine Kultur repräsentieren als auch Produkte der betreffenden Kultur sind. Denn Kultur, wie sie in Texten und Bildern fixiert ist und in dieser Textur gemeinsam tradierbar wird, kann als ein von Menschen produzierter und die Menschen selbst ausbildender Verdichtungsvorgang aufgefasst werden. Diese Verdichtung ist häufig selbst bereits Interpretation und bietet sich ihrerseits für vielfältige Interpretationen an. Die Fragen, die die oben nur cursorisch vorgestellten Bilder aufwerfen, nach dem Bild als Kultur, der Kultur als Bild, dem Bild einer Kultur und vor allem nach der Kultur eines Bildes, eines Kunstwerks, führen zu dem Ergebnis, dass Bilder sich also auch als Transformationsmodi von Kultur begreifen lassen. Im Bild wie im Text manifestieren sich kulturelle Archive, die – jeweils für sich gesehen – Ausdrucksträger distinkter Aussagen, Haltungen oder Absichten der Welt gegenüber sein können. Eine kulturelle Verdichtung ergibt sich im Austausch und in der Überlagerung von Bildern und Texten, wie sie auch häufig in Sammlungen oder Museen stattfindet.

## Netzwerk der Disziplinen

Die Forschungsarbeitsgemeinschaft untersucht daher aus vielfältiger Perspektive, welche konzeptuelle Grundlage erforderlich ist, um die Dynamik kultureller Prozesse in ihrer Komplexität zu durchdringen und kontextuell zu situieren. Die Rolle der jeweils daran beteiligten Individuen und Gruppen, aber auch die Frage nach anthropologisch langfristigen Konstellationen darf dabei nicht aus dem Blick verloren werden. Deshalb sind gerade auch solche Gebiete in den Fragebereich einbezogen, die mittels des Begriffes „Text“ möglicherweise nicht oder nur unzureichend erfasst und die von Disziplinen bearbeitet werden, die nicht primär textorientiert sind. Die Projekte haben den Charakter von Fallstudien, die eine exemplarische Funktion für den skizzierten Problemzusammenhang besitzen.

An der Forschungsarbeitsgemeinschaft sind Vertreter (sowohl Hochschullehrer als auch Nachwuchswissenschaftler) verschiedener kulturwissenschaftlicher Fächer aus mehreren nordrhein-westfälischen Universitäten beteiligt, die mit neuen oder bereits bestehenden Projekten daran teilnehmen; darunter von der Universität Paderborn (neben der Projektleiterin Prof. Dr. Renate Schlesier und den Projektmitarbeitern Jürgen Berners und Sabine Heiser aus dem Bereich der Kulturwissenschaftlichen Anthropologie) Prof. Dr. Bernhard Lang, Katholische Theologie, und Gia Toussaint, Kunstgeschichte, zum Thema „*Bild und Text in Zeugnissen spätmittelalterlicher Andachtsliteratur*“. Weitere Teilnehmer sind: Prof. Dr. Heike Behrend, Ethnologie, Universität zu Köln mit ihrem Projekt „*Idol, Totem, Fetisch: Bildkonzeptionen in verschiedenen Kulturen*“, dessen inhaltlicher Schwerpunkt die Integration der Fotografie in die sozialen Praktiken des Heilens und Schadens innerhalb Afrikas darstellt. Prof. Dr. Martina Kessel, Geschichtswissenschaft, Universität Bielefeld, analysiert in ihrem Projekt „*Kunst, Politik, Geschlecht. Zum Entwurf von Identitäten in der Moderne*“ die Bezüge zwischen Kunst und Geschlecht in ihrer Wirkung für die Konstruktion des politischen Raumes seit der Aufklärung. Prof. Dr. Manfred Schneider, Germanistik, Ruhr-Universität Bochum, untersucht an Bild- und Textmaterial ebenfalls aus dem 18.-20. Jahrhundert Fragen der „*Repräsentation der Macht*“. Außerdem ist in die Forscherarbeitsgemeinschaft integriert das Projekt der Leiterin „*Methodenprobleme einer kulturwissenschaftlich orientierten Kunstwissenschaft im Spannungsfeld von Bild und Text*“, in dem methodengeschichtlich nach der Entwicklung des Bildbegriffs gefragt und auch die derzeit stattfindende Öffnung der Kunstwissenschaft zur interdisziplinären Verbindung mit den Textwissenschaften thematisiert wird. Weitere Beteiligte sind Prof. Dr. Peter Funke, Alte Geschichte, Prof. Dr. Reinhard Hoeps, Katholische Theologie, Prof. Dr. Martina Wagner-Egelhaaf, Literaturwissenschaft (Westfälische Wilhelms-Universität Münster), die Nachwuchswissenschaftler Dr. Ludger Derenthal, Kunstgeschichte, Dr. Carola Groppe, Pädagogik und Geschichtswissenschaft (Ruhr-Universität Bochum), Dr. Werner Köster, Literaturwissenschaft (Universität-Gesamthochschule Siegen) sowie Priv.-Doz. Dr. Nikolaus Wegmann, Literaturwissenschaft (Universität zu Köln). Arbeitstreffen der gesamten Forschergruppe finden regelmäßig mehrmals im Jahr an der Universität Paderborn statt. Einige der beteiligten Wissenschaftler stellten ihre Projekte während des Sommersemesters 2001 auch im Rahmen der von Prof. Dr. Renate Schlesier und Sabine Heiser geleiteten Lehrveranstaltung an

der Universität Paderborn zum Thema „Kultur als Bild und Text“ zur Diskussion.

### Literatur

Alpers, Svetlana: Kunst als Beschreibung. Holländische Malerei des 17. Jahrhunderts (englisch 1983). Köln 1985.

Ausst.-Kat. "Von Frans Hals bis Vermeer. Meisterwerke Holländischer Genremalerei", Ausst. und Katalog: Peter C. Sutton mit Beiträgen v. Christopher Brown, Jan Kelch, Otto Naumann und William Robinson, Gemäldegalerie SMPK Berlin. Berlin 1984.

Bachmann-Medick, Doris (Hg.): Kultur als Text. Die anthropologische Wende in der Literaturwissenschaft. Frankfurt/Main 1996.

Belting, Hans: Bild-Anthropologie. Körper - Bild - Medium. München 2000.

Geertz, Clifford: Dichte Beschreibung. Beiträge zum Verstehen kultureller Systeme (englisch 1973). Frankfurt/Main 1983.

Harms, Wolfgang (Hg.): Text und Bild, Bild und Text. DFG-Symposium 1988. Stuttgart 1990.

Heiser, Sabine: „Der Traum des Künstlers: Zu Francisco Goya,

Capriccio 43, *El sueño de la razón produce monstruos*, 1797-98“, in: Aus Albrecht Dürers Welt. Festschrift für Fedja Anzelewsky, hg. v. Bodo Brinkmann, Hartmut Krohm, Michael Roth. Turnhout 2001, S. 153-159.

Ricœur, Paul: „Der Text als Modell: hermeneutisches Verstehen“, in: Gadamer, Hans-Georg/Boehm, Gottfried (Hg.): Seminar: Die Hermeneutik und die Wissenschaften. Frankfurt/Main 1978, S. 83-117.



**Sabine Heiser** ist promovierte Kunsthistorikerin, arbeitet seit 1994 als wissenschaftliche Angestellte im Fach Kulturwissenschaftliche Anthropologie, seit Juni 2000 im o.g. Forschungsprojekt. Arbeitsschwerpunkte an der Universität Paderborn sind u.a. die Vermittlung, Analyse und Interpretation bildlich überlieferter kultureller Zeugnisse, Kultur- und Mentalitätsgeschichte.



# Erhöhte Informationstransparenz durch das Internet – Ein Märchen der Neuzeit?

*Oder: Suchen und finden*

*Königssöhne ihr Aschenputtel heutzutage im Internet?*

... steckte den Fuß in den goldenen Pantoffel, der war wie angegossen. Und als Aschenputtel sich in die Höhe richtete und der Königssohn ihr ins Gesicht sah, so erkannte er das schöne Mädchen, das mit ihm getanzt hatte, und rief: „Das ist die rechte Braut!“

Das war einmal ... Aber was wäre aus Aschenputtel geworden, wenn es bereits die modernen informationstechnischen Möglichkeiten des Internets gegeben hätte? Nicht wenige Wissenschaftler argumentieren (zumindest dem Sinne nach), dass ihr dann eine Menge Ungemach erspart geblieben wäre. Hätte es wirklich der Torturen beim Aschekehren und Erbsensortieren bedurft, um die Freundschaft der Tauben zu erlangen und damit den Weg auf die diversen Festabende des Königssohnes zu ebnet? Und hat der Prinz sie nicht nur wegen ihres zufällig verlorenen Schuhs und nach heftigem Insistieren bei der Stiefmutter zum Vorzeigen der verstoßenen Stieftochter gefunden? Letztlich muss der Originalausgang des Märchens für Aschenputtel nicht nur als zutiefst anstrengend bezeichnet werden. Zudem ist das Ende auch noch höchst glücklich, weil erst durch eine Vielzahl von Zufällen möglich.

Bei Betrachtung der üblicherweise genannten Vorteile des Internets muss davon ausgegangen werden, dass die Geschichte vollkommen anders verlaufen wäre, wenn der Prinz und Aschenputtel tatsächlich diese neuen Informations- und Kommunikationsmöglichkeiten zur Verfügung gehabt hätten. Der heiratswillige Prinz hätte auf seiner königlichen Homepage seinen Heiratswunsch kundtun können. Sodann hätten sich alle heiratswilligen Jungfrauen, und damit auch Aschenputtel, melden können und wohl auch gemeldet. Und das nicht nur aus seinem Königreich, sondern aus aller Herren Länder. Ein einziges Fest und das



Prof. Dr. Mario Rese ist seit 1999 Professor für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Marketing, an der Universität Paderborn. Seine Forschungsschwerpunkte sind: Theorie des Anbieterverhaltens, Strategische Gruppen, Marketing-Controlling sowie die ökonomische Wirkung von Normung, Typung und Standardisierung für das Industriegütermarketing.

Einladen aller (dann vorsortierten) Damen hätte genügt, um nach einem Tanz mit jeder dieser Jungfrauen zu wissen, welche die Richtige ist und vor allem welche nicht. Das hätte nicht nur die Kosten für die zwei weiteren Festtage gespart, womöglich hätte er sogar eine noch besser zu ihm passende Jungfrau als Aschenputtel gefunden.

Gesetzt den Fall, Aschenputtel hätte nicht im Traum daran gedacht, dass ein Königssohn sie heiraten würde. Wahrscheinlich hätte sie sich dann nicht auf die Heiratsannonce gemeldet. Ist sie aber nichts desto trotz die Richtige, werden ebenfalls Vorteile durch eine Mitteilung des Prinzen im Internet offensichtlich. Bereits am ersten Tanzabend hätte sie das ehrliche Interesse des Prinzen bemerkt. Mit dem Wissen, dass es kein weiteres Fest mit anderen, womöglich attraktiveren Wettbewerberinnen geben wird, wäre sie vielleicht nicht so schnell weggelaufen, sondern hätte direkt auf einen Heiratsantrag warten können. Das Ergebnis wäre wiederum die Ersparnis der weiteren Feste und einige Tage weniger Frohnarbeit bei der bösen Stiefmutter.

Wäre sie trotzdem davongelaufen, hätte der Königssohn eine Suchmeldung ins Netz geben können. Diese hätte seine ehrlichen Absichten offen gelegt und Aschenputtel wäre von seiner Liebe überzeugt gewesen. Die Suchbemühungen des Prinzen wären deutlich reduziert worden. Folglich hätte die gesamte dramatische, weil blutige Schuhprobe nicht stattfinden müssen. Den Stiefschwestern wären Verstümmelungen an Zeh und Ferse erspart geblieben.

Summa summarum scheint es tatsächlich, als wären die vielen kleinen und großen Missverständnisse zwischen dem Königssohn und Aschenputtel zu vermeiden gewesen, ebenso wie die Betrugsversuche der Stiefmutter bezüglich der Qualitäten ihrer Töchter. Bei genauer Betrachtung wird offensichtlich, dass die gesamte Situation und vor allem die Verwicklungen vom (Un-)Wissen der beteiligten Akteure gesteuert werden. Begrenztes Wissen aufseiten des Königssohnes, aber auch aufseiten Aschen-



puttels und nicht zuletzt aufseiten der verderbten Stiefmutter bestimmen alle (Fehl-)Handlungen in der Geschichte.

Im Umkehrschluss heißt das aber nichts anderes, als dass eine bessere Wissensausstattung aufseiten aller Handelnden die im Original entstandenen Verwicklungen reduziert hätte mit der Konsequenz einer schnelleren und sichereren Vermählung. Aus dieser Argumentationskette speist sich letztlich die Hoffnung, dass mithilfe des Internets oder genauer der im Internet zur Verfügung stehenden Informationen bessere Entscheidungen ermöglicht werden. Dabei meint besser, dass seltener Akteure eine Entscheidung bereuen. Sie werden weniger häufig durch nachträglich gewonnenes Wissen (veränderte Wissenssituation) erkennen, dass sie eine bessere Entscheidung hätten treffen können.

Dieser Argumentation ist vollauf zuzustimmen. Jedoch drängt sich die Frage auf, ob das Internet tatsächlich und zwangsläufig zu einem verbesserten Wissensstand bei den Akteuren führt. Zunächst ist es ja nicht viel mehr als ein großer Informationsspeicher. Es ist jedoch zutiefst unklar, welche Informationen dort vorhanden sind und welche Güte diese Informationen aufweisen. Ob und wie diese Informationen zu Wissen werden und ob dieses Wissen dann tatsächlich entscheidungsrelevant ist bzw. tatsächlich zur Verbesserung der Entscheidungen beiträgt, bedarf erst noch der Klärung.

### „Zur Hochzeit auf des Königs Schloss“

Kehren wir zurück zu Aschenputtel: Erste Voraussetzung, dass der Königssohn und Aschenputtel den Informationsweg Internet überhaupt zur Ehebahnung nutzen können, ist der Zugang selbst. Nur wer im Netz vertreten ist, kann die potenziellen Informationsvorteile realisieren. Insoweit bestimmt die Repräsentanz im Netz, inwieweit überhaupt Informationen zur Entscheidungsverbesserung zur Verfügung stehen. Beispielsweise besteht

die Gefahr, dass ein großer Teil des Marktes überhaupt nicht vertreten ist und insoweit bei einer Fokussierung der Suchbemühungen auf das Internet auch nicht berücksichtigt wird. Je weniger Akteure des relevanten Marktes, hier die Jungfrauen im Königreich und den benachbarten Ländern, ans Netz angeschlossen sind, desto beschränkter ist der Informationswert bezüglich der Auswahl der passenden Jungfrau. Auf der einen Seite könnten Argumente angeführt werden, dass es wohl nur eine Frage der Zeit sein wird, bis die Zahl der am Internet teilnehmenden Akteure groß genug ist, um eine hinreichende Repräsentanz und damit Informationsgüte zu erreichen. Auf der anderen Seite muss sich der Königssohn aber auch Gewähr sein, dass dies zu seinem Nachteil ausfallen kann. Gehen wir von der nicht ganz unrealistischen Annahme aus, dass der Königssohn nicht weiß, wie viele Jungfrauen es insgesamt gibt und wie viele davon tatsächlich im Netz vertreten sind. Diese mangelnde Transparenz könnten die weniger attraktiven Jungfrauen zu ihrem Vorteil nutzen. Schaffen sie es, den Königssohn in den Glauben zu versetzen, dass eine gute Repräsentanz gegeben ist, obwohl tatsächlich nur die Unattraktiven im Web auf ihre Chance hoffen, wählt er womöglich eine dieser Jungfrauen aus. Eine eigentlich durch das Internet zu vermindernde Wettbewerbsverzerrung zu Ungunsten des Prinzen und zu Gunsten der weniger attraktiven Jungfrauen wäre das Ergebnis.

### „Die guten ins Töpfchen, die schlechten ins Kröpfchen“

Ein zweiter Punkt ist die Frage des Auffindens der Heiratsannonce im Web. Angenommen, alle Jungfrauen hätten tatsächlich einen Internetzugang. Wonach sollten sie mit ihrer Suchmaschine eigentlich suchen? Hat der Prinz „Vermählung“ geschrieben oder nur , dass er „eine Gemahlin sucht“. Je nach der von ihm gewählten Ausdrucksweise und der Sucheingabe aufseiten der Jungfrauen werden einige die Heiratsannonce finden und darauf reagieren, andere jedoch nicht. Dieses Problem der Uneinheitlichkeit und Mehrdeutigkeit von Sprache ist nicht zu unterschätzen, das weiß jeder, der schon einmal auf der Suche nach Informationen im Internet war. Ist der Suchbegriff zu allgemein, kommen eine Unmenge so genannter „Hits“ und es ist quasi unmöglich, die wirklich interessanten Seiten herauszufiltern. Um im Bild zu bleiben, muss der Nutzer mühevoll die guten Erbsen aus der Asche suchen und von den Schlechten trennen. Ist das Schlagwort dagegen sehr speziell gewählt, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass keine Seite gefunden wird. Die tatsächlich interessanten Seiten bleiben wiederum unberücksichtigt. Für Aschenputtel bedeutet ein Suchergebnis mit vielen „Hits“, dass sie die Suchergebnisse zu sortieren hat, um letztlich die verschiedenen formulierten Heiratsannoncen aller Königsöhne zu finden. Dabei kann sie nicht sicher sein, dass sie mit einem noch so allgemeinen Suchauftrag wirklich alle vorhandenen Annoncen gefunden hat. Außerdem stellt sich die Frage, woher sie überhaupt die Motivation zur Suche nehmen sollte, da sie über die Anzeige des Prinzen ja gar nichts weiß und Marktplätze für Heiratsannoncen von Prinzen und Jungfrauen noch nicht etabliert sind.

Nehmen wir die genannten Punkte zusammen, werden zwei zu erfüllende Bedingungen für eine informatorische Nutzung des Internets offensichtlich. Der Königssohn braucht das Vertrauen, dass der größere Teil der ihn interessierenden Jungfrauen im



Netz vertreten ist. Anderenfalls macht das Aufgeben der Annonce im Internet als Alternative oder zusätzlich zur üblichen Bekanntmachung via öffentlicher Proklamation nur wenig Sinn. Des Weiteren müssen die Jungfrauen in der Lage sein, die Annoncen auch tatsächlich zu finden. Hierfür benötigen sie Agenten, die nicht nur nach Schlagworten suchen, sondern semantische Zusammenhänge in Texten erkennen und so die Heiratswünsche aller Prinzen dieser Welt ganz unabhängig von der Formulierung identifizieren. Anderenfalls gelingt es den Jungfrauen nicht oder nur unter großer Mühsal, die Informationen im Web tatsächlich in Wissen über Heiratschancen umzuwandeln.

**„...der Schuh ist zu klein,  
die rechte Braut sitzt noch daheim“**

Angenommen, das Problem des Suchens und Findens sei gelöst. Alle Königssöhne erreichen alle Jungfrauen und alle Jungfrauen finden die Heiratsannoncen. Trotzdem können unerwartete Schwierigkeiten auftreten, die das gute Ende ‚Alle heiraten die Richtigen und Aschenputtel bekommt ihren Prinzen‘ gefährden. Diese Gefährdung geht von der Glaubwürdigkeit der Informationen aus. Prinzipiell müssen alle Jungfrauen und auch alle Prinzen an die Redlichkeit derjenigen glauben, welche die Informationen ins Netz stellen. Bislang gibt es im Internet nur wenige Regeln, die ‚die guten ins Töpfchen und die schlechten ins Kröpfchen‘ ordnen. Deshalb stellt sich die Frage, ob alle Jungfrauen und Prinzen und auch alle sonstigen im Netz Aktiven tatsächlich genügend Anreize verspüren, der Wahrheit entsprechende Informationen zu geben. Hier sind erhebliche Zweifel angebracht: Die tatsächlich attrakti-

ven Jungfrauen haben nur wenig Grund zum Lügen. Die Informationen im Netz sorgen dafür, dass, wenn sie zu Wissen in den Köpfen der Prinzen werden, ihre Chancen auf einen Heiratsantrag der attraktivsten und wohlhabendsten Königssöhne steigen. Umgekehrt werden die tatsächlich vermögenden Prinzen dieses auch kundtun, um ihren real existierenden Vorteil zu verbreiten und damit die entsprechenden Jungfrauen auf sich aufmerksam zu machen. Jedoch: Was ist mit den weniger attraktiven Jungfrauen, was mit den weniger prächtigen Prinzen und nicht zuletzt: Was wird aus den Normalsterblichen? Ihre Chancen auf einen (über ihren ‚Verhältnissen‘ liegenden) guten Fang sinken durch eine verbesserte Informationslage. Konnten sie vorher noch hoffen, auf Grund der schlechteren Informationssituation doch eine attraktive Jungfrau zu bekommen bzw. die weniger attraktiven Jungfrauen doch einen vermögenden und attraktiven Prinzen, wird diese Chance durch eine bessere Informationsausstattung auf allen Seiten deutlich verringert. Warum den Spatz in der Hand, wenn man doch von der wartenden Taube auf dem Dach weiß? Insoweit haben die weniger Attraktiven keine Motivation, die Wahrheit über ihren Makel zu verbreiten. Vielmehr macht es umgekehrt Sinn zu lügen und sich selbst als mindestens ebenso attraktiv darzustellen, wie die wirklich Schönen und Reichen dieser Welt. Aschenputtels Stiefschwestern sind ‚... schön und weiß von Angesicht, aber garstig und schwarz von Herzen‘. Welches Bild sie jedoch von sich im Internet verbreiten würden ist eindeutig.

**Zwei Effekte lassen sich identifizieren, die zum Lügen verführen können:**

- 1) Die Informationsanbieter können unter bestimmten Umständen davon ausgehen, dass ein etwaiger Betrug nicht bemerkt wird. Das wäre der Fall, wenn die Königssöhne im Internet die attraktivsten Jungfrauen suchen würden, um dann im Glauben an die Richtigkeit der Information eine Auswahl zu treffen. Eine zweite Runde des realen Wettbewerbs und damit des tatsächlichen Vergleichs fände nicht mehr statt. Dass dies nicht unwahrscheinlich ist, zeigt der Ausgang des Originalmärchens. Der Königsson, blind vor Liebe, nahm zunächst die Stiefschwestern auf sein Pferd, um sie zum Altar zu führen. Erst die Tauben haben ihn mit dem Hinweis »Rucke di guck, rucke di guck, Blut ist im Schuck (Schuh): der Schuck ist zu klein, die rechte Braut sitzt noch daheim.« darauf aufmerksam gemacht, dass es jeweils die Falsche war.
- 2) Lügen könnte das Vertrauen der Nutzer in das Informationsmedium Internet zerstören. Stellen wir uns vor, dass ein attraktiver Prinz eine Jungfrau auf Grund der etwas übertriebenen Beschreibung ihrer Liebreize zum Festball lädt. Sieht er die Diskrepanz zwischen dem Erwarteten und der Realität, könnte er leicht auf die Idee kommen, dass insgesamt die Informationen im Internet nur wenig aussagekräftig sind. Zukünftig verzichtet er womöglich wieder auf diese Variante der Informationsbeschaffung. Tritt dies ein, haben die weniger Attraktiven ihr Ziel erreicht: Der Mechanismus zur besseren Information ist diskreditiert, das Vertrauen in die Zuverlässigkeit zerstört oder zumindest verwässert. Im Ergebnis fallen durch das Lügen und den daraus entstehenden Vertrauensverlust die Chancen der weniger Attraktiven wieder höher aus.



Insgesamt können wir feststellen: Die verbesserte Informationslage durch das Internet könnte die Chancen im Heiratsmarkt zwischen Königssöhnen und Jungfrauen verändern und zu besser zusammen passenden Hochzeitspaaren und damit zu weniger Enttäuschungen führen. Dies gilt jedoch nur, wenn das Vertrauen in die Informationen gegeben ist. Das ist aber nicht von vornherein vorauszusetzen, da die potenziellen Verlierer in dem Spiel selbst die Informationsqualität beeinflussen können. Die direkte Manipulation der von ihnen selbst bereitgestellten Informationen kann einen Ausstrahlungseffekt auf die wahrgenommene Glaubwürdigkeit in die insgesamt zur Verfügung stehenden Informationen haben. Zerstörung der Glaubwürdigkeit durch gezielte Falschinformation wird so zu einem probaten Mittel, dem durch eine verbesserte Informationslage erhöhten und individuell nachteiligen Wettbewerbsdruck entgegenzuwirken.

Dass diese Art der Einflussnahme relativ leicht zu realisieren ist, liegt an zweierlei: Zum Einen ist die Information im Internet von dem Objekt getrennt, über das informiert wird. Insoweit ist die Qualität der Information im Moment der Wahrnehmung und Speicherung nicht direkt beurteilbar. Zwar könnten die Jungfrauen ein Bild ins Web stellen. Nicht klar wäre jedoch, inwieweit Retuschierarbeiten oder schlichtweg ein falsches Bild zum Einsatz kommen. Zum Zweiten, und das scheint noch bedeutsamer, gibt es bislang kaum eine Moral oder tatsächlich durchsetzbare Rechtsnormen oder Vorschriften, die eine hinreichende Verhaltensbeschränkung im Internet bewirken können. Dieses weitgehende Fehlen von Regeln mit Sanktionsfolge macht Betrug attraktiv, weil folgenlos und damit ungefährlich.

Insgesamt ist also durchaus fraglich, ob die Geschichte von Aschenputtel unter Zuhilfenahme der informatorischen Möglichkeiten, die das Internet dem Grunde nach bietet, tatsächlich so viel besser verlaufen wäre. (1) Wäre Aschenputtel nicht online gewesen, hätte sie überhaupt nicht vom Prinzen und dem Fest erfahren (unter der Voraussetzung, dass er seine Absichten tatsächlich nur noch über das Internet kommuniziert hätte). (2) Wäre sie online, hätte ihr die Offerte des Prinzen auf Grund der Schwierigkeit des Auffindens seiner Heiratsannonce trotzdem durch die Finger gleiten können. (3) Und nicht zuletzt wäre es möglich, dass die von ihr gefundene Heiratsanzeige in Wahrheit gar nicht von ihrem Prinzen, ja überhaupt von gar keinem Prinzen ist. Auch ein alter Waldschrat kann sich im Internet als Prinz ausgeben, um auf diesem Weg eine holde Jungfrau in die Einöde zu locken ...

### „Und wenn sie nicht gestorben sind, ...“ oder: Mittel und Wege zur Erreichung eines Happy Ends

Stellen wir anders herum die Frage nach den Erfordernissen, die das Internet tatsächlich zu einem Instrument reifen lassen, das Informationsunvollkommenheiten beseitigt oder zumindest verringert, können zwei Ansatzpunkte identifiziert werden: Zum Ersten benötigen wir Suchmaschinen, die deutlich besser den Suchschwierigkeiten im Web gerecht werden. Alle denkbaren Lösungen für ein Problem des Suchenden müssen trotz unterschiedlichster Beschreibung im Internet gefunden werden. Gleichzeitig müssen unterschiedliche Problemlösungen trotz gleicher Namensgebung unterschieden und in richtiger Art und Weise selektiert werden. Dies kann wohl nur durch eine Art von Suchmaschine geleistet werden, die eine Interaktion von Mensch und Maschine zulässt. Es müssen jeweils die menschlichen und maschinellen Stärken bestmöglich kombiniert werden, um das Suchergebnis zu optimieren. So kann der Spagat zwischen der möglichst umfassenden Nutzung des Wissensspeichers Internet auf der einen Seite und der Transformation von Information in tatsächlich handlungsrelevantes Wissen auf der anderen Seite gelingen. Es ist nach der optimalen Methode zur Kreierung von Wissenszuwachs beim Nutzer zu fahnden.

Zum Zweiten muss auch darüber nachgedacht werden, welche Mechanismen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit von Informationen im Internet geeignet sind. Denn nur mit dem Vertrauen in die Informationen wird sich das Informationsinstrument Internet in allen Bereichen durchsetzen. Es ist kein Zufall, dass sich Kauf- und Verkaufsaktivitäten heutzutage vor allem auf weitgehend standardisierte und gut beurteilbare Güter und Dienste – Bücher, CD's etc. – beschränken. Die beschriebene Güterhomogenität („Buch ist Buch“) erleichtert Vergleiche. Diese hohe Vergleichbarkeit, verbunden mit der Informationstransparenz bezüglich potenzieller Betrugsversuche, sorgt auch ohne ein ausgestaltetes Regelwerk in Form von Normen und Gesetzen dafür, dass Falschinformation und Betrug risikovoll sind. Jedoch verändert sich die Perspektive für den Bereich der stärker individualisierten Leistungen. Hier ist das Entdeckungsrisiko bei Täuschung deutlich kleiner und der Nachweis der Falschinformation schwieriger. Begründet ist dieser Zusammenhang unter anderem durch die geringere Leistungstransparenz infolge der Individualisierung. Ohne Vertrauen schaffende Mechanismen wird das Internet als Informationsmedium vor allem in diesen Bereichen nur äußerst schwer vorankommen bzw. immer wieder durch „schwarze Schafe“ gebremst werden.

Die übergeordnete Perspektive für diese zwei Forderungen ist wiederum eine ökonomische: Das Internet wird sich als Informationsmedium und noch weitergehend als Vertriebsweg bzw. Marktplatz durchsetzen, wenn es sich insgesamt für ein teilnehmendes Unternehmen oder einen Konsumenten „rechnet“. Je größer nun die Hemmnisse ausfallen, welche die Akteure davor zurückschrecken lassen, das Internet als Substitut für die bisherigen Vertriebs- und Informationswege zu nutzen, desto weniger vorteilhaft stellt sich die Situation dar. Die Akteure müssen in dieser Situation die herkömmlichen (alten) Vorgehensweisen aufrechterhalten und weiter pflegen und parallel dazu die neuen Strukturen aufbauen. Dies führt zu einer zusätzlichen Kostenbelastung, ohne eine deutliche Veränderung auf der Erlös- oder generellen Nutzenseite. Je schleichender der Akzeptanzprozess der Internetlösungen voran schreitet und die alte Lösung voll-

ständig substituiert, desto teurer wird es auf Grund der notwendigen Doppelorganisation. Wir konnten nun aufzeigen, dass eine langsame Diffusion für einige Akteure (die weniger attraktiven Jungfrauen und Prinzen) durchaus vorteilhaft ist. Insoweit ist die „Selbsteilung“ dieses Problems nicht zwingend, aber auf jeden Fall nicht schnell genug zu erwarten. Umso wichtiger sind Impulse von „außen“, welche die erkannten Schwächen beheben und so den Diffusionsprozess beschleunigen.

Bezüglich dieser aufgezeigten kritischen Punkte sucht die Arbeitsgruppe Marketing, Prof. Dr. Mario Rese, in Kooperation mit der Forschungsgruppe Business Challenges im C-LAB, im Rahmen des Forschungsprojektes M<sup>3</sup> nach Antworten. Auf das zukünftig alle Jungfrauen die ihnen zugehörigen Prinzen finden und eine neuerliche Aschenputtelgeschichte tatsächlich weniger anstrengend und schmerzvoll für alle Beteiligten ausgeht.

### Literatur

Grimm, Jakob: Grimms Märchen, München et al.: Delfin, 1982, S. 146-159 und im Internet, URL: <http://www.gutenberg.aol.de/grimm/maerchen/0htmlidir.htm>.

Kaas, Klaus Peter: Kontraktgütermarketing als Kooperation zwischen Prinzipalen und Agenten, in: zfbf, 44. Jg. (1992) Nr. 10, S. 884-901 (zur Informationsasymmetrie).

Kirzner, Israel M.: Wettbewerb und Unternehmertum, Tübingen: Mohr, 1978 (zur Bedeutung von Informationen für das Verhalten im Markt).

Rese, Mario: Anbietergruppen in Märkten, Tübingen: Mohr Siebeck, 2000 (zu Wissensproblemen in Märkten).

Richter, Rudolf / Bindseil, Ulrich: Neue Institutionenökonomik, in: WiSt, 24. Jg. (1995) Nr. 3, S. 132-140 (zu opportunistischem Verhalten).

Richter, Rudolf / Furubotn, Eirik: Neue Institutionenökonomik, Tübingen: Mohr, 1996 (zu institutionellen Aspekten).

Spremann, Klaus: Asymmetrische Information, in: ZfB, 60. Jg. (1990) Nr. 5/6, S. 561-586 (zur Informationsasymmetrie).



**Dipl. Kfm. Gernot Gräfe** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter des Bereichs Business Challenges im C-LAB. Sein Aufgabenschwerpunkt ist die Untersuchung von Möglichkeiten zur Verbesserung von Marktanalysen und -prognosen und die Entwicklung von Konzepten für entsprechende IP-basierte Dienste.

# Globalisierte Grabinschriften

## *Sefardische Sprachzeugnisse des 17. und 18. Jahrhunderts*

Was wir heutzutage unter Globalisierung verstehen, also die grenzüberschreitende, internationale und – wörtlich verstanden – erdballumfassende Zusammenarbeit und Verflechtung auf wirtschaftlichem und politischem Gebiet, hat seinen Ursprung nicht erst im 20. Jahrhundert. Bereits zur Zeit des Römischen Reiches erstreckte sich der Handel über den gesamten „Kreis der Länder“ von der Mündung des Rheins bis zu den Katarakten des Nils, von der Straße von Gibraltar bis zu Hellespont und Bosporus. Allerdings sollte es von der Ovidischen Formel des „urbis et orbis“ zum global village der Gegenwart noch ein großer Sprung sein. Erst mit der Entdeckung Amerikas durch Christoph Kolumbus weitete sich der Weltkreis transatlantisch. Und schließlich mündeten die fortgesetzten Erkundungsfahrten in der Weltumsegelung des Magellan. Der Globus war mit einem Mal entdeckt, die Weltscheibe endgültig zur Kugel gerundet. Mit Recht nennt man das Jahr 1492 ein Schicksalsjahr für Europa und insbesondere für Spanien, das damals seinen Anspruch auf Weltherrschaft begründete. Es war aber auch ein Schicksalsjahr für die spanischen Juden, die beim Abschluss der Reconquista vertrieben wurden.



**Rafael Arnold** studierte Romanistik sowie Judaistik in Heidelberg und ist seit 1999 wissenschaftlicher Angestellter im Fachbereich 3/Romanistik. Er steht kurz vor dem Abschluss seiner Dissertation über „Die Sprachen der sefardischen Juden in Italien (16./17. Jahrhundert).“

Seit der Antike hatte es jüdische Ansiedlungen auf der Iberischen Halbinsel gegeben, die nach Obadia 20 im Hebräischen „Sefarad“ genannt wird. Die Blütezeit des spanischen Judentums zwischen dem 10. und 12. Jahrhundert wird – oft auch übertrieben idealisierend – als „Goldenes Zeitalter“ bezeichnet. Als die sefardischen Juden 1492 durch königliches Edikt vor die Alterna-



Foto: Hochschule für Jüdische Studien (HJS), Heidelberg.

tive gestellt wurden, sich taufen zu lassen oder das Land zu verlassen, entschieden sich die meisten Sefarden gegen die Taufe und suchten eine neue Heimat. Diese fanden sie vor allem im östlichen Mittelmeergebiet: in Ägypten, Palästina, im Osmanischen Reich und in Italien. Viele, die sich nach der Vertreibung zunächst ins benachbarte Portugal begeben hatten, wurden von dort durch König Manuel I. bereits 1497/98 wiederum vertrieben.

### Sprechende Steine

Über viele Länder und Erdteile zerstreut blieben die neu gegründeten Gemeinden aber in stetigem Kontakt, wovon nicht zuletzt die Gemeindestatuten von Venedig, Saloniki, Konstantinopel, Amsterdam und Hamburg-Altona zeugen, die voneinander abhängig sind. Selbstverständlich organisierten sich auch die sefardischen Kaufleute global. Sie hatten bereits vor 1492 Niederlassungen in den Hafenstädten rund um das Mittelmeer. Nun erstreckte sich der Radius ihrer Handelstätigkeit weltweit.

In vielen Ländern Europas und in Übersee markieren noch heute Grabsteine die Stellen, an denen sich einst Sefarden niedergelassen haben. Wie die in Stein gehauenen lateinischen Inschriften in den entlegensten Winkeln des Römischen Reiches beredt Auskunft geben, so sind auch die sefardischen Grabsteine und Synagogenbauten „sprechende“ Zeugnisse dieser globalen Kultur – *saxa loquuntur*. Auf den ersten Blick scheinen Grabsteine ungewöhnliche Zeugen zu sein. Tatsache ist, dass Grabinschriften nur sehr selten von Neuphilologen nutzbar gemacht werden. Am ehesten dienen sie Historikern und Biografen zu einer genauen Datierung, weil sie gewöhnlich das Sterbejahr, manchmal samt Tag und Monat, und in moderner Zeit auch den Geburtstag des Toten tragen. Diese genauen Datumsangaben können aber auch für eine linguistische und kulturwissenschaftliche Analyse nutzbar gemacht werden. So geben Grabsteine nicht nur über Sprachgebrauch Auskunft (Sprachwahl, Verwendung von formelhaften Wendungen oder Gedichten), sondern auch über sonstige kulturelle Wandlungen der jeweiligen Gemeinden, die sich beispielsweise in veränderten Grabformen, unterschiedlichem Dekor oder in den verwendeten Symbolen niederschlagen. Anhand der Friedhöfe in Venedig, Amsterdam, Hamburg-Altona und auf Curaçao lässt sich beispielhaft die Entwicklung sefardischer Grabinschriften und Grabkunst darstellen, die zugleich ein Spiegel des kulturellen Wandels und der internationalen Verflechtung der sefardischen Diaspora ist.

### Rabbi Leone da Modena

Bis zur Vertreibung aus Spanien, und auch in den ersten hundert Jahren des Exils, hatte sich die Frage der Sprachwahl gar nicht gestellt. Selbstverständlich schrieb man die Inschriften auf hebräisch. Meist handelte es sich nur um die Angabe des Namens und des Sterbedatums. Manchmal wurden besondere Verdienste genannt oder Bibelverse zitiert, die im Zusammenhang mit Tod und Trauer standen. Wer es sich leisten konnte, gab Inschriften bei Gelehrten und Dichtern in Auftrag. Einer dieser Verfasser, über den wir sehr gut informiert sind, war Rabbi Leone da Modena. Er lebte im 17. Jahrhundert in Venedig und war eine angesehene Persönlichkeit des öffentlichen Lebens. Von ihm sind etwa vierhundert hebräische Inschriften bekannt. Kurze



Abb. 1: Grabstein in Venedig.

Foto: R. Arnold

Sätze, ein schnörkelloser Stil und die brillante Anverwandlung von biblischen und talmudischen Zitaten sind auffällige Charakteristika der Epitaphe Leone da Modenas. Offensichtlich beabsichtigte der Autor nicht nur, die Familienangehörigen der Verstorbenen zufrieden zu stellen, sondern betrachtete die Epitaphe als literarische Schöpfung, die bestimmt war für die bewundernden Blicke des großen und gebildeten Publikums. Bei den italienischen Gemeinden war es durchaus üblich, öfter auf den Friedhof, den Bet Hajim (hebr. eigentlich 'Haus des Lebens') zu gehen. Eine Sitte, die anderen jüdischen Gemeinden vollkommen fremd ist.

Leone da Modena beklagte sich in seinem Buch über jüdische Bräuche „*Historia degli riti hebraici*“, welches 1637 zum ersten Mal gedruckt wurde, dass nur wenige Juden noch imstande wären, sich auf hebräisch zu unterhalten, geschweige denn, Schriftstücke in hebräischer Sprache zu verfassen. Man mag dies für einen landläufigen Topos halten: Die ewige Klage der Lehrer über den sinkenden Bildungsstand ihrer Zeitgenossen. Nun sind aber gerade aus dieser Zeit die ersten Grabinschriften mit Zusätzen in lateinischer Schrift erhalten, die darauf hin deuten, dass die Friedhofsgänger diese Hilfe brauchten, um die Gräber zu identifizieren. Die ältesten erhaltenen Inschriften in lateinischen Buchstaben auf dem jüdischen Friedhof in Venedig stammen aus den Jahren 1617, 1624, 1630 und 1649. Spätestens ab den siebziger Jahren war es dann allgemein üblich, mindestens die Angaben zu Person und Todesdatum auf Spanisch oder Portugiesisch – seltener auch Italienisch – zu verfassen und dabei die lateinische Schrift zu verwenden. Wo sie nicht nur lapidar den Namen und das Sterbedatum nennen, bestehen sie aus formelhaften Wendungen, die sich sehr stark ähneln (Abbildung 1):



Foto: R. Arnold



Foto: R. Arnold

Abb. 2: Grabstein von Eliav A. Habib von 1682, Venedig.

AQVI YAZ ARON DE  
YOSEF YSRAEL FALECEO  
EN 2 TESRI 5465

„Hier liegt Aron [Sohn] des  
Josef Israel, er verstarb  
am 30. September 1704“

Obwohl in lateinischer Schrift geschrieben, folgt die Datumsangabe weiterhin dem jüdischen Kalender. Aus dem Jahr 1705 stammt die erste Jahresangabe nach christlicher Zählung. Fortan finden sich viele Mischtypen, die zwar hebräische Monatsnamen verwenden, aber das christliche Jahr oder umgekehrt beispielsweise von „marzo 5433“ sprechen, was dem Jahr 1673 christlicher Zählung entspricht. Bei den hebräischen Monatsnamen kommt es in der Schreibung zu großen Schwankungen: So steht nisan neben nissan, hijar/ijar, tevet/tebet, tesri/tisri. Auch bei den hebräischen Namen gibt es keine eindeutige Schreibweise: Baruch, Baruc oder Baruh, Haim, Haiim oder Hai, Yosef, Ioseph, Iose. Der Grund für diese Variabilität liegt darin, dass die Schreiber nicht gewohnt waren, Wörter der einen Sprache im grafischen System der anderen zu notieren. Besondere Schwierigkeiten machten dabei diejenigen Laute, die in der anderen Sprache fehlten wie die Laryngallaute (Kaph bzw. Chet) in den beiden Eigennamen, die in den romanischen Sprachen unbekannt waren. Der velare Reibelaut [x] des modernen Spanisch – z.B. in *mujer* und *jefe* – ging erst aus einem Veränderungsprozess im 16. und 17. Jahrhundert hervor, an dem die vertriebenen Sefarden nicht teilhatten.

### Das bessere Leben

In der Regel ähneln sich die Inschriften und folgen meist dem bereits erwähnten Muster: *Aqui iaz*, dann folgen Eigenname und Sterbedatum. An die Stelle von *iaz* ('liegt') tritt häufig das Verb

Abb. 3: Epitaph in Gedichtform, Venedig.

*repouza* (port.), *reposa* (span.) und *riposa* (ital.), das ursprünglich 'Rast machen, verweilen, sich erholen' bedeutete und schließlich '(ewig)ruhen'. Es handelt sich also um einen Euphemismus, wie er auch in „fallecer“ (eigentlich: 'fehlen, verschwinden') zum Ausdruck gebracht wird. Als schönfärberische Umschreibung von „sterben“ (man denke im Deutschen an „verscheiden“ oder „entschlafen“) machte es im 17. Jahrhundert eine bemerkenswerte Karriere und ist noch heute die gängige spanische Bezeichnung in Todesanzeigen und auf Grabsteinen. Es steckt auch eine theologische Implikation in diesem Wort, das ein einstweiliges Verweilen meint, das mit dem Erscheinen des Messias enden wird, und somit den Interimscharakter der Totenruhe unterstreicht.

An das Entschwinden der Seele aus dem toten Körper und deren Rückkehr am Jüngsten Tag gemahnen – ob in tröstender oder drohender Absicht, bleibt unentschieden – auch die mehrzeiligen, oft gereimten Inschriften, die gegen Ende des 17. Jahrhunderts vielerorts auftreten. Vom Übergang zu einem besseren Leben sprechen beispielsweise die beiden folgenden Inschriften: „*a meyor vida renace*“ (Eliav A. Habib, 1682; Abbildung 2) und „*que passov desta a melhor vida*“ (Joseph Carvalho, 1696). Ihre Sprache gehört durchweg einem gehobenen Sprachregister an. Es häufen sich in dieser Zeit Epitaphe, die von Lug und Trug der eitlen Welt sprechen („*engaño*“), von Vergänglichkeit und schließlich vom Tod, der dieser Täuschung ein Ende setzt („*desengaño*“) (Abbildung 3).

Der barocke Geist, der aus diesen Zeilen spricht, wird in Voluten, Kartuschen mit Familienwappen samt heraldischem Schmuck und sogar Putten, die Draperien halten, sichtbar. Für Grabsteine aschkenasischer Juden war das undenkbar. Die Steine auf aschkenasischen Friedhöfen dieser Zeit, wie man sie aus Deutschland und dem östlichen Europa kennt, sind streng und karg. Dort sind die einsprachig hebräischen Inschriften allenfalls mit Namenssymbolen versehen. Ein weiterer wesentlicher Unterschied besteht darin, dass nach sefardischer Tradition die Steine



als Platten auf die Gräber gelegt werden, während sie auf aschkenasischen Friedhöfen senkrecht stehen. Die Aufstellung auf dem venezianischen Bet Hajim auf dem Lido, wo sie in neuerer Zeit wie die benachbarten aschkenasischen Grabsteine senkrecht stehen, ist deshalb irreführend. Dies Nebeneinander führt aber zugleich den Unterschied der beiden Sepulkraltraditionen in einmaliger Weise vor Augen.

Der aufwändige Dekor, der stark an christliche Gräber erinnert, und das Auftreten zweisprachiger Epitaphe verdanken sich in erster Linie den so genannten Marranen, die in Spanien und Portugal als zwangsgetaufte Scheinchristen gelebt hatten, obwohl sie insgeheim dem Glauben ihrer Ahnen treu geblieben waren. Durch die Inquisition bedroht verließen auch sie die Iberische Halbinsel. Italien war eines der Zufluchtsländer, wo viele von ihnen wieder zum Judentum rekonvertierten. Manche dieser Familien waren so über hundert Jahre lang mit der christlichen Lebenswelt in enge Berührung gekommen. Daneben drückt sich in der Ähnlichkeit sefardischer Grabplatten mit christlichen Grabsteinen die Offenheit der Sefarden für die sie umgebende Mehrheitsgesellschaft aus. (Abbildung.4)

### Sefarden an Amstel und Elbe

Ein zweiter Flüchtlingsstrom hatte sich von der Iberischen Halbinsel nach Norden erstreckt. So erklärt sich, warum in Amsterdam und Hamburg-Altona, und später auch in London, große (west-)sefardische Gemeinden entstanden. Der „portugiesische Friedhof“ in Ouderkerk, der heute noch benutzt wird, ist neben dem in Hamburg-Altona der bedeutendste sefardische Friedhof nördlich der Alpen. 1614 konnte die jüdische Gemeinde in Ouderkerk, einem kleinen Ort an der Amstel, südlich von Amsterdam gelegen, ein Grundstück erwerben, wohin die Leichname auf Schiffen – wie in Venedig zum Lido – gebracht wurden.

Der früheste Grabstein ist der eines Kindes, Joseph de David Senior, aus dem Jahre 1614. Der schlichte Stein trägt lediglich



Abb. 4: Grabplatte der Sara Habib.



Abb. 5: Friedhof in Ouderkerk.

eine hebräische Inschrift. Nur zwei Jahre später datiert der Grabstein des Eliahu Montalto, der neben einer hebräischen Inschrift bereits einen portugiesischen Zusatz trägt. Die lückenhafte und zufällige Überlieferung der Grabsteine lässt keine absolute Datierung zu, doch verblüfft die zeitliche Übereinstimmung mit Venedig. Eine weitere zweisprachige – hebräisch-portugiesische – Inschrift von 1657 steht auf der Grabplatte des berühmten Amsterdamer Rabbiners Mensasseh ben Israel. Drei Jahre früher hatte man sogar eine kurze ausschließlich portugiesisch geschriebene Inschrift gemeißelt, die an Michael Espinoza, den Vater des Philosophen Baruch Spinoza erinnert.

Die meisten Epitaphe sind in leicht archaischem Portugiesisch, der offiziellen Sprache der Gemeinde, verfasst. Spanisch wurde ebenfalls verwendet und sogar lateinische Motti. Abgesehen von ein paar wenigen längeren hebräischen Epitaphen, die noch aus der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts stammen, stehen nur die geläufigen Akronyme in hebräischer Schrift. Oftmals gefolgt von ihrer portugiesischen Entsprechung, wie beispielsweise S.A.G.D.G. = sua alma goze da gloria („Möge seine Seele Ruhmes genießen“).

Wie in Venedig setzt auch hier die Verwendung der Umgangssprache um die Mitte des 17. Jahrhunderts ein. Die niederländische Landessprache sollte erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts auftreten. Was den Dekor betrifft, so ähnelt er zwar in manchen Zügen dem der sefardischen Gräber in Italien, aber entfaltet doch eine viel größere Üppigkeit, die in figürlichen Szenen gipfelt, die nach künstlerischen Vorlagen (z.B. nach Stichen von Matthäus Merian) angefertigt wurden und einen neuen Typus innerhalb der jüdischen Grabkunst darstellen (Abbildung 5). Wie in Italien ist die Verwendung von nicht-jüdischen Symbolen und Dekorformen auf den Einfluss der Marranen zurückzuführen. Ab dem 18. Jahrhundert wurden die Grabplatten dann wieder schlichter, strenger. Offenbar strebte man eine Rückkehr zur Tradition an, die jeden christlichen Einfluss ablehnt. Diese Tendenz kann als Ausdruck eines wiedererlangten jüdischen

Bewusstseins der allmählich konsolidierten Amsterdamer Gemeinde verstanden werden.

Ähnlich verlief die Entwicklung der sefardischen Gemeinde in Hamburg-Altona, die sich zunächst auch nur aus portugiesischen Marranen und Kryptojuden zusammensetzte, die erst in einem längeren Prozess zum Judentum zurückfanden. Enge Beziehungen, auch familiärer Art, verbinden diese Gemeinde mit Amsterdam und – oft unterschätzt – mit Livorno. Nachdem die Stadt Hamburg der „portugiesischen“ Gemeinde 1611 den Ankauf eines Grundstücks zur Einrichtung eines Friedhofes verweigert hatte, erwarb diese ein Grundstück in Altona, das damals zu Dänemark gehörte (Abbildung 6).

Aus dem Jahr 1666 stammt die älteste zweisprachige Inschrift. Sie lautet: „Sepultura de Abraham Senior Teixeira faleceo em 29 de Tebet anno 5426“ [6.1.1666] und gleicht also den Inschriften in Venedig oder Ouderkerk. Weitere folgen in kurzen Abständen. Erwähnenswert ist der Grabstein des Binjamin Mussaphia, auf dem eine portugiesische Inschrift den Verstorbenen als Autor hebräischer Verse ausweist, die auf dem selben Stein geschrieben stehen: „Author dos Versos Poeticos ... os quais compos em sua Vida, para lhe servir em vez de Epytaphio ...“. Am „24 Tebeth do Ao 5561“ [9.1.1801] gelangte er zu einem besseren Leben: „Passou desta para a outra milhor“.

Geschmückt sind die Steine wieder mit Familienwappen, Drapeuren und figürlichen Szenen meist biblischen Inhalts. Daneben stößt man auf allgemeine nicht-jüdische Todessymbole wie Stundenglas, Schmetterling, Totenkopf samt gekreuzten Gebeinen u.a. Darin sehr ähnlich wie Ouderkerk, zeigt sich hier ein Unterschied zu Venedig, wo diese Symbole nicht verwendet wurden. Bis zur Schließung des Friedhofes in Altona 1869 sollte sich daran nichts ändern.

### Die „Jodensavanne“ in Surinam

Spiegelbildlich zur spanischen Kolonisation im Westen hatten sich die sefardischen Juden zuerst im östlichen Mittelmeergebiet

niedergelassen. Doch waren einzelne auch an den Entdeckungsfahrten nach Amerika beteiligt. Im 17. Jahrhundert kam es dann zu größeren Auswanderungswellen in die Neue Welt. Die Ansiedlung in Mittelamerika geschah zunächst über Brasilien. Die erste urkundliche Erwähnung eines jüdischen Friedhofs („De Jodse Begraef Plaets“) im damals niederländischen Recife stammt aus dem Jahr 1639. Als die Portugiesen 1654 dieses Gebiet zurück eroberten, mussten die Juden mit den Holländern das Land verlassen. Einige landeten im selben Jahr in Neu-Amsterdam, dem späteren New York. Wieder andere gelangten nach Surinam, Barbados oder Curaçao, wo sie von den protestantischen Kolonialmächten Holland, England und Dänemark toleriert wurden.

Im ehemals niederländischen Guiana am Fluss Surinam befindet sich der Friedhof auf einem Gelände, das bis heute den Namen „Jodensavanne“ trägt (Abbildung 7). Der früheste Grabstein dort stammt von 1667. Auf dem Friedhof in Bridgetown auf Barbados (Abbildung 8) liegt der wahrscheinlich älteste erhaltene jüdische Grabstein Amerikas mit der Inschrift:

„S[epultur]A/DO ENCURTADO ARON/DE MERCADO QVE/FALESEO EM 9 DE ADAR/5420 [21.2.1660]“.

Ein kurzer Blick auf die Gemeinde in Curaçao soll diese tour d’horizon beenden: Im Jahr 1650 hatte die niederländische West-Indische Gesellschaft zwölf jüdischen Familien erlaubt, in Curaçao zu siedeln. Der älteste Grabstein trägt das Datum 1668. Um 1686 gründete David Senior nach Amsterdamer Vorbild eine Beerdigungsgesellschaft. Einer seiner Söhne, Joseph, kümmerte sich zur gleichen Zeit in Ouderkerk um die Friedhofsangelegenheiten der Gemeinde. Fortan tauchen immer wieder Personen dieses Namens in den Gemeinden auf beiden Seiten des Atlantik auf.

In Amsterdam verfasste David Franco Mendes (1713-1792), der heute als ein Pionier der modernen hebräischen Poesie gilt, Elegien, deren Fama bis nach Übersee gelangte. Sie genossen eine so große Bewunderung, dass Mitglieder der Gemeinde in Curaçao hebräische Inschriften bei ihm in Auftrag gaben, die



Abb. 6: Der portugiesische Friedhof in Hamburg-Altona.

Foto: HJS, Heidelberg



Abb. 7: Stark verwitterte Grabplatten, Jodensavanne (Surinam).

Foto: HJS, Heidelberg



Foto: HJS, Heidelberg

Abb. 8: Grabsteine in Bridgetown (Barbados).

man dann nach Belieben mit portugiesischen Zusätzen kombinierte. Von den Grabsteinen dieser Art sind allein vierzehn der Familie Senior erhalten geblieben. Doch beließ man es nicht dabei, nur die Inschriften in Europa zu bestellen, sondern ließ, weil kein geeigneter Stein zur Verfügung stand, sogar die Grabplatten selbst in Amsterdam anfertigen und in die Kolonie schiffen. Das erklärt auch, weshalb die Grabplatten denen in Ouderkerk so ähnlich sind. Es war üblich, sich noch zu Lebzeiten um die Steine zu kümmern. Nicht selten bestellte das Familienoberhaupt gleich mehrere Platten für die Angehörigen mit. Solche Schiffsladungen waren verschiedenen Gefahren ausgesetzt. So gingen einige Grabmonumente im Jahr 1719 verloren, als das Schiff, auf dem sie transportiert wurden, von Piraten gekapert wurde. Joseph Fidanque, für dessen Familie die Steine bestimmt waren, musste deshalb, wie wir wissen, im darauffolgenden Jahr Ersatz in Amsterdam bestellen.

### Unter jedem

### Grabstein eine Weltgeschichte

Die Verbreitung der sefardischen Kultur gleicht einem weltweiten Netz: Von den vielen hier nicht erwähnten Friedhöfen seien stellvertretend wenigstens diejenigen in Istanbul, Saloniki, auf Rhodos, Kreta und Chios, in Sarajevo, Triest, Ferrara, Livorno und Pisa, Glückstadt, London und New York City genannt. Der intensive Austausch zwischen den sefardischen Gemeinden führte zu einer gewissen Vereinheitlichung der künstlerischen Gestaltungsformen und der Inschriften bei nur geringen lokalen Besonderheiten. Neben der Pflege überkommener Sepulkraltationen, zu denen die Bibelzitate gehören, spielen hier die Autoren eine wichtige Rolle, die nicht nur für die Mitglieder der örtlichen Gemeinde, sondern auch für entfernte Auftraggeber Inschriften verfassten. Darüber hinaus sorgte der Handel mit Grabsteinen bis nach Übersee für die globale Ausbreitung identi-

scher Kunst- und Sprachformen. Diese Internationalisierung, die zugleich Aufschlüsse über die internationalen Handelsbeziehungen sefardischer Familien bietet, ist nicht nur von diasporakundlichem Interesse. Immerhin handelt es sich bei den spanischen und portugiesischen Epitaphen auch um einen fast vergessenen Teil Iberischer Kultur. Und nicht zuletzt steht jede Inschrift für eine Person, ein Leben. Heinrich Heine schrieb, jeder einzelne Mensch sei eine Welt, die mit ihm geboren werde. Und beschließt seine Überlegungen in den Reisebildern mit der grandiosen Schlussfolgerung: „und unter jedem Grabstein liegt eine Weltgeschichte.“

### Literatur

Berliner, Abraham: Luchot Abanim, Hebräische Grabinschriften in Italien. Frankfurt a.M. 1881.

Böhm, Günter: „The first Sephardic Cemeteries in South America and in the West Indies“, in: Studia Rosenthaliana 25 (1991), 3-14.

Grunwald, Max: Portugiesengräber auf deutscher Erde. Hamburg 1902.

Künzl, Hannelore: Jüdische Grabkunst von der Antike bis heute. Darmstadt 1998.

Weinstein, Rochelle: Sepulchral Monuments of the Jews of Amsterdam in the Seventeenth and Eighteenth Centuries. Diss., 2 Bde., New York 1979.

# „Mein Schicksal als Jude, Frau, als Mensch“

*Die Erschließung der Tagebücher Jenny Alonis 1935-1993*

Im Mai 1935 begann die 17-jährige Paderborner Schülerin Jenny Rosenbaum ein Tagebuch zu führen – der letzte Eintrag der 76-jährigen Schriftstellerin (seit ihrer Heirat 1948: Jenny Aloni) erfolgte drei Tage vor ihrem Tod in Israel, wo sie seit 1939 lebte. Dieses einmalige Zeitdokument – das einzige bisher bekannte eines Lebens in der Epoche zwischen Nationalsozialismus und Golfkrieg in diesen beiden Ländern – wurde im Rahmen eines DFG-Projekts transkribiert und kommentiert. Die Ausgabe der Tagebücher soll in Kürze erscheinen.

## Selbstporträt 1939:

### Jude – Frau – Mensch

Am 10. Januar 1939 reflektierte die 21-jährige Jenny Rosenbaum in ihrem Tagebuch über ihr „Schicksal als Jude, Frau, als Mensch“. Damit nannte sie in großer Klarsicht drei Aspekte, die für ihr Leben, Denken und Schreiben zentral waren und mehr als ein halbes Jahrhundert bleiben sollten. Das Schicksal als Jude hatte sie in den zurückliegenden Jahren immer wieder erfahren – erst wenige Tage zuvor war sie, wie alle deutschen Jüdinnen, von



Jenny Aloni, Gane Yehuda, Januar 1966.



## Prof. Dr. Hartmut Steinecke

ist seit 1974 Professor für Neuere deutsche Literaturwissenschaft an der Universität Paderborn; zahlreiche Gastprofessuren in den USA, in Ungarn und Österreich. Er ist Gründer der „Paderborner Schriftsteller-Gastdozentur“ (seit 1982), Direktor des Corvey-Instituts (seit 1995), Gründer und Vorsitzender der „Gesellschaft zur Förderung des Jenny-Aloni-Archivs“ (seit 1993).

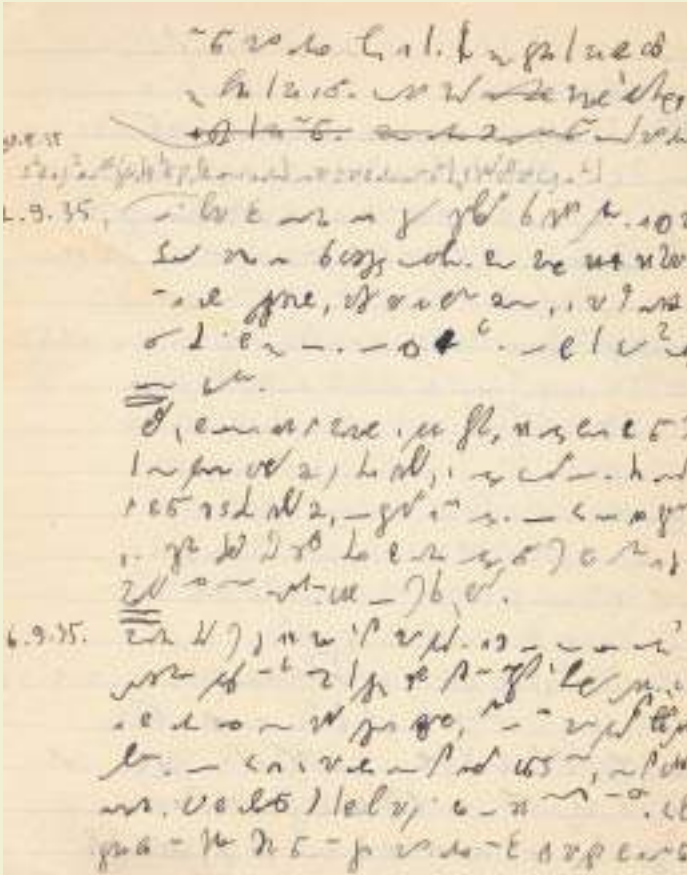
den nationalsozialistischen Behörden mit dem zweiten Vornamen „Sarah“ markiert worden; das Schicksal als Frau wurde der selbstbewussten Zionistin besonders dadurch deutlich, dass sogar in dieser extrem gefährlichen Situation die im Judentum ausgeprägten Geschlechterrollen weiter funktionierten: Jungen wurden bei der Verteilung der Auswanderungszertifikate bevorzugt; das Schicksal als Mensch – diese ungewöhnliche Kennzeichnung war Ergebnis ihrer humanistischen Gymnasialbildung am „Oberlyzeum St. Michael“ sowie der Lektüre philosophischer Schriften, die sie das eigene Sein stets auch in dem großen Kontext allgemeiner Existenzfragen und der Geschichte sehen ließ. Ein viertes „Schicksal“ wäre zu ergänzen, das als Schriftstellerin: Dazu bestimmt zu sein, war eine feste Überzeugung Jenny Rosenbaums seit ihrer Kindheit, eine Bestimmung, die sie allerdings gerade in dieser Zeit oft als Last, selten als Glück empfand und die ihr doch das Überleben erleichterte.

Die Reflexion über die verschiedenen Identitäten steht in einem Tagebuch, dem ureigensten Medium der Selbstbeobachtung, Selbstbefragung, Identitätssuche. Dieses Tagebuch-Werk umfasst fünf Jahre des Lebens und der Verfolgung in Deutschland sowie 53 Jahre in Palästina und Israel, kondensiert in zwölf Heften und Büchern, auf etwa 1900 Seiten.

## Das Paderborner

### Jenny-Aloni-Archiv

Von 1990 an gab ich die „Gesammelten Werke“ Jenny Alonis heraus; als Basis der Editionsarbeiten gründete ich 1992 am Germanistischen Seminar unserer Universität das „Jenny-Aloni-Archiv“. Ihm schenkte Esra Aloni nach dem Tod seiner Frau ihren gesamten literarischen Nachlass: neben den Handschriften von zahlreichen veröffentlichten und fast ebenso vielen bis dahin noch unveröffentlichten Werken auch Briefe, Dokumente, Fotografien, schließlich – als wertvollsten Teil – die Tagebücher.



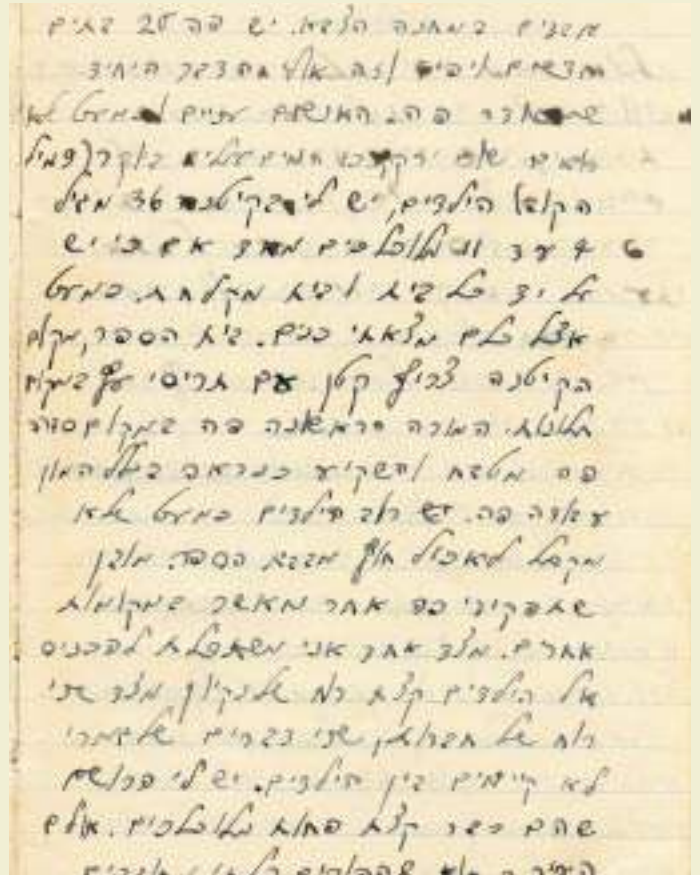
Jenny Aloni - Tagebucheintrag, Gut Winkel 30.8.-6.9.1935 (Kurzschrift).

Zunächst erhielten wir diese nur in seiner Abschrift und in Auszügen. Je mehr das Vertrauen in den gewissenhaften und sorgfältigen Umgang wuchs, desto mehr Materialien stellte mir Esra Aloni zur Verfügung, bis er schließlich die Originale selbst in das Archiv gab und nur noch einige wenige Passagen für eine Benutzung und Veröffentlichung sperrete.

Die Erschließung der Tagebücher wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1996-2000 gefördert und vor kurzem abgeschlossen. Der gesamte Text liegt als Datei vor, er umfasst im Ausdruck über 1000 Seiten. Einige kleinere Auszüge aus den frühen Tagebüchern wurden bereits veröffentlicht, dazu mehrere Aufsätze über Einzelaspekte der Tagebücher. Derzeit wird eine umfangreiche Auswahlgabe vorbereitet, die in Kürze erscheinen soll.

**Probleme der Transkription**

Edition ist ein Kernbereich jeder Philologie: Die sorgfältige Edition eines Textes ist die Grundvoraussetzung jeder Interpretation. Die Edition eines Tagebuchs ist allerdings besonders schwierig. Denn ein Tagebuch, handschriftlich verfasst, ist normalerweise nur für den Schreiber gedacht (nur eitle und prominente Künstler oder Politiker schreiben im Blick auf eine Veröffentlichung); das heißt, dass häufig flüchtig geschrieben, durchgestrichen, eingefügt, korrigiert wird. Dazu kommt im Falle Jenny Alonis: Das Leben in engen Gemeinschaftsunterkünften - in den Lagern, in Wohngemeinschaften in Berlin, in Mannschaftsunterkünften als Soldatin - führte zu Verschleierungstaktiken, die das Tagebuch vor neugierigen Lesern (in Deutschland natürlich auch vor den Behörden) schützen sollte. Bei Jenny Aloni ist das - neben einer Reihe „privater“ Abkürzungen, vor allem bei Personennamen, aber auch bei Ereignissen - vor allem



Jenny Aloni - Tagebucheintrag, Jerusalem 31.8.1941 (Ivrith/Neuhebräisch).

der Gebrauch von Stenografie (bis zur Mitte des zweiten Heftes ausschließlich). In der Zeit in Israel finden sich zudem häufiger Eintragungen in Ivrith, dem Neuhebräischen. Dass die von Jenny Aloni als Schülerin erlernte Form der Stenografie bereits seit Ende der Dreißigerjahre, nach einer Reform, nicht mehr gebräuchlich ist und dass ihr Ivrith lange Zeit noch fehlerhaft war, erschwerte die Übertragungen zusätzlich, zumal Bleistiftnotizen oder verwischte Tinte nach einem halben Jahrhundert oft schwer oder kaum noch zu entziffern sind.

**... und der Kommentierung**

Das zweite große Aufgabenfeld neben der Transkription bildet die Kommentierung. Je mehr Personen, Orte, Zeiten, Ereignisse oder Institutionen in einem Leben eine Rolle gespielt haben, desto vielfältiger sind die Bereiche, mit denen ein Kommentator sich intensiv befassen muss: Geschichte der Jugendalijah, Maßnahmen gegen Juden in Berlin, Strukturen des britischen Militärs in Palästina, Details der Innenpolitik Israels - das sind nur einige Spezialgebiete neben den üblichen Geflechten der Verwandtschaft, der beruflichen Stationen, der Verlagsbeziehungen usw. Dazu kommt, bedingt durch den Wechsel der Kulturen und Sprachen, die Notwendigkeit eines Glossars, das hebräische, arabische und englische Ausdrücke erklärt; Jenny Aloni verwendet sie nicht selten, wenn ihr ein deutscher Ausdruck nicht sofort einfällt oder wenn es sich um einen Fachbegriff handelt, der nicht einfach übersetzt werden kann.

Eine gewisse Hilfe für die Mitarbeiter - vor allem Martin Decking und Andreas Olbrich, daneben Petra Lettermann, Walter Olma, Petra Renneke, Gabriele Rochell - und mich war es bei dieser Arbeit, dass wir bei der Anlage des Archivs alle Materialien sehr genau kennen gelernt und die Texte bei der Vorberei-

stark, wurde das schriftliche Auf. sich in einem stark  
 informellen, fast conversational  
 Leses von der Erzählung, ja, und können 6. wie  
 ich in ein Heft wie Thomas Hobbes, fühlt sich sehr  
 Hartogen, involviert, nicht macht. Funktion in dem  
 erfährt an politisch, dass er für die Welt seiner Leben  
 stark teilen muss (Begründung geben)  
 Anders lokal für Erzählung. jemand bewirkt es wie ich  
 in der Welt, eine Hand, wie ich fähig anfällig, dass  
 eine über obigen Hand seine Ebene verändert, was  
 ich, was er von Thora hätte  
 Zum ersten Mal werden die verschiedenen Ebenen die Folie  
 nach Gerdthofen 4. 2. 1966. 19. 1966. 19. 1966. 19. 1966.  
 Die alle angebracht in der Welt. Auch die Unterhaltung  
 und die Hand, die früheren Hand. Gehen in der Welt, ja, ja  
 Handlung bringt nicht nur. — Abends gegen  
 21. 1966. Ich auf meine Zimmer gehen, die dort  
 19. 1966. Ich auf meine Zimmer gehen, die dort  
 Handlung bringt nicht nur. — Abends gegen  
 21. 1966. Ich auf meine Zimmer gehen, die dort  
 Handlung bringt nicht nur. — Abends gegen  
 21. 1966. Ich auf meine Zimmer gehen, die dort

Jenny Aloni – Tagebucheintrag, Ganei Jehuda 1.-2.9.1966.

tung der Werkausgabe weitgehend elektronisch verfügbar gemacht hatten. Schließlich: Es gab noch einige Zeitzeugen, zwar kaum für die Zeit in Deutschland und das erste Jahrzehnt in Israel, aber doch für die zweite Jahrhunderthälfte, in erster Linie natürlich Esra Aloni, daneben verschiedene Freunde und Bekannte in Israel sowie einige wenige auch in Paderborn.

**Edieren in der „Informationsgesellschaft“**

Der Einsatz von Textverarbeitung in den Geisteswissenschaften bringt zwar einige Erleichterungen und Beschleunigungen bestimmter Arbeitsgänge mit sich, wirkt sich aber nur in wenigen Fällen in der Struktur von Arbeitsvorhaben aus. Einer dieser wenigen Fälle ist die Editionsphilologie: Sie hat sich durch die neuen Möglichkeiten in den Neunzigerjahren wesentlich verändert, ist effektiver geworden, erlaubt es zum Beispiel, mehrere Schreibsichten durch Markierung sichtbar zu machen. Schließlich kann man den Text für verschiedene Gelegenheiten unterschiedlich aufbereiten: Die wissenschaftliche Basisfassung enthält den Text zeichengetreu mit allen Besonderheiten wie Streichungen, Verschreibungen, Hinzufügungen. Dieser Text, der nur für Spezialisten lesbar und interessant ist, wird für wissenschaftliche Zwecke gespeichert, aber nicht veröffentlicht. Dabei lassen sich auch Sperrungen verschiedenen Grades durchführen, die sonst bei der Benutzung von Texten in Archiven nur schwer zu bewerkstelligen sind: etwa Passagen, die generell für eine bestimmte Anzahl von Jahren noch gesperrt sind, Textstellen, die nur dem Archivleiter zugänglich sind, oder Abschnitte, die zwar eingesehen, aber nicht zitiert werden dürfen. Aus der Basisfassung lassen sich für die Veröffentlichung vereinfachte Fassungen herstellen: etwa ein reiner Lesetext mit behutsamen Eingriffen oder eine Version für Sprachwissenschaftler, die z.B. an Ungewöhnlichkeiten (früher hätte man von Fehlern gesprochen) der Orthografie, Grammatik und Syntax interessiert sind, die durch die lange Trennung vom deutschen Sprachraum oder die

seine Entscheidungen verpflichtet  
 sind, denn sie würden ge-  
 wommen sein, durch eigene Klä-  
 rung.  
 Zu einer solchen Experten  
 selbstlichen Fragestellung könn-  
 te die Auseinandersetzung auf  
 der Moessa in der Welt führen.  
 2. 9. 37. Ich spaltete die Lektüre im Mund. Ich  
 suchte nach einem Weg, den man gehen  
 könnte. Aber die Hände sind gebunden und  
 die Augen blind, fast ich sage mir, was was  
 etwas tun gegen diese Schlafheit und das  
 sich Erzeugnisse in einer Zeit in welcher  
 man nicht getragen wird sondern selbst  
 schweben muss  
 Es scheint, dass wir den besten finden schon  
 zu viel von kirchlicher Sittlichkeit in uns

Jenny Aloni – Tagebucheintrag, Berlin, 25. und 28.9.1937.

Vermischung mit zwei Alltagssprachen (Ivrit und Englisch) entstehen.

Auch die Anlage eines Kommentars hat erheblich von den Möglichkeiten der modernen Textverarbeitung profitiert: Denn es liegt im Wesen eines Kommentars, dass er ständig wächst, umformuliert, aufeinander abgestimmt werden muss, insbesondere wenn verschiedene Mitarbeiter gleichzeitig an ihm arbeiten. Auch die Recherchemöglichkeiten in internationalen Datenbanken, Speziallexika und Bibliografien haben die Arbeit von Jahr zu Jahr erleichtert. Früher waren Editionen und Kommentare oft Lebensaufgaben von Gelehrten, nicht wenige Unternehmungen blieben Fragmente, und durch die langen Bearbeitungszeiten waren große Uneinheitlichkeiten nicht zu vermeiden. Eine Reihe dieser Arbeitsgänge lässt sich heute wesentlich effektiver durchführen. Sonst wäre es nicht möglich gewesen, dass aus dem Aloni-Projekt innerhalb eines Jahrzehnts insgesamt 12 Textbände, die meisten mit ausführlichem Kommentar, ein Katalog sowie etwa 20 selbstständige Veröffentlichungen hervorgegangen sind (und dass im gleichen Zeitraum mehrere andere Großprojekte durchgeführt, teils abgeschlossen, teils neu begonnen wurden).

**Ein einmaliges Zeitdokument**

In die Tagebuch-Edition sind Drittmittel in Höhe von über einer halben Million Mark geflossen. Da man sich als Geisteswissenschaftler bei Beträgen dieser Größenordnung nicht nur der DFG, sondern auch der Gesellschaft gegenüber verantwortlich fühlt, war für mich selbst von Beginn an die Überzeugung von der Bedeutung dieses Tagebuchwerks wichtig. Und ich war froh, dass sich diese Überzeugung bestätigte, je tiefer wir in das Werk eindringen.

Diese Bedeutung – man übertreibt wohl nicht, wenn man von Einmaligkeit spricht – liegt in Person, Alter, Herkunft und Entwicklung der Schreiberin und ihrer dadurch bedingten Stel-

lung in und zu der Geschichtsepoche. Die bisher veröffentlichten Tagebücher (Diarien, diaristische Literatur) von Juden, die bis Ende der Dreißigerjahre noch in Deutschland lebten, sind ohnehin nicht zahlreich; darunter sind ganz wenige von Frauen und, soweit bisher bekannt, kein einziges von einer so jungen Frau. (Der bekannteste deutsche jüdische Tagebuch-Schreiber der NS-Zeit, Victor Klemperer, war ein Professor mittleren Alters.) Ferner: Jenny Rosenbaum stammte nicht aus einem durch Bildung oder Besitz privilegierten Elternhaus und ebenso wenig wuchs sie in einem Kontext ausgeprägter jüdischer Gläubigkeit auf; sie kam vielmehr allein in die Hauptstadt Berlin, ohne verwandtschaftliche Kontakte. Diese Situation prägte ihre Lage, aber auch ihre Wahrnehmungen, ihre Suche nach einem Weg. Kurz nachdem sie die Pogromnacht miterlebt und ihr Elternhaus verwüstet vorgefunden hatte, durch ein „J“ im Pass auch offiziell als Staatsfeindin abgestempelt, fand sie in dem eingangs zitierten „Schicksal“ die Kraft zu einem erstaunlichen Selbstbehauptungswillen.

Ähnliche Eigenheiten prägen ihre ersten israelischen Hefte. Jenny Rosenbaum/Aloni ist eine der wenigen deutschen Tagebuchschreiberinnen, welche die Kriegsjahre in Palästina festhielten und wohl die einzige, die einige Jahre lang aus der Perspektive einer Soldatin schrieb; auch aus den Gründungsjahren des Staates Israel gibt es nur wenige vergleichbare Zeugnisse aus der Sicht einer jungen Frau. Erst mit der Gründung einer Familie, dem Einzug in ein eigenes Haus und den ersten Publikationen in den späten Fünfzigerjahren erhielt dieses Leben eine gewisse Ruhe, die sich dann auch deutlich im Charakter der späten Tagebücher spiegelt.

Das einmalige Zeitdokument ist auch das wichtigste Zeugnis für den langen, von vielen Zweifeln, Irrungen, aber auch – vor allem in den Sechzigerjahren – Erfolgen geprägten Weg Jenny Alonis als Schriftstellerin, und mehr noch: Das Tagebuch selbst ist ein literarisches Werk von Rang.

Mitte der Achtzigerjahre war Jenny Aloni nahezu vergessen. Paderborn und Westfalen sind mittlerweile, mit einiger Verzögerung, stolz auf ihre bedeutendste Dichterin im 20. Jahrhundert. In Israel gilt sie als wichtigste deutschsprachige Autorin ihrer Generation. Seit einigen Jahren werde ich um Beiträge über Jenny Aloni für die renommiertesten Standardwerke zur deutsch-

jüdischen Literatur und Kultur wie das „Metzler Lexikon der deutsch-jüdischen Literatur“ (2000) und den „Yale Companion to Jewish Writing and Thought in German Culture 1096-1996“ (1997) gebeten. Die Edition der Tagebücher wird national und international die Einsicht in die Bedeutung des Werkes von Jenny Aloni für die deutsche wie für die israelische Literatur und Kultur festigen und vertiefen.

### **Zukunftsperspektiven: neue Projekte**

Die Ausgabe der Tagebücher wird das letzte editorische Großprojekt des Jenny-Aloni-Archivs sein, mehrere kleine Editionsprojekte und vor allem Projekte der didaktischen Vermittlung sind in Arbeit oder geplant.

In zwei Richtungen wurde in den letzten Monaten damit begonnen, das Werk Jenny Alonis in größere Forschungszusammenhänge einzuordnen. Die eine Ausweitung setzt den Schwerpunkt bei der deutsch-jüdischen Gegenwartsliteratur. Das erste internationale Symposium darüber, organisiert vom Jenny-Aloni-Archiv, fand im November 2000 in Berlin statt; der Tagungsband „Deutsch-jüdische Literatur der 90er-Jahre. Die Generation nach der Shoah“ ist bereits im Druck.

Der andere Kontext lautet: „Jüdische Literatur in Westfalen“. Das positive Echo auf den Umgang mit Jenny Aloni in Verbindung von Archivarbeit und Wissenschaft mit didaktischer Aufarbeitung und Popularisierung hat zu dem Plan geführt, erstmals überhaupt die jüdische Literatur unserer Region in ihrer ganzen Breite und Vielfalt zu erfassen. Dieses Projekt wird (außer von der Universität selbst) vom Ministerium für Schule, Wissenschaft und Forschung des Landes NRW, von der Literaturkommission des Landschaftsverbandes Westfalen-Lippe, der Provinzial-Stiftung sowie mehreren Kommunen und Kreisen gefördert. So ist das Jenny-Aloni-Archiv auf dem Wege, zu einem Zentrum der Erforschung wesentlicher Aspekte der jüdischen Kultur unseres Landes zu werden.

Informationen über das Tagebuch-Projekt, die Autorin, die weiteren Aktivitäten des Jenny-Aloni-Archivs sowie seine Publikationen sind zu finden unter [www.hrz.upb.de/fb3/germanistik/steinecke/aloni](http://www.hrz.upb.de/fb3/germanistik/steinecke/aloni)

# Neue Ordnungsprinzipien im Wirrwarr der englischen Sprache

## *Determinanten grammatischer Variation im Englischen*

Das Englische ist zweifellos die am besten erforschte Sprache der Welt, und die umfassendste Grammatik dieser Sprache ist das fast 1800 Seiten starke Werk von Quirk et al. (1985), um das Studierende der Anglistik und Amerikanistik im Laufe ihres Studiums kaum herum kommen. Jedoch reicht selbst die Beachtung dieses mächtigen Regelwerks bei weitem nicht aus, um die muttersprachlichen Lektorinnen und Lektoren zufrieden zu stellen, die unter Berufung auf ihr Sprachgefühl behaupten: "It's not exactly wrong, but no one talks like that." Das Forschungsprojekt *Determinanten grammatischer Variation im Englischen* im Fachbereich 3/Anglistische Sprachwissenschaft der Universität Paderborn hat sich zum Ziel gesetzt, Prinzipien der Ordnung in variablen Bereichen der englischen Grammatik aufzudecken und damit die Lücke zwischen herkömmlicher Grammatikbeschreibung und sprachlicher Wirklichkeit zu schließen.

### Grammatiktheorien im Computerzeitalter

Der informationstechnologische Fortschritt macht auch vor der modernen Sprachwissenschaft nicht Halt. Traditionell versuchte die Grammatikforschung von wenigen intuitiv gewählten Beispielsätzen ausgehend, diese durch Regeln vollständig zu



**Prof. Dr. Günter Rohdenburg** ist Professor für anglistische Sprachwissenschaft. Er ist Leiter des DFG-Projekts *Determinanten grammatischer Variation im Englischen*. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Bereichen Syntax, Semantik, grammatische Variation und Sprachwandel, Kontrastive Sprachwissenschaft, Typologie und Dialektologie.



**Julia Schlüter** ist wissenschaftliche Angestellte im DFG-Projekt *Determinanten grammatischer Variation im Englischen* und arbeitet an ihrer Dissertation zum Thema Phonologische Einflüsse auf die englische Grammatik.

Name des Korpus	Wortzahl
<b>Britisches Gegenwartsendenglisch</b>	
<i>The Times</i> 1990-2000	470.000.000
<i>The Guardian</i> 1990-2000	390.000.000
<i>The Daily Telegraph</i> 1991-2000	365.000.000
<i>The Daily Mail</i> 1993-2000	210.000.000
<i>British National Corpus</i> (BNC)	100.000.000
<b>Amerikanisches Gegenwartsendenglisch</b>	
<i>The Detroit Free Press</i> 1992-95	160.000.000
<i>The Los Angeles Times</i> 1992-95	480.000.000
<i>The Washington Times</i> 1992-95	85.000.000
<i>Time Magazine</i> 1989-94	12.000.000
<b>Historische Korpora</b>	
<i>Early English Prose Fiction (EEPF)</i> 1518-1700	9.600.000
<i>Eighteenth-Century Fiction (ECF)</i> 1705-1780	11.200.000
<i>Nineteenth-Century Fiction (NCF)</i> 1782-1903	37.600.000
<i>Early American Fiction (EAF)</i> 1789-1850	30.000.000
<i>The Oxford English Dictionary on CD-ROM</i>	
<i>Changing Times</i> 1785-1985	12.000.000
<i>The Bible in English</i> 10.-20. Jh.	11.000.000

Tab. 1: Aufstellung der wichtigsten im Paderborner Projekt vorhandenen Korpus-texte.

beschreiben und damit festzulegen, welche Sätze beispielsweise in der englischen Sprache möglich (grammatisch) oder unmöglich (ungrammatisch) sind. Ein Blick über den Tellerrand dieser auserlesenen Beispiele hinaus lehrt aber, dass eine natürliche Sprache ein historisch gewachsenes und dauernd im Fluss befindliches, unbeschreiblich komplexes Gebilde mit vielseitig vernetzten Teilsystemen darstellt, dessen Erforschung mit der eines Ökosystems, einer geomorphologischen Struktur oder eines hoch entwickelten Organismus durchaus vergleichbar ist. Einer der in der Vergangenheit beschrittenen Wege der Sprachwissenschaft war es daher, immer ausgeklügeltere Regelgebäude mit unzähligen Prämissen, Variablen, Ersetzungsregeln und Umformungsvorschriften von sich potenzierender Komplexität zu entwerfen (Formalismus).

Überprüft man die von der formalistischen Grammatik formulierten Regeln in einem ausreichend großen computerlesbaren Textkorpus, so stellt man oftmals fest, dass damit allenfalls eine Tendenz, jedoch keine Gesetzmäßigkeit beschrieben ist. Zwischen eindeutigen Fällen von grammatisch 'richtig' und 'falsch' gibt es zahlreiche Graustufen, nämlich typischere und weniger typische Varianten. In der modernen Sprachwissenschaft bilden gerade diese unterdeterminierten Grammatikbereiche einen aufschlussreichen Forschungsgegenstand, der neue



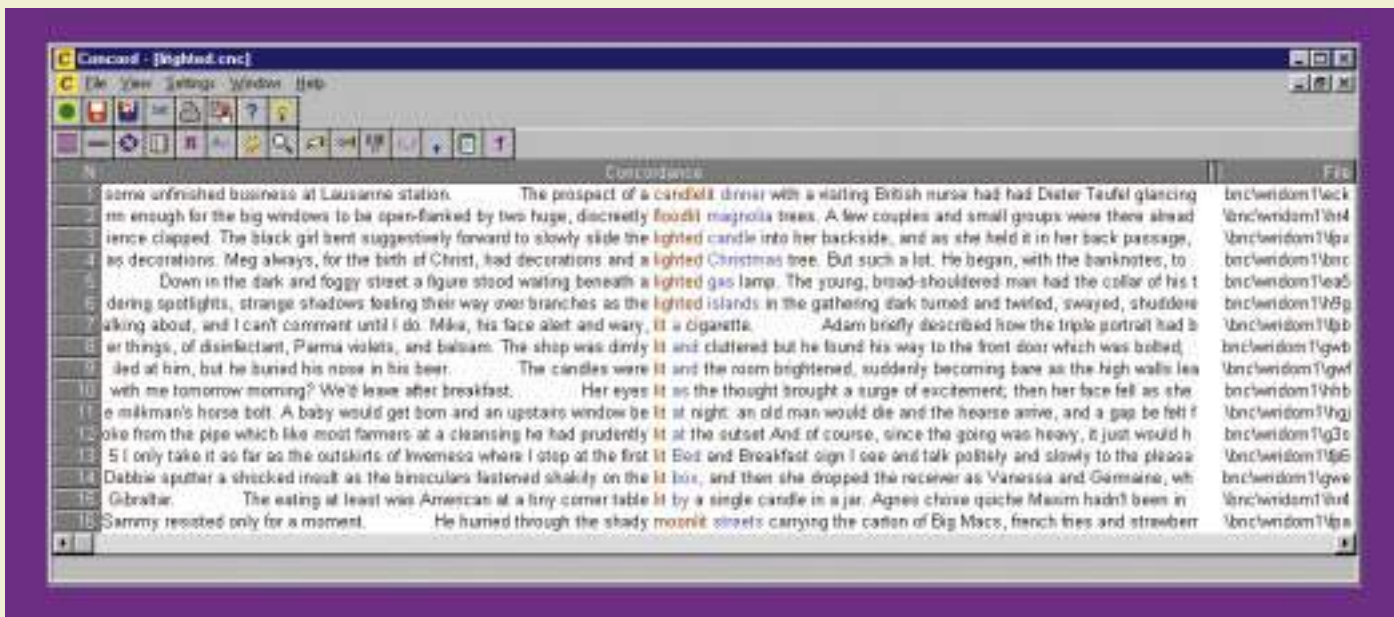


Abb. 1: Die vom Programm Wordsmith erstellte Konkordanz bei der Suche nach '\*lit/\*lighted'.

Erkenntnisse über das Funktionieren von Sprache ermöglicht. Im Rahmen des Forschungsprojekts *Determinanten grammatischer Variation im Englischen: Der Einfluss von phonologischen Tendenzen, Komplexität und horror aequi* wird davon ausgegangen, dass die Grammatik einer Sprache weniger ein kompliziertes Regelwerk, als vielmehr ein System von miteinander in Wechselwirkung stehenden, gegenläufig oder einander verstärkend (synergetisch) wirkenden Einflussfaktoren (Determinanten) darstellt. Diese müssen nicht ausschließlich für die Sprachfähigkeit des Menschen angesetzt werden, sondern erklären sich vermutlich unmittelbar durch die psychologischen oder physiologischen Voraussetzungen des Sprechens, d.h. sie sind funktional bedingt (Funktionalismus). Einige der bisher weitgehend vernachlässigten variationssteuernden Faktoren, die Gegenstand des Forschungsprojekts sind, sollen im Folgenden beispielhaft und steckbriefartig skizziert werden.

Dem Paderborner Forschungsprojekt steht eine Sammlung englischsprachiger Textkorpora zur Verfügung, die mehr als 2.383.000.000 Wörter umfasst und weltweit ihresgleichen sucht. Zum Vergleich enthalten die Bibel knapp 1.000.000 Wörter, eine Ausgabe der Tageszeitung *The Times* und der Roman *Robinson Crusoe* von Daniel Defoe je etwa 100.000 Wörter. Tabelle 1 zeigt eine Auflistung der wichtigsten vorhandenen historischen und modernen, gesprochenen und geschriebenen, britischen und amerikanischen Korpora. Diese Datenbasis kann mit Hilfe spezieller Konkordanzsoftware (z.B. *Wordsmith*) einer Volltextsuche mit flexiblen Suchparametern unterzogen werden. Das Ergebnis einer einfachen Suche ist in Abbildung 1 wiedergegeben.

**Der Rhythmus, bei dem ein jeder mit muss – Das Prinzip der rhythmischen Alternation**

**Varianten:** Das Partizip des Verbs *light* ('anzünden, beleuchten') lautete ursprünglich *lighted*. Zu der zweisilbigen Form gesellte sich im Laufe der Zeit die verkürzte, einsilbige Form *lit*.

- (1) She saw people watching from **lighted windows** up and down the road.
- (2) He hurried through the shady **móonlit streets**.
- (3) The candles were **lít** and the room brightened.

**Hypothese:** Die zweisilbige Form *lighted* tritt besonders häufig als Attribut unmittelbar vor Substantiven auf. Dies gilt allerdings nur dann, wenn die Form allein steht. In allen anderen Fällen ist die Verwendung der einsilbigen Variante *lit* unproblematisch.

**Begründung:** Würde statt *lighted* in Beispiel (1) die Form *lit* benutzt, ergäbe sich eine Aufeinanderfolge von zwei betonten Silben (*lit windows*). Beim Gebrauch der Variante *lighted* aber wird dank ihrer zweiten, unbetonten Silbe ein solcher Akzentzusammenstoß umgangen. Da Substantive im Englischen typischerweise auf der ersten Silbe betont sind, ist die Gefahr von Akzentzusammenstößen besonders groß, wenn in ihrem Vorfeld (attributiv) ein einsilbiges Partizip gebraucht wird. Ist das Partizip jedoch Teil eines zusammengesetzten Wortes wie in Beispiel (2), liegt die Betonung regelmäßig auf dem ersten Teil dieses Kompositums, sodass *lit* selbst als unbetonter Akzentpuffer fungiert. In allen übrigen, nicht-attributiven Verwendungen (z.B. Satz (3)) folgt dem Partizip normalerweise ein unbetontes Element, sodass auch hier kein Akzentzusammenstoß droht und der Einführung der einsilbigen Form *lit* nichts entgegen steht.

**Ergebnisse der Korpusanalyse: (Vgl. Abbildung 2)**

**Erläuterung:** Die einsilbige Form *lit* erhält erst im 18. Jahrhundert statistisches Gewicht. Sie setzt sich relativ zügig in den 'anderen', d.h. zusammengesetzten attributiven und nicht-attributiven Verwendungen wie in (2) und (3) durch. Erst als sie dort

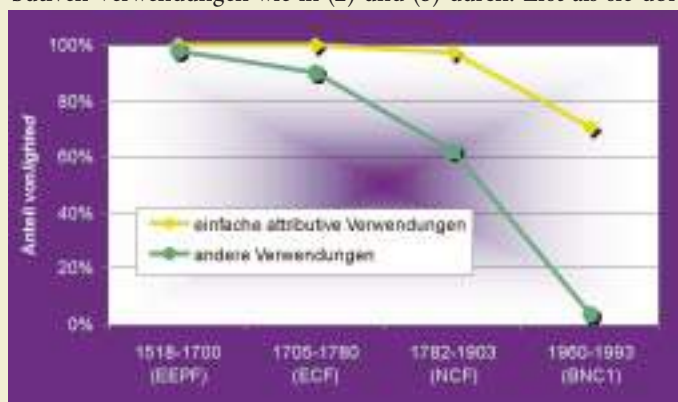


Abb. 2: Anteile von *lighted* im Vergleich zu *lit* in einer Serie von Korpora.

im 20. Jahrhundert fast verbindlich ist, hält sie auch in den einfachen attributiven Verwendungen wie (1) Einzug. Das zunehmende Auseinanderklaffen der beiden Kurven erklärt sich durch die Erhaltung von *lighted* in kritischen Kontexten, wo die zweite Silbe dazu dient, Abfolgen betonter Silben durch unbetonte aufzubrechen. Dieses Streben nach rhythmischer Alternation ist durch Bau und Funktion des menschlichen Sprechapparates vorgegeben.

**Prinzip der rhythmischen Alternation:** Ein idealer Rhythmus besteht in einer regelmäßigen Alternation von betonten und unbetonten Silben; insbesondere werden Akzentzusammenstöße vermieden.

**Früher war alles besser –  
Das Prinzip der idealen Silbenstruktur**

**Varianten:** Im Altenglischen hatte das Possessivpronomen noch regelmäßig ein *-n* am Ende des Wortstammes (vgl. das deutsche Gegenstück *mein*). Im Laufe der Sprachentwicklung wurde das *-n* verschliffen, sodass im Gegenwartsgenesischen die Form *my* vor Substantiven obligatorisch geworden ist. In einer Übergangsphase standen die Formen *mine* und *my* in Konkurrenz zueinander.

- (4) First be **mine** eyes pulled out, first be **my** brain perished. (1593)
- (5) I am hindered from **my** hearty desire, to show **mine** humble duty. (1606)

**Hypothese:** Die Form *my* steht vorzugsweise vor Wörtern, die mit Konsonant beginnen; die Form *mine* vorzugsweise vor solchen, die mit Vokal beginnen.

**Begründung:** Wenn *my* vor Konsonant bzw. *mine* vor Vokal steht, ergibt sich ein regelmäßiger Wechsel von konsonantischen und vokalischen Elementen (gemäß heutiger Standardaussprache /maɪbrɛn/ bzw. /maɪnaɪz/). Bei einer umgekehrten Verteilung stoßen an der Wortgrenze mehrere Konsonanten bzw. Vokale aneinander (dementsprechend /maɪnbren/ bzw. /maɪaɪz/).

**Ergebnisse der Korpusanalyse:** (Vgl. Abbildung 3)

**Erläuterung:** Der Wechsel von *mine* zu *my* vollzieht sich zwischen der altenglischen Periode und dem 18. Jahrhundert. In den dazwischen liegenden Zeitabschnitten zeigt sich deutlich, dass die *-n*-haltige Form *mine* am schnellsten vor Konsonanten abgebaut wird. In den Texten von Chaucer kommen die Varianten

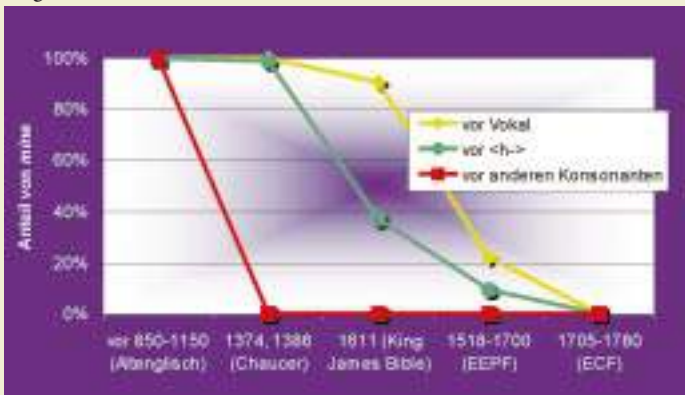


Abb. 3: Anteile von *mine* im Vergleich zu *my* in pränominalen Verwendungen in einer Serie von Korpora.

ten noch in völlig unterschiedlichen Umgebungen vor (komplementäre Verteilung), bevor sich auch vor Vokalen die Form *my* allmählich durchsetzt. Solange die Grammatik also weder die eine noch die andere Variante verbindlich vorschreibt, wird der Wechsel von Konsonanten und Vokalen tendenziell verwirklicht. Diese Tendenz erklärt sich aus universal gegebenen Bedingungen der Ausspracheerleichterung (vgl. die Schwierigkeit der Konsonantenfolge in *sixths* /sɪksθs/) und ist unter der Bezeichnung 'ideale Silbenstruktur' bekannt.

**Prinzip der idealen Silbenstruktur:** Im idealtypischen Fall wechseln Konsonanten und Vokale einander ab.

**Anmerkungen:** Wie die dritte Kurve in Abbildung 3 zeigt, nehmen Wörter, die mit dem Buchstaben <h> beginnen, eine Zwischenstellung ein (siehe Beispiel (5)). Wurde <h> im 14. Jahrhundert noch wie ein Vokal behandelt, erhielt es nach und nach einen Konsonanten-Status. Dieser Kategorienwechsel ist eines der Kuriosa der englischen Sprachgeschichte.

Die Bibelübersetzung aus dem frühen 17. Jahrhundert reiht sich im Hinblick auf den Gebrauch von *mine* oder *my* entgegen der Chronologie zwischen dem 14. und 16. Jahrhundert ein. An diesem und anderen Merkmalen zeigt sich, dass die *King James Bible*, wie die meisten Bibelübersetzungen nach ihr, einen archaisierenden Sprachstil verwendet.

So ideal die Verfügbarkeit von zwei Varianten mit unterschiedlichen Silbenstrukturen auch ist, so sehr läuft sie sprachökonomischen Tendenzen zuwider, die möglichst nur eine Form pro Funktion zulassen. Daher sind im Gegenwartsgenesischen bis auf den unbestimmten Artikel *a* bzw. *an* alle vergleichbaren Variationsphänomene ausgemerzt worden.

**Was man nicht im Kopf hat, muss man  
hinschreiben – Das Komplexitätsprinzip**

**Varianten:** 'Jemanden davon abhalten, etwas zu tun' kann ins (britische) Englisch übersetzt werden als *stop someone doing something* oder *stop someone from doing something*: die Präposition *from* ist hier auslassbar.

- (6) GDR residents **were stopped from** leaving the country in their Trabis.
- (7) The teacher stopped **them**  $\emptyset$  beating up the other guy.
- (8) The government tried to stop **the other countries**  $\emptyset$  / **from** going ahead.
- (9) The new law is designed to stop **individuals who surf the net for criminal purposes from** downloading confidential information.

**Hypothese:** Die Präposition *from* steht vor allem dann, wenn die Konstruktion auf Grund verschiedener Merkmale als komplex eingestuft werden kann. Andernfalls kann *from* entfallen.

**Begründung:** Je weniger offensichtlich die Verbindung zwischen dem Verb *stop* (+ Objekt) und der von ihm abhängigen *-ing*-Form ist, desto häufiger wird die Präposition *from* gesetzt, um die grammatische Beziehung zu verdeutlichen. Dies gilt für Sätze im Passiv (Beispiel (6)), die nachweislich schwerer zu verarbeiten sind, aber auch für Sätze im Aktiv mit zunehmend langen und komplexen Objektausdrücken. Personalpronomen wie *them* in (7) stellen die einfachsten Objekte dar, volle Substantivausdrücke wie *the other countries* in (8) sind etwas anspruchsvoller, und

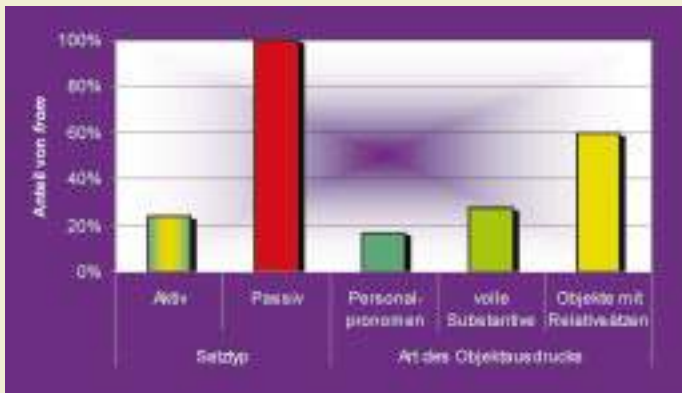


Abb. 4: Anteil von -ing-Formen mit *from* im Vergleich zu solchen ohne *from* nach Satztyp und Komplexität des Objektausdruckes in einem Korpus der *Times* 1990-94.

Objekte mit angehängten Relativsätzen wie in (9) sind bedeutend schwerer zu verarbeiten, sodass die nachfolgende -ing-Form meist explizit durch *from* angeschlossen wird.

#### Ergebnisse der Korpusanalyse: (Vgl. Abbildung 4)

**Erläuterung:** Die Korpusdaten zeigen, dass das Passiv regelmäßig die Verwendung von *from* als Struktursignal auslöst. Im Aktiv hängt der Anteil von Konstruktionen mit *from* von der Komplexität und Länge des Objekts ab, das *stop* von der -ing-Form trennt. Satztyp (Aktiv gegenüber Passiv) und Art des Objektausdruckes (Personalpronomen gegenüber vollem Substantiv gegenüber Objekt mit Relativsatz) bilden also zwei Komplexitätsfaktoren, die eine Verdeutlichung durch zusätzliche sprachliche Signale bedingen können.

**Komplexitätsprinzip:** Je höher der Verarbeitungsaufwand für eine Konstruktion, desto größer ist das Bedürfnis, grammatische Zusammengehörigkeiten durch zusätzliche Elemente explizit zu signalisieren.

#### Gleich und gleich gesellt sich ungern – Das *horror-aequi*-Prinzip

**Varianten:** *Worthy* zog ursprünglich eine Ergänzung ohne die Präposition *of* nach sich (vgl. deutsch *würdig* + Genitiv). Heutzutage ist jedoch die Verwendung von *of* in diesem Kontext verbindlich geworden. Diese beiden Sprachzustände verbindet eine langanhaltende Phase der Variation.

- (10) It is not worthy **of the world's admiration**. (1661)
- (11) You are not worthy  $\emptyset$  **the name of a Prince**. (1661)

**Hypothese:** *Of* vor der Ergänzung von *worthy* wird dort gemieden, wo die Ergänzung selbst ein *of* enthält. Dagegen kann es dort wesentlich leichter eingeführt werden, wo kein zweites *of* in der Ergänzung steht.

**Begründung:** In Satz (10) liegt schon die neu aufkommende Struktur *worthy + of + Ergänzung* vor, die sich später durchsetzen wird. Würde in Satz (11) die Ergänzung *the name of a Prince*, die selbst ein *of* enthält, ebenfalls durch *of* eingeleitet, läge eine Doppelung von *of* in enger Nachbarschaft vor, die aus verarbeitungsbedingten (und z.T. wohl auch stilistischen) Gründen vermieden wird.

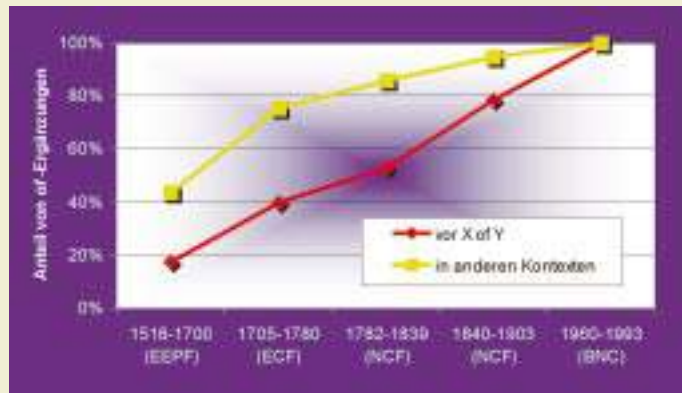


Abb. 5: Anteil von Ergänzungen mit *of* im Vergleich zu solchen ohne *of* nach *worthy* in einer Reihe von Korpora. Es wurde nur *worthy the* und *worthy of the* gesucht.

#### Ergebnisse der Korpusanalyse: (Vgl. Abbildung 5)

**Erläuterung:** In jedem historischen Korpusabschnitt ist die durch *of* eingeleitete Ergänzung verhältnismäßig seltener, wenn die Ergänzung selbst die Form *X of Y* hat. Erst im 20. Jahrhundert wird die *of*-Ergänzung unabdingbar, sodass für die ansonsten beobachtete Vermeidungstendenz, die als *horror-aequi* ('Schrecken vor dem Gleichen') bezeichnet wird, kein Spielraum mehr bleibt.

**Horror-aequi-Prinzip:** Eine Wiederholung identischer grammatischer Elemente und Strukturen in geringem Abstand wird nach Möglichkeit vermieden.

#### Du sollst Dir ein Bild machen – Das Ikonizitätsprinzip

**Varianten:** Das von *scarf* mit Hilfe des Suffixes *-ed* abgeleitete Adjektiv tritt in zwei Formen auf: *scarfed* und *scarved* ('mit einem Schal/Tuch bekleidet').

- (12) He poured cans of beer down **his neck-scarfed throat**.
- (13) The teams were welcomed by a **crowd of blue-scarved football supporters**.

**Hypothese:** Vorzugsweise steht *scarfed* dort, wo ein einziger Schal/ein einziges Tuch gemeint ist, *scarved* dagegen dort, wo mehrere gemeint sind.

**Begründung:** Das Substantiv *scarf* hat für den Plural zwei unterschiedliche Lautungen und Schreibungen: *scarfs* oder *scarves*. Das *-v-* am Ende des Stammes ist eindeutig mit dem Plural verknüpft, während das *-f-* sowohl im Singular als auch im Plural auftreten kann. Dieses Merkmal des Substantivs überträgt sich auf das abgeleitete Adjektiv. Werden wie in Beispiel (13) mehrere Objekte angesprochen, wird man deshalb häufiger zur Variante *scarved* greifen, als wenn man sich wie in Beispiel (12) auf ein einziges Objekt bezieht.

#### Ergebnisse der Korpusanalyse: (Vgl. Abbildung 6)

**Erläuterung:** Die Grammatik schreibt keine Bedeutungsunterscheidung zwischen *scarfed* und *scarved* vor. Dennoch macht der Sprachgebrauch die Assoziation von *-f-* mit dem Singular und die von *-v-* mit dem Plural nutzbar für die Unterscheidung zwischen Beispielen mit Bezug auf Singular bzw. auf Plural.



Abb. 6: Anteile von *scarved* im Vergleich zu *scarfed* im Gegenwartsenglischen (23 britische Zeitungsjahrgänge und BNC).

Diese Verteilung der Varianten kann mit Hilfe des Ikonizitätsprinzips als Abbildungsprozess von der außersprachlichen Realität auf die Sprache erklärt werden.

**Ikonizitätsprinzip:** Sprachen neigen dazu, inhaltliche Strukturen durch grammatische Strukturen abzubilden (oder umgekehrt, inhaltliche Strukturen zu entwickeln, die vorgegebenen grammatischen entsprechen).

### Die Moral von der Geschicht – Fazit

Die hier skizzierten Korpusanalysen veranschaulichen nur stellvertretend einige Phänomene, welche die Wirksamkeit der fünf ebenfalls nur beispielhaft ausgewählten Faktoren belegen und noch unabsehbar vermehrt werden könnten. Während korpusgestützte Untersuchungsmethoden eine neuartige Erforschung von variablen Bereichen der Grammatik erlauben, sind die so aufgedeckten Prinzipien selbst alles andere als neu. Im Gegenteil wird ihnen Universalität zugeschrieben: Sie sind nicht nur in einem bestimmten, sondern in jedem Zeitausschnitt des Englischen (synchron) gültig und entfalten ihre Wirkung auch in der Beeinflussung des Sprachwandels (diachron). Ebenso kann davon ausgegangen werden, dass jede andere natürliche Sprache den selben Steuerungsfaktoren unterliegt. Dieser Allgemeingültigkeit verdanken sie ihre herausragende Bedeutung für die Sprachwissenschaft.

Besonders interessant für die Erforschung grammatischer Variation sind Fälle, in denen zwei oder mehr Prinzipien in Wechselwirkung treten, d.h. einander verstärken oder miteinander in Konflikt stehen. Korpusuntersuchungen erlauben es hier, Synergien und Antagonismen zwischen verschiedenen Faktoren aufzudecken und zu gewichten. Diese Effekte gehen jedoch über das hier nur gerafft Darstellbare hinaus.

Von unmittelbarem Nutzen können Erkenntnisse aus der Korpuslinguistik überall dort sein, wo versucht wird, ein Regelwerk von Sprache zu erstellen, sei es zur Vermittlung an Lernende einer Zweitsprache, sei es zur Automatisierung von Sprache für Computeranwendungen verschiedenster Art. Wenn universelle Prinzipien, die im Falle mangelnder Regelung durch die Grammatik Variation steuern, unberücksichtigt bleiben, geht eine Vielzahl von Verallgemeinerungen verloren, die einen Teil muttersprachlicher Intuition ersetzen könnten.

### Literatur

Mondorf, Britta (2000). „Wider-Ranging vs. More Old-Fashioned Views on Comparative Formation in Adjectival Compounds/Derivatives.“ In: Reitz, Bernhard & Rieuwerts, Sigrid (eds.) *Anglistentag 1999 Mainz. Proceedings*. Trier: Wissenschaftlicher Verlag. 35-44.

Quirk, Randolph; Greenbaum, Sidney; Leech, Geoffrey & Svartvik, Jan (1985). *A Comprehensive Grammar of the English Language*. London/New York: Longman.

Rohdenburg, Günter & Schlüter, Julia (2000). „Determinanten grammatischer Variation im Früh- und Spätneuenglischen.“ *Sprachwissenschaft* 25. 444-496.

Vosberg, Uwe (im Erscheinen). „Zur Ablösung von Infinitiven durch *-ing*-Formen als Verbkomplemente im modernen Englischen.“ In: Zybatow, Lew (ed.) *Akten des 35. Linguistischen Kolloquiums, Innsbruck 2000*. Frankfurt a.M.: Lang.

### Danksagung

Wir bedanken uns an dieser Stelle bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die seit Mai 2000 das Forschungsprojekt unter Geschäftszeichen RO 2271/1-1 fördert. Gleichzeitig möchten wir der Erwerbsabteilung der Universitätsbibliothek für die großartige bisher geleistete Unterstützung beim Aufbau der Sammlung und deren teilweiser Einspeisung in das campusweite Computernetz herzlichen Dank sagen.



**Dr. Britta Mondorf** ist wissenschaftliche Assistentin im Fachbereich 3 (Anglistik/Sprachwissenschaft) und Mitarbeiterin im DFG-Projekt *Determinanten grammatischer Variation im Englischen*. Sie arbeitet an ihrer Habilitationsschrift zum Thema der Komparativalternation im Englischen. Weitere Interessengebiete sind die Funktionale Grammatik, sprachliche Variation, Pragmatik, Soziolinguistik, Semantik und historische Sprachwissenschaft.



**Uwe Vosberg** ist wissenschaftlicher Angestellter im DFG-Projekt *Determinanten grammatischer Variation im Englischen* und arbeitet an seiner Dissertation zum Thema Verschiebungsprozesse bei satzwertigen Ergänzungsstrukturen.

# Kreativität des Augenblicks

„Hauptsache Kreativ“? Kreativität ist alles!

Nicht „krea-tief“, sondern „hoch“ ist die Frage .... Hoch oder tief ist wie richtig oder falsch – oder gut und schlecht. Dies gilt auch für die Ergebnisse der ständigen Forderungen nach Kreativität und ihre Förderung. Die Disziplinen Kunst, Musik, Gestaltung implizieren in diesem Sinne geradezu Kreativität. Es ist die Kreativität in der Vermittlung und die Aufforderung zum eigenständigen, schöpferischen Handeln als Beziehungsgeflecht. Ein Sachverhalt, der nicht ohne Brisanz ist, geht es doch um das Ausloten gegenseitiger Grenzen und die Überwindung täglicher Routine, die nicht als „kreativ“ wahrgenommen wird. Erst das Verlassen sicheren Terrains erbringt die notwendige Aufmerksamkeit. Es ist die investierte Kraft in ihrer doppelten Bedeutung.

## Ausdruck von Kreativität oder die Kraft des Objektes als Botschaft?

In der Auseinandersetzung um die künstlerische/gestalterische Form der umgesetzten Kreativität gilt es mehreren Aspekten gerecht zu werden: Ist es die einmalige Handschrift, die geistige Dichte der Aussage/Botschaft, oder ist es erst die ihr innenliegende Kraft, die das Objekt auszeichnet? Henry Moore bringt es für sich auf den Punkt, wenn er in einer Formulierung zwei



Prof. Dorothea Reese-Heim ist seit 1983 Professorin im Fachbereich 4/Kunst, Musik, Gestaltung an der Universität Paderborn. Der Arbeitsschwerpunkt liegt in der künstlerisch/praktischen Vermittlung der Gestaltung. Die sich ständig verändernden Situationen fordern immer wieder zu neuen grenzüberschreitenden Erweiterungen heraus. Dem von der Gesellschaft vielfach benutzten Begriff „Kreativität“ gilt es in seinen Bedeutungen gerecht zu werden.

ausschlaggebende Dinge zum Verständnis einer Botschaft unterscheidet: „Es besteht ein funktioneller Unterschied zwischen der Schönheit des Ausdrucks und der Macht des Ausdrucks. Die erste will gefallen, die zweite will eine geistige Vitalität widerspiegeln, die für mich bewegender und tief ernst ist.“ Eine weitere Erkenntnis spiegeln die *Readymades von Duchamp* wider, die,



Kostüme für die Inszenierung „Ein Sommernachtstraum“ im Kloster Dalheim 1999, Eine erfolgreiche interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen der Studiobühne und der Gestaltung. Im Rahmen eines Seminars wurden Papierobjekte und Papierkostüme für die Elfen Szenen im Wald des Theaterstückes „Ein Sommernachtstraum“ entworfen, entwickelt und ausgeführt. Kostüme und Requisiten wurden dabei zu eindrucksvollen Kunstobjekten.



„Supraporte Reißplan“ – Eine Zusammenarbeit mit dem Institut MLAP und Fachbereich 4. Visualisierung eines durch das Institut MLAP initiierten ästhetischen Anspruchs im privaten und öffentlichen Umfeld des Institutsgebäudes. Seit 1999 besteht eine ähnliche Allianz mit dem Institut C.I.K. und dem Fachgebiet Konstruktion und Gestaltung.

wie man heute erst festgestellt haben will, manipulierte Gegenstände darstellen, also nicht geradewegs von der Straße ins Museum wanderten. Also versteckte oder offen dargelegte intelligente Botschaften in einer Genialität, die in ihrem Kalkül erst verstanden werden will. Das heißt: Jede in den Raum gestellte Mitteilung/Botschaft ist nicht frei von Manipulation und Tendenz, denn sonst würde sie keinen Sinn machen. Allerdings kann über den Sachverhalt wie Inhalt, Form und Qualität Kritik geübt werden. Letzteres heißt aber, dass Kritikfähigkeit gegeben sein sollte und noch besser auch Selbstkritik und damit die Fähigkeit, die persönliche Meinung vom Sachverhalt zu trennen. Siehe hierzu das jüngste Beispiel über die Aphrodite von Lüperts. Die Regeln über die Übereinkunft einer Qualität sind in der vergleichenden Gegenüberstellung, gleiche mediale Mittel vorausgesetzt, für jeden nachvollziehbar. Moore und Duchamp mögen so stellvertretend für Original + Authentic einer umgesetzten Kreativität und ihre unterschiedliche Bild-Qualität stehen.

### Neue Bilder

Um das Zustandekommen dieser Mitteilungen und Botschaften, dieser gezielt erstellten Wirkungen auf den Betrachter, geht es besonders in den Disziplinen der bildenden und angewandten Kunst/Gestaltung. Der Präsident der Hochschule für Bildende Künste Braunschweig, Michael Schwarz, hat eine Selbstbefragung unter seinen Kollegen 1999 durchgeführt. Grundsätzlich ist man sich darüber einig, dass sie etwas lehren, was nicht zu lehren und damit auch nicht erlernbar ist. Vermittelt werden bildnerische Probleme, Techniken, Kenntnisse und nachvollziehbares Wissen, um das kreative Potenzial in Gestaltung zu verwandeln, die „Neue Bilder“ hervorbringt. Was dann als Kunst zu gelten hat, bleibt ein Dauerstreit. Deshalb kann Kunst nicht auf die besondere Kompetenz, die Intelligenz und Kreativität des Interpreten verzichten. Um den wachsenden Ansprüchen zu genügen,



„Die Klangrosette“ – Ein Forschungsprojekt in Zusammenarbeit mit der Musik. Aus der Zusammenarbeit mit einem Komponisten entstanden – kymatische Klangobjekte, die ein ungewöhnliches chaostheoretisches Prinzip demonstrieren. Diese Installation will Bilder zeigen, die nicht unmittelbar über die Arbeit des Menschen entstehen, sondern über vom Menschen ausgelöste Schwingungen einer gespielten Komposition. Hören und Sehen gehen dabei eine Symbiose ein. In der Fortsetzung der Experimente mit Klang und Bild steht das Forschungsprojekt Papiermusik-Performance, das 2001 begonnen wurde.

plädiert man für ein interdisziplinäres Zusammenspiel zwischen den Natur- und Geisteswissenschaften an den Universitäten, um sich bei der Neubestimmung auf einen größeren Fundus beziehen zu können. Kreative Grenzgänger zwischen den Disziplinen müssen gewonnen werden.

### Kleiner Exkurs über Kreativität

Es heißt, dass alle Menschen angeborene Fähigkeiten besitzen und dass es die Aufgabe der Erzieher sei, sie zu entwickeln. Gemeint ist die Kreativität, mit der Jedermann ausgestattet ist, und je mehr sie im Zustand einer bloßen Fähigkeit brachliegt, desto größer ist ihr Potenzial. Folglich hat ein Kind mehr Kreativität als ein Erwachsener. Dies stellt im Rahmen der Umfrage der Kunsthistoriker und Kunsttheoretiker Thierry de Duve, Universität von Ottawa, in den Raum und macht seine Ausführungen u.a. an zwei Begriffen fest: Talent und Kreativität. „Die Ausbildung ist geprägt worden von zwei Modellen: Das eine glaubt an das Talent, das andere an die Kreativität; jenes klassifiziert die Künste nach Gewerben, dieses nach den Medien; das eine rühmt die Nachahmung, das andere die Erfindung. Frage, wählt man nun zwischen Talent und Kreativität, zwischen Handwerk und Medium, zwischen Nachahmung und Erfindung? Der Unterschied zwischen Talent und Kreativität besteht darin, dass ersteres ungleich, letzteres aber universell verteilt ist und eher einer Kreativitätsideologie entspricht“. Freilich hat es immer bedeutet: Jeder ist ein potenzieller Künstler. In diesem Sinne ist das Talent auch ein Potenzial, „aber es geht nicht immer mit einer Psychologie der Fähigkeiten einher, andererseits ist es unteilbar mit seinem Wirkungsfeld verbunden, das in letzter Instanz immer ein technisches ist. Man hat Talent für die Musik, für die Tisch-



„Angewandte Freiheit“ – Die Metamorphose eines 3,7 Meter langen frischen Bambusstabes zu zwei Flügeln gleicher Länge als filigrane Schwinge des Ikarus in einer Tanz-Performance. Ein gelungener, spontaner, interdisziplinärer künstlerischer Prozess zwischen den Disziplinen Gestaltung und der choreografischen Umsetzung als Kreativität des Augenblicks. Verflechten oder Verschieben der Dinge – Zaha Hadid spricht vom „Driften“. Es ist das Ausschöpfen kreativer Synergien zwischen der angewandten und der freien Kunst. Es sind Abwege zu neuen Zielen, wenn Gestaltung auf die Kunst trifft. Es sind aber auch Signale einer Grenzüberschreitung hin zu einer angewandten Freiheit.

Mit der Machete wurde ein Bambusstab geöffnet. Die Machete steht für einen Weg bahnen.

Belém, Brasilien, September 2001, Workshop auf einer Artfazenda, Kulturaustausch zwischen brasilianischen und deutschen Künstlern.

Ierei oder für die Kochkunst, aber nicht Talent im Allgemeinen. Die Kreativität ist hingegen ein absolutes, ungestaltetes Potenzial, das wie eine energetische Reserve aufgefasst wird, die vor jeder Arbeitsteilung zur Wirkung kommt. Man hat Kreativität ohne weitere Qualifikation, man ist kreativ. Punktum! In Wirklichkeit weiß jeder Lehrende aus Erfahrung, dass das Talent existiert und dass die Kreativität ein Mythos ist“.

### **Kreativität des Augenblicks als Wunsch**

Verwendet de Duve nun das Wort Mythos im Sinne einer letztgültigen und deshalb nicht mehr zu begründenden Aussage? Hier wäre zwischen „kreativ“ und „Kreativität“ zu unterscheiden. Unter „kreativ“ ist das spontane schöpferische Tun zu verstehen, was der Kreativität des Augenblicks entspricht, das rare erlebte

Zipfelchen des Kreativen, und unter „Kreativität“ mehr das analytisch-methodische Handeln, die Fähigkeit, letztlich produktiv zu denken und die Ergebnisse dieses Denkens zu konkretisieren, etwa in der Form einer Erfindung oder eines Kunstwerkes. In beiden Fällen sind die Ergebnisse bei der Beurteilung vom Entstehungsprozess zu trennen. Das Ergebnis spricht für sich.

Wie „kreativ“ sind wir aber wirklich, wenn wir von der Stimulans durch die tägliche Reizüberflutung der Medien ausgehen. Der Aussage: „Ich kann mir nichts ausdenken, ich muss erst etwas sehen“, kommt eine ganze Branche mit immer wieder aktuellster Bildvermarktung entgegen. Hier kommt es nun auf die alleinige Wahrhaftigkeit des Autors und auf die Intelligenz des Interpreten an. Werner Gaede spricht deshalb von drei legitimen und einer illegetimen Methode der Kreativität. Das illegetime Verhalten bezieht sich auf das Imitat. Die nobelste Methode ist dagegen

die Intuition. Man schöpft aus sich, aus seinem Speicher an Wissen, an Wissen um Sachen und Tatsachen, Gedanken und Bedeutungs-Zusammenhängen. Es geschieht mit ihm, durch ihn, aber nicht bewusst, das heißt, im Sinne der Kreativität des Augenblicks. Die stimulative Methode ist legitim und üblich, aber man spricht nicht so oft und offen darüber. Man blättert in Annuals, in Sammlungen, geht in Archive - und lässt sich anregen, lässt sich gedanklich und formal stimulieren. Die dritte Methode ist die systematische Methode der Ideenproduktion. Sie bezieht sich auf die Intuition und Stimulation und darauf, dass eine Person bei sich oder durch ein Archiv - „habe mein Archiv im Kopf“, wie der Schriftsteller Stanislaw Lem sagen würde - ein Repertoire von Denk-Operationen und Denkmustern bzw. Darstellungsmöglichkeiten abrufen kann. Die Suche nach neuen Methoden der Kreativfindung nimmt dabei Trendcharakter an. Das Battelle-Institut begründete vor Jahren ein Forschungsvorhaben zur Dokumentation von 43 Kreativ-Methoden wie folgt: „Um dem steten Wunsch und Drang nach Neuem zu entsprechen, müssen auch die „Normal-kreativen“ in die Suche nach neuen Lösungen und Ideen eingeschaltet werden. Ihnen sind Hilfsmittel an die Hand zu geben, die es ihnen ermöglichen, ihre Fähigkeit zu kreativem Denken zu verbessern. Es gilt, die ursprünglich vorhandene, dann aber verkümmerte Kreativität zu wecken und zu schulen.“ Das Wort „Kreativität“ umweht also doch ein Hauch von Mythos?

**Die gewünschte Nullsituation?**

Auf welchem Wege gelangt man zu neuen Ideen, ist immer wieder die Frage. Wie gelingt es, überhaupt etwas Neues zu finden? Bei Null anfangen, das war das große Motto vom Bauhaus, der ungepflügte Acker als Metapher für einen Neubeginn, wie der Philosoph Wolfgang Iser sagen würde. Der Politikerwunsch einer Angela Merkel zielt auf die Förderung des Wettbewerbs ab und fordert Spielräume, wo sich die Kreativität und Phantasie der Leute entfalten kann. Der Lichtdesigner Ingo Maurer zehrt vom Speed neurotischer Großstädte wie Mailand, New York, Tokio und macht regelmäßig Expeditionen in die Wüste. Ganz allein verbringt er mehrere Tage in der ägyptischen Wüstenlandschaft bei Sakkara, um sich von Alltagseindrücken zu „entleeren“. Einsames Fasten unter freiem Himmel und warten auf Geistesblitze während der Visionssuche und der Wunsch, ob wir wohl zu jeder Zeit unseres Lebens kreativ und spielerisch sind? Wie schön ist kindliche Phantasie, auch wenn wir von der Begrenzung der Zeitfenster unserer Lernfähigkeit wissen (Wolf Singer). Im Interview mit dem Designer Peter Schmidt geht es um den geplanten Zufall; der geplante Zufall als Paradoxie. „Das ist es. Wenn Sie heute etwas Neues schaffen wollen, müssen Sie alles wegwerfen. Sie müssen sich völlig frei machen und alle Strömungen, die es gibt, in ihrer ganzen Heftigkeit auf sich nieder regnen lassen. Und dann müssen Sie kaltblütig entscheiden, welches der richtige Weg ist.“ Der Autobauer BMW hatte über 200 Möglichkeiten für einen neuen Fertigungsstandort zu prüfen und entschied sich dann für Leipzig. Für den Politiker Kurt Biedenkopf ist es das kreative Umfeld, die Universität, die innovative Infrastruktur als Standortvorteil. Und die Erwartungshaltung gegenüber der Kunst heute? Der Philosoph Peter Sloterdijk ging in seiner Festspielrede zur Eröffnung der Salzburger Festspiele 2001 darauf ein: Heute, im Zeitalter der Kommunikation,

**Zur Trendforschung**

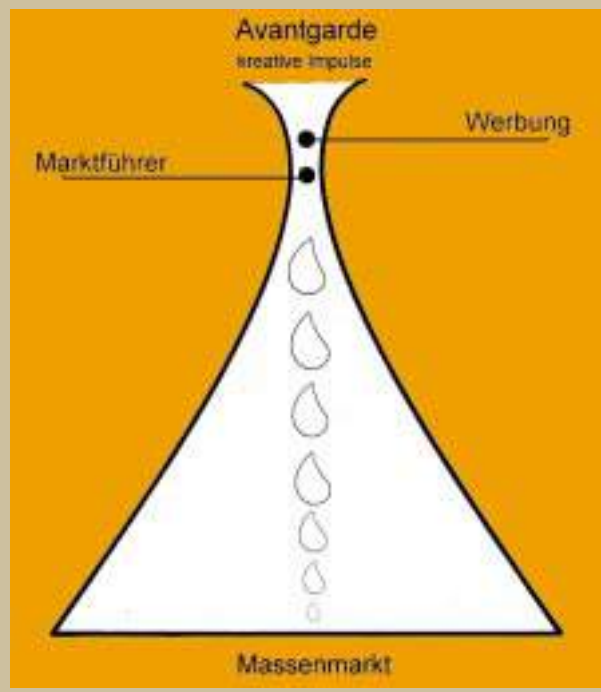
Trends sind Veränderungen in der Gesellschaft. Einzelpersonen oder Gruppen reagieren darauf. Es entstehen neue Verhaltensweisen. Trends unterliegen einer Eigendynamik. Sie entstehen einfach so und verändern sich ständig, das heißt, Trend kann man nicht machen, Trend ist plötzlich da und verbreitet sich. Trends sind Energielinien aus der Gesellschaft, Politik usw.

Die sogenannte Avantgarde ist die personifizierte Veränderung, sie reagiert als erste darauf. Es ist das sensible Reagieren auf etwas zum eigenen Gebrauch, zur eigenen Kommunikation. Avantgarde beansprucht das Neue für sich. Es sind zum Beispiel Künstler usw. Den oder die Trendmacher als solche gibt es nicht, aber es gibt Trendsetter. Trends können aber ausgelöst werden. Im voraus bestimmen kann man sie nicht. Trendauslöser können politische Weichenstellungen sein oder Umsetzungen von Bedürfnissen. Es kann der Ausdruck vom zeitgemäßen Lebensgefühl sein. Beispiel: „Wie ich einmal den Punk erfand.“

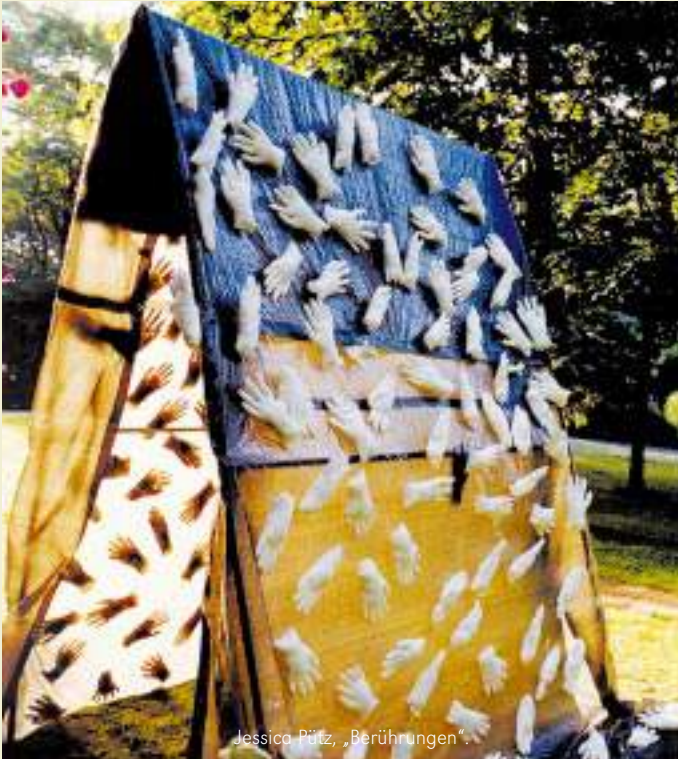
Die kreativen Impulse werden besonders von der Werbung aufgegriffen und umgesetzt. Die Bildcollagen aus der Werbung werden als Indiz für einen Trend gedeutet. Es kommt hier auf die richtige Interpretation an. Trendforschung ist Glaubenssache. Trendbilder werden im Rhythmus von zurzeit wenigen Monaten bzw. von ein oder zwei Jahren erstellt. Trendforschung versteht sich als neutrale Stelle gegenüber dem Auftraggeber.

Viele Paralleltrends erschweren die Orientierung. Beispiel: Szenenverhalten erzeugt Antitrend oder Design-Ästhetik erzeugt Antiästhetik usw., es sind Gegenpositionen als Trendauslöser. Grundsätzlich verläuft der Trend von oben nach unten. Der kreative Impuls in seiner spontanen Umsetzung und in seiner Wirkung ist **Original+Authentic**, die den Marktführer auszeichnet und damit ganz oben angesiedelt ist.

Die Basis der Pyramide bildet der breite Konsum, der Massenmarkt. Bei diesem Verlauf von oben nach unten spricht man vom „gesunkenen Kulturgut“, am Ende versickern kleinste Tröpfchen.







Jessica Pütz, „Berührungen“.

**100 Stunden Zelte – 1200 Jahre Begegnung Karl der Große und Leo III.**  
Aktion vom Sommer 1999 auf dem Campus der Universität Paderborn.  
Zelte sind Bauten der Nomaden, sie stehen für Mobilität aber auch Intimität. Mit Zelten wird temporärer Raum konstruiert zur Abgrenzung von Innen und Außen liege die Kreativität des Künstlers in der neuen Kombination des Bekannten, „für ihn ist die Welt der Inbegriff von Menümöglichkeiten“. Es schließt neue Worte ein wie „inquire“, „revival“, „retro“ = also die Welt als Collage? Wichtig allein ist die Veränderung!

### Sprachliche Trennungslinien?

In den gestalterischen Disziplinen geht es um Veränderung, ob sie nun bestandserhaltend, fortschreitend oder umwälzend ist –



Eva Wilcke „Verbrechen im Schein der Heiligkeit“

als Hörraum und Sehraum. Die Arbeiten der Studierenden beziehen sich auf diese temporären Eigenschaften. In der Moderne ist u.a. die Transformation von Material eine Ausdrucksform der ästhetischen Avantgarde.

und es geht auch um vorausschauendes Denken und Handeln, egal, ob es sich dabei um den Einsatz von so genannten bildnerischen Mitteln, Gestaltung oder Konstruktion handelt. Das Ergebnis sehen wir allemal, denn zurzeit quillt das Neue aus einem einzigen gigantischen Planungs- und Entwurfsprozess hervor, an dem alle beteiligt sind. Das heißt, wer sich ein Bild von der Welt machen will, „muss sich auf die Bilder einlassen oder selbst ein Bild entwerfen. Dabei werden sich dann die „sprachlichen Trennungslinien“ zwischen den Disziplinen als untauglich und überholt erweisen“, auch wenn es sich um eine



„Die hängenden Gärten der Semiramis“

Eine Erlebnisaktion mit der Kulturpflanze Flachs im Freilichtmuseum Detmold, 10.04.-22.07.2001

Ein Projekt, das sich mit nachwachsendem Rohstoff beschäftigte und Studierende aufforderte, in „Landart“ Dimensionen zu denken. 7 Segel in Dreiecksformen von 10 m Länge wurden in einer großen Geste von links unten nach rechts oben auf einer weißen Fläche von 50 m x 50 m im Reißverschlussverfahren auf das Feld gebracht. In einer Eigendynamik entstanden Teamwork und Teamgeist. Einzelaktionen führten zu einer gekonnten Gesamtperformance.

Ware handeln könnte, die nicht unbedingt lebensnotwendig ist, und deren Nachfrage von „weichen“ Kriterien des Publikumsgeschmacks, der rasch wechselnden Moden und anderen scheinbaren Zufälligkeiten abhängig ist. Ein Trost sei angemerkt: Jedes Werk will nach seinen Gesetzen erfahren und diskutiert werden. Was allerdings ohne Sachverstand wiederum nicht gelingt.

Was wissen wir voneinander, was wissen wir wirklich über andere Disziplinen z.B. Musik, Tanz, Literatur, aber auch den Ingenieurwissenschaften mit ihren Forschungsaktivitäten, ihrer Konstruktion und Gestaltung – da wo konstruiert wird, wird auch gestaltet – ihrer Ingeniosität? Hier scheint unbewusst noch durch den „historischen Korpsgeist des 18. Jahrhunderts“ (Nils Beckenbach) ein gleichberechtigtes Nebeneinander in der heutigen Gestaltungsszene nicht möglich zu sein, denn das 20. Jahrhundert ist das Jahrhundert des Designs, ist das Jahrhundert des Designers geworden, nicht das des Ingenieurs, obwohl es ohne die Symbiose Ingenieur/Designer nicht den Erfolg des Designs gäbe.

### **Plädoyer für eine interdisziplinäre Zusammenarbeit**

Wie es kaum eine konstruktive Verständigung zwischen den bildenden Künstlern und denen der angewandten Kunst gibt, existiert dieses Phänomen der Sprachlosigkeit ebenfalls zwischen den Disziplinen Konstruktion und Gestaltung. Aus dieser wohl bekannten Erkenntnis heraus wurde der Versuch zur interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen dem Fachbereich 4/Kunst, Musik, Gestaltung und dem Fachbereich 10/Institut für Konstruktion und Gestaltung, mit dem Sommersemester 1999 angeregt. Unter dem Thema „Von der Anstrengung, der Technik ein Gesicht zu geben“, wurde ein Exkurs über Gestaltung „Konstruktion und Design“ und ein Projektseminar „Kreativität des Augenblicks“ vom Institut für Konstruktion und Gestaltung als Eigeninitiative in den folgenden Semestern durchgeführt. Mit einer Ringvorlesung zum Thema „Über die Technikentwicklung

und die Bedeutung der Ästhetik“ sollte das interdisziplinäre Zusammenspiel zwischen den Natur- und Geisteswissenschaften erweitert werden. Heutige Trends in der Gesellschaft deuten wieder auf ein engeres Zusammenspiel hin.

### **Literatur**

Moore, Henry: Kunst und Bauen, Sep. 2000, S. 15, Bayerische Architektenkammer (Hrsg.).

Lars Reichhardt/Rhonda Shearer: Aus dem Häuschen, Seit drei Jahren erforscht eine Amerikanerin das Werk des Dadaisten, Marcel Duchamp, Süddeutsche Zeitung, 26.1.2001, S. 12-17.

Schwarz, Michael (Hrsg.): Jahrbuch der Hochschule für Bildende Künste Braunschweig, Band 3, 1999.

De Duve, Thierry: ebenda S 88-89.

Gaede, Werner: Die kreativen Arbeitsweisen. Aus Seminarbeiträgen der 80er Jahre.

Schmidt, Peter: Gespräch über eine neue Phänomenologie des Design, red dot 6 2000, Magazin des DZNW.

Singer, Wolf: 1. Werkstattgespräch der Initiative „McKinsey bildet“. 2001.

Beckenbach, Nils: „Pyramide und Föderation“, Ansichten zur Ingenieurausbildung, Deutsch-französisches Jahrbuch 1994.

Rogalski, Ulla: Trendbeobachterin der Firma Rolf Benz, Hochschulvortrag München 1996.

McLaren, Malcom: „Wie ich einmal den Punk erfand.“ DIE ZEIT Nr. 48, 22.11.2001.

# Quantenmechanische Materialsimulationen im Nanometerbereich

*Maßschneidern molekularer Strukturen und Prozesse auf dem Computer*

Max Plancks Ableitung seiner Strahlungsformel, mitgeteilt am 14. Dezember 1900 und von ihm selbst als „Akt der Verzweiflung“ bezeichnet, markiert die Geburtsstunde der Quantentheorie. In ihrer Weiterentwicklung und Vollendung durch Mitwirkung von Albert Einstein, Niels Bohr, Max Born, Wolfgang Pauli, Werner Heisenberg und Erwin Schrödinger bildet sie heute eine unverzichtbare Grundlage für das Verständnis von in der Natur ablaufenden molekular-atomistischen Prozessen.

Mit ihrer Hilfe und unter Einsatz modernster Computertechnik lassen sich unter dem Schlagwort „Computational Material Science“ in gleichem Maße technologische Prozesse zum Wachstum von Halbleiter-Nanostrukturen für Anwendungen in optoelektronischen Bauelementen (Laserdioden für Flachbildschirme) beschreiben wie auch biomolekulare Strukturen und Funktionen zur Energie- und Informationsspeicherung (Fotosynthese und Sehprozess) erforschen. Die Quantentheorie bildet somit eine interdisziplinäre Brücke zwischen Physik, Chemie und Biologie und wird zur Theorie für das atomistische Verständnis von grundlegenden Prozessen unseres Lebens und die Entwicklung zukünftiger Technologien.

## Quantenmechanik als Grundlage moderner Materialforschung

Unter Verwendung fortgeschrittener Computertechnik und neuer methodischer Ansätze zur Lösung der Vielteilchen-Schrödingergleichung können heute atomistische Prozesse der Strukturbildung in Realzeit mittels Molekulardynamik-Simulationen auf dem Computer verfolgt werden. Damit erhält man erstmals die Möglichkeit, die Strukturen und Eigenschaften von realen Materialien ausgehend von elementaren Wechselwirkungen zwischen Atomkernen und Elektronen zu verstehen. Über dieses Verständnis kann man schließlich im Rahmen eines molekularen Designs die Materialien modifizieren und in ihren Eigenschaften für spezifische Anforderungen maßschneidern. Die Atome bewegen sich bei diesen Simulationen unter Wahl spezieller Anfangs- bzw. Randbedingungen, wie beispielsweise Temperatur, Druck und äußere Felder völlig analog zu ihrem Verhalten in der Natur entsprechend der Wirkung ihrer interatomaren (chemischen) Bindungskräfte. Letztere werden mittels der Quantenmechanik berechnet, welche die Welleneigenschaften der Elektronen bei ihrer Bewegung im Potenzial aller Atomkerne in der zu behandelnden Struktur berücksichtigt.

Während eine exakte quantenmechanische Lösung nur für einen einzelnen Atomkern mit einem Elektron, d.h. das Wasserstoffatom oder das einfach positiv geladene Heliumion existiert,

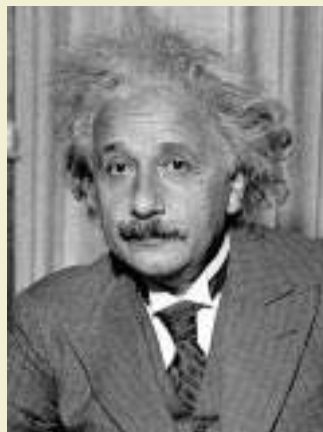


**Prof. Dr. Thomas Frauenheim** ist seit 1998 Professor für Theoretische Physik im Fachbereich 6/Physik an der Universität Paderborn. Arbeitsgebiet ist die Theorie komplexer Materialien, in der in den Anwendungen Problemstellungen aus der Halbleiterphysik, der Organischen Chemie und der Molekularen Biologie untersucht werden.

haben ausgehend von der Begründung der Quantentheorie durch Max Planck (1900), Albert Einstein (1905), Niels Bohr (1913), Erwin Schrödinger (1926) und Werner Heisenberg (1927), siehe Abbildung 1, Generationen von Physikern und Chemikern daran gearbeitet, geeignete Näherungsverfahren für die quantenmechanische Behandlung von vielatomigen Strukturen zu entwickeln. Ein besonderer Meilenstein war neben der Kultivierung von sehr aufwändigen Wellenfunktions-basierten Verfahren für die Beschreibung der Elektronen in der Quantenchemie durch John A. Pople ausgehend von den 70-er Jahren insbesondere die Begründung der modernen Dichtefunktionaltheorie durch Walter Kohn 1962/1963. Dank der damit verbundenen Ersetzung des komplexen Vielelektronenproblems durch die Lösung eines effektiven Einelektronenproblems können heute Strukturen und Prozesse in der Natur auf quantenmechanischer Grundlage behandelt werden. Beide Wissenschaftler wurden für ihre großen Leistungen und ihren Beitrag zur Entwicklung der modernen Theoretischen Materialwissenschaft „Computational Material Science“ zu gleichen Teilen 1998 mit dem Nobelpreis für Chemie geehrt. Während die Methoden in den ursprünglichen Ansätzen Simulationen von nur etwa 100 Atomen über eine Pikosekunden-Zeitskala erlauben, werden heute speziell in der Theoretischen Physik an der Universität Paderborn ganz besonders effiziente Näherungsverfahren auf modernster Computertechnik entwickelt und eingesetzt, um technologisch relevante Strukturgrößen von mehreren hundert bis mehreren tausend Atomen über prozessrelevante Zeiten zu simulieren. Das Anwendungsfeld reicht von der Untersuchung anorganischer Nanostrukturen für eine molekulare Elektronik über organische Molekülschichten für die Flachbildschirmentwicklung bis zum Studium molekular-biologischer Systeme für die Entwicklung neuer photonischer Speichergenerationen, Stichwort „Biocomputing“.



Max Planck  
Plancksche Strahlungsformel 1900



Albert Einstein  
Photoelektrischer Effekt 1905



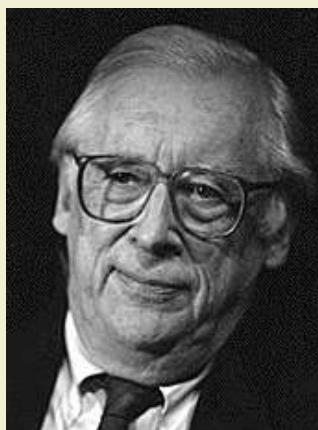
Niels Bohr  
Bohrsche Postulate-Atommodell  
1913



Erwin Schrödinger  
Schrödinger-Gleichung 1926



Werner Heisenberg  
Heisenbergsche  
Unschärferelation 1927



John Pople  
Wellenfunktion-basierte  
Quantenchemie 1970



Walter Kohn  
Dichtefunktionaltheorie 1963

Abb. 1: 100 Jahre Quantenphysik.

### Funktionalisierung von Kohlenstoff-Nanoröhren

Kohlenstoff-Nanoröhren (Abbildung 2, oben links) als neue quasi-eindimensionale Modifikation des Kohlenstoffs entwickeln sich seit ihrer Entdeckung 1991 /1/ zu einem stürmisch wachsenden Feld der Grundlagen- wie auch angewandten Forschung. Interessant sind die neuartigen Strukturen des Kohlenstoffs wegen ihrer außergewöhnlichen mechanischen, chemischen und elektronischen Eigenschaften. Gegenwärtig wird intensiv an der Realisierbarkeit des Einsatzes von Kohlenstoff-Nanotubes als Wasserstoffspeicher, Katalysatorträger, molekulare Filter/Membrane, Nanoreaktoren, Schablonen für Nanowerkstoffe, Quantendrähte, elektrische Nanoschalter, Feldemitter für Flachbildschirme und Spitzen für Rastersondenmikroskope gearbeitet. Diese sicherlich nicht vollständige Liste macht das außerordentlich hohe Anwendungs- und Innovationspotenzial dieser Strukturen deutlich. Durch eine chemische Funktionalisierung können die Eigenschaften der Nanotubes noch weiter variiert und damit ihr Einsatzpotenzial wesentlich erweitert werden. Während sich die offenen Enden der Röhren wegen des Vorhandenseins freier ungesättigter Bindungen so genannter „dangling bonds“ sehr einfach funktionalisieren lassen, galten die Außenwände der Nanotubes wegen ihrer benzenartigen Bindungsverhältnisse lange Zeit als relativ inert. Allerdings ist auch bekannt,

dass selbst Grafit nach Fluorierung ein polymerartiges  $sp^3$ -hybridisiertes Kohlenstoffnetzwerk ausbildet.

Nachdem bereits 1991 über die Fluorierung von Fullerenen berichtet wurde, gelangen schließlich 1998 in der Gruppe von Nobelpreisträger Prof. Richard E. Smalley (Rice University Texas) die ersten erfolgreichen Seitenwandfunktionalisierungen von Kohlenstoff-Nanotubes mit Fluor /2/. Dabei stellte man insbesondere eine  $C_2F$ -Stöchiometrie fest und beobachtete mittels Rastertunnel-Spektroskopie eine charakteristische Veränderung in den elektronischen Zustandsdichten. Theoretische Untersuchungen in Paderborn eröffneten schließlich erste Einblicke in die atomare Struktur und elektronischen Eigenschaften solcher fluorierten Nanotubes /3/. Energetisch stabile fluorierte Nanotubes mit einer  $C_2F$ -Stöchiometrie existieren entsprechend theoretischer Vorhersagen nur für solche Funktionalisierungsmuster, bei denen hochsymmetrisch angeordnete  $\pi$ -Bindungen auf den Außenwänden verbleiben.

Die Rechnungen zeigten, dass für die Realisierung von stabilen  $C_2F$ -Nanotubes verschiedene, energetisch nahezu gleichwertige Strukturen miteinander konkurrieren. Diese sind für den Fall der so genannten „zig-zag“-Nanotubes in der Abbildung 2 dargestellt. Dabei unterscheiden sich die elektronischen Eigenschaften dieser Strukturen sehr stark. Die Struktur oben rechts ist durch isolierte Etyleneinheiten charakterisiert. Zwischen den ethylenar-

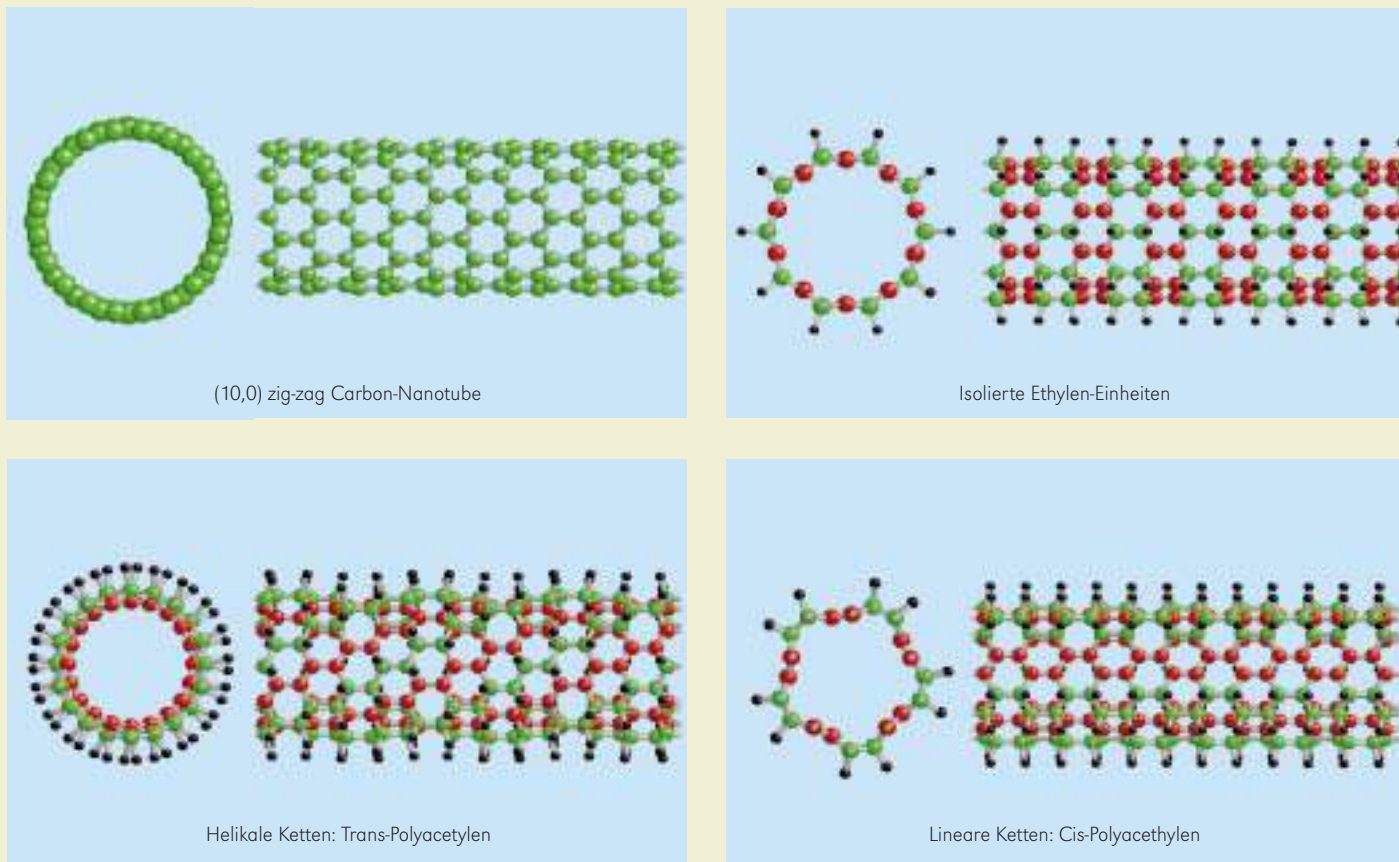


Abb. 2: Funktionalisierung von Kohlenstoff-Nanotubes mit Fluor.

tigen Gruppen sitzen paarweise die fluorierten Kohlenstoffatome. Diese Struktur besitzt eine große Energielücke zwischen besetzten und freien Elektronenzuständen ( $\sim 4$  eV) und stellt damit einen Isolator dar. Die Struktur unten links besteht aus halbleitenden (Energielücke  $\sim 1.3$  eV) helixartigen Ketten von Kohlenstoffatomen, ähnlich paralleler Helices von trans-Polyacetylen, getrennt durch Helices von fluorierten C-Atomen. Die Struktur unten rechts schließlich ist durch „Drähte“ von C-Atomen parallel zur Röhrenrichtung charakterisiert. Diese  $C_2F$ -Nanotubes sind metallisch. Durch die Fluorierung können die Kohlenstoffnanotubes somit nicht nur „funktionalisiert“, sondern auch in ihren intrinsisch elektronischen Eigenschaften maßgeschneidert werden. Damit könnte man funktionalisierte Nanotubes als Bausteine einer molekularen Elektronik einsetzen.

### Organische dünne Schichten für flache Displays

Organische molekulare Systeme sowohl als kristalline als auch als Dünnschichtmaterialien ziehen derzeit auf Grund ihres potenziellen Einsatzes in elektronischen und optoelektronischen Bauelementen sehr stark das Forschungsinteresse auf sich. Organische Feldeffekttransistoren (OFETS's) und Organische Leuchtdioden (OLED's) beginnen bereits, sich einen kommerziellen Markt zu erobern. Ganz aktuell sucht man speziell nach solchen Systemen, die eine Erhöhung der Effizienz der Lichtemission und der Ladungsträgerbeweglichkeit gestatten. Von besonderem Interesse sind hierbei auf Grund ihrer sehr reichhaltigen chemischen Modifizierbarkeit Thiophen-basierte Materialien. Oligothiophene werden heute als aussichtsreichste Kandidaten für die Entwicklung von großflächigen Displays angesehen. Um die Eigenschaften dieser Materialien auf atomarer Grundlage

zu verstehen und gezielt zu modifizieren, haben Paderborner Physiker in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern in Rom (Universita Tor Vergata) begonnen, die atomaren und elektronischen Strukturen von polymorphen Formen verschiedener Thiophenkristalle zu untersuchen. Insbesondere sollten experimentelle Resultate erklärt werden, nach denen zwei unterschiedliche Kristallstrukturen, triklin und monoklin, gebildet aus zwei polymorphen Konformationen von  $\beta$ -tetra(methylsalfanyl)- $\alpha$ -quaterthiophenen, siehe Abbildung 3, eine um einen Faktor 14 verschiedene Effizienz in der Lumineszenz aufweisen. Die Simulationen der Kristallstrukturen zeigen, dass die triklin Modifikation auf Grund der nahezu antiparallelen Ausrichtung der inneren und äußeren Thiophenringe ( $\gamma = 153^\circ$ ) eine supramolekulare Stapelstruktur ausbildet. Genau diese führt zu einer starken Überlappung von elektronischen Wellenfunktionen von benachbarten Molekülen und zu einer starken Veränderung der Energiebänder. Letztere zeichnet gegenüber der monoklinen Modifikation mit einer stärker verdrehten Fischgrätenstruktur ( $\gamma = 56^\circ$ ) verantwortlich für die erhöhte Quantenausbeute in der Lumineszenz /4/.

### Membranproteine für die Energieumwandlung und optische Speicherung

Die größte Herausforderung für quantenmechanische Simulationsverfahren bilden aber nach wie vor Untersuchungen der Struktur, Dynamik und biologischen Funktion von Systemen wie beispielsweise dem Bacteriorhodopsin (BR). BR repräsentiert ein Modell für eine der elementarsten Zellaktivitäten in der Natur, den Ionen-transport. Bekannt als einfachste Protonenpumpe, ist BR ein transmembranes Protein, das die Zellmembran von *Halobacterium halobium* bildet und lichtin-

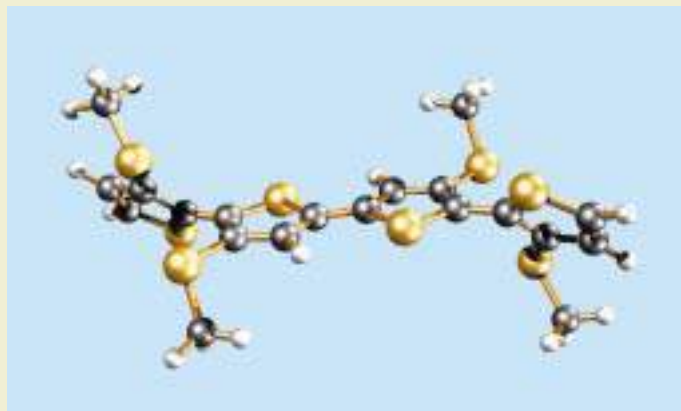
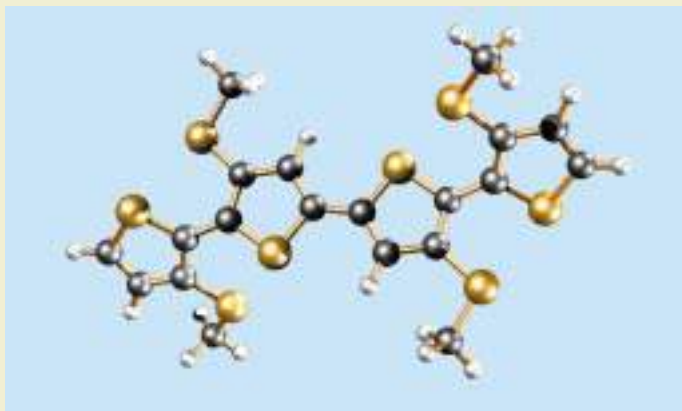
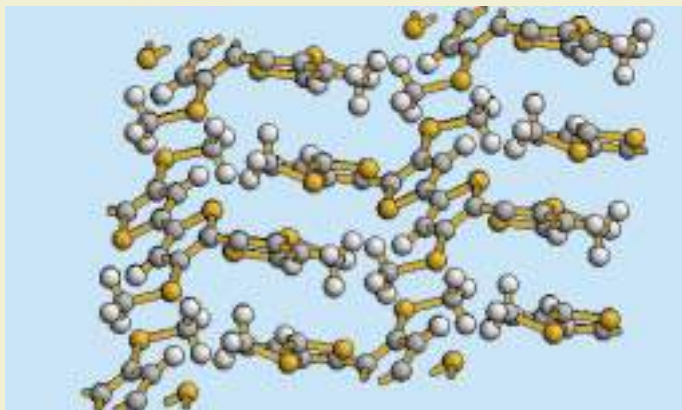
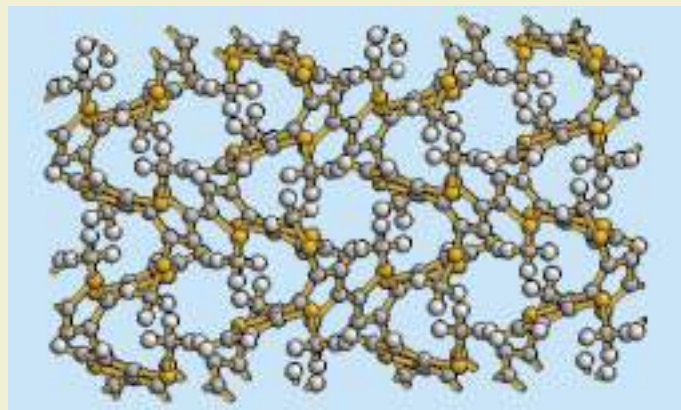


Abb. 3: Gleichgewichtsformen verschiedener Thiophenkristalle gebildet aus zwei stabilen Konformeren von  $\beta$ -tetra(methylsalfanyl)- $\alpha$ -quaterthiophenen.



triklin (antiplanar): supramolekulare Stapel  
Torsionswinkel  $\gamma = 153^\circ$



monoklin (twist): Fischgräten-Struktur  
Torsionswinkel  $\gamma = 56^\circ$

duziert Protonen aus dem Inneren der Zelle in die Umgebung pumpt /5/. Das Protein enthält sieben  $\alpha$ -Helices, welche das *all-trans* Retinalchromophor umschließen und über eine protonierte Schiff'sche Base an das Protein binden, siehe Abbildung 4. Das Retinal unterliegt einem schnellen Fotoisomerisationsprozess, dessen thermische Umkehrung den Transfer eines Protons aus dem cytoplasmischen in den extrazellulären Bereich bewirkt. Das Verständnis des zugrunde liegenden Protonentransfer- und Transportmechanismus kann auch über entsprechende Vorgänge in komplizierteren Ionenkanälen Aufschluss geben. Derartige Kanäle beeinflussen das elektrische Aktivierungspotenzial der Zellmembran und steuern damit verschiedenste Zellfunktionen, wie beispielsweise die Weiterleitung elektrischer Signale entlang von Neuronen.

BR absorbiert als photosynthetisches Zentrum mittels seines Chromophors Fotonenenergie und wandelt diese in andere, z.B. mechanische oder chemische Energieformen für den Stoffhaushalt der Zelle um. Die Proteinmatrix beeinflusst dabei die Struktur des Chromophors und dessen Elektronenkonfiguration derart, dass das Absorptionsmaximum im Vergleich zum isolierten Molekül verschoben ist („opsin shift“). Neben dem Verständnis der Energiespeicherung als sehr grundlegender Aktivität von lebenden Zellen, wird die genaue Analyse der Mechanismen, über die das Protein das Absorptionsmaximum kontrolliert, neue Wege für das Design und die Präparation von Pigmenten mit modifizierten elektronischen Eigenschaften eröffnen. Durch gezielte chemische Modifikationen des Chromophors sowie genetischer Manipulationen der Proteinmatrix kann dann das Pigment in seinen Eigenschaften verändert, sozusagen „maßgeschneidert“ werden, um neue Biomaterialien mit breit gefächerten optischen Eigenschaften für technische Anwendungen auf

der Basis von BR zur Verfügung zu stellen. Potenzielle Einsatzgebiete für diese spektral sensitiven Strukturen bilden im Rahmen der Konzeption neuer Bauelemente die molekulare Elektronik und die Entwicklung optischer Speicher /6/.

Die Paderborner quantendynamischen Simulationsverfahren wurden in den vergangenen drei Jahren in enger Zusammenarbeit mit Gruppen am Deutschen Krebsforschungszentrum Heidelberg (Abteilung Molekulare Biophysik, Prof. Sandor Suhai) sowie der Harvard und Duke University, (Prof. Martin Karplus, Efthimios Kaxiras und Weitao Yang) speziell für die

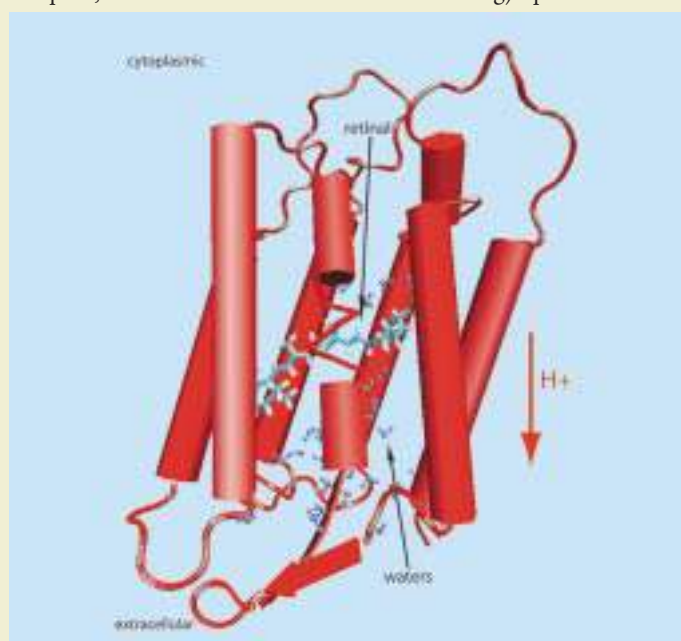


Abb. 4: Bacteriorhodopsin mit eingebettetem optisch aktivem Retinal-Molekül, A-G:  $\alpha$ -Helices.

genaue Behandlung von großskaligen (mehrere 1000 Atome) biologischen Strukturen und Prozessen optimiert. Dies umfasst neben der korrekten Einbeziehung von insbesondere schwachen chemischen Wechselwirkungen wie Wasserstoffbrücken und Dispersionskräften vor allem die Einbettung von quantenmechanischen (QM) Reaktionszentren (~ 1000 Atome) in die physiologische Umgebung eines Lösungsmittels bzw. der Proteinmatrix /7/. Ganz aktuell werden bereits Forschungsprojekte zur vollständigen Untersuchung des Fotozyklus im BR und der „visual cascade“ im Rhodopsin, einem dem BR sehr ähnlichen Retinalprotein, welches den Sehprozess im menschlichen Auge steuert, bearbeitet.

#### Literatur

- /1/ S. Iijima, et al., „Helical microtubes of graphitic carbon“ Nature (London) 354 (1991) 65.  
 /2/ E.T. Mickelson, et al., „Fluorination of single-wall carbon nanotubes“ Chem. Phys. Lett. 296 (1998) 188.

- /3/ G. Seifert, et al., „Molecular wires, solinoids and capacitors by sidewall functionalization of carbon nanotubes“ Appl. Phys. Lett. 77 (2000) 1313.  
 /4/ J. Widany, et al., „Electronic band structure and intermolecular interaction in substituted thiophene polymorphs“ Phys. Rev. B, in print.  
 /5/ D. Öesterhelt, et al.; „Annifying concept for ion translocation in retinal proteins“ Journ. Bioenerg. Biomembr. 24 (1992) 181.  
 /6/ R.R. Birge, et. al., „Biomolecular Electronics : Protein-Based Associative Processors and Volumetric Memories“ J. Phys. Chem. B 103 (1999) 10746.  
 /7/ Qiang Cui, et al., „A QM/MM Implementation of the self-consistent Charge Density Functional Tight-Binding (SCC-DFTB) Method“ Journ. Phys. Chem. B 105 (2001) 569.

# HyperSkript

## *Verteiltes Wissen gemeinsam nutzen*

Der Einsatz elektronischer Medien in der Präsenzlehre erfordert neben einer technischen Infrastruktur, die einen Zugriff von allen Lernorten aus ermöglicht, vor allem Hilfsmittel für die effektive Erstellung, langfristige Pflege und Weiterentwicklung multimedialer Dokumente sowie die Möglichkeit für die Lernenden, aktiv mit diesen Dokumenten zu arbeiten. Gerade in der Hochschulausbildung stellt die rasche Weiterentwicklung und Fortschreibung des Lehrmaterials und der aktive Umgang seitens der Studierenden mit diesem eine besondere Herausforderung dar. Im Rahmen des Projekts „HyperSkript – Entwicklung und Nutzung von verteilten Multimediaskripten“ wurde eine Umgebung entwickelt, die es einem verteilten Autorenteam ermöglicht, gemeinsam multimediale Lehrveranstaltungsunterlagen zu entwickeln und sie sofort mittels einer geeigneten Oberfläche durch die Lernenden nutzen zu lassen.

### Produktion und Nutzung multimedialer Materialien für die Lehre

Der traditionelle Einsatz multimedialer Materialien in der Lehre gründet auf dem Paradigma, dass ein Autor oder ein Autorenteam Studienmaterialien erstellt, die dann von Studierenden an verschiedenen Orten gleichzeitig und unabhängig bearbeitet werden können. Dabei werden mit dem Einsatz von Technik zwei Ziele verfolgt: Zum einen sollen die Unterlagen durch verschiedene Interaktionstechniken in Verbindung mit Animatio-

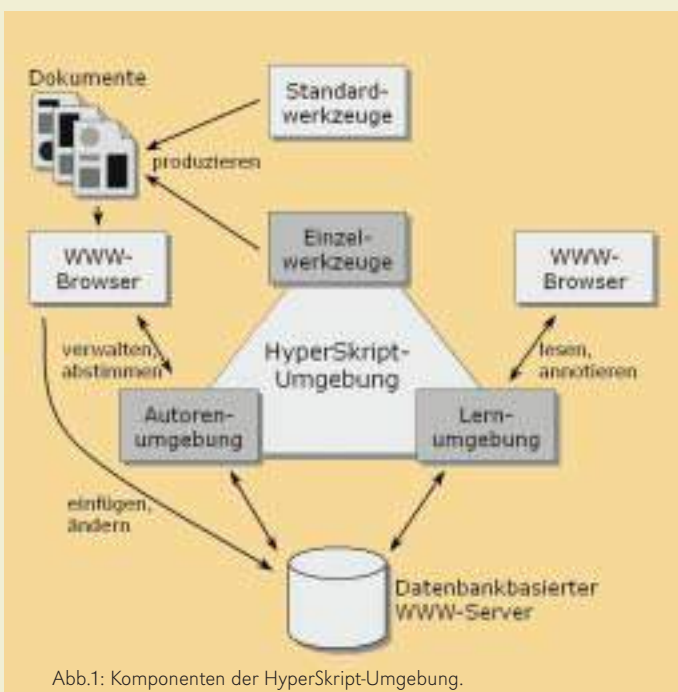


Abb.1: Komponenten der HyperSkript-Umgebung.



**Prof. Dr.-Ing. Reinhard Keil-Slawik** ist seit 1992 Hochschul-lehrer für das Fachgebiet Informatik und Gesellschaft im Heinz Nixdorf Institut an der Universität Paderborn.

nen und Simulationen didaktisch aufgewertet werden. Zum anderen soll durch netzbasierte Kommunikationswerkzeuge der Kontakt zwischen Lehrenden und Studierenden verbessert werden. Zur Erstellung der multimedialen Materialien kommen dabei meist Autorenwerkzeuge zum Einsatz, die eine strikte Trennung von Produktion und Rezeption implizieren. Die eventuell zusätzlich etablierten Kommunikationskanäle dienen lediglich der Übertragung von Dokumenten und der Verständigung unter den Beteiligten.

Der HyperSkript-Ansatz bricht diese Einbahnstraße von Produktion und Rezeption auf und stellt die verteilte Entwicklung, Pflege und Nutzung multimedialer Materialien in den Vordergrund. Statt eines Verbundes, der für andere produziert, wird ein Verbund von Produzenten aufgebaut, die zugleich auch Nutzer sind. Diese setzen die gemeinsam erstellten Materialien in ihren eigenen Veranstaltungen ein und entwickeln sie basierend auf den Einsatzerfahrungen weiter. Insbesondere in der Hochschulausbildung kommt es darauf an, schnell und flexibel beispielsweise neue Forschungsergebnisse in den Lehrstoff zu integrieren, wobei es sinnvoll ist, wenn sich Forschergruppen zusammenschließen und ihr verteiltes Wissen in das gemeinsame Lehrmaterial einfließen lassen. Insofern geht es nicht nur um die multimediale Aufwertung von Unterlagen, sondern darum, eine Arbeitsumgebung für mehrere Dozenten und deren Studierende bereitzustellen, die es gestattet, sowohl eigene als auch fremde Materialien integriert zu bearbeiten.

### Die HyperSkript-Umgebung

Damit die Arbeitsumgebung flexibel nutzbar ist, sollen die Autoren überwiegend die Programme nutzen können, mit denen sie bislang gearbeitet haben. Für die Produktion von Dokumenten werden daher weitestgehend Standardtechnologien verwen-



det. Um bereits früher produziertes Material integrieren zu können, ist das HyperSkript modular aufgebaut. Es werden einzelne möglichst universell nutzbare Bausteine entwickelt, die leicht kombinierbar sind. Die inhaltlich zusammengehörenden Dokumente für einzelne Sachgebiete werden als Module zusammengefasst und deren Verwaltung effektiv unterstützt. Hierzu bietet die Standard-WWW-Technologie jedoch noch keine ausreichende Funktionalität an. Daher wurden eine Autorenumgebung und eine Lernumgebung sowie eine Reihe von Einzelwerkzeugen entwickelt (siehe Abbildung 1), die einerseits die Produktion multimedialer Materialien (wie interaktive Animationen) und andererseits den Umgang mit den Materialien (wie die Erstellung von Annotationen) unterstützen.

**Kombinierbare Module anstelle abgeschlossener „Hochglanz-Produktionen“**

Ausgangspunkt zur Konzeption und Implementierung der HyperSkript-Umgebung waren mehrjährige Erfahrungen mit dem Einsatz neuer Medien in der Lehre. Zunächst wurde eine Infrastruktur aufgebaut, die das durchgängige Arbeiten mit elektronischen Materialien an verschiedenen Lernorten – zu Hause, in der Bibliothek, im Seminarraum oder im Hörsaal – ermöglicht (vgl.: Keil-Slawik 1998). Aber auch die Produktion der multimedialen Materialien, die mit verschiedenen Programmen erstellt und dann auf einem WWW-Server verwaltet werden, sollte in effektiver Weise unterstützt werden. Dazu bot es sich an, ein „Skript“ zu einer Vorlesung gemeinsam mit anderen Dozenten, auch räumlich verteilt mit anderen Hochschulen, zu erstellen, zu pflegen und an den verschiedenen Standorten in der Lehre einzusetzen. Dadurch wurde der Aufwand für die einzelnen Dozenten durch Arbeitsteilung verringert und der Nutzen bei den Studierenden durch ein aktuelles und von mehreren Dozenten durchgesehenes hochwertiges Skript vergrößert. Hierbei stehen die inhaltliche Aufbereitung sowie die Änderbarkeit im Vordergrund und nicht so sehr ein Produkt, das mit von professionellen Designer-Teams entworfenen „Hochglanz-Multimedia“-Anwendungen konkurrieren kann.

So wurden neben der Konzeption und Entwicklung einer HyperSkript-Arbeitsumgebung, Materialien für ein Themengebiet entsprechend aufbereitet und in verschiedenen Lehrveranstaltungen eingesetzt. Der Einsatz des HyperSkipts wurde evaluiert, wodurch sich weitere Anforderungen an die Architektur ergaben, die dann für den darauf folgenden Einsatz umgesetzt wurden.

Damit das Skript in verschiedenen Veranstaltungen eingesetzt werden kann, erstellen die Dozenten für ihre Kurse unterschiedliche Sichten durch eine für den Kurs geeignete Auswahl von Unterlagen (siehe Abbildung 2). Die zugrunde liegenden Dokumente bleiben dabei unverändert, werden jedoch gegebenenfalls erweitert. Das HyperSkript enthält alle für die Durchführung der Lehrveranstaltungen notwendigen Informationen. Diese werden verteilt erstellt, indem die Autoren neben abgestimmten Lehrinhalten auch ihre unterschiedlichen Kompetenzen und Forschungsschwerpunkte einbringen. Im HyperSkript werden somit je nach Erfordernis gemeinsame und individuelle Materialien verwaltet.

Das HyperSkript unterstützt unterschiedlich multimedial aufbereitetes Material. Das Angebot soll so konzipiert sein, dass es jederzeit leicht geändert oder erweitert und somit schnell an neue Forschungsergebnisse angepasst werden kann. Dies geht

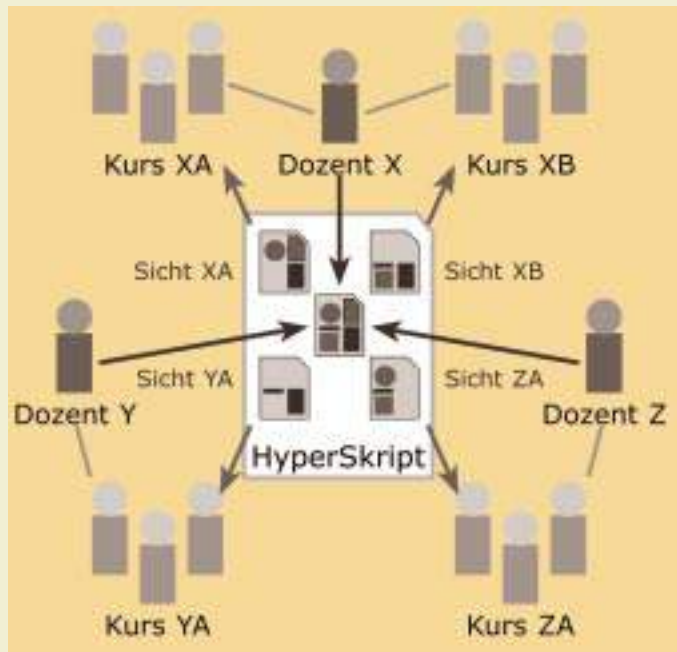


Abb. 2: Für einzelne Kurse werden unterschiedliche Sichten auf das HyperSkript definiert.

einher mit der Forderung, dass das Material nicht nur entsprechend der jeweiligen Bedürfnisse durch die Lehrenden, sondern auch durch die Lernenden individualisiert werden kann. Aus diesem Grund muss auch die Bearbeitbarkeit der Unterlagen durch die Studierenden sichergestellt sein, wobei das Originalmaterial in einem konsistenten Zustand bleibt. Die Lernumgebung ermöglicht somit neben den unterschiedlichen Sichten für einzelne Kurse auch individuelle Sichten der Lernenden sowie das Anbringen individueller Annotationen.

Die Materialien wurden modular aufgebaut, sodass einzelne Module mehrfache Verwendung finden können. Innerhalb der Module wird kein festes Format vorgegeben, sie können aus verschiedenen Dokumententypen zusammengesetzt sein. Dabei zeigte sich, dass es kaum möglich ist, komplexe Inhalte nur bausteinartig zusammenzusetzen, da viele Zusammenhänge erläutert werden müssen, die sich erst aus der Verknüpfung ergeben. Auch ihre Größe und Zusammenstellung ist sehr unterschiedlich. Es erwies sich zum Beispiel als vorteilhaft, einzelne Module als inhaltlich abgeschlossene Einheiten, also mit allen Materialien, die zur Vermittlung eines abgrenzbaren Themengebiets notwendig sind, (Folien aus der Vorlesung, Texte, Animationen, ...) zu entwerfen. Die Module sind dabei in der Regel kleiner als einzelne Vorlesungseinheiten, umfassen aber mitunter mehrere Dutzend Dokumente.

**„Kooperativ, Arbeitsteilig, Individuell“**

Die Auswahl des Stoffes und die Aufteilung auf die Module sowie die multimediale und didaktische Aufbereitung erfordern dabei eine Abstimmung zwischen allen Autoren und erfolgen somit kooperativ. Neben den gemeinsam aufbereiteten Modulen werden auch nicht weiter zu bearbeitende (Hintergrund-)Informationen wie Gesetzestexte oder wissenschaftliche Artikel in das gemeinsame Skript integriert. Bei deren Verwaltung ist keine Abstimmung erforderlich, vielmehr kommt es auf die Aktualität der Gesetze oder der Literatur an. Solche Aktualisierungen können arbeitsteilig (von einzelnen Autoren ohne Zustimmung

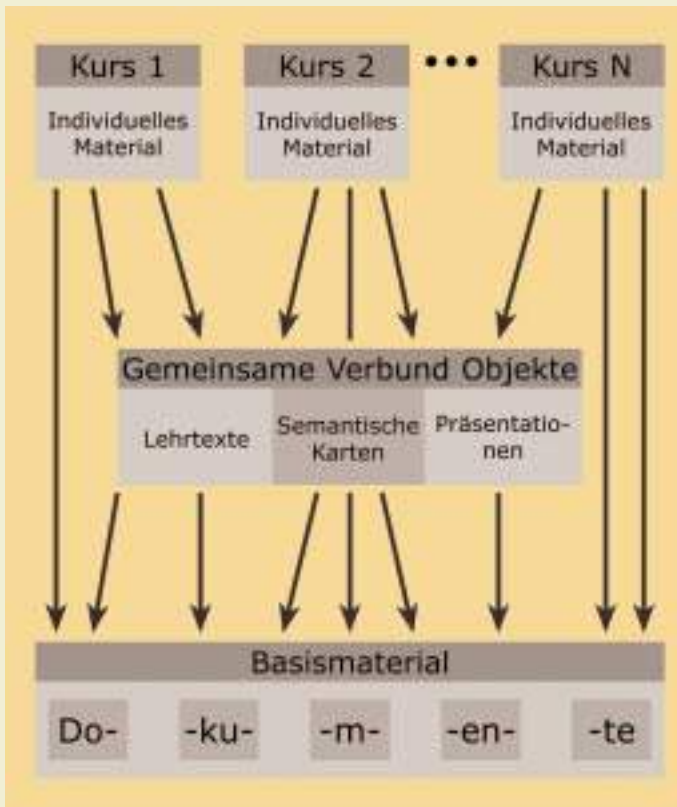


Abb. 3: Ein HyperSkript: Drei Schichten für drei verschiedene Kooperationsformen.

der anderen) vorgenommen werden und erfordern nur einen Benachrichtigungsmechanismus, der diese Änderungen mitteilt. Die Module können schließlich von den einzelnen Autoren zusammen mit weiteren Dokumenten zu verschiedenen Kursen zusammengestellt werden. Dieser Teil der HyperSkript-Nutzung ist individuell.

Die Autorenumgebung zur Erstellung von HyperSkripten muss somit unterschiedlichen Kooperationsaspekten genügen. Hierfür werden sämtliche Dokumente in einem Datenbereich verwaltet, der sich in drei Schichten aufteilt, welche die jeweils zur Verwaltung notwendigen Funktionen bereitstellen (siehe Abbildung 3):

- Die Kursschicht wird vom jeweiligen Dozenten entsprechend seiner persönlichen Anforderungen zusammengestellt und verwaltet, basiert aber im Wesentlichen auf dem gemeinsamen Datenbestand des HyperSkripts. Die Kursschicht enthält überwiegend Container, die Dokumente auch aus den beiden anderen Schichten sowie Verweise auf Dokumente innerhalb und außerhalb des HyperSkripts aufnehmen. Diese können um Dokumente, die kursspezifisch sind, erweitert werden.
- Die Verbundschicht wird von mehreren Dozenten gemeinsam produziert und verwaltet. Ein Hauptverantwortlicher kann festgelegt werden, potenziell sind jedoch alle Autoren an der Produktion beteiligt, sodass der Erstellung und Bearbeitung von Dokumenten dieser Schicht alle zustimmen müssen. Die Schicht besteht aus inhaltlich in sich abgeschlossenen Modulen. Jedes Modul besteht seinerseits aus Dokumenten und Containern, die auch Dokumente der Basisschicht enthalten können.
- Die Basisschicht wird von den Dozenten arbeitsteilig produziert und verwaltet. Sie ist in Bereiche untergliedert, denen jeweils ein Verantwortlicher zugeordnet ist. Benachrichtigungsmechanismen stellen sicher, dass alle Autoren bei Änderungen

oder Aktualisierungen informiert werden. Jeder Bereich enthält Elemente, die durchaus umfangreich sein können. Dies kann beispielsweise ein größeres Dokument – wie ein Gesetzestext – oder ein Lernprogramm sein. Jedes Element ist in sich abgeschlossen und kann bestenfalls Querverweise zu anderen Elementen oder Dokumenten außerhalb des HyperSkripts enthalten. Die didaktische Aufbereitung und Verknüpfung des Materials geschehen auf den beiden anderen Schichten.

### Die kooperative Autorenumgebung

Die gemeinsamen Verbundobjekte bilden zusammen mit dem Basismaterial den gemeinsamen Datenbestand. Vor allem die kooperative bzw. arbeitsteilige Erstellung sowie die Pflege und Aktualisierung dieser Dokumente wird durch die Autorenumgebung effektiv unterstützt. Die HyperSkript-Autorenumgebung implementiert dabei – im Gegensatz zu herkömmlichen Workflow-Management-Systemen – nicht formal geregelte Abläufe, sondern legt Wert auf die Nachvollziehbarkeit und Durchschaubarkeit der Erstellung der Dokumente. So kann eine Abstimmung beispielsweise auch fernmündlich erfolgen, lediglich Stand und Ausgang der Abstimmung müssen im System dokumentiert werden. Dazu ist es ausreichend, wenn dieses ein Autor vornimmt und die Zustimmung der anderen Autoren einträgt, wobei das System die Zustimmung im Namen eines Anderen nachvollziehbar vermerkt. Damit verfolgen wir einen „optimistischen“ Ansatz, der ein hohes Maß gegenseitigen Vertrauens voraussetzt. Dieser ist für kleine sich beispielsweise durch gemeinsame Forschungsgebiete selbst findende und einander persönlich bekannte Autorenteam sicher sinnvoll.

Die Autorenumgebung wurde auf Basis eines speziellen WWW-Servers (Hyperwave Information Server) implementiert, der bereits Funktionen für die Dokumentenverwaltung enthielt, jedoch um Möglichkeiten für die kooperative Arbeit erweitert werden musste. Die Autorenumgebung weist folgende Merkmale auf (vgl.: Brennecke, Selke 2000):

- **Verfügbarkeit des HyperSkripts:** Durch die Verwendung von WWW-Standardtechnologie muss auf Client-Seite außer einem WWW-Browser keine weitere Software installiert werden. Der lesbare, konsistente, abgestimmte Teil des HyperSkripts ist allen als Leser eingetragenen Benutzern zugänglich.
- **Dokumentenverwaltung:** Das Dokumentenverwaltungssystem bietet Hypertextfunktionalität und kann beliebige Dateitypen speichern. Die Funktionen zur Dokumentenverwaltung stehen allen als Autoren eines HyperSkripts eingetragenen Benutzern zur Verfügung.
- **Benutzer- und Rechteverwaltung:** Die Gruppe der Autoren kann jederzeit leicht von jedem Autor ergänzt oder modifiziert werden. Die Rollen einzelner Beteiligter können ebenfalls leicht geändert werden. Die Zuweisung von Zugriffsrechten für die Dokumente erfolgt in einfacher Weise wahlweise für ganze Teilbereiche oder auch für einzelne Dokumente.
- **Abstimmungsunterstützung:** Die für die Veröffentlichung der Unterlagen durchzuführenden Benachrichtigungs- und Abstimmungsmechanismen sind auf die Koordination und Kooperation im Kontext der Produktion von Materialien im Hochschulbereich optimiert und unterstützen daher in erster Linie nicht-formale Vorgehensweisen. Für anderweitige

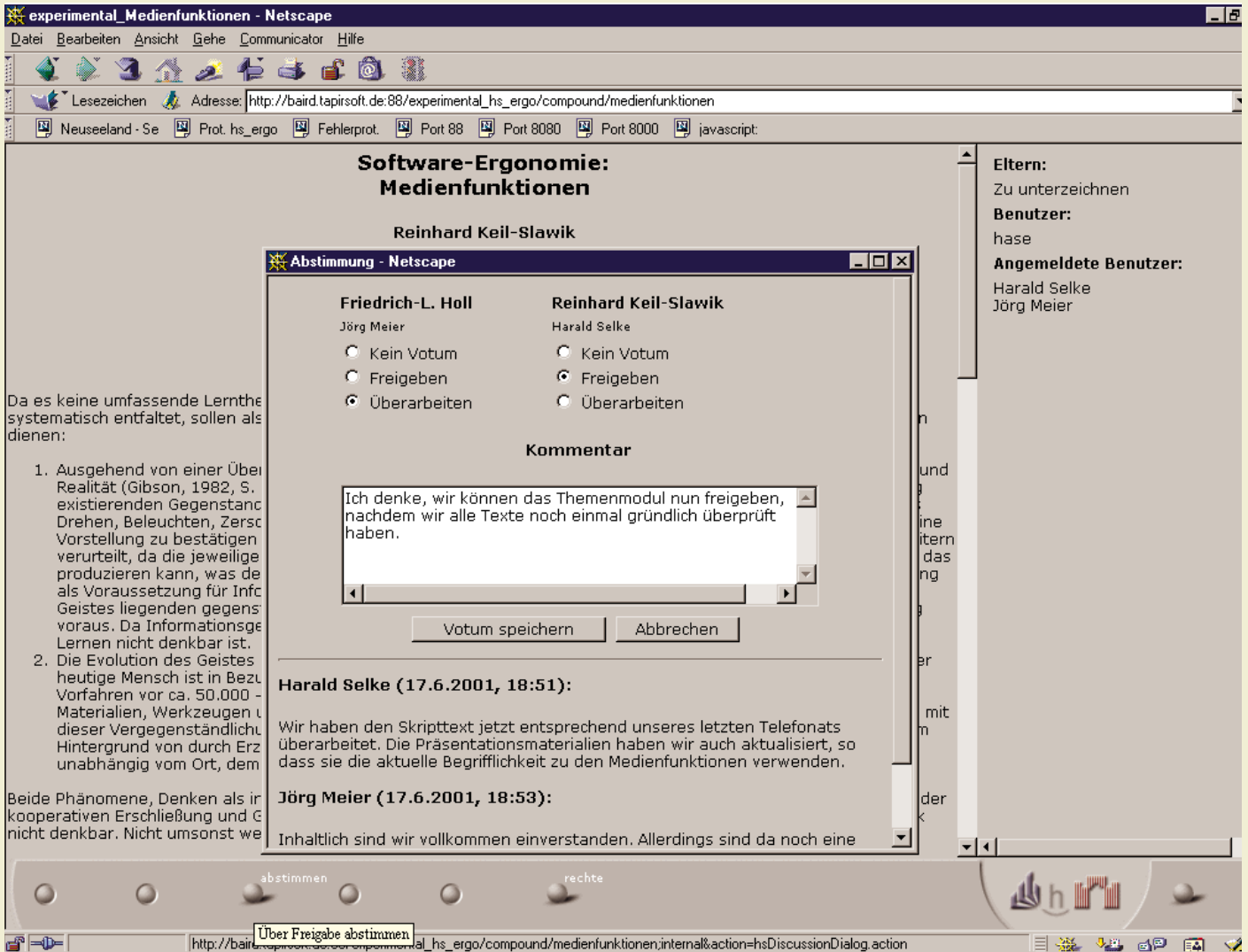


Abb. 4: Die Präsentation der HyperSkript-Schichten in der Autorenumgebung.

Einsatzgebiete lassen sich Anpassungen vornehmen, die stärker formalisierte Prozesse vorschreiben.

- **Awareness (Nutzer- und Zustandsinformationen):** Durch die Bereitstellung von Informationen über den Zustand der Dokumente des HyperSkripts sowie von Informationen über Kommunikationsmöglichkeiten und Verfügbarkeit der beteiligten Autoren wird die Kooperation effizient unterstützt.

Zur Anwendung der Funktionalität stellt der WWW-Server eine Oberfläche für die Autoren bereit, die in Aufbau und Aussehen der Lernumgebung entspricht (siehe Abbildung 4). Beide – sowohl die Autoren- als auch die Lernumgebung – greifen auf den gleichen Dokumentenbestand zu, weisen jedoch sowohl eine unterschiedliche Funktionalität als auch eine andere Sicht auf das HyperSkript auf – beispielsweise sind die einzelnen Schichten nur für die Autoren relevant, die Lernenden sehen nur einen von ihrem Dozenten bereitgestellten abgeschlossenen Kurs.

Der Bildschirm gliedert sich in vier Teile (siehe Abbildung 4): Der größte Teil dient der Darstellung der Inhalte des HyperSkripts; dort werden die einzelnen Teilbereiche sowie die Dokumente angezeigt. An der rechten Seite befindet sich eine Navigationsleiste mit Awareness-Informationen. Dort ist zuerst die Eltern-Kollektion zu sehen, welche das dargestellte Dokument enthält. Darunter wird der eigene Benutzername angezeigt sowie eine Liste der derzeit am Server aktiven Benutzer. Am unteren

Rand des Fensters befindet sich die Werkzeugleiste, die im größeren linken Teil die Funktionen bereitstellt, die zur Bearbeitung des HyperSkripts dienen. Im rechten Teil – unterhalb der Navigationsleiste – befindet sich für nicht-angemeldete Benutzer ein Button zum Anmelden bzw. für angemeldete Benutzer ein Button, mit dem Benutzereinstellungen vorgenommen werden können. Das Design orientiert sich an dem ursprünglich nur für die Lernumgebung vorgesehenen Entwurf, ist aber an die besonderen Erfordernisse der Erstellung und Pflege des HyperSkripts angepasst.

### Zusammenfassung

HyperSkript ist ein praktischer Ansatz, der die verteilte kooperative Erstellung multimedialer Lehrmaterialien sowie deren Einsatz in universitären Lehrveranstaltungen ermöglicht. Dabei wird vor allem die Erstellung und langfristige Pflege von Dokumenten sowie der aktive Umgang der Lernenden mit elektronischem Material unterstützt.

Neben der Entwicklung einer Autoren- und Lernumgebung sowie von Zusatzwerkzeugen zur Erstellung multimedialen Materials wurde prototypisch ein verteilt erstelltes und verteilt nutzbares Skript zusammen mit dem Dozenten einer Fachhochschule (Prof. Friedrich-L. Holl, FH Brandenburg) entwickelt, eingesetzt und getestet. Dieses ist für die Ausbildung in den Bereichen „Software-Ergonomie“ und „Gestaltung von Multimediasysteme“

men“ konzipiert. Die damit im Wintersemester 1998/99 in Paderborn durchgeführte Veranstaltung „Software-Ergonomie“ wurde von den Studierenden als beste Veranstaltung des Fachbereichs bewertet. Dieses hängt sicher auch von weiteren Faktoren ab, deren exakte Ermittlung mit einem aufwändigen Evaluationsverfahren aber nicht Ziel der oben beschriebenen Arbeiten war. Vielmehr wird versucht, für Probleme technischer Natur (Verfügbarkeit von Unterlagen für die Studierenden, Aufwand bei der Erstellung multimedialer Dokumente, ...), Lösungen zu finden, diese im Alltag einzusetzen und zu untersuchen, welchen Aufwand sie von den Beteiligten erfordern. Durch die Möglichkeit für die Produktion auch vorher genutzte Standard-Software einzusetzen und für die Verwaltung der Materialien möglichst wenig formale Vorgaben zu machen, scheint der hier beschriebene HyperSkript-Ansatz geeignet zu sein, elektronische Skripte ohne zusätzliche Ressourcen im universitären Alltag zu produzieren, zu pflegen und einzusetzen.

### Literatur

Brennecke, A., Selke, H.: „Individuell, Arbeitsteilig und Kooperativ – Ein integrierter Ansatz zur Erstellung, Pflege und Nutzung multimedialer Lehrmaterialien.“ In: Uellner, S., Wulf, V. (Hrsg.): Vernetztes Lernen mit digitalen Medien. Heidelberg: Physica-Verlag 2000, S. 129-143.

Keil-Slawik, R.: „Der elektronische Hörsaal – Aufbau lernförderlicher Infrastrukturen.“ ForschungsForum Paderborn (1), 68–71 (1998).

Das Projekt HyperSkript – Entwicklung und Nutzung von verteilten Multimediaskripten – wurde als Modellvorhaben durch die Bund-Länder-Kommission und die Länder Nordrhein-Westfalen und Brandenburg gefördert.



**Dipl.-Inform. Andreas Brennecke** hat als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt „HyperSkript“ gearbeitet.



**Dipl.-Math. Harald Selke** hat als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt „HyperSkript“ gearbeitet.

# Forschungsprojekt „Umweltfreundliche Möbel“

## *Impulse für den produktintegrierten Umweltschutz in der Möbelbranche*

Produktintegrierter Umweltschutz ist besser als nachsorgender Umweltschutz. Diese Erkenntnis ist nicht ganz neu. Doch welche Wege und Möglichkeiten gibt es, ihn umzusetzen? Antworten auf diese Frage liefert das Forschungsprojekt „Umweltfreundliche Möbel – Entwicklung, Herstellung, Vertrieb“. Das Projekt unter der Leitung von Prof. Manfred Sietz (Fachbereich 8/Technischer Umweltschutz) lief von September 1997 bis Februar 2001 und gehörte zum Förderprogramm „Vermeidung von Umweltbelastungen aus der industriellen Produktion durch vorbeugende integrierte Maßnahmen“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung.

In enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern und Polstermöbelherstellern GEPADE und COR wurden dabei die Polstermöbel „combio+“ und „Barca“ entwickelt und der Nachweis erbracht, dass es möglich ist, erhebliche Verbesserungen im Umweltbereich zu erzielen. Mit dem Einrichtungshaus Hansel wurden anschließend Möglichkeiten der Vermarktung der Möbel und die Umsetzung neuer Dienstleistungen erprobt. Die erzielten Ergebnisse und Erkenntnisse sollen nun als Grundlage dienen, Veränderungen in der Möbelbranche im Sinne der Forderung einer nachhaltigen Wirtschaftsweise auszulösen.

### Entwicklung umweltfreundlicher Polstermöbel

In der Möbelbranche sind erhebliche Potenziale zur Erweiterung des Umweltschutzes in Form des produkt- und produktionsintegrierten Umweltschutzes vorhanden, wobei die erarbeiteten Konzepte auch unter wirtschaftlichen und technischen Gesichtspunkten realisierbar sind. Dies brachte das Forschungsprojekt deutlich zu Tage. Die wesentlichen Weichen für ein umweltfreundliches Produkt müssen jedoch bereits bei der Entwicklung gestellt werden. Ein zu entwickelndes Möbel sollte die Eigenschaften haben, langlebig, kreislaufgerecht, schadstofffrei und



Abb.1: Ebenenmodell zur Ermittlung von Anwendungsregeln.



**Prof. Dr. Manfred Sietz**,  
Dipl.-Chemiker, Leiter des  
Forschungsprojektes „Umwelt-  
freundliche Möbel – Entwick-  
lung, Herstellung, Vertrieb“,  
Fachbereich 8/Technischer  
Umweltschutz.

dematerialisierbar zu sein. Aus den Zielvorgaben lassen sich dann konkrete Umsetzungsmaßnahmen ableiten.

Bisher wurde die Materialvielfalt sowohl von Herstellern, Händlern und damit auch von den Konsumenten als ein Zeichen für besondere Qualität wahrgenommen. Der Einsatz unterschiedlicher und zahlreicher Materialien wird als Qualitäts- und Verkaufsargument beworben. Die Ergebnisse des Projektes zeigen jedoch, dass gerade hier ein erhebliches Verbesserungspotenzial enthalten ist, das zum einen zu einer Ressourcenschonung beiträgt und zum anderen erheblichen Einfluss auf die Bereiche der Demontierbarkeit und Separierbarkeit ausübt.

Die Kriterien Demontierbarkeit und Separierbarkeit der eingesetzten Materialien weisen als Bestandteil des entwickelten Anforderungskatalogs die größten Potenziale auf, die Umweltfreundlichkeit von Polstermöbeln zu erhöhen. Neben ihrer guten Umsetzbarkeit ziehen diese Produkteigenschaften folgende positive Aspekte nach sich:

- Durch die Zerlegbarkeit wird für die Konsumenten ein Zusatznutzen (z.B. Erleichterung des Transportes bei Umzügen) geschaffen, der sich verkaufswirksam einsetzen lässt.
- Der Export der Produkte wird erleichtert, da durch die Zerlegbarkeit der Möbel z.B. Zölle gespart werden können und sich die Transportkosten verringern.
- Durch die Umsetzung der Produkthanforderungen Demontierbarkeit und Separierbarkeit der eingesetzten Materialien wird die Grundvoraussetzung für ein Remanufacturing geschaffen, welches eine hochwertige stoffliche Verwertung im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes darstellt.
- Die Produkthanforderungen Demontierbarkeit und Separierbarkeit sind im Falle einer von allen Akteuren erwarteten gesetzlichen Rücknahmeverpflichtung von Möbeln entscheidende Grundlagen, ein Remanufacturing wirtschaftlich betreiben zu können.

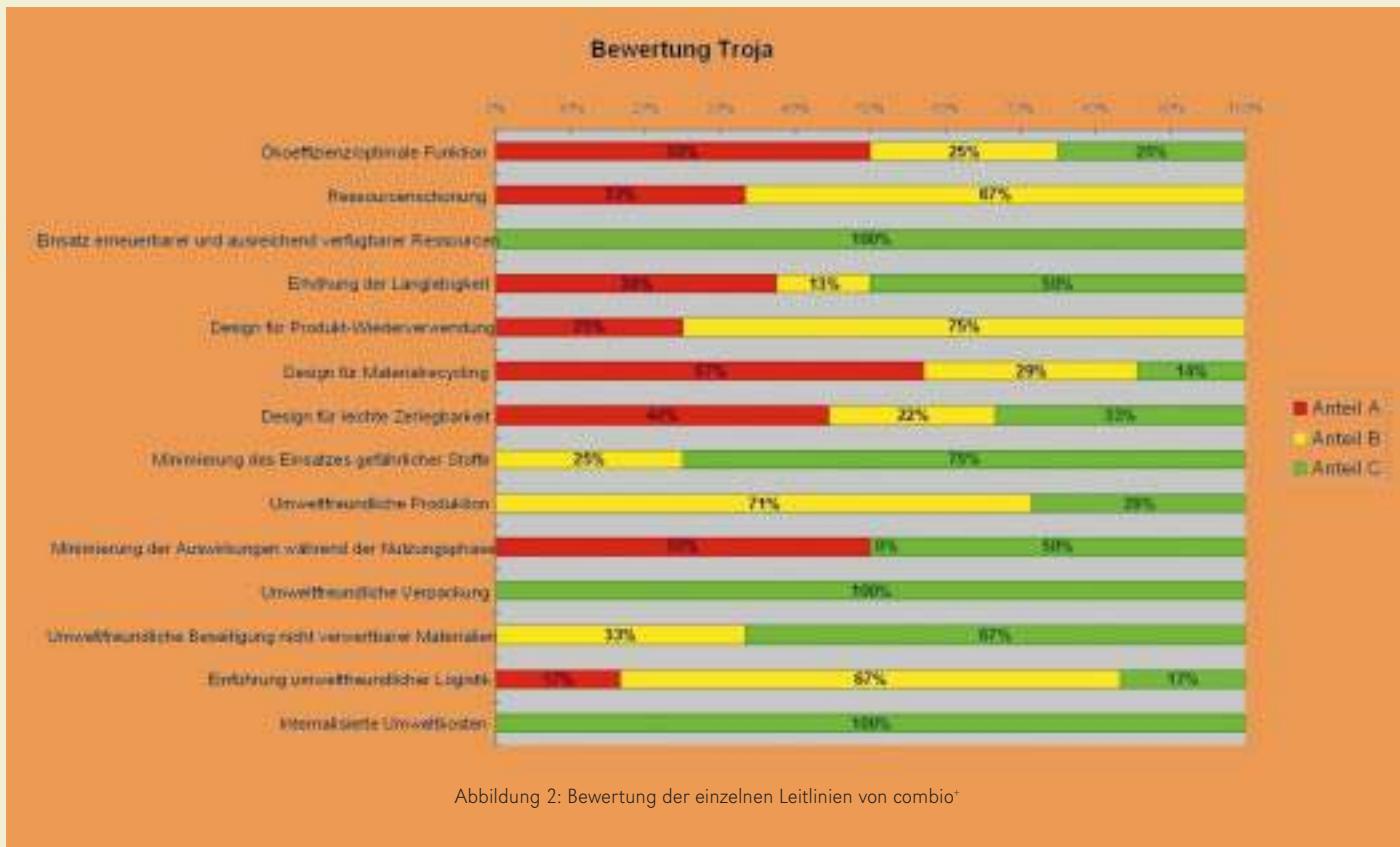


Abbildung 2: Bewertung der einzelnen Leitlinien von combio<sup>+</sup>

Wie lassen sich umweltfreundliche Polstermöbel aber konkret bewerten? Was ist an einem Möbel umweltfreundlich, wo gibt es Verbesserungspotenziale, und wie ist ein Möbelstück im Vergleich zu einem anderen unter Umweltgesichtspunkten zu bewerten? Zur Beantwortung dieser Fragen wurde im Rahmen des Projekts das Umweltorientierte Produktbewertungssystem (UPB) entwickelt.

### Vergleichende Produktbewertung anhand der Polstermöbel combio<sup>+</sup> und Troja mit dem UPB

Für die ökologische Bewertung von Produkten ist ein in der Praxis leicht handhabbares Bewertungssystem gefordert. Bestehende Systeme (wie z.B. Ökobilanzen oder das MIPS-Konzept) liefern zwar oft detailliertes und umfangreiches Zahlenmaterial, sind aber in der Praxis schwer umzusetzen und zeitaufwändig. Das entwickelte Bewertungssystem UPB ist das Ergebnis der Kombination bestehender Produktbewertungssysteme und macht sich deren Vorteile zu Nutze. Im Ergebnis steht ein praxisorientiertes Schema, welches qualitative Bewertungen liefert und einen wesentlichen Bestandteil zur Erstellung eines Produktpasses darstellt, der die Umwelteigenschaften der Produkte kommuniziert.

Im Forschungsprojekt wurden mehrere bereits existierende Produktbewertungssysteme untersucht und Stärken und Schwächen analysiert. Dabei erwies sich das Life-Cycle-Design System als eine gute Ausgangsbasis für ein Produktbewertungssystem in der Möbelbranche. Ergänzt um die Vorteile der anderen Bewertungssysteme wurde daraus das UPB entwickelt. Die Basis des Systems bilden 14 Checklisten, in denen die Umwelteigenschaften eines Produktes nach den Kategorien A, B, und C beurteilt wurden.

- A) dringender Handlungsbedarf,
- B) akzeptierbare Situation,
- C) ideale Situation.

Zur Bewertung des combio<sup>+</sup> wurden in den 14 Checklisten insgesamt 63 Kriterien überprüft. Nach Auswertung ließen sich sechs Kriterien in die Kategorie A, 23 in die Kategorie B und 34 in die Kategorie C einordnen, was einem Anteil von 10 Prozent, 37 Prozent und 54 Prozent entspricht.

Wie aus der Abbildung 2 ersichtlich wird, wurden die Leitlinien „Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen“, „Erhöhung der Langlebigkeit“, „Design für leichte Zerlegbarkeit“, „Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe“, „umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien“ und „umweltfreundliche Verpackung“ sehr gut umgesetzt. Dies entspricht im Wesentlichen den Schwerpunkten, auf die bei der Entwicklung dieses Produkts Wert gelegt wurde. Das dargestellte Produktbewertungssystem lässt sich nicht nur auf die Möbelbranche anwenden, sondern auch auf andere Produkte übertragen und kann eine wichtige Hilfe bei der umweltfreundlichen Produktentwicklung sein.

### Vergleich der Polstermöbel combio<sup>+</sup> und Troja

Das combio<sup>+</sup> ist ein im Rahmen des Projektes entwickeltes Mustermöbel, welches Umweltaspekte möglichst umfassend berücksichtigt. Das Troja (Hersteller ebenfalls Gepade) hingegen ist ein konventionell entwickeltes Polstermöbel. Die Unterschiede beider Möbel sollen nun mittels des UPB dargestellt werden. Wie schneidet das combio<sup>+</sup> nun im Vergleich zum Troja ab, welches ebenfalls einer Bewertung mit dem UPB unterzogen wurde? Die Gesamtbewertungen beider Möbel wurden gegenübergestellt.

Der Vergleich zeigt, dass das combio<sup>+</sup> unter ökologischen Aspekten wesentlich besser zu beurteilen ist. Lediglich bei 10 Prozent der Kriterien besteht dringender Handlungsbedarf, während dies beim Troja in 27 Prozent der Fälle erforderlich ist.

Damit wird im direkten Vergleich zum combio<sup>+</sup> deutlich, dass

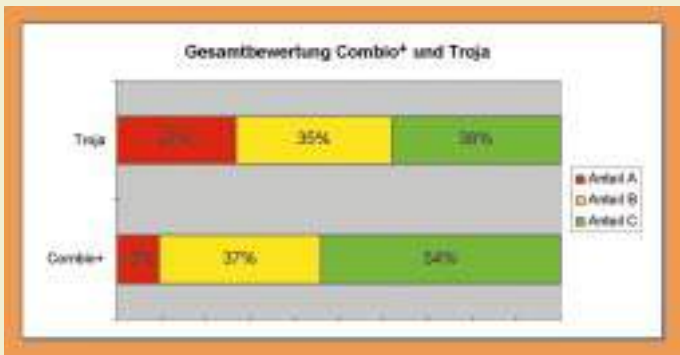


Abb. 3: Vergleich der A-, B- und C-Werte für combo+ und Troja

bei Troja die C-Werte wesentlich weniger und die A-Werte deutlich mehr sind, also insgesamt mehr Schwachstellen und weniger unbedenkliche Kriterien vorhanden sind. Diese Aussage stützt auch die Gesamttaggregation, bei der für Troja der Wert A und für combo+ der Wert B erreicht wurde.

In der Abbildung 4 wird ein Vergleich der Kriterien, die eine ideale Situation verkörpern, dargestellt. Hierbei wird auf den ersten Blick deutlich, dass bei combo+ mehr dieser Kriterien erreicht wurden; es sind 34 im Vergleich zu 24 bei Troja. Dies betrifft die Leitlinien Ressourcenschonung, Erhöhung der Langlebigkeit, Design für Produkt-Wiederverwendung, für Materialrecycling und für leichte Zerlegbarkeit. Jedoch wird auch deutlich, dass bei einigen Leitlinien gleiche Werte erreicht wurden, was darauf zurückzuführen ist, dass schon durch das im Betrieb der Firma Gepade eingesetzte Umweltmanagementsystem bestimmte Bereiche erfasst wurden und für alle Produkte ähnlich

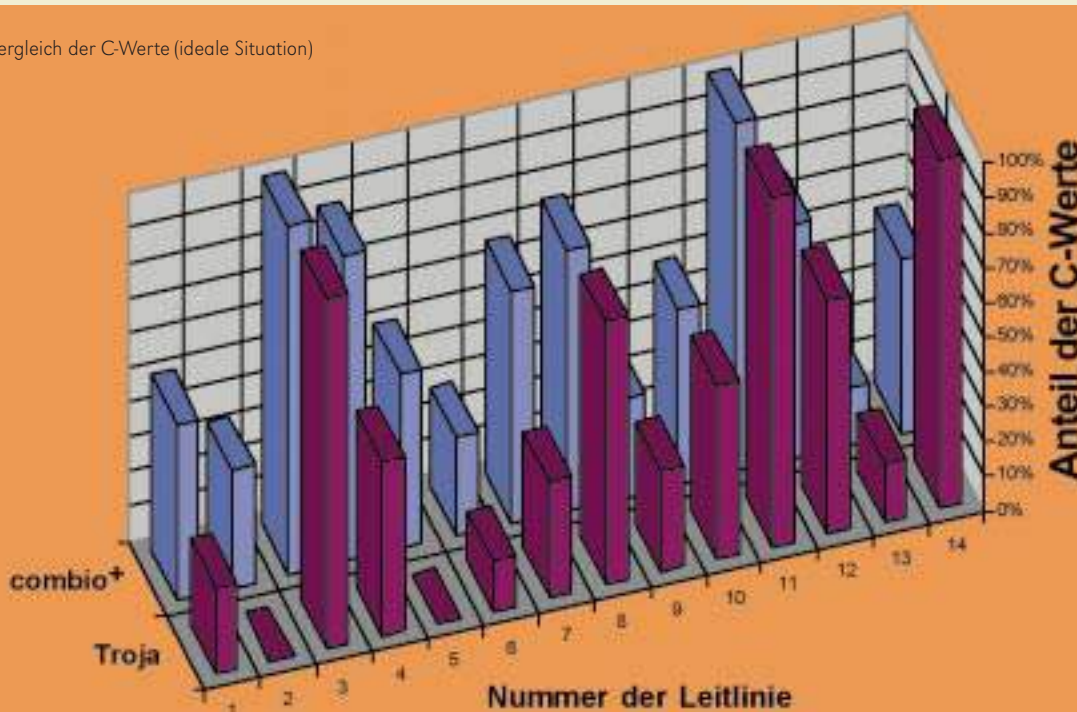
wirksam sind. Dies betrifft den Einsatz erneuerbarer Ressourcen, die Auswirkungen während der Nutzungsphase und die umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien. Im Bereich internalisierte Umweltkosten übertrifft allerdings das Modell Troja das Modell combo+. Für den Verbraucher drückt sich dies in einem geringeren Preis aus, nämlich 2 374 Mark (Troja) statt 3 135 Mark (combo+).

Zusammenfassend lässt sich im Vergleich Troja gegenüber dem combo+ feststellen, dass beim combo+ schon eine deutliche Verbesserung erreicht wurde. Dies schlägt sich auch in der Gesamttaggregation der Ergebnisse nieder, leider bisher auch im Verkaufspreis. Durch die genaue Darstellung lassen sich Produkte sehr gut auf ihre Umweltleistungen untersuchen und Verbesserungspotenziale identifizieren.

### Ökologische Produktinformationen in der Möbelbranche

In der Möbelbranche gibt es eine Vielzahl von Gütesiegeln, aber die Vergleichbarkeit ist für den Verbraucher oft sehr schwer nachvollziehbar. Im Rahmen des Projektes wurde daher ein Produktpass entwickelt, der alle relevanten Umweltinformationen bündelt und die Transparenz für den Verbraucher erhöht. Zur Bewertung der Umweltverträglichkeit wurde das UPB verwendet. Die auf dem Produktpass kommunizierten Informationen berücksichtigen alle von den befragten Zielgruppen geforderten Inhalte und sind in kompakter und übersichtlicher Form angeordnet, sodass sowohl dem Verkäufer die notwendigen Verkaufsargumente als auch dem Verbraucher die entscheidenden Kauf-

Abb. 4: Vergleich der C-Werte (ideale Situation)



- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Ökoeffizienz/optimale Funktion</li> <li>2. Ressourcenschonung</li> <li>3. Einsatz erneuerbarer und ausreichend verfügbarer Ressourcen</li> <li>4. Erhöhung der Langlebigkeit</li> <li>5. Design für Produkt-Wiederverwendung</li> <li>6. Design für Materialrecycling</li> <li>7. Design für leichte Zerlegbarkeit</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>8. Minimierung des Einsatzes gefährlicher Stoffe</li> <li>9. Umweltfreundliche Produktion</li> <li>10. Minimierung der Auswirkungen während der Nutzungsphase</li> <li>11. Umweltfreundliche Verpackung</li> <li>12. Umweltfreundliche Beseitigung nicht verwertbarer Materialien</li> <li>13. Einführung umweltfreundlicher Logistik</li> <li>14. Internalisierte Umweltkosten</li> </ul> |
|---|---|

kriterien unter besonderer Berücksichtigung umweltrelevanter Aspekte vermittelt werden können.

Die wichtigsten Kriterien in Bezug auf Qualität, Gesundheitsschutz und Umwelt von Polstermöbeln werden durch die entwickelte Plattform erfasst, bewertet und für Verkäufer und Verbraucher anschaulich und leicht verständlich dargestellt. Zusätzlich besteht die Möglichkeit durch die Angabe von Marken- und Herstellername, diese verstärkt am Markt einzuführen bzw. zu etablieren.

Der in Abbildung 5 dargestellte Produktpass gliedert sich in acht Teile:

**1) Modell**

Hier wird die genaue Modellbezeichnung des Polstermöbels eingetragen. Diese kann durch eine Modellnummer ergänzt werden. Diese Angabe fördert die Einführung von neuen bzw. die Etablierung von bestehenden Marken, wie es in der Befragung der unterschiedlichen Zielgruppen gefordert wird.

**2) Verwendete Materialien**

In diese Spalte werden alle umweltrelevanten Materialien eingetragen, die bei der Herstellung des Polstermöbels verwendet wurden.

**3) Garantieleistungen/Pflegehinweise**

Die angegebenen Garantieleistungen können sich sowohl auf das gesamte Polstermöbel als auch auf einzelne Komponenten (z.B. Bezugstoffe) beziehen. Falls die Pflegehinweise in ausführlicher Form dargestellt werden sollen, können diese in Form eines Pflegepasses beigelegt werden.

**4) Sicherheits- und Qualitätskriterien**

Die vorhandenen Prüf- und Gütesiegel, deren Schwerpunkt auf Sicherheit und Qualität liegt, werden unter Punkt 4 abgebildet. Da die Qualität zusammen mit dem Preis beim Kaufverhalten die wichtigste Rolle spielt, ist die Angabe der Qualitätskriterien auf dem Produktpass obligatorisch.

**5) Umwelt- und gesundheitsbezogene Kriterien**

Umweltbezogene Gütesiegel sollen in dieser Spalte abgebildet werden, um die Umweltrelevanz in die Verkaufsgespräche und somit in die Kaufentscheidung einfließen zu lassen.

**6) Darstellung der umweltbezogenen Produktbewertung nach UPB**

Die grafische Darstellung der Ergebnisse aus der Produktbewertung nach UPB werden in Form eines Ampelschemas dargestellt. Dabei werden die umweltbelastenden Anteile in rot, die umweltneutralen Anteile in gelb und die umweltfreundlichen Anteile in grün gekennzeichnet. So hat der Kunde die Möglichkeit, verschiedene Produkte miteinander zu vergleichen. Da die Bewertungen im Einzelnen dargestellt sind, schaffen diese eine

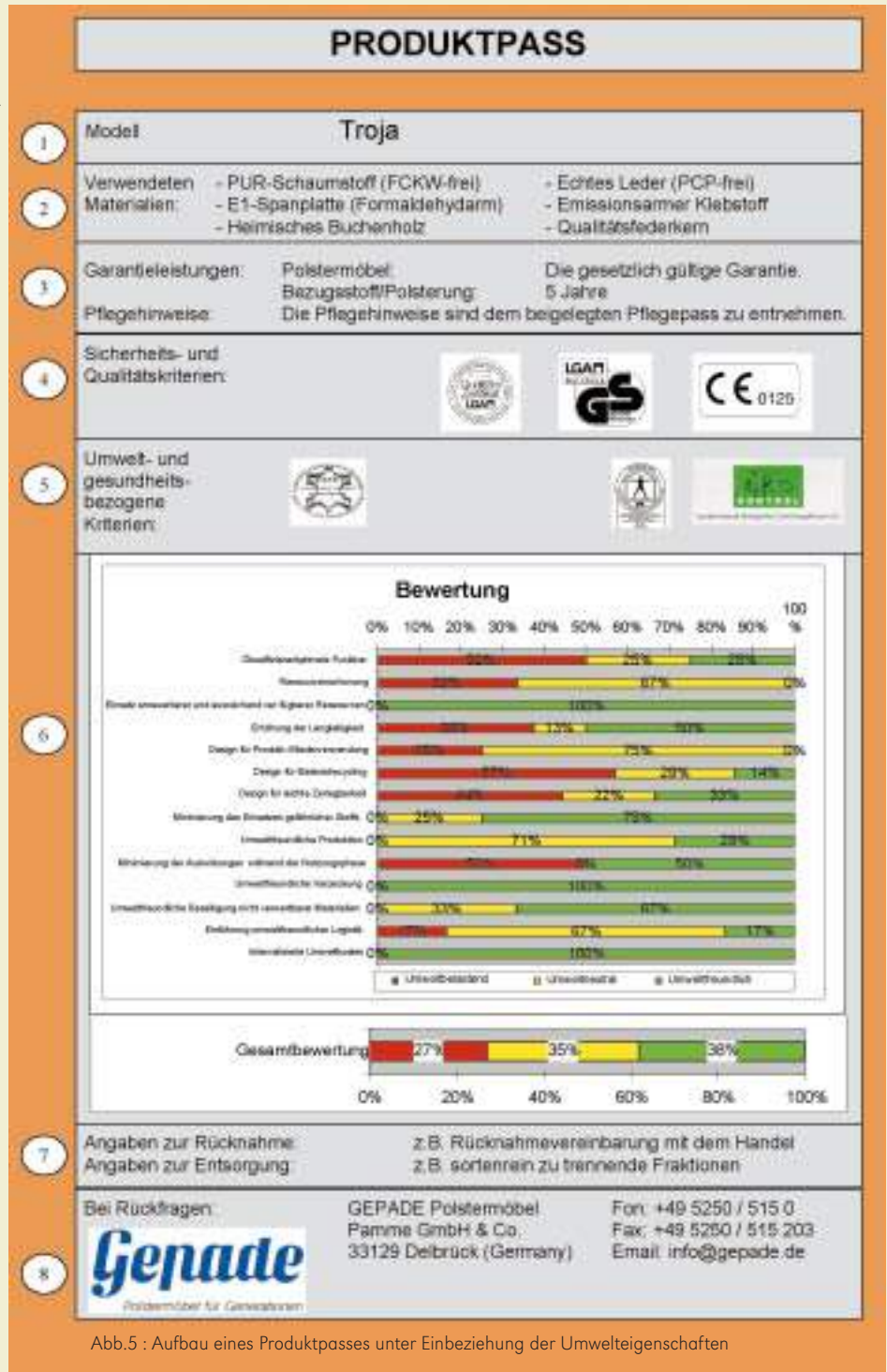


Abb.5 : Aufbau eines Produktpasses unter Einbeziehung der Umwelteigenschaften

große Transparenz hinsichtlich der unterschiedlichen umweltrelevanten Kriterien.

**7) Angaben zur Rücknahme/Entsorgung**

Da sich schon ein großer Teil der Händler mit der Entwicklung von Rücknahmekonzepten befasst, besteht an dieser Stelle die Möglichkeit, auf die Rücknahme von gebrauchten Polstermöbeln (z.B. beim Neukauf eines Produktes) Angaben zu machen. Zur Entsorgung können z.B. Angaben bezüglich der sortenreinen Trennung der verschiedenen Materialien gemacht werden.

**8) Angaben bezüglich des Herstellers**

Hier besteht die Möglichkeit, den Herstellername mit einer Kontaktadresse einzufügen. Dadurch steigt der Bekanntheitsgrad des jeweiligen Herstellers (Markenname) und es besteht für den Endkunden die Option, sich bei speziellen Fragen zum Polstermöbel direkt an den Hersteller zu wenden. So entsteht beim



Verbraucher sowohl mehr Sicherheit bei der Kaufentscheidung als auch Vertrauen gegenüber dem Hersteller.

Die Sensibilisierung des Verbrauchers bezüglich der Umweltfreundlichkeit von Polstermöbeln wird durch die erhöhte Transparenz weiter gesteigert. Somit gewinnen die Umweltkriterien an Bedeutung und stellen in Zukunft ein „echtes“ Kaufkriterium dar. Die Anwendung der entwickelten Plattform ist jedem Polstermöbelhersteller ohne erheblichen Aufwand möglich.

Mit dem Produktpass wurde ein Informationsinstrument geschaffen, welches für die Verkäufer und die Kunden die Transparenz umweltfreundlicher Möbel wesentlich erhöht.

### Wirtschaftliche Rahmenbedingungen

Insgesamt erwies sich der Informationsfluss und die Kommunikation in der Möbelbranche als stark verbesserungsfähig. Die Möbelbranche hat die sehr spezifische Struktur von Herstellern, Einkaufsverbänden und Handel. Die Einkaufsverbände haben die Aufgabe, günstige Konditionen für den Handel zu erzielen und spielen in der Branche eine wichtige Rolle als Gate-keeper. Viele Möbelhersteller vertreiben ihre Produkte fast ausschließlich über die sehr großen und einflussreichen Einkaufsverbände, die einen starken Einfluss darauf haben, welche Produkte an den Markt gelangen.

Im Rahmen des Projektes wurden sowohl Hersteller, Einkaufsverbände, Handel, als auch die Konsumenten befragt. Dabei stellte sich heraus, dass die Perspektiven umweltfreundlicher Möbel allgemein als gut eingestuft werden. Wichtigstes Kaufkriterium ist für die Kunden jedoch die Qualität, das Design und der Preis. Aufgeschlossen zeigten sich die Konsumenten insbesondere gegenüber dem Zusatznutzen (z.B. waschbare Bezüge, Demontierbarkeit), den die entwickelten Polstermöbel mit sich bringen. Dies gilt es bei der Vermarktung aufzugreifen. Sinnvoll ist es, den Zusatznutzen beim Marketing herauszustellen. Umweltfreundlich produzierte Möbel sollten daher mit den Eigenschaften der Qualität, der Werthaltigkeit und der Wohngesundheit beworben werden.

Obwohl Umweltfreundlichkeit nicht das entscheidende Kaufkriterium ist, wird es von den Kunden als wichtig oder sehr wichtig empfunden. Dies äußerten rund 60 Prozent der Befragten. Die Konsumenten zeigten sich für umweltfreundliche Möbel insgesamt sehr interessiert und signalisierten zudem die Bereitschaft,

für solche Produkte auch mehr zu bezahlen. Sie bemängelten jedoch, dass umweltfreundliche Möbel oft nur schwer zu erkennen seien und das Angebot zu gering sei. Eine Erweiterung des Angebotes und eine deutliche Präsentation dieser Produkte ist eine Forderung an den Handel.

Besondere Bedeutung kommt dem Verkaufspersonal zu. Da umweltfreundlich hergestellte Möbel einen höheren Erklärungsbedarf haben, ist ein gut qualifiziertes Verkaufspersonal besonders wichtig. Dies setzt voraus, dass das Verkaufspersonal gut geschult und regelmäßig informiert wird. Hier sollten in Zukunft verstärkte Anstrengungen in der Aus- und Weiterbildung unternommen werden. Darüber hinaus ist es wichtig, dass der Informationsfluss in der ganzen Akteurskette insgesamt wesentlich verbessert wird.

Zukünftig wird zudem weniger das Produkt, sondern vielmehr der Produktnutzen im Mittelpunkt stehen. Daher sind verstärkt Dienstleistungen rund um das Produkt gefragt. Auf diese Entwicklung sollte die Möbelbranche mit einem entsprechenden, intelligenten Dienstleistungsangebot reagieren.

### Remanufacturing

Insgesamt zeigen die Ergebnisse und Erfahrungen der Projektarbeit, dass insbesondere eine Änderung der Gesetzgebung zur Rücknahmeverpflichtung von Möbeln den entscheidenden Schritt zur Entwicklung und Herstellung umweltgerechter Möbel darstellen würde und nachhaltig vorantreiben kann. Sollte diese, wie von den Akteuren erwartet, umgesetzt werden, können die erzielten Ergebnisse als wichtige Grundlage in den Bereichen Gestaltung, Herstellung und Vertrieb herangezogen werden.

Möbelrücknahme und Remanufacturing von Altmöbeln werden erst dann flächendeckend realisierbar, wenn der Gesetzgeber eine Rücknahmeverpflichtung für Möbel einführt. Die heutigen Rahmenbedingungen lassen die thermische Verwertung von Möbeln sowohl ökologisch als auch ökonomisch am sinnvollsten erscheinen und bieten für die Akteure des Möbelmarktes wenig Motivation, sich mit diesem Thema auseinander zu setzen. Dies steht jedoch im krassen Gegensatz zu der Forderung des nachhaltigen Wirtschaftens und zu den Forderungen des Kreislaufwirtschaftsgesetzes, welches eine Verwertung auf möglichst hohem Niveau fordert.



Abbildung 6: Bedeutung der Produkteigenschaften beim Kunden



Abbildung 7: Relevanz von Umweltverträglichkeit bei Möbeln

Neben der projektbegleitenden Öffentlichkeitsarbeit und den Beiträgen in der Fach- und Tagespresse wurden zwei Bücher publiziert:

Auf dem Weg zum Stoffstrommanagement in der Möbelindustrie (Oktober 2000),

Handbuch Gestaltung und Entwicklung umweltfreundlicher Möbel (Januar 2001).

Ferner wurde die Möglichkeit geschaffen, über das Internet unter [www.fh-hoexter.de/fb8/fachgebiete8/chemie/welcome.htm](http://www.fh-hoexter.de/fb8/fachgebiete8/chemie/welcome.htm) auf alle Projektergebnisse zuzugreifen, sodass verschiedenste Interessengruppen erreicht werden können.

#### Literatur

Benken, R.; Knittel D.; Cleve, E.; Müller, B. (2000): Ökologische Aspekte bei der Herstellung/Ausrüstung von Polstermöbelstoffen. Krefeld.

Bierter, W. (1999): Ökologisches Produkt-Design, öko-intelligente Dienstleistungs- und Nutzungskonzepte im Bereich Heimmöbel. Griebenach.

Bohnenengel, T. (2000): Stoffliche vs. thermische Verwertung. Perspektiven für die Redistribution und das Remanufacturing von Altmöbeln. Höxter.

Bohnenengel; T. (2000): Erstellung eines Produktbewertungssystems für Polstermöbel zur Unterstützung eines brancheninternen Stoffstrommanagements. Höxter.

Engemann, M (2000): Entwicklung einer anwendbaren Plattform zur inhaltlichen und formalen Generierung eines Produktpasses unter besonderer Berücksichtigung von Umweltkriterien. Höxter.

Unternehmensberatung Titze (2000): Strukturen und Konzentrationsprozesse in der Möbelbranche. Neuss.

Sietz, M.; von Röpenack, A. (2000): Auf dem Weg zum Stoffstrommanagement in der Möbelindustrie. Frankfurt/Main.

Sietz, M.; u.a. (2001): Handbuch zur Gestaltung und Entwicklung umweltfreundlicher Möbel. Frankfurt/Main.

# Weiche Reifen – fruchtbarer Boden

„Umwelt Boden: darauf stehen wir“

Die sensible Haut der Erde ist der Boden. Mit Luft, Wasser, Nährstoffen und Sonnenenergie wachsen Lebensmittel und Rohstoffe im und auf dem Boden. Gleichzeitig reinigt der Boden als intaktes Ökosystem das benutzte Wasser zu Trinkwasser. Die Reduzenten im Boden, Bakterien bis Regenwürmer, zerlegen Nährstoffe in ihre Bausteine und schließen den natürlichen Kreislauf.

Den Boden durch nachhaltige Bewirtschaftung fruchtbarer und tragfähiger zu machen und beim Befahren nicht zu verdichten, dafür arbeitet das Team „Reifenregler“ in Soest. Ackerboden hat etwa 40 Prozent Porenvolumen. Die Poren sind mit Luft oder Wasser gefüllt.

Beim Begehen und Befahren kann der Boden verdichtet werden; damit wird das Porenvolumen vermindert und die natürliche Fruchtbarkeit leidet.

Im Boden leben Bakterien, Pilze, Insekten und Regenwürmer. Sie wirken als Reduzenten, bauen Stoffe ab und liefern die Bausteine für neues Pflanzenwachstum. Im fruchtbaren Ackerboden können je Quadratmeter über 100 Regenwürmer leben. Die Regenwürmer sorgen durch die senkrechten großen Gänge für das Wasserschluckvermögen des Bodens. Durch die vielen Gänge



Prof. Dr. Ludwig Volk (2.v.l.) lehrt und forscht seit 1991 in der Landtechnik Soest.

Projektgruppe – „Team Reifenregler“: (v.l.): Dieter Tillmann, Christian Banz, Marcel Füten, Georg Strotmann, Dipl.-Ing. agr. (FH) Marco Pütz. Nicht auf dem Foto: Dipl.-Ing. (FH) Hendrik Nordhoff, Dipl.-Ing. Dirk Erdelmann und Daniel Nordhoff.

der Regenwürmer wird vorbeugender Hochwasserschutz betrieben. Regenwürmer leben von Pflanzenresten, die sie fressen, aufschließen und mit Bodenteilchen gemischt als natürlichen Volldünger ausscheiden. Diese Wurmlosung kann bis zu 25 Tonnen pro Hektar (= Fußballfeld) und Jahr betragen. Der Boden wird durch die Bodenlebewesen bearbeitet, gemischt und fruchtbar gemacht.



Traktorhinterrad auf dem Acker mit hoher Last und im Boden eingegrabenen Schlauchsonden. Mit Schlauchsonden, platziert in 10, 20, 30 und 40 Zentimeter Tiefe, wird die Druckübertragung im Boden dargestellt.



Fahrkomfortmessungen an einem Claas Xerion Traktor auf dem Feldweg. Die Reifenflanke wird elastisch und verbessert den Fahrkomfort.

Stark, breit und sanft zum Boden sowie ausdauernd auf der Straße haben Traktorreifen zu sein. Die Reifenverschleißkosten bei der Traktorstunde eines 120 kW-Traktors betragen zwischen 2 und 4 Mark je Traktorstunde. Es lohnt sich für den Landwirt, den richtigen Reifen beim Traktorkauf zu wählen und im Traktorbetrieb den Reifendruck passend für Straße oder Acker einzustellen. Noch besser ist ein automatischer Reifenregler, der den Reifendruck an die Geschwindigkeit, die Last und die Fahrbahn anpasst.

Auf dem weichen Acker rollt der Traktor besser mit weichen Reifen und großen Aufstandsflächen durch niedrigen Reifendruck, auf der harten Straße rollt der harte Reifen durch hohen Reifendruck leichter und sicherer. Dazu entwickelt und baut die Soester Gruppe einen automatischen Reifenregler, der den Reifendruck für Acker und Straße überwacht und einstellt.

Der Reifen ist die alleinige Verbindung zwischen der Technik und dem Boden.

Nur wenn die Reifen die Kraft des Motors im Boden abstützen können, haben Landwirte den gewünschten zugstarken Traktor.

### 25 Prozent Zugkraftgewinn bei Ackerfahrt mit dem Traktor durch den neuen Reifenregler

Der Traktor mit niedrigem Reifendruck bringt im Acker über 25 Prozent mehr Zugkraft, bei besserer Bodenschonung, also geringerer Spurtiefe.

In vielen Zugkraftmessungen für Forschungszwecke, Reifenhersteller und Landmaschinenbauer des Reifenregler-Teams-Soest konnten mit 100 kW-Traktoren von Steyr, John Deere und Deutz-Fahr Zugkraftgewinne bis über 50 Prozent gemessen werden.

Je feuchter der Boden ist, also je schlechter die Traktionsbedingungen sind, desto höher ist der Zugkraftgewinn. Bei dem 200 kW-Traktor Xerion von Claas mit hohen und breiten Reifen konnte die maximale Zugkraft auf dem feuchten Acker durch den niedrigen Reifendruck von 0,5 bar im Vergleich zum Reifendruck von 1,6 bar verdoppelt werden.

Diese Ergebnisse zeigen den Vorteil des an die Fahrbahn angepassten Reifendruckes durch den besseren Wirkungsgrad in der Boden-Reifen-Kontaktfläche.

Nach Schätzungen könnten mit dem angepassten Reifendruck bei der Bodenbearbeitung, Saat und Pflege 5 Prozent Diesel eingespart werden. Bei einem üblichen Dieselverbrauch von 100 Liter je Hektar im Jahr würden mit einem Reifenregler bis 5 Liter



100 Regenwürmer je Quadratmeter im Boden bringen Fruchtbarkeit und bearbeiten den Boden, sofern sie genug Pflanzenreste als Treibstoff haben. Mit niedrigem Reifendruck befahrener Boden behält ein hohes Porenvolumen, bietet vorbeugenden Hochwasserschutz und bleibt fruchtbar.

Diesel gespart werden. Je weniger Reifenluftdruck im Acker gefahren wird, umso mehr wird der Ackerboden geschützt.

Der unverdichtete Boden behält sein besseres Wasserschluckvermögen, ist erosionsstabiler und bietet mehr Schutz für Bodenlebewesen.

In der Agrarwirtschaft und im Maschinenbau Soest arbeiten Landwirtschaftsstudenten, Mitarbeiter und Wissenschaftler daran, den Nutzen von Traktorreifen in der Praxis und für die Praktiker zu verbessern. Sie erkunden und erforschen den Bodenaufbau und damit die verbesserte Tragfähigkeit von Böden in der konservierenden Bearbeitung, sie testen die Zugleistung von Traktoren bei unterschiedlichen Reifendrücken und sie messen den Fahrkomfort von Traktoren durch die Flankenverformung der Reifen an Traktoren. Nur wenn der richtige Reifendruck gefahren wird, kann der großvolumige Reifen einfedern und damit den Fahrkomfort verbessern.

### Verbesserter Fahrkomfort am Traktor: Samtpfoten statt Holzräder

Im Reifen trägt ein Luftpolster die Last des Traktors. Bei großvolumigen Traktorreifen mit hoher Reifenflanke wird durch den niedrigen Reifendruck ein Federweg von 50 Millimetern aktiviert. Damit dämpft der Reifen die Fahrzeugschwingungen; Fahrer und Traktor sind weniger Schwingungen ausgesetzt. Das Reifenregler-Team misst die Erschütterungen im Fahren mit Sensoren am Fahrzeug und Sitz und wertet die Erschütterungsdaten nach Frequenz und Amplitude aus. Damit werden gesundheitsschädliche Erschütterungen in den Messlinien aufgezeigt





Ob Rennwagen oder Traktor: die Verbindung zwischen Fahrzeug und Fahrbahn ist der Reifen. Gute Traction und weniger Schlupf auf dem Acker und gute Seitenführung auf der Straße bei geringem Verschleiß sollte der Reifen bringen. Die Reifenwahl und der Reifendruck bestimmen Zugkraft und damit Nutzen des Traktors. Große, breite und weiche Reifen bringen mehr Zugkraft und können beim Universaltraktor in vielen Betrieben den Pflgetraktor mit Pflgereifen ersetzen.

Wenn man den Lanz Bulldog (schmale, harte Reifen) mit dem modernen John Deere Traktor vergleicht, gewinnt man einen Eindruck über 60 Jahre Reifenfortschritt. 1. Straßenluftdruck, links, mit 1,5 bar. 2. Ackerluftdruck, rechts, mit 0,5 bar. Mit dem niedrigen Ackerreifendruck gewinnt der Anwender auf dem Acker 25 Prozent Zugkraft.

und das Team kann gezielt nach Wegen zu mehr Fahrkomfort suchen. Die Reifenfederung ist ein preiswertes und wenig bekanntes Mittel, den Fahrkomfort bei Traktoren zu verbessern. Die wichtigsten Forschungsergebnisse im Überblick:

- Aktuelle Ackerschlepper-Radial-Reifen sollten mit maximal 0,8 bar Luftdruck auf dem Acker gefahren werden, bodenschonender sind 0,5 bar.
- Mit dem richtigen Ackerluftdruck von 0,8 bar steigt die Zugkraft auf dem Acker und der Wiese im Durchschnitt um 25 Prozent an.
- Der Schlupf bei Zugarbeit, also das bodenschädliche Zuschmieren von Regenwurmängen bei unnötigem Dieserverbrauch, kann durch den niedrigen Reifendruck auf dem Acker halbiert werden.
- Die Spurtiefe beim Abrollen auf weichem oder feuchtem Acker ist durch den Ackerluftdruck von 0,8 bar im Vergleich zu einem (zu hohen) Straßenluftdruck von 1,6 bar um 50 Prozent vermindert.
- Ertragsmindernde Bodenverdichtungen sind bei 0,8 bar Reifendruck und abgetrocknetem Acker nicht zu befürchten.
- Sensible Landwirte fahren mit „platten“ Reifen auf dem Acker. Sie stellen den Reifendruck von 0,4 bar bis 0,8 bar, passend zur Arbeit, ein.
- Auf der Straße fahren sie mit maximal 1,2 bar und haben damit einen gefederten Traktor mit gutem Fahrkomfort und längerer Reifenlebensdauer.
- Den Reifendruck kontrollieren und möglichst niedrig einzustellen, ist in der Bodenbearbeitung und Bestellung die tägliche Aufgabe, ähnlich wie das Tanken und die Ölkontrolle.
- Reifenregler werden zum Stand der Technik avancieren. Zukünftig gehören bei gut ausgelasteten Traktoren Reifenregler zur guten fachlichen Praxis. Sie bezahlen sich durch geringeren Reifenverschleiß, weniger Dieserverbrauch, besseren Fahrkomfort, mehr Bodenschutz und mehr Zugkraft auf dem Acker innerhalb von zwei bis fünf Jahren.
- Besonders sinnvoll sind Reifenregler für Traktoren, Selbstfahrer und Landmaschinen, die häufig zwischen Straße und Acker wechseln, z.B. beim Güllefahren, Dreschen, Häckseln, Rübenroden oder bei der angehängten Pflanzenschutzspritze.

**Die untersuchten Fakten:**

Die mögliche Zugkraft des Traktors auf dem Feld wird durch das Traktorgewicht, die Reifenaufstandsfläche, die Motorleistung und die Verzahnung mit dem Boden bestimmt.

Als Faustformel für den Acker gilt: Je weniger Luftdruck im Reifen ist, desto größer ist die Aufstandsfläche und damit die Bodenschonung sowie die Zugkraft. Auch die Spurtiefen werden geringer und damit die Ausgangsrinnen für Wassererosion.

Besonders bei den modernen Radialreifen der führenden Hersteller wie Michelin, Continental und Kleber ist durch die großen Fortschritte im Reifenaufbau, der Gummimischung und der Profilgestaltung das Abplatteln und „Langmachen“ des Reifens für bessere Zugkraft und mehr Bodenschonung vorgesehen. Der Reifen wird im Acker bei niedrigem Reifendruck länger und etwas breiter und vergrößert enorm seine Aufstandsfläche.

Der Traktorreifen mit 0,5 bar Reifendruck nähert sich in seinem Abrollverhalten und seinem Zugkraftvermögen einem Gummiraupenlaufband. Die Flanken verformen sich stark und der Reifen sieht aus, als ob zu wenig Reifendruck gefahren würde.

Mit dem geregelten Reifendruck wird die ertragsschädigende Bodenverdichtung weitgehend vermieden.

Je breitere und höhere Reifen der Praktiker wählt, umso mehr Luftvolumen ist vorhanden.

Die Last wird vom Luftvolumen getragen, nicht von den Reifen-



flanken. Auch die Bodenschonung ist bei großvolumigen Reifen besser, denn die nötige Tragfähigkeit wird bei niedrigen Reifendrücken erreicht.

**Wird der Reifenregler von den Praktikern angenommen?**

Aus Bequemlichkeit und Angst vor Reifenschäden wird bei Traktoren mit zu hohem Reifendruck gefahren. Der Einsatz des Reifenreglers wird die Betriebsdauer eines Traktorreifens von heute 3 000 Betriebsstunden auf 4 500 Betriebsstunden erhöhen, denn die Gummistollen werden gleichmäßiger abgefahren. Der wolkende Reifen bleibt elastisch in der Flanke.

Neue Traktorreifen werden ohne Schlauch gefahren. Das Luftpolster wird zwischen Stahlfelge und Gummireifen abgedichtet und Schlauchschäden durch Reibung gibt es nicht mehr.

Die Vorteile des Reifenreglers sind überzeugend. Damit die Praktiker die Vorteile erkennen, werden Zugkraftvorführungen bei Studenten, Tagungen wie im Mai 2001 in Soest und auf Ausstellungen gezeigt. Mit Artikeln in Fachzeitschriften, der Internetseite [www.Reifenregler.de](http://www.Reifenregler.de), einem Video und telefonischer Anwen- derberatung werden die Vorteile zu aufgeschlossenen Praktikern und an die Pionieranwender gebracht.

Von den Landwirten werden zukünftig Reifenregler nachgefragt werden, die im Fahren, den Reifendruck an den Acker mit 0,5 bis 1 bar anpassen und für die Straße den Druck auf 1,2 bis 1,5 bar anheben. Die praxistaugliche Reifenregler-Technik wird in Soest fachübergreifend zusammen mit der Industrie und aufgeschlossenen Praktikern entwickelt. Es wird einen modularen Reifenregler geben, der für vorhandene Traktoren und neue Traktoren zu kaufen ist. Da der Anwender den Reifendruck im Fahren umstellt und auf dem Feldweg in Richtung Straße den Reifendruck erhöht, reicht häufig der serienmäßige Bremsenkompressor für die Befüllung. Wenn es schneller gehen soll, werden stärkere Kompressoren für die Reifendruckerhöhung montiert.

Zusätzlich wird in Zusammenarbeit mit der TU München, der Universität Linz und einigen Herstellern an einer genormten Lösung zur elektronischen Regelung des Reifendruckes gearbeitet. Diese Lösung wird bei neuen Traktoren in den fahrzeuginternen CAN Bus (ISO 11783) integriert, um der Steuerelektronik eine bidirektionale Kommunikation mit traktorinternen Bauteilen (Motor, EHR, etc.) und traktorexternen Komponenten (Spritze, Sämaschine, etc.) zu ermöglichen.

Auch im überbetrieblichen Landtechnikeinsatz durch Lohnunternehmer sollten die Anwender darauf achten, dass mit dem richtigen Reifendruck auf dem Feld gefahren wird. Als höchsten Reifendruck auf Feldern und Wiesen sollten 1 bar für Bodenbearbeitung, Bestellung, Düngung und Pflege und 2 bar für die Ernte angestrebt werden.

Beim Mähdrescher sollten die Praktiker große und breite Radialreifen fahren, wobei der Reifendruck bei trockenem Boden nicht über 2,0 bar, ansteigen sollte. Häufig wird am Mähdrescher oder Rübenroder mit knapp 3,0 bar gearbeitet. Die Tragfähigkeit des modernen Radialreifens reicht aus, um mit vollem Korntank oder Bunker auf dem Acker auch mit 2,0 bar Reifendruck zu fahren. Für die Straßenfahrt ist der Bunker oder Korntank leer und damit reicht die Tragfähigkeit auch bei 20 km/h aus.

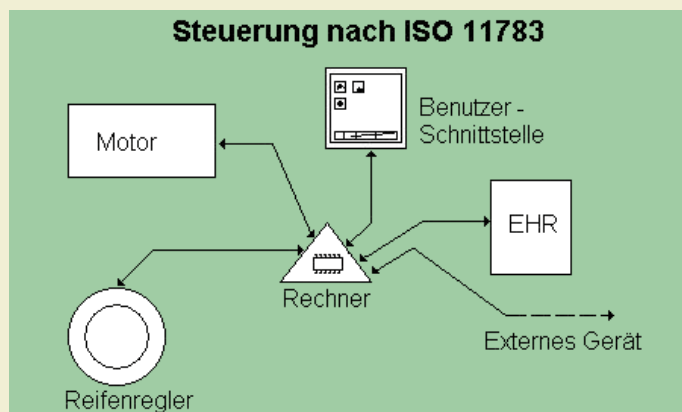
Der Boden wird mit den großen Aufstandsflächen bei niedrigem Reifendruck besser behandelt, die Bodenlebewesen vor Luftman-



Zugkraftmessung auf dem Acker mit Zug- und Bremstraktor auf dem Feld der Agrarwirtschaft Soest. 25 Prozent mehr Zugkraft, bei gleichem Schlupf, gewinnt man durch einen niedrigen Reifendruck von 0,5 bar.



Bodenschonung und mehr Zugkraft beim Ackerreifendruck mit 0,5 bar am Traktor der Agrarwirtschaft Soest. Der niedrige Reifendruck macht die Reifen lang, vergrößert die Aufstandsfläche und spart Diesel.



gel geschützt und die Fruchtbarkeit des Bodens erhöht. Daneben werden das Wasserschluckvermögen erhalten und die Erosionsgefahr vermindert.

Diese Vorteile für die Umwelt haben die Deutsche Bundesstiftung Umwelt in Osnabrück bewogen, einen Forschungs- und Entwicklungsauftrag mit einer 3-jährigen Laufzeit an das Reifenregler-Team zu geben. Als Ziel soll der Stand der Technik erweitert und der Reifenregler bei Praktikern und Herstellern bekannt und gefragt werden.

Sie können sich bei der Agrarwirtschaft Soest, Ludwig Volk, zu Reifen und Reifenreglern informieren, Telefon 02921/378-227, oder im Internet nachschauen: [www.reifenregler.de](http://www.reifenregler.de).

**Literatur**

1. Bolling, I.: Beanspruchung des Bodens bei Schlepper- und Maschineneinsatz. KTBL-Schrift 308, 1986, S. 49-72.
2. Sommer, C. und Zach, M.: Bodenverdichtungen und deren Auswirkungen auf die Pflanzenentwicklung und den Ertrag. KTBL-Schrift 308, 1986, S. 73-88.
3. Petelkau, H.: Ertragliche Auswirkungen technogener Schadverdichtungen der Ackerkrume. Agrartechnik 41, 1991, H. 2, S. 54-57.
4. Schwanghart, H. und Hedderich, R.: Reifenluftdruckverstellanlagen, Auswirkungen und technischer Stand. Landtechnik 7/8, 1992, S. 341-344.
5. Weißbach, M.: Wirkung von Fahrwerken auf den Boden, insbesondere im Grenzbereich Boden/Pflanze. Dissertation Kiel 1994.
6. Bossmann, A.: Methoden und Wirkung der Reifendruckregelung an landwirtschaftlichen Fahrzeugen. Diplomarbeit Soest 1995.
7. Volk, L.: Radialreifen: Geregelter Druck, AgrarFinanz, 5, 1996, Seite 31-33.
8. Rempfer, M.: Richtig Druck machen. Den Reifendruck anzupassen, heißt Reserven zu nutzen. Landtechnik Sonderheft, 1998, S. 210-211.

# Moderne Kunststoffverarbeitung

## *Einschneckenplastifizierung erfolgreich simulieren*

Der Einsatz von Simulationsprogrammen zur Auslegung von Plastifiziereinheiten gewinnt zunehmend an Bedeutung. An der Universität Paderborn wurden in den letzten zwölf Jahren in enger Zusammenarbeit mit der Kunststoffindustrie entsprechende Auslegungswerkzeuge entwickelt. Diese leisten inzwischen einen unverzichtbaren Beitrag zur Verbesserung des Prozessverständnisses in Einschneckenmaschinen.

Schneckenmaschinen sind die wirtschaftlich bedeutendste Gruppe der Maschinen der Kunststoffverarbeitung. Ihr Vorteil liegt darin, dass sie gleichzeitig fördern, plastifizieren und mischen. So genannte Einschneckenmaschinen werden in der Extrusion und im Spritzgießen eingesetzt. Das Spritzgießen ist eines der wesentlichen Produktionsverfahren bei der Verarbeitung von Kunststoffen zu Formteilen (z.B. Zahnbürste, Stoßfänger im Automobil, Computergehäuse usw.). Unter Extrusion oder Extrudieren versteht man die kontinuierliche Herstellung eines Halbzeuges, Rohres oder einer Folie aus Kunststoff. Das Herz-



**Prof. Dr.-Ing. Helmut Potente** ist Inhaber des Lehrstuhls für Kunststofftechnik an der Universität Paderborn und Leiter des Instituts für Kunststofftechnik (KTP).

stück beider Anlagentypen ist die Schnecke, welche die Aufgabe hat, eine homogene Schmelze in ausreichender Menge mit der notwendigen Temperatur und dem entsprechenden Druck in das nachfolgende Werkzeug zu fördern. Während im Extrusionsbe-





trieb die Schnecke kontinuierlich arbeitet, ist der Spritzgießprozess diskontinuierlich.

Für die optimale Nutzung der Einschnuckenplastifiziereinheit sind umfangreiche Kenntnisse über die Vorgänge im Aggregat erforderlich. Bis heute wird die geometrische Gestaltung der Schnecke in erster Linie auf Grund von Erfahrungswerten und mit Hilfe experimenteller Untersuchungen ausgelegt. Als Alternative zur „trial and error“-Methode entwickelt das Institut für Kunststofftechnik der Universität Paderborn die Simulationsprogramme REX (Rechnergestützte EXtruderauslegung) und PSI (Paderborner SpritzgießSIMulation). Mit der auf einem üblichen PC-Arbeitsplatz lauffähigen Software lassen sich wichtige Kenngrößen zur Beurteilung des Prozesses simulieren. Darüber hinaus unterstützen verschiedene Programmteile die systematische Optimierung einzelner Geometriegrößen und die Auslegung ganzer Maschinenbaureihen.

Die Simulationsprogramme wurden in den letzten zwölf Jahren kontinuierlich weiterentwickelt. Durch die Herleitung genauerer, auf der dreidimensionalen Finite-Element-Methode basierender Berechnungsmodelle und durch die Implementierung aktueller Schneckengeometrien konnte die Software stetig an die steigenden Bedürfnisse der Anwender angepasst werden. Damit leisten diese Programme einen umfassenden Beitrag zur Beurteilung und Optimierung von Einschnuckenmaschinen im industriellen Einsatz.

### Die Prozessdefinition

Eine Einschnuckenmaschine besteht aus einem Zylinder mit einer innenliegenden Schnecke und ist so ähnlich aufgebaut wie ein Fleischwolf in der Lebensmitteltechnik. Die Förderung des Materials wird durch das Haften der Schmelze an Zylinder und Schnecke, die sich relativ zueinander bewegen, bewirkt. Bedingt durch die Vielzahl der Aufgaben (Einziehen, Fördern, Plastifizieren, Homogenisieren) ändert sich die Schneckengeometrie über der Länge.

Vor der eigentlichen Simulation müssen zunächst die Schnecken- und Zylindergeometrie sowie die Materialdaten und Verfahrensparameter (Schneckendrehzahl, Werkzeuggedruck usw.) bekannt sein.

Die Schneckengeometrie wird aus einzelnen, hintereinander liegenden Schneckenzoneen zusammengesetzt. Dies können ein- oder mehrgängige Zonen mit konstanter oder variabler Gangtiefe oder speziellere Schneckenzoneen wie so genannte Barrierezoneen, Scher- und Mischteile, Wave- oder Stift-Schnecken sein. Eine variable Eingabe der einzelnen Schneckenelemente im Programm ermöglicht eine schnelle Konzeptionierung verschiedenster Schneckentypen.

Der Zylinder wird durch seine Länge und die Abmessungen der Heizbänder sowie durch eventuell vorhandene Nuten beschrieben.

Zu den Verfahrensparametern gehören die Schneckendrehzahl, die Rohstoffeingangstemperatur, die Heizbandtemperaturen und der Druck an der Schneckenspitze.

Neben der Schnecken- und Zylindergeometrie sowie den Verfahrensparametern müssen noch die Materialdaten eingegeben werden. Man unterscheidet verschiedene Dichten (Feststoff, Schütt-, Schmelzedichte), rheologische (Viskosität), thermodynamische (Glasübergangs- bzw. Kristallitschmelztemperatur, Enth-

pien, Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit), tribologische (verschiedene Reibwerte) und technologische Materialdaten (Granulatkorngeometrie).

Die Materialdaten haben einen entscheidenden Einfluss auf die Berechnung. Eine erfolgreiche Simulation hängt daher sehr stark von der Genauigkeit der zu Grunde gelegten Kennwerte ab.

### Verschiedene Berechnungsmöglichkeiten

Vor jeder Berechnung wählt der Anwender die für ihn relevanten Simulationsergebnisse. Diese werden anschließend mit Hilfe der Programme berechnet und in grafischer Form oder in Listenform dargestellt. Dabei lassen sich die folgenden Größen des Plastifizierprozesses auswählen, anhand derer die qualitative Beurteilung der simulierten Schneckenkonfiguration sehr gut möglich wird:

- Durchsatz bzw. Dosierzeit,
- Druckverlauf,
- Aufschmelzverlauf,
- Temperaturverlauf und Massetemperatur,
- Verlauf der minimalen und mittleren Verweilzeit,
- Verlauf der Wandschubspannungen,
- Wärmeströme der einzelnen Heizbänder,
- Antriebsleistung,
- Drehmoment.

Mit den Berechnungsergebnissen kann dann die Qualität der vorliegenden Schneckengeometrie beurteilt werden. Fragestellungen wie:

- Ist das Material vollständig aufgeschmolzen?
- Werden die geforderten Schmelzetemperaturbereiche erreicht?
- Welche Antriebsleistung benötigt die Maschine?

können schnell und zuverlässig beantwortet werden. Die Kenntnis dieser Daten ist notwendig, um eine störungsfreie Weiterverarbeitung der Polymerschmelze zu ermöglichen.

### Variationsmodul und Scale-up

Neben der oben genannten konventionellen Simulation ist auch eine Parametervariation der Schneckengeometrie, der Verfahrensparameter oder der Zylindergeometrie möglich. Dabei werden hintereinander mehrere Simulationen mit geänderten Parametern durchgeführt und anschließend grafisch zusammengefasst. Eine solche Variation kann dem Anwender z.B. Aufschluss über das Betriebsverhalten der Plastifiziereinheit bei veränderlichen Drehzahlen geben. Abbildung 1 zeigt den Druckverlauf entlang der Schneckenachse für eine fünfstufige Variation der Drehzahl. Die Schnecke besteht aus einer Einzugszone, einer Kompressionszone und einer Zone konstanter Kanaltiefe (Meteringzone) sowie aus zwei nachgeschalteten Scher- und Mischelementen zur Verbesserung der Mischwirkung. Mit steigender Schneckendrehzahl wird als Folge des höheren Massedurchsatzes ein größerer Druck im Schneckenkanal erzeugt.

Zusätzlich zum obigen Variationsmodul bieten die Programme auch ein so genanntes Scale-up-Modul. Dieser Programmteil beinhaltet die so genannten Scale-up-Regeln, welche von Prof.

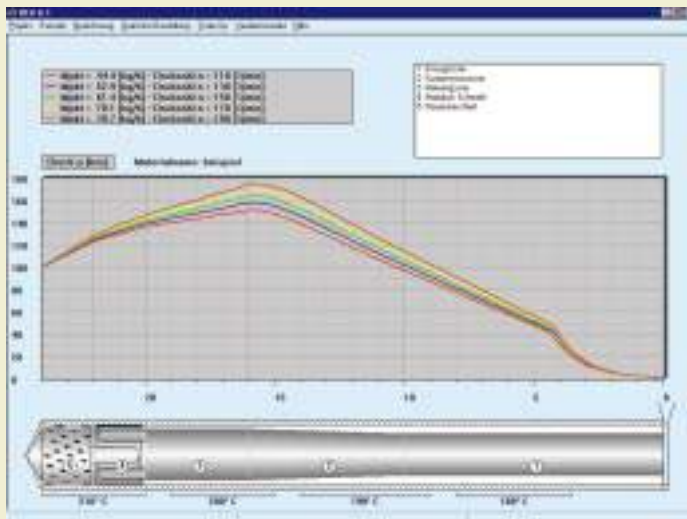


Abb. 1: Druckverläufe bei Variation der Drehzahl.

Helmut Potente in den 80er Jahren entwickelt wurden [1]. Durch ein Scale-up bzw. Scale-down ist es dabei möglich, auf Knopfdruck eine neue Schneckenengeometrie mit geänderter Größe zu generieren und eventuell später durch weitere Simulationen oder durch die Parametervariation zu optimieren. Die Planung von ganzen Maschinenbaureihen oder die Übertragung von Ergebnissen einer Labormaschine auf eine Produktionsmaschine größerer Abmessungen wird dadurch wesentlich erleichtert.

### Modellbildung und Simulation

Grundlegendes Prinzip der Simulation mit REX und PSI ist die axiale Aufteilung der Schnecke in eine Vielzahl von Intervallen. Für jedes dieser Intervalle lassen sich so genannte mathematisch-physikalische Modelle formulieren. Sie stellen die Lösung der beschreibenden Differentialgleichungen (DGLn) bzw. entsprechender kinematischer und energetischer Ansätze dar. Die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Prozessgrößen bzw. Einflussfaktoren (Durchsatz, Geometrie des Schneckenka-

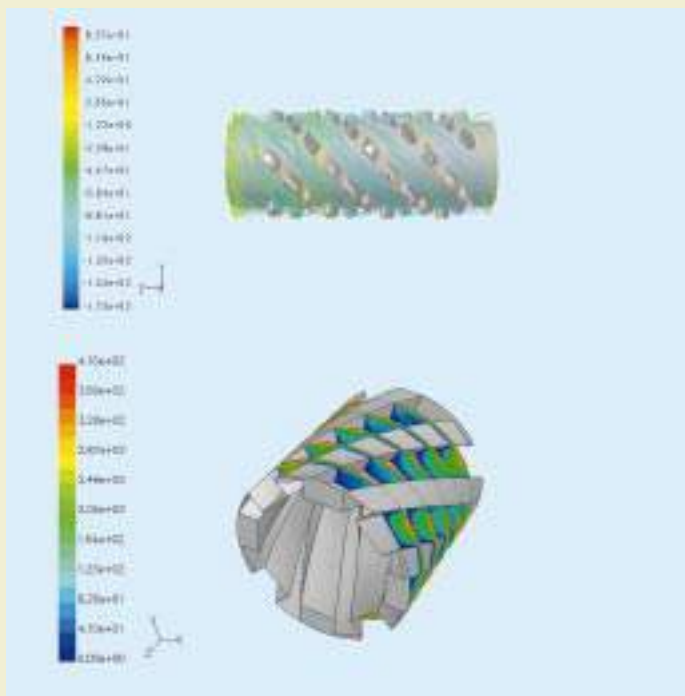


Abb. 2 und 3: 3D-FE-Simulationsergebnisse eines Rautenmischteils (oben) und eines Wendelscherteils (unten).

nals, etc.) stehen in Form von einfach zu handhabenden Gleichungen zur Verfügung, die eine sehr schnelle Berechnung zulassen. In einem zweiten Schritt werden die Modelle entsprechend ihrer Lage gekoppelt und als gekoppeltes System gelöst. Durch die Kopplung der einzelnen Funktionszonen ist es möglich, mit guter Genauigkeit auch komplexe Schneckenkonfigurationen zu berechnen. Der zentrale Vorteil dieser Vorgehensweise gegenüber anderen numerischen Verfahren ist die geringe Berechnungszeit (je nach PC unter 10 Sekunden).

Schon frühzeitig sind am KTP grundlegende mathematisch-physikalische Modelle zur Beschreibung der Vorgänge in der Plastifiziereinheit entwickelt worden [2,3]. Je nach Komplexität der Schneckenzone sind jedoch modelltheoretische Vereinfachungen nötig, um zu einer analytischen Lösung der DGLn zu gelangen. Seit einiger Zeit kommen für die Modellentwicklung jedoch auch verstärkt numerische Ansätze, wie beispielsweise die Finite-Element-Methode (FEM) zum Einsatz. Auf diese Weise lässt sich das Strömungsverhalten im Schneckenkanal auch ohne starke Vereinfachungen lösen. Aus diesen Simulationsergebnissen können dann Modelle entwickelt werden, die eine höhere Genauigkeit besitzen, als die früheren, rein analytischen Gleichungen.

Basierend auf 3D-FE-Berechnungsergebnissen sind zur Beschreibung von Scher- und Mischelementen neue Modelle entwickelt worden. Abbildung 2 zeigt den Stromlinienverlauf in einem Rautenmischteil, welcher eine Aussage bezüglich der Mischgüte solcher Schneckenelemente ermöglicht. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch die Druck-Durchsatzcharakteristik in einem solchen Element. Exemplarisch ist in Abbildung 3 der Druckverlauf entlang eines Wendelscherteils dargestellt.

Darüber hinaus geht der Entwicklungstrend in Richtung neuer Schneckenengeometrien. So sind in den aktuellen Programmversionen so genannte Energy-Transfer-, Wave- und Stiftschnecken implementiert. Um den Inhalt aktueller Forschungsprojekte zu verdeutlichen, wird im Folgenden exemplarisch auf die Simulation des Druck-Durchsatzverhaltens komplexer Strömungsgeometrien eingegangen.

### Druck-Durchsatz-Berechnung bei Stift- und Wellenzonen

Bei Energy-Transfer- und Wave-Schnecken sowie bei bestimmten Stiftschnecken handelt es sich um zweigängige Schnecken, die vor allem durch relativ hohe Querströmungen zwischen den Kanälen charakterisiert sind (siehe Abbildung 4).

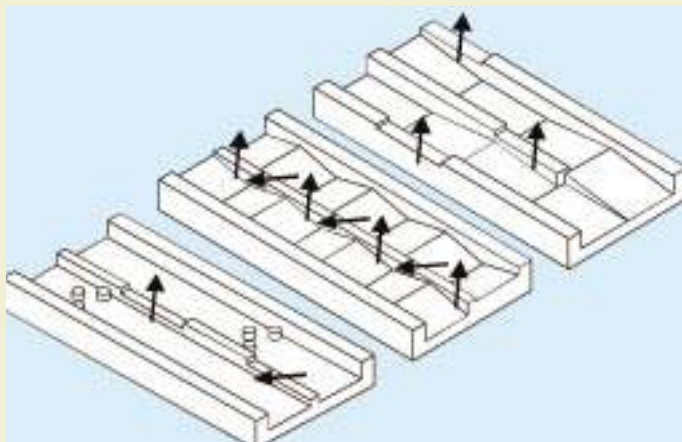


Abb. 4: Abgewinkelte Darstellung einer Energy-Transfer-, Wave- und Stiftschnecke.

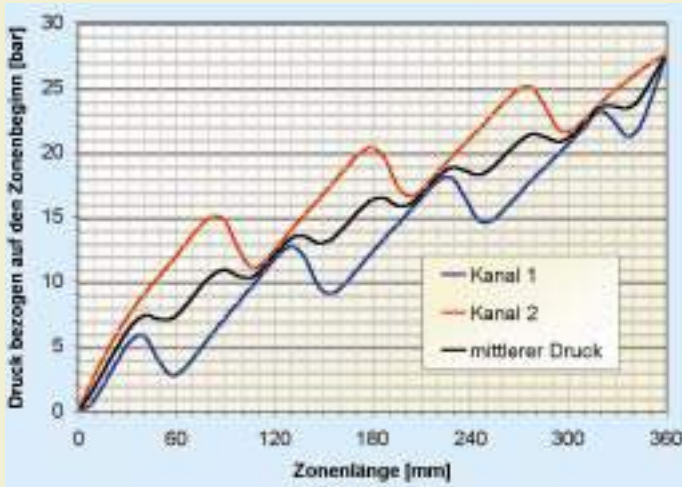


Abb. 5: Druckverlauf in den beiden Kanälen einer Wavezone.

Anders als bei anderen Schneckentypen kann auf Grund dieser Querströmungen das Durchsatzverhalten durch die bereits vorgestellte Intervalleinteilung und anschließende Kopplung nicht ausreichend gut beschrieben werden. Anstatt der eindimensionalen Kopplung wird bei den in Abbildung 4 dargestellten Zonen jeder einzelne Kanal in Intervalle mit entsprechenden Durchsatzmodellen eingeteilt. Diese werden dann in Kanalrichtung sowie quer dazu gekoppelt. Für die Querströmung über den Steg bzw. durch die geschlitzten Stegbereiche sind ebenfalls mathematisch-physikalische Durchsatzmodelle nötig. Linearisiert man die Durchsatzmodelle, so erhält man ein lineares Gleichungssystem, dessen Lösung die Druckwerte an den Intervallgrenzen für einen vorgegebenen Durchsatz liefert. In Abbildung 5 ist der Druckverlauf in den Kanälen einer Wavezone dargestellt. Deutlich erkennt man, dass das Wellenprofil der Kanäle auch zu einem wellenartigen Druckprofil führt, welches in Verbindung mit den bereits angesprochenen Querströmungen eine gute Mischwirkung bewirkt.

### Gemeinschaftsforschung an der Universität Paderborn

Vor dem Hintergrund der Zusammenführung von Theorie und Praxis werden die Programmpakete REX und PSI im Rahmen von zweijährigen Gemeinschaftsprojekten mit Industriepartnern kontinuierlich weiterentwickelt. In dieser Zeit werden Seminare und Schulungen zum Thema Schneckenauslegung angeboten. Diese verfolgen das Ziel, den Teilnehmern die Grundlagen für eine erfolgreiche Schneckenauslegung mit REX und PSI näher zu bringen. Während der Projektphase haben die Teilnehmer die Möglichkeit, ihre Wünsche und Vorstellung hinsichtlich der Inhalte und Teile der Programme in die Softwareentwicklung einzubringen. Ein Einstieg in das Gemeinschaftsprojekt ist jederzeit möglich.

Die finanzielle und fachliche Unterstützung der beteiligten Unternehmen bilden das Fundament der erfolgreichen Produktentwicklung in den letzten zwölf Jahren.

Arburg GmbH & Co, Loßburg  
 Arenz GmbH, Meckenheim  
 Barmag AG, Remscheid  
 BASF AG, Ludwigshafen  
 Battenfeld GmbH, Meinerzhagen

Battenfeld Extrusionstechnik GmbH, Bad Oeynhausen  
 Bayer AG, Leverkusen  
 Breyer GmbH Maschinenfabrik, Singen  
 Brückner Maschinenbau GmbH & Co. KG, Siegsdorf  
 Demag Ergotech GmbH, Schwaig  
 Degussa AG, Marl  
 Er-We-Pa Davis-Standard GmbH, Erkrath  
 Krauss-Maffei Kunststofftechnik GmbH, München  
 Netstal-Maschinen AG, Näfels, Schweiz  
 Reifenhäuser GmbH & Co. Maschinenfabrik, Troisdorf  
 Rosendahl Maschinen GmbH, Pischelsdorf, Österreich  
 Troester Maschinenfabrik, Hannover  
 Van Dorn Demag, Strongsville, USA  
 Windmüller & Höllscher, Lengerich

Tabelle 1: Teilnehmer des vergangenen REX/PSI-Projektes.

### Literatur

- [1] H. Potente: Auslegen von Schneckenmaschinen-Baureihen Modellgesetze und ihre Anwendung, Carl Hanser Verlag München, 1981.
- [2] H. Potente: Simulation des Prozessverhaltens von Schneckenmaschinen, Kunststoffe 89 (1999) 1, S. 83-94.
- [3] V. Schöppner, J. Jungemann: Der Einschneckenextruder, VDI-Verlag, S. 353-386, 1997.
- [4] J. Flecke: Grundlagen zur Simulation des Prozessverhaltens eines Gleichdrall-Doppelschneckenextruders bei der Aufbereitung mineralisch gefüllter Polymere, Dissertation Universität Paderborn, 2000.



**Dipl.-Ing. Jens Pape** (links) studierte von 1992 bis 1997 Kunststofftechnik an der Universität Paderborn. Seit Januar 1998 ist er am KTP als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich neuer Schneckenkonzepte tätig.

**Dipl.-Ing. Wilhelm H. Többen** (Mitte) studierte Kunststofftechnik an der Universität Paderborn. Seit Mai 1998 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am KTP.

**Dipl.-Ing. Tim Pohl** hat Maschinenbau/Kunststofftechnik an der RWTH Aachen studiert und ist seit 1999 wissenschaftlicher Mitarbeiter des KTP. Im Rahmen seiner Forschungstätigkeiten beschäftigt er sich u.a. mit schnelllaufenden Plastifiziereinheiten.