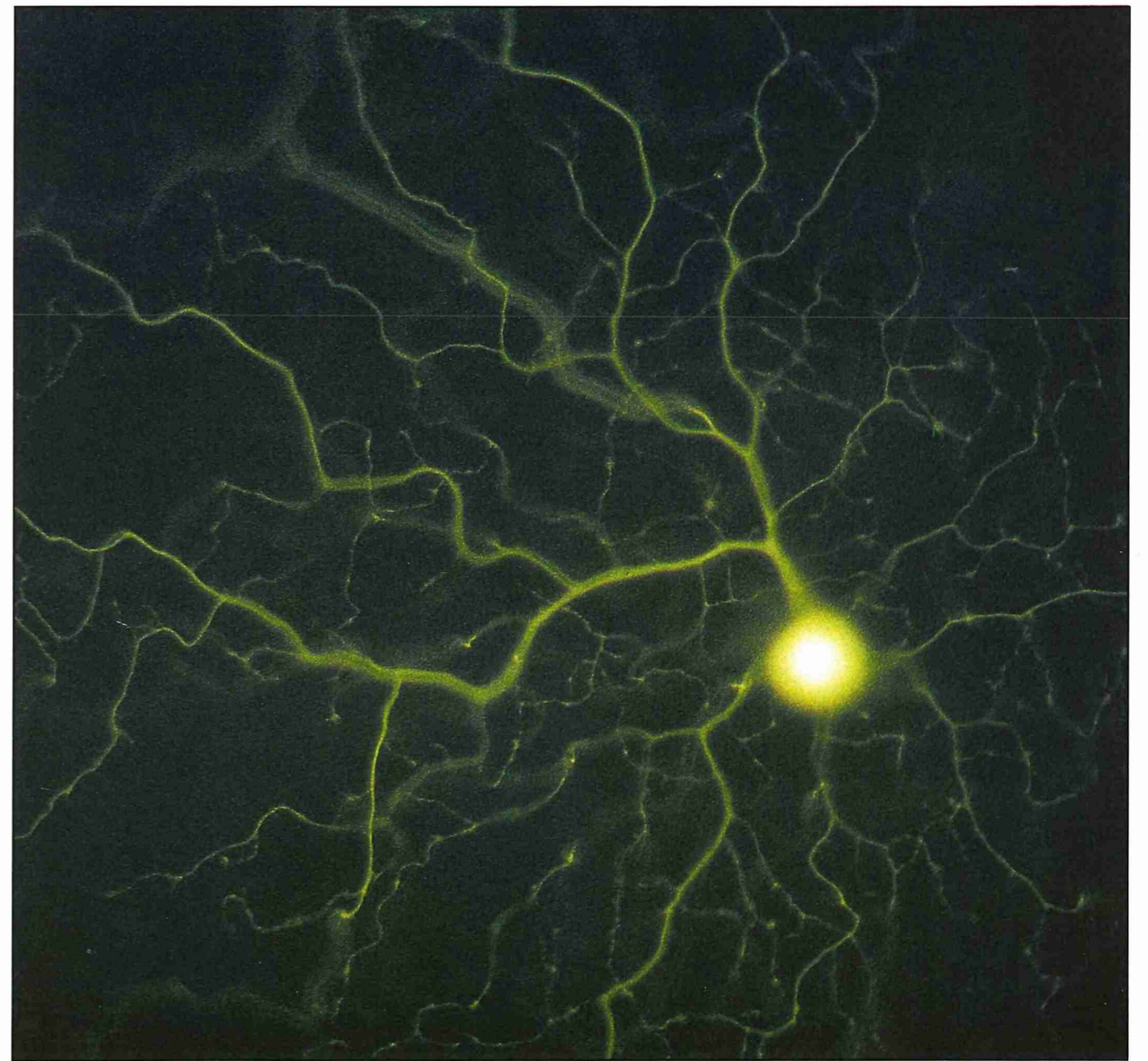


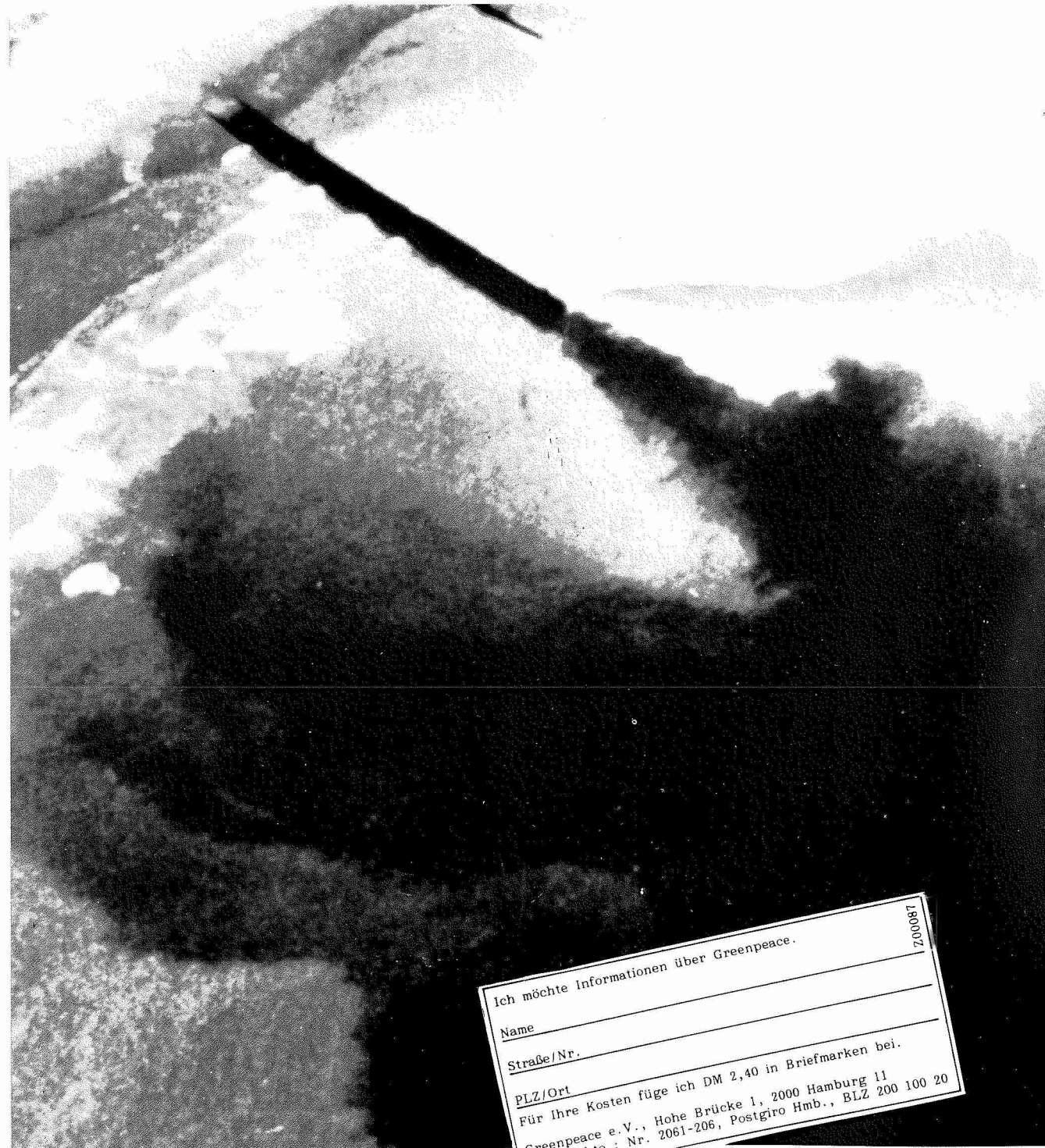
# Einblicke

Forschung an der  
Universität Oldenburg



Nr. 9

Mit Laseroptik Schäden an Baudenkmalern auf der Spur • Recycling aus ökonomischer Sicht • Umweltethik und Umweltpolitik • Von der Kindercombo zum Ersten improvisierenden Streichorchester • Forschungsschwerpunkt Zellbiologie (Titelbild) DM 3,-



Ich möchte Informationen über Greenpeace.

Name \_\_\_\_\_

Straße/Nr. \_\_\_\_\_

PLZ/Ort \_\_\_\_\_

Für Ihre Kosten füge ich DM 2,40 in Briefmarken bei.

Greenpeace e.V., Hohe Brücke 1, 2000 Hamburg 11

Spendenkto.: Nr. 2061-206, Postgiro Hmb., BLZ 200 100 20

Z00081

Unsere Meere haben  
keinen Abfluß.  
Der Dreck bleibt drin.

# Einblicke Nr. 9

## Forschung an der Universität Oldenburg

### Inhalt

G. Gülker/K. Hinsch/C. Hölscher/A. Kramer/  
H. Neunaber/W. Platen

Mit Laseroptik Schäden an  
Baudenkmalern auf der Spur 4

Wolfgang J. Ströbele  
Recycling aus ökonomischer Sicht 10

Promotionen und Habilitationen 1988 15

Horst Zilleßen  
Umweltethik und Umweltpolitik 16

Wolfgang Martin Stroh  
Von der Kindercombo zum  
Ersten improvisierenden Streichorchester 19

### Forschungsschwerpunkt Zellbiologie

Reto Weiler  
- Die Retina: Pforte zum Gehirn 23

Wilfried Wackernagel  
- Die Erbsubstanz als Ausgangspunkt  
und Ziel von zellulären Lebensvorgängen 25

Sigrid Janssen/Karl Heinz Blotvogel  
- Schwefel und Phosphor: Chemische  
Elemente von zellbiologischer Bedeutung 31

Axel Willig/Peter P. Jaros  
- Kontrolleure der Zellaktivität:  
Peptidhormone und andere Mediatoren 35

### TITELBILD:

Eine durch Injektion eines Farbstoffes sichtbar gemachte Ganglienzelle der Netzhaut. Etwa eine Millionen solcher Zellen übermitteln die visuelle Information dem Gehirn. (Siehe dazu: Forschungsschwerpunkt Zellbiologie "Die Retina: Pforte zum Gehirn", Seite 23)

### Liebe Leserin, lieber Leser,

als die Pressestelle vor vier Jahren die Herausgabe des Forschungsmagazins EINBLICKE plante, stieß sie zunächst auf große Skepsis. Kaum jemand sagte dieser Zeitschrift eine lange Zukunft voraus. Heute bestreitet kaum jemand, daß EINBLICKE hochschulintern wie extern zu einem wichtigen Instrument geworden ist, Einblick in das zu geben, was an der Universität in Forschung und Lehre geschieht. Schon mancher mußte seine lieb gewonnenen Vorurteile gegenüber der Universität aufgeben, auch wenn das mitunter sehr schwerfällt.

Beschwerden gab es manchmal nur über einige zu schwierige Texte. Tatsächlich ist es nicht immer gelungen, Forschungsergebnisse sprachlich so umzusetzen, daß sie dem interessierten Laien verständlich sind. Das aber liegt mitunter auch an der Materie selbst.

In diesem Heft stellen wir Ihnen u.a. die Projekte der Arbeitsgruppen vor, die sich im Fachbereich 7 - Biologie - zum Forschungsschwerpunkt „Zellbiologie“ zusammenschlossen haben, einer wahrhaft komplexen Materie. Forschungen auf diesem Gebiet sind, wie wir alle wissen, mit ebensoviel Hoffnungen wie Befürchtungen verbunden. Das Eindringen in den Zellkern oder, wie manche sagen, in die Schöpfung, ermöglichen dem Menschen bisher nicht gedachte Manipulationen an Pflanzen, Tieren und auch an sich selbst. Die Gentechnologie, die auf die Erkenntnisse der Zellbiologie aufbaut, hat Wissenschaft und Politik aufgeschreckt. Eine Enquete-Kommission des Bundestages hat Empfehlungen über „Chancen und Risiken der Gentechnologie“ 1987 vorgelegt. Ob und wie sie - auch juristisch - umgesetzt werden, ist noch offen, zumal der rapide Wissenszuwachs auf diesem Gebiet über das, was der Mensch darf oder nicht darf, immer neue Fragestellungen aufwirft. Die Diskussionen gehen dabei nicht zuletzt aufgrund ökonomischer Interessen weit auseinander. Denn natürlich verbinden sich mit dieser Forschung auch große Erwartungen u.a. im Bereich der Medizin, der Welternährung und nicht zuletzt der Umwelttechnologie, wie auch das Beispiel der von Prof. Megnet und seiner Mitarbeiterin Elke Haase gezüchteten oder besser manipulierten Knöterichpflanze zeigt, die Blei und Cadmium „frisst“ und damit bei der Reinigung von belasteten Böden hilft (siehe EINBLICKE Nr. 5). Grundlagenforscher sind darüber hinaus überzeugt, daß das Eindringen in die Zelle als Grundbaustein des Lebens zu einem umfassenden Verständnis der Lebensvorgänge führt. Und das war wohl schon immer ein Traum der Wissenschaft, der möglicherweise erstmals Grenzen sichtbar macht - vielleicht auch solche, die der Mensch selbst setzt.

Welchen Beitrag die Arbeitsgruppen des Forschungsschwerpunktes Zellbiologie in diesem so wichtigen Zweig der Wissenschaft leisten, lesen Sie auf den Seiten 23 bis 36.

Gerhard Harms



## Mit Laseroptik Schäden an Baudenkmalern auf der Spur

Von G. Gülker, K. Hinsch, C. Hölscher, A. Kramer, H. Neunaber, W. Platen

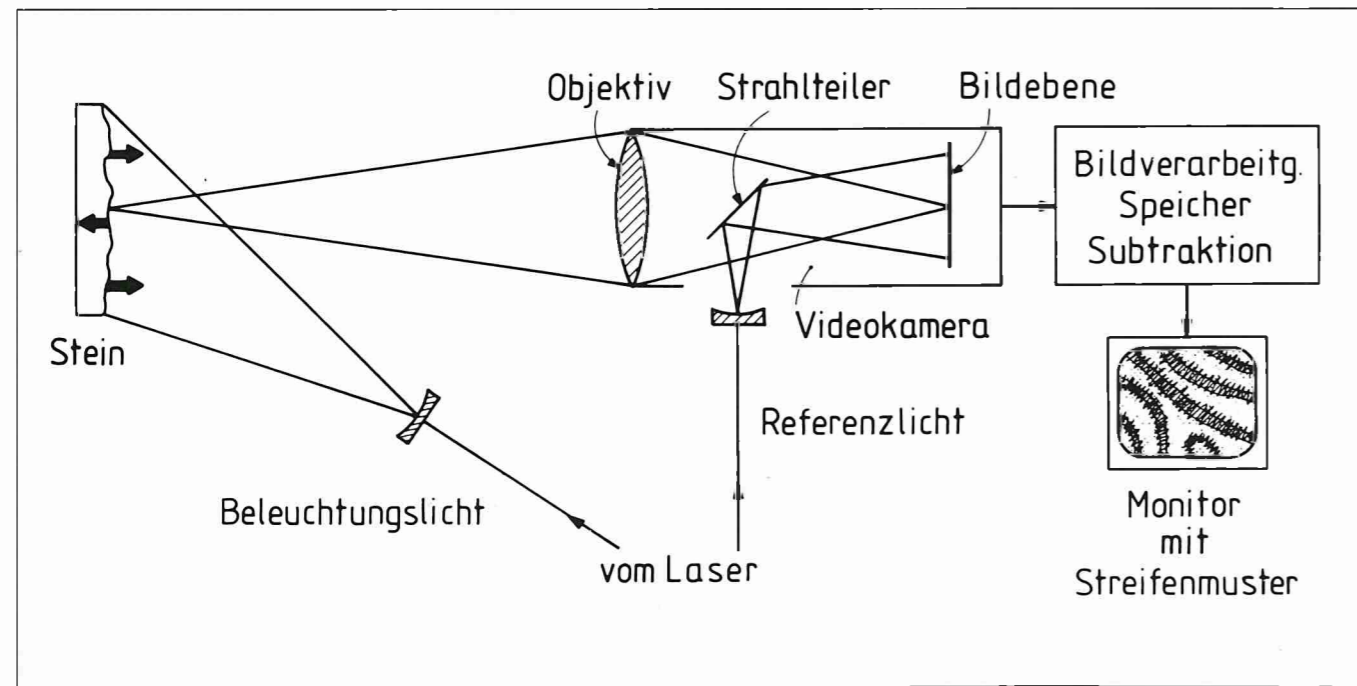


Abb. 1: Prinzip der Videoholografie. In der Videokamera wird dem Bild des Steins eine Referenzwelle überlagert, um die von mikroskopischen Objektbewegungen abhängige Phase des Streulichtes zu speichern.

Baudenkmalern aus Stein sind in den letzten Jahrzehnten verstärkter Zerstörung ausgesetzt, da zu den oft seit Jahrhunderten wirkenden Belastungen durch das Klima spezielle Einwirkungen schädlicher Umweltverschmutzungen hinzugekommen sind. Um den zerstörerischen Prozessen auf die Spur zu kommen und ihre Mechanismen zu verstehen, sind Wissenschaftler aus vielen Disziplinen gefordert. Das Bundesministerium für Forschung und Technologie hat in großangelegten Projekten - z.B. für die Untersuchung der Zerstörung von Naturbausteinen oder der Schädigungen an Wandmalereien - Forschungsgruppen vereinigt, die sich unterschiedlichen Aspekten dieser Problematik widmen. Aufgabe der Arbeitsgruppe Kohärente Optik im Fachbereich Physik ist es unter anderem, mikroskopisch kleine Verformungen an Bauteilen zu vermessen, die Ausdruck der mechanischen Beanspruchungen sind, denen das Baumaterial unterworfen ist.

Ein Gebäudeteil, z.B. eine aus Natursteinen aufgebaute Wand, besteht üblicherweise aus verschiedenen Materialien, die sich bei Änderungen der Umgebungsbedingungen ganz unterschiedlich verhalten. So quellen die einzelnen Steinquadere eventuell viel stärker bei Veränderung der Luftfeuchtigkeit als der Mörtel in der Fuge, die sie verbindet. Das Mauerwerk einer Wand dehnt sich bei Temperaturerhöhung anders aus als die Putzschicht darauf, und diese noch wieder anders als die dünne Lage von Farbpigment eines Malereiüberzuges. Es kommt noch hinzu, daß jeder Mauerstein selbst als äußerst inhomogene Verbindung vieler mineralischer Komponenten auf Umweltveränderungen entsprechend komplex reagiert. So dringt Wasser durch das verzweigte Porensystem nur in das Bindemittel zwischen den Mineralkörnchen, Mikroorganismen bevorzugen spezielle chemische Bestandteile, Schadgase wirken über die äußeren und inneren Oberflächen eines Steins. Die mechanische Veränderung

des Bauteils ist daher von Ort zu Ort verschieden, so daß speziell an den Inhomogenitätsgrenzen große Beanspruchungen auftreten. Dies kann schließlich zur Bildung von Mikrorissen führen. Erst wenn ganze Gesteinspartien absanden oder abplatzen, wird der Schaden dem Auge sichtbar, die Vorbereitung dazu fängt aber viel früher in mikroskopisch kleinen Dimensionen an. Es ist daher wichtig, schon in diesem frühen Stadium Schädigungen zu erkennen, um ihren Zusammenhang mit klimatischen Einwirkungen zu untersuchen. Nur so wird es möglich, den schädigenden Mechanismen vorbeugend zu begegnen.

Zur Erforschung der Wirkungszusammenhänge zwischen Umwelt und Gestein werden verschiedene Methoden verwendet: Es werden am Objekt selbst u.a. Verformung, Verfärbung, Salzausblühung oder Organismenwachstum gemessen, wobei die Umweltparameter mit großem Aufwand möglichst umfassend mitregistriert werden. Oder eine Steinprobe, vielleicht auch eine ganze Wandpartie, wird in einer Kammer künstlichem Klima ausgesetzt und in ihrer Reaktion beobachtet. Mechanische Lasten werden in entsprechenden Testmaschinen erzeugt. Verfahren zur Messung der mikroskopisch winzigen Verformungen müssen daher unter diesen Bedingungen einsetzbar sein. Dies ist oft nicht einfach zu realisieren, da alle Maßnahmen, z.B. gegen Erschütterungen, die sich unter Laborbedingungen durchführen lassen, unter Freifeldbedingungen problematisch werden, denn es ist zu bedenken, daß Verformungen um Mikrometer, d.h. tausendstel mm, noch gemessen werden müssen. Der Meßapparat darf sich nur entsprechend wenig gegenüber dem Meßobjekt, dem Stein, verschieben. Und oft muß über lange Zeiträume gemessen werden! Die in unserer Arbeitsgruppe entwickelten laseroptischen Meßverfahren müssen sich unter diesen Bedingungen bewähren.

### Videoholografie zur Messung von Mikroverformungen

Die Grundlage der feinauflösenden optischen Meßtechnik zur Bestimmung solch kleiner Verformungen ist die Interferometrie. Das Ergebnis der Überlagerung zweier Lichtwellen hängt entscheidend von ihrer Phase ab, das ist die relative Lage der Wellen zueinander. Man kann sich leicht vorstellen, daß sich die Wellen zum Beispiel verstärken, wenn ihre Maxima zeitlich immer aufeinander fallen, daß sie sich auslöschen werden, wenn Maxima der einen Welle gerade auf Minima der anderen treffen. Die augenblickliche Form einer mit Laserlicht (Laser, um genau eine Wellenlänge zu haben) beleuchteten Steinoberfläche, besonders auch ihre Mikrostruktur, ist also ganz wesentlich in der Phase der Streulichtwelle enthalten, nicht so sehr in der Helligkeitsverteilung. Verschiebt sich die streuende Oberfläche soviel, daß der Weg, den das Licht zurücklegt, gerade um eine halbe Wellenlänge länger oder kürzer wird, so hat sich die Lichtwelle von einem Maximum zu einem Minimum verschoben. Bei Überlagerung mit einer anderen in der Phase festen Welle (Referenzwelle) kann also im Ergebnis statt Helligkeit Dunkelheit entstehen. Da die Lichtwellenlänge typischerweise bei ungefähr einem halben Mikrometer liegt, haben schon solch kleine Verschiebungen so große Wirkung.

Um Verformungen auf diese Art messen zu können, müssen zwei Lichtwellen, die zu unterschiedlichen Zeiten von einem Prüfobjekt gestreut werden, besonders im Hinblick auf ihre Phasenlagen verglichen werden. Die Welle eines Ausgangszustandes, auf den die Verformungen bezogen werden, muß

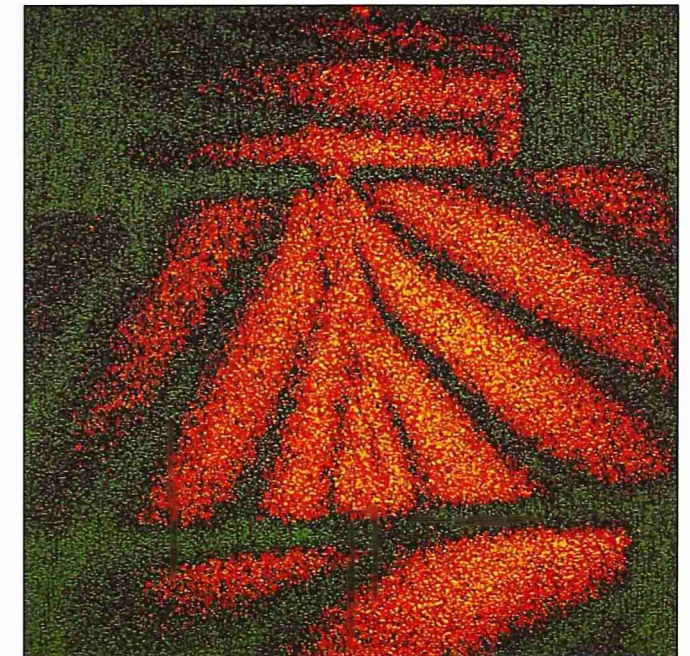


Abb. 2: Ankündigung des Bruchs eines Steinstabes im Spaltzugversuch durch Unregelmäßigkeiten im Muster der Verformungsstreifen.

zunächst gespeichert werden. Dies geschieht in Form eines Hologramms, indem dieser Objektwelle eine einfache Referenzwelle überlagert wird, um in dem entstehenden Interferenzmuster auch die Phaseninformation zu registrieren. Es gibt nun verschiedene Wege, diesen Ausgangszustand mit der jeweils veränderten Steinoberfläche zu vergleichen. Während bei der holografischen Interferometrie durch Beleuchtung des Hologramms die Objektwelle wiedererzeugt wird und mit der Welle von der jeweiligen, nun eventuell verformten Steinoberfläche zur Interferenz gebracht wird, haben wir ein anderes Verfahren gewählt, bei dem Hologramme der beiden Zustände direkt verglichen werden. (Abb. 1)

Der vom Laser beleuchtete Stein wird mit einer Videokamera abgebildet. Um auch die Phase des Streulichtes zu berücksichtigen, wird dem Objektlicht in der Bildebene der Videokamera die

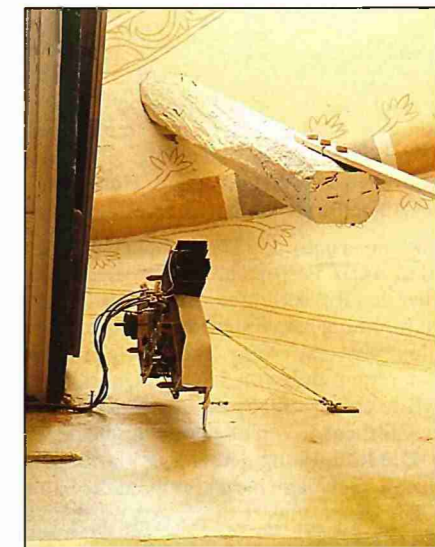


Abb. 3: Videoholografischer Meßkopf in der Kirche in Eilsam zur Untersuchung der Dynamik rißhaltiger Wände



notwendige Referenzwelle überlagert, eine Welle, die vorher aus dem Laserstrahl abgezweigt wurde. Zum Zeitpunkt des Versuchsbeginns wird das entstehende Interferenzmuster, man nennt es ein Bildebenenhologramm, in einer Bildverarbeitungsanlage abgespeichert. Während sich nun die Steinoberfläche verformt, entstehen ständig neue Muster, die aber immer dann wieder die alte Form annehmen, wenn der Stein sich so weit bewegt hat, daß der vom Licht zurückgelegte Weg um ein Vielfaches der Wellenlänge größer oder kleiner geworden ist. Um diese Stellen zu erkennen, wird in der Bildverarbeitungsanlage das jeweils einkommende Bild von dem Referenzmuster subtrahiert, denn dann ergibt sich an genau diesen Stellen Dunkelheit. Das Differenzbild ist also von dunklen Streifen durchzogen, die Linien konstanter Verformung der Steinoberfläche anzeigen. Die Verformung, die dem Abstand zwischen zwei solchen Linien entspricht, hängt von den Einzelheiten der Strahlführung ab, liegt aber immer in der Größenordnung einer halben Lichtwellenlänge.

Dieses Verfahren kommt in vieler Weise den eingangs beschriebenen Anforderungen an eine Meßmethode, die auch im Prüffeld funktioniert, entgegen. Videokameras in Form moderner CCD-Arrays sind heute klein und handlich, Bildverarbeitung läßt sich vom Personal Computer aus realisieren, selbst wenn sie in „Echtzeit“, d.h. im Takte der Fernsehfrequenz erfolgen soll. Schließlich stehen heute Halbleiterlaser zur Verfügung, die im nahen Infrarot Lichtleistungen abgeben wie die gängigen Helium-Neon-Laser - mit dem Unterschied, daß letztere einen halben Meter lang sind und einige Kilo wiegen, während die Laserdioden nicht viel größer als ein Transistor sind. Somit läßt sich die „Videoholografie“ in einer kleinen kompakten Einheit unterbringen, die sich leicht und stabil auch an komplizierten Objekten befestigen läßt. Ungewollte, sehr störende Relativbewegungen zwischen holografischem Meßkopf und Prüfobjekt können daher weitgehend vermieden werden.

Das in Abb. 1 illustrierte Meßverfahren bestimmt nur eine Komponente der Verformung, nämlich die Bewegung längs der Beobachtungsrichtung. Durch entsprechende Erweiterungen können auch die senkrecht dazu liegenden Verformungskomponenten gemessen werden. Im folgenden sollen einige Anwendungen illustriert werden.

### Laseroptik an Prüfstand und Kirche

Mechanische Verformungen und die Entwicklung von Brüchen werden an Gesteinsproben untersucht, indem diese in einer hydraulischen Maschine Druck oder Zug ausgesetzt werden. Im videoholografischen Meßverfahren sind Unregelmäßigkeiten in den Streifensystemen erste Vorboten der Reißbildung.

Der mechanische Kontakt innerhalb des Werkstückes wird an einem Riß gestört, so daß auch Verformungen bei Belastung nicht mehr regelmäßig über den Riß verlaufen. Solche Andeutungen erfolgreicher Materialermüdung lassen sich mit dem optischen Verfahren lange feststellen, ehe dem Auge irgendwelche Risse auffallen. Abb. 2 ist an einer Steinsäule von 5x5 qcm Querschnitt gewonnen, die in ihrer Mitte einem sog. Spaltzugversuch unterworfen wurde (über zwei Keile wurde von oben und unten Druck auf die Probe ausgeübt). Die Reißbildung deutet sich klar in dem Knick der Streifensysteme an. Genau an dieser Stelle ist die Säule später auch durchgebrochen. Experimente dieser Art werden an Proben unterschiedlicher Steinsorten und bei verschiedenen

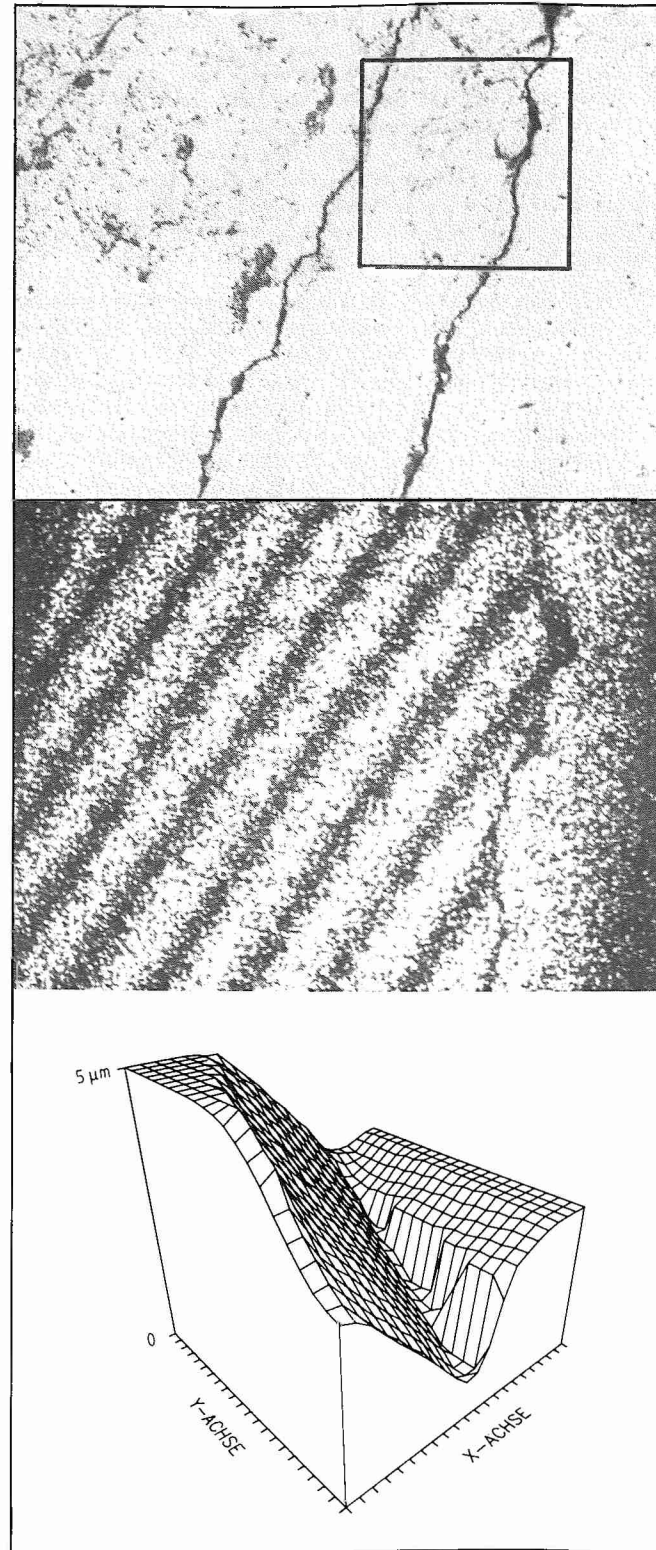


Abb. 4: Bewegungen einer Wandpartie von 5x5 qcm in der Eilsumer Kirche: Untersuchungsausschnitt (oben); Monitorarstellung von Streifen konstanter Wandverformung sechs Stunden nach Versuchsbeginn (Mitte) und Auswertung (unten): Verformung der Wandfläche. In der Abbildung wird deutlich, daß sich die mittlere Fläche gegenüber den Seiten verkippt.

# LzO.



Man kann sie drehen und wenden wie man will. Die EUROCARD ist Ihre Karte der exklusiven Unabhängigkeit. Die EUROCARD in 2 Versionen.\* Wir haben sie.

\* Die EUROCARD und die EUROCARD GOLD mit vielen interessanten Zusatzleistungen. Unsere Kundenberater reservieren Ihnen gerne Ihre persönliche EUROCARD.



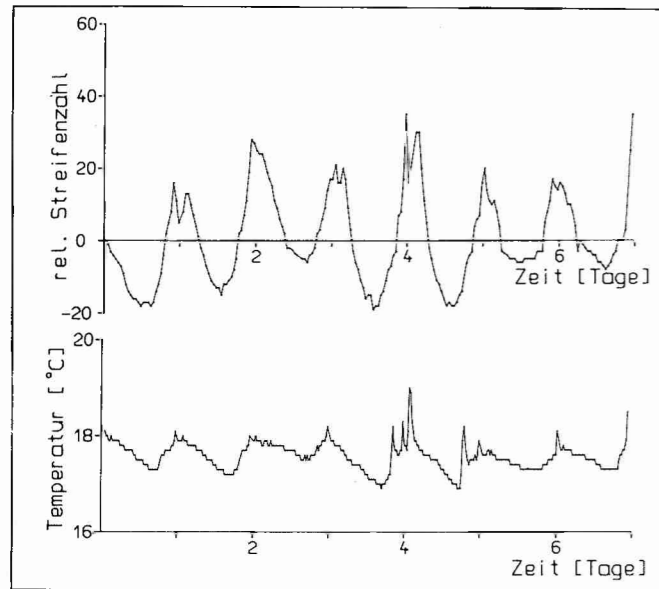


Abb. 5: Streifenanzahl im Beobachtungsfeld im tageszeitlichen Rhythmus: Die Zahl ist proportional zur Verkippung der Wandpartie aus ihrer Anfangslage (oben); gleichzeitig registrierte Lufttemperatur (unten)

Simulationsklimata durchgeführt und ihre Ergebnisse mit Theorien der Bruchmechanik verglichen, um den Mechanismen der Bruchbildung auf die Spur zu kommen und zu verstehen, warum sich zum Beispiel Muschelkalk unter bestimmten Bedingungen anders verhält als Sandstein.

Mit unserem kompakten und handlichen Meßkopf ist es zum erstenmal gelungen, auch direkt an einem Baudenkmal und über einen langen Zeitraum einen Eindruck von der Größenordnung der unter alltäglichen Bedingungen entstehenden Verformungen im Mauerwerk zu erhalten. Im Rahmen des BMFT-Projektes zur Erforschung der Schadensursachen an Wandmalereien werden zur Zeit die mittelalterlichen Fresken in der Kirche von Eilsu (Ostfriesland) untersucht. Diese alten Malereien, erst in den 60er Jahren wieder freigelegt, sind durch vielfältige Zerstörungsvorgänge in einem sehr schlechten Zustand. So sind sie von vielen Haarrissen durchzogen, über denen Farbe abblättert. Ein Ziel unserer ersten Messungen war es, Relativbewegungen der Umgebung um einen solchen Riß im täglichen Rhythmus des Kirchenklimas zu erfassen. Temperatur und Feuchtigkeit wurden gleichzeitig mit aufgezeichnet. Abb. 3 zeigt den Meßkopf an einer rißhaltigen Wandpartie im hinteren Bereich der Kirche. Er ist an Stahlseilen an einem Dübel in der Wand aufgehängt und gegen die Wand mit zwei hervorstehenden Stangen abgestützt. Dadurch sind Relativbewegungen zwischen Wand und Aufbau größtenteils ausgeschlossen.

In Abb. 4 ist die Wandfläche zu sehen und der Untersuchungsausschnitt, der eine Fläche mit zwei Rissen enthält. Darunter typische Aufnahmen von Streifensystemen, wie sie auf dem Monitor der Bildverarbeitungsanlage verfolgt werden können und zur Auswertung der Verformungen benutzt werden. Hier, und auch in der Auswertung erkennt man, daß die mittlere Fläche sich gegenüber den beiden Seiten unterschiedlich verhält, die Anzahl der Streifen ist ein Maß für ihre Schrägstellung. Diese Anzahl ist in Abb. 5 als Funktion der Zeit für sieben Tage aufgetragen, parallel dazu die Kurve der Raumtemperatur vor

der untersuchten Wand. Es wird klar, daß die Mikrowandbewegungen um den Putzriß herum im Rhythmus der täglichen Temperaturschwankungen verlaufen; bei heftigeren Temperaturfluktuationen treten auch stärkere Unregelmäßigkeiten im zeitlichen Verlauf der Verformung auf. Wieder liegen auch hier die Verschiebungen in der Größe von nur einigen Mikrometern.

### Ausblick

Laseroptische Verformungsmessung an der Wand oder der Prüfmaschine bietet einen neuartigen Zugang zum quantitativen Studium der Beanspruchungen, denen Bauwerke und ihre Bestandteile im täglichen Auf und Ab der Umwelteinflüsse ausgesetzt sind. Jahrhundertalte Baudenkmäler erfahren diese Verformungen viele tausendmal - bis sie sichtbaren Schaden nehmen. Einsicht in die Zusammenhänge zwischen Umwelt und Schaden können dazu führen, daß vorbeugende oder heilende Maßnahmen ergriffen werden können, die das Leben der Baudenkmäler verlängern.

Nicht nur an historisch bedeutenden Gebäuden oder Denkmälern ist das Studium der Schadensprozesse von Bedeutung. Einen weit größeren Umfang nehmen die alljährlichen Bauwerksschäden an normalen Gebäuden ein. Für viele Institute der Bauphysik und Baumechanik beginnt mit der optischen Meßtechnik ein neues Zeitalter. Altbewährte Meßverfahren wie der Dehnungsmeßstreifen zur Verformungsmessung verlieren an Bedeutung, und es besteht allseits großes Interesse am Einsatz zum Beispiel der hier vorgestellten Methode der Videoholografie (häufig wegen der Verarbeitung der körnigen Laserbilder auch Elektronische Speckle Pattern Interferometrie ESPI genannt). Auch weitere Fragestellungen aus dem Bereich des Erhalts von Kulturgütern tun sich auf, so zum Beispiel die Entstehung der Mikrorißsysteme, die alte Ölgemälde durchziehen.

\*

### Autorin und Autoren



Die Autoren/in aus der Arbeitsgruppe „Kohärente Optik“ im FB 8 Physik (v.l.): Herbert Neunaber, Prof. Dr. Klaus Hinsch, Andreas Kramer, Dipl.-Phys. Claudia Hölscher, Dipl.-Phys. Winfried Platen, Dipl.-Phys. Gerd Gülker. Die Arbeitsgruppe, deren Forschungsschwerpunkte im Einsatz laseroptischer Methoden (Holografie, Speckletechnik) bei verschiedenen umweltrelevanten Meßproblemen (Denkmalskorrosion, Bioindikation, Lärmausbreitung) liegen, wurde 1978 mit der Berufung von Prof. Dr. Klaus Hinsch (47) auf eine Professur für Experimentalphysik nach Oldenburg gebildet.

# PSYCHOLOGIE & GESELLSCHAFTS KRITIK

Eine psychologiekritische Zeitschrift für Psychologen, Pädagogen, SozialwissenschaftlerInnen in Theorie und Praxis.



### u.a. erschienen:

- |                 |                           |
|-----------------|---------------------------|
| P & G Nr. 28    | Studieren – wohin?        |
| P & G Nr. 29/30 | Mythos Jugend?            |
| P & G Nr. 31    | Soziale Kontrolle         |
| P & G Nr. 32    | Institutionelle Praxis    |
| P & G Nr. 33/34 | Gewaltverhältnisse        |
| P & G Nr. 35    | Drogen                    |
| P & G Nr. 36    | Methodische Zugänge       |
| P & G Nr. 37    | Milieu                    |
| P & G Nr. 38    | Frauen und Psychologie II |
| P & G Nr. 39/40 | Ordnung psychosozial      |
| P & G Nr. 41    | Identität I               |
| P & G Nr. 42/43 | Prävention/Intervention   |
| P & G Nr. 44    | Identität II              |
| P & G Nr. 45/46 | Lebensweisen und Tod      |
| P & G Nr. 47    | Geschichtliches           |
| P & G Nr. 48    | Lebenswelten              |

Einzelheft 11,- DM/Doppelheft 18,- DM · Jahresabonnement (= 4 Hefte) für Berufstätige 34,- DM/Institutionen 40,- DM/Student/inn/en, Arbeitslose, u.ä. zahlen nur 28,- DM, jeweils zzgl. Porto. Die P & G ist erhältlich in jeder guten Buchhandlung oder direkt bei der Redaktion: P & G, Bürgerbuschweg 47, D-2900 Oldenburg, Telefon (04 41) 6 41 26 oder 50 30 93

Abs.: \_\_\_\_\_

### Was will ich?

- Informationsmaterial  Probeheft
- P & G als Einzel- bzw. Doppelheft(e) - Nr. ....
- ich abonniere die P & G ab Heft \_\_\_\_\_ (1 Jahrgang = 4 Hefte) zum
- Preis von 34,- DM für Berufstätige
- Preis von 28,- DM für Student/inn/en, Arbeitslose u.ä. (bitte entsprechende Bescheinigung beifügen)
- Preis von 40,- DM für Institutionen

als Geschenkabo für 1 Jahr an:

Name: \_\_\_\_\_  
 Straße: \_\_\_\_\_  
 PLZ, Ort: \_\_\_\_\_

Förderabo (40,- DM und mehr, nämlich DM)

Alle Preise verstehen sich zzgl. Porto.

Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_

Ich weiß, daß ich diese Bestellung binnen 14 Tagen (Poststempel) beim Verlag P & G widerrufen kann.

Ort/Datum \_\_\_\_\_ Unterschrift \_\_\_\_\_

**Bezugsbedingungen:** P & G erscheint mit vier Heften pro Jahr. Das Abo verlängert sich um ein weiteres Jahr, wenn es nicht zwei Monate vor Ablauf gekündigt wird. Geschenkabos verlängern sich nicht. Die Abo-Bestellung kann innerhalb von 14 Tagen (Datum des Poststempels) widerrufen werden.



## Recycling aus ökonomischer Sicht

Von Wolfgang J. Ströbele



Papier-Recycling in Hamburg: „Recycling ist umso wichtiger, je größer der Bedarf nach dem öffentlichen Konsumgut Umweltqualität ist.“ Foto: dpa

In der öffentlichen Diskussion ist das Thema „Recycling“ von Rohstoffen zur Zeit sehr aktuell. Als die drei wichtigsten Gründe für verstärktes Recycling werden genannt:

- (1) Erhöhung der zeitlichen Reichweite begrenzter Rohstoffvorräte,
- (2) Verringerung der Umweltbelastung und
- (3) Verringerung des Energieverbrauchs, da die Herstellung eines gewünschten Rohstoffs aus Primärmaterial (Erze, Rohmaterial für Glas, ...) häufig mehr Energieeinsatz erfordert als die Wiederaufbereitung bereits genutzter Rohstoffe.

Als Grenzen für Recycling gelten:

- (4) die ab einer bestimmten Recyclingrate aufwendigeren Kosten für Einsammeln, Reinigen und Abtrennen unerwünschter Materialien (zuletzt beispielsweise sichtbar geworden bei der Diskussion um den steigenden Anteil von Kunststoffen in der Kraftfahrzeugherstellung),

(5) Umweltbelastungen und -risiken, die mit dem Recycling-Prozess selbst verbunden sind (aktuelles Beispiel: Diskussion um die Wiederaufarbeitung abgebrannter Brennelemente aus Kernkraftwerken).

### Energie kann nicht rezykliert werden

Die naturwissenschaftliche Basis der Recycling-Idee leitet sich aus Material- und Energieerhaltungssätzen ab, die für geschlossene Systeme gelten. Daraus folgt sofort, daß eine Ressource, die den Bereich des Planeten Erde für immer verlassen hat, nicht rezykliert werden kann. Dies gilt trivialerweise für Raketen zum Mars. Bedeutsam ist diese Einsicht jedoch für die Ressource „Energie“, die nach Nutzung z.B. für Antrieb, Heizung oder Beleuchtung in Wärme umgewandelt nach kurzer Zeit von der Erde ins Weltall abgestrahlt wird: Energie, die einmal vom

Menschen genutzt wurde, kann höchstens durch intelligente Abwärmenutzung (z.B. Kraft-Wärme-Kopplung in Heizkraftwerken, die Strom erzeugen und die Abwärme zu Heizzwecken durch eine Fernwärmeleitung an Abnehmer liefern) gewissermaßen „gestreckt“ genutzt werden. Energierecycling ist aber nicht möglich.

Recycling kann somit nur für bestimmte wichtige natürliche Ressourcen erwogen werden: Kupfer oder Eisen sind Rohstoffe, die bereits seit Jahrhunderten immer wieder aufbereitet in die Produktionsprozesse zurückgeführt wurden. Recycling ist heute auch interessant, wenn bestimmte Verarbeitungsstrukturen in genutzten Produkten noch erhalten sind, die eine Wiederverwertung sinnvoll machen. Papier oder Kunststoffe sind aktuelle Beispiele.

### Optimales Recycling ein schwieriges Problem

Im folgenden sollen schrittweise einige theoretische Modellüberlegungen eines Ökonomen die Komplexität des Problems darstellen, die „richtige“ Recyclingrate zu finden.

Aus der Begründung (1) ergibt sich die Notwendigkeit, Recycling mit der „optimalen Nutzung“ einer erschöpfbaren natürlichen Ressource zu verbinden. Letztere zu bestimmen, ist bereits ein kniffliges Problem für sich, da eine Nutzen-Kosten-Abwägung über der Zeitachse vorzunehmen ist: die Tonne Öl, die die Menschheit heute verbrennt, steht morgen nicht mehr zur Verfügung, verursacht also Nutzenentgang für eine zukünftige Generation. Diese Tonne im Boden zu lassen, verursacht umgekehrt einen Nutzenrückgang heute.

Aus den Begründungen (2) und (5) ist abzuleiten, daß eine „optimale Umweltbelastung“ in Relation zu Nutzenverbesserungen durch Industriegüter abzuwägen ist. Umweltqualität ist jedoch ein öffentliches Konsumgut (man kann sie sich nicht wie ein Brötchen individuell in der gewünschten Menge beim Bäcker kaufen, sondern sie ist einheitlich „für alle“ da - im Guten und im Schlechten). Die Bestimmung einer optimalen Menge öffentlicher Güter ist ihrerseits ein eigenständiges Gebiet der Finanzwissenschaft.

Mit anderen Worten: Die Bestimmung einer optimalen Recyclingrate erfordert schon in einfachsten Modellstrukturen eine Kombination aus Ressourcentheorie (über die Zeitachse) und Umweltökonomik, was dazu geführt hat, daß die Forschung auf diesem komplexen Gebiet zunächst mit Teilmodellen gearbeitet hat. Im folgenden sollen die Grundgedanken des Forschungsstandes in der ökonomischen Theorie des Recyclings in zwei Schritten dargestellt werden.

### Nutzung einer erschöpfbaren Ressource ohne Recyclingsmöglichkeit

Um die elementarsten Argumente der Ressourcentheorie zu verstehen, möge man sich in die Rolle des gestrandeten Robinson Crusoe versetzen und annehmen, daß die Insel außer Trinkwasser keine Nahrungsmittel bietet. Robinson habe aber einen Vorrat von haltbarem Schiffszwieback aus dem Wrack retten können. Sein Optimierungsproblem besteht jetzt darin,

einen Konsumplan für diese gegebene Menge an nicht erneuerbaren Ressourcen zu finden, der ihm insgesamt (über alle Zeitperioden auf der Insel gerechnet) ein Maximum an Nutzen stiftet. Offensichtlich muß Robinson dazu den Nutzen aus verschiedenen Perioden miteinander vergleichen, und er muß eine Vorstellung darüber haben, wie lange der Vorrat reichen soll. Obwohl er keinerlei Produktionskosten für Schiffszwieback hat, (im Falle Erdöl gilt dies angenähert für saudi-arabisches Öl, das mit weniger als 2 \$/barrel gefördert wird) kann er eventuell nicht einen „Preis“ von Null veranschlagen, was ja eine Nicht-Knappheit signalisieren würde (was gerechtfertigt wäre, wenn das Schiffswrack voller Zwieback wäre und er nur noch kurze Zeit zu leben hätte). Der angemessene Knappheitspreis einer heute konsumierten Einheit muß aus den Nutzenverlusten morgen, wenn diese Einheit nicht mehr zur Verfügung steht, abgeleitet werden. Die Brücke zwischen heute und morgen wird nur über den Ressourcenvorrat  $S$  hergestellt. Die zeitliche Veränderung  $S$  ist über den Konsum  $R$  gegeben.

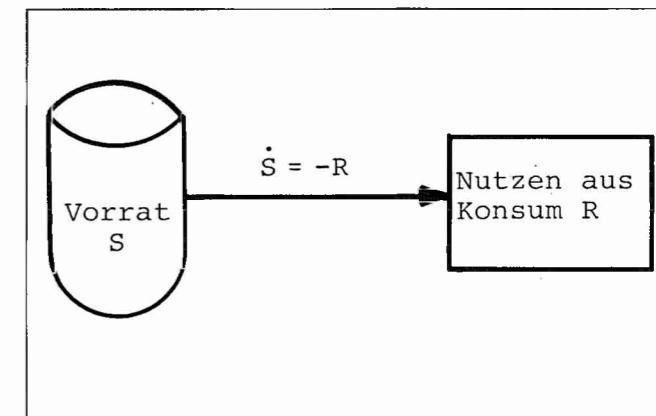


Abb. 1: Problemstruktur I: Ressource ist Konsumgut

Wenn Robinson sicher wüßte, daß er noch genau zehn Jahre auf der Insel zu leben hätte und er den Nutzen aus Konsum in jeder Periode gleich gewichtet, dann ist eine gleichmäßige Aufteilung des Vorrats (jedes Jahr  $1/10$ , jeden Monat  $1/120$  der Erstausrüstung) am besten. Wenn er jedoch mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit pro Jahr rechnet, durch ein Schiff innerhalb seiner Restlebensdauer von zehn Jahren von der Insel gerettet zu werden und er risikoneutral ist, muß er damit rechnen, daß eine zu vorsichtige, d.h. gleichmäßige Konsumstrategie ihn am Anfang nur karg leben läßt, wobei der Restvorrat mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nach der Schiffsrettung für ihn keinen Nutzen mehr hat. Er wird also die künftigen Konsummöglichkeiten geringer gewichten. Die Ökonomen bezeichnen eine solche Nutzengewichtung als Zeitpräferenz. Alleine durch die Möglichkeit einer positiven Zeitpräferenzrate (hier begründet aus der Chance, von einem Schiff gerettet, d.h. vom Ressourcenvorrat unabhängig zu werden) ergibt sich eine Ungleichverteilung des geplanten optimalen Konsums: in der ersten Periode ist der Konsum höher als bei Gleichverteilung und nimmt zum Ende der zehn Jahre ab.

Wenn die Ressource nicht unmittelbar konsumiert werden kann, sondern als Produktionsfaktor in den Produktionsprozess eingeht (z.B. als Energieträger), dann ist die Problemstruktur etwas differenzierter: Das Konsumgut, das Nutzen



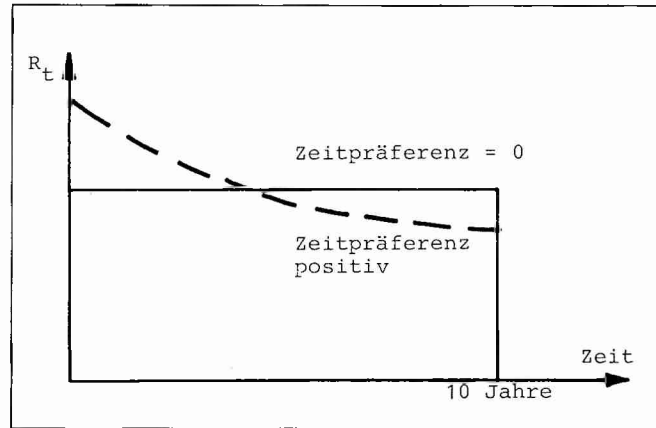


Abb. 2: Optimaler Konsum eines gegebenen Bestands

stiftet, wird beispielsweise mit Hilfe von Kapital (Gebäude, Maschinen, Werkzeuge) und Ressourceneinsatz hergestellt - die Berücksichtigung des Produktionsfaktors Arbeit macht die Argumente nur unnötig komplizierter. Dann hat die Gesellschaft (oder Robinson) zwei Möglichkeiten, durch heutige Entscheidungen die Zukunftsspielräume zu verändern:

- Nichtkonsum ermöglicht eine Erhöhung der Kapitalausstattung morgen, d.h. auch eine höhere Produktion morgen, d.h. Nutzenzuwachs morgen zu Lasten eines Nutzenrückgangs heute.
- Verbrauch einer Ressourceneinheit heute ermöglicht einen höheren Konsum heute zu Lasten der Produktions- und der Konsummöglichkeiten von morgen.

Die Brücke zwischen Gegenwart und Zukunft ist somit in dieser Welt durch zwei Bestände, Sachkapitalausstattung und Ressourcenvorrat, und deren zeitliche Veränderung gegeben. Auch hier ist es optimal, den Ressourcenvorrat über den Planungshorizont voll zu nutzen - bei unendlichem Planungshorizont eventuell mit asymptotisch gegen Null gehenden Mengen.

Anders als im obigen ersten Fall entscheidet nicht allein eine positive Zeitpräferenzrate über die Ressourcennutzung in der Zeit. Jede effiziente Ressourcennutzung muß die sogenannte

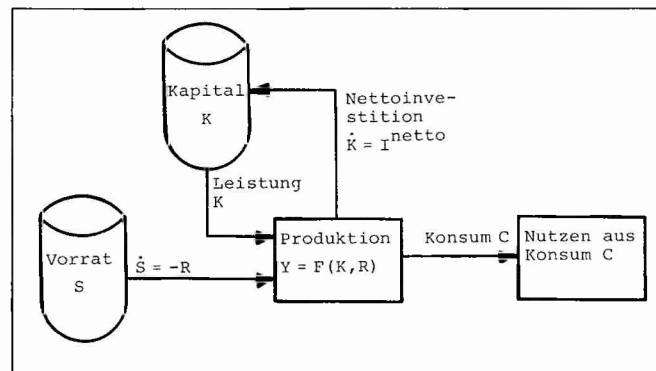


Abb. 3: Problemstruktur II: Ressource ist Produktionsfaktor

Hotelling-Regel erfüllen. Im Kern besagt diese Regel, daß sich die Grenzproduktivitäten von Ressource und Kapital dank der Umwandlungsmöglichkeit einer zusätzlichen Ressourceneinheit

in zusätzliche Kapitalgüter (auf dem Umweg über den Produktionsprozeß) in bestimmter Weise zueinander in der Zeit verändern müssen. Der Optimalpfad ist dann durch die Ressourcenerstausstattung, den Anfangskapitalbestand, den Zeithorizont und die unterschiedliche Nutzensgewichtung in verschiedenen Perioden sowie durch die technischen Substitutionsmöglichkeiten Ressource gegen Kapital (z.B. Öleinsatz gegen bessere Wärmedämmung oder Dreifachfenster) bestimmt.

### Nutzung einer erschöpfbaren Ressource mit Recyclingsmöglichkeit

Die obige bereits hinreichend komplizierte Struktur wird durch die Berücksichtigung von Recycling noch komplizierter. In der Abbildung 4 ist diese Modifikation dargestellt für

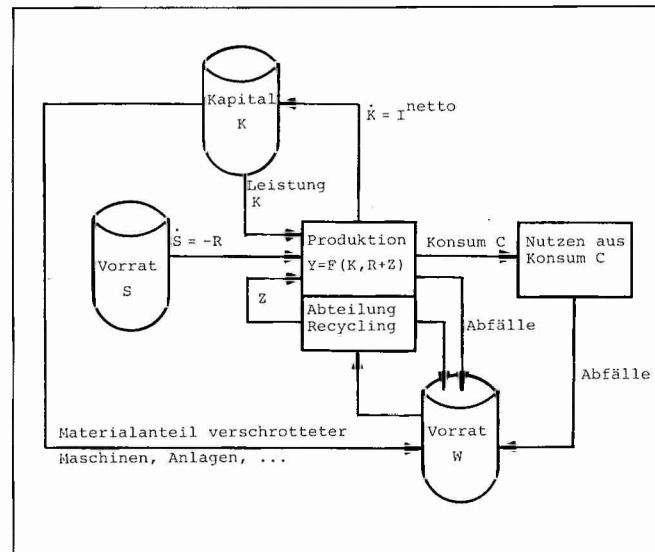
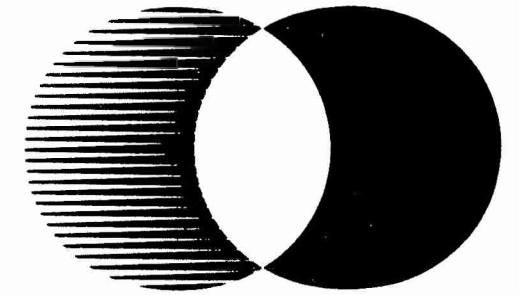
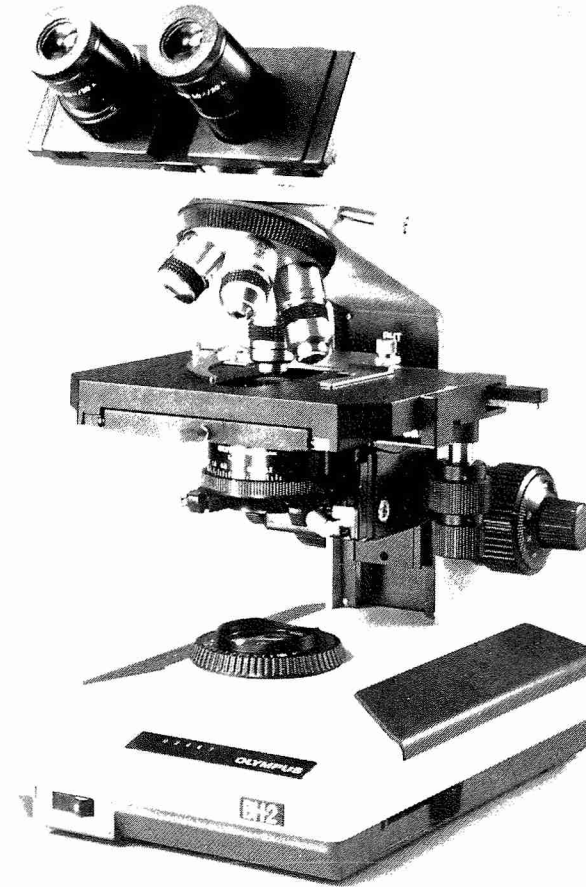


Abb. 4: Problemstruktur III: Ressource ist rezyklierbar

den Fall, daß die Ressource Produktionsfaktor ist. Damit das Problem ganz deutlich wird, unterstellen wir, daß die Ressource mit Null Förderkosten genutzt werden kann (ihr Nachteil ist lediglich, daß sie nur in endlicher Menge verfügbar ist). Recycling hingegen verlangt von der Gesellschaft die Aufwendungen positiver Kosten für Sammeln, Reinigen und Aufbereiten, was Konsumverluste bedeutet. Darüber hinaus gibt es einen „Schwundfaktor“ durch Verdünnung in die Umgebung (was in diesem Abschnitt noch nicht als negative Umweltbelastung empfunden wird!). Ohne diese Annahme wäre die Lösung zu einfach: die Gesellschaft könnte in einer Anfangsphase den gegebenen Ressourcenvorrat leeren und dann mit einem identischen Bestand an Sekundärmaterial auf ewig wirtschaften mit den immer gleichen Mengen.

Gegenüber einem ansonsten identischen Fall ohne Recyclingmöglichkeit kann die Gesellschaft jetzt in jeder Periode mehr Ressource nutzen: eine Einheit ist ja nicht unwiederbringlich verloren sondern nur zu einem Bruchteil als Schwund. Der Nachteil der Nutzung einer Primärressourceneinheit heute besteht darüber hinaus in den höheren Aufbereitungskosten, die in den künftigen Perioden aufzubringen sind.



**MICRO-OPTIC**

**MICRO-OPTIC Janßen-Braje**

Inh. Dieter Janßen-Braje

Am Glockenturm 4  
Postfach 11 19  
2906 Wardenburg/Oldb.  
Tel.: 04 40 / 5 11 2 ☎

**OLYMPUS**  
GENERALVERTRETUNG MIKROSKOPE

**Wir sorgen dafür, daß die Labortechnik jeder Anforderung gewachsen ist.**

Die Heidolph-Gruppe baut leistungsfähige und zukunftsichere Geräte für moderne Labors. Zum Beispiel den MR 2000, den erfolgreichsten Magnetrührer Deutschlands. Oder Reax 2000, den meistgekauften Schüttler, der auch im Design Maßstäbe gesetzt hat. Insgesamt ein Programm, das den Anforderungen moderner Entwicklungs- und Versuchslabors aller Bereiche gerecht wird.

Seit der Inhaber Dr. Ing. R. Zinsser 1952 den stufenlos regelbaren Rührer RZR 1 erfunden hat, kommt der Fortschritt in der Labortechnik von uns. Für unser neues Forschungs- und Entwicklungszentrum in Kelheim ist das die tägliche Verpflichtung zur Innovation. Für unsere Kunden die Sicherheit, daß unsere Geräte jede Aufgabe bewältigen.

**Heidolph**

Heidolph Elektro GmbH & Co.KG · 8420 Kelheim  
Starenstr. 23 · Tel. 094 41 / 707-0 · Telex 0 65 415 d



## Leistet der Markt die effiziente Allokation?

Die obige Modelldiskussion zeigt deutlich, daß beim Ressourcenthema die Aufteilung von Aktivitäten (Ressourcenförderung, Investitionen, Recycling) auf der Zeitachse gesucht ist. Die künftigen Nutzen, d.h. die Nachfrage nach Ressourcen, können in der Realität aus logischen Gründen nur sehr unvollkommen berücksichtigt werden: die potentiellen Nachfrager leben ja teilweise noch nicht. Hier kommen dann die Nachfrageerwartungen aus der Sicht der Ressourcenanbieter als schlechte Näherung zum Tragen: Ein Ölanbieter wie Saudi-Arabien, der noch im Jahr 2050 über große Mengen Öl verfügt, muß mit Zukunftserwartungen über die Entwicklung der Ölnachfrage operieren. Wenn jedoch die Zeithorizonte der Ressourcenunternehmen (z.B. wegen befürchteter Enteignungen wie im Falle der sieben großen Ölförderer 1950 - 1970) kurz sind oder eine hohe Zeitpräferenzrate angelegt wird (eine Enteignung entspricht formal der „Rettung“ von Robinson, die seinen Restvorrat Schiffszwieback wertlos macht) und die Reichweite der Vertragsmöglichkeiten auf Rohstoff- und Kapitalmärkten eher kurz ist, dann muß man befürchten, daß der Markt die optimale Allokation verfehlt. In den genannten Beispielen würde tendenziell zu schnell ausgebeutet mit zu niedrigen Preisen.

Allerdings ist damit noch nicht gesagt, daß die optimale Förderpolitik durch den Staat oder eine andere Institution gesichert wäre! Wenn jedoch die Rohstoffmärkte befriedigend funktionieren, dann ist unter dem Ressourcenstreckungsaspekt die jeweils „richtige“ Rezyklierungsrate auf Märkten für Sekundärmaterial gesichert: Das Kupfer in meinem Fingernagel wird nicht, das Kupfer in einem gebrauchten Kabel wird sehr wohl recycelt.

## Umweltschutz durch Recycling

In der bisherigen Diskussion wurde unterstellt, daß der „Verbrauch“ einer Ressourceneinheit oder der „Schwund“ ohne Probleme für die natürliche Umwelt an die Natur abgegeben werden können. In der Realität ist dies natürlich für viele Typen natürlicher Ressourcen nicht (mehr) der Fall. Wenn man berücksichtigt, daß genutzte Mengen an nicht-energetischen Ressourcen nicht verloren gehen können, dann müssen alle Ressourceneinheiten in einer der drei folgenden Verwendungen landen:

- Emission in die Umwelt,
- Verbringung auf eine Deponie, die jegliche Beeinträchtigung der Biosphäre ausschließt,
- Recycling in einem Wiederaufbereitungsprozeß.

Jede der drei Lösungen bringt Nutzenverluste, d.h. Kosten im volkswirtschaftlichen Sinne, mit sich: Im Fall (a) leiden die Menschen unter schlechterer Umweltqualität und es kommt eventuell zu einer Verschlechterung der Regenerationsfunktionen bei tierischen (Heringe, Kühe, ...) oder pflanzlichen regenerierbaren natürlichen Ressourcen (Getreide, Bäume, ...). Diese Kosten werden im allgemeinen jedoch nicht von den jeweiligen Emittenten (Unternehmen, Haushalte, Staat) zu tragen sein, sondern können ohne rechtliche Regelungen bezüglich des Umweltschutzes auf Dritte abgewälzt werden (NO<sub>x</sub>-Emissionen der Autofahrer, Schwefeldioxidemissionen bei Feuerungsanlagen, ...). Die Deponielösung (b) erfordert die Erschließung einer „sicheren“ Endlagerstätte, Transporte und Einbringung in die

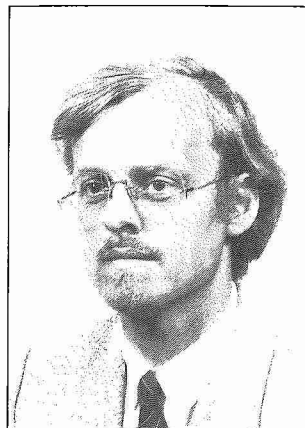
Deponie (daß in der Vergangenheit manche vermeintliche Variante (b) faktisch doch eher (a) entsprach, zeigt die Möglichkeit von Politikversagen in diesem Bereich).

Wenn den einzelnen Wirtschaftssubjekten Emissionen zu Null Kosten gestattet sind, dann werden diese Möglichkeiten von egoistischen individuell-rational handelnden Wirtschaftssubjekten weitestgehend genutzt, d.h. die Nutzenverluste der Variante (a) werden maximal. Die Forderung von Null-Emissionen ist umgekehrt ebenfalls mit hohen Nutzenverlusten verbunden, da dann bestimmte Industrieproduktionen eingestellt, andere um Größenordnungen teurer werden müßten. Es gibt auch hier eine Nutzen-Kosten-Abwägung, um das Optimum zu finden. In einem solchen Optimum muß die Umweltqualität einen (Schatten-)Preis haben, der die Kosten der Vermeidungsstrategien und die Wünsche der Gesellschaft nach Bereitstellung des öffentlichen Konsumgutes „saubere Umwelt“ reflektiert. Dann erhält eine Recycling-Aktivität nicht nur die Gutschrift für das produzierte Sekundärmaterial, sondern eine weitere Gutschrift für netto eingesparte Umweltschäden. In einem Gleichgewicht entspricht diese den Kosten der sicheren Deponie. Wenn nun diese Gutschriften jeweils aus den in der Zeit veränderlichen Knappheiten (bei riesigen Primärressourcenbeständen und einem großen Potential noch sauberer Umwelt sind sie offenbar sehr gering anzusetzen et vice versa) bestimmt werden müssen, läßt sich leicht erkennen, daß hier sehr schnell die analytischen Grenzen einfacher Modelle erreicht werden.

Es läßt sich jedoch zusammenfassend festhalten: Recycling ist umso wichtiger, je

- knapper die Primärressourcenbasis wird
- größer der Bedarf nach dem öffentlichen Konsumgut Umweltqualität ist, der sich in entsprechenden umweltpolitischen Verschärfungen niederschlägt,
- niedriger die Kosten des Recyclings sind (was durch Produktgestaltung, Materialverwendung, getrenntes Sammeln, u.ä. beeinflußt wird).

### Der Autor



Prof. Dr. Wolfgang Ströbele (41), Hochschullehrer für Volkswirtschaftslehre/Wirtschaftstheorie im Fachbereich 4, wandte sich erst nach dem Studium zum Diplom-Mathematiker der Volkswirtschaft zu. Die Promotion 1975 sowie die Habilitation 1982 im Fach Volkswirtschaftslehre an der Universität Hannover stellten die Weichen für eine wissenschaftliche Laufbahn. Unmittelbar nach seiner Habilitation nahm er den Ruf an die Universität Oldenburg an. Schwerpunkte der Forschung - von der DFG und der VW-Stiftung u.a. gefördert - sind Makroökonomik, Theorie natürlicher Ressourcen und Energiewirtschaft.

# Promotionen und Habilitationen 1988

## Promotionen

### FB 1 Pädagogik

RAINER BACHMANN, „Auswirkungen frauenspezifischer Lebensbedingungen auf die berufliche Weiterbildung von Frauen“  
 PETER KRAHULEC, „Antimilitaristische Heimatkunde. Ein friedenspädagogisches Konzept, globales Denken mit lokalem Handeln zu verbinden“  
 MANFRED LENGEN, „Schulrat und Innovation - Handlungsspielräume der unteren Schulaufsicht“  
 KRISTINE VON SODEN, „Die Sexualberatungsstellen der Weimarer Republik 1919 - 1933“

### FB 3 Sozialwissenschaften

HANS-HINRICH KAMMANN, „Religiöse Sozialisation unter Bedingungen fundamentalistisch orientierter Milieus“  
 WALTRAUD KREUTZ-GERS, „Die Reform der Wahlkampf- und Parteienfinanzierung in Kanada - Problemlage, Programmgestaltung, Implementation und Wirkungen“  
 MANFRED RABES, „Suchtprävention in der Schule - Empirische Studie zum Stand suchtpräventiver Arbeit an den Schulen Niedersachsens“  
 OTMAR SEUL, „Das Arbeitermitspracherecht und andere „neue Arbeiterrechte“ in Frankreich aus der Sicht der französischen Gewerkschaften. Theoretische Vorstellungen und Reformpraxis (1982 - 1985)“  
 KARL-HEINZ ZIESSOW, „Ländliche Lesekultur im 18. und 19. Jahrhundert. Das Kirchenspiel Menslage und seine Lesegesellschaften 1790 - 1840“

### FB 4 Wirtschafts- und Rechtswissenschaften

HELMUT AMMAN, „PC-gestützte Systeme der Erfolglenkung. Anwendungsmöglichkeiten und Ausgestaltung für eine qualifizierte Unternehmensführung in Klein- und Mittelbetrieben“  
 DORIS KLAUS, „Konjunkturelle und strukturelle Elemente der Arbeitslosigkeit in der Bundesrepublik Deutschland in den siebziger Jahren“  
 RUDOLF LUERS, „Zum Begriff des Berufs in der Erziehungswissenschaft. Kritik, Analyse und Rekonstruktion“  
 HERBERT SCHULZE, „Organisationsgestaltung und strategische Organisationsanalyse - dargestellt am Beispiel der Krankenhausorganisation“  
 RUDOLF ZWIENER, „Die Einkommensverteilungseffekte der Staatsverschuldung in einer unterbeschäftigten Wirtschaft“

### FB 5 Philosophie, Psychologie, Sportwissenschaft

IRINA VENZKY-STALLING, „Zusammenhänge zwischen dem Aktivationsniveau und Merkmalen des Fixationsmusters bei kognitiver Beanspruchung“

### FB 7 Biologie

THEKLA BURLAGER, „Herstellung von monoklonalen Antikörpern gegen Plasmaproteine und deren Einsatz bei der Reindarstellung des antihämophilin und des von Willebrand Faktors“  
 HANS-UWE DAHMS, „Postembryonic development of Harpacticoida (Crustacea, Copepoda) and its significance for the reconstruction of phylogenetic relation-ships“  
 URSULA GAEDKE, „Analyse experimenteller Daten und Simulationsrechnungen zur Populationsdynamik und Koexistenz von pleagischen Copepoden im Ems-Dollart Ästuar“  
 ULRIKE KANT, MONIKA MICHAELSEN (Gemeinschaftsarbeit), „Verwendung von Keimzahlbestimmungen zur Abschätzung des biologischen Ölabbau. Eine Komponente der biologischen Maßnahmen“

### FB 8 Physik

HANS-GEORG BEYER, „Zur Bestimmung des energetischen Verhaltens regenerativer Elektrizitätsversorgungssysteme unter besonderer Berücksichtigung statischer Charakteristiken des Windes und der Solarstrahlung“

### FB 9 Chemie

DORIS EISMANN, „Beiträge zur Chemie der Monosaccharide: Beiträge zur Chemie der 1,6-Anhydrohexofuranosen und Addition von Nitroalkanen an Kohlenhydrate“  
 GERDA GRUND, „Hydrodynamische Parameter und Stoffaustauschigenschaften in Bläsensäulen mit organischen Medien“  
 KURT KLENKE, „Selektivität der  $\beta$ -Spaltung von Alkylradikalen“  
 SILVIA KUBINIÖK, „Sterische Effekte bei Dismutationen an Chalkogen-Chalkogen-Bindungen: Die ersten Arylselenenylidide“  
 KARL-FRIEDRICH LEISINGER, „Untersuchungen zur Selektivität der En-Reaktion. Messung des kinetischen Isotopeneffekts“  
 HANS-VOLKER ROSEMANN, „Gewinnung von Chemierohstoffen durch Pyrolyse von Klärschlamm - Optimierung der Reaktionsbedingungen und Analytik der Produkte durch Gaschromatographie/Massenspektrometrie“  
 WEDIGO VON WEDEL, „Experimentelle Untersuchungen zur Methanolsynthese in Suspensionsphase und deren kinetische Auswertung“

### FB 11 Sprach- und Literaturwissenschaft

RÜDIGER VOGT, „Gegenkulturelle Schreibweisen über Sexualität“

## Habilitationen

### FB 1 Pädagogik

DR. FRIEDRICH WISSMANN, für das Fachgebiet Pädagogik. Habilitationsschrift: „Schulreform und Personalpolitik am Beispiel des Freistaates Oldenburg von 1919 - 1933“. Vortrag: „Erziehung zum Krieg. Eine Auseinandersetzung mit dem deutschen Bildungsideal“.

### FB 2 Kommunikation/Ästhetik

DR. FREIA HOFFMAN, für das Fachgebiet Musikpädagogik mit dem Schwerpunkt Musikgeschichte. Habilitationsschrift: „Instrument und Körper. Die musizierende Frau und ihre Wahrnehmung in der bürgerlichen Kultur 1750 - 1850“. Vortrag: „Hans Eisler als Musikpädagoge“.

### FB 3 Sozialwissenschaften

DR. MARTIN BARTH, für das Fachgebiet Neuere Geschichte. Kumulative Habilitation. Vortrag: „Namibia im 19. und 20. Jahrhundert. Fragen zur Erforschung und Darstellung seiner Geschichte“.  
 DR. DIETER BRÜHL, für das Fachgebiet Soziologie. Habilitationsschrift: „Armut und Familie in Nordostbrasilien - Eine Untersuchung zum familiären Wandel im Stadt/Land-Vergleich“. Vortrag: „Forscher, Eindringling, Entwicklungshelfer? Zur Identität des Soziologen in einer fremden Welt“.  
 DR. JÜRGEN HASSE, für das Fachgebiet Sozial- und Wirtschaftsgeographie und Didaktik der Geographie. Kumulative Habilitation. Vortrag: „Sozialgeographie an der Schwelle zur Postmoderne - wissenschaftstheoretische Chancen und Risiken“.  
 DR. MARIA SPITTHÖVER, für das Fachgebiet Freiraumplanung. Habilitationsschrift: „Frauen und Freiraum. Zur Beanspruchung öffentlich städtischen Freiraums durch Frauen“. Vortrag: „Flächenstilllegungen und agrarstruktureller Wandel aus freiraumplanerischer Sicht“.

### FB 6 Mathematik

DR. JÜRGEN HAYEN, für das Fachgebiet Didaktik der Mathematik. Habilitationsschrift: „Planung und Realisierung eines mathematischen Unterrichtswerkes als Entwicklung eines komplexen Systems. Dokumentation und Analyse“. Vortrag: „Zur Problematik des Grenzwertbegriffs in der gymnasialen Oberstufe“.

### FB 7 Biologie

DR. JOHANN-WOLFGANG WÄGELE, für das Fachgebiet Zoologie. Habilitationsschrift: „Evolution und Phylogenetisches System der Isopoda“. Vortrag: „Geschichte der südamerikanischen Säugetiere“.

### FB 9 Chemie

DR. ADRIAN SCHUMPE, für das Fachgebiet Technische Chemie. Habilitationsschrift: „Stoffaustausch in Dreiphasen-Bläsensäulen“. Vortrag: „Mikrobielle Polysaccharide: Herstellung, Eigenschaften und Verwendung“.

### FB 11 Literatur- und Sprachwissenschaft

DR. HELGA BRANDES, für das Fachgebiet Neuere deutsche Literaturwissenschaft. Habilitationsschrift: „Die Zeitschriften des Jungen Deutschland - Untersuchungen zur literarisch-publizistischen Öffentlichkeit im 19. Jahrhundert“. Vortrag: „Der literarische Rollenwandel der Frau im 18. Jahrhundert. Vom aufgeklärten Frauenzimmer zur schönen Weiblichkeit“.



## Umweltethik und Umweltpolitik

Ist Ethik gefragt, weil Politik versagt?

Von Horst Zilleßen

Wer die Veröffentlichungslisten der wissenschaftlichen Verlage daraufhin befragt, was gegenwärtig besonders diskutiert wird, muß mit einiger Verblüffung feststellen, daß Ethik „in“ ist. Umweltethik, Wirtschaftsethik, Genethik, politische Ethik - in vielen wissenschaftlichen Bereichen hat Ethik heute Konjunktur, trotz oder vielleicht gerade wegen jener radikalen Ironisierung der Ethik, von der der Philosoph Peter Sloterdijk spricht und für die die praktische Politik beinahe täglich treffende Beispiele liefert. Ethische Orientierung scheint gefragt zu sein in einer Zeit, in der der Mensch zwar fast alles tun kann, was er will, aber längst nicht mehr weiß, was er wollen soll.

Zeigt dieses neue Fragen nach Ethik eine wachsende Einsicht dafür an, daß unsere Gesellschaft für ihren Weg in die Zukunft eine neue Orientierung braucht, oder ist es nur ein eher symbolisches Innehalten, bevor alles so weitergeht wie bisher? Zweifel sind berechtigt, wie die Erfahrung zeigt. Erinnern wir uns: Als Mitte der siebziger Jahre die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des Jahrfünft von 1970 bis 1975 auf 1,7 Prozent zurückgegangen war (von 5,0 Prozent für die Jahre 1960-65 und 4,8 Prozent für 1965-70) und gleichzeitig die ökologischen Folgen des wirtschaftlichen Wachstums mehr und mehr in das öffentliche Bewußtsein drangen, tauchte erstmals die Forderung nach einer gesellschaftlichen Neuorientierung auf. Für einen Augenblick sah es so aus, als ob mit dem Ende des Wirtschaftswunders der Konsum- und Wachstumsrausch verfliegen sei und die bundesdeutsche Gesellschaft nach neuen Zielen suchen würde.

Jedoch, die Forderung nach Neuorientierung blieb politisch ohne Echo - sieht man einmal ab von den am Rande der etablierten Politik sich neu formierenden Gruppen der Alternativen, der Grünen und eines Teils der Bürgerinitiativen. Sie mußte ohne Echo bleiben, weil die Stabilität der politischen wie der marktwirtschaftlichen Ordnung auf Wirtschaftswachstum gegründet war. Zudem waren und sind die aus Parteien und Verbänden hervorgehenden Machteliten in ihren Denkstrukturen und Wertorientierungen so homogen, daß sie sich den neuen Impulsen für die gesellschaftliche Entwicklung in großer Geschlossenheit widersetzen.

Im wesentlichen geht also alles so weiter wie zuvor - mit etwas weniger Wachstum zwar, mit etwas mehr Umweltschutz und Umweltpolitik, auch mit einigen neuen Institutionen wie Umweltministerien in Bund und Ländern oder Umweltdezernaten in den großen Städten. Aber im Konfliktfall siegte weiterhin und siegt immer noch die Ökonomie über die Ökologie, nur die Forderung ist lauter geworden, daß dies nicht so bleiben dürfe.

Dennoch - die Idee, daß die Fortschreibung der Gegenwart möglicherweise keine Zukunft mehr hat, ist nicht völlig verloren gegangen. Sie findet heute einen neuen Ausdruck in den vielfältigen Diskussionen über Fragen der Ethik. Sie sind durch die sich häufenden Umweltkatastrophen und politischen Skandale nur verstärkt, aber nicht erst ausgelöst worden. Der wesentliche Anstoß dazu ging vielmehr einerseits von der prinzipiellen Erkenntnis aus, daß das, was zu tun ist, umso mehr in Frage steht,

je mehr wir wissen und tun können. Es klingt paradox und ist doch unabweisbar: Je größer das Wissen, umso ungewisser der Weg in die Zukunft. Denn mit jedem neuen Wissen steigt die Zahl der möglichen Wege wie auch die Einsicht in die Grenzen des Wissens - nicht zuletzt auch in bezug auf die Folgen unseres darauf gegründeten Tuns. Die Frage der Ethik: „Was sollen wir tun?“ ist die plausible Reaktion auf diese Ungewißheit.

Diese prinzipielle Erkenntnis mußte die Wissenschaft herausfordern, die Frage der Ethik zu ihrem eigenen Thema zu machen. Denn ihre Berufung auf die Freiheit der Forschung erschien vielen Menschen in eben dem Maße als moralisch bedenklich, wie die Ergebnisse dieser Forschung offensichtlich unkalkulierbare Gefahren beinhalteten. So waren es andererseits Wissenschaftler sehr verschiedener Disziplinen, die die ethische Diskussion in Gang und zugleich ein Zeichen dafür setzten, daß sich heute das Problem der Verantwortung in neuer Schärfe stellt.

Es kann kaum überraschen, daß gerade in der Umweltpolitik die ethischen Fragen eine so breite Resonanz gefunden haben. Zum einen zeigt die wachsende Zahl der Umweltprobleme und Umweltkatastrophen der Politik besonders nachdrücklich an, daß bereits Grenzen überschritten worden sind: Grenzen der Belastbarkeit mit Schadstoffen, Grenzen auch des Verantwortbaren gegenüber kommenden Generationen. Zum anderen ist offensichtlich, daß die Zerstörung der Lebensgrundlagen nur aufgehoben werden kann, wenn die vorherrschende Lebensweise des auf den Augenblick konzentrierten Wohlstandsgenusses abgelöst wird durch einen Lebensstil, der die langfristige Überlebensfähigkeit des Gemeinwesens berücksichtigt.

### Distanz von Ethik und Politik

Die Politik freilich stößt hier an eine Grenze, die sie schwerlich wird überwinden können: Wo es um Verhaltensänderungen geht, ist Politik an sich schon nur begrenzt handlungsfähig, kann sie allenfalls steuernde Impulse geben. In diesem Fall ist sie zudem eingebunden in wirtschaftliche sowie von ihr selbst gesetzte Erfolgswänge, da sie die politische Zustimmung über Jahrzehnte hinweg vorwiegend an ökonomischen Erfolg gebunden hat. Welcher Politiker ist bereit, durch seine Politik die nach wie vor geforderte gesellschaftliche Neuorientierung an jener langfristigen Überlebensfähigkeit einzuleiten, wenn er damit sein „Überleben im Amt“ aufs Spiel setzt?

Die Forderung der Politik nach Ethik, nach Umweltethik, folgt also einerseits aus der Erkenntnis, daß in der heutigen Situation mehr gefordert ist, als Politik gemeinhin zu leisten vermag. Sie ist zugleich als unausgesprochenes Eingeständnis zu verstehen, daß die Politik darin versagt hat, die Voraussetzungen dafür zu schaffen, daß das, was umweltpolitisch notwendig ist, auch gesellschaftlich akzeptiert wird. Und sie kann schließlich auch als der Versuch gewertet werden, die politische Ohnmacht gegenüber wirtschaftlichen Zwängen und Machtstrukturen durch



„Die Rolle der von Politik immer stärker betroffenen Bürger ist neu zu definieren“: Greenpeace-Aktion in der Nordsee

Foto: dpa

Änderungen in der gesellschaftlichen Wertskala allmählich zu überwinden. Denn in dem Maße, in dem der Markt umweltfeindliches Verhalten nicht mehr honoriert, steigt die Durchsetzungsfähigkeit der Umweltpolitik.

Die Politik hat sich des Themas der Ethik in eindeutig politischer Absicht angenommen, und daher liegt die Frage nahe, wie ethische Prinzipien überhaupt politisch wirksam werden können, unter welchen Voraussetzungen Umweltethik die Umweltpolitik tatsächlich zu beeinflussen vermag. Die gegenwärtige Distanz von Ethik und Politik wird offenkundig, sobald man sich auch nur einiger ethischer Grundpositionen näher vergewissert. Um nur eine der Grundpositionen hier zu nennen:

Für die Art und den Umfang mit welchen der Mensch sich seiner Umwelt mit Hilfe der Technik bemächtigt, muß die Einsicht maßgebend sein, daß die Fähigkeiten des Menschen begrenzt sind und sein Wissen unvollständig ist. Den Grenzen der Machbarkeit sollte eher eine „barmherzige Skepsis“ als ein „erbarmungsloser Optimismus“ (Hans Jonas) im Verhältnis zur Umwelt entsprechen.

Es leuchtet ein, daß Ethik und Politik nicht zusammenpassen, wo Politik auf die Machtfrage eingeengt wird. Daß es in der Politik um Ziele und Werte geht, ist im öffentlichen Verständnis wie in der die Politik analysierenden Wissenschaft heute in den Hintergrund getreten.

Das Hauptinteresse richtet sich auf das Mittel von Politik, auf Erwerb, Ausübung und Erhalt politischer Macht. Dieses Verständnis von Politik spiegelt nur wieder, was sich in der Politik selbst verändert hat. In dem Maße, in dem Politik zum Einstiegsberuf für Aufsteiger geworden ist, wurde das eigene Fortkommen, der persönliche Erfolg wichtigstes Ziel der Politik oder anders: Der Erfolg in Gestalt des Machterwerbs wird zum Ziel

von Politik. Die Machtfrage ist daher für viele Akteure wie Beobachter der Politik so entscheidend, daß sie die Frage nach dem Ziel von Politik, nach dem „Lebenszweck des Staates“ (Heinrich von Treitschke), die beide über die Interessen des Einzelnen wie der Gegenwart hinausreichen, für wenig zeitgemäß halten.

### Machtprozeß und langfristiges Gesamtinteresse

Die Fixierung der Politik auf das Machtproblem wäre nicht so problematisch, wenn wirklich noch funktionieren würde, was die politische Theorie unterstellt, daß sich das Gesamtinteresse eines Gemeinwesens aus dem geregelten Prozeß der Auseinandersetzung um die Macht „ergibt“. Heute ist nicht nur fraglich, ob das langfristige Interesse unseres Gemeinwesens durch diesen Prozeß noch gewährleistet ist, ob nicht darin vorwiegend die eher kurzfristigen materiellen Interessen der Lebenden zur Geltung gebracht werden. Es ist auch zweifelhaft, ob die aktuellen Interessen annähernd gleichgewichtig berücksichtigt werden.

An dem Machtprozeß können sich fast nur noch die in großen Verbänden gut organisierten Interessen beteiligen. Sie verfügen über die personellen und materiellen Voraussetzungen, um als „Beteiligte Kreise“, wie es in vielen Gesetzen und vor allem auch in der Gemeinsamen Geschäftsordnung der Bundesministerien heißt, dauerhaft und wirksam Einfluß ausüben zu können. Mit dieser Entwicklung sind zwei fatale Folgen verknüpft, die beide den Inhalt von Politik betreffen. Zum einen wird mit der Vorherrschaft der in Verbänden organisierten Interessen das zum Regulativ von Politik, was Götz Briefs das „autonome Verbands-

interesse“ genannt hat. Es ist das von den Interessen der Verbandsmitglieder losgelöste, selbständige Interesse der Verbandsvertreter an einem Erfolg, der die Notwendigkeit der Verbandstätigkeit ebenso nachweist wie die Unentbehrlichkeit der Verbandsvertreter. Mit den langfristigen Interessen des Gemeinwesens hat dieses Interesse wenig oder nichts zu tun.

Zum anderen folgt aus der gegenwärtigen Regelung des Machtprozesses ein ebenso regelmäßiges wie enges Zusammenspiel der Verbände mit allen Ebenen der Verwaltung. Letztere kooperiert mit den etablierten Interessenorganisationen, selbst wenn diese sehr eigennützige Interessen vertreten, weitaus selbstverständlicher als mit Bürgern und Gruppen, die sich um die langfristige Entwicklung des Gemeinwesens sorgen. Der nicht organisierte oder nur in Form einer kleinen Gruppe auftretende Bürger, dem selbst ein Recht auf Information durch die Verwaltung oft nicht zugestanden wird, hat keinen Anteil am Interessenausgleich und also auch keinen Einfluß auf den Inhalt von Politik.

Das nun ist im wesentlichen der Hintergrund, vor dem heute von allen Seiten nach Ethik oder nach einer neuen Ethik gerufen wird. Was jener Ruf letztlich beinhaltet ist die Tatsache, daß Politik nicht weiter weiß, daß die traditionellen Strukturen und Verfahren der gesellschaftlichen Entwicklung nicht mehr völlig gewachsen sind.

Umweltethik ist heute tatsächlich gefragt, nicht nur, aber auch weil Politik versagt. Sie muß insoweit versagen, als wir es versäumt haben, auf die durch die technologische Dynamik bewirkten gesellschaftlichen Veränderungen mit einer „Modernisierung“ der demokratischen Institutionen zu reagieren. Schon die Idee einer solchen Reaktion ist in unserer Gesellschaft nahezu tabuisiert, weil dahinter sogleich linke „Systemveränderer“ vermutet werden, sicher auch deshalb, weil die derzeitigen Inhaber der Macht in Gesellschaft und Politik um Position und Einfluß fürchten. Denn wo die Macht zum Selbstzweck von Politik geworden ist, muß der Verlust derselben um (fast) jeden Preis verhindert werden. Ob jene Furcht berechtigt ist, kann durchaus offen bleiben. Denn es geht hier zunächst und vor allem um das Ziel von Politik: Die langfristige Sicherung einer humanen Ordnung menschlichen Lebens.

## Vorschläge für neue Lösungen

Dieses Ziel entschwindet umso mehr, je länger wir es versäumen, unsere demokratischen Institutionen der zivilisatorischen Entwicklung anzupassen.

Was das hier und heute konkret bedeuten könnte, kann an dieser Stelle nur ansatzweise dargelegt werden:

(1) Die Rolle des von Politik immer stärker betroffenen und für sie im konkreten Fall auch zu engagierenden Bürgers ist neu zu definieren.

Zahlreiche Erfahrungen insbesondere mit geordneten Verfahren der Bürgerbeteiligung zeigen, daß dadurch common sense für die langfristigen Interessen des Gemeinwesens aktiviert werden kann. Die traditionellen Entscheidungsverfahren, bei welchen Bürgerbeteiligung eher dekorative als inhaltliche Bedeutung besitzt, führen - wie das Beispiel der Sondermüllentsorgung zeigt - allzuoft zu einer totalen Blockierung von Entscheidungen. Gerade in der Umweltpolitik wird je länger je mehr deutlich, daß das in Politik und Verwaltung oft noch vorherrschende Obrigkeitendenken nicht mehr zeitgemäß ist. Ohne eine politisch tatsächlich gewollte und vernünftigt organisierte Form der Bür-

gerbeteiligung, die politisches und Verwaltungshandeln für den Bürger durchsichtig macht, werden bestimmte Entscheidungen auf Dauer politisch nicht mehr durchsetzbar sein.

(2) Die Rolle der immer stärker gestaltend und damit politisch handelnden Verwaltung ist neu zu bestimmen.

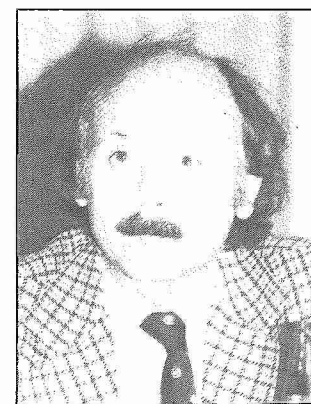
Ihre Aktivitäten und insbesondere ihr Zusammenspiel mit Vertretern von Verbänden und wirtschaftlichen Interessen müssen durchschaubarer, die von ihr vorgenommene Interessenabwägung muß im konkreten Fall erkennbar werden. Zu prüfen wäre, ob es nicht der Zustimmungsfähigkeit der Politik insgesamt nützen würde, wenn die Verwaltung in stärkerem Maße in Vermittlungsprozesse eingebunden würde, wie sie in den USA unter der Überschrift „mediation“ praktiziert werden: Ein als neutral anerkannter Vermittler bringt z. B. in einem Genehmigungsverfahren den Antragsteller, die Genehmigungsbehörde und Vertreter der betroffenen Bürger sowie der Natur- und Umweltschutzorganisationen an den Verhandlungstisch, um ein für alle akzeptierbares Ergebnis auszuhandeln. Amerikanische Untersuchungen belegen, daß dieses Verfahren auch bei schwierigen Standortkonflikten in nahezu 80 Prozent der Fälle zu einem von allen akzeptierten Ergebnis geführt hat.

(3) Angesichts der offensichtlichen Dominanz persönlicher, materieller und kurzfristiger Interessen in der Politik ist die Rolle der Parteien und des Parlaments zu überprüfen.

Politik muß sich stärker an der Lebens- und Überlebensfähigkeit des Gemeinwesens als ganzem (letztlich des Gemeinwesens „Erde“) orientieren anstatt an den Interessen- und Machtkonstellationen seiner Teile, sowohl der Parteien wie der großen Verbände. Deren Rolle im Machtprozeß kann sicher nicht grundlegend geändert, aber sie sollte um ein Element „struktureller Verantwortung“ ergänzt werden. Das bedeutet, es sollte eine Institution geschaffen werden, die bei prinzipiellen und langfristig wirkenden Entscheidungen gegenüber dem Parlament das Recht eines aufschiebenden Vetos besitzt. Bei solchen Entscheidungen, z. B. in der Umwelt- und Technologiepolitik, könnte das Veto mit der Verpflichtung zu einer öffentlichen Diskussion des Für und Wider sowie der Maßgabe verbunden werden, erst durch eine daran anschließende erneute Abstimmung im Parlament aufgehoben werden zu können. Der auf diese Weise verstärkte Rechtfertigungszwang würde zugleich die Verantwortlichkeit parlamentarischer Entscheidungen erhöhen.

\*

## Der Autor

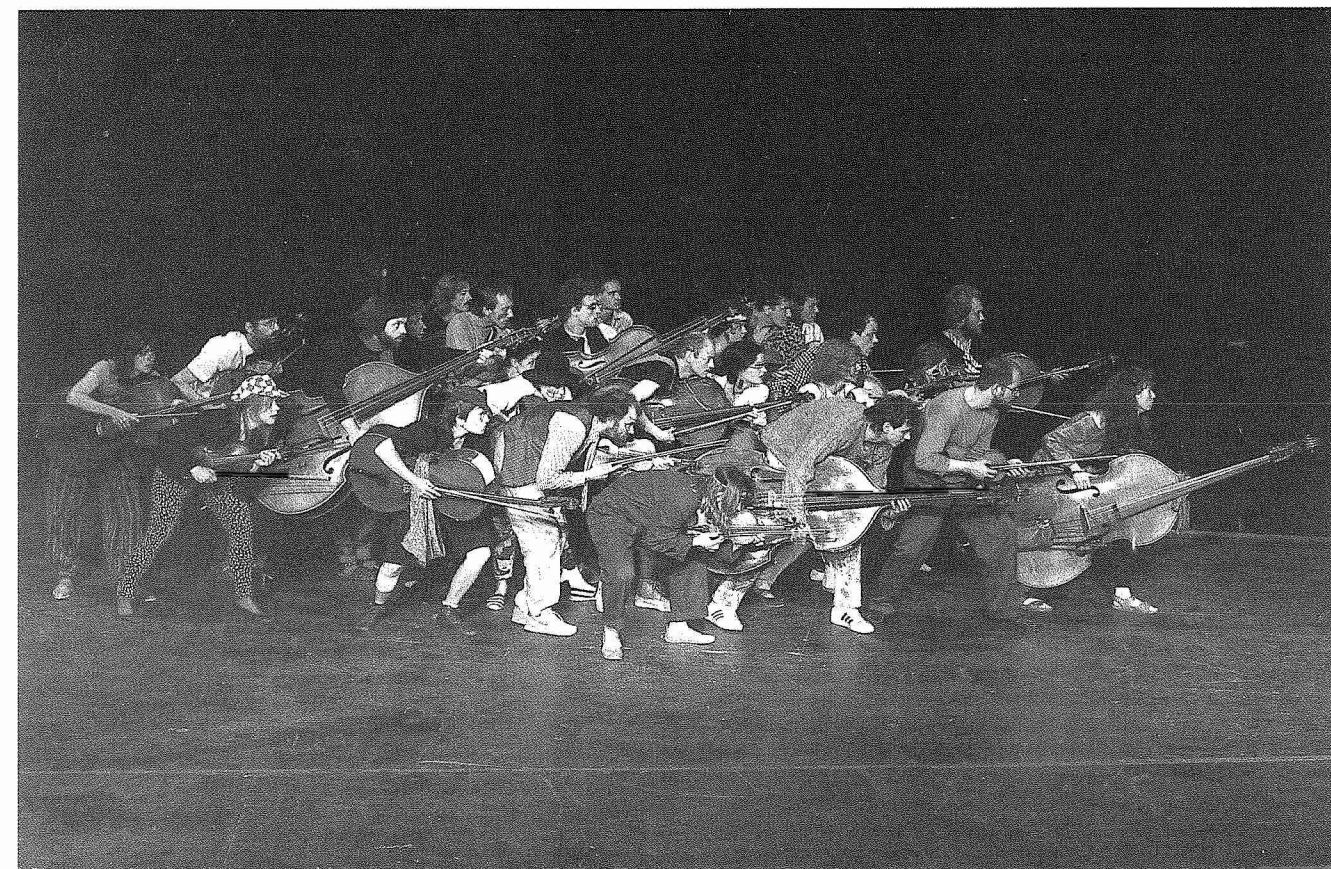


Prof. Dr. Horst Zilleßen (50), Hochschullehrer für Umweltpolitik und Umweltplanung, war nach seinem Studium der Politikwissenschaft in Köln zunächst Mitarbeiter am Sozialwissenschaftlichen Institut der Evangelischen Kirche im Rheinland (Velbert). Danach übernahm er die Leitung des Sozialwissenschaftlichen Instituts der EKD in Bochum. Von 1980 bis 1986 fungierte Zilleßen als Präsident der Universität Oldenburg. Veröffentlichungen vor allem zu Fragen der politischen Ethik, der Partizipation (insbesondere von Bürgerinitiativen) sowie der Umwelt- und Energiepolitik.

# Musikwissenschaft

## Von der Kindercombo zum Ersten improvisierenden Streichorchester

Von Wolfgang Martin Stroh



Das „Erste improvisierende Streichorchester“, ein mittlerweile professionelles Produkt der alternativen workshop-Szene ist - auch in der Art seines Auftritts - noch immer „alternativ“ geblieben, was offensichtlich Konzertveranstalter und Fernsehproduzenten besonders reizt.

Die einfachen und alltäglichen Fragen bringen die moderne Wissenschaft am meisten ins Schwitzen! Im Zeichen einer Verknappung der Finanzmittel im kulturellen Bereich möchte es sich die Öffentlichkeit beispielsweise nicht mehr leisten, Probleme, die im Grunde musikpsychologischer Art sind, durch kostspielige „trial and error“-Methoden zu lösen. So fragt sie danach, wie festgestellt werden kann, ob Kinder hinreichend motiviert sind für (kostspieligen) Instrumentalunterricht, oder ob es sich lohnt, eine Musikgruppe zu unterstützen. Auch die Musikpädagog/innen und die Mitglieder von Musikgruppen stellen sich diese Fragen: wann und wodurch bin ich erfolgreich, komme bei Schüler/innen oder beim Publikum an?

Laborexperimente sind zur Beantwortung solcher Fragen denkbar ungeeignet. Die Beiträge, die die experimentelle

Motivationsforschung zu praktischen Fragen bisher leisten konnte, sind sehr bescheiden. Ein Ergebnis dieser geringen Ausbeute ist, daß heute wieder die Neigung verbreitet ist, die Frage nach Vorhandensein und Weiterentwicklung der Motivation (also eine auf Dynamik zielende Frage) durch die Frage nach Begabung und „Musikalität“ (also eine eher statische Frage nach einem Ist-Zustand) zu ersetzen.

Es zeigt sich immer mehr die Notwendigkeit, Forschungsdesigns zu entwickeln, die dort, wo Menschen „wirklich“ musikalisch tätig sind, musikpsychologische Fragen untersuchbar machen. Grob gesagt handelt es sich um Bestrebungen, Forschungserfahrungen aus der „unterrichtsnahen“ Pädagogik für die moderne Musikpsychologie nutzbar zu machen. Voraussetzung eines solchen Forschungsdesigns ist es, daß hinreichend



innovative, eben „experimentelle“ Musikpraxisfelder geschaffen und in ihrer gesamten, meist recht komplexen Entwicklung möglichst objektiv beobachtet und interpretiert werden. Die Oldenburger Musikpsychologie hat in den vergangenen Jahren in gewisser Anlehnung an die Oldenburger Musikunterrichtsforschung einige derartige Forschungsvorhaben durchgeführt. Von zwei zur Zeit laufenden Projekten soll im folgenden die Rede sein.

## Die Oldenburger Kindercombo

Zahlreiche statistische Untersuchungen (zuletzt eine in Hannover an 1435 Jugendlichen durchgeführte Untersuchung von Walter Scheuer) ergeben immer wieder, daß ein ganz hoher Prozentsatz von Jugendlichen gerne ein Musikinstrument spielen würden, es aber (obgleich sie sich oft eines angeschafft haben) nicht tun. Offensichtlich gibt es eine Art Motivation, die aber entweder nicht ausreicht oder nicht geeignet ist, daß der Jugendliche tatsächlich spielt (und übt). Man geht landläufig davon aus, daß bei Jugendlichen, die gerne spielen wollen und es nicht tun, die Motivation nicht ausreicht, also quasi zu klein ist. Dieser Annahme liegt wiederum die (unausgesprochene) These zugrunde, es gebe „die“, d.h. eine einzige Art von Motivation fürs Instrumentalspiel.

Das Oldenburger Projekt „Kindercombo“ stellt die letztgenannte These in Frage und läßt die Möglichkeit offen, daß der empirisch beobachtbare Mißerfolg Jugendlicher darauf zurückzuführen ist, daß es ganz unterschiedliche Motivationen fürs Instrumentalspiel gibt und ein Scheitern in der Mißachtung dieser Tatsache seine Ursache hat. Das Forschungsdesign geht von der - hier etwas vergrößert wiedergegebenen - These aus, daß es zwei unterschiedliche Motive bei Kindern und Jugendlichen gibt, ein Musikinstrument spielen zu wollen: einmal ein eher „individuelles“, zugleich musikbezogenes Motiv, zum andern ein auf die musikgeprägte Jugendkultur bezogenes, also weitgehend musikspezifisches Motiv. Der heute weitverbreitete Instrumentalunterricht geht vom Vorhandensein des ersten Motiv-Typs aus, während angenommen wird, der zweite Motivtyp könne - gegebenenfalls - aus dem ersten heraus im Verlauf des Unterrichts entwickelt werden. So sehen die Musikschulen Kinder-Bands, -orchester, oder -Musikgruppen stets als „Anwendung“ des im Instrumentalunterricht zuvor Erlernenen, nicht als Lernfeld selbst. So sind (halb)öffentliche Vorführungen und Konzerte meist ein Zurschaustellen, wenn nicht sogar eine leistungsorientierte, streßerzeugende Überprüfung des im Einzelunterricht Erarbeiteten.

Die „Kindercombo“ dreht die Rang- und Reihenfolge von Einzelunterricht und Musikgruppenspiel bzw. Vorführung bewußt um. Sie möchte dabei sehen, ob nicht viel eher dem Instrumentalunterricht Erfolg beschieden ist, wenn er beim zweitgenannten Motiv-Typ (der musikspezifisch auf die musikgeprägte Jugendkultur gerichtet ist) ansetzt und versucht, im Laufe der Lernaktivität aus diesem Motiv heraus das erstgenannte, musikbezogene zu entwickeln. Konkret heißt das: Es werden Kinder zu einer „Kindercombo“ zusammengefaßt, die keine Lust haben, sich einem üblichen Instrumentalunterricht zu unterziehen. Die Kinder sollen Lust haben, gemeinsam eine „richtige“ Musikcombo zu bilden und entsprechend aufzutreten. Gruppenfeeling und Ernstfallcharakter sollen zunächst im Vordergrund stehen. Das Üben am Instrument soll „von selbst“ kommen.

Ohne alle Einzelheiten des Forschungsdesigns zu beschreiben, sei hier kurz erwähnt, daß das Projekt „Kindercombo“ weitgehend der Arbeit im „Block 0“ der Bielefelder Laborschule

nachgestaltet ist, wo beispielsweise die Motivation zum Rechenunterricht aus der Notwendigkeit, beim Bäcker fürs zweite Frühstück einzukaufen, heraus entwickelt wird. Ähnlich dem gezielten Aufnahmeschlüssel der Bielefelder Schulprojekte wurde die erste Oldenburger Kindercombo aus Kindern im Alter von acht Jahren zusammengesetzt, die den „normalen“ Weg der Instrumentalerziehung (Musikalische Früherziehung/Einzelunterricht an Blockflöte, Klavier oder Geige) abgebrochen hatten, ohne die Freude an der Musik zu verlieren. Im ersten Vierteljahr der Combo-Arbeit wurde zunächst das Gruppen-Feeling geschaffen, wozu auch äußere Symbole und eine Art öffentlicher Show (mit Bühne, Verkleidung, Lichteffekten ... und natürlich Musik) dienen. Erst als alle Kinder klar und deutlich das Bewußtsein hatten „wir sind eine Combo“, setzte behutsam Kleingruppenunterricht und instrumentales Üben ein.

Einige erste Ergebnisse von 18 Monaten Kindercombo seien genannt: Die Kinder hatten trotz ihrer „nur“ acht Jahre Alter schon eine ausgeprägte Vorstellung von Rockmusik, die nichts oder wenig mit dem zu tun hat, was sie bisher in Unterricht und Schule an „musikpädagogischer Musik“ vorgesetzt bekommen haben. Die Kindercombo erwies sich für die 8-Jährigen als eine Möglichkeit, an einem Bereich der „Großen“ teilzunehmen, von dem die Musikpädagogik sie bisher ferngehalten hatte. Die ersten selbstgemachten Texte ließen nicht nur den Weihnachtsmann Rock'n'Roll tanzen, sondern zeigten auch schon jugendkulturelle Identifikationsmuster. Ein typischer (selbstgemachter) Liedanfang lautete: „Ich bin der Elvis Presley und rase durch die Stadt!“ Durch die Verstärkung des Instrumentalunterrichts in der zweiten Jahreshälfte entstabilisierte sich der musikbezogene Gruppenzusammenhalt, was sich vor allem auf der Ebene rhythmischer De-Koordination hör- und bemerkbar machte. Der Blick auf das jeweils „eigene Instrument“ verstärkte latentes Konkurrenzverhalten innerhalb der Gruppe und minderte auch die Qualität der Vorführungen. Nach der Sommerpause hat das Team der an dem Projekt „Kindercombo“ Beteiligten (drei lehrende Musiker/innen und ein Beobachter) daher beschlossen, den Prozeß der Individualisierung wieder etwas zurückzunehmen. Ganz offensichtlich hatte sich die Gruppe nach vier bis fünf Monaten noch nicht hinreichend stabilisiert.

Insgesamt hat sich die Kindercombo bei acht von elf Kindern, die alles „Abbrecher“ im herkömmlichen Musikausbildungssystem gewesen sind, gut bewährt. Die Kinder sind weiterhin dabei, sind stolz auf „ihre“ Combo und fühlen sich, bereits an der Grenze narzißtischen Größenwahns, als so gut wie ausgereifte Profi-Musiker. Es war daher im 2. Jahr eine gewisse „Durststrecke“ zu überwinden, die dadurch entstand, daß sich das Spiel auf Musikinstrumenten als schwieriger erwies als das Wort und die Vorstellung von „Spiel“ vermuten läßt. Inzwischen haben sich einige erstaunliche qualitative Sprünge im instrumentalmusikalischen Bereich ereignet. Beispielsweise hat ein Junge, der bis heute so gut wie nie zu Hause geübt hat, nach mehr als 12monatiger Zeit extremer rhythmischer Unsicherheit innerhalb kürzester Zeit sich zur rhythmischen Stütze der ganzen Gruppe entwickelt.

## Das Erste improvisierende Streichorchester

Die meisten Oldenburgerinnen und Oldenburger dürften das Erste improvisierende Streichorchester aus Konzerten, vom Fernsehen oder Funk oder doch vom Hörensagen her kennen. 1984 an der Universität gegründet, nahm dies Orchester



Konzert der Kindercombo in der Universität: Am Rande narzißtischen Größenwahns?

als „Welteinmaligkeit“ einen kometenhaften Aufstieg im Zwischenbereich zwischen alternativer und etablierter Musikszene. Heute kann das Ensemble auf eine Serie von 60 Konzerten (darunter einige „Stadtmusiken“ als „Kompositionsauftrag“) und ein überwältigendes publizistisches Echo verweisen.

Für Oldenburg ist das Erste improvisierende Streichorchester aber auch als ein Forschungs-Projekt der Universität von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Die musikalische Improvisationsforschung in Oldenburg hat eine lange und weltweit beachtete Tradition. Dazu ist gut zu wissen, daß heute Improvisation in der Musik in unterschiedlicher Form vorkommt: Erstens als Prinzip innerhalb der avantgardistischen Kunstmusik des postseriellen Stadiums nach 1965; zweitens - vor allem durch Frau Dr. h.c. Meyer-Denkman in Oldenburg entwickelt - in Anlehnung an avantgardistische Musizierprozesse im Rahmen der elementaren Musikerziehung; drittens im Bereich des Jazz teils als formelhaft gebundener Solodarbietung, teils als experimenteller „Free Jazz“-Vorführung. (Die außereuropäischen Improvisationsformen wurden in Deutschland meist in dies Spektrum der drei Möglichkeiten integriert.)

Anfang der siebziger Jahre wurde von Oldenburg ausgehend die Improvisation in die allgemeinbildende Schule getragen. Ende der siebziger Jahre wurde diskutiert, ob und wie Jazz und Rock auch praktisch in der Musikerziehung an allgemeinbildenden Schulen umgesetzt werden können, was wiederum Konsequenzen für die Lehrerausbildung hatte. Der Schulbezug der Oldenburger Improvisationsforschung verdeckte zunächst ein Grundproblem der musikalischen Improvisation: Während - vereinfacht gesagt - die Improvisierenden „gut drauf“ sind und ihrer musikalischen Tätigkeit einen hohen individuellen Stellenwert beimessen, ist die Zuschauer- und hörschaft eher gelangweilt, verwirrt oder abgestoßen. Da das Improvisieren nicht so sehr aufgrund der entstandenen Töne und der „musikalischen Logik“ des Klangergebnisses, sondern mehr aus einer Selbsterfahrungsperspektive der Musikerinnen und Musiker gesehen

wird, bleibt der hörende Nachvollzug des Improvisierten hinter der offensichtlichen Intensität der musikalischen Tätigkeit der Ausübenden weit zurück. Diese Diskrepanz führte dazu, daß Improvisation im Jazz immer formelhafter (weniger „free“) und damit nachvollziehbarer und aus der Rockmusik im Laufe der siebziger Jahre sogar vollständig eliminiert wurde.

Im Ersten improvisierenden Streichorchester wird versucht, ein Modell „hörbarer“ improvisierter Konzertmusik zu entwickeln. Die Entwicklung eines solchen Modells konnte nur in langjähriger Zusammenarbeit zwischen Musiker/innen und Publikum entstehen. Jedes Konzert des Orchesters ist ein empirisches Experiment, dessen Programmablauf eine Art Hypothesenkatalog ist. Immer wieder werden neue Musikstücke (= Hypothesen) entworfen, die das Verhältnis von Selbsterfahrung der Improvisierenden und Hörerfahrung des Publikums neu definieren. Die Orchestermitglieder führen nicht nur die Diskussionen um die Programmgestaltung und die jeweiligen Auswertungen (anhand von Ton- und Videoaufnahmen) im vollen Bewußtsein des „hypothetischen Charakters“ der Konzerte, sondern spielen auch im Konzert selbst als Experimentatorinnen und Experimentatoren. Sieht man aus der Sicht der Universität einmal von den vielen organisatorischen Problemen ab, die ein solches Projekt hat, das sich voll im Überlebenskampf des bundesdeutschen Musikbetriebs befindet, so hat sich im Laufe der vier vergangenen Jahre eine große Zahl interessanter Aspekte der Ausgangsproblemstellung ergeben:

Das musikalische Ergebnis der improvisierenden Gruppe wird fürs Publikum umso akzeptabler, je mehr die Gruppenmitglieder ihre individuellen Handlungen genau nach dem Gesamttablauf auszurichten in der Lage sind. Im herkömmlichen Sinfonieorchester wird diese Ausrichtung durch die in Stimmen ausnotierte Komposition und das Dirigat bewerkstelligt. Die frei agierende Gruppe muß dazu ein selbstregulierendes Verfahren entwickeln, das im Ersten improvisierenden Streichorchester als „kollektiver Impuls“ bezeichnet und geübt wird. Dieser „Impuls“ zeigt sich

äußerlich dadurch, daß die Gruppenmitglieder oft auf unerkennbare Weise gemeinsam agieren. Er beruht auf einer Präsenz aller Sinne (Ohr, Auge, Raumorientierung, Tast- und Geruchssinn) und einem großen Repertoire an Erfahrungen über Bewegungsabläufe einer Gruppe auf der Bühne.

Hiermit steht in Zusammenhang, daß sich das szenisch-theatralische Element des Konzertauftritts zunehmend zu einem musikalischen Mittel der Kommunikation und Sinnstiftung entwickelt hat. Bei Zurücknahme der äußeren Theatralik und Clownerie konnte die Sinnhaftigkeit gesteigert und als Folge davon die Konzertsituation erhöht werden.

Als weiteres Ergebnis der fast fünfjährigen Projektarbeit kann festgehalten werden, daß die vorgeführte Improvisation umso verständlicher und akzeptabler wird, je mehr sich die musikimmanente Ziele der Improvisierenden in allgemeinkommunikativen aufheben. Kollektiver Impuls und Sinnhaftigkeit des Szenisch-Theatralischen beruhen dabei weitgehend auf einer gewandelten Einstellung der Musikerinnen und Musiker zu ihrem Instrument. Je mehr das Musikinstrument dem Spielenden als Körperteil erscheint, von ihm als Verlängerung der Gliedmaßen und der inneren Organe verstanden wird, umso ausdrucksvoller wirkt die Vorführung. Zahlreiche Körperübungen und technische Hilfsmittel haben die Orchestermitglieder allmählich zu einer Veränderung ihrer Einstellung gegenüber dem Streichinstrument geführt. Während üblicherweise die Kontrolle über das Instrumentalspiel so verläuft, daß das Ohr den vom Instrument erzeugten Ton wahrnimmt und ihn mit der Klangvorstellung (im schlimmsten Fall auch - ohne Klangvorstellung - mit dem Notenbild) vergleicht, erfolgt beim Musikinstrument als Körperteil die Kontrolle direkt über die Körperbewegung.

Stichworthaft seien noch einige Untersuchungsperspektiven genannt, die bereits ausgearbeitet worden sind: Mitbestimmung innerhalb der Gruppe und deren Auswirkung auf dem Konzertpodium; Verhalten von Männern und Frauen; Motive der Orchestermitglieder, insbesondere Erwartungen an Improvisation; Langzeitstudien über die Entwicklung konkreter Improvisationskonzepte und einer Eigenschaft, die als „Qualität“ zu definieren wäre.

## Fazit aus beiden Projekten

Befragungen bei den Mitgliedern des Ersten improvisierenden Streichorchesters haben ergeben, daß so gut wie alle Streicher/innen, die auf improvisierte Musik „umsteigen“, dies aufgrund einer gewissen Frustration, Hilflosigkeit oder sonstiger Kritik an „klassischem Streicher/innenspiel“ tun. Streicher/innen, das zeigen alle empirischen Untersuchungen, sind zunächst einmal mit klassischer Musik sozialisiert und können fast immer nur „nach Noten“ spielen. Der Wunsch, improvisieren zu können, geht dann aus einer Frustration an dieser klassischen Art Musikausübung (dem „gebundenen“ Spielen, der klassischen Art Musik, dem etablierten Musikleben etc.) hervor. Die Mitglieder des Ersten improvisierenden Streichorchesters sind somit, genau wie die Kinder der Kindercombo, so etwas wie „Aussteiger“ oder „Abbrecher“ - natürlich auf künstlerisch hohem Niveau!

Das erfolgreiche Arbeiten beider Gruppen bestätigt daher die Annahme, daß die Motivation, ein Instrument zu erlernen und zu spielen, sich aus zwei Motiv-Typen zusammensetzt (einem musikspezifischen und einem musikunspezifischen), und daß erfolgreiche musikbezogene Lernprozesse und erfolgrei-

ches Arbeiten eines Orchesters davon abhängen kann, daß beide Motiv-Typen explizit berücksichtigt werden. Es scheint sogar eine Hierarchie zu geben: setzt man mit Tätigkeiten an, die das musikspezifische Motiv realisieren (also der jugendkulturell geprägten Gruppen-Feeling-Bildung bzw. der theatralisch-szenisch orientierten Körper- und Impulsarbeit), so wird sich dies Motiv im Verlauf der Arbeit zum ändern, dem musikspezifischen weiterentwickeln.

Diese Beobachtung ist dazu angetan, die heute vorherrschende Musikerziehung auf den Kopf zu stellen und den Prozessen anzunähern, die nicht „Musikerziehung“ genannt werden, vom Ergebnis her betrachtet aber Musikerziehung sind: der usuellen Übergabe von musikalischem Know-How in Kulturen, die Musik nicht von der allgemeinen Reproduktion des Lebens getrennt haben, dem Lernen von (Volks-)Liedern in sozialen Gruppen usw. Die musikpsychologischen Beobachtungen an der Kindercombo und dem Ersten improvisierenden Streichorchester treffen daher, wenn man sie ernsthaft zu Ende denkt, einen Nerv unserer Musikkultur, die eine Musikerziehung vom Leben ablösen und institutionalisieren mußte, bis hin zur „praxisnahen musikpsychologischen Forschung“, die an Universitäten betrieben wird und den Unsinn dieser Trennung wissenschaftlich nachweist.

Bezeichnend für praxisnahe musikpsychologische Forschung ist der Ernstfallcharakter der Forschungsprojekte und deren Finanzierung: Beide Projekte sind zu allererst künstlerische, kulturpolitische und pädagogische Einrichtungen, die „benutzt“ werden können. Die Nutznießer/innen sind dabei bereit, Eintrittsgelder oder Gebühren zu bezahlen. Kommunen und Bezirksregierung, ja Sparkassenstiftungen geben bisweilen eine „Spende“ des über einen gemeinnützigen Verein formell abgesicherten Forschungsprojekts. Diese Art Zweit- oder Drittmittel fließen also nicht für das Forschungsergebnis, sondern den Nutzen, den der Forschungsprozeß der Öffentlichkeit erbringt. Die Öffentlichkeit hat also einen ganz direkten Einfluß auf den Forschungsprozeß, nicht allein durch Beifallsbekundungen für künstlerische Produkte, sondern auch durch ad-hoc-Förderung des „laufenden Betriebs“. Ich glaube, daß kaum ein Forschungsvorhaben der Universität mit Ausnahme des Forschungs-Großprojekts „Modellversuch Einphasige Lehrerausbildung“ einer derart öffentlichen Kontrolle unterliegt wie derartige Projekte praxisnaher musikpsychologischer Forschung.

### Der Autor



Prof. Dr. Wolfgang Martin Stroh (47), Hochschullehrer für Systematische Musikwissenschaft, studierte Mathematik, Physik und Musikwissenschaft in Erlangen, München und Freiburg. Nach seiner Promotion im Jahr 1972 nahm er 1978 den Ruf nach Oldenburg an. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Psychologie musikalischer Tätigkeit, Elektronische Musik und Regionale Amateurmusik. Er ist Initiator der Alternativen Musikschule Oldenburgs, Mitglied in „Brain & Body“, (Computerimprovisation) und Mitinitiator des Ersten improvisierenden Streichorchesters. Diese Aktivitäten dienen einer emanzipatorischen Musikerziehung.

# Biologie

## Schwerpunkt Zellbiologie

Die Organisationsform des Lebens ist die Zelle. Diese, im vorigen Jahrhundert erstmals gewonnene Erkenntnis ist durch die gesamte biologische Forschung unseres Jahrhunderts vertieft und auf alle Organismen erweitert worden. Gerade die Molekularbiologie, die unserem Einblick in die elementaren Lebensvorgänge eine völlig neue Dimension gegeben hat, hat wiederum die Zelle als Grundform biologischer Organisation bestätigt. Sie ist die Einheit biologischer Strukturen und Funktionsabläufe, und dies dokumentiert sich im einzelligen Mikroorganismus, in vielzelligen höheren Lebewesen und letztlich auch in dem globalen Geflecht biotischer und abiotischer Prozesse unseres Planeten.

So ist es dann nicht verwunderlich, daß die großen biologischen Entdeckungen der vergangenen Jahrzehnte fast ausschließlich in der Zellbiologie gemacht wurden und daß dieses Arbeitsgebiet heute zum größten und dynamischsten innerhalb der Biologie geworden ist. Die gegenwärtig international stattfindende Konzentration der biologischen Forschung auf die Zellbiologie wird zu einem umfassenden Verständnis der Lebensvorgänge führen. Gleichzeitig ist die zellbiologische Forschung dadurch aber auch zum Hoffnungsträger verschiedener gesellschaftlicher Bereiche geworden. So erhofft sich die Medizin von ihr neue Möglichkeiten der Vorbeugung und Heilung, die Wirtschaft und Industrie neue Formen der Produktion und die Öffentlichkeit die Erhaltung der Umwelt. Eine kritische Auseinandersetzung mit ihren Möglichkeiten ist deshalb zunehmend wichtig. Für Zellbiologen und Zellbiologinnen eröffnen sich damit weite Berufsfelder. In jedem Fall aber müssen sie über fundiertes Wissen auf den verschiedenen Gebieten der Zellbiologie, die Prokaryoten wie Eukaryoten umfaßt, verfügen; Wissen, wie es nur von aktiv auf diesem Gebiet forschenden Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern im Rahmen des Bildungsangebotes einer Universität vermittelt werden kann.

Unter diesen Gesichtspunkten haben sich kürzlich die Arbeitsgruppen Genetik, Mikrobiologie, Neurobiologie und Zoophysologie der Universität Oldenburg zum Schwerpunkt Zellbiologie zusammengeschlossen. Sie werden das zellbiologische Studium gemeinsam koordinieren und intensivieren mit dem Ziel, konkurrenzfähige Diplom-Biologen für ein sich international dynamisch entwickelndes Forschungsgebiet auszubilden. Das Potential der vier beteiligten Arbeitsgruppen in Forschung und Lehre an prokaryotischen und eukaryotischen Zellen legt dazu den Grundstein. Die Mitglieder der Zellbiologie werden ihre Theorie- Lehrveranstaltungen inhaltlich verzahnen, werden ein gemeinsames Kolloquium einrichten, ein integriertes Praktikum konzipieren und ihre zukünftige Forschungsplanung unter Beibehaltung sinnvoller Selbständigkeit konzertiert auf den zellbiologischen Schwerpunkt abstimmen. Grundlage dafür ist die in internationalen Fachorganen dokumentierte wissenschaftliche Produktivität der Arbeitsgruppen, ihre vielseitigen internationalen Kooperationen und ihre erworbenen Drittmittel, die bereits jetzt schon einen großen Teil der Drittmittel des Fachbereichs Biologie ausmachen. Gemeinsame Forschungsprojekte sind in den Bereichen zelluläre Signalwirkung, Stoffwechselstörungen und gentechnologische Sicherheitsforschung geplant. Die Breite der in Oldenburg vertretenen zellbiologischen Forschung soll darüber hinaus genutzt werden, um neue methodische Verfahrensweisen für zukünftige Forschungsziele zu entwickeln.

Die folgenden vier Artikel sollen einen Einblick in laufende zellbiologische Forschungsvorhaben der vier Arbeitsgruppen geben.

Die Arbeitsgruppen des Schwerpunktes Zellbiologie

Zellbiologische Forschung im Nervensystem:

## Die Retina: Pforte zum Gehirn

Von Reto Weiler

In einem Ausmaß wie nie zuvor ist unser Wissenszuwachs das Resultat visueller Wahrnehmungen, wird unser Wissen in der Schule des Sehens erworben. Die Qualität des Sehens setzt wie keine andere Sinnesqualität das Maß unserer Erkenntnis. Die Netzhaut oder Retina ist damit die wichtigste Pforte zum Gehirn. Dieses Verständnis der Retina nimmt seinen Anfang im Mittelalter. Bis dahin hatte Platons Idee, daß die Welt durch einen Strahl des Auges abgetastet wird, die Denkschulen beherrscht. Mit der ersten physikalischen Theorie der Bildentstehung auf der Retina durch Johannes Kepler wird die Netzhaut schließlich endgültig als Anfang unserer visuellen Erfahrung erkannt. Sehen bekommt damit eine Doppelbedeutung: Sehen als ein im visuellen System ablaufender Prozeß und Sehen als ein bewußter Vorgang des Denkens und unserer Vorstellung.

Es ist dann im weiteren die Entwicklungsbiologie, die die Funktion der Retina als Pforte zum Gehirn auf das Überzeugendste bestätigt: die Netzhaut wird tatsächlich vom Gehirn angelegt und während der Ontogenese an die Peripherie verlagert, bleibt aber mit dem Gehirn über den optischen Nerv für immer direkt verbunden. Dadurch erhält in der sich jetzt entwickelnden Hirnforschung der Begriff „Pforte zum Gehirn“ eine neue Dimension: Als ein peripherer Hirnteil eignet sich die Retina besonders zur Erforschung der Gehirnfunktionen. Das Studium der in ihr ablaufenden neuronalen Prozesse öffnet uns die Tür zum Verständnis der im Gehirn ablaufenden Vorgänge. Die Retinaforschung wird damit zur Basis der Hirn- und Kognitionsforschung.



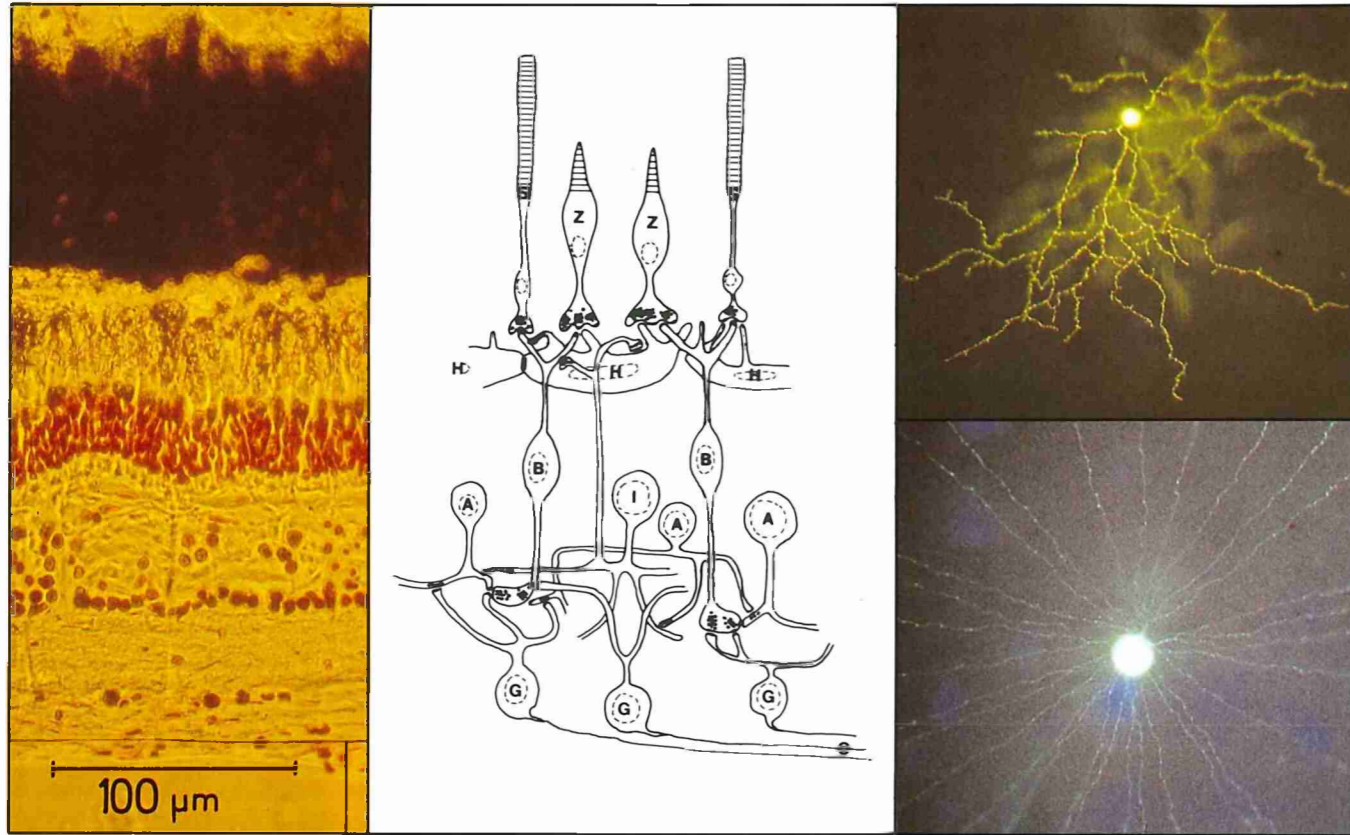


Abb. 1: Die zelluläre Organisation der Retina. Im mikroskopischen Bild eines Querschnitts durch die Fischretina (links) sind die Zellkerne der verschiedenen Nervenzellen als rot gefärbte Strukturen erkennbar. Man unterscheidet sechs Klassen von Nervenzellen (Mitte): Photorezeptoren (Stäbchen = S, Zapfen = Z); Horizontalzellen = H; Bipolarzellen = B; Interplexiformzellen = I; Amakrinzellen = A; Ganglionzellen = G. Die langen Fortsätze der Ganglionzellen bilden den ins Hirn ziehenden optischen Nerven = O. Einige der wichtigsten synaptischen Verbindungen sind eingezeichnet: kleine Punkte markieren Vesikel mit Neurotransmitter, durch den die Information an die nächste Nervenzelle weitergegeben wird. Jede der Zellklassen umfaßt eine Vielzahl von morphologisch und funktionell unterscheidbaren Gruppen. Der rechte Teil der Abbildung zeigt Aufsichten einzelner Amakrinzellen. Der große, hell leuchtende Punkt ist der Zellkörper, aus dem viele Dendriten entspringen, die an den helleren Punkten entlang ihres Verlaufs synaptische Kontakte mit den anderen, hier nicht sichtbaren Zellen haben.

### Struktur und Funktion der Retina: Zellbiologische Fragen

Noch im vergangenen Jahrhundert ging man davon aus, daß die Retina aus einer großen Zahl von lichtempfindlichen Strukturen, den Photorezeptoren, besteht, welche alle direkt einen langen Fortsatz ins Gehirn senden. Der spanische Neuroanatom Ramon y Cajal konnte als erster den tatsächlichen, komplexen Aufbau der Retina aus einzelnen Neuronen darstellen. Seine Arbeiten bestätigten auf neue den Gehirnsprung der Retina. Genau wie dieses hat die Retina einen Schichtenaufbau mit inter- und intraschichtspezifischen Nervenzellen. Ein überraschender Befund seiner vergleichenden Studien war der relativ konservative Aufbau der Retinen verschiedener Vertreter der Wirbeltiere: So ist die Retina des Menschen von der eines Fisches kaum unterscheidbar. Diese Tatsache erleichtert natürlich die experimentelle Analyse der retinalen Funktionen.

Einen Querschnitt durch die Retina, so wie er sich dem Betrachter durch das Mikroskop zeigt, ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Skizze daneben zeigt den zellulären Aufbau, wie wir ihn uns aufgrund vieler anatomischer Studien vorstellen. Sie gibt auch Informationen über die synaptischen Verbindungen der einzel-

nen Nervelemente. Synaptische Verbindungen sind die Stellen einer Nervenzelle, an der diese durch die Verwendung eines chemischen Botenstoffes, dem Neurotransmitter, mit einer anderen Nervenzelle kommuniziert. Zum Verständnis der chemischen Botschaft muß diese Nervenzelle über geeignete Rezeptoren verfügen, die dann in der Zelle eine biologische Antwort auslösen. Diese Antwort besteht im allgemeinen aus kurzfristigen Änderungen der Ionenpermeabilität der Nervenzellmembran, kann aber auch aus längerfristigen Veränderungen, zum Beispiel der Proteinbiosynthese der Zelle, bestehen. Der rechte Teil der Abbildung zeigt Aufsichten von Amakrinzellen und vermittelt einen Eindruck von der Komplexität retinaler Neurone.

Damit haben wir bereits einige zellbiologische Fragestellungen der Retinaforschung berührt. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt konzentriert sich die internationale Forschung auf folgende Punkte: Wie kommt es während der Entwicklung zur Ausdifferenzierung so verschiedener Zelltypen in einem so engen Zellverband? Wie erkennen sich die entsprechenden Zellen, so daß es zu der hochgradigen und für die Funktion unerläßlichen Präzision der synaptischen Verbindungen kommt? Welche chemischen Botenstoffe werden verwendet und welche Membrankanäle werden durch sie verändert? Welche von Ionenkanälen

FÜR BIOLOGIE UND MEDIZIN: AXIOVERT PLUS ICS-OPTIK.

# DIE NEUE GENERATION INVERSER MIKROSKOPE. VON CARL ZEISS.

Ob Sie Routineuntersuchungen oder Forschungsprojekte in Biologie, Zellbiologie oder Medizin durchführen - die inversen Mikroskope Axiovert machen Kompromisse überflüssig.

Die ICS-Optik (Infinity Color-Corrected System) mit extrem großem Arbeitsabstand gewährleistet Bilder hoher Güte, kontrastreich und farbgetreu.

Alle Kontrastierungsverfahren sind durch die SI-Bauweise (System-Integration) in das Mikroskop integriert. Zusatzeinrichtungen, beispielsweise für die Mikroinjektion, machen die inversen Mikroskope Axiovert zu kompletten Arbeitsstationen.

Die Dokumentation erfolgt durch Kleinbild-, Großbild- und Sofortbild-Photographie, vom inversen Mikroskop Axiovert 10 mit der Mikroskopkamera MC 100 bis zum komfortablen inversen Photomikroskop Axiovert 405 M.

Ergonomisch günstige Konstruktion gewährleistet ermüdungsfreies Mikroskopieren. Die von Carl Zeiss entwickelte, patentierte 3-Punkt-Auflage des Tisches sichert höchste Stabilität.

Carl Zeiss  
Geschäftsbereich Mikroskopie  
D-7082 Oberkochen

Die Inversen  
von Zeiss:  
Die neue Geometrie  
für Mikroskope.



West Germany





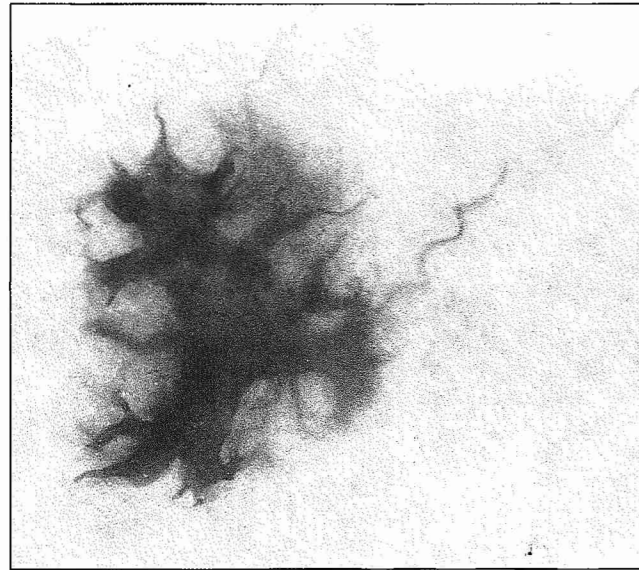
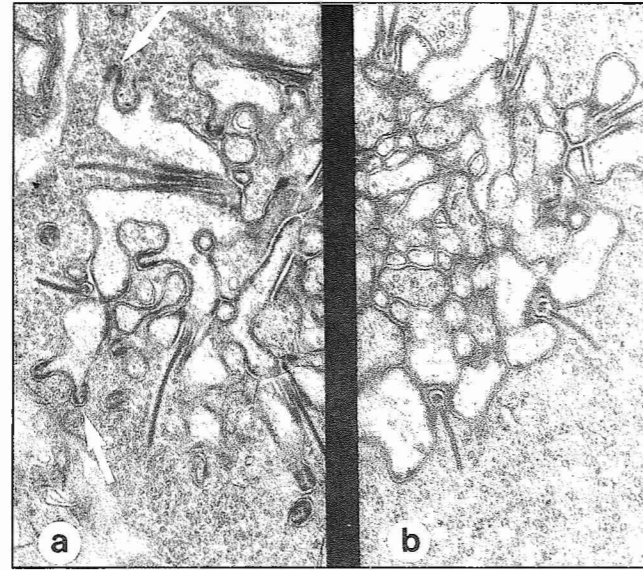


Abb. 2: Aufsicht auf eine einzelne Horizontalzelle.

Abb. 3: Elektronenmikroskopische Fotografien von Schnitten durch die Photorezeptorendigungen. Die vielen runden Vesikel enthalten den Neurotransmitter des Photorezeptors. Die hellen Strukturen sind die angeschnittenen Endigungen der Horizontalzellen, die an dieser Stelle den Photorezeptor invaginieren (s. Abb. 1). In der helladaptierten Retina (3a) haben diese kleine Ausstülpungen (Pfeile), die in der dunkeladaptierten Retina (3b) fehlen.



unabhängigen, funktionsändernden Prozesse laufen innerhalb einer Nevenzelle nach ihrer Stimulation ab? Welche Prozesse sind bei der Umwandlung des Lichtreizes in einen neuronalen Reiz innerhalb der Photorezeptoren beteiligt? Aus der Fülle dieser Fragestellungen (die beileibe nicht vollständig ist) werden im folgenden die hervorgehoben, an denen die Arbeitsgruppe Neurobiologie arbeitet.

### Eine weitreichende zellbiologische Entdeckung: Die Synapsen der Horizontalzellen sind plastisch.

Wie aus den Abbildungen ersichtlich, sind Horizontalzellen mit den Photorezeptoren und den interplexiformen Zellen synaptisch verbunden. Abbildung 2 zeigt, wie eine solche einzelne Zelle aussieht. Wir schauen dabei direkt auf die Retina, und ihre geringe Dicke (ca. 0.3 mm) wie auch ihre Transparenz machen es möglich, daß wir eine einzelne, angefärbte Zelle erkennen können. Die Zelle wurde mit einem Markierungsstoff angefärbt, der sich in einer Mikroglaskapillare befand, deren Spitzendurchmesser kleiner als ein Zehntausendstel eines Millimeters ist und mit der die Zelle angestochen wurde. Diese Glaskapillare erlaubt gleichzeitig das Messen der Membranpotentialänderungen, die aufgrund der Einwirkung von Neurotransmittern auf die Zelle entstehen. Die Photorezeptoren der Netzhaut ändern die Freisetzung von Neurotransmitter in Abhängigkeit von ihrer Stimulation durch Licht. Die Horizontalzellen reagieren auf diese Änderung der Neurotransmitterfreisetzung mit einer Änderung ihres Membranpotentials. Sie sind die erste Stufe einer neuronalen Verarbeitung der primären Lichtstimulation. Dabei hat sich gezeigt, daß Horizontalzellen eine wellenlängenabhängige Diskrimination vornehmen, also die erste Stufe unserer Farbwahrnehmung bilden.

Wenn man nun einen ultradünnen Schnitt durch den synaptischen Bereich der Horizontalzellen legt, also dort, wo die feinen Verästelungen Kontakt mit den Photorezeptoren aufnehmen und

diesen Schnitt im Elektronenmikroskop betrachtet, so sieht das wie Abbildung 3 aus. Die vielen kleinen runden Bläschen sind die synaptischen Vesikel im Zellplasma der Photorezeptorendigung und die schwarzen Balken sind synaptische Spezialisierungen der Photorezeptoren. Die etwas helleren, blassen Strukturen sind die Fortsätze der Horizontalzellen, die in diese Photorezeptorendigung eindringen. Die Abbildung 3a stammt von einem Fisch, der vor der Präparation im Hellen und die Abbildung 3 b von einem Fisch, der im Dunkeln gehalten wurde.

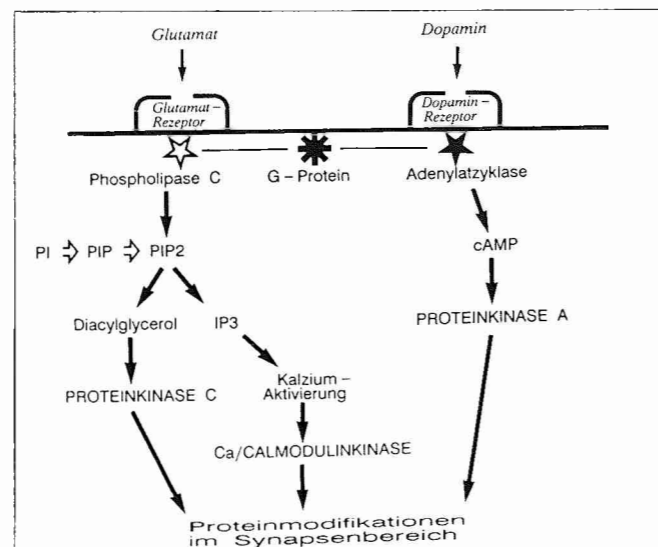


Abb. 4: Glutamat und Dopamin sind die Neurotransmitter, die der Horizontalzelle über entsprechende Rezeptoren auf ihrer Membran den Adatationszustand signalisieren. Daraufhin verändert die Horizontalzelle ihre synaptischen Verbindungen durch Proteinmodifikationen im Synapsenbereich. In der Abb. sind die dabei möglicherweise dazwischen geschalteten (von uns untersuchten) second messenger Systeme eingezeichnet.

Beim Vergleich der beiden Abbildungen erkennt man einige Unterschiede. Dabei ist derjenige an den Fortsätzen der Horizontalzellen der deutlichste. Während diese in der helladaptierten Retina viele kleine Ausstülpungen bilden, fehlen diese in der dunkeladaptierten Retina. Die in der Abbildung 3 gezeigten Zustände sind jederzeit durch eine entsprechende Hell-Dunkel-Adaptation ineinander überführbar. Es ist uns gelungen zu zeigen, daß diese Änderung der Morphologie mit einer Änderung der Zellfunktion korreliert: im dunkeladaptierten Zustand (Abb. 3b) verlieren die Horizontalzellen ihre Eigenschaft, Farben zu diskriminieren! Wir haben es also hier mit einer synaptischen Plastizität zu tun, einem Vorgang, dem in jüngster Zeit ganz besonders das Interesse des Neurobiologen gilt, da in dieser Plastizität der Anfang von Gedächtnis und Lernen gesehen wird.

### Aktuelle, zellbiologische Fragestellungen der AG Neurobiologie

Der oben beschriebene Vorgang wirft eine Vielzahl zellbiologischer Fragestellungen auf, die grob in drei Bereiche fallen: 1. Wie wird der Horizontalzelle der aktuelle Adaptationszustand signalisiert? 2. Wie wird dieses Signal innerhalb der Horizontalzelle weitergeleitet? 3. Welche zellulären Vorgänge verändern schließlich die Morphologie und Funktion der Horizontalzelle?

Der erste Bereich enthält vor allem die Frage nach den neuronalen Interaktionen: Da die Horizontalzellen nicht selbst lichtsensitiv sind, können sie nur über neuronale Interaktionen eine Information über den Adaptationszustand erhalten. Eine Serie von Experimenten, welche wir in den vergangenen zwei Jahren durchgeführt haben, hat ein komplexes Wechselspiel zwischen den Neurotransmittern Glutamat und Dopamin als auslösende Stimulation für die zu beobachtenden morphologischen Veränderungen ausgemacht (Abb. 4). Dabei ist besonders die Beteiligung von Glutamat sehr aufregend, denn diese Substanz ist der häufigste Neurotransmitter im Gehirn und galt bis vor kurzem als klassischer Neurotransmitter, der nur die Ionenleitfähigkeit von Nervenzellen verändert und so zu einer schnellen Änderung des Membranpotentials dieser Zellen führt. Unsere Beobachtungen demonstrieren nun aber, daß dieser Neurotransmitter auch plastische Phänomene im synaptischen Bereich von Nervenzellen steuern kann. Plötzlich verschwinden damit die Grenzen zwischen Neurotransmittern und Modulatoren, welche zum Beispiel während der Entwicklung oder im hormonellen System eine Rolle spielen.

Wie kann Glutamat so etwas bewirken? Hier sind wir im zweiten Bereich, für den gegenwärtig das Interesse explosionsartig angewachsen ist, dem Bereich der second messengers oder den Boten-Systemen innerhalb der Zellen. Second messengers sind Substanzen, die, aufgrund der Einwirkung des Neurotransmitters auf einen Rezeptor in der Zellmembran, im Innern der Zelle ihre Konzentration rasch erhöhen oder verringern. Es sind vor allem Kalzium-Ionen, zyklische Nucleotide und Inositolphosphate, die so reagieren. Diese wiederum aktivieren Substanzen in der Zelle, die ihrerseits die Strukturen von Zellproteinen verändern oder sogar eine Neusynthese von Zellproteinen veranlassen können (Abb. 4). Da die von uns beobachteten, morphologischen Veränderungen so schnell ablaufen, daß eine Neusynthese eher unwahrscheinlich ist, konzentrieren wir uns zur Zeit auf die Suche nach einem second messenger System, welches kurzzeitig durch Modifikationen der Proteine des Zellskelettes die beobachteten Veränderungen induziert. Zur Analyse der in der Zelle ablaufenden Vorgänge stehen uns eine Reihe

von Möglichkeiten zur Verfügung: Für einige der bekannten second messenger Systeme gibt es Hemmstoffe oder Verstärker, Komponenten der Reaktionsketten lassen sich radioimmunologisch nachweisen und quantifizieren, Kalziumkonzentrationen

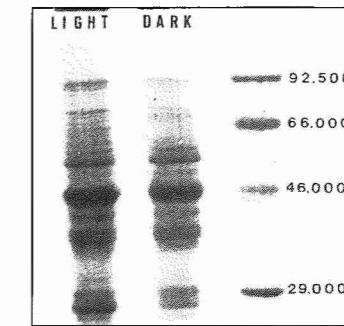


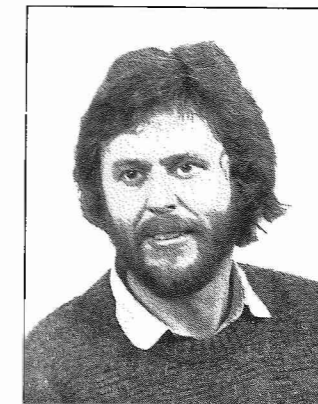
Abb. 5: Im Proteinmuster verändern sich einige Banden durch die verschiedenen Adaptationszustände.

und ihre Veränderungen lassen sich seit kurzem direkt im Mikroskop in kultivierten Zellen verfolgen. Unsere bisherigen Befunde sprechen vor allem für die Beteiligung eines Inositolphosphat-Systems. Dafür sprechen auch von uns durchgeführte elektrophysiologische Experimente, bei denen die Lichtantworten der Horizontalzellen durch eine Substanz, welche in diesen Mechanismus eingreift, verändert werden, während diejenigen anderer Retinaneuronen unverändert bleiben.

Seit kurzem haben wir auch begonnen, den dritten Bereich, die Frage nach den sich verändernden zellulären Strukturen, experimentell zu erschließen. Dafür analysieren wir mit einem breiten Spektrum proteoanalytischer Methoden, welche Proteine denn innerhalb der Horizontalzellen durch eine Änderung des Adaptationszustandes wirklich modifiziert werden (Abb. 5). Diese Versuche werden auch mit primären Zellkulturen von Horizontalzellen durchgeführt, die dann natürlich nicht mehr mit Licht adaptiert werden können, sondern nur noch über eine pharmakologische Simulation der Lichtstimulation.

Wir hoffen, daß es uns bald gelingen wird, die an dieser synaptischen Plastizität beteiligten Proteine zu charakterisieren, was wiederum die Möglichkeit eröffnet würde, in anderen Gebieten des Gehirns nach dem Vorkommen derselben Proteine zu suchen. Die AG Neurobiologie der Universität Oldenburg ist international unter den ersten Arbeitsgruppen, die solche zellbiologischen Fragestellungen in der Retina bearbeiten und die damit die Retina wieder einmal mehr als Pforte zum Gehirn benützen.

### Der Autor



Prof. Dr. Reto Weiler (42), Hochschullehrer für Neurobiologie und Ethologie, studierte an der Universität Zürich Biologie und wurde dann Assistent an der Universität München, wo er 1977 promovierte und 1982 habilitierte. Dazwischen lagen Forschungsaufenthalte in Italien, den USA und Kanada. 1986 nahm er den Ruf nach Oldenburg an. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Analyse der neuronalen Interaktionen in der Retina auf zellulärer und molekularer Ebene. Über 70 wissenschaftliche Beiträge unterstreichen seine internationale Reputation in diesem äußerst kompetitiven Forschungsgebiet.



Genetische Zellbiologie an Bakterien:

# Die Erbsubstanz als Ausgangspunkt und Ziel von zellulären Lebensvorgängen

Von Wilfried Wackernagel

Desoxyribonukleinsäure (DNA) ist die Erbsubstanz aller Lebewesen und stellt damit die gemeinsame Grundlage der Lebensvorgänge von höheren Organismen, niederen Organismen (Bakterien) und vielen Viren dar. Für den Biologen, vor allem denjenigen, der sich mit zellulären Lebensvorgängen beschäftigt, sind die Prozesse des DNA-Stoffwechsels ein faszinierendes Forschungs- und Lehrgebiet. Seit der Aufklärung der DNA-Struktur (1953) wurden wichtige Themen dieses Bereiches bearbeitet, u.a. die Verdopplung (Replikation) und Weitergabe der Erbsubstanz im Verlauf von Zellteilungen, die geregelte Ausprägung der Information zu den organismischen Eigenschaften (Expression), die Mechanismen der Veränderung der Erbinformation (Mutation) und die Erscheinungen ihrer Neukombination (Rekombination). Trotz oder gerade wegen des überwältigenden Wissensaufkommens der Molekularen Genetik werden laufend neue Kenntnislücken sichtbar.

ihrer Verwendung in der Gentechnik. Im Kern stellen alle diese Themen Grundlagenforschung dar. Aber sie haben auch Bedeutung für viele praktische Anwendungen in Medizin, Wirtschaft, Technik und Umwelthygiene. Im folgenden werden einige Untersuchungsschwerpunkte des Arbeitsbereiches Genetik der Universität Oldenburg vorgestellt.

## Enzyme für genetische Rekombination und Reparatur von DNA

Die Rekombination von Erbanlagen in Individuen einer Art ist eine der Triebfedern für die Evolution. Neukombination erfolgt bei höheren Organismen häufig, bei Bakterien immer durch Zerlegung der elterlichen DNA und erneutes Zusammenfügen. Dabei sind die einzelnen Schritte fein aufeinander abgestimmt und werden von Enzymen katalysiert. Bei *E. coli* wurden bisher ca. 20 Gene entdeckt, die am Rekombinationsprozeß in meist unbekannter Weise mitwirken. Von nur sechs dieser Gene ist bisher das von ihnen codierte Enzym bekannt. Die Untersuchung dieser Enzyme hat gezeigt, daß sie oft mehrere Funktionen haben und nicht nur in Wechselwirkung mit DNA, sondern auch mit anderen Proteinen und energieliefernden Molekülen (z.B. ATP) treten. Manche der Enzyme katalysieren mehrere, biochemisch sehr unterschiedliche Reaktionen. Ein weiterer erstaunlicher Befund war, daß bei Ausfall eines Rekombinations-Gens durch Mutation der Rekombinationsvorgang über alternative Abläufe erfolgen kann, so, als habe sich die Zelle eine Sicherheitsreserve für diesen wichtigen Vorgang zugelegt. Diese Vorstellung wird auch dadurch unterstützt, daß viele der Rekombinationsenzyme zusätzlich für die Reparatur von beschädigter DNA (durch rekombinative Prozesse?) erforderlich sind.

Es besteht offenbar ein Netzwerk des DNA Stoffwechsels, in dem enzymatische Funktionen überlappend beitragen zu Rekombination, Reparatur und auch Replikation. Zur Aufklärung dieses Netzwerkes machen wir uns auch gentechnologische Arbeitsweisen zunutze. Wir isolieren die Gene für Rekombinationsenzyme (z.B. *recA*, *recB*, *recC*, *recD*) aus verschiedenen Bakterienarten und bringen sie in *E. coli* zur Expression. Nur in *E. coli* stehen die empfindlichsten Methoden der Reparaturmessung und der Rekombinationsanalyse auf molekularem Niveau zur Verfügung. Wir untersuchen die Einzelenzyme, Enzymgruppen, oder auch Kombinationen von Enzymen, z.B. ein Enzym für einen frühen Schritt der Rekombination aus *Proteus mirabilis* mit einem Enzym für einen späten Schritt aus *Serratia marcescens* oder von *E. coli* selbst. Dadurch werden Unterschiede oder Ähnlichkeiten zwischen den Arten sichtbar und eine mögliche Funktionseinheit ("Rekombinosom") kann aufgespürt werden. Insgesamt zeigt sich, daß zentrale Schritte der Rekombination bei verschiedenen Prokaryoten in der Evolution beibehalten wurden. In dem

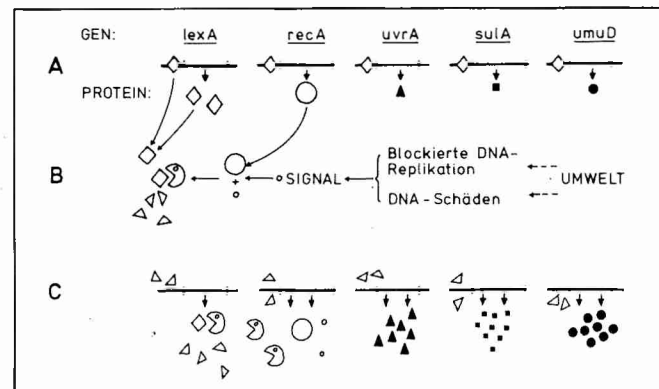


Abb. 1: Schema der Regulation von SOS-Genen in *Escherichia coli*  
 A. Normalzustand: Die SOS-Gene werden nur minimal exprimiert (*lexA*-Protein reprimiert die Transkription der Gene durch Bindung an die Regulatorregion)  
 B. Signal-vermittelte Spaltung von *lexA*-Protein durch *recA*-Protein  
 C. Verstärkte Expression der SOS-Gene (Derepression)  
 D. Ausbleibendes Signal nach Schadenbehebung führt zur Erhöhung der Konzentration von *lexA*-Protein und dadurch erneut zur Repression der SOS-Gene  
 (Die Funktionen der Gene *uvrA*, *sulA* und *umuD* werden im Text erläutert)

Seit Jahrzehnten ist das Darmbakterium *Escherichia coli* ein zentrales Untersuchungsobjekt dieser Forschung. Es ist heute der physiologisch und genetisch am besten bekannte Organismus überhaupt und liefert damit die Vorgabe für weiter verfeinerte, vertiefte Erkenntnisgewinnung, auch im Hinblick auf höher entwickelte Organismen. Auch für die Erforschung und Nutzung der Plasmide (kleine zusätzliche, autonome genetische Elemente im Zellplasma) sind Bakterien unabdingbar. Plasmide stehen gegenwärtig im Mittelpunkt vieler Untersuchungen wegen

## Fachbuchhandlung Medizin Rudolf Ebel

Inh.: Burkhard Koop

ab Lager sofort lieferbar:

Thieme flexible Taschenbücher  
 Urban & Schwarzenberg Studienbücher  
 Kohlhammer Studienbücher  
 Gustav Fischer Verlag

Peterstraße 24 · Tel.: 1 47 92

Shri Kanjilal, Lehrer auf der Insel Rangabelia/Indien:



## Vom Wasser hängt hier alles ab!

„Meist haben wir zu wenig. Dann wieder brechen Überschwemmungen über uns herein und versalzen den Boden. Verunreinigtes Wasser ist die Ursache für die meisten Krankheiten.“ Der unermüdliche Einsatz von Lehrer Kanjilal und einer Gruppe Dorfgesundheits-Helferinnen zeigt erstaunliche Erfolge: Die Zahl der Erkrankungen sank bereits um 70%! Tuberkulose, Masern, Kinderlähmung und Diphtherie gingen in einigen Gegenden auf ein Viertel zurück.

lichen Verhältnisse in der Abgeschiedenheit der südostindischen Inselwelt zu verändern.

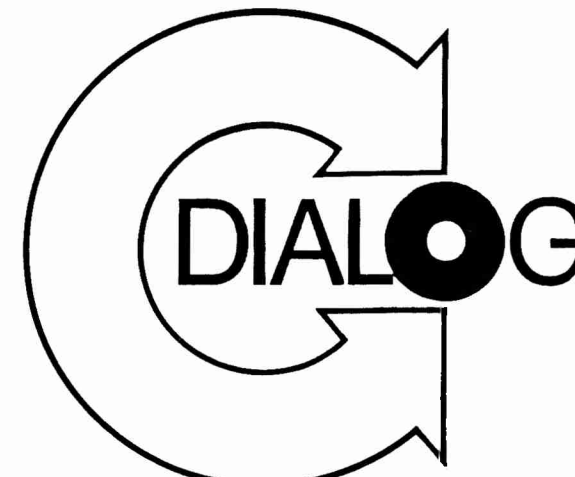
Postfach 476, 7000 Stuttgart 1

# Brot für die Welt

KONTO 500 500 500

BROT FÜR DIE WELT-Spenden geben Ermutigung und Startkapital, um die oft unmensch-

Postgiro Köln oder Banken und Sparkassen. Bei vielen Kreditinstituten liegen vorgedruckte Spendenzahlscheine aus.



Die Arbeitsstelle DIALOG ist eine gemeinsame Einrichtung der Universität Oldenburg und der Fachhochschulen Oldenburg, Ostfriesland und Wilhelmshaven. Ihr Ziel ist es, die Kontakte zwischen Wissenschaft und Region auszubauen und zu festigen.

ARBEITSSTELLE DIALOG  
 Universität Oldenburg  
 Postfach 2503  
 Tel.: 0441/798-2913

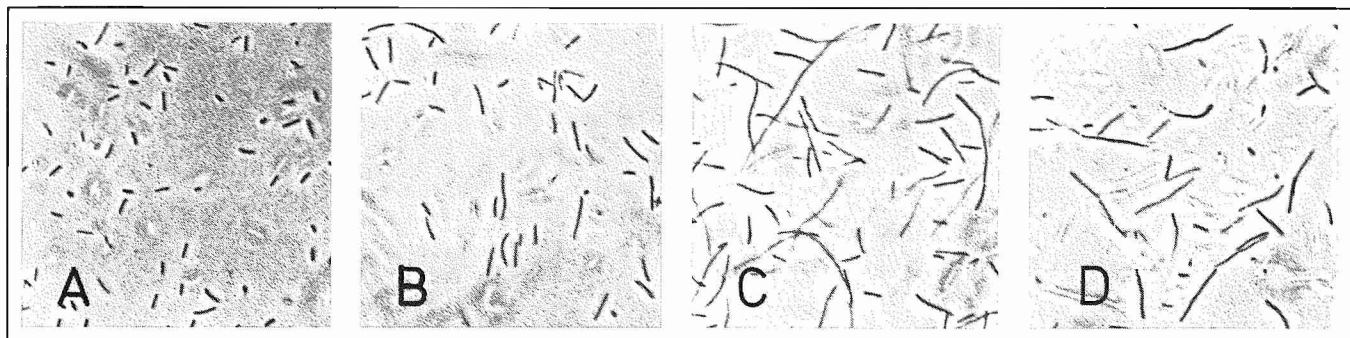


Abb. 2: Zellen von *Escherichia coli* (Phasenkontrastmikroskop; 400fache Vergrößerung) zu verschiedenen Zeiten nach UV-Bestrahlung (541/qm). A: 0 h; B: 1 h; C: 3 h; D: 5 h. Das Auftreten normal kleiner Zellen nach 5 h zeigt an, daß die Blockierung der Zellteilung aufgehoben ist und demnach die DNA-Reparaturprozesse abgeschlossen sind.

besonderen Fall, wo ein Rekombinationsenzym sich aus drei verschiedenen Proteinuntereinheiten zusammensetzt (*recBCD-Enzym*), gelang es uns sogar, funktionstüchtige Enzymmoleküle mit Untereinheiten verschiedener Bakterienarten sich in Zellen von *E. coli* bilden zu lassen. Das beweist einen hohen Grad der evolutionären Konservierung der Proteintopologie, obwohl die codierende DNA der verschiedenen Bakterienarten nur eine teilweise Übereinstimmung zeigt.

## Zelluläre Antworten auf Schädigung der Erbsubstanz

Seit ihrer Entstehung sind Organismen und damit auch ihre Erbsubstanz schädigenden natürlichen Einflüssen ausgesetzt. Solche sind physikalischer Natur, z.B. Strahlung aus radioaktivem Zerfall oder aus dem ultravioletten Anteil des Sonnenlichtes. Oder es sind chemische Agentien abiotischer Herkunft oder produziert von Organismen als „biologische Kampfstoffe“ (z.B. Toxine und Antibiotika). In der jüngsten Geschichte der belebten Natur sind die vom Menschen verursachten Einflüsse hinzugetreten. Im Laufe der Evolution haben sich für uns heute fast unüberschaubar viele Prozesse und zelluläre Funktionen entwickelt, die Schädigung der Erbsubstanz entweder verhindern oder Schäden beheben. Viele dieser Schutz- und Reparaturprozesse wurden aufgeklärt, manche sind wahrscheinlich noch nicht einmal erkannt. In den vergangenen Jahren fand man auch, daß sich eigene Regulationssysteme für Reparaturprozesse entwickelt haben. Eindrucksvoll zeigt sich dies an dem „SOS-System“ der Bakterien. Das SOS-System dient der Erhöhung der zellulären Überlebenschance. Es wurde in *E. coli* entdeckt und in diesem Organismus schon am intensivsten untersucht. Von diesem System kennt man bisher ca. 20 gemeinsam regulierte Gene. Sie werden nach dem Eintritt einer DNA-Schädigung schnell und koordiniert ausgeprägt, d.h. die von ihnen codierten Enzyme werden in großer Menge synthetisiert.

Die heutige Vorstellung von diesem Regelkreis ist in Abb. 1 wiedergegeben. Es wird auch deutlich, daß nach Beseitigung der DNA-Schäden die Expression der SOS-Gene wieder abgeschaltet wird. Die spezielle Funktion von einigen SOS-Genen ist schon bekannt. Einige sind für die Reparatur bestimmter DNA-Schäden, z.B. von UV-induzierten Photoprodukten, verantwortlich (*uvrA* u.a.). Eine Genfunktion (*suIA*) blockiert die Zellteilung so lange, bis alle Schäden behoben sind (Abb. 2).

Dadurch ist sichergestellt, daß bei Zellteilung nur intakte Erbsubstanz an die Tochterzelle weitergegeben wird. Zwei Gene (*umuD, C*) bewirken gemeinsam, daß bei Reparaturvorgängen „absichtlich“ Fehler gemacht werden, so daß Mutationen entstehen. Deshalb ist man seit jüngerer Zeit der Auffassung, daß die verstärkte Mutationsauslösung unter Umweltstress ein von der Zelle aktiv herbeigeführtes Phänomen ist. Das Fernziel ist einleuchtend: die genetische Anpassungsgeschwindigkeit würde dem Wechsel der Umweltbedingungen angeglichen. Aus Abb. 1 ist auch die erstaunliche Tatsache zu entnehmen, daß die SOS-regulierende proteolytische Aktivität in dem für die Initiation der Rekombination verantwortlichen *recA* Protein residiert.

Unsere Arbeiten widmen sich folgenden Fragen: Welche weiteren Gene gehören zum SOS-System und welche Funktionen haben sie, welche Gene wirken bei der Signalbildung und Signalwirkung mit, welche weiteren Faktoren beeinflussen den Grad der Genexpression und wieweit überschneidet sich das SOS-System mit anderen Regelkreisen (s.u.)? Dazu wenden wir u.a. auch die Technik der Genfusion an: in das Ziel-Gen setzen wir ein Marker-Gen ein, dessen Produkt ein präzise meßbares Enzym ist ( $\beta$ -Galaktosidase) und das uns als empfindliche Meßlatte für die Expression des Ziel-Gens (mit bekannter oder noch unbekannter Funktion) dient.

## Umwelt und horizontaler Gentransfer bei Bakterien

Bei zahlreichen Bakterienarten wurden in Laborversuchen Vorgänge entdeckt, durch die DNA einer Zelle auf eine andere übertragen wird, so daß dann Rekombination stattfinden kann. Da sich die Übertragung gleichsam zwischen Zellen einer Generation ereignet, spricht man von „horizontalem Gentransfer“. Eine Art dieses Gentransfers erfolgt durch freie DNA, die von einer Zelle abgegeben wird (z.B. in einer bestimmten Wuchsphase oder bei Tod und Auflösung der Zelle) und von einer anderen aktiv aufgenommen wird. In ihr können die Gene wieder wirksam werden, insbesondere, wenn sie in die eigene Erbsubstanz durch Rekombination integriert werden (s. erster Abschnitt). Zellbiologisch ist die aktive DNA-Aufnahme (auch als Transformation bezeichnet) ein interessanter, komplexer Vorgang.

Über den transformativen Gentransfer zwischen Bakterien an deren natürlichem Standort (z.B. im Freiland) ist noch wenig bekannt. Dieser Bereich verdient aber schon deshalb Aufmerksamkeit, weil Gentransfervorgänge sich in der Evolution entwickelt haben und selbst zur Evolution beitragen. Es können beim Gentransfer sogar Artengrenzen übersprungen werden. Andererseits ist für die Beurteilung möglicher Risiken der Freisetzung (Ausbringen großer Mengen von Bakterien ins Freiland) von gentechnisch veränderten Bakterien eine vertiefte Kenntnis solcher Transformation im natürlichen Lebensraum erforderlich. Durch Transformation könnte gentechnisch veränderte DNA unerwünscht an Bakterien in der Umwelt weitergegeben werden.

Wir sind, besonders nach unseren jüngsten Befunden, der Auffassung, daß die freie bakterielle DNA, die im Lebensraum von Bakterien vorliegt und diese transformieren kann, ein außerhalb von Zellen existierendes Gen-Reservoir darstellt. Dies ist ein für Bakterien spezifisches Phänomen. Unsere Forschung auf diesem Gebiet hat physikalisch-chemische Parameter beschrieben, die zur Aufnahme und Stabilisierung des Gen-Reservoirs in der Umwelt durch Adsorption der DNA an mineralische Oberflächen führen. Wir haben weiterhin nachgewiesen, daß diese adsorbierte DNA auch wieder von Bakterien mit hoher Wirksamkeit aufgenommen werden kann. Im Rahmen von „Sicherheitsforschung in der Gentechnologie“ wird vertieft die Bildung, Überdauerung und Verfügbarkeit dieses Gen-Reservoirs, einschließlich von Plasmid-DNA, untersucht.

## Bakterien erkennen fremde DNA

Nur Bakterien haben die Fähigkeit, in die Zelle eindringende DNA als von der eigenen Art kommend oder als fremde DNA zu erkennen. Sie tun das durch Überprüfung des artspezifischen Methylgruppenmusters auf den DNA-Bausteinen. Die als fremd identifizierte DNA wird durch das erkennende Enzym abgebaut (Restriktion). Vermutlich soll dadurch verhindert werden, daß sich artfremde Gene in einer Zelle etablieren. Vor einigen Jahren wurde beobachtet, daß in *E. coli* die Abwehr von fremder DNA bei replikationshemmendem Umweltstress vorübergehend eingeschränkt wird. Wir fanden, daß die Regulation dieses Phänomens in einigen Punkten der SOS-Regulation (s.o.)

## Physiologische Zellbiologie an Bakterien

# Schwefel und Phosphor: Chemische Elemente von zellbiologischer Bedeutung

Von Sigrid Janssen und Karl Heinz Blotevogel

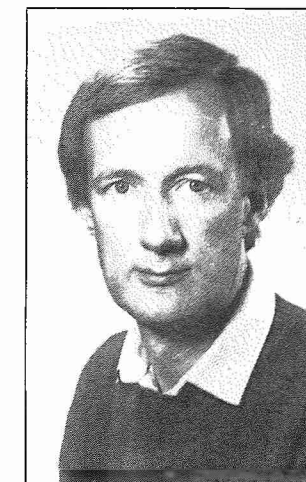
Organische Moleküle sind die wichtigsten Bausteine der Zelle und sind gleichzeitig verantwortlich für den Ablauf aller Lebensprozesse. Gemeinsam ist diesen Molekülen das Grundgerüst aus Kohlenwasserstoff. Die verschiedenen Eigenschaften und Aufgaben der organischen Moleküle werden wesentlich bestimmt durch den Gehalt an zusätzlichen Elementen. Solche Elemente, wie Schwefel oder Phosphor, spielen aber auch

gleich, in anderen abweicht. Jetzt haben wir auch das Gen identifiziert, das vorübergehend die Restriktionsfähigkeit blockiert und wollen nun seine Regulation und den Mechanismus der Hemmung aufklären. Diese Forschungsziele erscheinen uns interessant, weil die Hemmung der Restriktion von der Umwelt gesteuert wird und so bei ungünstigen Lebensbedingungen den Gentransfer zwischen unterschiedlichen Bakterienarten erleichtert. Dies mag sich so entwickelt haben, um die durch Gentransfer hervorgerufene Evolutionsgeschwindigkeit plastisch an die Veränderung bestimmter Umweltbedingungen zu koppeln.

## Schlußbemerkung

Wir haben solche zellbiologisch-genetische Arbeiten und Forschungsziele unserer Arbeitsgruppe kurz dargestellt, die sich in unterschiedlicher Weise mit Erhaltung, Weitergabe und Veränderung bakterieller Erbsubstanz befassen. Regulierende Faktoren, von Umweltparametern bis hin zu molekularen Wechselwirkungen zwischen Proteinen und DNA, bewahren und adaptieren in gegenseitigem Wechselspiel die evolutionäre Anpassung der zellulären Systeme. Das ist faszinierend zu beobachten und eine Herausforderung, die Zusammenhänge zu erkennen.

## Der Autor



Prof. Dr. Wilfried Wackernagel (47), Hochschullehrer für Genetik einschließlich Molekulargenetik, forschte nach seiner Promotion (1971) einhalb Jahre als DFG-Stipendiat an der Yale University (USA). Sein wissenschaftliches Interesse gilt insbesondere den Enzymen und molekularen Mechanismen von genetischer Rekombination, DNA Reparatur und zellulären Regulationsprozessen bei Bakterien. Mit Arbeiten aus diesem Bereich habilitierte er sich 1976 an der Ruhr-Universität Bochum. 1982 nahm er den Ruf an die Universität Oldenburg an. Wichtige Forschungsthemen sind auch die Anwendung gentechnischer Verfahren und Folgeabschätzung der wirtschaftlichen Anwendung der Gentechnik.



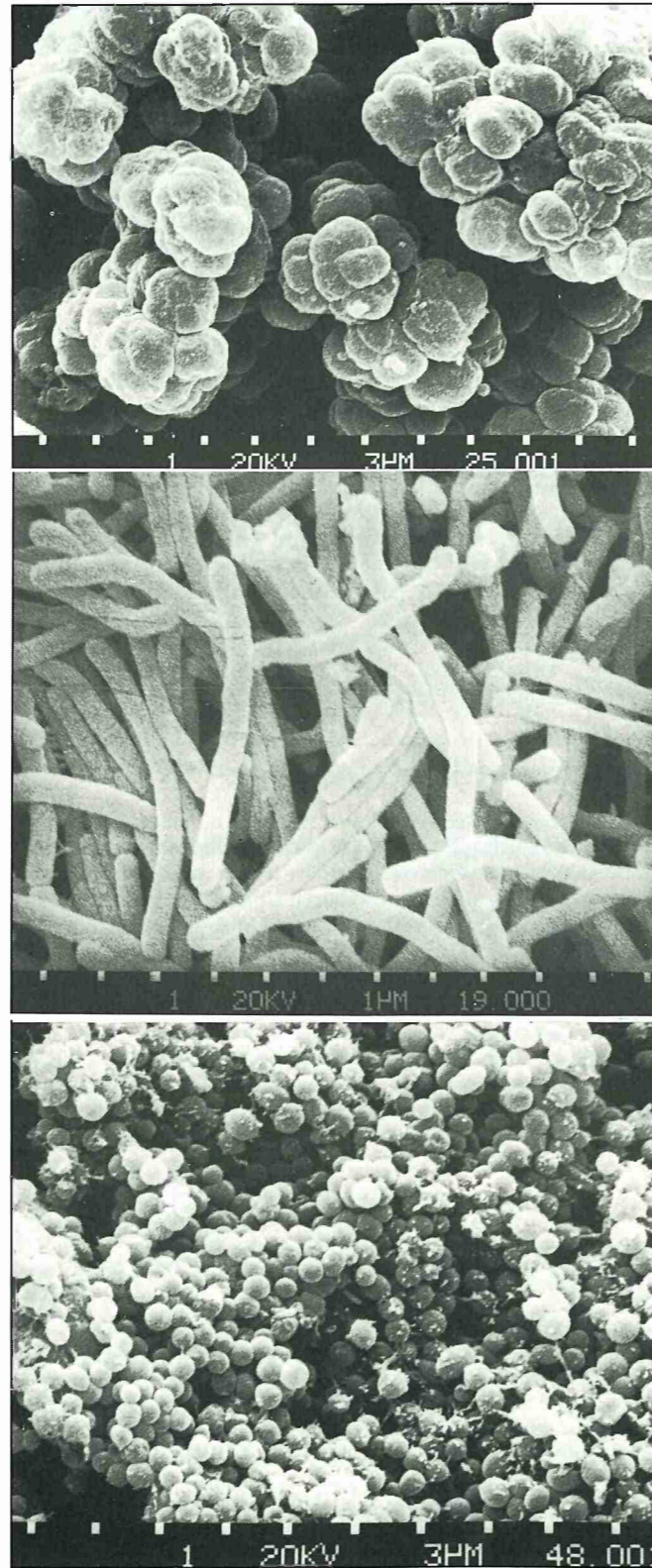
### Ursachen und Funktion gesteigerter Phosphatakkumulation in Bakterien

Organische Verbindungen der Phosphorsäure gehören zur Grundausstattung aller Zellen. So sind die als Energielieferanten dienenden niedermolekularen Phosphatverbindungen für Prozesse des Stofftransportes, des Zellstoffwechsels oder der Reizverarbeitung unerlässlich und die makromolekularen organischen Phosphorverbindungen der Desoxyribonukleinsäure und Ribonukleinsäure für die Weitergabe und Expression genetischer Informationen notwendig. Niedermolekulare organische Phosphatverbindungen sind energiereiche Verbindungen, wie z.B. das Adenosintriphosphat (ATP), das für eine Vielzahl energieverbrauchender Reaktionen in der Zelle als „Energielieferant“ genutzt wird. Dennoch wird ATP nicht als Energiereserve in größerem Umfang in den Zellen gespeichert. Dies wird meist von anderen organischen zum Teil phosphorylierten Verbindungen übernommen. Interessanterweise wurden in einer Reihe von Mikroorganismen, insbesondere in Bakterien, Algen und fädigen Pilzen, energiereiches anorganisches Polyphosphat gefunden. Bakterien mancher Gattungen, zum Beispiel Acinetobacter, bestehen bis zu 30 % ihres Trockengewichtes aus Phosphat und akkumulieren dies zur Hälfte oder mehr in Form von Polyphosphat. Erstaunlicherweise wird das gespeicherte Polyphosphat unter bestimmten Wachstumsbedingungen nicht nur in der Zelle metabolisiert, sondern von den Zellen auch wieder als anorganisches Phosphat abgegeben.

Der Beobachtung dieses Phänomens schließt sich sofort die Frage nach den ursächlichen Bedingungen an, z.B. Temperatur, pH-Wert und Nährstoffangebot, und wie die unterschiedlichen Milieu-Bedingungen den intrazellulären Phosphatstoffwechsel regulieren. Von gleichem Interesse ist, welche physiologischen Vorgänge den Aufbau von Polyphosphat induzieren und welches Schicksal die Hydrolyseprodukte in den Zellen erfahren. Eine Reihe von Wissenschaftlern, insbesondere die Arbeitsgruppen um A.J.B. Zehnder an der Universität Wageningen, Niederlande, befaßt sich ebenso wie unsere Arbeitsgruppe mit der Klärung dieser Fragen. Die Untersuchungen wurden vorwiegend an dem Bakterium Acinetobacter spec. durchgeführt. Im folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse kurz dargestellt.

Eine Phosphatakkumulation findet nur statt bei einem unausbalancierten Nährstoffangebot und dies führt zu einer stark reduzierten Vermehrungsrate der Zellen. Die Wachstumslimitierung wird offenbar durch einen Mangel an verfügbaren Schwefelverbindungen ausgelöst. Gleichzeitig muß den Zellen eine Energiequelle in Form einer leichtabbaubaren Kohlenstoffverbindung, z.B. Essigsäure, zur Verfügung stehen. Der Abbau von gespeichertem Polyphosphat, verbunden mit einer Phosphatabgabe an das umgebende Medium, wird dagegen dann induziert, wenn den Zellen keine externe Energiequelle zur Verfügung steht. Um dann lebenswichtige Funktionen aufrechtzuerhalten, wird das Polyphosphat einerseits direkt zur Synthese von ATP genutzt. Andererseits werden die bei der Hydrolyse des Polyphosphates freiwerdenden Phosphatreste unter Aufbau eines Protonengradienten in der Cytoplasmamembran, der ebenfalls zur ATP-Bildung genutzt wird, aus der Zelle heraus geschleust.

Aus diesen Befunden läßt sich die Schlußfolgerung ziehen, daß der Aufbau von anorganischem Polyphosphat und dessen Abbau mit dem Energieladungszustand der Zelle gekoppelt ist, d.h. auch vom ATP-Gehalt der Zellen abhängig ist. Inwieweit diese an Acinetobacter gewonnenen Erkenntnisse



Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von methanogenen Archaeobakterien: A Methanosarcina barkeri; B Methanobacterium spec. Stamm Oldenburg; C Methanococcus spec. CB 2

# OFFICINA

DRUCK · WERBUNG · FOTOSATZ  
 POSTHALTERWEG 1 B  
 2900 OLDENBURG

☎ 04 41 · 77 60 60 + 77 60 61 · FAX 04 41 · 77 60 65

UNSERE  
 NEUHEIT IM  
 FOTOSATZ:  
 KONVERTIERUNG  
 IHRER  
 TEXTERFASSUNG





genereller Art sind oder ob Polyphosphat in anderen Bakterien lediglich als Phosphatreserve für den Aufbau organischer Phosphatverbindungen dienen, ist Gegenstand der Forschung. Desgleichen ist die Bedeutung der Schwefellimitierung in den Zellen als Indikator für die Phosphat-Akkumulationsprozesse Gegenstand intensiver Untersuchung.

Parallel zu diesen zellbiologischen Fragen ergibt sich ein weiterer, anwendungsorientierter Aspekt der Phosphatakkumulation und Phosphatabgabe. Dies ist der Einsatz dieser Bakterien bei der Reinigung phosphatbelasteter Abwässer. Ohne auf Einzelheiten hier eingehen zu können sei nur erwähnt, daß die erwähnten Acinetobacter-Bakterien aus kommunalem Abwasser isoliert wurden. Ebenso wie in anderen Arbeitsgruppen wird auch in unserer Arbeitsgruppe intensiv daran gearbeitet, den Einsatz dieser Bakterien bei der Abwasserreinigung zu optimieren.

## Der Schwefelstoffwechsel methanogener Archaeobakterien

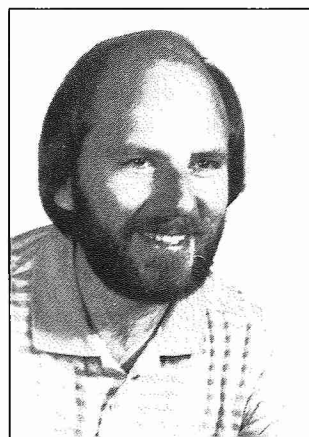
Methanbakterien stellen die umfangreichste Gruppe innerhalb des Reichs der Archaeobakterien. Sie leben in Biotopen, wo sich unter Sauerstoffausschluß organische Substanz zersetzt, wie in Mooren, Sümpfen, Meer- und Süßwasser-sedimenten und in Faultürmen, aber auch im Verdauungssystem von Insekten (Termiten) und Vertebraten, hier insbesondere im Pansen von Wiederkäuern. Ihre Eigenschaft, ein energiereiches Gas (Methan) zu produzieren, hat sie für den dem Volumen nach größten biotechnologischen Prozeß, die Biogasproduktion, prädestiniert. Die Bedeutung für die Biogasproduktion und ihre besondere Zellphysiologie hat sie auch für die Arbeitsgruppe Mikrobiologie in Oldenburg interessant gemacht. Methanbakterien sind im Verbund mit anderen Eubakterien beim anaeroben Abbau organischer Substanzen beteiligt. Sie nutzen als Kohlenstoffquelle zur Methanbildung entweder Kohlendioxyd (und brauchen dann Wasserstoff als Reduktionsmittel) oder Ameisensäure, Essigsäure, Methylamine, Methanol oder sekundäre Alkohole wie iso-Propanol und iso-Butanol. Der Mechanismus des Energie- und Baustoffwechsels der methanogenen Bakterien wurde in den letzten Jahren weitgehend aufgeklärt. Dabei wurden völlig neuartige Faktoren und Coenzyme entdeckt, die am Stoffwechselgeschehen beteiligt sind. Zu ihnen gehören beispielsweise die schwefelhaltigen Verbindungen Coenzym M und Methyl-Coenzym M.

Diese Coenzyme sind z.B. an der oben genannten energieliefernden Reduktion von Kohlendioxyd zu Methan beteiligt und deshalb von besonderer Bedeutung. Der Schwefel ist essentieller Bestandteil aller Lebewesen und kommt in gebundener Form, z.B. in Proteinen, Vitaminen und Coenzymen vor. Von der Arbeitsgruppe Mikrobiologie wurden neue bisher nicht bekannte Arten methanogener Bakterien gefunden (siehe Abbild.). Teilweise wurden sie aus Proben aus dem ostfriesischen Wattenmeer isoliert, an diesen Methanbakterien werden Untersuchungen zur

Aufklärung der Biosynthese schwefelhaltiger Coenzyme und des Schwefelhaushaltes der Zellen durchgeführt. Dazu gehört die Aufklärung der Aufnahme des Schwefels in die Zelle und der Einbauprozess in bestimmte „Stoffgruppen“. Methanbakterien assimilieren Schwefel in Form von Sulfid, Thiosulfat und Sulfid, aber auch organische Schwefelverbindungen wie Cystein und Thioessigsäure können genutzt werden. Die Rolle des Elementarschwefels in der Stoffwechselphysiologie der Methanbakterien ist dagegen noch nicht geklärt. Stetter und Gaag von der Universität Regensburg zeigten, daß methanogene Bakterien in Anwesenheit von Wasserstoff und elementarem Schwefel eine dissimilatorische Schwefelreduktion durchführen können. Inwieweit dieser Prozeß einen Beitrag zum Energiehaushalt der Zelle liefert, ist noch unklar.

Die Entschlüsselung des Schwefelmetabolismus könnte neben dem Erkenntnisgewinn zur Optimierung biotechnologischer Verfahren in der Biogasproduktion beitragen. Darüber hinaus läßt sich nach neueren Forschungsergebnissen nicht ausschließen, daß auch methanogene Bakterien für Korrosionsschäden in Rohrleitungssystemen verantwortlich gemacht werden können. Insofern ist es von nicht geringer ökonomischer Bedeutung, Kenntnisse über den Schwefelmetabolismus dieser Spezies zu besitzen.

### Autorin und Autor



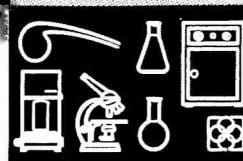
Prof. Dr. Sigrid Jannsen (50), Hochschullehrerin für Mikrobiologie, war nach dem Biologie- und Chemiestudium an einem industriennahen Forschungsinstitut und nach der Promotion 1969 als Assistenzprofessorin an der FU Berlin tätig. 1974 erhielt sie den Ruf an die Universität Oldenburg, wo sie sich - von der molekularbiologischen Grundlagenforschung kommend - Fragen der angewandten Mikrobiologie und Zellbiologie zuwandte. - Dr. Karl-Heinz Blotvogel (37) wurde nach dem Studium der Biologie, Chemie und Sozialwissenschaften an der Universität Bielefeld in Oldenburg promoviert. Gegenwärtig forscht er als Hochschulassistent in der Arbeitsgruppe Mikrobiologie.

## JÜRGENS LABORBEDARF ALLER GEBIETE

Bremer Laborbedarf

H. JÜRGENS & CO - GmbH & Co. -  
Langenstraße 76 - 80 JURCO-Haus  
2800 Bremen 1

Tel. 04 21/149 67 - 69 · Fax 04 21/158 30



Komplette Einrichtungen und Ergänzungen

Labor- APPARATE  
Labor- BEDARF GERÄTE  
Labor- CHEMIKALIEN  
Labor- MÖBEL

■ Glasbläserei  
■ Mechanische Werkstatt-Kundendienst  
■ Holz- u. Kunststoff-Werkstätten



Zellbiologische Aspekte der Hormonforschung

## Kontrollreue der Zellaktivität: Peptidhormone und andere Mediatoren

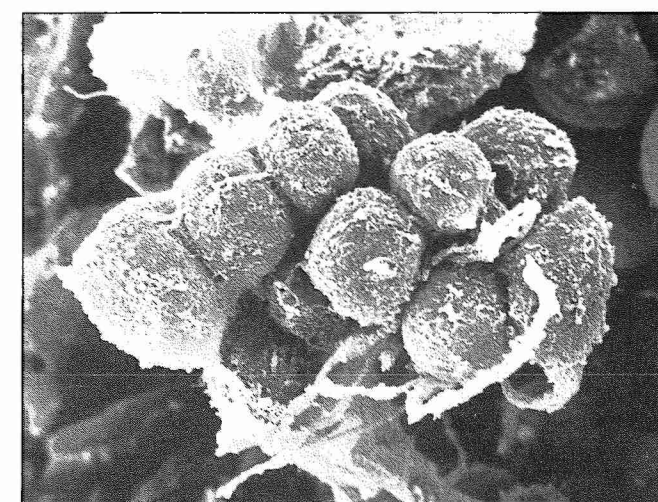
Von Axel Willig und Peter P. Jaros

Das Leben mehrzelliger Organismen erfordert Wege der Kommunikation zwischen den Organen und ihren Zellen. Bereits bei einfachsten Organisationsformen mehrzelliger Tiere, wie zum Beispiel bei Quallen oder einfachen Würmern, lassen sich Faktoren nachweisen, die als Boten und zugleich als Kontrollreue von bestimmten Zellen freigesetzt werden und bei anderen Zellen Veränderungen ihrer Leistung bewirken. Diese Faktoren regulieren während der Entwicklung eines Lebewesens, zum Beispiel Larve-Schmetterling, Fötus-Mensch, unterschiedliche Prozesse der Morphogenese und des Stoffwechsels. Einige werden nur in frühen Entwicklungsphasen hergestellt, andere später, manche werden immer gebraucht. Durch einen Teil dieser Faktoren werden Gene nach Bedarf an- und abgeschaltet. Wird ein Gen unzeitgemäß aktiviert, kann es zu einer Entdifferenzierung und/oder zu einem nicht entwicklungsgemäßen Wachstum bestimmter Zellen kommen, was landläufig als benignes oder malignes Tumorgeschehen bezeichnet wird.

Andere Zellprodukte, die in das Blut abgegeben werden, regulieren den Zuckerhaushalt (zum Beispiel Insulin, Adrenalin) oder den Wasser- und Mineralhaushalt des Körpers, wie zum Beispiel das Aldosteron der Nebennieren, Calcitonin der Nebenschilddrüse oder das natriuretische Hormon des Herzens. Die Biosynthese und Freisetzung dieser Hormone wird ihrerseits oftmals durch Faktoren kontrolliert, die in Nervenzellen hergestellt werden und als ursprüngliche Kontrollreue der Zellaktivität bei allen Tierarten gelten können. Diese Substanzen sind häufig kleine Eiweißkörper (Peptide), die als Neurohormone bezeichnet werden. Die lange Zeit übersehene Fähigkeit der Nervenzellen, Peptide zu produzieren und in das Blut abzugeben, findet sich bereits bei den o.g. einfachen Tieren.

Erst in den letzten Jahren richtete sich die Aufmerksamkeit auf eine weitere Gruppe von Mediatoren, die von verschiedenen Zelltypen produziert werden können und nicht unter den klassischen Hormonbegriff fallen: die Cytokine. Die Gruppe der Cytokine umfaßt Moleküle, die aus Eiweiß oder aus mit solchen gekoppelten Kohlenhydratverbindungen bestehen. Ihre Aufgabe liegt in der Differenzierung von immunologisch aktiven Zellen und in der Neutralisierung infizierter Zellen. Zugleich besitzen sie Eigenschaften von Wachstumsfaktoren für bestimmte Blutzellen (Lymphocyten). Wachstumsfaktoren wiederum stellen eine weitere Gruppe von Zellprodukten dar, die gewebespezifisch die Teilungsfähigkeit von Zellen stimulieren oder inhibieren können.

Die unterschiedlichen Kontrollfaktoren beeinflussen sich zudem wechselseitig, wobei die Wirkungsrichtung und Wirkungsintensität maßgebend durch die konzertierte Aktion der verschiedenen Faktoren zustande kommt. Die Komplexität dieses Wechselspiels, das Leistungen auf immunologischem Gebiet ebenso beinhaltet wie auf dem Gebiet des Stoffwechsels läßt sich bestenfalls als zeitlich-räumliches Netzwerk unterschiedlichster biochemischer Reaktionen darstellen.



Die Sinusdrüse der Krebse ist keine Drüse, sondern ein Speicherorgan für Neurohormone. Das Photo zeigt Nervendigungen der Sinusdrüse von weit entfernt liegenden Neurohormonzellen in dem Augienstiel des Flußkrebse *Orcenocetes limosus*. Die rasterelektronenmikroskopische Aufnahme wurde durch eine Gefrierbruchtechnik hergestellt. Die Vergrößerung beträgt 3900.

Aus diesem „Zoo“ verschiedenartiger Boten von Zelle zu Zelle greifen wir zwei Gruppen heraus, die in unserer Arbeitsgruppe bearbeitet werden.

### Neurohormone: Initiatoren lebenswichtiger Syntheseleistungen

Neurohormone kommen bei allen Tieren vor, die ein Nervensystem besitzen. Durch Neurohormone werden grundlegende Lebensvorgänge gesteuert, wie Entwicklung, Stoffwechsel, Aktivität, Sexualität usw. Sie entfalten ihre Wirkung entweder direkt oder indem sie auf Drüsen wirken, die nun ihrerseits Hormone synthetisieren und freisetzen. Ein Teil dieser Hormone wirkt auf das Nervensystem zurück, das nun seinerseits die Freisetzung der Neurohormone moduliert. Auf diese Weise werden Rückkopplungsmechanismen aufgebaut, über die viele Körperfunktionen kontrolliert werden.

### Krebse: Modelltiere für die Untersuchung von Peptidhormonen

Die grundlegenden Mechanismen der Produktion der Neurohormone in den Zellen des Nervensystems, deren Freisetzung, ihres Transportes in den Axonen (den Ausläufern der Nervenzellen) bis zum Ort der Freisetzung und die Freisetzungsmechanismen selbst, sind offensichtlich trotz aller morphologi-



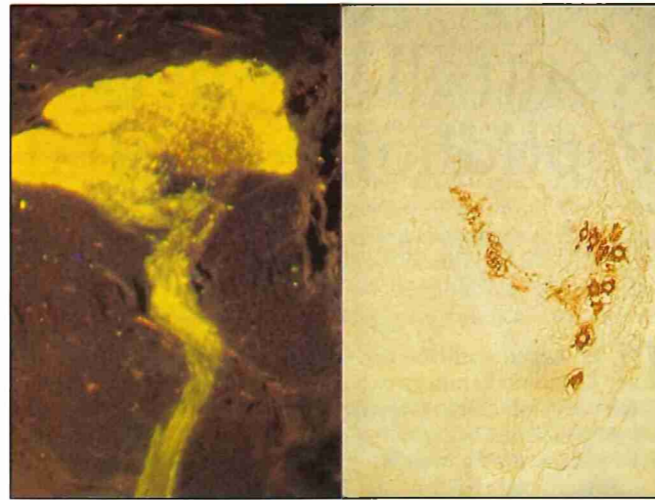
schen Unterschiede bei allen Tieren weitgehend gleich. Untersuchungen von neurohormonalen Mechanismen an Krebsen liefern daher nicht nur Aufschluß über die speziellen Funktionen der betreffenden Hormone in den Versuchstieren, sondern modellhaft auch grundlegende Erkenntnisse, die sich zum Teil selbst auf den Menschen übertragen lassen. Das zentrale Nervensystem der Krebse produziert eine ganze Palette von Neurohormonen, die Stoffwechsel, Entwicklung, Gonadenreifung, Körperfärbung und vieles mehr beeinflussen.

Eines der von uns untersuchten Neurohormone ist das CHH (crustacean hyperglycemic hormone), das den Blutzuckerspiegel erhöht. Es wirkt also analog zu dem Glucagon der Wirbeltiere, dem Gegenspieler des Insulins (Glucagon und Insulin sind allerdings keine Neurohormone). Das CHH wird in einem bestimmten Bereich des Gehirns produziert und in den Fortsetzten der Nervenzellen dieses Bereiches zum Ausschüttungsort transportiert. Eine solche Struktur bezeichnet man bei Wirbeltieren und Wirbellosen als Neurohämorgan, bei den Crustaceen nennt man sie die Sinusdrüse, beim Menschen Neurohypophyse. Ziel der Untersuchungen ist die Beantwortung der Fragen nach dem Freisetzungsmechanismus (spielen andere Neurohormone dabei eine Rolle?), der Biosynthese des CHH in der Zelle, seinen Strukturähnlichkeiten oder -verschiedenheiten bei unterschiedlichen Arten und die Verwandtschaft zu anderen Neurohormonen usw.

Ein weiteres von der Sinusdrüse ausgeschüttetes Neurohormon ist das häutungshemmende Hormon (MIH = moult inhibiting hormone), das über seine inhibierende Wirkung auf die Häutungsdrüse die lebenswichtigen Häutungsvorgänge der Krebse kontrolliert. Zu bestimmten Zeiten produziert das Gehirn weniger MIH, daraufhin beginnt die Häutungsdrüse Steroidhormone (Ecdysteroid) herzustellen, die bei allen Arthropoden die komplexen Vorgänge der Häutung auslösen.

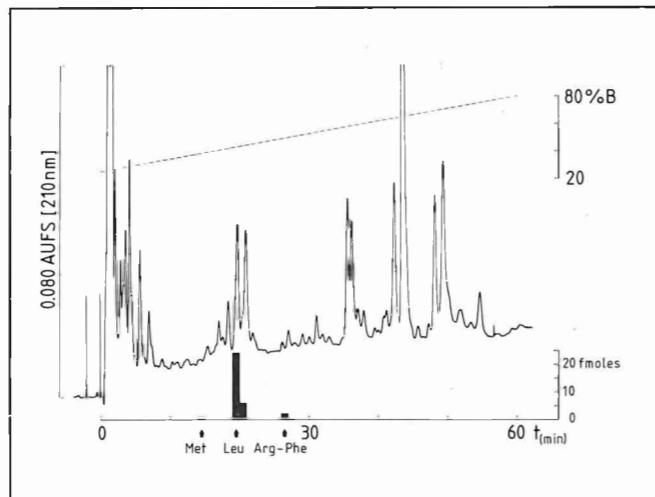
Besonders interessant erscheint uns die Untersuchung einer Gruppe von sehr kleinen Neuropeptiden, die aus nur 5 bis 7 Aminosäuren bestehen, den Enkephalinen. Diese zuerst beim Menschen im Gehirn entdeckten Neuropeptide bewirken bei Krebstieren eine Hemmung der Freisetzung des CHH in der Sinusdrüse, weitere Wirkungen werden noch untersucht. Beim Menschen regulieren diese Neurohormone, die auch Opioide genannt werden, Schmerzempfinden, Schlaf, allgemeine Befindlichkeit, Appetit u.a. im Wechselspiel mit anderen Hirnhormonen. Das Vorkommen der Enkephaline bei Wirbeltieren und Wirbellosen (sie wurden auch bei Schnecken gefunden) weist auf ein hohes phylogenetisches Alter des Gens hin, das die Aminosäuresequenz der Enkephaline bestimmt.

CHH, MIH und Enkephaline kommen nur in winzigen Mengen vor: weniger als ein Milliardstel Gramm in einem Krebsgehirn. Ihr Nachweis erfolgt entweder indirekt über ihre Wirkung im biologischen System oder direkt über chemisch-physikalische oder bio-technologische Methoden. Hierzu gehören verschiedene chromatographische (HPLC, FPLC) als auch immunologische Verfahren. Eine besonders empfindliche und hochspezifische Nachweismethode wurde für das CHH etabliert: der Nachweis mit Hilfe von monoklonalen Antikörpern. Das biotechnologische Verfahren der Herstellung monoklonaler Antikörper beginnt mit der Immunisierung einer Maus mit dem Antigen (CHH) und der Gewinnung von Antikörperbildenden Lymphocyten. Es gehört zu den besonderen Eigenschaften dieser weißen Blutkörperchen, eine ungeheure Vielfalt unterschiedlicher Antikörper zu produzieren, die sich zudem in ihren Bindungseigenschaften stark unterscheiden. Ein einzelner Lymphocyt produ-

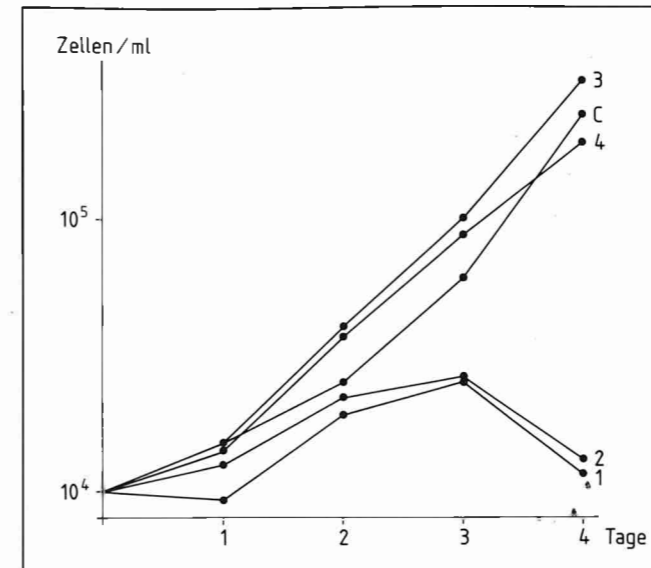


Werden Farbstoffe an Antikörper gekoppelt, die spezifisch gegen einzelne Bestandteile der Zellen gerichtet sind, lassen sich - wie in dem vorliegenden Fall - Hormonmoleküle in Nervenzellen oder deren Ausläufern lokalisieren. Links: Das hyperglykämische Hormon in der Sinusdrüse der Krabbe *Plagusia*, dargestellt durch Immunfluoreszenz. Vergrößerung 150x. Rechts: Zellen in einem Teil des Gehirns der Strandkrabbe *Carcinos*, die das hyperglykämische Hormon produzieren. Mit Hilfe eines monoklonalen Antikörpers gelang es, diese Zellen von anderen, die ein biochemisch ähnliches Hormon enthalten, zu differenzieren und den Verlauf ihrer Axone zu zeigen. Vergrößerung 65x.

ziert jedoch nur einen Antikörpertyp, ist aber in der Zellkultur nur wenige Tage lebensfähig. Durch eine bestimmte Methode läßt sich die Lebensfähigkeit der Zellen beliebig erhöhen. Man verschmilzt die Lymphocyten mit bestimmten Tumorzellen (Lymphoma) und selektiert die neue Zelle aus dem Zellgemisch, die den brauchbarsten Antikörper produziert. Durch die Zellfusion vereint man zwei wichtige Potenzen der Ausgangszelllinien: die potentielle Unsterblichkeit der Tumorzellen mit der Fähigkeit der Lymphocyten, spezifische Antikörper zu produzieren.



Mit Hilfe bestimmter chromatographischer Verfahren lassen sich in einem Gemisch aus unterschiedlichsten Gewebeinhaltsstoffen bestimmte Moleküle isolieren und identifizieren. Das vorliegende Chromatogramm von einem Sinusdrüsen-Extrakt zeigt die „Lage“ verschiedener Enkephalin-Moleküle (1 bis 3), die selektiv in Fraktionen abgesammelt werden. Die Mengen belaufen sich auf etwa 1 hundertmillionstel Gramm.



Tumorzellen, hier Leukämiezellen (yac) in Zellkultur, zeigen eine hohe Teilungsrate, die innerhalb von 3 Tagen etwa zu einer Verzehnfachung der Zellen führt. Es wurden vier unterschiedliche Milzfraktionen getestet. Die Fraktionen 1 und 2 zeigen eine deutliche Hemmung der Proliferationsrate, während die Fraktionen 3 und 4 keine Wirkung haben. C ist die unbehandelte Kontrollgruppe.

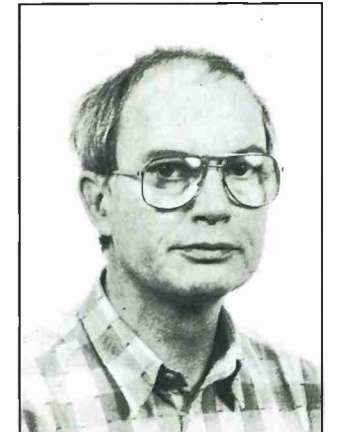
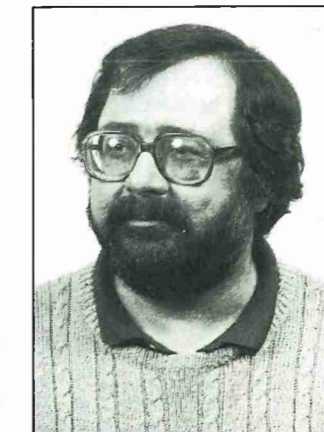
## Wachstumsfaktoren: Kontrolle von gut- und bösartigem Zellwachstum

Die Milz ist nicht nur Quelle antikörperproduzierender Lymphocyten, sondern ebenfalls Syntheseort zahlreicher Faktoren, die andere Zellen beeinflussen. Gegenstand unserer Untersuchung sind Wachstumsfaktoren, die die Teilungsrate von tierischen und humanen Tumorzelllinien zu beeinflussen vermögen. Durch Einsatz modernster biochemischer Trennverfahren und unterschiedlichster analytischer Techniken konnten geringe Mengen einer Substanz isoliert werden, die in der Zellkultur das Wachstum bestimmter Tumorzelllinien zu hemmen imstande ist. Interessanterweise konnte außerdem ein Faktor angereichert werden, der von Milzzellen produziert, umgekehrt das Wachstum dieser Zellen steigert.

Unter der Sammelbezeichnung Wachstumsfaktoren finden sich Moleküle mit ganz verschiedenartiger Wirkung. Die Forschung auf diesem Gebiet hat eine geradezu stürmische Entwicklung erfahren und hat in den letzten Jahren etwa zwanzig Faktoren hervorgebracht, die sich auf das Wachstum von

Nerven-, Epithel-, Leberparenchym- und anderen Zellen auswirken. Zudem wurden Substanzen isoliert, die morphogenetisch während der Embryonalentwicklung Zellen differenzieren und Organstrukturen anlegen oder verändern. Gerade diese fötalen Wirksubstanzen, die inzwischen genau bekannte Genorte zur Expression veranlassen, werden im pathologischen Geschehen auch bei Erwachsenen produziert und bewirken ein unkontrolliertes Wachstum bestimmter Zellen. Weiterhin konnte festgestellt werden, daß solche Tumorzellen Moleküle produzieren, die das eigene Wachstum und das der umgebenden Zellen fördern oder aber im Wechselspiel zu hemmen vermögen. Diese Kontrolle des Wachstums wird autocrine (auto = selbst) oder paracrine (para = neben) Steuerung genannt. In Zusammenarbeit mit in- und ausländischen Arbeitsgruppen konzentrieren wir uns auf proliferationshemmende Faktoren, die von lymphatischen Geweben, wie z.B. der Milz, produziert werden. Von besonderer Bedeutung erscheint uns dabei das Zusammenwirken einiger Neurohormone mit der immunmodulierenden Wirkung unterschiedlicher Wachstums- und Differenzierungsfaktoren, die zwar nicht das Tumorzellwachstum direkt hemmen, jedoch diese Zellen für die Immunabwehr angreifbarer werden lassen.

## Autoren



Prof. Dr. Axel Willig (51) Hochschullehrer für Zoologie mit dem Schwerpunkt Zoophysikologie, promovierte 1968 in Gießen. Nach einer Assistenzzeit und einem Forschungsaufenthalt in Liverpool habilitierte er sich 1973 an der FU Berlin. Im selben Jahr wurde er an die Universität Ulm berufen. Drei Jahre später folgte der Ruf an die Universität Oldenburg. - Dr. Peter Jaros (45), Leiter des Isotopenlabors der Universität, studierte Biologie an der FU Berlin. 1975 wurde er in Ulm promoviert. Dort und an der Universität Bonn arbeitete er anschließend als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Seit 1984 ist er in Oldenburg tätig. Seine Forschungsgebiete: Tierphysiologie, Neuroendokrinologie, Immunologie.

Das Forschungsmagazin der Universität Oldenburg EINBLICKE erscheint zweimal im Jahr und informiert eine breitere Öffentlichkeit über Forschungsprojekte und deren Ergebnisse. Die Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen nehmen dabei bewußt Vereinfachungen in der Darstellung ihrer Forschung in Kauf. Abdruck der Artikel nach Rücksprache mit der Redaktion und unter Nennung der Quelle möglich.

EINBLICKE  
5. Jahrgang, Heft 9, April 1989  
- ISSN 0930/8253

Herausgeber: Der Präsident der Universität Oldenburg  
Redaktion: Gerhard Harms (verantwortlich), Gudrun Pabst, Irene Müller, Pressestelle, Ammerländer Heerstraße 114-118, 2900 Oldenburg, Tel.: 0441 798-2417, Telex: 25655 unol d. Telefax: 0441/798-3000  
Satz: Gisela Rodenberg, Claudia Gudat  
Reprographic: Klaus Liebig (S-W) / KD-Repro (Farbe)  
Druck: Officina-Druck, Posthalterweg 1b, 2900 Oldenburg, Tel.: 0441/77 60 60  
Anzeigen: aha-Werbung, Bismarckstr. 22, 2900 Oldenburg, Tel.: 0441/74408



# Universitätsgesellschaft Oldenburg e.V.

## In eigener Sache

Die Universitätsgesellschaft hat - beginnend mit der vorliegenden Ausgabe des Forschungsmagazins EINBLICKE - die Möglichkeit erhalten, dieses als Forum für Veröffentlichungen zu nutzen. Freunde und Mitglieder sollen auf diese Weise über die Aktivitäten der Gesellschaft auf dem laufenden gehalten werden.

## Gremien

In 1988 wurde Frau Ursula Maria Schute, Geschäftsführerin der Oldenburgischen Landschaft, in den Vorstand gewählt. In den Beirat gewählt wurden Herr Edzard Korte, Ministerialdirigent a.D. und ehemaliger Geschäftsführer der Oldenburgischen Landschaft, sowie Frau Karen Ulferts als Vertreterin der Gruppe der ehemaligen Studenten der Universität Oldenburg.

## Frühlingsfest

Unter dem Motto „Gescheit in den Frühling“ veranstaltet die Brauerei-Gaststätte „Zum Hengelbräu“ am 8. April 1989 für die Universität und Universitätsgesellschaft ein Frühlingsfest. Nähere Informationen sind ebenfalls über die Universitätsgesellschaft erhältlich.

## Vortragsreihe

Im Rahmen der für 1989 von der Universitätsgesellschaft organisierten Vortragsreihe sind folgende Termine festgelegt worden:

- 24. Mai 1989: Prof. Dr. Manuel Theisen: „Aktuelle Probleme des Steuerrechts“;
- 25. Oktober 1989: Prof. Dr. Bernd Schneidmüller „Europäische Ketzler im hohen Mittelalter“;
- 6. Dezember 1989: Prof. Dr. Uwe Meves „Walther von der Vogelweide“;
- n.V.: Prof. Dr. Hans-Joachim Schellhuber „Chaos in der Ordnung und Ordnung im Chaos“.

Alle Vorträge finden jeweils um 20.00 Uhr im Vortragssaal des Stadtmuseums statt. Detaillierte Informationen über die einzelnen Vorträge können über die Universitätsgesellschaft direkt bezogen werden.

## GFCU-Gesellschaft für computer-gestützte Unternehmensführung mbH

Mit Hilfe der großzügigen Spende eines Oldenburger Unternehmers in Höhe von DM 100.000,- wurde in 1988 eine Untergesellschaft für den Transfer betriebswissenschaftlichen Wissens in die regionale Wirtschaft gegründet. Das erste Geschäftsjahr wurde zufriedenstellend abgeschlossen. Die GFCU vertritt ein am Institut für Betriebswirtschaftslehre/Rechnungswesen in mehrjähriger Forschungsarbeit entwickeltes EDV-Programm zur Erfolgs- und Finanzlenkung für die Unternehmensführung mittelständischer Betriebe. Bei der Konzipierung dieses Führungssystems wurde der technische Fortschritt in Gestalt des Personal Computers und anwendungsnahe integrierter Softwarepakete für Klein- und Mittelbetriebe genutzt. Das EDV-Programm ist bereits in einer Reihe von Unternehmen

erfolgreich im Einsatz. Es ist ein branchenneutrales Erfolgs- und Finanzlenkungssystem mit folgenden zentralen Bestandteilen:

- mehrjährige GuV-, Bilanz- und Finanzplanung;
- unterjährige GuV-Planung;
- unterjährige Liquiditätsplanung;
- Kontrolle mittels Plan-Ist-Vergleichen;
- Führungskennzahlen zur Erfolgs- und Finanzlage;
- Managementgraphiken.

Das Programm kann vielseitig eingesetzt werden und bietet u.a. folgende Leistungen:

- aktuelle Informationen über die finanzielle Entwicklung des Unternehmens;
- Entscheidungshilfe bei der langfristigen Gestaltung der Vermögens-, Kapital-, Ertrags- und Aufwandsstruktur des Unternehmens;
- systematische, sachlich und zeitlich abgestimmte

Planung und Kontrolle von Erfolgs-, Finanzstruktur und Liquidität;

- Überblick über betriebliche Stärken und Entwicklungschancen sowie Frühwarnung hinsichtlich Schäden und Fehlentwicklungen;
- Klärung der betrieblichen Gestaltungsmöglichkeiten und Anpassungsstrategien mit Hilfe von Simulationsläufen;
- systematische Auswertung und Aggregation der Daten zu „Chefzahlen“.

Das skizzierte Führungs-Informationssystem stellt eine zukunftsgerichtete und leistungsfähige EDV-Lösung zur Managementunterstützung dar. Bei der Erstellung wurde besonderer Wert auf einfache und benutzerfreundliche Handhabung gelegt, damit dieses Modell auch in mittelständischen Betrieben schnell und wirkungsvoll eingesetzt werden kann.

## Notizen aus der Universität

- Fast 200 Wissenschaftler und Leiter von Kulturbehörden wie Kulturschaffende beteiligten sich vom 17. bis 19. November 1988 am Oldenburger Kongreß „Das neue Interesse an der Kultur“, der von Bundesbildungsminister Jürgen W. Möllemann eröffnet wurde.
- Gertrud Meyer-Denkman ist nicht nur die erste Frau, sondern die erste Person überhaupt, deren wissenschaftliche Leistungen vom Fachbereich Kommunikation/Ästhetik mit der Ehrenpromotion ausgezeichnet wurde. Die Konzeption einer Improvisationsdidaktik der Musikwissenschaftlerin ging rund um die Welt.
- 9.108 Studentinnen und Studenten sind an der Universität Oldenburg im Wintersemester 1988/89 eingeschrieben. Das sind 5 % mehr als vor einem Jahr (Bundesdurchschnitt 4,2 %). Um 15 % höher liegt die Zahl der Studienanfänger (Bundesdurchschnitt 7,5 %).
- Voraussichtlich noch in diesem Jahr wird die Universität Oldenburg mit einer der renommiertesten sowjetischen Universitäten, der Universität Novosibirsk (Sibirien), eine Kooperationsvereinbarung abschließen.

- In einem noch nie dagewesenen Umfang wird die Universität Forschungsprojekte auf Wirtschaftsmessen präsentieren. In diesem Jahr beteiligt sie sich an der Grünen Woche, an der CEBIT, an der Industriemesse Hannover, an der FischTec und an der BioTechnica.
- Die zunächst als Modellversuch zeitlich begrenzt eingerichtete Arbeitsstelle Dialog für Wissens- und Technologietransfer bleibt der Universität erhalten. Das Land übernimmt auf Dauer die Finanzierung dieser Stelle.

Sollten Sie Interesse an weiterem Informationsmaterial über die Universitätsgesellschaft haben oder selber aktiv an der Förderung der Universität und damit auch der Region teilhaben wollen, wenden Sie sich bitte an: Universitätsgesellschaft Oldenburg e.V., Postfach 4901, 2900 Oldenburg, Tel.: 0441/2226-213



## Seit 1800



BUCHHANDLUNG  
**ANNA THYE**

Inhaber: Gottfried Sieler  
Tel. (04 41) 2 52 88/9  
Schloßplatz 21/22  
2900 Oldenburg



Schöne Dinge  
wollen gut  
verpackt sein ...

... Tragetaschen  
von Officina — alles  
für Ihr gutes Image.

Officina-Druck  
Posthalterweg 1b · 2900 Oldenburg  
☎ 04 41 / 77 60 60 · Fax 04 41 / 77 60 65



# So manches Konto entpuppt sich oft als ansehnliches Wertpapier-Vermögen.

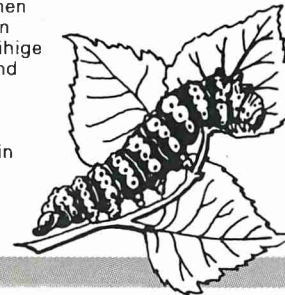
Wie Sie Ihre persönliche Chance an den Kapitalmärkten nutzen, zeigt Ihnen Ihre Volksbank oder Raiffeisenbank. Ob z. B. Investmentfonds, festverzinsliche Wertpapiere, Aktien...

Qualifizierte Kundenberater finden gemeinsam mit Ihnen die für Sie passende Anlageform für Ihr Geld.

Die Norddeutsche Genossenschaftsbank verbindet Ihre Volksbank oder Raiffeisenbank direkt mit den deutschen und internationalen Börsenplätzen von Hamburg bis Tokio. Durch leistungsfähige Technik sichert sie die zuverlässige und schnelle Ausführung Ihrer Aufträge.

Norddeutsche Genossenschaftsbank, die genossenschaftliche Zentralbank in Norddeutschland.

 – im Finanzverbund der Volksbanken und Raiffeisenbanken.



## Norddeutsche Genossenschaftsbank AG

Hannover, Rathenastr. 5-6

Hamburg, Stephansplatz 10

Kiel, Raiffeisenstr. 1

Oldenburg, Raiffeisenstr. 22/23

### Woran Sie erkennen, daß Sie Ihr Ziel erreicht haben:

**KENNZEICHEN** 



Wir sind die einzigen Commodore-Partner in Bremen, Oldenburg und umzu!!!

Der neue AT vom Marktführer bei Mikrocomputern: PC 40-III mit Monitor. Mit 12 MHz Taktfrequenz, erweiterter VGA-Grafik, der schnellen 40-MB-Festplatte und kompakten "all-in-one"-Bauweise definiert er den "state of the art".

Vorführung und Beratung bei:

**GOLDT**  
Computerhaus

gegenüber der Weser-Ems-Halle  
Donnerschwerer Straße 129 - 2900 Oldenburg  
Telefon 04 41 / 8 80 15  
FAX 04 41 / 88 51 33 - BTX 04 41 / 88 40 90

  
**Commodore**  
PARTNER