



Essay

Gelegenheit zu sehen und zu hören
Philosophische Anmerkungen
zur publizistischen Herausforderung

Neurobiologie

Pfadfinder im Gehirn?
Entwicklungs- und Neurogenetik
komplexer Nervensysteme

Innenohrforschung

Hören trotz Taubheit
Das *Cochlear Implant*:
Elektronik zur Lösung eines Paradoxons

Neue Arzneistoffe

Damit das Blut besser fließt
Entwicklung neuer
blutgerinnungshemmender Substanzen

Blickpunkt

Horror vacui
Philosophische Experimente mit der Luft

Neue Materialien

Der Blick auf und in den festen Körper
Dünne Schichten:
Oberfläche, Inneres, Grenzflächen

Archäologie interdisziplinär

Kleinkönige und Großkönige
Sarissa – eine hethitische Stadt
im östlichen Zentralanatolien

Schriftmorphologie

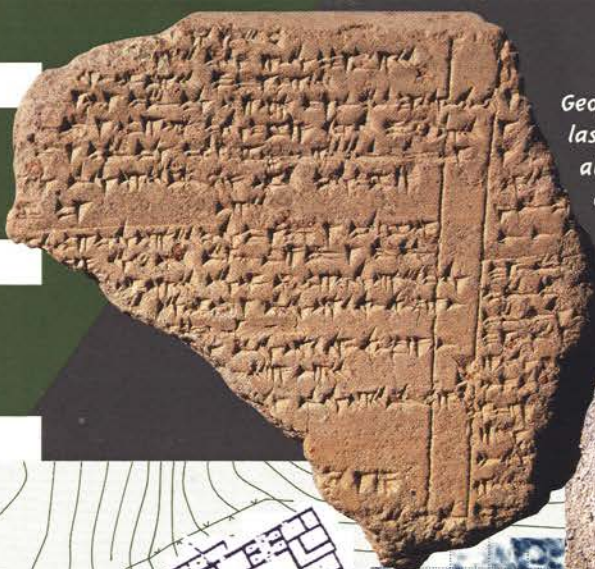
Dynamische (A)Symmetrien
Strukturkonstanten im Entwicklungsprozeß
unserer Buchstabenformen

Gnosis. Reste einer Religion

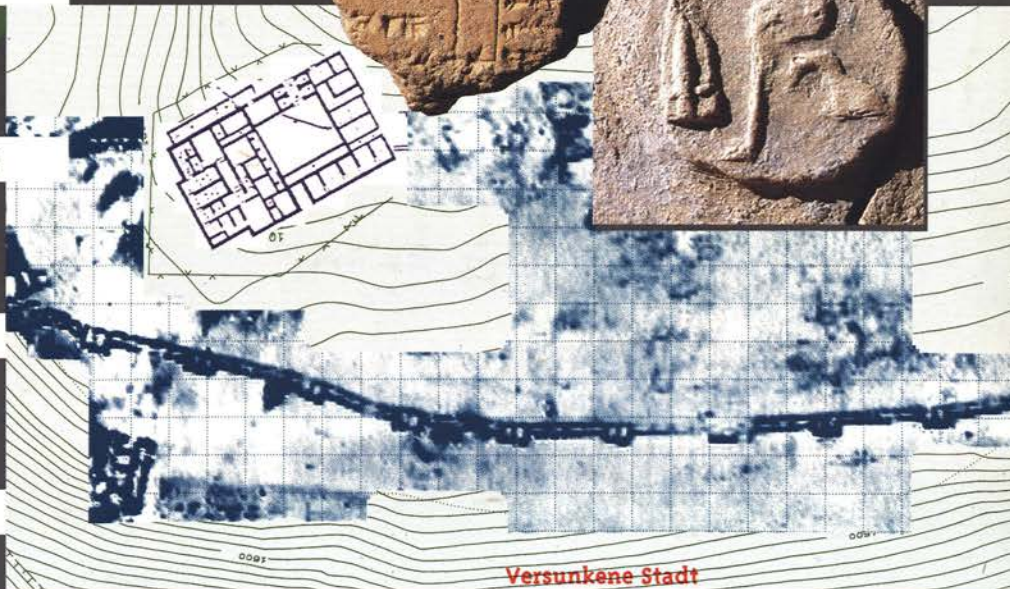
Evangelien aus dem Nilsand
Das Überleben einer spätantiken Religion

Realsatire

Unternehmensreorganisation
Ein inoffizieller Forschungsbericht



Geophysikalische Messungen lassen über 3000 Jahre alte Befestigungsmauern erkennen, errichtet im Auftrag längst vergessener Könige – erst Grabungsfunde nennen uns die Namen der Stadt und ihrer Herrscher.



Versunkene Stadt

auf dem Monitor
sichtbar gemacht

FORSCHUNG AKTUELL

4 393009 212007

3

Vom Fahren



350 Millionen Automobile fahren weltweit. Rund ein Prozent davon sind BMW. Bis zum Jahr 2000 nimmt die Verkehrsdichte (mit dem Fahrzeugbestand) noch weiter zu. Der Straßen- und Parkraum wächst hierzulande nicht mit.

Mehr Automobile: Vorteil und Nachteil.

Ein Nachteil: Mehr Stau und mehr Streß. Staus heben Mobilität wieder auf, Streß kann zu Unfällen führen. Die Unfallzahlen gehen zwar, bezogen auf die Verkehrsleistung, stetig zurück. Sie sind dennoch zu hoch.

Ein Nachteil: Umweltschäden auch des Verkehrs belasten uns alle. Ursachen und Wirkungen sind sehr kompliziert. Aber zu viel steht auf dem Spiel.

Ein Vorteil: Mehr Mobilität. Wohnen im Grünen setzt das Auto voraus. Es kann die Menschen beweglicher und freier machen. Die Freude am Fahren kennt jeder.

Ein Vorteil: Mehr Arbeitsplätze. Heute stellt das Auto in der BRD 12% der industriellen Wertschöpfung, hängt jeder 6. Arbeitsplatz vom Auto ab.

Das Auto bleibt unverzichtbarer Helfer. Wir müssen lernen, es intelligenter zu nutzen.

Nichts am Automobil muß bleiben wie heute. Aber nichts geht auch morgen ohne das Automobil. Was wir brauchen, ist ein integriertes Verkehrsmanagement.

Manche Straßen sind überlastet, aber keineswegs alle und keineswegs immer. Verkehr zu bündeln, zu lenken, dosiert zu verteilen, erfordert intelligente Systeme: Sensoren in Straße und Fahrzeug, Computer, Rückmelde-Systeme. BMW arbeitet an solchen Automobilen und zusammen mit Partnern an einem richtungsweisenden Gesamtkonzept unter Einschluß von Straßen, Bussen und Bahnen.

Und auch das ist BMW:

Als erster hat die BMW AG schon 1983 europaweit »bleifrei« gefordert: BMW bietet seit Jahren in allen Benzinmodellen serienmäßig den Kat.

BMW baut sichere und sparsame Autos: ihr Verbrauch ist in nur 10 Jahren im Gesamtdurchschnitt um ein Viertel gesunken.

Autos mit Vernunft und Erfahrung zu nutzen, setzt Könner am Lenkrad voraus: BMW informiert in Fahr-Sicher-Kursen über Chancen und Risiken des Autobetriebs.

Schon beim neuen Automobil an sein Ende zu denken, ist ein Gebot der Vernunft: BMW gewinnt sogar aus dem Kat das Edelmetall im Recycling-Verfahren zurück. Und für den zukünftigen BMW Standort Wackersdorf überlegen wir Systeme zur Demontage für die Wiederaufarbeitung alter Automobile.

BMW AG

Herausgeber

Prof. Dr. Helmut Altner
Rektor der Universität Regensburg

Redaktionsbeirat

Prof. Dr. rer. nat. Henri Brunner
Prof. Dr. phil. Bernhard Gajek
Prof. Dr. rer. nat. Christoph Meinel
Prof. Dr. jur. Dieter Schwab
Prof. Dr. med. Michael Landthaler
Dr. phil. Martina Lorenz
Prof. Dr. rer. nat. Karl F. Renk
Prof. Dr. phil. Jörg Traeger

Universität Regensburg
93040 Regensburg
Telefon (0941) 943-23 00
Telefax (0941) 943-33 10

Verlag

Universitätsverlag
Regensburg GmbH
93042 Regensburg
Telefon (0941) 207-433
Telefax (0941) 207-199
Geschäftsführung:
Peter Esser
Verlagsleitung:
Dr. Konrad M. Färber
(verantwortl. für Inhalt und Anzeigen)
Lektorat:
Dr. Gerd Burger

**Bestellungen und
Abonnementverwaltung**

Zeitungs-Zustellung GmbH
93042 Regensburg
Telefon (0941) 207-234
Telefax (0941) 207-430

Bundesvertrieb

ASV Vertriebs GmbH
Süderstraße 77
20097 Hamburg
Telefon (040) 34 72-27 12
Telefax (040) 34 72-35 49

Anzeigenverwaltung

Anzeigengesellschaft
Raum Regensburg mbH
93042 Regensburg
Telefon (0941) 207-331
Telefax (0941) 207-477
(Anzeigenpreisliste Nr. 1/94)

Herstellung

Druckzentrum der
Mittelbayerischen Zeitung,
Regensburg

Druckvorstufe

GraphiText, München

Gestaltung

Irmgard Voigt, München

Recyclingpapier
ohne optische Aufheller

Auflage 7000

Erscheint jährlich
Mitte November.

Einzelpreis DM 12

**Jahresabonnement DM 10
ermäßigt DM 7**

für Schüler, Studenten und
Akademiker im Vorbereitungsdienst
(inkl. 7% MwSt) zzgl. Versand;
Bestellungen beim Verlag

Für Mitglieder des **Vereins der
ehemaligen Studierenden der
Universität Regensburg e.V.** ist
der Bezug des Forschungsmagazins
im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Autorenportraits
Horst Hanske, Regensburg

Zu den Titelfotos

Fotografie:

Prof. Dr. Andreas Müller-Karpe,
Institut für Geschichte,
Universität Regensburg,
Prospektion:
Dr. Harald Stümpel,
Institut für Geophysik,
Universität Kiel.

Östliches Zentralanatolien:

*Geomagnetische und
geoelektrische Untersuchungen
brachten hethitische
Stadtmauern zum Vorschein.*

Aber erst die bei den

*Grabungen gefundenen Keil-
schriften und Hieroglyphen-
siegel geben den Namen
der Stadt Sarissa sowie
Rang und Namen der damals
regierenden Könige preis.*

Wohin das Menschengeschlecht nunmehr schreiten muß. »Die Philosophen haben die Welt nur verschieden interpretiert, es kommt aber darauf an, sie zu verändern.« Dieses bekannte Diktum von Karl Marx lesen wir – immer noch – in goldenen Lettern an der Stirnwand des Treppenaufgangs im Hauptgebäude der Berliner Humboldt-Universität. Sollte es wirklich die Aufgabe von Wissenschaftlern, zumal Philosophen, sein vorzugeben, was zu tun ist?

Auch der Philosophie-Professor Johann Gottlieb Fichte, der erste gewählte Rektor der Vorläuferinstitution, war dieser Meinung. In seinen Vorlesungen über die »Bestimmung des Gelehrten« (1794) schreibt er diesem die Aufgabe der Wegweisung zu: »Er sieht nicht bloß das Gegenwärtige, er sieht auch das Künftige; er sieht nicht bloß den jetzigen Stand, er sieht auch, wohin das Menschengeschlecht nunmehr schreiten muß, wenn es auf dem Wege zu seinem letzten Ziele bleiben und nicht von demselben abirren, oder auf ihn zurückgehen soll.«

Zweifelloos verändern die Wissenschaften die Welt. Doch sind es die Natur- und Ingenieurwissenschaften, die diesen Prozeß dominieren. Sie liefern das geistige Handwerkszeug, das auch *Verfügungswissen* genannt wird. Wirtschaftliche Konkurrenz ist nicht zuletzt Wettbewerb um Verfügungswissen. Daher werden die Universitäten heute auch aufgefordert, sich mehr auf die Anmeldung von Patenten auszurichten und sich nicht mit der Veröffentlichung von Forschungsergebnissen in Fachzeitschriften zufriedenzugeben.

Aber wohin geht die Reise? Ist, was immer machbar wird, zugleich das nächste Ziel? Und reiht sich so kurzatmig Ziel an Ziel – ohne weiterreichende Perspektive?

Der Konstanzer Professor Jürgen Mittelstraß, auch er ein Philosoph, aber ein heutiger, hat diagnostiziert, daß die Wissenschaft »neben einem *positiven* Wissen und den zugehörigen *Anweisungsstrukturen* kein *handlungsleitendes* Wissen mit zugehörigen *Orientierungsstrukturen* mehr« ausbilde.

Wie gewinnen wir Orientierung zurück? Brauchen wir eine Reanimation der Geisteswissenschaften, insbesondere der Philosophie? Vielleicht schon, aber wir sollten uns doch darüber im klaren sein, daß Orientierung etwas anderes ist als Wegweisung. Orientierung – das hieße, viel bescheidener, Optionen deutlich zu machen und zu zeigen, wie man sich mit Optionen adäquat auseinandersetzt. Das hieße auch, angemessene Kommunikationsformen zu vermitteln. Unser Essay aus der Feder eines Philosophen bescheidet sich damit. Er entwirft kein System. Er weist keinen Weg. Muß er deshalb unwirksam sein?

Es sollte auch nicht das Mißverständnis entstehen, es gebe originäre Orientierungsdisziplinen. Vielmehr kommt es auf eine Verschränkung von Fächern mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung an. Der Berliner Soziologe Wolf Lepenies erwartet daher von den von ihm so genannten »sekundären Orientierungsdisziplinen« eine besondere Wirkung, von der Wissenssoziologie, der Wissenschaftsgeschichte und der Wissenschaftstheorie. Der *Blickpunkt* dieses Heftes gibt eine Probe ...

Dieses Heft enthält auch einen Beitrag besonderer Art: eine Satire. Damit brechen wir kein Tabu. In England und in den USA ist es seit langem üblich, Erkenntnisse über Wissenschaft in Form einer Satire zu vermitteln. Gravitätischer Ernst ist keineswegs eine notwendige Voraussetzung wissenschaftlicher Seriosität! Wir wünschen Freude bei der Lektüre.

Herausgeber und Redaktionsbeirat bedauern übrigens, künftig nur mehr ein Heft jährlich herausbringen zu können. Wir akzeptieren einen unabwendbaren Sparzwang. Das wichtigste aber: die Kontinuität von *Blick in die Wissenschaft* ist gesichert, und Qualität zu sichern, werden wir keine Mühe scheuen.

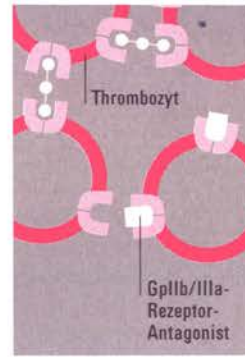
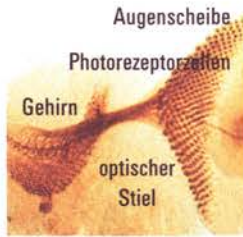
Editorial

**Helmut
Altner**

Prof. Dr. Helmut Altner
Rektor
der Universität Regensburg
Herausgeber



Foto: Dieter Nübler



Essay

Gelegenheit zu sehen und zu hören
Philosophische Anmerkungen zur publizistischen Herausforderung

Seite 4

Hinter manchem Problem, das der Gesellschaft gegenwärtig zu schaffen macht, steckt wohl vor allem ein geistiges Defizit. Hierfür die Medien verantwortlich zu machen, wäre zu bequem. Wohl aber gehört es zur Verantwortung derer, die reden, schreiben und Sendungen machen, dafür zu sorgen, daß von den Bedingungen für das Gelingen des Lebens offener gehandelt wird.

Neurobiologie

Pfadfinder im Gehirn?
Entwicklungs- und Neurogenetik komplexer Nervensysteme

Seite 12

Dem Wunder, wie sich aus einer einzigen Eizelle hochdifferenzierte Lebewesen entwickeln, sind die Molekulargenetiker auf der Spur. Experimente mit der Tauffliege *Drosophila* klären einige der Mechanismen, die auch bei der Entwicklung der Sehzentren des menschlichen Gehirns eine wichtige Rolle spielen dürften.

Innenohrforschung

Hören trotz Taubheit
Das *Cochlear Implant*: Elektronik zur Lösung eines Paradoxons

Seite 22

Erstmals in der Geschichte der Medizin kann ein elektronischer Baustein ein Sinnesorgan ersetzen. Eine Kombination aus Mikrophon, Sprachprozessor, Sendespule und mikrochipgesteuerter Elektrode eröffnet gehörlosen Kindern die Chance, hören und sprachlich kommunizieren zu können.

Neue Arzneistoffe

Damit das Blut besser fließt
Entwicklung neuer blutgerinnungshemmender Substanzen

Seite 32

In den Industrienationen sind thromboembolische Erkrankungen noch vor dem Krebs die häufigste Todesursache. Hier werden mögliche Alternativen zum Heparin, bislang Mittel der Wahl zur Vorbeugung und Behandlung von Thrombosen und Embolien, vorgestellt und erörtert.

Blickpunkt

Horror vacui
Philosophische Experimente mit der Luft

Seite 42

Dieser Blickpunkt führt vor Augen, welch massive Widerstände die experimentelle naturwissenschaftliche Forschung im 18. Jahrhundert zu überwinden hatte – nur allzu rasch sah sie sich dem „Verdacht der Atheisterei“ ausgesetzt.

Jürgen Strutz
Professor für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde



Otto Gleich
Wiss. Mitarbeiter
Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde



Susanne Alban
Wiss. Mitarbeiterin
Pharmazeutische Biologie



Christoph Meinel
Professor für
Wissenschaftsgeschichte

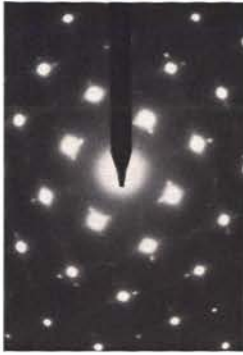


Ulrich Hommes
Professor für
Philosophie



Stephan Schneuwly
Professor für
Zoologie





Realsatire

Unternehmensreorganisation

Ein inoffizieller Forschungsbericht

Seite 44

Auch in deutschen Unternehmen wird seit einiger Zeit heftig reorganisiert, ohne daß man die wahren Hintergründe immer genau kennt. Dieses Defizit wird durch die wissenschaftliche Begleitforschung nur zum Teil abgebaut. Sie liefert die halbe Wahrheit. Die *ganze* Wahrheit zu Reorganisationen und ihrer wissenschaftlichen Erforschung wird eher mit Hilfe einer sachkundigen Realsatire aufgedeckt.

Neue Materialien

Der Blick auf und in den festen Körper

Dünne Schichten: Oberfläche, Inneres, Grenzflächen

Seite 50

Der Triumphzug der Computertechnik basiert auf immer kleineren und schnelleren mikroelektronischen Bauelementen. Mittels Auftragen im Hochvakuum lassen sich maßgeschneiderte dünne Schichten herstellen, die dann als Datenspeicher und Feldsensoren angewandt werden.

Archäologie interdisziplinär

Kleinkönige und Großkönige

Sarissa – eine hethitische Stadt im östlichen Zentralanatolien

Seite 58

Über das Volk der Hethiter wußte man lange nur wenig. Ausgrabungen lieferten nähere Kenntnisse. Unter Einsatz modernster archäologischer und geophysikalischer Methoden gemachte Funde ermöglichen jetzt Einblicke in die Machtverhältnisse in der Provinz.

Schriftmorphologie

Dynamische (A)Symmetrien

Strukturkonstanten im Entwicklungsprozeß unserer Buchstabenformen

Seite 70

Schreiben und Lesen sind Kulturtechniken, auf die wir nicht verzichten können. Doch wie entwickelte sich die Gestalt der Buchstaben? Die Motorik der Schreibhand liefert den Schlüssel für die Prägung und Abwandlung der Buchstabenformen.

Gnosis. Reste einer Religion

Evangelien aus dem Nilsand

Das Überleben einer spätantiken Religion

Seite 78

Papyrusfunde geben der Forschung erstmals originale Schriften der Gnostiker an die Hand. Vorgestellt werden die gnostische Mystik, das Verhältnis von Gnosis und Christentum, die Rolle des Irenäus von Lyon sowie die Geschehnisse der Mandäer, Reliktes der alten Gnosis bis in unsere Tage.

Hans Jürgen Drumm
Professor für Betriebswirtschaftslehre



Horst Hoffmann
Professor für Physik



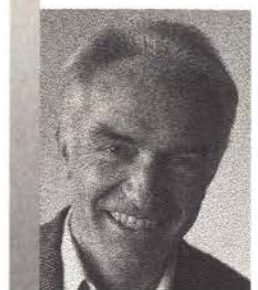
Andreas Müller-Karpe
Professor für Archäologie



Herbert E. Brekle
Professor für Allgemeine Sprachwissenschaft



Norbert Brox
Professor für Historische Theologie



Gelegenheit zu sehen und zu hören

Philosophische Anmerkungen zur publizistischen Herausforderung

Essay

Jeder, der es unternimmt, sich Gedanken zu machen zur geistigen Situation unserer Zeit, wird gut daran tun, mit einer nüchternen Bestandsaufnahme zu beginnen. Dazu gehört, sich Rechenschaft zu geben darüber, daß sehr viele unter uns eher besorgt auf den Zustand unserer Gesellschaft und die Entwicklung in der Welt blicken. Alle kennen die Reihe überaus lastender Probleme – ich nenne nur die fortschreitende Zerstörung der Umwelt, die mörderischen Auseinandersetzungen draußen und den Zerfall gemeinsamer Überzeugungen im Innern. Wohin wir auch schauen – man muß den Eindruck gewinnen, daß es immer unerfreulicher zugeht in der Welt. Und auch was den Einzelnen anbelangt, sieht es ganz danach aus, als gerate unser Leben trotz beachtlichen Wohlstands und kaum zu überbietender Freiheiten immer mehr aus der Form.

Die Probleme, die damit angedeutet sind, sind so offensichtlich, daß sie auch denjenigen bedrängen, der nicht zu Horrorvisionen und Katastrophenstimmung neigt. Versucht man sich klarzumachen, warum wir uns mit all dem so schwertun, kommt man um die Einsicht nicht herum, daß hinter dem Genannten noch eine andere Schwierigkeit liegt: Immer deutlicher zeigt sich hinter Problemen, die zunächst rein wirtschaftlicher oder politischer Natur zu sein scheinen, ein geistiges Defizit. Und dies geistige Defizit macht uns zunehmend unfähig, Lösungsmöglichkeiten zu entdecken und uns für ihre Realisierung tatkräftig einzusetzen. Unsere Gesellschaft ist in eine Krise geraten, deren Ursachen keineswegs bloß wirtschaftlich oder politisch zu erklären sind. Wir müssen da schon etwas tiefer ansetzen, wenn wir die Hoffnung behalten wollen, etwas zum Besseren zu wenden.

In diesem geistigen Defizit sehe ich nicht nur eine der entscheidenden Herausforderungen unserer Zeit, es scheint mir vielmehr in ganz besonderer Weise eine publizistische Herausforderung zu sein. Dies möchte ich im folgenden deutlich machen. Dabei spreche ich von Publizisten in einem eher allgemeinen Sinn. Denn wer als Publizist zu gelten hat, steht ja nicht von vornherein fest. Bei denen, die selber schreiben – kleinere und größere Beiträge für Zeitungen und Zeitschriften, für den Hörfunk und das Fernsehen, Bücher gar –, da ist die Sache klar. Aber wie steht es mit Redakteuren und Programmdirektoren, Geschäfts-

führern, Intendanten und Verlegern? Nicht in jedem, der in irgendeiner Form mit Veröffentlichungen zu tun hat, werden wir auch gleich einen Publizisten sehen. Wohl aber ist etwas vom Publizisten mit im Spiel, sobald einer an dem, was gedruckt und gesendet wird, inhaltlich beteiligt ist, mag er sich ansonsten auch vornehmlich in ganz anderer Hinsicht gefordert wissen.

Was ich mit geistigem Defizit meine, zeigt sich am deutlichsten an der Verkümmern der ethischen, der ästhetischen und der religiösen Dimension unseres Daseins. Es ist schwierig, zu einem so umfassenden Thema in den Grenzen, die hier gezogen sind, Einleuchtendes zu vermitteln. Aber ich probiere es – zumal ein Essay nach Montaigne ein »Denkversuch« ist und nicht mit einem Artikel für die »Enzyklopädie« verglichen werden muß.

Das Ethische

Beginnen wir mit dem Ethischen. Für viele Bereiche wird heute nach Ethik gerufen, denn die Entscheidungen, die zum Beispiel in Wissenschaft, Technik und Medizin anstehen, sind mit den bisherigen Kriterien allein nicht mehr sachgerecht zu treffen. Den wenigsten aber ist klar, was man akzeptieren müßte, wenn Ethik soll leisten können, weswegen man da nach ihr ruft, das heißt, welches Verständnis der Grundgegebenheiten menschlichen Daseins dies voraussetzt.

Ich möchte hierfür an die ethische Fragestellung der klassischen Philosophie erinnern. Dort ist zentral der Begriff der *Eudaimonia*, der Begriff des Glücks. Glück aber meint nicht irgendwelche außergewöhnlichen Ereignisse (in der Art des Lottogewinns zum Beispiel), es geht in diesem Begriff vielmehr um das Gelingen des menschlichen Lebens. Und im Unterschied zum neuzeitlichen Denken, für das in der Ethik immer das Sollen obenan steht und die Befolgung von Geboten und Verboten, handelt es sich in der klassischen Ethik nicht um Sollen und Müssen, sondern um Können; da geht es um die besonderen Möglichkeiten, die das menschliche Dasein auszeichnen.

Zur Diskussion dieses Zusammenhangs möchte ich hier nur auf zwei Arbeiten verweisen, die auch dem Leser weiterhelfen können, dessen Interesse nicht primär fachspezifischer Art ist: Annemarie Pieper »Ethik und Moral« und Robert Spaemann »Glück und Wohlwollen«.

Für das Gelingen des Lebens gibt es allerdings Bedingungen, und zu diesen Bedingungen gehört nach Ansicht vieler großer Denker unserer Tradition ein ganz eigenes Verhältnis zu denen, die mit

uns zusammen da sind. Für ein ursprüngliches Verständnis des Grundverhältnisses menschlichen Daseins bin ich nicht etwa ein Subjekt, das sich dann auch noch zu anderen Subjekten verhält. Ich bin ich selbst vielmehr gerade durch diesen Bezug zu anderen und in ihm. Das heißt, das Verhältnis zum anderen ist nicht zuerst eine Einschränkung, der dann unter Umständen auch noch irgendwann Nutzen oder Lust abgewonnen werden kann, das Verhältnis ist vielmehr eine wesentliche Bestimmung meines eigenen Seins. Deshalb gehört zum Menschsein ein ganz grundsätzliches Interesse am Wohl des anderen. Aristoteles entwickelt das in der »Nikomachischen Ethik« mit großem Nachdruck. Die eigentliche Weise, sich zu anderen zu verhalten – so sagt er –, ist wohlwollen. Wohlwollen meint nicht, den anderen nett finden und ihm auch einmal etwas Gutes zukommen lassen. Wohlwollen meint Aussein auf das, was für den anderen das Gute ist, was sein Leben erfüllen kann.

In diesem Sinn den anderen als anderen bejahen, bedeutet dennoch nicht einfach Selbstlosigkeit. Das Verhältnis ist nicht richtig verstanden, wenn man es so interpretiert. Gewiß sind da gegebenenfalls auch einmal eigene Interessen hintanzusetzen. Aber ich muß in dem als Wohlwollen bestimmten Miteinander keineswegs auf mich verzichten. Es ist nicht so, daß ich mich verliere, wenn ich bereit bin, für andere dazusein. Gerade wer sich so zu anderen verhält, gewinnt auch sich selbst.

Die Vorstellung, daß der Mensch nur in solchem Miteinander wirklich er selbst wird, ist im übrigen keine Bestimmung nur für den Privatbereich, dies meint nicht nur enthusiastische Zweisamkeit oder ein besonders inniges Verhältnis zwischen ein paar wenigen. Das anfängliche Miteinander bedeutet vielmehr zugleich den Bezug allen menschlichen Handelns auch auf das sogenannte Gemeinwohl, auf das Gedeihen von Staat und Gesellschaft also. Für die meisten heute klingt eine solche Erinnerung eher wie die moralische Beschwörung anlässlich von Festakten und Sonntagsreden. In Wahrheit aber geht es da um einen elementaren Zusammenhang.

Jedenfalls war das, was uns bei dieser Verpflichtung auf das Gemeinwohl vielleicht etwas seltsam anmutet, für die klassische Philosophie eine Einsicht, die den Begriff von Glück, das heißt den Begriff gelingenden Lebens, entscheidend mitbestimmt hat. Frage sich jeder selbst, wozu wir wohl neigen: Ob Teilhabe an öffentlichen Angelegenheiten uns eine Quelle des Glücks scheint oder nicht eher eine Quelle von Belästigung und Mißbehagen. Weithin gilt es heutzutage als normal, das Glück in privatem Wohlergehen und in persönlichen Liebhabereien zu suchen. Bei den Griechen aber war unbestritten, daß die Möglichkeit persönlichen Glücks auch mit dem Engagement zusammenhängt, das einer in der Öffentlichkeit und für die Öffentlichkeit eingeht. Das heißt, zum Streben nach Glück gehört die ausdrückliche Teilnahme an der Bewältigung der die Gemeinschaft betreffenden Fragen – und es gehört zum Streben nach Glück keineswegs bloß das Recht, Geschäfte zu machen, den Besitz zu mehren oder

ganz allgemein es sich einfach gutgehen zu lassen.

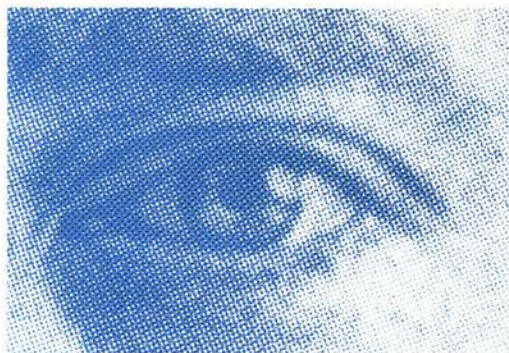
Dies ist eigentlich ein faszinierender Gedanke: Daß der Mensch ohne Tätigkeit für die Gemeinschaft nicht wirklich glücklich werden kann, daß sein Leben ohne solchen Einsatz nicht gelingt. Und selbst wenn diese Grundannahme quersteht zu den Rückzugstendenzen, die sich bei uns überall zeigen: Wir sehen doch inzwischen, wo wir landen, wenn jeder nur das Partikulare, das Egoistische und Private im Blick hat und nicht auch das Ganze! Die schmerzlichen Erfahrungen, die wir derzeit in vielen Bereichen machen, sollten uns den Blick öffnen für diesen ursprünglichen Zusammenhang.

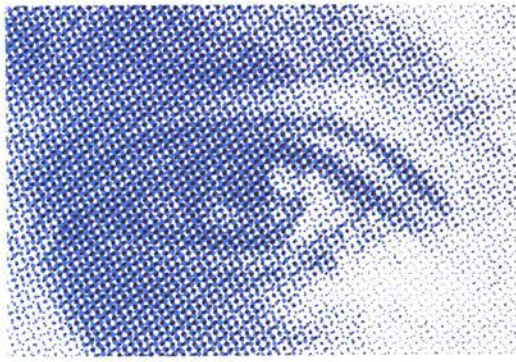
Das Ästhetische

Dann zum Ästhetischen. Wenn hier an die ästhetische Dimension des Lebens erinnert wird, ist nichts gemeint, was vorrangig mit Kunst zu tun hat. Es geht vielmehr um die Entdeckung von Schönheit als Grundzug der Wirklichkeit. Und es geht darum zu sehen, wie anders der Umgang mit allem wird, wenn man die Empfänglichkeit für das Schöne nicht verkommen läßt. Auch dazu kann ich – im Sinn einer »Einordnung« dieser Erinnerung an das Ästhetische – hier nur auf zwei Arbeiten verweisen, die weiterhelfen: Nicolai Hartmann »Ästhetik« und Ulrich Hommes »Der Glanz des Schönen«.

Man muß das Schöne ernst nehmen. Was uns eine Blume, ein Bild, ein Gesicht mit ihrer Schönheit sagen, das meint nicht eine schmückende Zutat bloß, sondern hat zu tun mit Sinn. Zum menschlichen Dasein gehört der Bezug auf die Schönheit. Es ist nicht nur so, daß manche Dinge und manche Erwartungen mit Schönheit zu tun haben, vielmehr erschließt sich uns von der Schönheit her überhaupt erst das rechte Verhältnis zu dem, was ist. Schönes aber finden wir keineswegs nur in der Kunst, das heißt in der Malerei, der Plastik, der Architektur, in der Dichtung und in der Musik. Es gibt Schönheit in der Natur und beim Menschen und immer wieder auch bei den Dingen, die der Mensch herstellt zum Gebrauch. In der Begegnung mit dem Schönen aber liegt, daß die Wirklichkeit nicht nur auch schön scheinen kann, so wie sie andererseits viele Male häßlich ist und grausam. In ihrem schönen Schein kommt vielmehr heraus, was sie eigentlich ist und was Wirklichkeit im Grunde meint.

Man kann auch sagen: Durch die Schönheit strahlt in unsere Welt etwas herein, das außerhalb unserer eigenen Reichweite liegt. Immer wieder stößt man auf diesen Sachverhalt: Wo uns ein Ding





schön scheint, da zeigt sich, daß die Dinge nicht nur sie selber sind, daß in ihnen vielmehr noch ein anderes ist, etwas, das wir nicht geradewegs zu fassen vermögen und das doch auf geheimnisvolle Weise ihre Wirklichkeit mit ausmacht. Wir sagen: Das, was ist, scheint mehr, als es ist. Wo die Natur schön ist, in der Rose, den Wäldern oder den Jahreszeiten, wo Menschen uns mit ihrem Aussehen geradezu gefangen nehmen, durch die Figur, die Bewegung, das Gesicht, wo Dinge des täglichen Gebrauchs ins Leuchten geraten, weil uns aus ihrer vollendeten Form so viel zufließt, oder wo im Kunstwerk sich etwas auftut vom innersten Geheimnis der Welt – die Schönheit macht da jeweils klar, daß das, was ist, nicht einfach nur es selber ist und daß die Wirklichkeit nicht nur in Greifbarem und Meßbarem besteht. Es ist, als wären Dinge und Menschen mehr in dem, was sich nicht messen und nicht berechnen läßt, als wären sie mehr sie selbst, wo sie uns so gegenüberstehen, daß wir anfangen, sie zu bewundern.

Der moderne Mensch aber ist es gewohnt, die Dinge ernst zu nehmen, soweit sich mit ihnen rechnen läßt. Sein Interesse an der Wirklichkeit ist darauf gerichtet, sich möglichst alles messend und konstruierend zu unterwerfen. Und es läßt sich die Wirklichkeit nicht nur tatsächlich so in den Griff nehmen. Viele der Bedürfnisse, die wir ausgebildet haben, könnten wir auch nicht befriedigen, würden wir nicht zunächst eben auf solche Weise mit der Wirklichkeit verfahren. Hochmut gegenüber Technik und Wissenschaft oder gegenüber der Wirtschaft, die ihrerseits Technik und Wissenschaft antreibt, ist also wahrlich nicht angebracht. Eben der technisch-wissenschaftlichen Rationalität verdanken wir ja die guten Verhältnisse, in denen wir leben, den großen Komfort bei der Arbeit, im Haus und im Verkehr, den materiellen Wohlstand und die soziale Sicherheit. Keiner darf über diese Zusammenhänge einfach hinwegphilosophieren.

Aber vielfach stoßen wir inzwischen darauf, daß dies allein, das heißt ein technisch-wissenschaftlicher Umgang mit der Wirklichkeit, noch kein Gelingen des Lebens garantiert. Wie sehr wir uns deshalb auch um die technisch-wissenschaftliche Rationalität mühen müssen und wie dringlich es angesichts der großen materiellen Probleme der Menschheit auch ist, diese technisch-wissenschaftliche Rationalität tatsächlich auszuschöpfen, davon allein können wir nicht menschlich leben. Die Wirklichkeit, mit der wir uns in solchem Zugriff beschäftigen, ist zu eingeschränkt und noch nicht in ihrem tieferen Sinn erschlossen. So kommt es,

daß ungeachtet aller wissenschaftlichen, technischen und wirtschaftlichen Erfolge eine merkwürdige Leere sich ausbreitet und daß wir zunehmend unter Orientierungslosigkeit zu leiden beginnen.

Läßt man sich dagegen wirklich auf die Schönheit ein, dann bringt uns dies in ein anderes, schonenderes, freundlicheres Verhältnis Menschen und Dingen gegenüber. Gerade für die Veränderung unseres Verhaltens der Natur und dem Menschen gegenüber, die nötig ist, wenn wir in der modernen Welt erfüllt leben wollen, gerade für sie wird in der Begegnung mit dem Schönen eine Bresche geschlagen. Deshalb müssen wir uns darum bemühen, auch die Empfänglichkeit für das Schöne zu fördern. Wir dürfen nicht nur den Verstand pflegen, sondern müssen auch zu unseren Sinnen kommen.

»Die Schönheit wird die Welt retten« – heißt es bei Dostojewski einmal. Wohl jeder empfindet diesen Satz zunächst weltfremd bis zur Lächerlichkeit. Warum sollte ausgerechnet vom Schönen das Rettende ausgehen? Aber geben wir uns Rechenschaft darüber, wie wenig rücksichtsvoll wir tatsächlich mit unserer Welt umgehen, mit der Natur, den Dingen, den Menschen, und machen wir uns andererseits klar, was in der Erfahrung des Schönen mit uns geschieht, wie ganz anders wir uns zu dem verhalten, dessen Schönheit uns berührt hat, dann klingt der zitierte Satz nicht mehr gar so unrealistisch, zumindest scheint er genau in unsere Zeit zu passen.

Das Religiöse

Und schließlich das Religiöse. Es ist offensichtlich, daß die in den christlichen Kirchen institutionalisierte Religion immer weiter an Bedeutung verliert. Aber wenn ich hier an die religiöse Dimension erinnere, dann ist nicht Gläubigkeit im Sinn von Kirche gemeint. Gemeint ist vielmehr die ursprüngliche Beziehung des Menschen auf jene transzendente Wirklichkeit, die unsere Sprache von alters her das Göttliche nennt oder Gott. Wer die Geschichte der Menschheit und die Ausbildung ihrer Kulturen betrachtet, stößt überall auf das Zeugnis dieses Bezugs. Erst in der Neuzeit wird das anders. Nun steht im Vordergrund der Gedanke der Autonomie, das heißt das Verlangen nach Unabhängigkeit und Selbstbestimmung. Deshalb tun sich die meisten mit der religiösen Dimension heute besonders schwer. Zu tief hat sich die Vorstellung eingenistet, daß wir uns selbst preisgeben, wenn wir etwas Höheres über uns anerkennen und Antwort auf die Frage nach dem Sinn uns möglicherweise von dorthier geben lassen.

Inzwischen sehen wir freilich immer deutlicher, daß die Absage an solche Bindung das Leben keineswegs reicher und freier macht, sondern eher umgekehrt das Leben verkümmern läßt. Dies sollte uns zu der Frage zurückbringen, ob Religion nicht doch ein unaufgebbares Moment menschlichen Daseins darstellt. Macht man sich jedenfalls einmal frei von der Behauptung des autonomen Subjekts und betrachtet dann die Wirklichkeit, in der wir leben, erweist sich an vielen Stellen,

daß wir sie gar nicht richtig fassen können – auch die ethischen und die ästhetischen Phänomene nicht –, wenn wir von diesem Bezug absehen, der nur religiös zu begreifen ist.

Die neuere philosophische Anthropologie, die anfänglich gewiß nicht ausgerechnet am Religiösen interessiert war, hat den Weg dazu beschrieben. Besonders gut läßt sich das verfolgen an Hand von Wolfhart Pannenburgs Buch »Anthropologie in theologischer Perspektive«. Diese Anthropologie nennt die Lebensform des Menschen exzentrisch, und sie stellt fest: Nur ein Äußerstes bildet zur Aufgebrochenheit des menschlichen Daseins das Gegengewicht und gibt ihm entsprechenden Rückhalt, ein Äußerstes an Macht und Hoheit. Dies aber heißt: Der Mensch ist von Natur aus religiös. Religion ist eine wesentliche Dimension seines Lebens. Und wo diese Dimension verkümmert, ist mit folgenreichen Verformungen des menschlichen Daseins zu rechnen. Denn eben mit der Erfahrung des Göttlichen erkennen wir überhaupt erst den Unterschied zwischen solchem, das mächtig, bedeutsam und sinnvoll ist, und dem Gegenteil, dem chaotischen und gefährvollen Fluß der Dinge, ihrem zufälligen Auf- und Untergang.

Bei Hegel – diesem großen Denker des Deutschen Idealismus – heißt es in der Einleitung zu den Vorlesungen über Philosophie der Religion: »Unsere Zeit hat das Ausgezeichnete, von einer unendlichen Menge von Gegenständen zu wissen, nur nichts von Gott. Dabei macht es uns keinen Kummer mehr, von Gott nichts zu erkennen, vielmehr gilt es für die höchste Einsicht, daß diese Erkenntnis gar nicht möglich sei. ... ›Gott erkennen‹, diese hohe Forderung ist der Weisheit unserer Zeit ein leerer Klang. Sie hat aus Gott ein unendliches Gespenst gemacht, aber so auch die menschliche Erkenntnis zu einem Gespenst der Endlichkeit, zu einem Spiegel, in den nur noch Schemen fallen.« Jeder spürt wohl, wie aktuell dies Wort Hegels ist. Hegel selbst aber bezeichnet den Standpunkt, nichts von Gott begreifen zu können, ja dessen gar nicht zu bedürfen, ausdrücklich als »die größte Erniedrigung des Menschen«, auch wenn der Mensch dies »als das Höchste und als seine wahre Bestimmung erwiesen zu haben glaubt«.

Es gilt weithin als Zeichen souveräner Vernunft, Religion für Illusion zu halten, in die sich zu retten sucht, wer mit den negativen Erfahrungen des Lebens sonst nicht zu Rande kommt. Aber so denken, heißt, noch nicht verstehen, was das Wort Religion meint. Was das Göttliche heißt oder Gott, ist nicht erfunden und nicht ausgedacht, sondern benennt etwas, das wahrgenommen wird, meint also solches, das den Menschen von sich aus angeht.

Wahrnehmung der Wirklichkeit

Die moderne Gesellschaft ist nicht zufällig vom Schwund des Ethischen, Ästhetischen und Religiösen gezeichnet, sie hat diesen Schwund selbst herbeigeführt mit der ausdrücklichen Beschränkung ihres Interesses an der Welt. Aber wir machen es uns zu leicht, wenn wir jetzt bloß davon reden, daß die Dinge keinen Glanz mehr

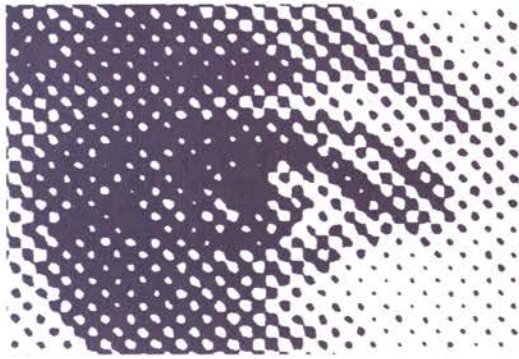
ausstrahlen, daß das Miteinander nicht gelingt und daß Gott in weite Ferne entschwunden ist. Gewiß – wir haben mit der einseitigen Ausrichtung des Interesses darauf, wie etwas funktioniert oder was nützlich und brauchbar ist oder womit sich Geld machen läßt, ein Verhältnis zur Wirklichkeit angefangen, auf das die Wirklichkeit gleichsam eingegangen ist. Aber unser Wahrnehmungsvermögen ist nicht so etwas wie ein leeres Gefäß, in das von außen irgend etwas hineinfällt. Was uns die Dinge sagen, hängt auch davon ab, was wir sie sagen lassen. Und deshalb ist es keineswegs nur so, daß die Weise des Erfahrens der Dinge von Bedeutung ist dafür, ob der Mensch ein Verhältnis zum Guten und Schönen und Göttlichen hat oder nicht; sehr wohl gilt auch das Umgekehrte, das heißt, daß Offenheit für diese anderen Dimensionen von großer Bedeutung ist für die Weise des Erfahrens der Dinge und für das daraus sich bildende Verständnis der Welt.

Ob wir die Wirklichkeit in dieser Tiefe wahrnehmen, in die das Ethische, Ästhetische und Religiöse verweisen, liegt insoweit tatsächlich an uns. Aber es steht deswegen nicht in unserem Belieben. Wir müssen das schon als einen Anspruch an uns verstehen. Genau damit tun sich die Menschen inzwischen eher schwer. Denn von der Vorstellung der Autonomie her, die seit der Aufklärung unser Selbstverständnis bestimmt, erscheint jede Form von Abhängigkeit als Zeichen der Unfreiheit und der Selbstentfremdung. Deshalb versuchen wir so angestrengt, von allen Vorgaben loszukommen und allen Bindungen uns zu entwinden, um ganz frei das sein zu können, was wir selber wollen. In Wahrheit aber – so jedenfalls denkt die große Tradition der klassischen Philosophie – hat Menschsein einen bestimmten Inhalt und enthält damit Vorgaben an unser Denken und Wollen, die nicht beliebig zu verändern sind.

Ich weiß sehr wohl, daß diese Sicht der Dinge nicht unstrittig ist. Doch gibt es nicht nur in der Sache gute Gründe, so zu denken wie hier skizziert, es deutet auch sehr viel darauf hin, daß ohne eine Besinnung auf diese verdrängten Dimensionen unseres Lebens mit den Schwierigkeiten, die auf uns lasten, nicht fertig zu werden ist. Könnte man dies nicht als Einladung nehmen, sich auf die eben dargestellten Zusammenhänge wirklich einzulassen, um zu erfahren, ob und wie weit sie tragen?

Woher sonst soll denn in dieser vornehmlich an materiellem Wohlergehen und individuellen Freiheiten interessierten Gesellschaft die Kraft kom-





men, es mit den eingangs genannten Problemen aufzunehmen? Denken wir nur an die Schwierigkeiten im Umgang miteinander, an den rasanten Zerfall zwischenmenschlicher Beziehungen und an die schreckliche Gewalt, die sich unter uns breitmacht. Oder denken wir daran, wie unsere maßlose Ichsucht kein positives Verhältnis zu irgendwelchen Institutionen mehr zulässt und es nicht erlaubt, auch vergleichsweise harmlosen Einschränkungen zuzustimmen. Denken wir an die Notwendigkeit des Umbaus unseres Sozialstaates, von den Aufgaben ganz zu schweigen, die sich aus dem europäischen Einigungsprozeß ergeben und aus der Entwicklung hin zur »einen« Welt. Vielfach wird inzwischen die Notwendigkeit eines radikalen Umdenkens beschworen. Aber erst wenn wir die verdrängten geistigen Dimensionen wieder ernster nehmen und von dorthin zu den Kriterien lohnenden Lebens finden, werden wir neue Grundhaltungen ausformen können, die es uns ermöglichen, mit den genannten Problemen wenigstens etwas besser fertig zu werden.

Natürlich ist das alles in unserer hochkomplexen Welt nicht nur eine Frage des guten Willens und der persönlichen Einsatzbereitschaft. Es ist auch eine Frage der gesellschaftlichen Verhältnisse. Das heißt, es kommt sehr wohl auf die richtigen politischen Maßnahmen an, auf Phantasie so gut wie auf technischen, wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Sachverstand. Aber es geht um die Voraussetzung, die solche Maßnahmen in den Grundhaltungen der Menschen haben müssen, um Zustimmung finden und wirksam werden zu können.

Das öffentliche Gespräch

Bleibt die Aufgabe klarzumachen, warum unser geistiges Defizit eine Herausforderung gerade der Publizisten bedeutet. Dem einen oder anderen scheint mit diesen Ausführungen für die Frage der Verantwortung des Publizisten vielleicht etwas weit ausgeholt. Aber ich spreche hier von Verantwortung nicht im Sinne von »Schuld haben an etwas«, sondern im Sinne von »antworten müssen«. Die Verantwortung für den weithin desolaten Zustand der Gesellschaft den Medien aufzuladen, wäre nicht nur zu bequem. Man würde dabei verkennen, was der bedrohlichen Entwicklung tatsächlich zugrunde liegt, von wie weit her die Probleme rühren. Wohl aber gehört es zur Verantwortung derer, die reden und schreiben, Sendungen machen, Zeitschriften redigieren und Bücher verlegen, dafür zu sorgen, daß von den Bedingungen für das

Gelingen des Lebens offener und engagierter gehandelt wird als bis jetzt üblich.

Dabei gehe ich keineswegs davon aus, daß jeder, der publizistisch tätig ist, die Dinge so sehen muß, wie ich sie dargestellt habe, und demgemäß auch persönlich für sie einzustehen hat. Aber der Blick auf die Schwierigkeiten, in denen sich die moderne Gesellschaft zu verlaufen droht, gebietet es, dem hier Angemahnten publizistisch wenigstens eine echte Chance zu geben.

Zwei Gründe dafür will ich herausheben.

Zum einen: Es gibt Sachverhalte, Werte, Dimensionen, die es nötig haben, im öffentlichen Gespräch zu sein, um anerkannt zu werden und wirken zu können. Ist dies nicht der Fall und geht die öffentliche Meinung eher darüber hinweg, verliert sich rasch ihre gestaltende Kraft. Gerade die Art Wahrheit, um die es hier geht, lebt davon, daß sie in der Öffentlichkeit und für die Öffentlichkeit so dargestellt wird, daß man sich auf sie einlassen kann.

Dies gilt insbesondere für eine Gesellschaft, die sich stolz pluralistisch nennt, aber kaum zu verhindern weiß, völlig auseinanderzudriften. Ohne Pluralismus ist eine demokratische Gesellschaft nicht lebensfähig. Darin sind wir uns wohl einig. Aber Pluralismus ist kein Ersatz dafür, das eigene Leben an einem verpflichtenden Maß auszurichten. Wo Pluralismus zur passiven Reaktion auf immer mehr Möglichkeiten verkommt, verstärkt das nur den gesellschaftlichen Trend, der alle Lebensentscheidungen der totalen Beliebigkeit ausliefert. Irgendwann landet man dann in einer Welt, wo alles geht, aber nichts wirklich wichtig ist. Es ist schon so, daß die moderne Gesellschaft mit Pluralismus und Marktwirtschaft eher das Aufblühen von Zynismus begünstigt als die Ausbildung geistiger Kompetenz.

Ein verpflichtendes Maß anzuerkennen und ihm zu folgen, ist entscheidend aber nicht nur für den Einzelnen und das Gelingen seines Lebens, es hängt daran auch das Gedeihen von Staat und Gesellschaft. Auch daran möchte ich erinnern. Es ist ja geradezu das Dilemma der freiheitlichen Demokratie, daß sie nicht selbst die Überzeugungen hervorbringen kann, die sie zum eigenen Bestand braucht, ja daß sie auf Dauer eher sogar zum Abbau dieser Überzeugungen beiträgt. Der Staat hält sich hier zu Recht sehr zurück. Denn was zum Beispiel das Bewußtsein der ethischen, ästhetischen und religiösen Dimension anbelangt, ist nichts zu verordnen und nichts zu erzwingen. Aber Selbstbeschränkung bedeutet nicht, daß für den Staat gleichgültig würde, wie es die Bürger mit solchen Werten halten; er muß es nur den gesellschaftlichen Kräften selbst überlassen, für die Fortwirkung jener substantialen Zusammenhänge zu sorgen, aus denen das Gemeinwesen lebt.

Auch insoweit hängt sehr viel davon ab, daß in der Öffentlichkeit tatsächlich möglichst unvoreingenommen und engagiert von den Bedingungen für das Gelingen des Lebens gehandelt wird. Und das heißt: Es muß mehr zur Sprache kommen, was von den geistigen Zusammenhängen her dem Menschen helfen könnte, erfüllt zu leben. Was aber tun wir zum Beispiel in den Medien, damit

sich zeigen kann, daß ohne eine ganz grundsätzliche Bejahung des anderen das eigene Leben nicht gelingt, daß der Sinn vieler Dinge sich nicht darin erschöpft, daß sie uns dienen, und daß es keine Absage an religiöse Bindung braucht, um wirklich frei zu sein? Ich behaupte nicht, daß nichts dafür geschieht. Aber ich frage: Tun wir genug und tun wir das Richtige? Menschliche Gemeinschaft ist zutiefst doch wohl immer vor allem eine Sache der gemeinsamen Anerkennung verpflichtender Werte und keineswegs bloß die Sache kollektiver Arbeit zur Befriedigung immer weiterer materieller Bedürfnisse.

Verlockung des Publikums

Und dann das Zweite: Es ist eine unübersehbare Tatsache, daß das, was im Zeitalter der Medien mehr denn je darauf angewiesen ist, in der Öffentlichkeit und für die Öffentlichkeit zur Geltung kommen zu können, daß sich eben das in den modernen Medien besonders schwertut. Ganz offensichtlich betrifft die Art und Weise, wie die Medien in unserer Gesellschaft funktionieren, diese geistigen Inhalte eher negativ. Dies hängt zusammen mit den besonderen Zwängen, die in den Medien herrschen, und mit der besonderen Wirkung, die die Medien entfalten. Denken wir nur an die bekannte Bevorzugung dessen, womit Aufmerksamkeit zu erregen ist, und an die verstärkende Wirkung, die in seiner immensen Vervielfältigung liegt. Darüber ist schon so viel geredet und geschrieben worden, daß ich hier nicht weiter darauf eingehen muß. Journalisten, Intendanten und Verleger aber haben eine Verantwortung nicht nur für das, was hinausgeht und wie etwas hinausgeht, sondern sehr wohl auch für das, was hinausgehen müßte. Gerade weil gewisse Dinge von den berufsbedingten Einseitigkeiten des Journalisten her und gemäß den bekannten Vorlieben des Publikums in den Medien immer eine größere Chance haben als andere, muß man dafür sorgen, daß auch jenes gelesen, gehört, wahrgenommen werden kann, was nicht von alleine läuft, sondern eigens erschlossen werden muß, wenn es in seinem befreienden Sinn soll aufgehen können.

Wer so redet, muß auf Gegenfragen gefaßt sein. Die Wahrheit mag ja zumutbar sein, wird man zu bedenken geben, aber läßt sie sich auch »verkaufen«, das heißt an diejenigen heranbringen, die sie angeht? Ist nicht – angesichts des Umstands, wie das Publikum sich in aller Regel tatsächlich verhält – zum Scheitern verurteilt, wer heute gerade die geistige Kompetenz von Lesern, Hörern und Sehern fördern will?

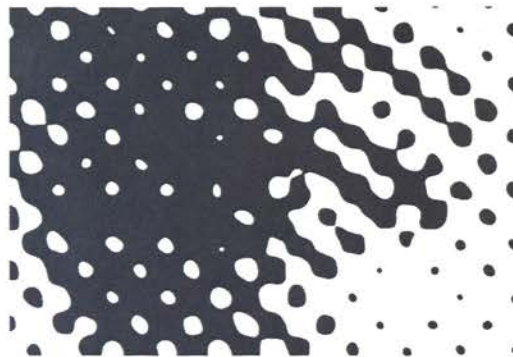
Ganz gewiß ist zahlenmäßig eher mit solchem und für solches Zustimmung zu finden, das entlastet und zerstreut, nicht anstrengt, sondern unterhält. Und am allerwenigsten kommen an dieser Tatsache diejenigen vorbei, die wirtschaftlichen Erfolg brauchen, um überhaupt wirken zu können. Für jeden zum Beispiel, der nicht aus allgemeinen Gebühren finanziert wird, schafft nur angemessener Gewinn jenen Spielraum, in dem geistiges Wagnis möglich ist. »Wer Pleite macht, verstummt.« Schreiben, senden und drucken, wofür es keine Abnehmer gibt, erledigt sich von allein.

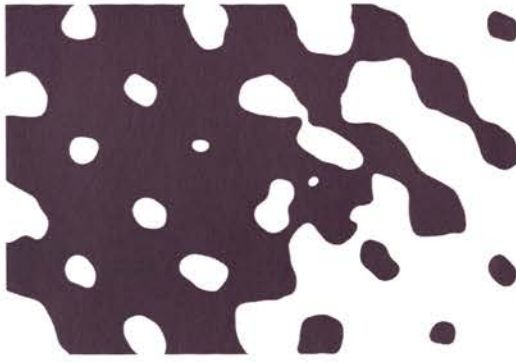
Und es ist kein Zeichen geistiger Größe, von den Produktionsbedingungen nichts wissen zu wollen.

Aber so eindeutig, wie das zuweilen behauptet wird, ist die Sache mit den Abnehmern nicht. Gewiß tut hier die ununterbrochene Vermehrung von Angeboten zum Zeitvertreib ihre Wirkung, die Flut von Titeln und Programmen, die sich über uns ergießt und die sich mit der fortschreitenden Technik und angesichts lockender Gewinne auf dem Mediensektor noch verstärken wird. Aber deshalb muß man, um erfolgreich zu sein, noch lange nicht die eigenen Ansprüche verleugnen, auf der rauschenden Welle von Obszönität und Gewalt mitschwimmen und durch immer bodenlosere Trivialisierung die allgemeine Verdummung fördern. Auch wenn mit dem Billigsten das größte Geschäft zu machen ist, besagt das nicht, nur so könne man überhaupt auf seine Kosten kommen. Vielmehr sollten wir daran festhalten, daß Publizist zu sein mehr beinhaltet als mit Reden und Schreiben in die Öffentlichkeit hinein seinen Lebensunterhalt zu verdienen beziehungsweise mit Drucken und Senden gute Geschäfte zu machen.

Wer seiner Verantwortung hier wirklich nachkommen will, darf dem Publikum nicht nur bieten, was es ohnehin bevorzugt, er muß das Publikum auch in neue Gefilde verlocken, darf sich nicht an dem nur orientieren, was die Leute lesen, hören und sehen wollen, sondern muß sich auch um das kümmern, was sie lesen, hören und sehen sollen. Es ist nicht ungefährlich, so zu reden, aber es ist unumgänglich. Gemeint ist damit ja nicht penetrante Besserwisserei, sondern das Gespür für das, was hörbar und sichtbar gemacht werden will, weil es hilft zum Lebenkönnen. Es gibt genügend Beispiele dafür, daß mit Klugheit und Phantasie und trotz aller zur Kompensation nötigen Zugeständnisse in den Medien mehr zu bewegen ist, als diejenigen sich träumen lassen, die das Geschäft nur um des Geschäfts willen machen wollen. So dumm sind die Menschen nicht, daß sie gänzlich unempfänglich wären für das inhaltlich Anspruchsvolle, für die Attraktivität des Guten, das heißt, für das, was sie an sich selbst erinnert, sie in ihrer Menschlichkeit herausfordert und Hilfe zusagt angesichts all der Ungereimtheiten und Widersprüche, in denen sich unser Leben verstrickt hat.

Wer dies eher skeptisch sieht, sollte sich vielleicht einmal einlassen auf eine Einsicht, die Lichtenberg in seinen »Aphorismen« so formuliert hat: »Die Menschen ändern sich von selbst, wenn man sie nicht ausdrücklich ändern will, sondern ihnen nur unmerklich die Gelegenheit macht zu sehen





und zu hören.« Ich bekenne gerne, daß dies Wort, dem der Titel für diesen Essay entnommen ist, es mir besonders angetan hat. Mir scheint darin nicht nur so etwas wie das Berufsgeheimnis der Philosophen formuliert, sondern auch dem publizistischen Wirken etwas Wesentliches vorgegeben. Nicht so sehr mit Einreden und Belehren bringen wir die Menschen weiter, sondern indem wir Gelegenheit machen zu sehen und zu hören. Solche Gelegenheit zu machen, die Gelegenheit, daß sich zeigen und wahrgenommen werden kann, was ist, was alles zur Wirklichkeit des menschlichen Daseins gehört und wie unser Leben am ehesten gelingt – läßt sich überhaupt eine faszinierendere Herausforderung für Publizisten denken?

Drei kritische Fragen

Von dieser grundsätzlichen Erinnerung her ließen sich vielfältige Anmerkungen formulieren, um die verschiedenen Medien noch genauer ins Visier zu nehmen. Das ist hier nicht möglich. Aber ich möchte zum Schluß mit drei Fragen wenigstens in einer Richtung noch Handlungsbedarf und Handlungsmöglichkeiten andeuten.

Die erste Frage: Wie ernst nehmen wir das Publikum? Vielfach werden Hörer, Seher und Leser inzwischen betrachtet wie streunende Hunde, die man ködern und einfangen und möglichst auch noch an die Kette legen muß, damit sie nicht zu anderen Produkten und Programmen gleich wieder abwandern. So überfällt man sie mit immer Hektischerem und Grellerem, mit möglichst Drastischem bis hin zu extrem Geschmacklosem, haut ihnen Wortfetzen um die Ohren und überzieht ihre Augen mit zappeliger Bilderflut. Was aber gibt uns eigentlich das Recht, mit denen, für die wir angeblich arbeiten, auf eine Weise umzugehen, die wir im Blick auf uns selbst uns entschieden verbitten würden? Auch entgegen allem Augenschein dürfen wir im Publikum nicht einfach Wesen sehen,

die nur auf primitive Zerstreuung aus sind und die keinerlei geistige Bedürfnisse haben, keinen Anspruch zum Beispiel darauf zu erfahren, wie es mit der Wirklichkeit steht und worauf wir zu achten haben, wenn wir erfüllt leben wollen.

Die zweite Frage: Wie halten wir es mit der Wahrheit? Es ist erschreckend, wie leichtfertig man in großen Teilen von Presse, Hörfunk und Fernsehen mit Daten und Institutionen, Gefühlen und Personen umgeht, wie selbstgefällig und unbedarft da immer wieder wichtige Sachverhalte abgehandelt werden. Da werden die Dinge höchst partikularen Interessen zuliebe verbogen oder es wird um billiger Gags willen ihr Anspruch gar nicht erst aufgenommen. Der Eindruck, daß willkürliche Verfügung über die Wirklichkeit zunimmt, kommt nicht von ungefähr, ebensowenig der Schwund an Hochschätzung des Journalismus. Jeder weiß, daß man mit so etwas Erfolg haben kann. Aber seine Verpflichtung auf die Wahrheit nicht wirklich ernst nehmen, dies muß in Zerstörung enden. Das mag noch so oft einen Vorteil bringen, zuletzt hebt es auf, worauf menschliches Leben beruht, nämlich die Achtung vor sich selbst und zwischen den Menschen das Vertrauen.

Und die dritte Frage: Wie gehen wir um mit der Sprache? Es ist schon sehr auffällig, wie dürftig die Weise zu reden und zu schreiben geworden ist, von offensichtlicher Fehlerhaftigkeit ganz zu schweigen. Aber zwischen der Wirklichkeit und der Sprache besteht eine besondere Beziehung. Sprache ist nicht rein instrumentell zu verstehen als ein System von Zeichen, mit denen man alles mögliche weitergeben kann. Wir greifen nicht aus gleichsam sprachlosem Zustand nach einem Werkzeug der Verständigung. Wir sind vielmehr in allem Wissen von uns selbst und von der Welt schon von unserer Sprache umgriffen. Wir lernen die Welt und uns selbst kennen, indem wir sprechen lernen. In der Sprache ereignet sich Wahrheit. Und so hängt sehr viel davon ab, auf den Anspruch der Wirklichkeit sprachlich angemessen zu antworten. Zum Begriff des Publizisten gehört eine besondere Verantwortung für die Sprache. Sich vor dieser Verantwortung davonzuschleichen, um sich mit bloßen Schlagworten und anspruchslosem Geplauder zufriedenzugeben, ist ein Stück Verrat am Menschen, solange man die Sprache als Medium begreift, in dem der Mensch als geistiges Wesen seiner selbst inne wird.

Prof. Dr. phil. Dr. jur.

Ulrich Hommes

geb. 1932 in Freiburg.

Studium der Philosophie, Germanistik und Geschichte (Promotion 1957) und anschließend der Rechtswissenschaften (Promotion 1961) in Freiburg. Habilitation 1966 an der Philosophischen Fakultät der Universität München.

Seit 1967 Lehrstuhl für Philosophie an der Universität Regensburg.

Forschungsgebiete:

Praktische Philosophie (Politische Theorie, Ethik, Ästhetik, Geschichtsphilosophie).

Medienrelevantes Engagement als Vertreter der Bayerischen Hochschulen im Rundfunkrat des Bayerischen Rundfunks und als Vertreter der ARD im Comité Consultatif des Europäischen Kulturkanals ARTE in Straßburg.

Literatur zum Thema und Bildnachweis ► Seite 90

Spannungen Schwellungen Schmerzen

Bei schwachen Venen



Venostasin® retard

- **STÄRKT** die Venenwände und wirkt so gegen Beinschwellungen.
- **WIRKT** mit der natürlichen Kraft der Roßkastanie und schützt so die Venenwände.
- **VERBESSERT** die Blutzirkulation und damit die typischen Venenbeschwerden. Geschwollene Beine, müde und schwere Beine, ziehende Schmerzen, Spannungsgefühl, Juckreiz und nächtliche Wadenkrämpfe.

Anwendungsgebiete: Symptome der chronischen Venenerkrankung unterschiedlicher Ursache wie: Wasseransammlungen in den Beinen (Ödeme), Krampfadem mit Beschwerden wie Juckreiz, Schmerzen, Schwere- und Spannungsgefühl in den Beinen sowie Wadenkrämpfe. **Nebenwirkungen:** Gelegentlich leichte Magenbeschwerden, dann Präparat zu Mahlzeiten einnehmen. **Dosierung und Anwendungsweise:** Morgens und abends 1 Retardkapsel mit ausreichend Flüssigkeit einnehmen.



Bildung



Die Wissenschaft lebt...

...von der spannenden und fruchtbaren Diskussion zwischen jung und alt. Hier werden wichtige Erfahrungen weitergegeben, neue Fragen bringen neue Ideen hervor. Ganz so wie im täglichen Leben auch. Mit der neuen WOCHE nehmen Sie an allen wichtigen Diskussionen teil, die das Leben und die Zukunft in unserer Stadt bestimmen. Erleben Sie Regensburg. Jeden Donnerstag neu.



Leben in Regensburg

Pfadfinder im Gehirn?

Entwicklungs- und Neurogenetik komplexer Nervensysteme

Neurobiologie

Die Entwicklung eines Organismus aus einer Eizelle ist eines der zentralen Themen der Entwicklungsbiologie. Wir beginnen heute zu verstehen, wie die Grundlagen dazu in Bauplänen in den Erbanlagen niedergeschrieben sind und wie ein ganzes Netz von hierarchisch angeordneten Genen die Entwicklung steuert. Doch wie wird der Aufbau eines so komplexen Organes wie des Gehirns kontrolliert? Eine Vielzahl von Nervenzellen müssen auf hochspezifische Weise miteinander verknüpft werden, um den Informationsfluß im Gehirn in die richtigen Bahnen zu lenken.

Die Leitfrage: Wie entsteht ein Gehirn?

Die Vorstellung, daß aus einem befruchteten Ei nach der Bebrütung ein Küken schlüpft oder daß aus einer kleinen Eizelle ein Mensch entsteht, hat etwas Geheimnisvolles an sich, erscheint uns aber dennoch in gewisser Weise als selbstverständlich. Wir beginnen erst dann uns zu fragen, was denn hier eigentlich geschieht, wenn wir feststellen, daß Unfälle oder Krankheiten vorkommen können, die zu Mißbildungen führen oder den Entwicklungsprozeß abbrechen lassen. Erst dann realisieren wir, mit welcher unglaublicher Präzision hier Prozesse ablaufen, die die Eigenschaften des entstehenden Lebens festlegen, die entscheiden, ob aus dem befruchteten Ei eine Fliege, ein Frosch oder ein Mensch hervorgeht, die für die arttypische Ausprägung der Körpergestalt, die Ausformung der Organe und ihr Zusammenspiel miteinander sorgen, und die trotzdem bewirken, daß Individuen entstehen, die sich von ihren Artgenossen unterscheiden.

Nachdem die klassische Entwicklungsbiologie über viele Jahrzehnte hinweg eine ausführliche Beschreibung der dynamischen Vorgänge bei der Bildung von Lebewesen aufgestellt hat, war es vor allem die Molekulargenetik, die uns in den letzten zehn Jahren in der Entwicklungsbiologie entscheidende Schritte weitergebracht hat und zur Zeit zu einer kontinuierlichen Flut von neuen, aufregenden Ergebnissen führt. Die Kluft zwischen der Beschreibung von Entwicklungsvorgängen einerseits und der formalen genetischen Analyse von Vererbungsregeln auf der anderen Seite verschwindet, Mechanismen werden sichtbar, die die Verbindung zwischen der genetisch gespeicherten

Information und ihrer Umsetzung in der Entwicklung herstellen.

Wir sind auf dem besten Wege, ein genetisches Netzwerk aufzuschlüsseln, welches die wesentlichen Koordinaten eines sich entwickelnden Lebewesens bestimmt, egal ob es sich dabei um eine Fliege, einen Frosch oder einen Menschen handelt. Wir wissen zwar noch nicht, wieso aus einem Fliegenei immer eine Fliege und aus einem Froschei immer ein Frosch entsteht, aber wir meinen doch zu verstehen, wie in einem sich entwickelnden Lebewesen die Lage der Körperachsen vorne-hinten (Kopf-Schwanz, Bauch-Rücken) oder rechts-links festgelegt wird. Das Erstaunlichste ist dabei die Universalität dieser Prozesse. Viele von ihnen scheinen über weite Bereiche des Tierreiches bis zum Menschen in ganz ähnlicher Weise gesteuert zu werden.

Ist es schon schwer vorstellbar, welche Regulationsmechanismen dafür sorgen, daß die Gestalt eines Körpers oder die Form eines Organs in der Entwicklung verlässlich reproduziert wird, so gilt dies im besonderen Maße für die Entwicklung des Gehirns. Wie sollen wir die Entwicklung eines so komplexen Gebildes wie des menschlichen Gehirns verstehen, das aus einer unglaublich hohen Zahl von Nervenzellen besteht, die sich in ihrer Form unterscheiden und unterschiedliche Funktionen ausführen müssen? Hier müssen wir uns zunächst kurz vorstellen, was ein Gehirn alles leisten kann. Nehmen wir zum Beispiel das visuelle System. Mit unseren Augen nehmen wir die Umgebung wahr, können Bilder betrachten. Wie ist das überhaupt möglich? Die Wahrnehmung des Lichtes durch Lichtsinneszellen – die Photorezeptorzellen – ist schon lange bekannt, ebenso die visuellen Zentren des Gehirns. Die Information fließt von den Photorezeptorzellen in Form von elektrischen Signalen durch lange Fortsätze der Nervenzellen – die Axone – in die visuellen Zentren und wird dort zu Bildern verrechnet. Die Entwicklung der visuellen Zentren im Gehirn und jene des Auges laufen aber unabhängig voneinander ab. Wie ist es dann möglich, daß die Axone der Photorezeptorzellen im Auge überhaupt in das richtige Ziel, in den richtigen Bereich des Gehirnes einzuwachsen können? Wie wissen ganz bestimmte Axone, wo das richtige Ziel ist? Man stelle sich vor, daß plötzlich die Riechzellen ihre Axone ins visuelle System leiten und umgekehrt. Wie soll man mit der Nase sehen und mit den Augen riechen können? Daß dies nicht stattfindet, ist einem komplizierten Prozeß der Weg- und Zielfindung



1 Das Modell, *Drosophila melanogaster*. Die Abbildung zeigt ein weibliches Exemplar von *Drosophila melanogaster*, der Tau- oder Essigfliege (Vergrößerung 20-fach). Durch die hohe Fortpflanzungsrate unter einfachsten Zuchtbedingungen eignet sich diese Fliege besonders für Laboruntersuchungen. In Kombination mit der klassischen und molekularen Genetik kann hier eine Vielzahl biologischer Prozesse untersucht werden.

zu verdanken, in dem wachsende Nervenfasern wie Pfadfinder in der Lage sein müssen, Wege zu finden, Wegweiser zu erkennen und richtig zu interpretieren, sich an ›Himmelsrichtungen‹ zu orientieren und schließlich die richtigen Kontaktpartner zu erkennen. Wie kann man diesen Prozeß nun experimentell angehen? Man braucht dazu ein Modellsystem, einen Organismus, in dem die geschilderten Prozesse ablaufen, der aber gleichzeitig die Voraussetzungen bietet, sie im Labor zu beobachten. Wir haben uns als Modellsystem *Drosophila melanogaster*, die Tau- oder Essigfliege, ausgesucht 1.

Das von uns gewählte Modellsystem: die Taufliege *Drosophila*

Was bringt Wissenschaftler dazu, sich ein so exotisches Tier wie diese kleinen, lästigen und lächerlichen Fliegen als Modellsystem auszusuchen? Dies ist wohl eine der häufigsten Fragen, die man als Taufliegen-Forscher gestellt bekommt. Wieso also gerade diese Fliegen? Nun, die Taufliege *Drosophila* wurde schon in den frühen zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts von Thomas Hunt Morgan als Modell für die Forschung entdeckt und aufgebaut. *Drosophila* ist besonders geeignet für die Laborzucht, da sie sich leicht auf einem nahrhaften Maisbrei züchten läßt und eine hohe Fortpflanzungsrate zeigt, in zehn Tagen über 300 Nachkommen aus einem einzelnen Paar. Doch die wirkliche Trumpfkarte von *Drosophila* ist die klassische und moderne Genetik.

Die klassische Genetik mit *Drosophila* ist besonders einfach, da das Genom, d.h. die Gesamtheit aller Gene, – im Gegensatz zum Menschen und zu vielen anderen Tieren – aus nur vier Chromosomen besteht und insgesamt etwa zehnmal kleiner ist als beim Menschen. Jahrzehntelange Forschung

hat inzwischen zu einer Sammlung von Tausenden von verschiedenen Mutationen geführt, die fast jeden Prozeß aus der Biologie der Fliege betreffen: blinde Fliegen, in denen das visuelle System gestört ist; lahme Fliegen, die nicht richtig laufen können; dumme Fliegen, die nicht oder nur schlecht lernen können; aber auch Monsterfliegen, die Beine am Kopf oder über zehn Augen am Körper haben. Neue Mutationen können erzeugt und die entsprechenden Ursachen der Defekte (z. B. der Blindheit) erforscht werden. Doch dies ist nur eine Facette der Vorteile, die *Drosophila* der Forschung eröffnet. Dank der großen Fortschritte in der Gentechnik können die Gendefekte in diesen Mutanten mittlerweile schnell isoliert, identifiziert und analysiert werden. Ein ausgeklügeltes System erlaubt es dann, z. B. durch Transformationsexperimente solchen Mutanten wieder eine gesunde Kopie des Gens zu verpflanzen und damit die Tiere zu ›heilen‹.

Diese enormen Vorteile haben dazu geführt, daß sich die Taufliege heute bei praktisch allen wichtigen Prozessen in der Biologie als Modellsystem etabliert hat. Dies hat durch das Zusammengehen von Genetik und Entwicklungsbiologie gerade in der Erforschung der embryonalen Entwicklung in den letzten Jahren auf vielen Gebieten zu bahnbrechenden Erfolgen geführt, die auch wesentliche Rückschlüsse auf die Entwicklung des Menschen zulassen. Die Bedeutung dieser Ergebnisse wurde mit der Verleihung des Nobelpreises für Medizin 1995 an Ed Lewis, Christiane Nüsslein-Volhard und Eric Wieschaus gewürdigt, drei *Drosophila*-Forscher, die die Grundsteine für diesen Wissenschaftserfolg gelegt haben.

Wie können wir nun mit *Drosophila* die Entstehung eines komplexen Nervennetzwerkes, nämlich des Gehirnes, untersuchen?



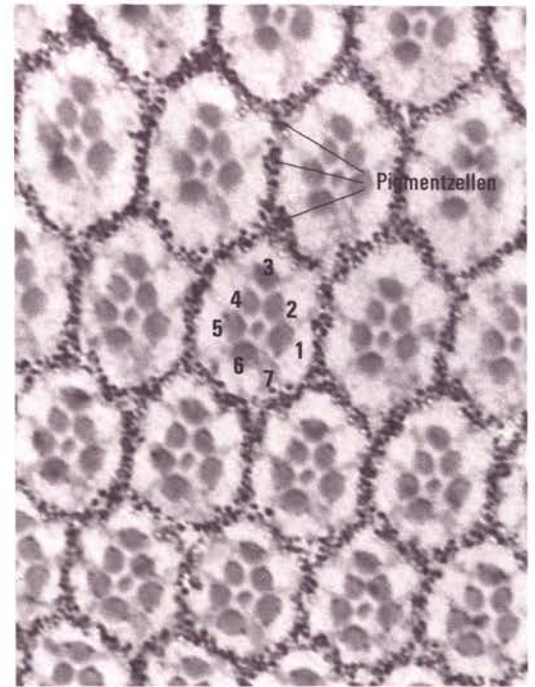
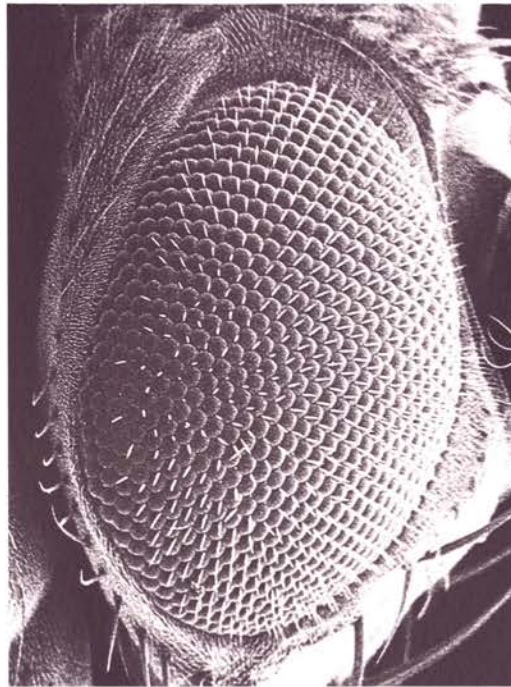
2 Das Komplex-Auge von *Drosophila*.

links:

Im Rasterelektronenmikroskop aufgenommenes Komplex-Auge von *Drosophila* (Vergrößerung 130 fach). Deutlich sichtbar die repetitive Struktur der ca. 800 Ommatidien.

rechts:

Tangentialschnitt durch das *Drosophila*-Auge (Vergrößerung 1100 fach). Die einzelnen Ommatidien werden durch Pigmentzellen optisch voneinander isoliert. Pro Querschnitt eines Ommatidiums sind jeweils sieben Photorezeptorzellen (R1-R7) sichtbar, die in einer regelmäßigen, fast kristallinen Anordnung vorliegen. Die lichtsensitiven Strukturen der einzelnen Zellen, die Rhabdomere, sind aufgrund ihrer Anordnung genau identifizierbar.



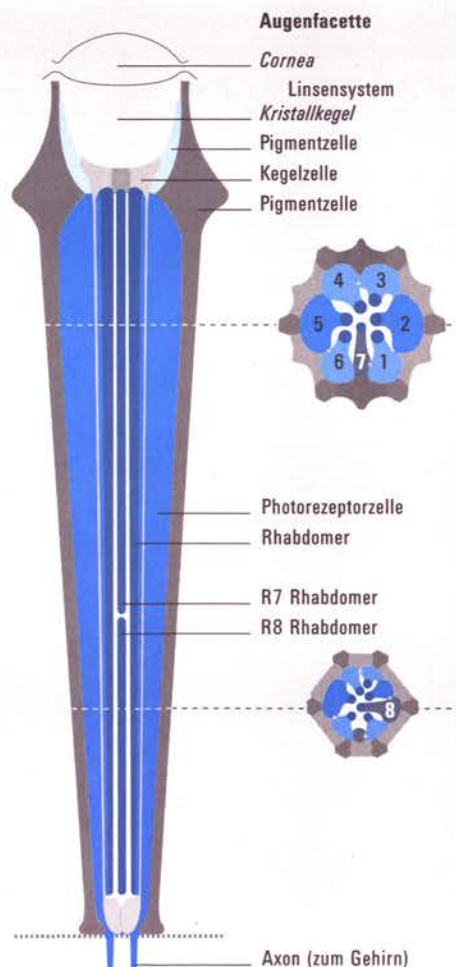
Eine kurze Charakterisierung des visuellen Systems von *Drosophila*

Als Einstieg zur Untersuchung der Entwicklung des Gehirnes haben wir uns das visuelle System ausgesucht, dessen Struktur eingangs kurz erläutert werden soll. *Drosophila* besitzt ein typisches Insektenauge (auch Komplex- oder Facettenauge

genannt), das aus etwa 700–800 einzelnen Facetten, den Ommatidien, besteht **2**. Jedes Ommatidium besteht aus einer genau definierten Anzahl von Zellen und stellt in sich ein von den anderen Ommatidien quasi unabhängiges Auge dar. Man könnte sich also vorstellen, daß das Insektenauge eigentlich aus vielen einzelnen unabhängigen Augen besteht. Für unsere Arbeiten besonders wichtig sind wiederum die Photorezeptorzellen. Sie erfüllen die gleiche Funktion wie beim Menschen, nämlich die Aufnahme von Licht und dessen Umwandlung in ein vom Gehirn lesbares Signal, das über die Axone der Photorezeptorzellen ans Gehirn weitergeleitet wird. Dabei können wir verschiedene Kategorien von Lichtsinneszellen mit jeweils typischen Endigungsgebieten ihrer Axone (Projektionen) unterscheiden. Jedes Ommatidium besitzt sechs äußere Rezeptorzellen (R1 bis R6) und zwei zentrale (R7 und R8) **3**. Diese unterscheiden sich nicht nur in der Lage im Ommatidium, sondern auch in ihrer physiologischen Funktion: Jeder Rezeptortyp ist auf eine bestimmte Wellenlänge des Lichtes spezialisiert und leitet diese Informationen an unterschiedliche Zellen im Gehirn weiter. Die Verbindungen von R1 bis R6 laufen in das erste optische Neuropil, die Lamina, die Verbindungen von R7 und R8 in verschiedene Schichten des zweiten optischen Neuropils, der Medulla **4**. Der hochrepetitive Aufbau des Komplexauges mit ca. 800 Ommatidien wird dabei auch im Gehirn in Form von einzelnen Säulen beibehalten. Das Schöne an diesem System ist, daß durch die 800fache Wiederholung einer genau definierten Zellgruppe der kleinste Fehler enorm verstärkt wird, Veränderungen aufgrund spezifischer Mutationen leicht sichtbar sind und genau untersucht werden können.

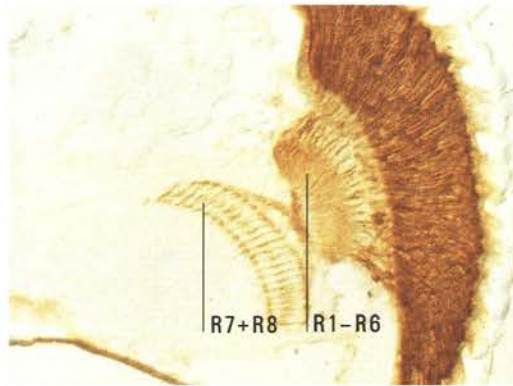
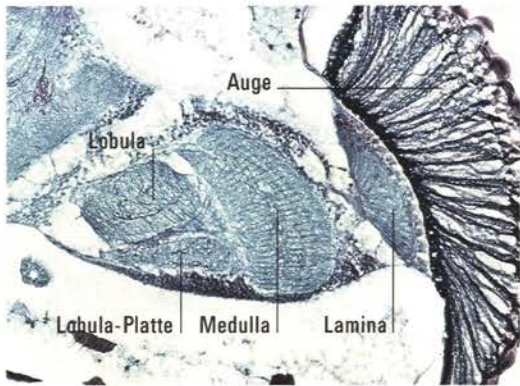
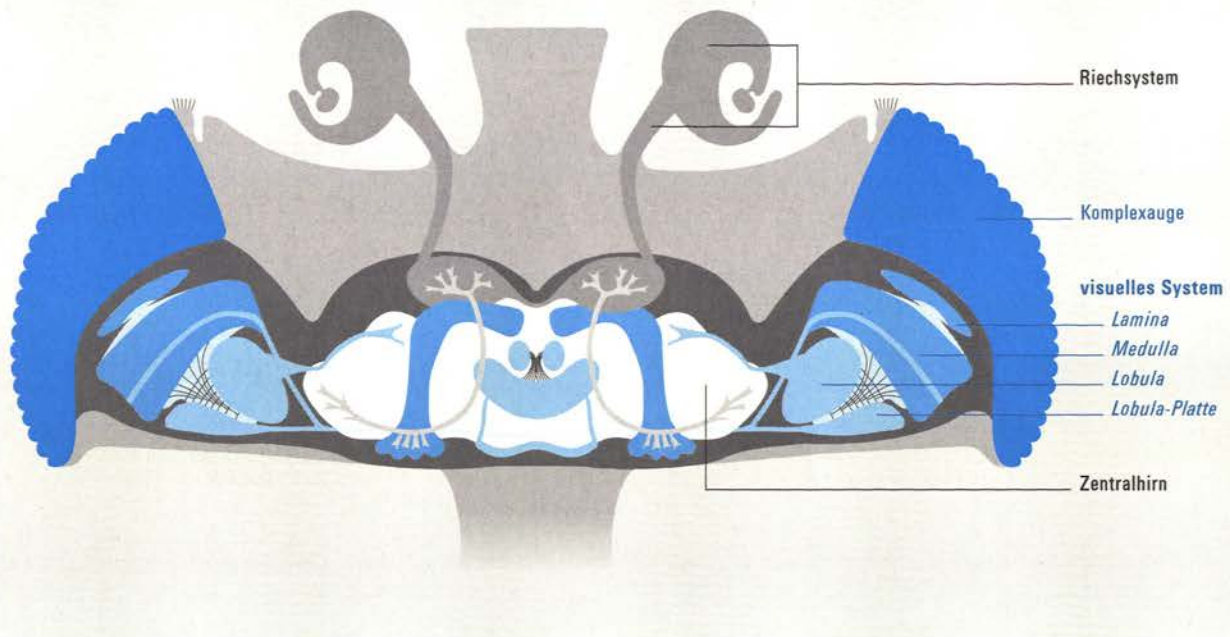
3 Schematischer Aufbau eines Ommatidiums.

Stark vereinfachtes Schema eines Ommatidiums im Längs- und in zwei Querschnitten. Die Rhabdomere der zentralen Photorezeptoren R7 und R8 liegen übereinander und reichen als einzige nicht über die ganze Länge des Ommatidiums. Jeder Querschnitt zeigt deshalb immer nur 7 der 8 Photorezeptorzellen.



Die Entwicklung des visuellen Systems bei der Taufleie

Wie läuft nun die Entwicklung dieses Systems ab? Dazu ein paar grundlegende Informationen zur



4 Das visuelle System.

oben:

Schematischer Horizontalschnitt durch das *Drosophila*-Gehirn mit den wichtigsten Zentren.

unten links:

Horizontalschnitt durch das visuelle System von *Drosophila*. Deutlich sichtbar ist der säulenartige Aufbau der Teilstrukturen des visuellen Systems.

Man unterscheidet vier Regionen (Neuropile): Lamina, Medulla, Lobula und Lobula-Platte.

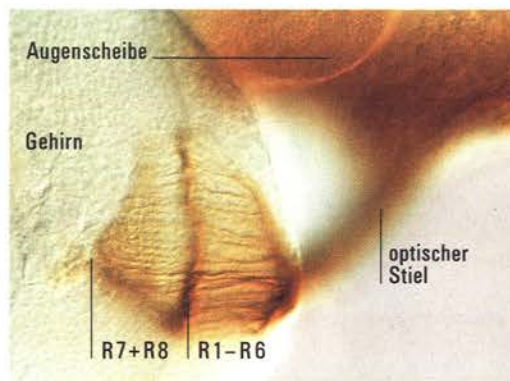
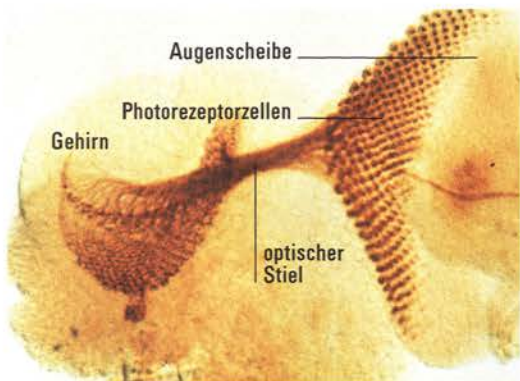
unten rechts:

Horizontalschnitt durch das visuelle System mit anschließender Immunfärbung der Photorezeptoren und ihrer Axone.

R1 bis R6 enden in der Lamina, R7 und R8 in unterschiedlichen Schichten der Medulla.

Entwicklung von Fliegen, die derjenigen von Schmetterlingen sehr ähnlich ist. Die Fliegen gehen dabei erst durch ein larvales Stadium, wo sie als Made oder Larve (das entsprechende Stadium der Schmetterlinge ist die Raupe) zumindest vom äußeren Aussehen noch keinerlei Ähnlichkeit mit dem adulten Organismus haben. Bereits in diesem Stadium liegen aber die Adultstrukturen des fertigen Insekts in Form sogenannter Imaginalscheiben als Anlage vor. Diese Scheiben sind, vereinfacht ausgedrückt, Einstülpungen im larvalen Körper, die dann während der Metamorphose, der Umwandlung von der Larve in die Fliege, die einzelnen adulten Strukturen ausbilden.

Die frühe Entwicklung des Auges läuft in der Augen-Imaginalscheibe ab. Einer der ersten Schritte ist dabei die Differenzierung der Photorezeptorzellen. Dies ist ein ausgesprochen spannender Prozeß, bei dem eine Vielzahl von Zellen miteinander kommunizieren muß, die sich dabei gegenseitig in ihrer Entwicklung beeinflussen. Die sich differenzierenden Zellen senden nun ihre Axone aus, die sich auf den Weg machen müssen, um die Zielregion zu suchen **5**. Die Axone schließen sich im optischen Stiel, einer Verbindung zum Gehirn, in einem gemeinsamen dicken Bündel zusammen, um sich anschließend im Gehirn so aufzufächern, daß ihre Anordnung genau der ihrer



5 Die Entwicklung des visuellen Systems.

Photographie einer Augenscheibe mit Gehirn einer *Drosophila*-Larve nach Immunfärbung der Photorezeptoren und ihrer Axone (braun). Die sich entwickelnden Photorezeptorzellen senden ihre Axone durch den optischen Stiel zum Gehirn. R1 bis R6 enden in der Lamina, R7 und R8 in der Medulla.

Ursprungszellen in der Imaginalscheibe entspricht. Die Axone eines sich entwickelnden Ommatidiums machen sich dabei gemeinsam auf die Wandschaft und erreichen gemeinsam ihr erstes Ziel, die Lamina. Hier geschieht etwas Erstaunliches, denn nun »spüren« die zentralen Axone der Bündel, R7 und R8, daß sie in der Lamina noch nicht am Ziel sind, sondern in die Medulla weiterwachsen müssen, wobei R7 und R8 dann auch noch unterschiedliche Zielzellen ansteuern. Es müssen also bereits im larvalen Gehirn fürs Mikroskop unsichtbare Wegweiser vorhanden sein, die bestimmte Axone in festgelegte Zielrichtungen lenken. Eine ganze Schar von Pfadfindern muß daran beteiligt sein, die nur durch molekulare Charakterisierung sichtbar gemacht werden können.

Was passiert nun in der Zielregion? Die einwandernden Axone senden Signale aus, die schlafende Zielzellen im Gehirn aufwecken. Diese fangen ihrerseits an, sich zu teilen und zu differenzieren, was schließlich dazu führt, daß die Axone ihr endgültiges Ziel finden und die richtigen Verschaltungen herstellen können.

Wir sehen hier also ein ideales System von sich entwickelnden Nervenzellen, die alle ihre Axone aussenden müssen und wovon jedes einzelne eine ganz bestimmte Zielzelle (oder mehrere Zellen) kontaktieren muß.

Wie kommt man den Pfadfindern und Wegweisern auf die Spur?

Der große Vorteil von *Drosophila* ist die Vielfalt der genetischen und molekularen Möglichkeiten, mit denen man diesen Prozeß untersuchen kann. Zuoberst steht natürlich die klassische Mutagenese. Dabei werden Fliegen in ihren Erbanlagen verändert und spezifisch nach Defekten im sich entwickelnden visuellen System untersucht, d.h. man sucht nach Fliegen, in denen der Prozeß der Differenzierung von Nervenzellen oder der Zielfindung ihrer Axone falsch läuft. Diese Mutationen können anschließend weiter charakterisiert und die dazugehörigen Gene mit molekularen Methoden isoliert werden, die uns Auskunft darüber geben, was für Proteine von diesen Genen hergestellt werden.

Die zweite Möglichkeit, nach wichtigen Molekülen zu suchen, die an diesen Prozessen beteiligt sind, geht über den umgekehrten Weg, die »reverse« Genetik. Dabei sucht man erst spezifisch nach Proteinen, die im untersuchten Bereich des Gehirns hergestellt werden, und versucht dann, das dazugehörige Gen zu isolieren, welches die genetische Information für die Bildung des Proteins besitzt. Gelingt es, dieses Gen gezielt zu zerstören, entsteht eine Mutante, aus deren Defekten sich die Funktion des Gens im gesunden Tier erschließen läßt. Es bieten sich dabei zwei wichtige Methoden an: die Erzeugung von monoklonalen Antikörpern und die Isolierung spezifische Enhancer-trap-Linien (dazu später Näheres).

Die morphologische und funktionelle Komplexität, die Vielzahl von Zelltypen kommt dadurch zustande, daß in der Entwicklung in einzelnen Zellen oder Zellgruppen eine Kombination von Genen angeschaltet wird, die einzig und typisch für den entsprechenden Zelltyp ist. Eine solch spezifische

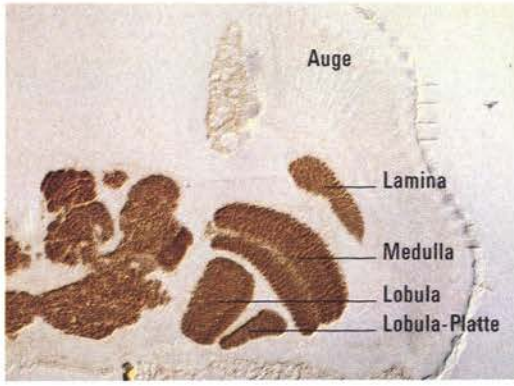
Genaktivität hat, zumindest mittelbar, eine entsprechend individuelle Bildung von Proteinen zur Folge. Die Individualität einer Zelle oder eines Zelltyps spiegelt sich in der Ausstattung mit einer individuellen Kombination von Proteinen wider.

Daraus ergibt sich im Prinzip eine einfache experimentelle Folgerung: Man braucht nur die Proteine nachzuweisen, darzustellen, und schon könnte man die zelluläre Individualität sichtbar machen. In der Realität ist dies nicht möglich, die kennzeichnenden Proteine kommen in sehr geringen Mengen vor, und, da sie unbekannt sind, weiß man nicht, wonach man suchen sollte. Doch es gibt einen Ausweg: Das Immunsystem ist in der Lage, geringe Mengen eines Proteins in einem Gemisch zu erkennen und darauf zu reagieren.

Konfrontiert man das Immunsystem einer Maus mit der Vielfalt von Proteinen, die im *Drosophila*-Gehirn vorkommt, indem man die Maus mit verflüssigtem Fliegenhirn »impft«, dann wird die Maus eine Vielzahl von Antikörpern gegen alle möglichen Stoffe des Fliegenhirns bilden. Die Vielfalt der Antikörper kommt dadurch zustande, daß viele Zellen des Immunsystems jeweils einen und nur einen bestimmten Typ von Antikörper gegen einen bestimmten Stoff herstellen. Man kann nun experimentell solche einzelnen antikörperbildenden Zellen isolieren und sie dazu bringen, sich in Kultur zu vermehren und weiter Antikörper zu erzeugen. Man erhält so einen »Zellklon« aus beliebig vielen identischen Zellen, die alle die gleichen Antikörper gegen ein bestimmtes Molekül produzieren: monoklonale Antikörper.

Manche dieser Antikörper erkennen Proteine im *Drosophila*-Gehirn, die nur in bestimmten Zelltypen vorkommen. Sie lassen sich dazu verwenden, anatomische Details im Gehirn sichtbar zu machen, indem man den Antikörpern Gelegenheit gibt, sich auf einem Gehirnschnitt an »ihre« Moleküle zu heften, und sie dann ihrerseits mit Molekülen versieht, die mikroskopisch nachweisbar sind **6**. Darüber hinaus bieten monoklonale Antikörper einen Ansatzpunkt, die betreffenden Proteine selber zu isolieren oder die entsprechenden Gene zu identifizieren, indem man sogenannte Genbibliotheken durchforstet.

Genbibliotheken, etwa von *Drosophila*, erhält man dadurch, daß man das Genom von *Drosophila* in kleine Stücke zerlegt, gerade klein genug, daß sie in Bakterien eingeschleust werden können, die sie zu ihrer eigenen Genausstattung hinzufügen. Nicht nur das, die Bakterien können auch dazu veranlaßt werden, diese fremden Fliegen-Gene zu übersetzen, also die entsprechenden Proteine herzustellen. Das wiederum bietet die Gelegenheit, durch monoklonale Antikörper genau jene Bakterien zu finden, die das passende Protein bilden, also auch das entsprechende Gen besitzen müssen. Ist das gelungen, läßt sich ein solches Bakterium beliebig vermehren. Das Fliegen-Gen kann aus dem Bakterium wieder zurückgewonnen und analysiert werden. Und ist erst einmal ein Stück des Gens bekannt, kann auch seine Lage im Genom der Fliege gefunden und seine vollständige Information gelesen werden, ähnlich, wie man aus einem Textfragment darauf schließen kann, aus welchem Text es stammt und wo es darin



vorkommt. Das wiederum ist die Voraussetzung, um das Gen gezielt ausschalten zu können und dadurch seine Funktion für den Organismus kennenzulernen.

Eine andere Variante ist die »Enhancer-trap-Methode« **7**. Dabei macht man sich die Tatsache zunutze, daß jedes Gen von einem ganz individuellen Schalter (auch Enhancer genannt) gesteuert wird, der auf zellspezifische Signale reagiert und das Gen zum richtigen Zeitpunkt und in den richtigen

Zellen in Betrieb setzt. Es wäre natürlich phantastisch, wenn man diese Schalter finden und sehen könnte, in welchen Zellen sie angeschaltet sind. Das Experiment wird genauso durchgeführt, wie das eine gute Zeitung machen würde: man schickt einen »Reporter« ins Rennen, der uns dann berichten soll. Der Reporter muß zwei wichtige Bedingungen erfüllen: erstens objektiv berichten, was er sieht, und zweitens muß er mobil sein, um möglichst viel erkunden zu können. Als Reporter wurde ein klas-

6 Spezifische Färbungen monoklonaler Antikörper. Die Abbildungen zeigen vier Schnitte durch das *Drosophila*-Gehirn, wobei jeweils der gleiche Ausschnitt dargestellt ist: die visuellen Zentren des Gehirns (Retina, Lamina, Medulla, Lobula, Lobula-Platte).

Der Unterschied zwischen den einzelnen Abbildungen ist auf unterschiedliche monoklonale Antikörper zurückzuführen. Jeder Antikörper erkennt ein bestimmtes Molekül im Fliegengehirn und haftet nur dort, wo dieses Molekül vorhanden ist. Die Antikörper wurden dann durch eine Enzymreaktion nachgewiesen und verraten sich durch die braune Färbung.

oben links:

Gefärbt sind alle Bereiche, in denen Synapsen enthalten sind.

oben rechts:

Die Färbung weist auf ein Molekül hin, das nur in der Lamina vorkommt.

unten links:

Diese Färbung ist auf eine Substanz zurückzuführen, welche in den synaptischen Bereichen der Medulla in charakteristischer schichtenartiger Verteilung auftritt.

unten rechts:

Diese Färbung schließlich verrät ein Molekül, das nur in einigen wenigen Nervenzellen (Pfeil) vorhanden ist.

7 Spezifische Färbung in Enhancer-trap-Linien.

Die enzymatische Färbung der β -Galactosidase (blau) auf einem horizontalen Gehirnschnitt einer Enhancer-trap-Fliege zeigt die spezifische Aktivität eines Enhancers in der Lamina.



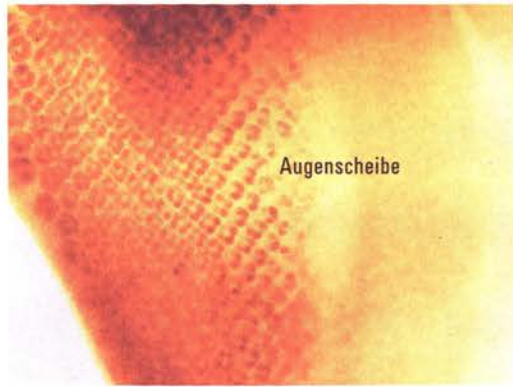
8 Enhancer-trap-Färbung der *giant lens*-Linie.

oben:

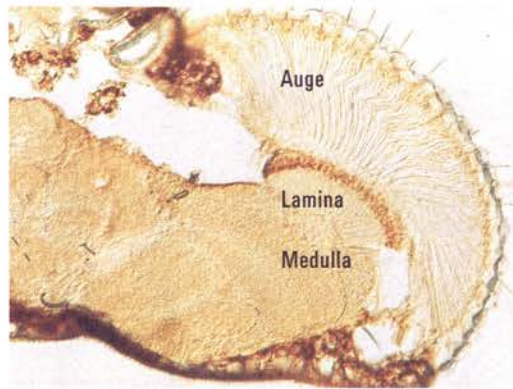
Ausschnitt einer immunhistochemischen Färbung einer Augenscheibe dieser Enhancer-trap-Linie. Die einzelnen sich differenzierenden Photorezeptorzellen sind durch die braune Färbung erkennbar und entsprechen der spezifischen Expression des Enhancers.

unten:

Ausschnitt eines horizontalen Schnittes durch den adulten Kopf dieser Linie. Die Färbung ist auf die Lamina im visuellen System beschränkt.



Augenscheibe



Auge

Lamina

Medulla

sisches Enzym ausgewählt, die β -Galaktosidase aus dem Bakterium *E. coli*, die man mit enzymatischen Färbemethoden ausgesprochen leicht im Gewebe sichtbar machen kann. Wie kann man nun diesen Reporter mobil ins Genom einschleusen? Die Natur hat uns da wertvolle Bausteine zur Verfügung gestellt, nämlich die hüpfenden Gene, die Transposons. In *Drosophila* benutzt man bevorzugt das P-Element, das zur Familie der hüpfenden Gene gehört. Dieses P-Element wird nun so verändert, daß das Gen für die β -Galaktosidase, das Reporter-Gen, innerhalb der hüpfenden Bereiche eingebaut und mittels Injektion von befruchteten Eiern (Transformation) wieder in Fliegen eingeschleust wird. In der Fliege wird das P-Element mit dem Reporter an beliebiger Stelle im Genom eingebaut,

9 Die Isolierung des Riesenlinsen-Gen. Schematische Darstellung einer Enhancer-trap-Insertion und der anschließenden Mutagenese.

oben:

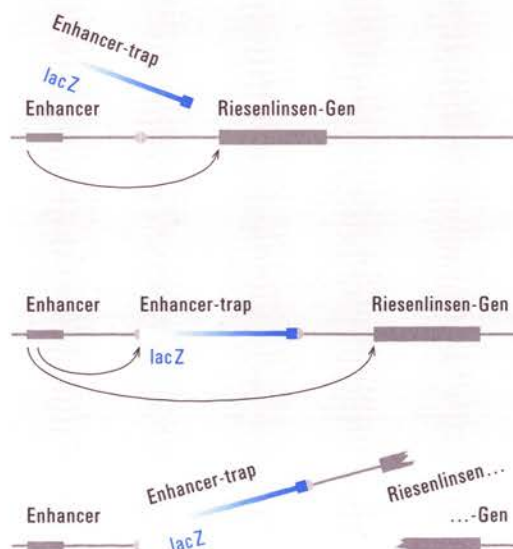
Das P-Element mit dem Reporter-Gen *lacZ* (β -Galactosidase, blau) macht sich zur Insertion in das *giant lens*-Gen bereit.

mitte:

Die Insertion ist zwischen Enhancer und Gen erfolgt. Der Enhancer wirkt jetzt nicht nur auf das *giant lens*-Gen, sondern auch auf die β -Galactosidase im P-Element, die Aktivität des Enhancers kann nun durch enzymatische oder immunhistochemische Färbung nachgewiesen werden.

unten:

Zur Erzeugung von Mutationen wird das P-Element wieder aktiviert und springt heraus. Dabei wird manchmal ein Stück des *giant lens*-Gens mitgerissen. Zurück bleibt ein defektes Gen, das in der Fliege zu Fehlfunktionen führt.



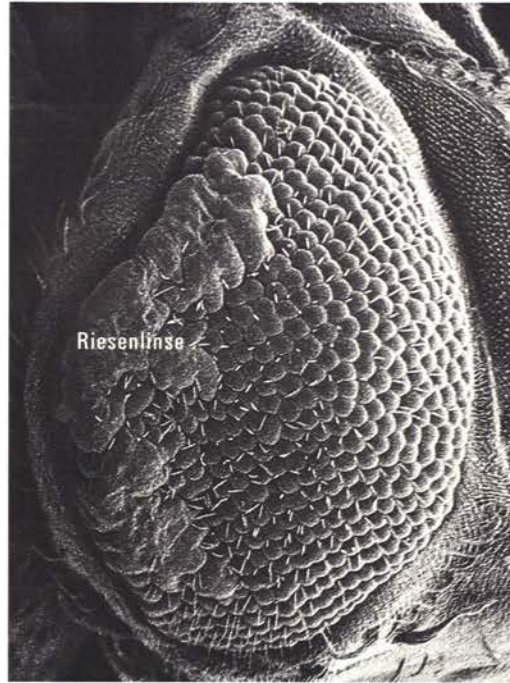
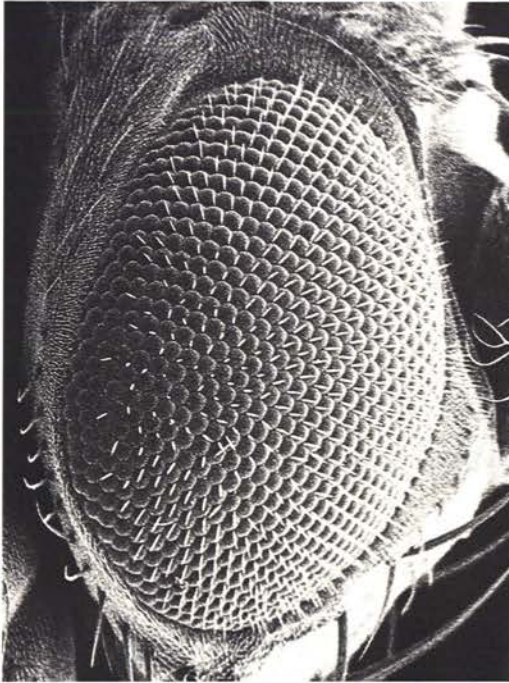
und falls es nun in die Nähe eines solchen Schalters (Enhancers) zu liegen kommt, wird das Reporter-Gen durch diesen angeschaltet. Der Bericht des Reporters entsprechend der Aktivität dieses Enhancers kann nun durch einen einfachen enzymatischen Test sichtbar gemacht werden und führt zu einer blauen Färbung, die uns verrät, daß in der normalen Fliege in den nun gefärbten Zellen, und nur in ihnen, ein spezielles Gen angeschaltet ist 7. Der Ort und damit die Identität des Gens läßt sich dadurch finden, daß man die Einbaustelle des Reporters bestimmen kann.

Mit dieser Methode können Tausende von verschiedenen Linien untersucht werden. In unserem Falle wurden diejenigen herausgesucht, die eine spezifische Färbung im visuellen System zeigen. Anschließend können nun, ebenfalls über reverse Genetik, mittels molekularer Methoden die dazugehörigen Gene isoliert und deren Funktion über die Erzeugung spezifischer Mutanten analysiert werden.

Der nächste Schritt: die Isolierung des Riesenlinsen-Gens

Nach Durchmusterung vieler unabhängiger Enhancer-trap-Linien wurde eine der Linien mit besonders interessanter Färbung ausgewählt und weiter charakterisiert 8. Die Enhancer-trap-Färbung zeigt eine spezifische Aktivität sowohl im larvalen wie auch im adulten visuellen System und war deshalb für die weitere Analyse von besonderem Interesse. Die Charakterisierung dieser Linie und die damit verbundene Isolierung des Riesenlinsen (*giant lens*)-Gens sollen im Folgenden exemplarisch durchgeführt werden. Entsprechend den Methoden der reversen Genetik wurden im ersten Schritt das in dieser Linie eingebaute P-Element und die umliegende chromosomale Region kloniert 9. Dabei konnte ein Gen identifiziert werden, das direkt neben dem P-Element liegt und dessen Expression mit derjenigen der Enhancer-trap-Linie übereinstimmt. Die weitere molekulare Analyse dieses Gens, insbesondere die Sequenzierung des entsprechenden DNS-Abschnittes, erlaubt eine Vorhersage über die mögliche Art und Funktion des von diesem Gen produzierten Proteins. Dabei handelt es sich in unserem Falle um ein sezerniertes Protein, also eine Substanz, die von der synthetisierenden Zelle an die Umgebung abgegeben wird.

Die molekularen Analysen sagen uns aber nichts über die biologische Funktion dieses Moleküls bei der Entwicklung des visuellen Systems. Dazu benötigen wir spezifische Mutationen, die dieses Gen ausschalten. Wie können spezifische Mutationen ausgelöst werden? In der vorliegenden Situation, einer P-Element-Insertion in der Nähe des Gens, wird das hüpfende Gen einfach wieder aktiviert, damit es aus der bisherigen Lage wegspringt. Dieser Vorgang läuft in der Natur nicht sehr präzise ab und führt dazu, daß in einigen Fällen Stücke aus der Nachbarregion mitgerissen werden. Dadurch wird ein direkt danebenliegendes Gen um Teile seiner Struktur gebracht und damit vollständig oder partiell inaktiviert, d.h. eine spezifische Mutation erzeugt 9.



10 Der Effekt von Mutationen im *giant lens*-Gen auf die Entwicklung des Komplexauges.

oben:

Vergleich einer Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme eines normalen Auges (*links*) und eines *giant lens*-Auges (*rechts*).

Auffällig die Riesenlinse (Ausschnitt dazu unten links).

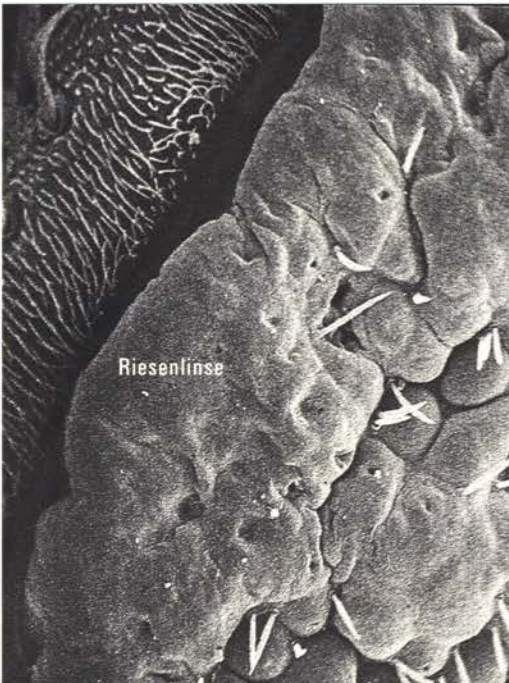
unten links:

Die Riesenlinse im Ausschnitt.

unten rechts:

Transmissionselektronenmikroskop-Aufnahme des Querschnittes durch ein Ommatidium einer *giant lens*-Mutante.

Deutlich sichtbar sind zwei zusätzliche Photorezeptorzellen.



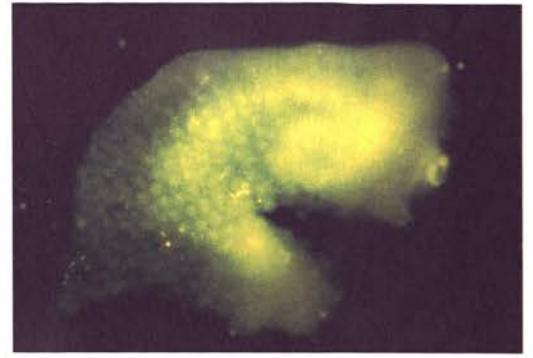
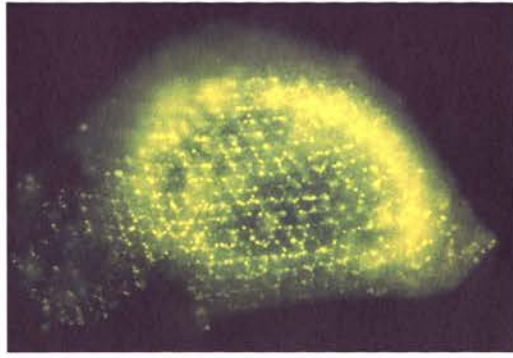
Das Riesenslinsen-Gen und die Differenzierung von Nervenzellen

Die Effekte einer Inaktivierung des Riesenslinsen-Gens sind dramatisch und haben auch zu der Namensgebung dieses Gens und der entsprechenden Mutation geführt (*giant lens*, Abkürzung: *gil*). In der äußeren Morphologie fallen die Fliegen durch eine generelle Unordnung in ihren Augen auf. Speziell im hinteren Rand kommt es dabei zur Auflösung des ursprünglichen ommatidialen Musters und zur Bildung einer Riesenslinsen. Wenn man diesen Effekt etwas genauer unter die Lupe nimmt, fällt auf, daß eine der Hauptursachen für diese Unordnung die Bildung zusätzlicher Zellen ist **10**. Die Anordnung der einzelnen Photorezeptorzellen ist zwar immer noch regelmäßig, aber in vielen Fällen schieben sich ein oder zwei zusätzliche Zellen dazu. Woher stammen diese Zellen?

Aus der Augenentwicklung ist bekannt, daß es in verschiedenen Phasen zu einem genau definierten, »programmierten« Zelltod verschiedener Zellen kommt. Diese Zellen sind während der rasanten Teilungsphase überschüssig gebildet worden und müssen nun in der weiteren Entwicklung wieder eliminiert werden. Da dieser Schritt in *gil*-Mutanten nicht funktioniert, ist anzunehmen, daß die überzähligen Zellen aus jenem Pool von Zellen stammen, die normalerweise absterben. Das *gil*-Gen muß also ein Signal erzeugen, welches von sich differenzierenden Photorezeptorzellen ausgesandt wird und dazu führt, daß noch undifferenzierte Zellen, die nicht mehr benötigt werden, sich nicht weiterentwickeln **11**.

Genau der entgegengesetzte Effekt, nämlich eine zu niedrige Zahl von Photorezeptorzellen, kann durch eine zu frühe Expression dieses Gens erreicht

11 Der programmierte Zelltod wird in den Mutanten inhibiert. Spezifische Anfärbung mit einem Farbstoff, der absterbende Zellen erkennt, zeigt im sich entwickelnden Auge während der Metamorphose ein regelmäßiges Muster von absterbenden Zellen, die nicht mehr gebraucht werden (*links*). Die absterbenden Zellen sind als gelbe Punkte erkennbar. Die *rechte* Abbildung zeigt ein Auge zur gleichen Entwicklungszeit in der *giant lens*-Mutante: Es sind praktisch keine absterbenden Zellen zu erkennen.



werden. Dabei sterben Zellen ab, die zum Zeitpunkt der zu frühen Expression des *gil*-Gens noch undifferenziert sind, aber normalerweise zum richtigen Zeitpunkt bereits ihren Differenzierungsweg eingeschlagen haben. *Giant lens* ist also eine Mutation in einem Gen, welches wesentlich am Zellschicksal von Nervenzellen beteiligt ist. Dieses Gen produziert in sich differenzierenden Zellen einen Faktor, der an die Umgebung abgegeben wird, und der die umliegenden Zellen in ihrer Differenzierung beeinflusst. Überzähligen Zellen, die sich nicht mehr weiterdifferenzieren sollen, wird dabei ein Weg zugewiesen, der zum programmierten Zelltod führt.

Das *giant lens*-Gen, ein Pfadfinder im Gehirn?

Die Steuerung der Differenzierung von Nervenzellen ist jedoch nicht die einzige Funktion des *giant lens*-Gens in der Gehirnentwicklung. Eine genauere Analyse der Entwicklung des Gehirns zeigt, daß nicht nur ein Teil der Photorezeptorzellen sich nicht richtig differenziert, sondern daß auch deren Axone nicht ins richtige Ziel finden. Wie bereits im Abschnitt zur Entwicklung des visuellen Systems erwähnt, senden die sich differenzierenden Photorezeptorzellen Axone aus, die durch den optischen Stiel in das Gehirn einwachsen und sich dort nach ihrer ursprünglichen Position wieder auffächern. In *gil*-Mutanten wachsen die Axone zwar aus, sie schaffen es auch noch durch den optischen Stiel und dringen ins Gehirn ein, doch dann werden sie von allen guten Geistern verlassen und finden ihren Weg zu den entsprechenden Zielzellen nicht mehr **12**. Welche Rolle spielt nun das *gil*-Gen bei diesem Prozeß? Handelt es sich um ein Pfadfindermolekül, welches den Axonen den Weg weist? Das verwirrende an diesem Gen ist, daß es nicht nur in den Photorezeptorzellen selbst, sondern auch in den Zielzellen der Axone, in der Lamina im Gehirn aktiv ist. Dies bedeutet daß das *gil*-Gen damit auch (entsprechend den Defekten in der *gil*-Mutante im Auge und im

Gehirn) tatsächlich zwei verschiedene Funktionen ausüben kann. Eine Reihe von Experimenten deutet hier auf eine Funktion des *gil*-Gens in der Differenzierung der Zielregion hin, d.h. daß sich die Zielregion möglicherweise nicht richtig entwickeln kann und dadurch die Axone auch nicht ihr Ziel finden können.

Ausblick: ein Schritt für Schritt entzaubertes und desto erstaunlicheres Wunder

Giant lens ist natürlich nur eines von vielen Genen, die an der Zielfindung von Axonen mitwirken. In unseren künftigen Arbeiten wird es nun darum gehen, zusätzliche Moleküle zu identifizieren, die an diesem Prozeß beteiligt sind. Dabei sollte es möglich sein, eine ganze Reihe unterschiedlichster Faktoren zu identifizieren: solche, die im Photorezeptor-Axon direkt gebraucht werden, um die Zielzellen zu finden, solche, die entlang der Wachstumsbahnen der Axone den Weg markieren und von den Zielzellen zur Anziehung der Axone abgegeben werden, sowie solche, die auf der Oberfläche der Zielzellen sitzen und direkt den Kontakt mit den einwachsenden Axonen übernehmen. Wir stehen noch ganz am Anfang der Aufklärung eines Prozesses, welcher uns zeigen sollte, wie es möglich ist, daß ein einzelnes Axon unter tausend anderen das richtige Ziel findet, und wie damit ein solch komplexes Netzwerk wie ein Gehirn entstehen und funktionieren kann.

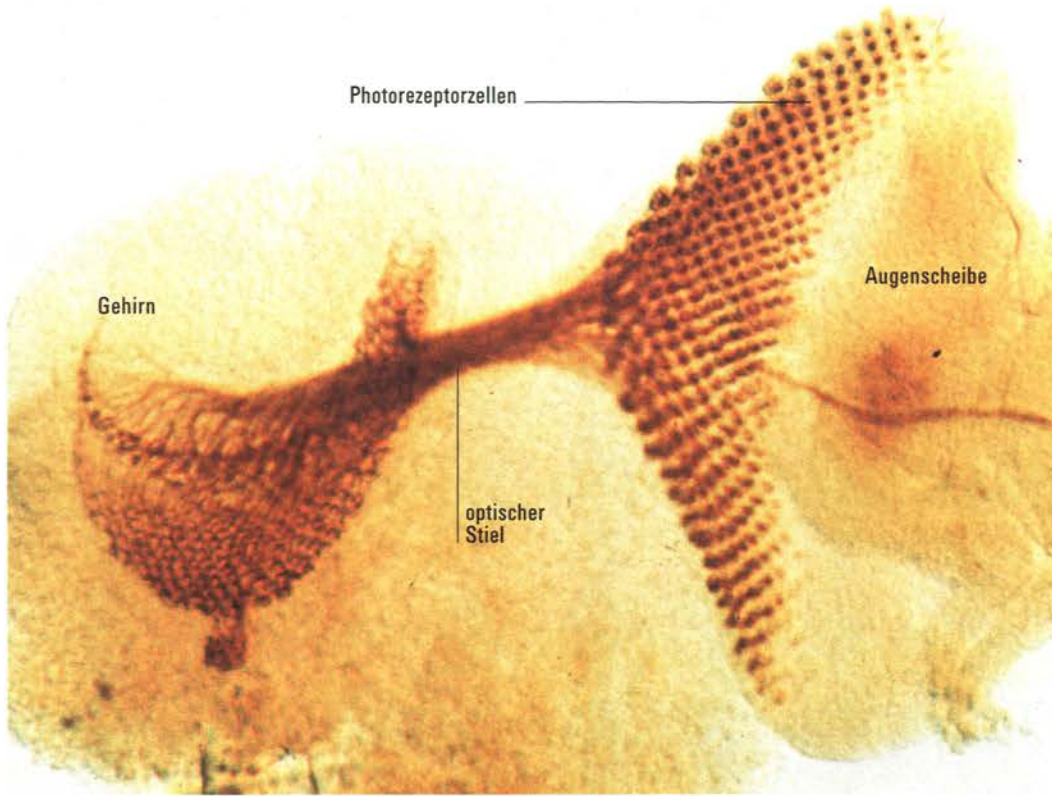
Trotz (oder gerade wegen) der neuen Erkenntnisse, die uns die moderne Entwicklungsbiologie und die Gentechnik bringen und die uns durch eine Schritt-für-Schritt-Zerlegung der Entwicklung fortwährend neue komplizierte Mechanismen der Entstehung von Leben vorführen, gleicht es einem Wunder, mit welcher Vielfalt und Präzision aus einfachen Eizellen, gesteuert durch ein interagierendes Netzwerk vergleichsweise weniger Gene, die phantastischste Vielfalt im Tierreich, von der Fliege bis zum Menschen, entstehen kann.

Literatur zum Thema und Bildnachweis ► Seite 90

Prof. Dr. rer. nat.

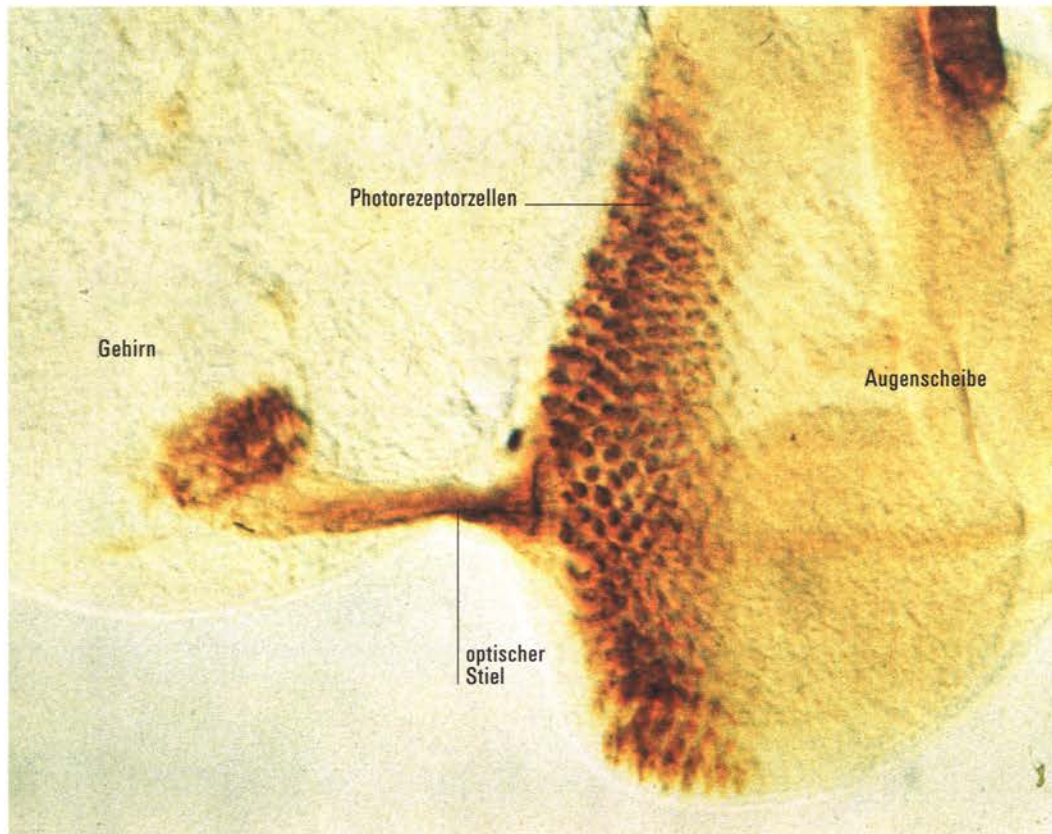
Stephan Schneuwly

geb. 1959 in Basel,
1978-1982 Studium der Biologie
am Biozentrum der Universität Basel.
1986 Promotion in Zell- und Entwicklungsbiologie an der Universität Basel.
1986-1989 Forschungsaufenthalt
an der Purdue University, USA.
1989-1994 Projektleiter an der
Universität Würzburg,
Habilitation in Genetik.
Seit 1995 Lehrstuhl für Biologie
an der Universität Regensburg.
Forschungsgebiete:
Entwicklung komplexer Nervensysteme,
Neurodegeneration.



12 Der Effekt der *giant lens*-Mutation auf die Zielfindung der Axone.

Immunfärbung der Photorezeptoren und ihrer Axone in der larvalen Augenscheibe und im larvalen Gehirn in normalen Fliegen (oben) und in *giant lens*-Mutanten (unten). Deutlich sichtbar ist die fehlende Kontaktaufnahme der Axone mit der Zielregion in den Mutanten.



Hören trotz Taubheit

Das Cochlear Implant: Elektronik zur Lösung eines Paradoxons

Innenohrforschung

Erstmals in der Geschichte der Medizin kann ein Sinnesorgan (das Gehör) durch einen elektronischen Baustein ersetzt werden. Das Cochlear Implant stellt einen elektronischen Hörnerv-Stimulator dar. Bei einer beidseitigen Gehörlosigkeit kann mit Hilfe eines Cochlear Implants eine Hörfähigkeit wiedererlangt oder erstmals erzielt werden. Insbesondere gehörlose Kinder können hiermit das Hören erlernen und damit eine Sprache erwerben. Darüber hinaus beschäftigt sich die Regensburger Innenohrforschung intensiv mit der Regeneration der Sinneszellen, um zur Entwicklung neuer Therapiekonzepte beizutragen.

Die aufregende Geschichte des Cochlear Implants begann 1963 in Freiburg, als Fritz Zöllner und Wolf D. Keidel bei zwei ertaubten Patienten den Hörnerv elektrisch stimulierten. Beide Patienten gaben während der elektrischen Reizung einen eindeutigen Höreindruck an. Zöllner und Keidel folgerten deshalb, daß mit Hilfe einer direkten elektrischen Stimulation des Hörnervs eine Rehabilitation von Ertaubten möglich sei. Beide stellten die Hypothese auf, daß eine Reizelektrode in die Hörschnecke (Cochlea) implantiert werden müsse, die aus 20 bis 100 Einzelelektroden bestehen sollte. Die faszinierende Idee eines Cochlear Implants war damit geboren.

Ein Cochlear Implant (CI) ist ein elektrischer Hörnerv-Stimulator. Schall wird dabei in elektrische Signale umgewandelt, und die Aktivierung der Hörnervfasern erfolgt über die in der Cochlea befindlichen Elektroden. Erstmals in der Geschichte der Medizin kann ein Sinnesorgan durch einen elektronischen Baustein ersetzt werden. Er erlaubt dem Gehörlosen, eine Reise in die Welt des Hörens anzutreten.

Gehörlosigkeit, Taubheit und Ertaubung

Im Gegensatz zur englischen Sprache, in der es nur einen einheitlichen Begriff gibt (deafness), kann die deutsche Sprache zwischen verschiedenen Arten der Schwerhörigkeit und Gehörlosigkeit differenzieren. Unter einer Taubheit versteht man eine mangelnde Hörfähigkeit, die bereits zum Zeitpunkt der Geburt bestand. Hierfür ist meist ein genetischer Schaden verantwortlich. Der Begriff Ertaubung impliziert dagegen, daß eine (normale)

Hörfähigkeit bestanden hat, die aufgrund eines Ereignisses wieder verlorengegangen ist. Zu diesen Ereignissen zählt insbesondere die Meningitis (Hirnhautentzündung), selten ein Unfall oder ein Virusinfekt.

Zwei Arten der Ertaubung müssen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt des Geschehens unterschieden werden. Eine erworbene Sprache, sei es die Muttersprache oder eine Fremdsprache, geht wieder vollständig verloren, wenn eine Ertaubung bis zum 5. Lebensjahr einsetzt und nicht entsprechend behandelt wird. Bei einer Ertaubung nach dem 5. Lebensjahr bleibt sie jedoch zeitlebens erhalten. Das Alter von etwa 5 Jahren stellt also eine wichtige entwicklungsbiologische Zäsur dar. Eine Ertaubung im frühen Kindesalter muß deshalb als prälinguale Ertaubung von einem späten Verlust des Gehörs (postlingual) unterschieden werden. Ein Kind mit einer postlingualen Ertaubung ist also hör- und spracherfahren. Ihm ist die Sinnesmodalität »Hören« vertraut. Sein Sprachschatz ist mehr oder weniger beträchtlich. Ein Cochlear Implant muß erlernte Fähigkeiten nur wieder »anschalten«.

Ein Kind mit einer prälingualen Ertaubung hat dagegen alle Sprachfähigkeiten wieder verlernt. Es weiß lediglich, daß die Sinnesmodalität »Hören« existiert, hat aber kein abrufbares akustisches Gedächtnis. Diese Situation ist vergleichbar mit einem gelöschten Tonband. Liegt dagegen eine angeborene Taubheit vor, dann ist das »Hören« dem Kind völlig unbekannt. Es weiß nicht, was Hören ist. Dieses Defizit ist ähnlich schwierig zu beheben, als würde man versuchen, einem Blinden z. B. das Charakteristische der Farbe »Rot« zu beschreiben.

Damit können wir zwischen drei Arten der Gehörlosigkeit differenzieren, nämlich der angeborenen Taubheit und der erworbenen prälingualen oder erworbenen postlingualen Ertaubung.

Das Cochlear Implant kann die Mauer der Stille durchbrechen, die ein Kind von der Welt des Hörens und damit von einem essentiellen Bereich seiner Umwelt trennt. Wer nicht hören kann, kann auch keine spontane Sprache entwickeln. Sprache ist aber für die Kommunikation eine unabdingbare Voraussetzung. Ein Gehörloser lebt auf einer Insel der Isolation. Die Gehörlosen-Gemeinschaft kann ihn aufnehmen und ihn mit der speziellen Gehörlosen-Kultur vertraut machen. Das Cochlear Implant hat dagegen das Ziel, den Gehörlosen in die Welt des Hörens und Sprechens zu integrieren, ihm die umfassenden Möglichkeiten des Verstehens, des akustischen Wahrnehmens und der

Ursachen von Gehörlosigkeit



unbegrenzten akustischen Rehabilitation zu geben. Es soll dem Gehörlosen ermöglichen, sich gleichberechtigt in der Gesellschaft zu entfalten.

Die Gehörlosigkeit eines Kindes stellt für die betroffenen Eltern einen gravierenden Einschnitt in die Lebensplanung dar. Sie erschüttert die Familienstruktur nachhaltig. Das Gefühl des Glücks, ein gesundes Kind zu haben, weicht zunächst dem Gefühl von Verzweiflung und Hoffnungslosigkeit und verständlicher Trauer. Ein Verharren in dieser Situation, ein schicksalsergebenes Akzeptieren dieses Zustandes und damit ein Verzicht auf Integration ist aber nicht mehr angezeigt. Mit einem Cochlear Implant kann der Ohr-Chirurg heute den Eltern die berechnete Hoffnung geben, für ihr Kind eine Hörfähigkeit trotz Taubheit zu erzielen. Da gerade die Entwicklung des Cochlear Implants, wie kaum eine andere Entwicklung in der Medizin, zu Möglichkeiten der Rehabilitation geführt hat, ist heute jedem taub geborenen Säugling und jedem ertaubten Kleinkind zu diesem ethisch begründeten Recht auf ein Cochlear Implant zu verhelfen und ihm damit die Chance für ein Leben in der Welt des Hörens und der sprachlichen Kommunikation zu geben.

Entwicklungsbiologie und Akustische Deprivation

Die Reifung des Hörsystems **1** findet vom peripheren Bereich, d.h. von der Hörschnecke (Cochlea) her, nach zentral, d.h. zur Hörrinde des Gehirns, fortschreitend statt. Der Mangel eines akustischen Stimulus während bestimmter Entwicklungsphasen führt zu einer dauerhaften Veränderung von Struktur (Hörkern) und Funktion. Bereits eine mäßig ausgeprägte Schwerhörigkeit im Kindesalter, die mehrere Jahre andauert, führt auch nach Behebung dieses Defizits zu einer bleibenden Funktionseinschränkung mit Problemen der akustischen Verarbeitung.

Unter einer Deprivation versteht man die Reduktion bzw. vollständige Blockade eines Sinnesreizes. Die Mehrzahl der Deprivationsversuche wurde am Sehsystem durchgeführt, hier sind insbesondere die Arbeiten der Nobelpreisträger David H. Hubel und Thorsten N. Wiesel zu nennen. Es zeigen sich dabei viele Parallelen in der Entwicklung des Sehsystems und des Hörsystems. Eine Akustische Deprivation kann hervorgerufen werden durch eine Änderung der Qualität, der Quantität sowie des zeitlichen Verlaufes einer akustischen Stimulation.

Interessanterweise lassen sich Strukturveränderungen im Hörsystem nur zu bestimmten Phasen der ›Reifung‹ erzielen. Es existieren bestimmte ›sensible Phasen‹ in der Entwicklung des Hörsystems. Bildlich gesprochen öffnet sich ein ›Entwicklungsfenster‹ für einen genetisch festgesetzten Zeitraum. In dieser Öffnungsphase findet schrittweise die Reifung statt. Schließt sich dieses ›Entwicklungsfenster‹ wieder, tritt ein weitgehender Entwicklungsstillstand der Hörbahnreifung ein. Nach Ablauf aller Entwicklungsphasen ist das Hörsystem vollständig ausgereift; es tritt damit in eine stabile Phase ein. Dieser Entwicklungszustand ist von großer klinischer Bedeutung. Tritt



eine Gehörlosigkeit erst zu diesem späten Zeitpunkt auf, so entspricht dies einer postlingualen Ertaubung. Der angeeignete Wortschatz bleibt dann erhalten.

Findet die Öffnung eines ›Entwicklungsfensters‹ statt, ohne daß ein Hörreiz angeboten wird, unterbleibt eine Ausreifung der Hörbahn. Die einzelnen Bausteine der Bahnen können sich nicht entwickeln, und andere Sinnesorgane besetzen die nicht benutzten Hirnregionen. So kann sich z. B. das Sehsystem in die Hörrinde ausdehnen und damit visuelle Reize in ursprünglich akustischen Regionen verarbeiten. Diese Situation entspricht der angeborenen Taubheit.

Die Deprivationsforschung am Hörsystem verfolgt das Ziel, sensible Entwicklungsperioden zu definieren und zeitlich festzulegen. Auf diese Weise soll die Frage des optimalen Zeitpunkts einer Implantation geklärt werden, um ein optimales Hörergebnis zu gewährleisten.

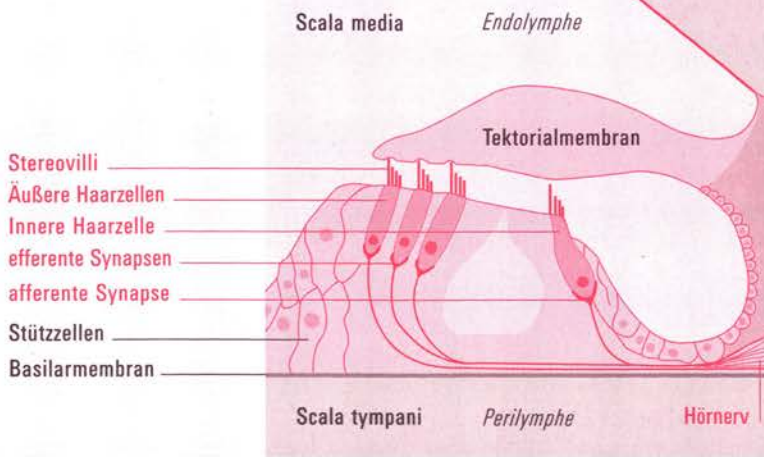
Die Entwicklungsuhr im Hörsystem tickt vom Zeitpunkt der Geburt an ununterbrochen. Unter diesem Gesichtspunkt und vor dem Hintergrund der zu nutzenden Entwicklungsperioden ist es verständlich, daß die Implantation bei einer Gehörlosigkeit möglichst frühzeitig, d.h. im 2. oder 3. Lebensjahr, erfolgen sollte, um möglichst wenige solcher ›sensiblen Phasen‹ zu verpassen.

Nur bei einer Ertaubung aufgrund einer Meningitis (Hirnhautentzündung) ist eine wesentlich frühzeitigere Implantation notwendig. Hier sollte die Implantation innerhalb von wenigen Monaten nach Abheilung der Entzündung erfolgen. Eine Implantation jenseits des 8. Lebensjahres hat bei einer angeborenen Taubheit ein steil abfallendes Rehabilitationsergebnis zur Folge. Dieses schlechte Ergebnis ist mit Hilfe der Befunde der Deprivationsforschung überzeugend zu erklären: Eine Vielzahl von ›Entwicklungsphasen‹ ist verstrichen, ohne daß ein akustischer Reiz eine Reifung und Bahnung der Hörkerne und der Hörrinde erzielen konnte. Aus diesem Grunde ist ein Cochlear Implant bei Kindern jenseits des 10. Lebensjahres nicht mehr sinnvoll. Die Strukturen sind zu diesem Zeitpunkt nicht mehr ausreichend lernfähig und anpassbar, so daß der

1 Schematische Darstellung des Hörsystems.

Zu erkennen ist die Einteilung in äußeres Ohr (bis zum Trommelfell), Mittelohr (mit den Gehörknöchelchen) und Innenohr mit der Hörschnecke.

Cortisches Organ

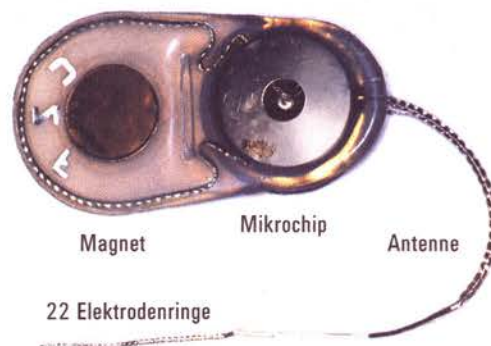


2 Schematische Darstellung des Cortischen Organs. Es besteht aus drei Reihen Äußerer Haarzellen und einer Reihe Innerer Haarzellen sowie den Stützzellen.

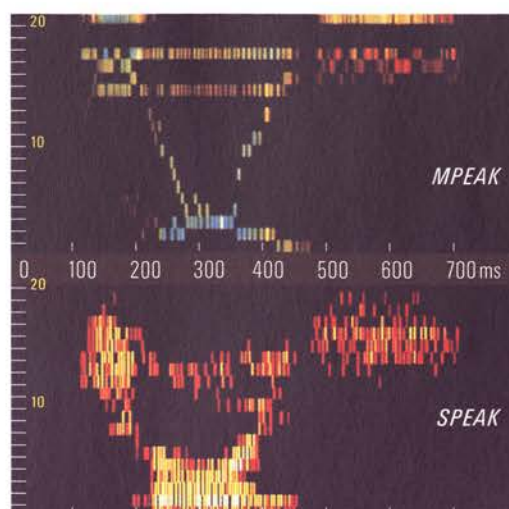
Gewinn durch die Implantation nur marginal ausfällt. So können im wesentlichen nur noch Geräusche (z. B. Zuschlagen einer Tür) und Rhythmen erkannt werden.

Aus der Gemeinschaft der Gehörlosen wird die Implantation im frühen Kindesalter immer wieder kritisiert mit dem Hinweis, daß der Betroffene selbst entscheiden sollte, ob er die Implantation und die Rehabilitation wünscht. Unter diesem Gesichtspunkt wäre eine Implantation erst mit dem 18. Lebensjahr durchführbar, ein Alter, in dem alle »sensiblen Phasen« der Reifung abgeschlossen sind. Deshalb müssen

3 Der implantierbare Baustein eines Cochlear Implants. In einem Silikongehäuse sind der Mikrochip, eine Antenne und ein Magnet eingeschlossen. Die Elektrode mit den 22 Elektrodenringen wird in die Cochlea implantiert. Originalgröße.



4 Optische Darstellung der jeweils aktivierten Reizelektroden für das Wort »choice«. Maximal 20 Elektroden sind in diesem Beispiel stimulierbar. Deutlich sichtbar die gegenüber der bisher verwendeten MPEAK-Strategie (oben) verbesserte Spracherkennungsschärfe durch die neue SPEAK-Strategie (unten).



die verantwortungsvollen Eltern für ihre Kinder entscheiden und auf eine möglichst frühzeitige Implantation drängen.

Was ist ein Cochlear Implant?

Ein Cochlear Implant ist ein elektronischer Hörnerv-Stimulator. Es muß die Funktion des eigentlichen Hörorgans in der Cochlea, dem Cortischen Organ, ersetzen. Dieses Cortische Organ besteht aus 18 000 Hörzellen (Äußere und Innere Haarzellen), die mit dem Hörnerv verbunden sind 2.

Ein Cochlear Implant besteht aus vier Komponenten. Ein Mikrophon dient der Aufnahme von Sprache und Geräuschen. Der Sprachprozessor hat die Aufgabe, Sprache zu analysieren (Decodierung) und in ein Radiosignal umzuwandeln (Codierung). Eine Sendespule überträgt das Radiosignal über die Haut transcutan zum eigentlichen Implant. Dieses Implant besteht aus einer Antenne zur Aufnahme des Radiosignals, einem »intelligenten« Mikrochip und einer Reizelektrode, die aus einer Kette hintereinandergereihter Elektrodenringe besteht 3. Diese Reizelektrode wird in die Cochlea operativ eingelegt und reizt sowohl die Nervenzellen des Hörnervs als auch den Hörnerv direkt.

Wie funktioniert das Cochlear Implant?

Während das Mikrophon des Cochlear Implants einem gewöhnlichen Mikrophon in stark miniaturisierter Form entspricht, stellen Sprachprozessor und Implant die »intelligenten« und damit wesentlichen Bausteine dar.

Sprache läßt sich als ein komplexes Schallmuster beschreiben. Bei einem funktionsfähigen Hörsystem erkennt unser Gehirn nach einem mehrjährigen Training in der frühen Kindheit dieses Schallmuster (Code) und erlaubt damit das Verstehen der Sprache. Der Sprachprozessor des Cochlear Implants analysiert (decodiert) zunächst die Sprache nach wesentlichen Merkmalen wie der Frequenz (Hertz), den Formanten (Resonanzfrequenzen F_1, F_2, F_3) und der Lautstärke (Dezibel). Den wesentlichen Schritt stellt die Signalverarbeitung dar mit dem Ziel, die analysierte Sprache in digitale Stimulationsparameter umzuwandeln. Je charakteristischer und komplexer die Sprache in ein digitales Signal umgewandelt werden kann, um so besser gelingt das Erkennen im zentralen Hörsystem.

Grundsätzlich wird die Spracherkennung im wesentlichen von den Vokalen getragen, während die Konsonanten als hochfrequente Anteile die Artikulationsart und den Rhythmus charakterisieren (z. B. Nasallaute: n, m; Verschlusslaute: t, p). Die Lautstärke korreliert mit der Stärke des applizierten Stromes. Die Tonhöhe wird mit der elektrischen Stimulationsrate, d. h. der Anzahl der Pulse pro Sekunde, codiert. Daher ist die Pulsrate der geeignete Parameter, um die Frequenz eines Geräusches oder von gesprochenen Worten zu codieren. Die Stimulation von verschiedenen Elektrodenpositionen innerhalb der Cochlea ruft verschiedene Klangfarbeindrücke wie »dunkel« und »hell« hervor. Die Stimulation von

zwei verschiedenen Stimulationsorten innerhalb der Cochlea ergibt einen Höreindruck, der aus zwei Tonkomponenten besteht. Die wesentlichen Fortschritte der Spracherkennung sind in den letzten Jahren durch neue, intelligente Sprachverarbeitungsstrategien erzielt worden. Die CISS-Strategie und die SPEAK-Strategie **4** stellen z. Zt. die besten Sprachstrategien mit der höchsten Redundanz dar.

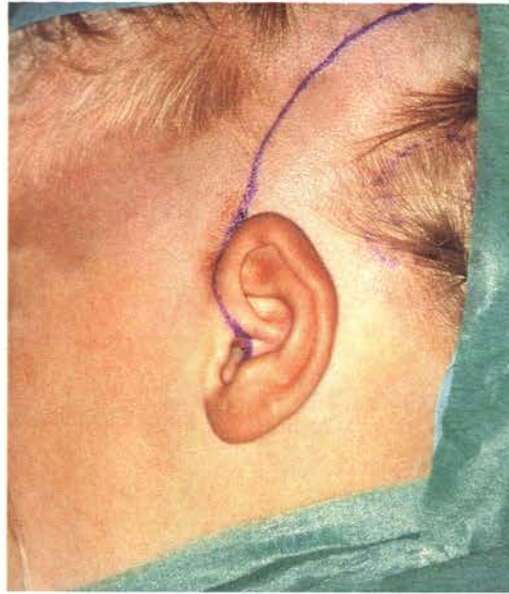
Der komplexe digitale Sprachcode wird über eine Sendespule dem eigentlichen Implantat transcutan zugeleitet. Das Implantat besteht aus einem intelligenten Mikrochip, der in einer Titan- oder Keramikapsel hermetisch abgeschlossen ist. Dadurch wird der Kontakt mit aggressiven Körperflüssigkeiten und damit eine Korrosion verhindert.

Der komplexe digitale Sprachcode wird vom Implantat in ein analoges Signal umgewandelt. Entsprechend dieser Daten wird ein Stromimpuls in einem definierten Elektrodenring der Reizelektrode ausgelöst. Die Reizelektrode besteht je nach verwendetem Typ aus einer Kette von 8 bis 22 hintereinander aufgereihten Elektrodenringen. Der Stromimpuls aktiviert die Hörnervenzellen und Hörnervfasern, die sich in unmittelbarer Nähe zur stimulierten Reizelektrode befinden. Damit wird die physiologische Zeit- und Ortskodierung eines gesunden Hörorgans imitiert. Die Leistungsfähigkeit eines Cochlear Implants kann zwar nicht die Leistungen eines Cortischen Organs mit 18 000 Hörzellen erreichen – schließlich stehen nur 8 bis 22 Reizorte und ein codierter ›Sprachextrakt‹ zur Verfügung. Die intelligente Vorverarbeitung im Sprachprozessor und die komplexe Leistungsfähigkeit des Gehirns sorgen aber für die tatsächlich existierenden exzellenten Hörergebnisse. Hierbei kann man sich von der enormen Lernfähigkeit des Gehirns immer wieder überzeugen. Diese Lernfähigkeit ist in den Hörkernen und im Großhirn in den ersten Lebensjahren besonders groß.

Implantation

Das Cochlear Implant wird in einer zweistündigen Operation so eingesetzt, daß der gekapselte Mikrochip im Knochenbett hinter dem Ohr fest verankert wird **5**. Das Implant **5** weist etwa 20 mm im Durchmesser bei 6 mm Höhe auf. Die Reizelektrode wird durch den eröffneten Warzenfortsatz in die Paukenhöhle (Mittelohr) gelegt.

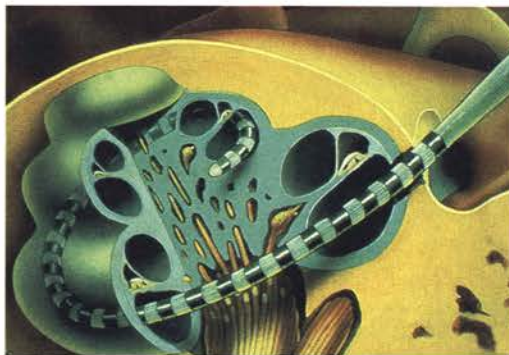
Den entscheidenden operativen Schritt stellt die Eröffnung der Cochlea dar **6**. Die Cochlea beherbergt drei Flüssigkeitsräume, nämlich die Scala tympani, die Scala vestibuli und den Ductus cochlearis. Da die Scala tympani die engste räumliche Beziehung zu den Nervenfasern und den Nervenzellen des Hörnervs aufweist, wird eine Implantation der Reizelektrode in diesen Flüssigkeitsraum angestrebt. Sobald alle Reizelektroden in der Cochlea positioniert sind **7**, wird das Implantat in derselben Operation sofort getestet und eingestellt. Der elektrische Reiz der Nervenzellen und Nervenfasern des Hörnervs bewirkt über einen Reflexbogen die sichtbare Kontraktion eines Mittelohrmuskels, des Musculus stapedius. So kann der Operateur das »Hören-Können« des Kindes bereits während der Operation »sehen«. Nach Verschluss **8** und Verband



5 Erster Schritt einer Implantation. Haut und Muskel werden entlang einer Markierung oberhalb der Ohrmuschel gleichzeitig eröffnet. Hierdurch erzielt man eine widerstandsfähige Bedeckung des Implantates.



6 Schematische Darstellung der Eröffnung der Cochlea. Hierzu wird der Labyrinthknochen über der ersten Windung der Cochlea mit dem Bohrer abgetragen. Der Bohrer ist oben rechts zu erkennen.



7 Einführen des Elektrodenpaares in die Cochlea. Die einzelnen Platin-Elektroden erreichen die zweite Windung der Cochlea.



8 Der Hautverschluß ist erfolgt. Die zu Zöpfchen gebundenen Haare werden sichtbar.

bleibt das Kind während einer Heilungsphase von 10 Tagen in der Klinik.

Durch diese Operation werden Säuglinge und Kleinkinder nur wenig belastet. Schon am nächsten Tag haben sie die Operation mehr oder weniger vergessen, nur der Kopfverband »verrät« die durchgeführte Implantation. Da die Narbe im Bereich der behaarten Kopfhaut liegt, ist sie später praktisch nicht mehr sichtbar.

Eignungsuntersuchung

Die Eignungsuntersuchung stellt einen ganz wesentlichen Beitrag zur Rehabilitation des Gehörs dar. Sie ist entsprechend umfangreich. Wie bei jedem Eingriff muß zunächst klar sein, daß Narkose und Operation keine Gefahr für das Kind darstellen. Darüber hinaus muß nachgewiesen werden, daß tatsächlich eine beidseitige Gehörlosigkeit vorliegt. In jedem Fall muß sichergestellt werden, daß für den Spracherwerb nutzbare Hörreste nicht übersehen werden. Aus diesem Grunde werden objektive Untersuchungen zum Hörvermögen durchgeführt, bei denen auf eine aktive Mitarbeit der meist kleinen Patienten verzichtet werden kann. Hierzu zählen die Otoakustischen Emissionen (OAE) und die Hirnstammaudiometrie (BERA, Brainstem Electric Response Audiometry).

Mit den OAEs kann die Funktion der (Äußeren) Haarzellen gemessen werden. Die BERA mißt die Hirnströme, die durch einen lauten Hörreiz ausgelöst werden. Beide objektiven Untersuchungen müssen ohne nachweisbare Ergebnisse ausfallen, d.h. die Antwort auf den akustischen Reiz muß negativ sein. Schließlich stellt man mit Hilfe radiologischer Untersuchungen sicher, daß die Flüssigkeitsräume der Cochlea nicht durch eine Knochenneubildung verschlossen sind. Der Verschluss der Flüssigkeitsräume würde die Implantation, d.h. das Einführen der Reizelektrode in die Hörschnecke, entweder erheblich erschweren oder gar unmöglich machen. Darüber hinaus muß die psychologische Beratung und Aufklärung die

Eignung des Kindes für die langwierige und anstrengende Rehabilitation verdeutlichen.

Rehabilitationskonzept im Bayerischen Cochlear Implant Centrum

Erst die gezielte Rehabilitation ermöglicht es dem gehörlosen Kind, eine Cochlear-Implant-gestützte Entdeckungsreise in die Welt der Klänge und Sprache anzutreten und so eine neue Dimension von Sinnesindrücken kennenzulernen. Obwohl den meisten Kindern noch jegliche Hörerfahrung fehlt – die Sinnesmodalität »Hören« ist für sie bisher in der Regel unbekannt –, ermöglicht man ihnen durch intensives Training zu erleben, zu erlernen und zu verstehen. Für diese Rehabilitation ist ein individuell angepasstes ganzheitliches pädagogisch-medizinisches und technisches Konzept entwickelt worden, bei dem das gehörlose Kind und die Eltern gleichermaßen im Zentrum stehen. Das verständnisvolle Engagement der Eltern ist essentiell für den Hörerfolg des Kindes. Hierbei werden die stets vorhandene kindliche Neugierde und der Lustgewinn, den ein akustischer Reiz hervorruft, spielerisch ausgenutzt.

Die Eignungsuntersuchung, die Implantation, die Anpassung des Cochlear Implants und die lautsprachlich ausgerichtete Hör- und Spracherziehung müssen eine Einheit darstellen. Hierdurch wird eine zielorientierte räumliche, organisatorische und inhaltliche Struktur erreicht, die der Schlüssel zum Erfolg ist. Aus diesem Grunde kann eine erfolgreiche Rehabilitation auch nur in einem Cochlear Implant Centrum erfolgen, in dem sich die Mitarbeiter als engagiertes und aufeinander abgestimmtes Team verstehen. In diesem Team arbeiten Mediziner, Gehörlosenlehrer, Logopäden, Techniker und Psychologen Hand in Hand. Sie stellen mit ihrem jeweiligen Professionalismus ein sich ergänzendes Mosaik dar, das ein überzeugendes Gesamtbild ergibt.

Für die gehörlosen Kinder in Bayern konnte im Frühjahr 1995 das Bayerische Cochlear Implant

9 Rehabilitation nach der Implantation im Bayerischen Cochlear Implant Centrum (BCIC). Sichtbar ist das »Headset« mit Übertragungsantenne. Eine Kabelverbindung führt zum Sprachprozessor am Hosengürtel. Das Kind arbeitet hochmotiviert und konzentriert während des Sprachtrainings.



Centrum (BCIC) gegründet werden. Dieses BCIC besteht aus zwei Komponenten, der Universitäts-Hals-Nasen-Ohren-Klinik in Regensburg als klinische Einheit und dem Institut für Hörgeschädigte in Straubing als Rehabilitationseinheit [9].

Die fundamentale Strategie der Rehabilitation ist die lautsprachlich ausgerichtete Hör- und Spracherziehung. Die Gebärdensprache der Gehörlosen ist hierfür in keiner Weise hilfreich, da sie keine Sprache darstellt. Die Gebärdensprache ist ein Kommunikationselement, bei der verschiedene Positionen der Hände und Arme als Zeichencode für die Kommunikation benutzt werden. Diese Kommunikation mit Hilfe von Gebärden ist vergleichbar mit der »Fingersprache« der Taucher, die sich mit wenigen Handzeichen in der Unterwasserwelt verständigen. Das Institut für Hörgeschädigte in Straubing kann auf die längste Erfahrung der lautsprachlichen Hör- und Spracherziehung in Deutschland zurückblicken. Deshalb fiel die Wahl des optimalen Standortes in Bayern zwangsläufig auf dieses Institut.

Zwei Ziele müssen im Zentrum der Rehabilitation stehen, nämlich die Hörerziehung und die Spracherziehung. Beide Komponenten sind eng miteinander verknüpft, aber keineswegs identisch. Zunächst muß die Sinnesmodalität »Hören« vermittelt werden, um den betroffenen Kindern die neue Dimension einer sich klanglich öffnenden Umwelt zu geben. Anschließend ist für die kompetente Kommunikation das »Senden« notwendig, d. h. das Erlernen einer Sprache. Die Sprachproduktion ist deshalb das zweite Ziel der Rehabilitation.

Das Cochlear Implant stellt für gehörlose Kinder die einzigartige Chance dar, die Sinnesmodalität »Hören« zu erfahren. Durch eine frühzeitige Implantation können die »sensiblen Phasen« der Hörbahnreifung optimal genutzt werden. Die Implantation stellt nur die Voraussetzung für das Erlernen von Hören und das Entwickeln einer Sprache dar. Erst durch die kompetente und engagierte Rehabilitation durch die Mitarbeiter in einem Cochlear Implant Centrum kann der dynamische Prozeß einer lautsprachlich ausgerichteten Hör- und Spracherziehung induziert werden. Wie bereits betont, stehen dabei das Kind und seine Eltern im Mittelpunkt einer ganzheitlichen und individuellen Rehabilitation.

Forschungsschwerpunkt: Regeneration von Haarzellen der Cochlea

Das Cochlear Implant stellt also einen höchst innovativen Hörnerv-Stimulator dar. Hiermit kann erstmals in der Geschichte der Medizin ein Baustein eines Sinnesorgans durch ein elektronisches Gerät ersetzt werden. Wenn man den rasanten Fortschritt des Cochlear Implants in den letzten 20 Jahren weiter extrapoliert, wird zukünftig die akustische Rehabilitation in kürzerer Zeit und auf einem höheren Niveau erreichbar sein. Denn Ziel von Forschung und Klinik bleibt weiterhin, die Funktion eines mit einem CI versorgten Ohres auf die Qualitätsstufe eines unversehrten Ohres mit einer normalen Cochlea und einem ungestörten Cortischen Organ zu stellen.

Da das morphologische Korrelat einer Taubheit in der Regel das Fehlen (nahezu) aller Sinneszellen (sogenannte Haarzellen) darstellt, muß aber die zukunftsbezogene Strategie zur Rehabilitation von Gehörlosen und Schwerhörigen eine doppelte sein: Neben der weiteren Optimierung des Cochlear Implants muß als entscheidendes Ziel der Hörforschung die Regeneration von Haarzellen angestrebt werden. Dieses Ziel stellt einen wesentlichen Forschungsschwerpunkt in der Regensburger HNO-Klinik dar.

Als Haarzellen werden die Sinneszellen des Hörorgans aufgrund ihrer Morphologie bezeichnet. Sie bilden zusammen mit den Stützzellen das Mosaik einer funktionellen Einheit. Sie sind entweder zylinderförmig (Äußere Haarzellen) oder flaschenförmig (Innere Haarzellen). Ihre feinen Haare (Stereovilli) an der Zellspitze weisen bereits darauf hin, daß sie unter funktionellem Aspekt den Mechanorezeptoren zuzuordnen sind. Ein akustischer Reiz versetzt zunächst Trommelfell und Mittelohrknöchelchen in Schwingungen, die auf die Flüssigkeitssäulen der Cochlea (Endolymphe, Perilymphe) weitergeleitet werden. Diese Schwingungen induzieren eine gleichgerichtete Auslenkung der Basilarmembran und des Cortischen Organs. Durch Interaktion mit der Deckmembran erfolgt eine Auslenkung der Haarzellbündel, welche zur Öffnung von Transduktionskanälen führt. Das hierdurch aufgebaute Rezeptorpotential bewirkt die Freisetzung von Transmittern. Diese Transmitter induzieren Aktionspotentiale in den Hörnervfasern, um die Information zu den Hörkernen und der Hörrinde fortzuleiten.

Wie bereits gesagt, hat sich das Regensburger Team für Innenohrforschung zum Ziel gesetzt, zukünftig auch die Regeneration von Haarzellen zu erkunden. Dies ist heute noch nicht machbar, stellt sich aber, wie unsere Forschungsergebnisse nahelegen, durchaus als realistische Perspektive dar.

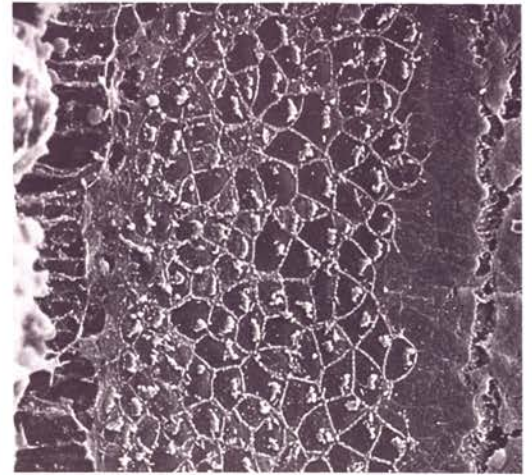
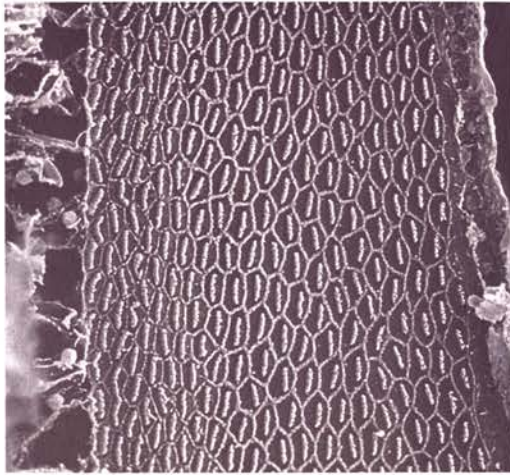
Der erste Schritt unseres Forschungsansatzes ist ein Exkurs in die Tierwelt. Dort finden sich nämlich sehr wohl Tierklassen, die imstande sind, zerstörte Haarzellen des Hörorgans zeitlebens zu regenerieren. Vögel gehören zu dieser Regenerations-Gruppe. Unerachtet deutlicher Unterschiede zwischen den Hörorganen von Vögeln und Säugern bestehen auffällige Ähnlichkeiten. So findet man auch beim Vogel neben den Stützzellen unterschiedliche Haarzelltypen. Ein Typ ähnelt aufgrund seiner Lage und Innervation den Inneren Haarzellen von Säugern, deren Aufgabe es ist, Information an das Gehirn weiterzuleiten. Der andere Typ weist keine oder nur wenige Verbindungen auf, die Information zum Gehirn leiten. Er muß somit analog zu den Äußeren Haarzellen beim Säuger eine Funktion innerhalb des Hörorgans haben.

Im Jahre 1988 zeigten erste morphologische Studien, daß Vögel eine Schädigung und sogar einen Verlust cochleärer Haarzellen mit einer Regeneration des Sinnesepithels beantworten. Diese Befunde weckten weltweit das Interesse vieler Wissenschaftler, die grundlegenden Mechanismen im Zusammenhang mit der Haarzellregeneration zu untersuchen.

10 Die Oberfläche des Hörorgans von Kanarienvögeln in raster-elektronenmikroskopischer Ansicht.

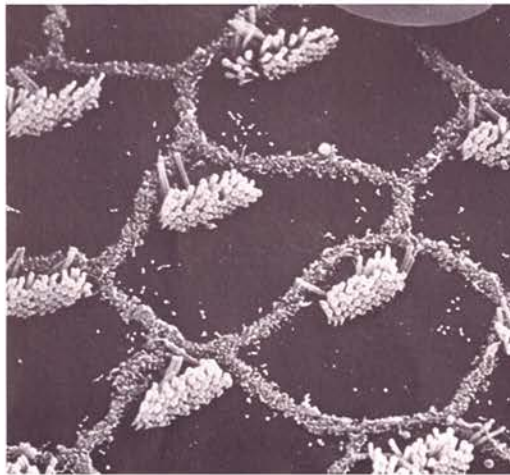
oben:

Übersicht bei niedriger Vergrößerung von einem normalen (links) und einem pathologischen Kanarienvogel (rechts).



unten:

Ansicht einer kleinen Gruppe von Haarzellen bei höherer Vergrößerung von einem normalen (links) und einem pathologischen Kanarienvogel (rechts).



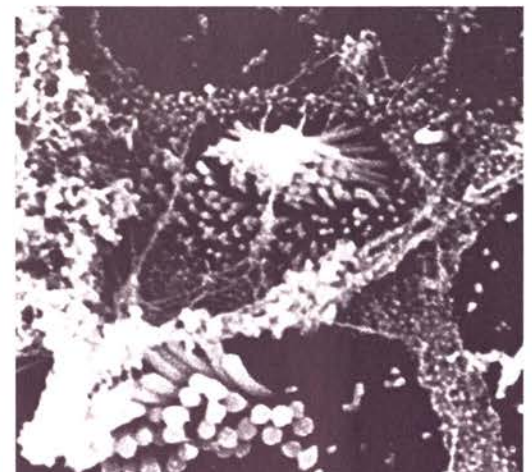
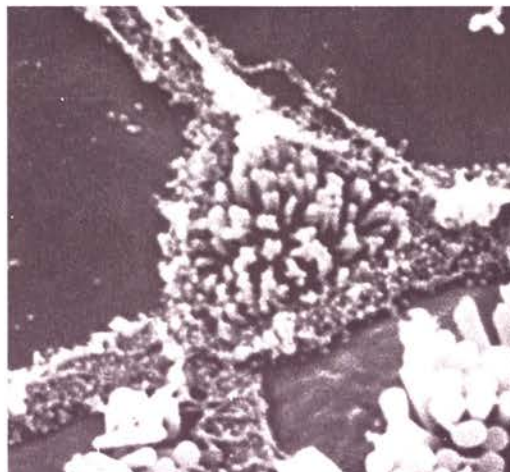
Deshalb wird im Forschungslabor der Regensburger HNO-Klinik seit drei Jahren an diesem interessanten Phänomen der Haarzellregeneration gearbeitet. Die Untersuchungen werden zur Zeit an einer speziellen Kanarienvogel-Rasse durchgeführt. 1985 konnte das Labor von Bob Dooling an der Universität von Maryland zeigen, daß speziell diese Kanarienvögel an einer erblich bedingten Schwerhörigkeit leiden. Wir begannen deshalb die Zusammenarbeit mit Bob Dooling, da wir glauben, daß eine Defektmutante besonders gut zum Verständnis der Mechanismen bei der Haarzellregeneration beitragen könnte. Darüber hinaus kann dieses Modell zur Untersuchung der Interaktion zwischen genetisch bedingten und

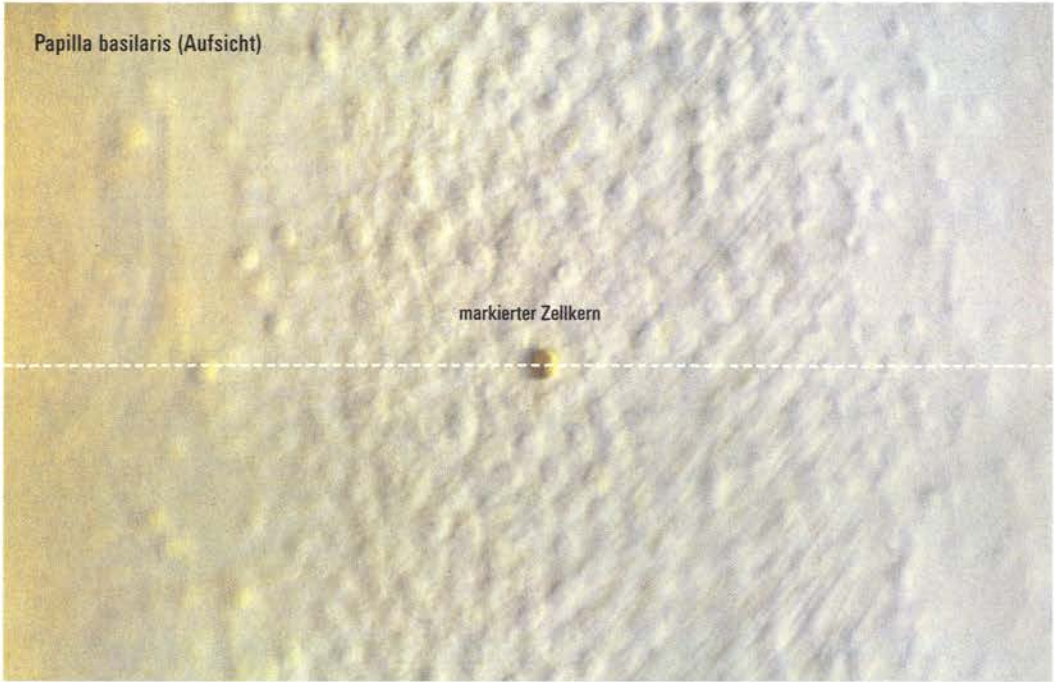
umweltbedingten Hörstörungen dienen.

Zunächst konnten wir nachweisen, daß diese schwerhörigen Kanarienvögel pathologische Haarzellen entwickeln. Dazu wurde im Rasterelektronenmikroskop die Oberfläche des Hörorgans (Papilla basilaris) von normalen sowie von schwerhörigen Kanarienvögeln untersucht **10**. Bereits bei niedriger Vergrößerung fällt auf, daß das sehr regelmäßige Mosaik der Sinneszellen, wie wir es von normalen Vögeln kennen, bei den Belgischen Wasserschlägern deutlich gestört und die Anzahl der Sinneszellen reduziert ist. Auch bei höherer Vergrößerung werden die Unterschiede zwischen normalen und geschädigten Vögeln auf der Ebene der einzelnen Sinneszellen deutlich.

11 Beispiele unreif erscheinender Haarzellen mit kleiner, von Mikrovilli besetzter Oberfläche, wie sie bei pathologischen Kanarienvögeln gefunden werden.

Sehr hohe Vergrößerung, der Durchmesser der einzelnen Haarzellen beträgt nur 5-10 tausendstel Millimeter.

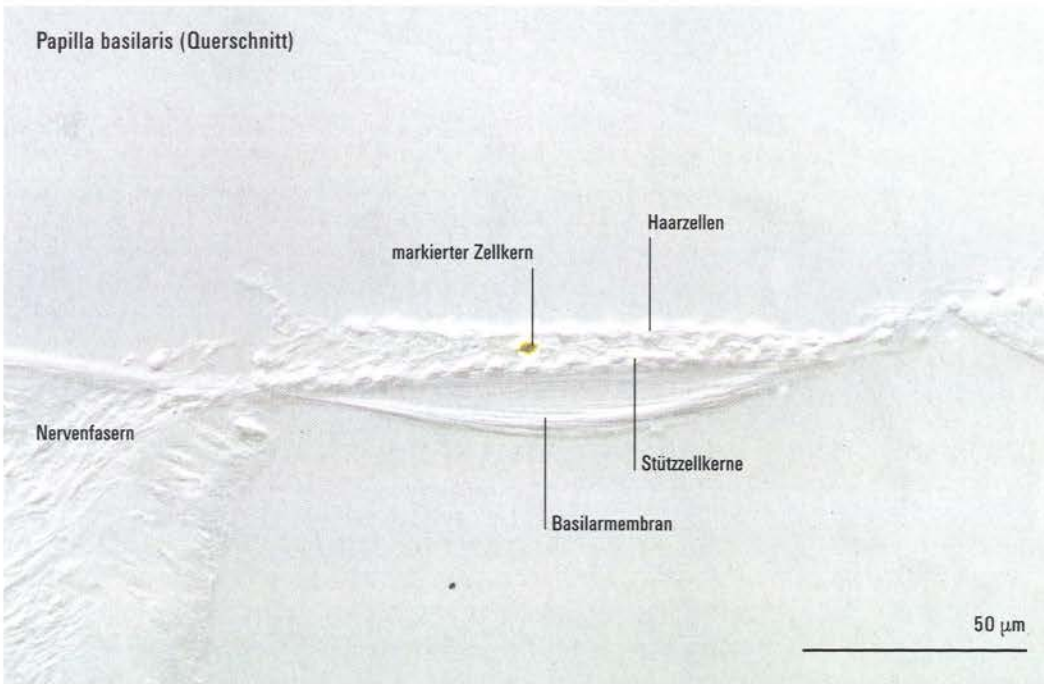




12 Eine Zelle, die mit der Synthese von DNS begonnen hat und durch die Nachweisreaktion braun gefärbt wurde.

oben:

Die mikroskopische Ansicht auf das Ganzpräparat läßt die Position der markierten Zellen im Haarzellepithel erkennen.



unten:

Ein Querschnitt durch das oben dargestellte Hörorgan. Hier können die Position und der Typ der markierten Zelle noch besser beurteilt werden.

Bei hoher Vergrößerung konnten wir bei den Wasserschlägern auch kleine Sinneszellen finden, deren Oberfläche mit Mikrovilli besetzt war **11**. Sie entsprechen unreifen Haarzellen, wie sie während der Embryonalentwicklung oder bei anderen Vögeln nach Haarzellverlust durch Cochlea-Schädigung beschrieben wurden. Solche unreifen Haarzellen treten nur bei den Wasserschlägern auf. Sie sind bei anderen gesunden Vögeln ohne vorausgehendes Innenohr-Trauma nicht nachweisbar. Die Befunde am Rasterelektronenmikroskop deuten darauf hin, daß bei den Belgischen Wasserschlägern mit ihrer genetisch bedingten Hörstörung kontinuierlich neue Haarzellen gebildet werden.

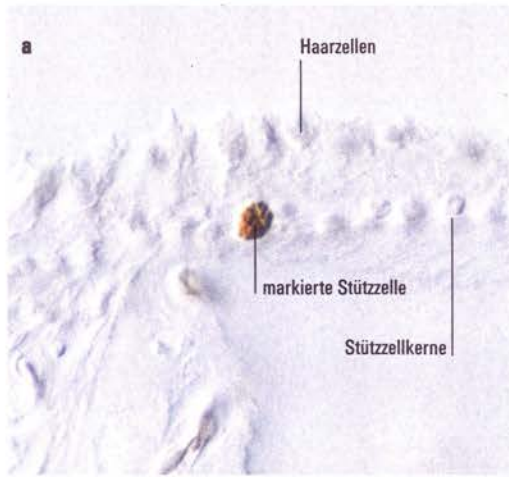
In aufwendigen Versuchsreihen konnten wir das Geheimnis der Entstehung der neuen Haarzellen lüften. Dazu werden Markierungsstoffe benutzt

(Bromo-desoxy-Uridin, BrdU), die bei der Zellteilung in die Kerne der neu entstehenden Zellen eingebaut und anschließend immunhistochemisch als brauner Farbniederschlag dargestellt werden. Durch das Auszählen der markierten Zellkerne im Lichtmikroskop konnten wir die Rate der Zellneubildung ermitteln. Dabei ergaben sich im Mittel bei den Wasserschlägern sechs neugebildete Zellen pro Tag, während die Rate bei normalen Kanarienvögeln unter einer neuen Zelle lag. In Abbildung **12** ist die Aufsicht (oben) auf das Sinnesepithel mit einer deutlichen Markierung gezeigt. Um die neugebildeten Zellen besser zu charakterisieren, wurden auch Schnittpräparate (unten) angefertigt.

Der gesamte Zyklus der Zellteilung dauert ungefähr 17-20 Stunden und die Phase, in der DNS synthetisiert und BrdU aufgenommen wird,

13 Beispiele von BrdU-markierten Zellen nach kurzer Einwirkdauer.

a Typische markierte Stützzellen, deren markierter Kern unterhalb der Haarzellen liegt.



b Ein sehr großer markierter Kern, wahrscheinlich mit bereits weitgehend verdoppelter DNS, unmittelbar vor der Teilung.



c Ein eng benachbartes Paar markierter Kerne, wahrscheinlich unmittelbar nach erfolgter Teilung.



d Ein ungleiches Paar markierter Zellkerne. Ein markierter Kern im Bereich der Stützzellen, der andere höher im Epithel positionierte mit beginnender Differenzierung in einer Haarzelle.



7–8 Stunden. Nach kurzer Einwirkdauer von BrdU (27 Stunden) sollten wir also markierte Zellen sowohl in der S-Phase, vor abgeschlossener Zellteilung, aber auch Paare markierter Zellen nach abgeschlossener Teilung und eventuell in frühen Stadien der Differenzierung finden. Da aus Untersuchungen anderer Gruppen bekannt ist, daß die Differenzierung bis zu erkennbaren Haarzellen mindestens drei Tage dauert, können wir keine markierten Haarzellen erwarten. In der Tat fanden wir viele einzelne markierte Stützzellen **13** (a). Sie befinden sich unterhalb der Haarzellen nahe der faserig erscheinenden Basilarmembran. Ein großer, markierter Zellkern nahe der Basilarmembran (b) repräsentiert vermutlich eine späte S-Phase mit weitgehend abgeschlossener Verdoppelung der DNS. Zwei markierte, benachbarte Zellkerne (c) könnten die Tochterzellen aus einer abgeschlossenen Zellteilung oder auch das Resultat einer unabhängig induzierten Proliferation in zwei benachbarten Stützzellen darstellen. Wir fanden auch einige Beispiele markierter Zellkern-Paare, bei denen sich die »Partner« systematisch unterschieden (d). Ein markierter Kern lag dabei jeweils zwischen den Stützzellen, während der andere deutlich höher, zwischen den Stützzell-Kernen und den Haarzellen lag. Dies könnte eine frühe Phase der Differenzierung einer der aus einer Teilung hervorgegangenen Tochterzellen zu einer Haarzelle darstellen.

Im Gegensatz zu den Präparaten mit kurzer Einwirkdauer fanden wir nach 136 Stunden regelmäßig ungefähr die Hälfte der markierten Kerne hoch in der Papilla zwischen unmarkierten Haarzellen **14** (a, c, d). Diese Kerne repräsentieren junge, aus einer Stützzell-Teilung hervorgegangene Haarzellen. Meist waren in enger räumlicher Assoziation mit solchen markierten Haarzellkernen auch markierte Stützzellkerne vorhanden, häufig wurden sie in unmittelbar aufeinanderfolgenden Schnitten (a und b), selten in einem einzigen Schnitt (c) gefunden. Diese Befunde zeigen, daß sich nach einer Stützzell-Teilung meist eine der entstehenden Tochterzellen zu einer Haarzelle und die andere zu einer Stützzelle ausdifferenziert.

Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, daß sich die Stützzellen kontinuierlich teilen. Die entstehenden Tochterzellen der Stützzellen sind Vorläufer neuer Haarzellen! Neugebildete Haarzellen entstehen also nicht durch Teilung von Haarzellen, sondern über Vorläufer, die zunächst nur Stützzell-Funktion aufweisen. Eine zusätzliche akustische Schädigung steigert die Rate der Stützzellproliferation drastisch. Da die anatomischen Untersuchungen bei diesen Tieren keinen Hinweis für eine Zunahme der Gesamtzahl an Haarzellen mit zunehmendem Alter ergaben, muß der Produktion von neuen Haarzellen ein entsprechender kontinuierlicher Verlust gegenüberstehen. Ein zusätzliches Trauma erhöht die Rate der Zellneubildung weiter.

Aus diesen gewonnenen Erkenntnissen können wir folgendes Regenerationsverhalten erkennen: Der Verlust von Haarzellen »aktiviert« benachbarte Stützzellen. Diese aktivierten Stützzellen treten dann in den Zellzyklus ein mit der Folge

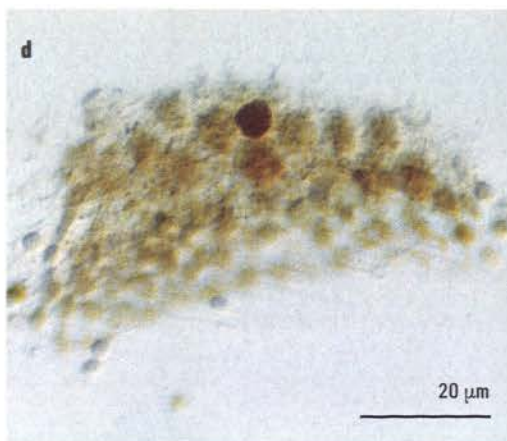
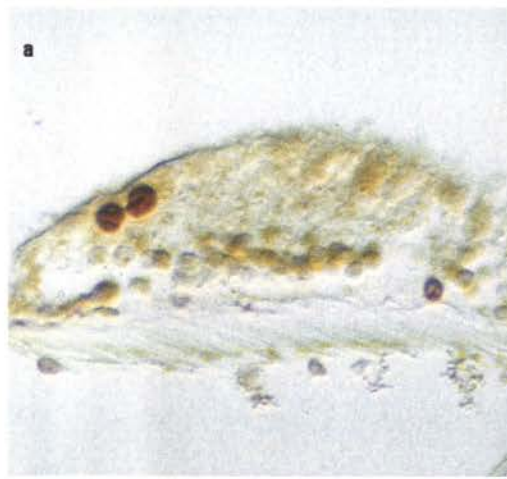
der Zellteilung. Ein dramatischer Haarzellverlust induziert möglicherweise auch mehrere Teilungen. Die entstandenen Tochterzellen beginnen sich anschließend zu differenzieren. Als Resultat der Differenzierung entstehen sowohl Stützzellen als auch Haarzellen. Auch eine direkte Umdifferenzierung von Stütz- in Haarzellen wurde beobachtet. Eine Teilung bereits ausdifferenzierter Haarzellen ist dagegen nicht möglich. Für die klinikorientierte Hörforschung müssen wir detailliert die speziellen Signale entschlüsseln, welche die Stützzell-Teilung induzieren und die Differenzierung der Tochterzellen steuern. Wir müssen weiter klären, welchen Differenzierungsgrad die Stützzellen des menschlichen Cortischen Organs aufweisen.

Große Bedeutung muß trophisch wirkenden Substanzen sowie deren Rezeptoren zugemessen werden. Bisher sind nur wenige Faktoren charakterisiert und bekannt. Hierzu gehören insbesondere Neurotrophin 3 (NT3) und zwei weitere Substanzen (Brain derived neurotropic factor, BDNF und Insulin-like growth factor 1, IGF1).

Die Wirkungen dieser Substanzen sind extrem komplex: Die genannten Faktoren sind spezifisch für bestimmte Gewebe und Zelltypen. Entsprechende Rezeptoren werden oft nur während genau definierter Entwicklungsstadien exprimiert. Zudem spielen direkte Wechselwirkungen zwischen den Zellen, wie der Verlust oder die Ausbildung von Zellkontakten, eine nicht unerhebliche Rolle.

Es wird zwar noch ein längerer Weg sein, bis man beim Menschen die Regeneration von verlorenen Haarzellen des Hörorgans durch die Applikation von Medikamenten (Wachstumsfaktoren) induzieren kann, um eine Schwerhörigkeit zu behandeln; aber die bisher gewonnenen Ergebnisse motivieren uns zu weiteren Anstrengungen. Wahrscheinlich kann auch der cochleäre Tinnitus erstmals kausal mit Wachstumsfaktoren therapiert werden.

Eine schneller zu realisierende Anwendung von Wachstumsfaktoren könnte mit dem Ziel durchgeführt werden, das Überleben der Nervenzellen nach Haarzellverlust zu optimieren. So wurde Anfang dieses Jahres erstmals die Wirksamkeit einer intracochleären Applikation von 3 verschiedenen Wachstumsfaktoren im Tierversuch gezeigt. Nach beidseitiger experimenteller Ertaubung wies die behandelte Seite eine hohe Dichte an erhaltenen Nervenzellen im Ganglion cochleare auf. Auf der unbehandelten Seite folgte dem Haarzellverlust Nervenzellverlust. Für die Implantation einer Hörprothese ist aber die Präsenz möglichst vieler Nervenzellen vorteilhaft. Die Kapazität des Informationsflusses steht nämlich in direkter Beziehung zur Anzahl der erhaltenen Nervenzellen und Nervenfasern. So könnte in absehbarer Zeit die Behandlung mit Wachstumsfaktoren auch den Erfolg und die Effektivität des Cochlear Implants verbessern.



14 Typische Beispiele markierter Zellkerne im Querschnitt durch das Hörorgan von Wasserschläger-Kanarienvögeln 136 Stunden nach BrdU-Injektion. Nach langer Einwirkdauer sind neben Stützzellen auch Haarzellen markiert.

Prof. Dr. med.

Jürgen Strutz

geb. 1950 in Waren.
Studium der Architektur an der TU Berlin, Studium der Medizin an der FU Berlin, in Graz und Freiburg. Promotion 1976, Wiss. Mitarbeiter in der Abteilung für experimentelle Neuroanatomie bei W. B. Spatz, Facharzt Ausbildung bei Chl. Beck, Freiburg, Habilitation 1983. Apl. Professor 1990 in Freiburg. 1991 Lehrstuhl für HNO-Heilkunde am Klinikum der Universität Regensburg. 1995 Gründung des Bayerischen Cochlear Implant Centrums (BCIC) in Straubing.
Forschungsschwerpunkte: Experimentelle Neuroanatomie, Mittelohr-Physiologie, Mittelohr-Chirurgie, Plastisch-rekonstruktive Chirurgie.

Dr. rer. nat.

Otto Gleich

geb. 1957 in Augsburg.
Studium der Biologie (Fachrichtung Zoologie) an der TU und LMU in München. Promotion (1988) am Institut für Zoologie der TU München bei G. A. Manley, 1988-1990 Postdoc im Department of Physiology der University of Western Australia bei B. M. Johnstone in Perth. 1991-1992 Helmholtz-Stipendiat am Institut für Zoologie der TU München. Seit 1992 Wiss. Mitarbeiter an der HNO-Klinik der Universität Regensburg.
Forschungsschwerpunkte: Struktur, Funktion und Entwicklung des Hörsystems.

Damit das Blut besser fließt

Entwicklung neuer blutgerinnungshemmender Substanzen

Neue Arzneistoffe

Die Blutgerinnung und ihr Gegenspieler, die Fibrinolyse, sind zwei lebensnotwendige Prozesse, die im gesunden Organismus die Fließfähigkeit des Blutes aufrechterhalten. Bei einer Störung dieses Gleichgewichtes kommt es zu Blutungen oder Thrombosen und Embolien. Da thromboembolische Erkrankungen die häufigste Todesursache in den Industrienationen darstellen, sind Arzneimittel, die eine zu stark ausgeprägte Gerinnungsfähigkeit des Blutes reduzieren, von großer Bedeutung. Seit nunmehr 60 Jahren gilt Heparin als Mittel der Wahl zur Prophylaxe und Therapie thrombotischer Ereignisse. Da es jedoch einige Nachteile aufweist, sucht man nach einer Alternative zu diesem natürlich vorkommenden Hemmstoff der Blutgerinnung, wobei eine Möglichkeit die Synthese von Substanzen nach dem strukturellen Vorbild von Heparin ist.

Das Blut – unser Lebenselixier

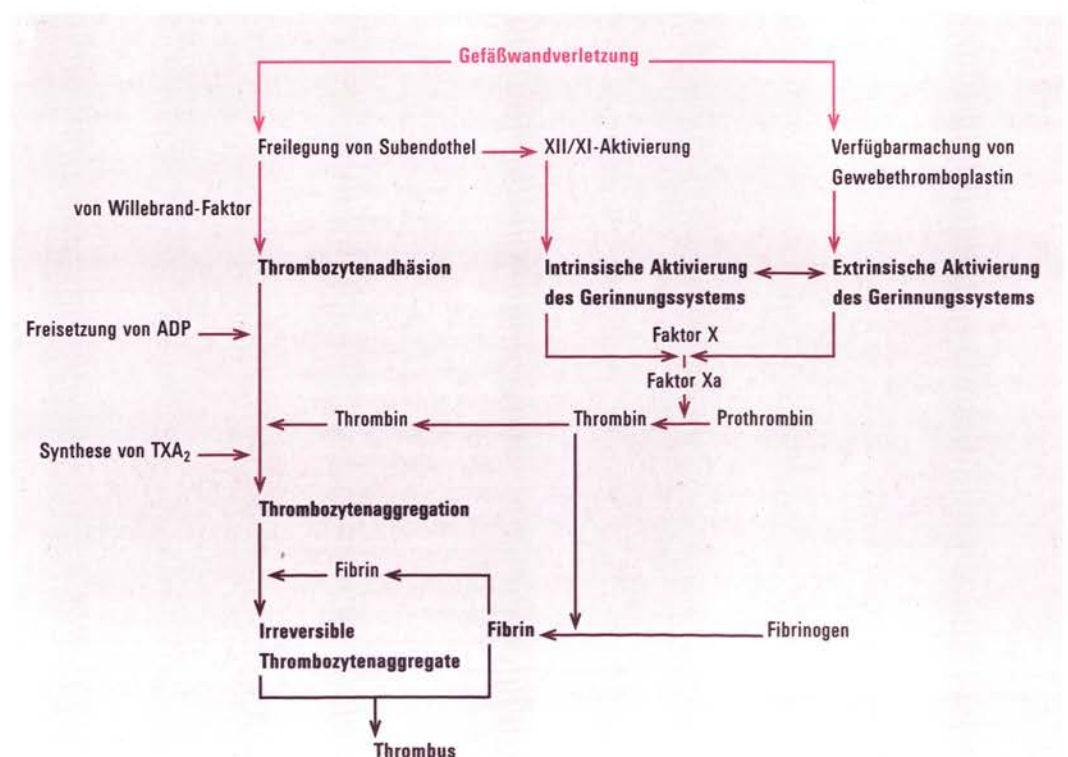
Mit insgesamt vier bis sechs Litern entspricht das Blut etwa 7–8% unseres Körpergewichtes und

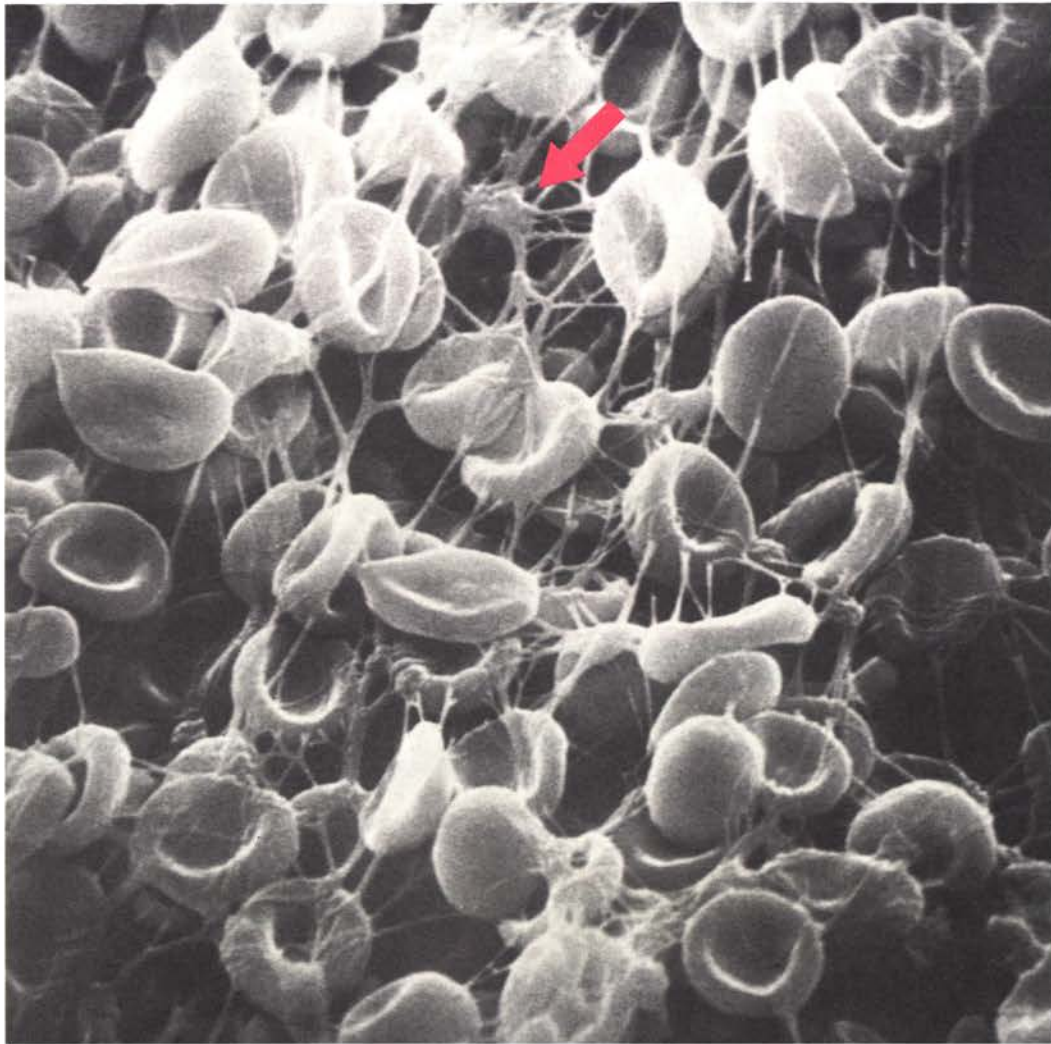
stellt in seiner Gesamtheit das größte menschliche Organ dar. Aus funktioneller Sicht handelt es sich um ein »fließendes Körpergewebe«, das zu 45% aus verschiedenen Zelltypen – u.a. den für die Blutgerinnung wichtigen Thrombozyten, den Blutplättchen – und zu 55% aus einer eiweiß- und elektrolythaltigen Lösung, dem Blutplasma, besteht.

Die Aufgaben des Blutes sind außerordentlich vielfältig. Es dient sowohl als Transportmittel für Nährstoffe und Sauerstoff als auch für Ausscheidungsprodukte und Kohlendioxid, das bei der Atmung gebildet wird. Indem es Hormone, die Signal- und Botenstoffe des Körpers, von dem Ort ihrer Entstehung zu ihren Zielorganen bringt, fungiert es ferner als »Kurierdienst«. Außerdem sorgt das Blut für eine gleichmäßige Körpertemperatur und darüber hinaus für ein konstantes inneres Milieu, das Voraussetzung für die optimale Funktionsfähigkeit aller Gewebe und Organe ist.

Besonders wichtig ist die Funktion des Blutes als Kontrollorgan. Es bekämpft Eindringlinge wie Bakterien, Viren und Schadstoffe und wappnet den Körper gegen wiederholte Angriffe durch den gleichen Erreger, ist also für die Immunität verantwortlich.

1 Schematische Darstellung der Thrombusbildung nach einer Gefäßwandverletzung.





2 Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme eines Blutgerinnsels (2400-fach vergrößert): Das Fibrin-Netzwerk hat rote Blutkörperchen eingeschlossen. An einigen Verknüpfungspunkten sind noch Thrombozytenaggregate (Pfeil) zu erkennen, die durch ihre gerinnungsfördernde Wirkung Ausgangspunkt der Fibrinbildung waren.

Die Gerinnungsfähigkeit des Blutes ermöglicht den Verschluss von Wunden und schützt uns so vor dem Verbluten. Denn mit der Verletzung eines Blutgefäßes fällt der Startschuss für eine ganze Kaskade biochemischer Reaktionen im Blut, die am Ende zur Bildung eines Thrombus führt. Dieser aus dem Eiweißmolekül Fibrin und den Thrombozyten gebildete Blutpfropf verschließt die Wunde und stillt so die Blutung.

Das Blutgerinnungssystem - ein Mehrkomponentenkleber mit Verstärker- und Bremsmechanismen

Wie bei einem Mehrkomponentenkleber werden die am Gerinnungsprozess beteiligten Reaktionspartner in verschiedenen Kompartimenten vorrätig gehalten. Ein Teil dieser Stoffe befindet sich im Blutplasma, ein anderer in den Thrombozyten; zudem sind Bestandteile des Gerinnungssystems in der Gefäßwand und auch außerhalb der Blutgefäße im Gewebe gelagert. Durch diese räumliche Aufteilung ist die Fließfähigkeit des Blutes unter physiologischen Bedingungen gesichert. Eine Gerinnung wird nur ausgelöst, wenn die verschiedenen Komponenten miteinander in Kontakt kommen 1: zum einen, wenn infolge einer defekten Gefäßwand Strukturen freigelegt werden, die beim Kontakt mit dem Blutplasma als Fremdoberfläche erkannt werden; zum anderen, wenn bei einer Verletzung der Gefäßwand aus dem umliegenden

Gewebe sogenanntes thromboplastisches Material in die Gefäße einwandert. Phospholipide, die sowohl Bestandteil des thromboplastischen Materials sind als auch von den Thrombozyten bereitgestellt werden, bilden die »Plattform« für die nun einsetzenden Reaktionen. Beim Gerinnungsprozess werden inaktive Vorstufen kaskadenartig in die enzymatisch aktiven Faktoren umgewandelt. Durch die Folge von Aktivierungsschritten entsteht Faktor-Xa, der Prothrombin zum Thrombin, dem eigentlichen Gerinnungsenzym, aktiviert. Am Ende der komplexen Gerinnungsreaktion überführt Thrombin das im Blutplasma gelöste Fibrinogen in das unlösliche Fibrin. Dieses bildet als Netzwerk zusammen mit den infolge der Gefäßwandverletzung aktivierten Thrombozyten den Thrombus 2.

Das Gerinnungssystem arbeitet nach dem Motto »Vorsicht ist besser als Nachsicht« und reagiert auf das kleinste Signal, das um ein Vielfaches verstärkt wird. Zunächst setzt sich der Gerinnungsvorgang langsam in Gang; beim Durchlaufen der Kaskade wird jedoch die Menge an gebildeten aktiven Gerinnungsfaktoren immer größer, und ihre Bildungsgeschwindigkeit steigt ständig an. Um eine vollständige Gerinnung des Blutes zu verhindern, existieren entsprechende Bremsmechanismen wie etwa die Hemmung von Thrombin, Faktor-Xa und verschiedenen anderen Gerinnungsenzymen durch Antithrombin-III, den wichtigsten

im Plasma vorkommenden Gegenspieler der Gerinnungsfaktoren. Neben derartigen Antagonisten spielt auch das Prinzip der negativen Rückkopplung eine wichtige Rolle. So beschleunigt Thrombin nicht nur autokatalytisch seine eigene Bildung sondern leitet zugleich auch die Aktivierung von Protein C, einem wichtigen Hemmstoff der Gerinnung, ein. Und schließlich bietet, sobald die Gerinnung einsetzt, das System der Fibrinolyse Abhilfe, das als Gegenspieler des Gerinnungssystems ständig in Aktion tritt, um unnötige Blutgerinnsel wieder aufzulösen.

Gerinnung und Fibrinolyse - ein labiles Gleichgewicht

Im gesunden Organismus befinden sich Gerinnung und Fibrinolyse in einem labilen Gleichgewicht und gewährleisten die Hämostase, d.h. die Blutstillung bei verletzter oder defekter Gefäßwand einerseits und die Aufrechterhaltung der Fließfähigkeit des Blutes im Gefäßsystem andererseits. Sobald dieses Gleichgewicht verschoben wird, d.h. eine Seite nicht optimal funktioniert oder aber zu empfindlich reagiert, treten massive Störungen auf, die sich in krankhaften Erscheinungen äußern.

Ist das System der Gerinnung beeinträchtigt, so kommt es zu einer verstärkten Blutungsneigung **3**. In den meisten Fällen ist der Defekt entweder bei

den Thrombozyten oder bei den Gerinnungsfaktoren zu suchen, nur selten liegen krankhafte Veränderungen der Gefäßwand zugrunde. Entweder ist die Zahl der Thrombozyten stark reduziert, oder es handelt sich um eine meist angeborene verminderte Funktionsfähigkeit der Thrombozyten. Eine weitere Ursache für Blutungen ist häufig auch ein Mangel an Gerinnungsfaktoren, der entweder erworben ist (z.B. als Folge von Leberfunktionsstörungen) oder auf einem genetischen Defekt basiert. Die beiden bedeutsamsten Formen der sogenannten Bluterkrankheit sind die Hämophilie A (85%) und die Hämophilie B (15%), bei denen ein Faktor-VIII- bzw. ein Faktor-IX-Mangel vorliegt. Sie werden jeweils über das X-Chromosom rezessiv vererbt und treten mit einer Häufigkeit von 1:10000 in der Bevölkerung auf.

Um nicht bereits bei der kleinsten Verletzung zu verbluten, sind die Hämophiliepatienten auf die Zufuhr der entsprechenden Gerinnungsfaktoren angewiesen. Bis auf einige Präparate, die bereits gentechnisch hergestellt werden, müssen diese Faktoren aus menschlichem Blut gewonnen werden. Wie die Blutpräparateskandale der vergangenen Jahre dokumentieren, kann dies jedoch die Gefahr einer Verseuchung mit Hepatitis B-Virus oder HIV, dem Aids-Virus, mit sich bringen.

Thromboembolische Erkrankungen - die Todesursache Nummer eins

Im Vergleich zur verstärkten Blutungsneigung tritt eine Störung des Systems in der anderen Richtung wesentlich häufiger auf, d.h. es kommt zum falschen Zeitpunkt am falschen Ort zur Bildung eines Blutgerinnsels. Die Folgen sind Verschlüsse kleiner oder auch großer Gefäße, die man unter dem Begriff thromboembolische Erkrankungen zusammenfaßt **4**, **5**. Hierzu zählen Thrombosen, insbesondere der Beinvenen, Lungenembolien, die arterielle Verschlusskrankheit, Herzinfarkte und auch Schlaganfälle.

Ursachen für diese Gleichgewichtsstörungen im Gerinnungs- und Fibrinolyse-System sind entweder genetische Defekte oder aber die Übersensibilisierung des Gerinnungssystems durch Krankheiten wie etwa Krebs, Verletzungen, z.B. einen Oberschenkelhalsbruch, und Operationen, wie beispielsweise beim Hüftgelenkersatz. Die Vielfalt an Faktoren, die eine Thrombose auslösen können, ordnete Rudolf Virchow, indem er bereits 1854 die »Virchowsche Trias« formulierte, die im Prinzip bis heute Gültigkeit hat. Demnach lassen sich thrombotische Ereignisse auf schadhafte Veränderungen der Gefäßwand, eine erhöhte Gerinnungsneigung des Blutes und eine Verlangsamung der Blutströmung zurückführen. Beispielsweise besteht bei bettlägerigen Patienten nach einem Hüftgelenkersatz ohne entsprechende medikamentöse Vorbeugung ein Thromboserisiko von über 50%. Analog zur »Virchowschen Trias« sind bei diesen Patienten die Gefäßwände durch die Operation geschädigt, die Gerinnungsfähigkeit des Blutes ist durch den Einsatz des künstlichen Gelenkes verstärkt, und das Blut fließt infolge der Immobilisierung langsamer.

3 Hämophilie B-Patient,
oben:
schwere subkutane Blutung
über dem Ellbogen
nach Venenpunktion;



unten:
ausgeprägte Blutung in die
Daumenballenmuskulatur
und in das darüberliegende
subkutane Gewebe.



Von besonderer Bedeutung ist, daß die Gerinnung und die Bildung von Thromben nicht nur durch verletzte, sondern auch durch »verkalkte«, rauhe Gefäßwände, wie sie bei der Atherosklerose vorliegen, ausgelöst werden können. Da nahezu jedermann mit zunehmendem Alter mehr oder weniger von dieser langsam fortschreitenden krankhaften Veränderung der Arterien betroffen ist, spielen thromboembolische Erkrankungen des Herz-/Kreislaufsystems in den Industrienationen eine große Rolle und stellen noch vor Krebs die häufigste Krankheits- und Todesursache dar.

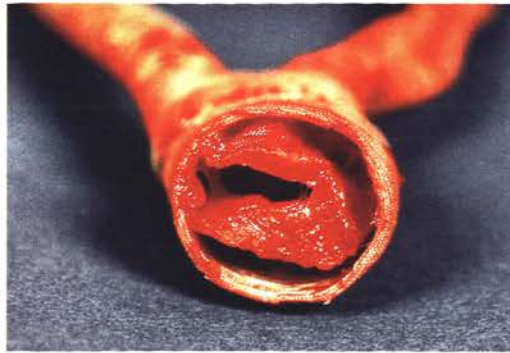
In den alten Bundesländern sind 50% der Todesfälle auf thromboembolische Erkrankungen zurückzuführen, während die Tumorerkrankungen nur 23% ausmachen. 11% aller Todesfälle entfallen dabei allein auf den akuten Herzinfarkt, eine Spezialform thromboembolischer Erkrankungen, der somit die häufigste Todesursache darstellt. In Deutschland erleiden jährlich 250 000 Menschen einen akuten Herzinfarkt, der in ungefähr einem Drittel der Fälle tödlich verläuft. Außerdem entstehen jährlich Kosten in Milliardenhöhe durch die Therapie des »postthrombotischen Syndroms«, unter dem man die schweren Folgezustände einer Beinvenenthrombose zusammenfaßt.

Aufgrund der Häufigkeit thromboembolischer Erkrankungen ist es von besonderer Bedeutung, über wirksame Antithrombotika zu verfügen, also jene Arzneimittel, die zur Therapie und Prophylaxe thrombotischer Ereignisse eingesetzt werden können. Innerhalb der Gruppe der Antithrombotika läßt sich zwischen den Antikoagulantien, die die Blutgerinnung hemmen, den Thrombozytenaggregationshemmern, die das Zusammenballen der Blutplättchen verhindern, und im weiteren Sinn den Fibrinolytika, die Thromben wieder auflösen, differenzieren.

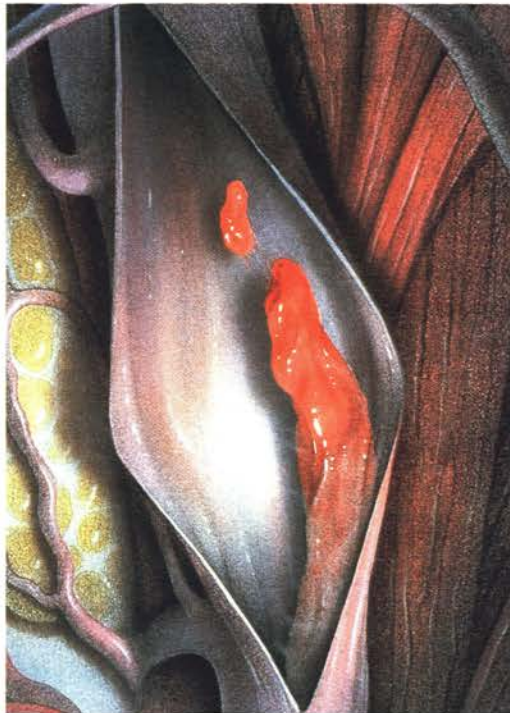
Antithrombotika natürlichen Ursprungs

Biogene Substanzen waren die erste Quelle für Antithrombotika. Nach Heparin und den Cumarinderivaten wurde 1955 das Fibrinolytikum Streptokinase, ein Protein bakteriellen Ursprungs, in die Therapie eingeführt. Das Enzym Urokinase, das 1947 entdeckt wurde, aber erst vor weniger als zwanzig Jahren Eingang in die Klinik gefunden hat, hat man zunächst aus Urin isoliert; heute wird es wie auch die Streptokinase biotechnologisch gewonnen.

Die Antikoagulantien vom Cumarintyp leiten sich von Dicumarol ab. Anfang der dreißiger Jahre wurde dieses Cumarinderivat in faulem Süßklee gefunden und als Ursache für ein 1922 in Nordamerika aufgetretenes Viehsterben identifiziert. Die Tiere waren infolge starker innerer Blutungen, die durch das gerinnungshemmende Dicumarol hervorgerufen wurden, verendet. Heute nutzt man diese Eigenschaft von Cumarinderivaten zur Langzeitprophylaxe thrombotischer Ereignisse insbesondere nach einem Herzinfarkt. Ein Nachteil dieser Arzneistoffe ist das relativ große Risiko, Blutungen und Hautnekrosen hervorzurufen. Vorteilhaft für den Patienten ist allerdings die Tatsache, daß diese Arzneistoffe bequem in Form von Tabletten eingenommen werden können.



4 Aufnahme eines Gefäßes mit einem Thrombus im Querschnitt.



5 Schematische Darstellung eines Gefäßes mit einem Thrombus.

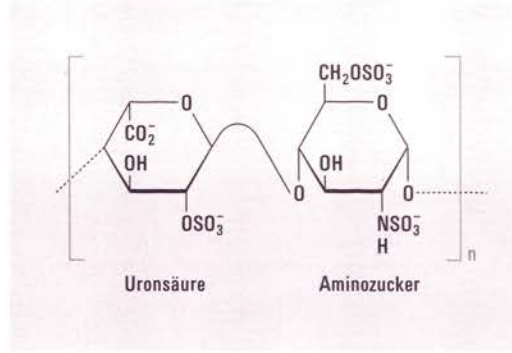
Das bedeutsamste Medikament in dieser Gruppe ist nach wie vor Heparin, eine körpereigene Substanz, die seit nunmehr sechzig Jahren erfolgreich als Blutgerinnungshemmstoff angewandt wird.

Heparin – das Mittel der Wahl im Bereich thromboembolischer Erkrankungen

Heparin wird nicht nur zur Therapie thromboembolischer Erkrankungen eingesetzt, sondern auch routinemäßig zur Prophylaxe von Thrombosen und Lungenembolien bei Patienten, die sich einer Operation unterziehen müssen oder bettlägerig sind. Daneben findet es Verwendung beim Einsatz der Herz-Lungen-Maschine und bei der Dialyse, um das Gerinnen des Blutes beim Kontakt mit Fremdoberflächen außerhalb des Körpers zu verhindern.

Die in Mensch und Tier vorkommende Substanz wurde erstmals 1916 von dem Medizinstudenten Jay McLean aus Hundeleber isoliert. Bald danach wurde das nach seinem ersten Fundort benannte Heparin auch in anderen Organen wie Darm und Lunge nachgewiesen. 1935 begann man mit der medizinischen Anwendung von Heparin. Erst zu dieser Zeit erlangte man wichtige Erkenntnisse über seine Struktur. Johan Eric Jorpes identifizierte Heparin als ein Polysaccharid, das aus alternierenden Aminozuckern und Zuckern mit Säure-

6 Die aus einem Aminozucker und einer Uronsäure aufgebaute chemische Grundeinheit des Heparins.



funktion – Uronsäuren genannt – aufgebaut ist **6**. Zusätzlich sind viele Schwefelsäurereste an die Zuckereinheiten gebunden. Aufgrund dieser Sulfatgruppen stellt Heparin eine der stärksten biologisch gebildeten Säuren dar.

Eine der vielen physiologischen Aktivitäten von Heparin ist seine Fähigkeit, die Blutgerinnung zu hemmen, indem es als »Bremskraftverstärker« die Wirkung des natürlichen Antagonisten Antithrombin-III verstärkt **7**. Dadurch ist Heparin in der Lage, die Thrombusentwicklung zu unterbinden, und dementsprechend konnte sein routinemäßiger Einsatz das häufige Auftreten von Thrombosen im Bereich der Chirurgie drastisch reduzieren. Dennoch tritt diese Komplikation je nach Art der Operation immer noch in 3–10% der Fälle auf, so daß die Wirksamkeit von Heparin nicht als optimal angesehen werden kann.

Problematik des Heparins

Wie jedes Medikament, das eine Wirkung zeigt, weist Heparin auch Nebenwirkungen auf. Es ist plausibel, daß ein Arzneimittel, das die Blutgerinnung hemmt, unter Umständen Blutungen hervorrufen kann. Abgesehen von lokalen Blutergüssen an der Injektionsstelle besteht die Gefahr unkontrollierbarer Blutungen während oder nach Operationen.

Ein weiteres Problem, das in jüngster Zeit an Bedeutung gewann, stellt die Heparin-induzierte Thrombozytopenie dar. Neben einer reversiblen Verminderung der Thrombozyten bei 30% der Patienten in den ersten zwei bis drei Tagen nach Beginn der Heparinbehandlung zeigt sich bei 15% der Patienten nach fünf bis zehn Tagen ein drastisches Absinken der Thrombozytenzahl. Obwohl diese Patienten heparinisiert sind, können

schwerwiegende thrombotische Komplikationen auftreten. Diese Art der Thrombozytopenie ist immunologisch bedingt, d.h., es handelt sich um eine Art Allergie gegen Heparin. Aufgrund seiner starken negativen Ladung bindet Heparin im Plasma eine ganze Reihe von Proteinen. Einige dieser Heparin-Protein-Komplexe können als Antigene fungieren, gegen die Antikörper gebildet werden. Durch die Reaktion zwischen Antigen und Antikörper entstehen große Immunkomplexe, die in der Lage sind, die Thrombozyten zu aktivieren, die dann aggregieren. Dies hat einen Thrombozytenabfall und unter Umständen eine Thrombusbildung zur Folge. Bei auftretender Thrombozytopenie steht der Arzt vor dem Problem, welches Antithrombotikum alternativ eingesetzt werden kann.

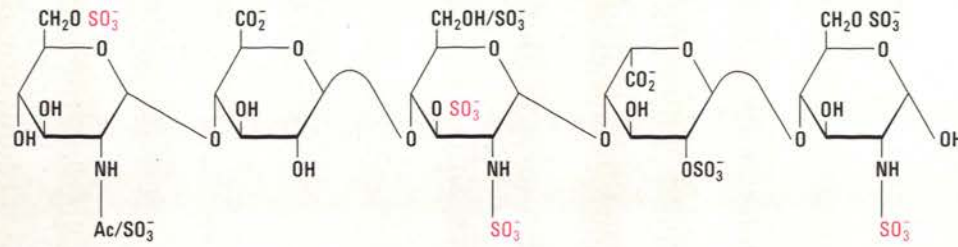
Und schließlich gibt es Patienten, bei denen Heparin versagt. Hier liegt ein angeborener oder erworbener Antithrombin-III-Mangel vor mit der Folge, daß Heparin wirkungslos ist. Denn ein Bremskraftverstärker ohne Bremse bringt keinen Nutzen. Für diese Fälle wäre ein Antithrombin-III-unabhängiges Antithrombotikum eine geeignete Alternative.

Abgesehen von diesen therapeutischen Aspekten, gibt es noch weitere Argumente, nach Ersatz für Heparin zu suchen. So handelt es sich bei dem Biopolymer Heparin nicht um eine chemisch definierte Einzelsubstanz, sondern um ein Gemisch verschiedenartiger kettenförmiger Moleküle, die je nach ihrer Struktur und Kettenlänge unterschiedliche physiologische Effekte aufweisen.

Während sich natürliche Proteine gentechnisch herstellen lassen, ist dies im Fall des Polysaccharids Heparin nicht möglich. Eine chemische Heparinsynthese wäre zu aufwendig und scheidet aus ökonomischen Gründen aus. Folglich wird Heparin bis heute unter hohem Kosten- und Arbeitsaufwand aus biologischem Material wie Schweinedarm und Rinderlunge gewonnen. Seit 1990 ist die Herstellung aus Rinderschlachtabfällen allerdings mit hohen Sicherheitsauflagen für die Industrie verbunden. Es gilt auszuschließen, daß die Tiere mit dem Erreger der »Bovinen Spongiformen Enzephalopathie« (BSE), des Rinderwahnsinns, infiziert sind. Denn der Beweis, daß dieser Erreger für den Menschen ungefährlich ist, steht noch aus; ferner gibt es eine Krankheit beim Menschen mit ähnlichen pathologischen Verände-

7 Wirkungsweise des Heparins als »Bremskraftverstärker« des Antithrombin-III, eines natürlichen Antagonisten der Blutgerinnung: Die Bindung von Heparin an seine Bindungsstelle am Antithrombin-III induziert eine Konformationsänderung im Antithrombin-III-Molekül, durch die die räumliche Struktur der Thrombin-/Faktor Xa-Bindungsstelle verändert wird. Dadurch steigt die Affinität zum aktiven Zentrum dieser Gerinnungsfaktoren; sobald das aktive Zentrum des Gerinnungsfaktors durch Antithrombin-III blockiert ist, löst sich die Bindung zwischen Heparin und Antithrombin-III, und das Heparinmolekül ist bereit, ein weiteres Antithrombin-III-Molekül zu aktivieren.





8 Chemische Strukturformel des Heparin-Pentasaccharides, das Antithrombin-III bindet. Für die Wirkung essentielle Sulfatgruppen sind rot markiert.

rungen im Gehirn, nämlich das »Jakob Creutzfeldt-Syndrom«, dessen Ursache noch unbekannt ist.

Auch die Isolierung des Heparins aus Schweineschlachtabfällen ist nicht die uneingeschränkte Alternative. Zum einen lassen sich aus 1 kg Darmgewebe lediglich etwa 150 mg Heparin gewinnen, die Dosis, die ein einziger Patient für zwei bis drei Tage Thromboseprophylaxe benötigt. Zum anderen aber ist der Verzehr von Schweinefleisch rückläufig, und in Deutschland wurde der Tierbestand in jüngster Vergangenheit zusätzlich durch die Schweinepest bedroht. Daher stellt sich die Frage, ob der Bedarf an Heparin aus Schlachtieren künftig noch gedeckt werden kann.

Suche nach Alternativen zu Heparin

Seit etwa vierzig Jahren bemüht man sich, die Wirkung von Heparin zu optimieren bzw. den Heparineffekt mit anderen Substanzen zu erreichen.

In den siebziger Jahren begann man mit dem Versuch, durch chemische Spaltung der natürlich vorkommenden Heparinketten strukturell besser definierte, therapeutisch sicherere und vor allem wirksamere Präparate zu erhalten. Die hohen Erwartungen haben sich zwar nur zum Teil erfüllt, ein unbestreitbarer Vorteil ist allerdings, daß bei diesen »Niedermolekularen Heparinen« eine einmalige Injektion pro Tag genügt, während das klassische Heparin zwei- bis dreimal täglich injiziert werden muß. Hieraus ergibt sich, daß die Anwendung von Niedermolekularem Heparin sowohl für den Patienten als auch für das Pflegepersonal eine große Entlastung darstellt. Daß sich die Niedermolekularen Heparine dennoch eher zögerlich durchsetzen, dürfte wohl nicht zuletzt auf den wesentlich höheren Preis zurückzuführen sein.

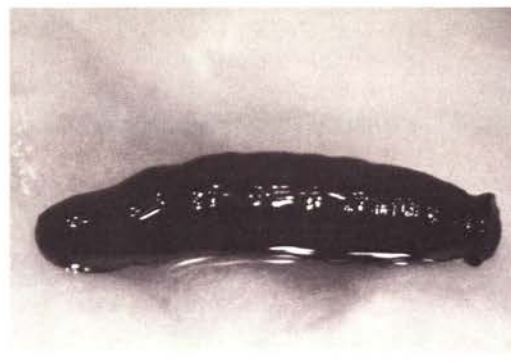
Die neueste Entwicklung auf dem Heparinsektor ist ein hochwirksames, aus fünf Zuckerbausteinen bestehendes Pentasaccharid, das strukturell große Ähnlichkeit mit der im natürlichen Heparin vorhandenen Antithrombin-III-Bindungsstelle besitzt. Diese besteht ebenfalls aus fünf Zuckerbausteinen und ist für die Bindung der Heparinkette an das Antithrombin-III-Molekül verantwortlich 8. Durch chemische Modifikationen der komplizierten Originalstruktur konnte die überaus große Zahl an Synthesestufen auf ein vertretbares Maß reduziert werden. *In vitro*, d. h. im Reagenzglas, hemmt dieses Pentasaccharid Faktor-Xa ungefähr siebenmal besser als Heparin, ist jedoch im Gegensatz zu Heparin gegenüber Thrombin wirkungslos.

Derzeit werden die ersten *in vivo*-Studien durchgeführt, und es bleibt abzuwarten, ob sich die vielversprechenden *in vitro*-Ergebnisse im Tierversuch bestätigen lassen.

Blutegel als Quelle neuer Antithrombotika

Während das Pentasaccharid wie Heparin für seine Wirkung auf Antithrombin-III angewiesen ist, agiert Hirudin, ein weiteres neues Antithrombotikum, unabhängig von diesem natürlichen Plasmainhibitor. Hirudin, das sich bereits in der klinischen Erprobung befindet, ist wie Heparin ein Naturprodukt und stammt aus dem Blutegel *Hirudo medicinalis* 9. Lebende Blutegel waren im 19. Jahrhundert ein wichtiges Heilmittel. Seit Beginn des 20. Jahrhunderts ließ das Interesse an diesen Tieren, die einen natürlichen Aderlaß ermöglichen, zunächst kontinuierlich nach. Heute jedoch erleben sie eine Renaissance. Die sich von Blut der Warmblüter ernährenden Blutegel produzieren eine ganze Reihe von Substanzen, die verhindern, daß das Blut während des Saugens gerinnt. In den fünfziger Jahren gelang es, den wichtigsten dieser Stoffe, das Hirudin, aus dem Blutegel zu isolieren und chemisch und pharmakologisch zu charakterisieren. Hirudin ist ein aus 65 Aminosäuren aufgebautes Protein, das die Fähigkeit besitzt, spezifisch Thrombin zu hemmen 10. 1986 konnte das Gen isoliert werden, das die entsprechende Aminosäuresequenz kodiert. Mit der Vermehrung dieses Gens war die Grundlage für die gentechnische Herstellung des Wirkstoffes gegeben, der somit heute in ausreichenden Mengen unabhängig von seiner natürlichen Quelle produziert werden kann.

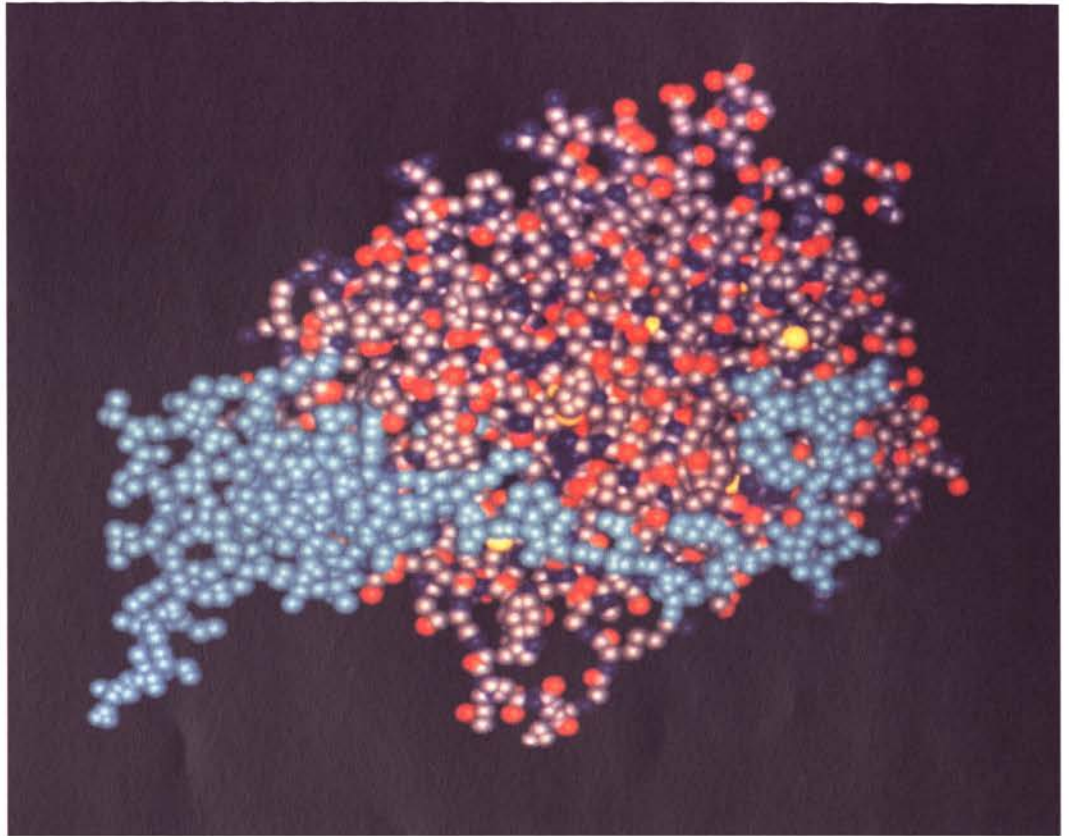
Da Hirudin als Protein allerdings nicht oral verfügbar ist, sondern direkt in die Blutbahn gespritzt werden muß und ferner den Nachteil hat, daß es nur sehr kurze Zeit wirksam ist, versucht man parallel zu den Untersuchungen mit Hirudin selbst,



Produktion des Niedermolekularen Heparin aus Schweinedarmmukosa.

9 Der Blutegel *Hirudo medicinalis*.

10 »Molecular modelling«:
Struktur des Komplexes zwischen
Thrombin und Hirudin (hellblau).



das Molekül auf verschiedenste Weise zu modifizieren oder mit kleineren Untereinheiten dieses Proteins auszukommen. Ob Hirudin oder eines seiner Abwandlungsprodukte letztlich dem Heparin in der Thrombolyse-therapie und -prophylaxe überlegen ist, muß sich noch herausstellen.

»Small is beautiful«

Sowohl in Blutegeln als auch im Gift mancher Vipernarten sind Verbindungen zu finden, die die Thrombozytenaggregation hemmen. Sie blockieren die Stelle auf den Thrombozyten, an die normaler-

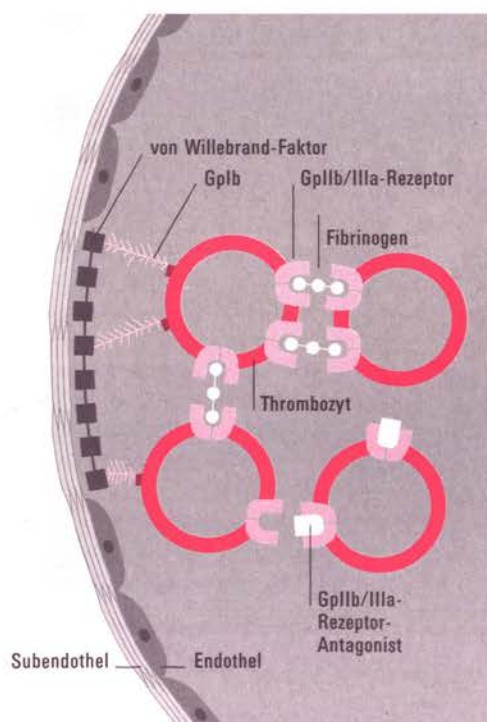
weise das Fibrinogen bindet, und verhindern auf diese Weise die Vernetzung der Thrombozyten zu einem stabilen Thrombus **11**. Nach diesen Vorbildern aus der Natur wurden in jüngster Vergangenheit zahlreiche an dem sogenannten GPIIb/IIIa-Rezeptor angreifende Thrombozytenaggregationshemmer entwickelt, die teilweise bereits klinisch untersucht werden. Um die Verträglichkeit zu verbessern und die Herstellung zu vereinfachen, versucht man, Wirkstoffe zu entwickeln, die kleiner als die natürlichen Leitstrukturen sind, bei denen es sich meist um Proteine handelt.

Ein Beispiel hierfür ist das Abciximax, das im Juni 1995 als ReoPro® zur Thromboseprophylaxe bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit eingeführt wurde. Es handelt sich um ein wirksames, gut verträgliches Fragment des natürlichen Antikörpers gegen den GPIIb/IIIa-Rezeptor, der die Fibrinogenbindungsstelle blockiert.

Neben der Strategie, die optimal wirkenden Teilstrukturen in den natürlichen GPIIb/IIIa-Rezeptor-Antagonisten ausfindig zu machen, versucht man auch, die räumlichen Strukturen von Substanzen, die den Rezeptor angreifen, durch chemische Synthese nachzuahmen und zu verbessern. Dabei verfolgt man stets das Ziel, einen oral verfügbaren Wirkstoff zu finden, der nicht injiziert werden muß, sondern eingenommen werden kann und in ausreichendem Maße über den Magen-Darm-Trakt in die Blutbahn gelangt, ohne zuvor durch die Verdauungsenzyme zerstört zu werden.

Es wird sich zeigen, ob sich diese neuen GPIIb/IIIa-Rezeptor-Antagonisten in der Therapie und Prophylaxe arterieller Thrombosen, wie etwa dem Herzinfarkt, etablieren können. Derzeit wird dieses Gebiet noch von Thrombozytenaggregationshemmern wie der klassischen Acetylsali-

11 Thrombozytenaggregation durch die Bindung von Fibrinogen an GPIIb/IIIa-Rezeptoren der Thrombozyten.





12 »Molecular modelling«: Struktur des Komplexes zwischen Thrombin und einem Inhibitor natürlichen Ursprungs (rot).

cylsäure im Aspirin®, daneben Sulfinpyrazon, Dipyridamol und den neueren Arzneistoffen Ticlopidin und Clopidogrel beherrscht.

Analog zu den GPIIb/IIIa-Rezeptor-Antagonisten stellt sich die Entwicklung direkt wirkender Thrombininhibitoren dar, die spezifisch nur Thrombin hemmen, niedermolekular und oral verfügbar sein sollen. Da Thrombin nicht nur das Schlüsselenzym in der Blutgerinnung ist, sondern auch eine große Rolle bei der Thrombozyten-aktivierung spielt, scheint dieses Enzym ein geeigneter Angriffspunkt, die Thrombusentwicklung zu unterbinden. Mit Hilfe der Methoden des modernen »drug design«, wie etwa dem »molecular modelling« am Computer, das wertvolle Informationen über die gewünschte Molekülstruktur liefern kann, wurden bereits zahlreiche Inhibitoren synthetisiert **12**. Ein häufig auftretendes Problem derartiger Thrombininhibitoren ist jedoch ihre geringe Spezifität: Sie hemmen nicht nur Thrombin, sondern auch andere verwandte Enzyme wie etwa die Verdauungsenzyme Trypsin und Chymotrypsin oder auch das Fibrinolyseenzym Plasmin, das die Blutgerinnsel wieder auflöst.

»Heparinoide« aus Wirbeltieren und Algen als Alternative zum Heparin

Die sogenannten »Heparinoide« stellen einen weiteren Forschungsschwerpunkt in der Thrombose-therapie und -prophylaxe dar. Unter diesem Begriff versteht man natürlich vorkommende, heparin-ähnliche Substanzen sowie im Labor hergestellte semisynthetische sulfatierte Poly- und Oligosaccharide. In der Natur unterscheidet man zwischen den Glycosaminoglycanen der Wirbeltiere und den Mucopolysacchariden marinen Ursprungs.

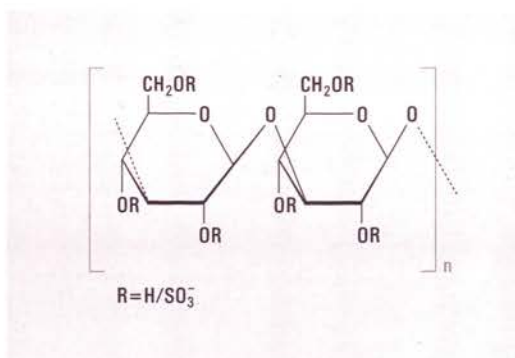
Die Vertreter der ersten Gruppe stellen Bestandteile der Kittsubstanz zwischen den Zellen dar und übernehmen nach neuesten Erkenntnissen außerordentlich wichtige Funktionen. Obwohl einige dieser Substanzen über gerinnungshemmende Eigenschaften verfügen, besitzen sie gegenwärtig – abgesehen vom Heparin – in der Praxis keine große Bedeutung.

Erwähnenswert ist das Glycosaminoglycangemisch ORG 10172, das zu 80% aus Heparansulfat besteht. Es wird sehr erfolgreich als Orgaran® in der Thromboseprophylaxe eingesetzt und hat sich bei Heparin-induzierter Thrombozytopenie als problemlose Alternative erwiesen. In Deutschland steht dieses Medikament allerdings mangels Zulassung durch das Bundesamt für Arzneimittel und Medizinprodukte derzeit noch nicht zur Verfügung.

Dermatansulfat, das häufig in kommerziellen Heparinpräparaten als Verunreinigung zu finden ist, zeigt besonders in Kombination mit kleinen Mengen Heparin gute antithrombotische Eigenschaften bei geringem Blutungsrisiko und befindet sich derzeit in der klinischen Forschung.

Ein chemisch modifiziertes Chondroitinsulfat schließlich wird unter dem Namen »Semisynthetisches Heparin-Analogon« (SSHA) in einigen Ländern zur Thromboseprophylaxe eingesetzt.

Außer bei Wirbeltieren findet man sulfatierte Polysaccharide auch in großer Menge in Algen, Muscheln und Korallen. Am bekanntesten sind die in Rotalgen vorkommenden Carrageenane, deren blutgerinnungshemmende Eigenschaften bereits in den dreißiger Jahren erkannt wurden. Je nach ihrer chemischen Struktur mehr oder weniger gute gerinnungshemmende Wirkung zeigen sulfatierte Polysaccharide von Braunalgen. In diesem Bereich



steckt die Forschung allerdings noch in den Kinderschuhen, und man ist noch weit von einer möglichen Nutzung dieser Algenpolysaccharide in der Medizin entfernt.

»Heparinoide« aus dem Chemielabor

Unter den semisynthetischen Heparinoiden versteht man Antithrombotika, die durch chemische Abwandlung genuin inaktiver Polysaccharide gewonnen werden. Grundlage für einen physiologischen Effekt ist in jedem Fall die Anwesenheit von Sulfatgruppen. In Kenntnis dieser Tatsache versuchte man durch chemische Übertragung von Sulfatgruppen auf pflanzliche, bakterielle und tierische Polysaccharide wie z. B. Cellulose, Dextran und Chitin, neuartige Antikoagulanzen zu gewinnen. Bislang hat erst eines dieser sulfatierten Polysaccharide, das Pentosanpolysulfat, Eingang in die Therapie gefunden. Die entsprechende Ausgangssubstanz ist ein aus dem Zucker Xylose aufgebautes Kohlenhydrat, das aus Buchenholzzrinde isoliert wird.

Die Erforschung sulfatierter Polysaccharide wird durch die Erkenntnis stimuliert, daß sie nicht nur effektive Antithrombotika darstellen, sondern auch über andere physiologische Eigenschaften verfügen können. So findet man beispielsweise entzündungshemmende, antiatherosklerotische, zellschützende oder antivirale Effekte; ferner beeinflussen sie das Immunsystem.

Daher wurde am Lehrstuhl für Pharmazeutische Biologie der Universität Regensburg vor einigen Jahren ein Projekt gestartet mit dem Ziel, durch systematische chemische Abwandlung natürlicher Polysaccharide definierte Verbindungen herzustellen, die eine dem Heparin vergleichbare oder verbesserte physiologische Wirkung aufweisen.

Zur Synthese sulfatierter Polysaccharide benötigt man als Ausgangssubstanz leicht verfügbare, strukturell definierte Zuckerpolymeren. So wählten wir beispielsweise Laminarin, ein Reservepolysaccharid aus Braunalgen, das bis zu 50% des Trockengewichtes der Algen ausmacht. Ferner kamen mikrobielle Polysaccharide zum Einsatz, wie etwa Pullulan aus dem Pilz *Aureobasidium pullulans* oder Curdlan aus dem ubiquitär vorkommenden Bodenbakterium *Alcaligenes faecalis*. Die Zuckerketten des Curdlans sind lineare, unverzweigte Moleküle, die ausschließlich aus Glucoseeinheiten aufgebaut sind. Curdlan wird heute in Japan im großtechnischen Maßstab in Fermentern produziert und findet vor allem Anwendung in der Lebensmitteltechnologie. Wie Curdlan sind auch die

beiden anderen Ausgangspolymeren ausschließlich aus Glucose aufgebaut und werden entsprechend als Glucane bezeichnet. Sie unterscheiden sich lediglich in ihrer Kettenlänge und in der Art, wie die einzelnen Glucosebausteine miteinander verknüpft sind.

Bodenbakterien als »Baustofflieferanten« für Heparinoide

Die strukturell relativ einfachen und einheitlichen Polymere Curdlan, Laminarin und Pullulan wurden in vielerlei Weise chemisch verändert [15]. Als essentiell für die Wirkung erwies sich auch hier die Anwesenheit von Sulfatgruppen. Die Variation der verschiedenen strukturellen Parameter, wie beispielsweise der Zahl der Sulfatgruppen im Molekül oder auch der Kettenlänge, lieferte wichtige Informationen über den Zusammenhang zwischen der Struktur dieser neuartigen Heparin-Ersatzstoffe und ihrer gerinnungshemmenden Wirkung. Prinzipiell läßt sich eine physiologische Aktivität auf zwei Arten ermitteln, zum einen *in vitro*, d. h. über Versuche im Reagenzglas, zum anderen *in vivo*, d. h. anhand der Wirkung am Tier.

Für die *in vitro*-Untersuchungen versetzten wir Plasma, das aus menschlichem Blut durch Abtrennen der Zellen gewonnen wird, mit der zu testenden Substanz und verschiedenen Reagenzien, die die Gerinnung des Plasmas auslösen. Dann wurde die Zeit ermittelt, die für die Bildung eines Blutgerinnsels erforderlich ist. Die Verlängerung der normalen Gerinnungszeit in Gegenwart einer dieser neuen Substanzen ist ein Maß für deren gerinnungshemmende Aktivität. Je nach Wahl des Reagenzes werden unterschiedliche Abschnitte der Gerinnungskaskade erfaßt, so daß man durch die Kombination mehrerer Tests Informationen erhalten kann, an welcher Stelle im Gerinnungsprozeß die Substanzen eingreifen.

Bereits aus den Gerinnungstests war zu ersehen, daß diese neuartigen Heparinoide, wenn sie über ein bestimmtes Minimum an Sulfatgruppen verfügen, mehr oder weniger stark ausgeprägte gerinnungshemmende Eigenschaften aufweisen. In Abhängigkeit von ihrer jeweiligen Struktur änderte sich nicht nur die Stärke des gerinnungshemmenden Effektes, sondern auch das Wirkprofil, d. h. das Verhältnis der Aktivitäten in den verschiedenen Tests zueinander. Daher war anzunehmen, daß diese Heparinoide spezifisch an mehreren Stellen in das Gerinnungsgeschehen eingreifen und daß dabei die einzelnen Wirkungen unterschiedliche Anforderungen an die Struktur der gerinnungshemmenden Substanzen haben.

Um genauere Informationen über den Wirkmechanismus zu erhalten, führten wir weitere Tests durch, mit denen sich der Einfluß auf die einzelnen Gerinnungsfaktoren bestimmen läßt. Die Aktivität der Gerinnungsenzyme kann mittels sogenannter chromogener Substrate ermittelt werden, die bei der enzymatischen Umsetzung einen Farbstoff freisetzen und über die Intensität der Farbbildung die Bestimmung der Aktivität ermöglichen. Es zeigte sich, daß die antikoagulatorisch wirksamen neuen Polysaccharidsulfate die Gerinnung über

einen anderen Mechanismus als Heparin hemmen und zusätzlich die Fibrinolyse fördern.

Ein Schwerpunkt ihrer Wirkung liegt in der Hemmung der Thrombin-vermittelten Fibrinbildung. Wie in entsprechenden Thrombozytenaggregationstests bestätigt wurde, beeinflussen sie aufgrund ihrer Thrombinhemmung aber nicht nur die Gerinnung, sondern unterbinden auch die durch Thrombin ausgelöste Thrombozytenaggregation, einen weiteren wichtigen Schritt bei der Thrombusentstehung.

Untersuchung der antithrombotischen Wirkung *in vivo*

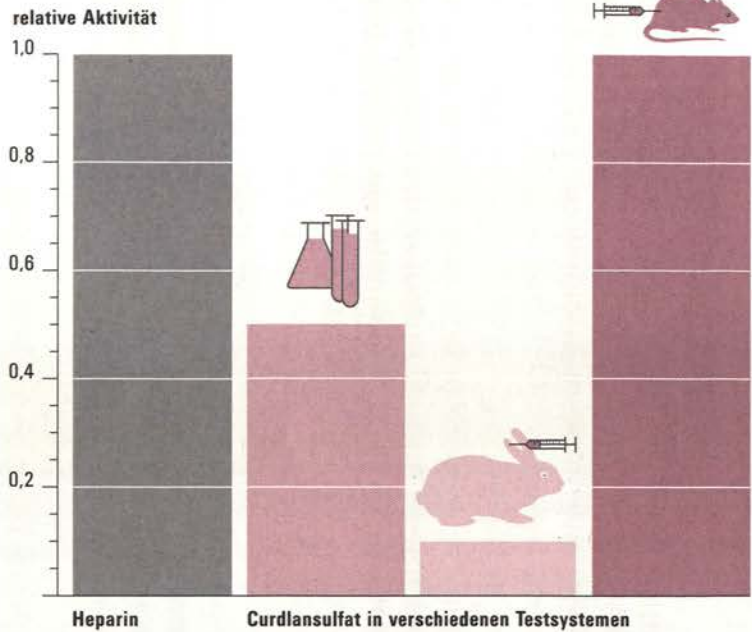
Obwohl die *in vitro*-Tests für erste Untersuchungen potentieller neuer Arzneistoffe sehr wertvoll sind, können doch Experimente im Reagenzglas und an Zellkulturen keinesfalls den Tierversuch ersetzen. Denn selbst der beste Versuchsaufbau kann die komplexen Vorgänge im lebenden Organismus nicht imitieren. Aufgrund von Ergebnissen in künstlichen Systemen läßt sich daher die Wirkung im natürlichen System in der Regel nicht voraussagen. Um das Risiko für den Menschen möglichst gering zu halten, werden deshalb Tierversuche vor der klinischen Testung am Menschen auch künftig ein unverzichtbares Glied in der Arzneimittelforschung sein.

Da einige der hergestellten Polysaccharidsulfate im Reagenzglas ebenso gut wie Heparin wirkten, stellte sich die Frage, ob sich dieser Befund auch im Tierversuch bestätigen läßt. Bei Versuchen zur Ermittlung der antithrombotischen Wirkung wird den Tieren die Substanz injiziert, ähnlich wie dem Menschen Heparin vor einer Operation. Dann wird im Versuchstier eine Thrombose ausgelöst, und es wird ermittelt, inwieweit die Prüfsubstanz dies verhindern kann.

In einem bereits seit Jahrzehnten verwendeten Thrombosemodell wird einem Kaninchen zunächst die Testsubstanz und anschließend FEIBA[®], eine Mischung aus verschiedenen Gerinnungsfaktoren, injiziert, wodurch das Tier in einen sogenannten hyperkoagulierbaren Zustand versetzt wird. Dann wird eine Vene abgebunden, und infolge der Blutstauung bildet sich ein Thrombus. Je besser die antithrombotische Wirksamkeit der Testsubstanz ist, desto kleiner ist das gebildete Blutgerinnsel, dessen Entstehung bestenfalls gänzlich verhindert wird.

Es ist jedoch bekannt, daß auch die Gefäßwand eine wichtige Rolle bei der Thrombusbildung spielt. Um die physiologischen Verhältnisse möglichst gut zu imitieren, sollte daher nach heutiger Auffassung an der Thromboseentstehung im Modell stets auch eine Verletzung der Gefäßwand beteiligt sein.

Während diese Forderung bei der FEIBA[®]-induzierten Thrombose nicht erfüllt wird, wird in einem weiteren Experiment an der Ratte durch wiederholtes Abklemmen einer Vene nach der Injektion des Arzneistoffes nicht nur eine Blutstauung erzeugt, sondern auch die Gefäßwand geschädigt. Es kommt zur Anhaftung von Thrombozyten an den verletzten Stellen der Gefäßwand und zur Thrombozytenaktivierung. Im folgenden bilden sich typische Ablagerungsthromben, die überwiegend aus Thrombozyten bestehen. Die antithrom-



botische Aktivität spiegelt sich hier in der Zahl der Abklemmphasen wider, die erforderlich ist, um schließlich aufgrund der Thrombusbildung den Blutfluß zu unterbrechen.

Die untersuchten Polysaccharidsulfate zeigten in beiden Modellen antithrombotische Wirksamkeit. Im Kaninchenversuch waren sie allerdings dem Heparin unterlegen – ganz anders hingegen im Rattenexperiment, das den natürlichen Verhältnissen bei der Thrombusentstehung wesentlich besser entspricht: Hier besaßen sie die teilweise gleiche Aktivität wie Heparin.

Vergleicht man die Resultate im Rattenmodell mit den gefundenen Aktivitäten in den Gerinnungs- und Thrombozytenaggregationstests, so wurden die aufgrund der *in vitro*-Daten entwickelten Erwartungen *in vivo* weit übertroffen **14**. Zusätzliche Mechanismen, wie etwa die Beeinflussung der Gefäßwand, dürften bei diesen Substanzen zu der antithrombotischen Wirksamkeit beitragen.

Die Diskrepanz zwischen den Ergebnissen in den verschiedenen Tests und den beiden Tiermodellen ist ein Phänomen, das bei antithrombotisch wirkenden Substanzen häufig zu finden ist. Dies zeigt erneut, daß die gerinnungshemmenden Eigenschaften nicht unbedingt ein definitives Maß für das antithrombotische Potential eines neuen Heparinoids sind. Bei der Testung sind daher die verschiedensten Aspekte und Modelle zu berücksichtigen. Die *in vivo*-Ergebnisse verdeutlichen, daß die Aussagekraft eines Tierversuchs entscheidend davon abhängt, in welchem Maß das Modell den natürlichen Verhältnissen entspricht. Der Tierversuch kann somit wertvolle Hinweise zur *in vivo*-Aktivität liefern, aber letztlich die Frage nach der Wirkung im Menschen nicht völlig beantworten.

14 Relative Aktivität eines Curdlansulfates als Heparinoid in verschiedenen Testsystemen im Vergleich zu Heparin.

Dr. rer. nat.

Susanne Alban

geb. 1964 in Saarlouis.

1983-1988 Studium der Pharmazie in Regensburg, 1985-1988

Stipendiatin des Cusanuswerkes.

1989-1993 Wiss. Hilfskraft am

Lehrstuhl für Pharmazeutische

Biologie (Prof. Dr. G. Franz) der

Universität Regensburg. 1989/90

Forschungsaufenthalt Universität

Heidelberg. 1993 Promotion

mit dem Thema „Synthese und

physiologische Testung neuartiger

Heparinoide“ (ausgezeichnet mit

dem „Kulturpreis Ostbayern 1994“).

1994-1996 Forschungsaufenthalt Loyola

University, Chicago.

1994-1996 Wiss. Assistentin

am Lehrstuhl für Pharmazeutische

Biologie (Prof. Dr. G. Franz)

der Universität Regensburg.

1996 Bayerischer Habilitations-

förderpreis.

Horror vacui

Philosophische Experimente mit der Luft

Blickpunkt

Instrument und Experiment sind die Erkenntnismittel der modernen Naturwissenschaft. Mit Fernrohr und Mikroskop begann im 17. Jahrhundert ihr Siegeszug. Unsichtbares sichtbar zu machen und neue, sinnlich erfahrbare Objekte zu erzeugen, darin lag die Macht der Instrumente. Denn nicht im Beobachten oder im Raisonieren allein erschließt sich Natur, sondern es bedurfte wissenschaftlicher Fakten ganz neuer Art, wie nur eine »experimentelle Philosophie« sie hervorbrachte. Nirgendwo wird dies deutlicher als bei der Vakuumpumpe, die – in Regensburg erstmals der Öffentlichkeit vorgeführt – rasch zum Symbol der neuen Wissenschaft aufstieg. Das »Zyklotron des 18. Jahrhunderts« hat man sie genannt: ein Beispiel früher High-Tech-Wissenschaft und so heftig umstritten wie diese. Denn mit dem Vakuum stand nichts Geringeres zur Debatte als das Verhältnis von Mensch, Natur und Gott.

Im Großformat eines Historienbildes hat der Maler dramatisch in Szene gesetzt, welchen Symbolwert die Luftpumpe noch hundert Jahre nach ihrer Erfindung besaß. Acht Zuschauer aus der besseren Gesellschaft sind zu nächtlicher Stunde versammelt, um einem Versuch beizuwohnen. Wir sehen die gespannte Aufmerksamkeit der jungen Männer zur Linken, das versunkene Sinnen des Alten zur Rechten, die ängstliche Neugierde des jüngsten Mädchens, das erschreckte Sich-Abwenden ihrer älteren Schwester und die beruhigend-belehrende Geste des Vaters. Eine Kerze, hinter einem Glas mit trüber Flüssigkeit verborgen, taucht die Gruppe in geheimnisvolles Licht. Im Zentrum, die anderen überragend, der Experimentator im roten Umhang und mit wallendem Haar – ein Magier der Wissenschaft. Blick und Geste fordern uns auf, jetzt genau achtzugeben. Auch sein Junge, im Hintergrund

Joseph Wright of Derby:
An Experiment on a Bird in
the Air Pump, 1768.
(Öl/Leinwand, 72 x 96 cm,
The National Gallery, London)



an einem Vogelbauer hantierend, sieht uns erwartungsvoll an: ein Augenblick atemloser Spannung.

Was hier vorgestellt ist, war der traditionelle Höhepunkt eines höchst populären Schauexperiments, das auch »Auferstehung« hieß und vor dem ein englischer Naturforscher 1760 gewarnt hatte, es sei »viel zu schockierend für einen jeden Betrachter, der sich auch nur den geringsten Rest Menschlichkeit bewahrt hat«. Auf dem Tisch steht eine zweizylindrige Vakuumpumpe mit Zahnstange und Kurbel, wie sie der Londoner Instrumentenbauer Francis Hauksbee seit 1703 lieferte. Ein gebogenes Rohr führt zu einer weiten Glasglocke, auf deren Boden ein weißer Kakadu wie benommen mit den Flügeln schlägt. Die Luft, sein Lebenselement, wurde mit raschen Kolbenzügen aus dem Gefäß entfernt. Öffnet der Experimentator nun den Hahn, so strömt Luft herein, und das Tier erwacht zu neuem Leben; anderenfalls muß es ersticken. Mit einer Handbewegung nur entscheidet die Wissenschaft hier über Leben und Tod.

Die Forschung hat das Gemälde verschiedentlich gewürdigt, hat Parallelen zur christlichen Ikonographie herausgearbeitet, verschlüsselte Todes- und Erlösungsmotive enthüllt und Verbindungen zur Psychologie jener Zeit aufgedeckt. Der Kunsthistoriker Werner Busch vermutet im 1768 gemalten »Experiment on a Bird in the Air Pump« gar »eines der wichtigsten Bilder des 18. Jahrhunderts«. Weniger bekannt ist, daß die dramatische Szene einen konkreten historischen Hintergrund hat und daß ihr Sujet, das Vakuum, einen Wendepunkt in der Geschichte der Wissenschaften markiert, ohne den weder die nachhaltige Wirkung des Experiments noch die des Gemäldes begreiflich wäre.

Joseph Wright (1734–1797) aus Derby ist vor allem als Maler der Industriellen Revolution bekannt: als einer der ersten, der der Botschaft von Technik und Wissenschaft bildlichen Ausdruck verlieh. Er wirkte im Umkreis der *Lunar Society*, die sich seit 1766 – der fehlenden Straßenbeleuchtung wegen jeweils bei Vollmond – in Birmingham traf, um naturwissenschaftliche und technische Themen zu erörtern. Die aufstrebende bürgerliche Mittelschicht der englischen Industriegebiete hatte sich damit Bildungseinrichtungen außerhalb der traditionellen Universitäten geschaffen. Angewandte und experimentelle Naturwissenschaft erfuhren besondere Aufmerksamkeit. Die *Lunar Society* war eine der ältesten dieser Akademien. Matthew Boulton und James Watt, die 1765 die Dampfmaschine konstruierten, zählten zu ihren Mitgliedern, ebenso der Chemiker Joseph Priestley, der Drucker John Baskerville, der Gaslicht-Erfinder William Murdoch oder der Arzt William Withering, dem wir die Digitaltherapie verdanken. Der Naturforscher Erasmus Darwin und der Geologe John Whitehurst, ein bekannter Hersteller von Uhren, Barometern und Meßinstrumenten, gehörten zu Wrights engerem Freundeskreis, und es spricht manches dafür, daß es Whitehurst war, dessen Züge der Experimentator unseres Bildes zeigt.

Am Vakuum schieden sich die Geister. Denn seit alters her galt der Satz, daß das »Nichts« nicht sein und nicht gedacht werden könne, weil Denken und Sein zusammenfallen. Einzig die Welt aus Atomen,

wie Demokrit und Epikur sie entworfen hatten, erforderte ein »Leeres«. Doch mit der antiken Atomistik geriet auch das Vakuum bald in Verruf, schien doch von da ein direkter Weg in den Materialismus und Atheismus zu führen. Wer theologisch und damit teleologisch argumentierte, d. h. die Sinn- und Zweckhaftigkeit der Schöpfung betonte, für den war die Vorstellung eines »leeren Raumes«, den nicht Gott, sondern der Mensch mit seiner Apparatur erschaffen habe und in dem Er nicht gegenwärtig sei, absurd. Ein Vakuum sei »ohne Verdacht der Atheisterei nicht zu behaupten«, heißt es noch 1741 in Zedlers *Universallexikon*.

Dabei war das technische Problem der Herstellung eines luftleeren Raumes längst gelöst. Evangelista Torricelli, ein Schüler Galileis, hatte dazu ein quecksilbergefülltes Barometerrohr benutzt, und kein Geringerer als der Philosoph Blaise Pascal hat den Befund 1648 bestätigt. Am eindrucksvollsten aber gelang es dem Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke, die zur Erzeugung des Vakuums notwendigen Kräfte zu demonstrieren. Das früheste seiner barocken Schauexperimente fand 1654 in Regensburg vor den versammelten Reichsständen und im Beisein des Kaisers statt. Doch erst mit Robert Boyle, dem Hauptexponenten der neuen »experimentellen Philosophie«, wurden Pumpe und Vakuum seit den 1660er Jahren zu seriösen Objekten der Wissenschaft – einer Wissenschaft im übrigen, die, von Pumpe und Vakuum ausgehend, nicht nur zur Dampfmaschine, sondern über die Entdeckung des Sauerstoffs auch hin zur modernen Chemie und Physiologie führen sollte.

Das Vakuum aber als Objekt der Forschung anzuerkennen, bedeutete einen radikalen Bruch mit dem traditionellen Begriff von Naturwissenschaft. Denn deren Gegenstand war die Natur gewesen, wie sie dem Menschen von selbst sich darbot. Apparative Anordnungen, Experimente gar, die in den »natürlichen« Gang der Dinge eingreifen, hatten in einer Wissenschaft von der »Natur« nichts zu suchen. Das Vakuum, jenes mit Pumpen künstlich erzeugte Etwas, das die Natur um jeden Preis zu vermeiden sucht (der sprichwörtliche »Horror vacui«!), war der prototypische Gegenstand einer neuen Auffassung von Wissenschaft, die Fakten schafft und die Natur mit Instrument und Experiment auf gezielte Fragen zu antworten zwingt. Der alte Gegensatz des Natürlichen und des Künstlichen war damit hinfällig.

Doch sind es nie Argumente und Fakten allein, die der wissenschaftlichen Erkenntnis zum Durchbruch verhelfen. Die Anerkennung des Neuen ist eben auch ein sozialer Prozeß, in dem Institutionen und gesellschaftliche Praxis die Geltung des Wissens stabilisieren und die Repräsentanten der Wissenschaft autorisieren. Dies geschieht in der Experimentalwissenschaft des 17. und 18. Jahrhunderts im Kontext einer frühbürgerlichen Öffentlichkeit, wie sie in Joseph Wrights Gemälde versammelt ist, wie wir sie an Akademien und Universitäten finden, die mit Hilfe des neuen Wissens von der Natur sich der europäischen Aufklärungsbewegung angeschlossen. So wurde Naturwissenschaft, erstmals in ihrer Geschichte, Teil einer öffentlichen Kultur.

Zum Autor und Bildnachweis ► Seite 93

Den hohen Stellenwert der Experimentalwissenschaft und das anhaltende Interesse am Vakuum bezeugt die »einstiefelige Hahnluftpumpe«, die 1782 für das Physikalische Kabinett des Reichsstifts St. Emmeram beschafft wurde und heute zur historischen Instrumentensammlung der Universität Regensburg gehört. Ihr Konstruktionsprinzip hatte der hugenottische Erfinder Denis Papin 1674 publiziert; hergestellt wurde die 150 cm hohe Vakuumpumpe in der berühmten Augsburgsberger Werkstatt von Georg Friedrich Brander aus Regensburg. Wenn auch nicht so leistungsfähig und im Design traditioneller als das zweizylindrige Exemplar auf Wrights Gemälde,



entsprach das Instrument den Erfordernissen einer Wissenschaftskultur, deren Ziel weniger die Entdeckung neuer als die populäre Vermittlung bekannter Naturgesetze war. Ein zur Abdichtung des Kolbens benutztes Zeitungsblatt beweist, daß die Pumpe zuletzt 1855 instand gesetzt wurde.

Unternehmensreorganisation

Ein inoffizieller Forschungsbericht

Realsatire

Forschungsberichte haben üblicherweise die Aufgabe, über die Realität zu berichten, wie sie der Forscher sieht. Das macht sie offiziell. Berichte über die Realität hinter der Realität sind nicht nur inoffiziell, sondern auch seltener. Gerade das kann sie gelegentlich lesenswerter als offizielle Forschungsberichte machen.

Vorwort

Eigentlich ist ein Aufsatz über Unternehmensreorganisationen eine ernste Sache. Deshalb beginnt auch dieser mit einem seriösen Blick auf den weniger seriösen »state of the art« der Unternehmensreorganisation: Warum und wie Unternehmen reorganisiert werden, weiß jedermann. Rührige Unternehmer oder Vorstände einer Unternehmung erkennen die Existenz eines organisatorischen Problems als Folge einer Strategieänderung. Da es sich um kreative Unternehmer oder Vorstände handelt – wie könnte es auch anders sein, wenn man auf dem Markt erfolgreich ist –, fällt ihnen alsbald eine probate Lösung des organisatorischen Problems ein. Ein Blick in die wissenschaftliche Literatur zur Organisation von Unternehmen bestätigt dann, daß die zunächst unternehmerische Idee zu einer Lösung auch wissenschaftlich haltbar zu sein scheint: Chandlers zentrale These »structure follows strategy« ist wieder einmal hilfreich! Den über die organisatorische Reform erfreuten Mitarbeitern wird die Lösung des Problems bekanntgegeben, und schon beginnt deren Umsetzung in die Tat. Natürlich gelingt die Umsetzung zur Zufriedenheit aller Beteiligten, so daß abschließend auf einer Pressekonferenz über den erfolgreichen Abschluß der Reorganisation berichtet werden kann.

Eigentlich könnte diese knappe Skizze über Unternehmensreorganisationen hier beendet werden, wenn man – wie manchmal in der betriebswirtschaftlichen Forschung auch – auf empirische Untersuchungen verzichtet und das Bild der Unternehmensrealität durch vernünftige Annahmen über die Realität ersetzt. Jeder Konstrukteur betriebswirtschaftlicher Entscheidungsmodelle kennt diese Situation. Er würde sofort auf die Strukturähnlichkeit von Modellen mit der Realität als Konstruktionsziel verweisen. Um dieses Ziel zu erreichen, muß die Realität aber zuvor erforscht werden.

Die empirische Erforschung von Unternehmensreorganisationen ist zum Erkenntnisgewinn also unausweichlich notwendig – und wird auch

betrieben. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen sind allerdings gespalten: Über die offiziellen Ergebnisse wird geschrieben und in der wissenschaftlichen Welt auch gesprochen. Über die inoffiziellen Ergebnisse wird eher hinter der vorgehaltenen Hand geredet, denn sie stehen nicht immer im Einklang mit dem Rationalitätsaxiom der Betriebswirtschaftslehre. Hier soll daher erstmals über die inoffiziellen Ergebnisse solcher Untersuchungen berichtet werden.

Das anschließend gezeichnete Porträt einer Unternehmensreorganisation ist fiktiv, und alle Namen sind erfunden. Allerdings beruhen fast alle Einzelfeststellungen zu Ursachen, Ablauf und Folgen von Unternehmensreorganisationen auf empirischen Beobachtungen und Befragungen. Diese Einzelfeststellungen stammen aus verschiedenen Unternehmen, die Reorganisationen durchgeführt haben oder seit kurzem durchführen. Jedoch erst die Verknüpfung der inoffiziellen empirischen Einzelerkenntnisse zu einem Gesamtbild verschafft Erkenntniszuwachs. Sie hebt dieses Bild über die Realität hinaus und verleiht ihm die Eigenschaften einer Satire mit realem Kern, also einer Realsatire. Verwechslungen mit der Realität sind dennoch zulässig, nicht allerdings solche mit einer einzigen, konkreten Unternehmung oder einem bestimmten Wissenschaftler.

Die Ausgangssituation

Die Proximax AG ist mit ihren drei Unternehmungsbereichen jeweils Branchenführer im Automobilbau, Bankgeschäft und Versicherungsgeschäft: Ihre Autos werden von Journalisten und zahlreichen Käufern gelobt, über den Unternehmungsbereich Banken finanziert und im Unternehmungsbereich Versicherungen versichert. Wer zuvor nur Kunde der Proximax-Bank gewesen ist, wird rasch davon überzeugt, daß er auch ein Proximax-Auto fahren und Proximax-Versicherungen abschließen sollte. Dies gilt analog auch für die Kunden der Proximax-Versicherung. Dr. Ernesto Rossi, der Vorstandsvorsitzende der Proximax AG, nennt dies auf Hauptversammlungen eine »gesunde Ergänzung des Geschäfts«, während betriebswirtschaftliche Beobachter der Gesellschaft trocken von Diversifikation mit Partizipationseffekten sprechen.

Rossi könnte zufrieden sein, denn seine komplexe Gesellschaft ist beim Benchmarking stets Referenzgesellschaft: Wertpapieranalysten, Berater und manchmal sogar Wissenschaftler vergleichen eine betrachtete Unternehmung mit der Referenzgesellschaft, um Erkenntnisse über vermeintliche

Stärken und Schwächen der betrachteten Gesellschaft zu gewinnen. Nicht aus den Fehlern anderer lernt man, sondern aus deren Stärken! Diese wichtige betriebswirtschaftliche Erkenntnis wurde aus Analysen der Verehrung von Filmstars und Models durch Minderjährige gewonnen. Sie gilt heute als etablierter methodischer Standard.

Rossi hat ferner die größte Kriegskasse unter allen Aktiengesellschaften der Republik angesammelt und in kurzfristig liquidierbaren Wertpapieren angelegt. Sie schmücken die Aktivseite der Bilanz seiner Gesellschaft, so daß Finanzanalysten gelegentlich zu Unrecht über eine Bank mit angehängter Autofabrik und Versicherung mäkeln. Um gierige Aktionäre der Proximax AG vor dem einfältigen Wunsch nach Erhöhung der Dividende zu bewahren, hat Rossi seit Jahren die Gewinne der Proximax AG zur Dotierung der Rückstellungen für höchst ungewisse Wagnisse verwendet und damit erfolgreich der Ausschüttung entzogen. Die

jährlichen Zuweisungen der Hälfte des noch verbleibenden Jahresüberschusses zu den Gewinnrücklagen bewirkte den Ausweis eines zwar bescheidenen, dafür aber über viele Jahre konstanten Bilanzgewinns, mit dessen Ausschüttung die dankbaren Aktionäre beglückt wurden.

Auch der Aufsichtsrat war kein Problem für Rossi, denn dessen Vorsitzender war sein Vorgänger, der ihn zum Nachfolger ausersehen hatte. Vätermord gibt es ja, aber den Mord eines Ziehsohns kennt die deutsche Wirtschaftsgeschichte bisher offiziell noch nicht. Die übrigen Mitglieder des Aufsichtsrats auf der Arbeitnehmerseite kamen gemäß Mitbestimmungsgesetz aus der eigenen Gesellschaft und verehrten ihren Chef. Auf der Anteilseignerseite stammten die Aufsichtsratsmitglieder aus befreundeten Unternehmungen und benahmen sich daher wie Freunde und nicht wie Aufseher. Kein Reorganisationsproblem war weit und breit in Sicht!



Das eigentliche Reorganisationsproblem

Rossi hätte glücklich sein können, wenn ihm nicht etwas Entscheidendes gefehlt hätte: Ein Denkmal für seine Tüchtigkeit! Einige Wochen Nachdenken förderten bei Rossi denn auch die Grundlage eines Denkmals zutage: die Reorganisation seiner Unternehmung, der Proximax AG. Die neue Organisationsstruktur der Proximax AG sollte sein Denkmal sein für wenigstens ein Jahrzehnt, das er – nach seinem Ausscheiden als Vorstandsvorsitzender – als Vorsitzender des Aufsichtsrats seiner Gesellschaft zu verbringen gedachte.

Wie aber sollte die Reorganisation der Proximax AG, wie deren neue Organisationsstruktur aussehen? Rossi hatte keine Ahnung, denn er las seit Jahren täglich nur noch die Bildzeitung. So wußte er wenigstens, was seine Mitarbeiter dachten. In Wirtschaftsjournalen las er nur noch die Personalnachrichten, und die Lektüre wissenschaftlicher

Aufsätze in betriebswirtschaftlichen Fachzeitschriften hatte er unmittelbar nach seiner Promotion vor 30 Jahren eingestellt. Reine Zeitverschwendung!

Um sich sachverständig zu machen, mußte sich Rossi also informieren: Er fragte einige Freunde in seinem Rotary Club sowie den aufgeweckten jungen Leiter der zentralen Konzernplanung um Rat. Er erfuhr, daß man zur Zeit Reorganisationskonzepte verschiedener Reorganisationsgurus diskutierte. Diese Konzepte trugen geheimnisvolle Namen wie zum Beispiel Business Reengineering, Virtuelle Unternehmung oder Fraktale Fabrik.

Der Planungsleiter, Dr. Jürgen Gerfin, hatte die Bücher der Gurus bereits im Original gelesen. Allein schon Gerfins unscharfe Skizze der selbstverständlich nur in einigen Grundlinien publizierten Konzepte überzeugten Rossi rasch: Der Bauplan für das beabsichtigte Denkmal war gefunden. Gerfin als Fach- und Rossi als Machtpromotor

würden ein gutes Gespann abgeben! Vielleicht sollte man Gerfin sogar in den Vorstand aufnehmen, um die Konstruktion des Denkmals effizienter zu gestalten. Aber wer kannte die Details der Konzepte zur Reorganisation der Proximax AG? Gerfin jedenfalls nicht, denn die Autoren der neuen Konzepte hatten getan, was Gurus immer tun: Sie hatten alle Details der Konzepte für sich behalten! Sie versprachen lediglich die Halbierung der Kosten, die Verdreifachung der Umsätze und die Verdoppelung des Gewinns denjenigen Unternehmungen, die ihre Konzepte anwenden würden. Oder aber bereits angewandt hatten?

Das war die Lösung! Es mußte Vorreiter-Unternehmungen gegeben haben, aus deren Erfahrungen man lernen konnte. Leider stellte sich rasch heraus, daß die in den Guru-Büchern erwähnten Vorreiter-Unternehmungen alle in den USA oder auf den niederländischen Antillen lagen, eher klein und kaum zu erreichen waren. Gerfin traute sich zwar zu, die Unternehmungsreorganisation zusammen mit seinem Stab selbst vorzubereiten und durchzuziehen. Aber wer glaubt schon dem Propheten im eigenen Haus! Gerfin war bereits nach wenigen Gesprächen mit Abteilungsleiter-Kollegen über – fast schon – »sein« Reorganisationsproblem auf Unverständnis, ja sogar unverhohlene Ablehnung gestoßen. Profilneurose wurde ihm vorgeworfen. Um diese Kränkung zu überwinden, schlug Gerfin Rossi vor, einen Unternehmungsberater hinzuzuziehen, am besten gleich einen der Branchenführer, die Saint Andrews GmbH. Und genau so geschah es, denn Rossi hatte sofort erkannt, daß jede grundlegende Reorganisation den Betriebsrat gemäß §§ 111 und 112 des Betriebsverfassungsgesetzes berechtigen würde, wieder einmal alles besser zu wissen als zu können: Ein für die Proximax unvorteilhafter Interessenausgleich und ein teurer Sozialplan wären absehbar. Irgendein Reorganisationskonzept von Saint Andrews wäre dage-

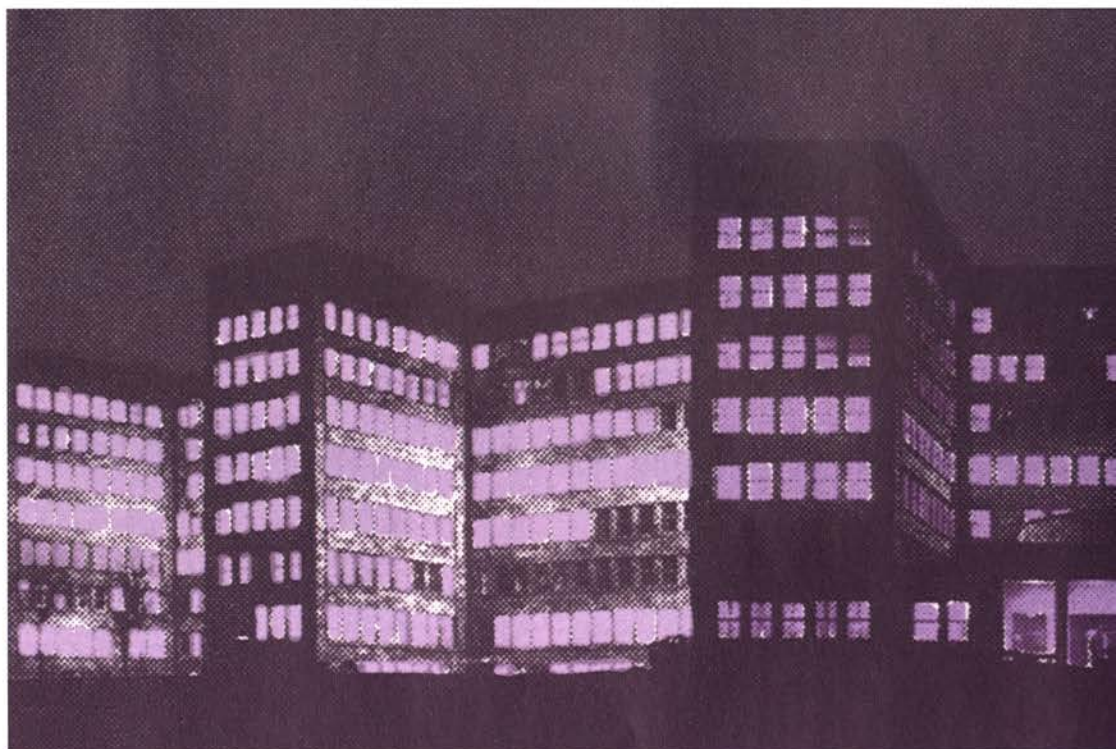
gen quasi gottgegeben und würde dem Betriebsrat jede Argumentationsbasis entziehen. Einfach genial!

Der Reorganisationsprozeß

Saint Andrews rückte geradezu überfallartig für voraussichtlich knapp ein halbes Jahr bei der Proximax AG ein, für ein Honorar von DM 2000 je Manntag. 15 Berater, von denen viele noch bis vor kurzem an verschiedenen Universitäten – insbesondere in der Ost-Schweiz – dem schlecht bezahlten Job eines wissenschaftlichen Mitarbeiters ihr Leben geweiht hatten, befragten nun die Mitarbeiter der Proximax AG. Diese redeten sich – dankbar für aufmerksame Zuhörer – ihren Frust von der Seele, so daß Saint Andrews überraschend schon nach acht Wochen einen Problemkatalog zusammenstellen und über einen Lösungsvorschlag nachdenken konnte. Das Ergebnis des Nachdenkens war eine Adaption des Business-Reengineering-Konzepts, verbessert um etwas virtuelle Organisation und aufgefüllt mit leicht verfremdeten Details aus dem Problemkatalog der Proximax AG.

Das Saint-Andrews-Konzept war geboren, und Proximax sollte der erste Anwender in der Republik sein. Welch ein Erfolg für Saint Andrews, falls Proximax das Konzept akzeptieren würde! Man könnte es sofort dem Branchenzweiten, dann dem Branchendritten zur Nachahmung anbieten – allerdings in geänderter, »unternehmungsspezifischer« Form. Galt doch für Saint Andrews ein Konzept bereits als bewährt, wenn es der Branchenführer eingeführt hatte. Bei unbedeutenderen Unternehmungen mußten es schon drei verkaufte Konzepte sein, um von deren Bewährung sprechen zu können, denn Seriosität mußte sein!

Die Führungskräfte der Proximax AG wurden von Rossi zu einer vertraulichen Sitzung eingeladen, bei der die Führungskräfte von Saint Andrews das Konzept vorstellten. Eine Kaskade von visualisierenden Overheadfolien löste in Verbindung



mit einer rhetorisch ausgefeilten Darstellung der allgemein gehaltenen Grundlinien des Konzepts Akzeptanz bei den Führungskräften der Proximax AG aus: »Fit für das nächste Jahrhundert durch radikale Dezentralisation!« Das war die Botschaft des Vortrags, die alle Führungskräfte verstanden hatten und auch sofort akzeptierten, denn wer von ihnen hatte noch vollen Durchblick durch die Geschäfte und Arbeitsprozesse der Proximax! Im übrigen wirkte auch akzeptanzfördernd, daß den Führungskräften der Proximax AG vieles aus dem vorgestellten Konzept von Saint Andrews vertraut vorkam.

Am Tag nach der vertraulichen Sitzung lasen die Mitarbeiter der Proximax AG in der Bildzeitung von der Organisationsreform »ihrer Gesellschaft«: Rossi hatte ein exklusives Interview gegeben und die Strategie des Bombenwurfs gewählt, um lästigen und vor allem zeitraubenden Diskussionen über – inzwischen – »sein« Konzept der Reorganisation aus dem Weg zu gehen. Die Mitarbeiter der Proximax AG wurden vor vollendete Tatsachen gestellt! Ein bekannter bayerischer Hochschullehrer für Betriebswirtschaft hatte diese Art der Einführung neuer Konzepte in der Literatur vorgestellt. Also mußte sie gut sein.

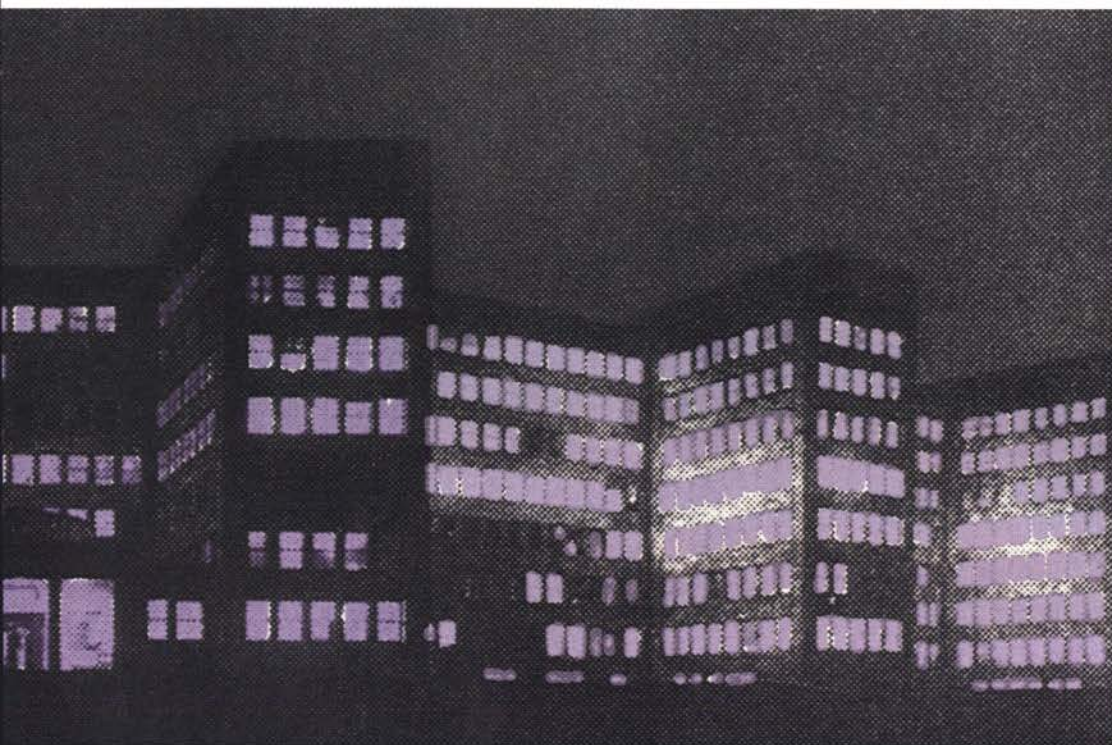
Die Führungskräfte auf mittleren Ebenen begannen nun, über Widerstand gegen das sie – vermutlich – bedrohende Konzept nachzudenken, während der höchste und innere Führungskreis durchgreifende Maßnahmen der Personalentwicklung zu planen begann. Alle intelligenten Mitarbeiter der Proximax sollten schnellstens belehrt werden, daß Widerstand gegen das Reorganisationskonzept zwecklos war und sie sich an die Arbeit zur Ausfüllung des noch unscharfen Konzepts zu machen hatten. Die Implementation des neuen Konzepts hatte die Saint Andrews GmbH selbstverständlich der Proximax AG überlassen, da diese davon sicherlich mehr verstand.

Schade, daß nicht alle Mitarbeiter der Proximax AG so intelligent und fähig waren wie erwartet. Dies führte zu überraschenden Akzeptanzproblemen.

Der Widerstand gegen das Konzept wuchs mit Fortschreiten von dessen Implementation ebenso wie der Elan seiner Befürworter: »Das ziehen wir durch«, war die an der Unternehmungsspitze geprägte Losung. Ein Mitarbeiter der Planungsabteilung mit Gespür für die richtige Windrichtung schrieb einen Artikel für das Branchenblatt über die Reorganisationserfolge bei der Proximax AG. Nachdem er ihn bei Gerfin zur Genehmigung vorgelegt hatte, erschien der Artikel auch tatsächlich – unter Gerfins Namen. Immerhin erregte der Artikel Aufsehen bei Konkurrenten, befreundeten Unternehmungen und einigen betriebswirtschaftlichen Hochschullehrern – weniger allerdings bei den Aktionären der Proximax AG. Letztere wollten nur wissen, ob das neue Konzept positive Auswirkungen auf den Erfolg der Proximax habe. Genau das war aber noch nicht absehbar, wenn auch zumindest von Rossi und seinen engsten Mitarbeitern sowie Gerfin erhofft. Nur eines war deutlich: Die Mitarbeiter der Proximax AG wurden durch die Reorganisation um so stärker verwirrt, je weiter weg ihr Arbeitsplatz von der Konzernzentrale war. Allzu Verwirrte wurden daraufhin in den vorzeitigen Ruhestand geschickt, was die Akzeptanz des Reorganisationskonzepts bei den verbleibenden Mitarbeitern zunächst deutlich erhöhte.

Leider hatte der Vorstand der Proximax AG aber vergessen, auch alle fähigen älteren Mitarbeiter durch vorgezogenen Ruhestand zu verwöhnen. Gerade unter diesen erinnerten sich sehr viele an vier erfolglose Reorganisationskampagnen während ihrer letzten 20 Berufsjahre.

Der Widerstand der mittleren Führungskräfte war kein Problem, denn eine ergänzend angesetzte Lean-Management-Kampagne bescherte auch ihnen den vorzeitigen Ruhestand, verkürzte die



Hierarchie um zwei Stufen und löste eine bemerkenswerte Reduktion der Personalkosten aus – natürlich mit positiver Wirkung auf den Ertrag. Rossi, seine Vorstandskollegen und der Aufsichtsrat wurden im Jahr des Reorganisationsbeginns ebenso wie in den Folgejahren von der Hauptversammlung regelmäßig entlastet, weil die Aktionäre es nicht

besser wußten. Rossi pflegte darüber im Vorstandskreis immer wieder das auch immer wieder belachte Bonmot vorzutragen, daß Aktionäre dumm und raffgierig seien – dumm, weil sie der Proximax ihr Kapital gäben, und raffgierig, weil sie dafür auch noch Dividende haben wollten. Alles in allem lief die Reorganisation der Proximax AG nicht schlecht.



Wissenschaftliche Begleitforschung

Nach Erscheinen von Gervins Artikel meldeten sich mehrere betriebswirtschaftliche Hochschullehrer bei der Proximax AG. Sie stammten von verschiedenen Universitäten und hatten von verschiedenen Forschungsorganisationen – ohne daß eine von der anderen wußte – Mittel für empirische Projekte erhalten. Ihren Geldgebern hatten sie diese Projekte als querschnittsartige, dynamische und komplexe Fallstudien erklärt. Alle Projektleiter wollten die Geheimnisse der Dezentralisation bei der Proximax AG erforschen, um so den Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken. Deshalb wurden auch alle Anträge auf Mittel für empirische Forschung genehmigt.

Der Vorstand der Proximax AG wiederum hatte den Besuch der Professoren in Begleitung ihrer Assistenten genehmigt, zugleich aber hausintern die Losung ausgegeben: »Kein böses Wort über Proximax! Sprechen wir über unsere Erfolge!« Die Forscher forschten entsprechend und veröffentlichten in namhaften Fachzeitschriften erste, sehr positive explorative Studien, in denen sie sich mit zahlreichen Aspekten der Proximax-Dezentralisation befaßten: »Personalentwicklung für die Dezentralisation«, »Corporate Identity durch Dezentralisation«, »Marketing mit und durch Dezentralisation«, »Auswirkungen der Dezentralisation auf die interne und externe Rechnungslegung« – oder so ähnlich – gehörten zu den am meisten beachteten Schwerpunkten von Aufsätzen, ja sogar Büchern. Andere betriebswirtschaftliche Hoch-

schullehrer lasen diese Arbeiten, diskutierten sie monologisch in ihren Seminaren und gestalteten sie anschließend – sozusagen problemflächendeckend – zu Dissertationsthemen für ihre Mitarbeiter um: Die Begleitforschung hatte Schwung bekommen.

Um die Proximax AG wurde es dagegen allmählich ruhig. Alles schien dort seinen Gang zu gehen. Inzwischen hatten auch der Branchenzweite und -dritte das bewährte Konzept der Reorganisation, natürlich in modifizierter Form, übernommen, weshalb sie ebenfalls dankbare Opfer der dankbaren Begleitforscher wurden. Die Zahl der Publikationen nahm zu. Die Problematik der Dezentralisation wurde nun auch unter metaphysischen sowie ethischen Gesichtspunkten untersucht. Dezentralisation wurde von einem der Begleitforscher sogar zu einem neuen Paradigma erklärt, dann aber sofort kritisch hinterfragt: Nur so konnte man in der Scientific Community auffallen! Selbst eine wissenschaftliche Tagung der Hochschullehrer für Betriebswirtschaft wurde zum Thema »Neue Dezentralisation« ausgerichtet und brachte gewichtige Ergebnisse. Diese konnten bereits knapp ein Jahr nach Ende der Tagung der staunenden Fachwelt in einem Sammelband mit einem Gewicht von 1500 g vorgestellt werden. In diesem Sammelband wurde unter anderem gefordert, unergiebig Querschnittsuntersuchungen doch endlich durch Längsschnittanalysen zu ersetzen.

Prof. Dr. Heiner Huber-Nebel-Horn, ein fast noch junger, nach langem vergeblichen Warten eben auf einen neuen Lehrstuhl berufener Nachwuchs-

wissenschaftler an einer ostdeutschen Universität, las den Tagungsband und hatte den ersten wirklich kreativen Einfall in seinem Leben als Wissenschaftler: Er würde nun, fünf Jahre nach dem ersten Exklusivinterview Rossis mit der Bildzeitung, noch einmal eine empirische Untersuchung bei der Proximax AG durchführen. Gegenstand seiner Forschung sollten die langfristigen Folgen der Dezentralisation sein. Seine schriftliche Anfrage bei der Proximax AG wurde mit einem sehr freundlichen Brief beantwortet: Rossi sei vorzeitig in den Vorsitz des Aufsichtsrats übergewechselt, und sein Nachfolger, Dr. Bergthaler, leite gerade eine stärkere Re-Zentralisation zur Verstärkung der globalen Schlagkraft ein. Wie schon in der Vergangenheit sei man für die kompetente Beratung durch die Saint Andrews GmbH dankbar. Er, Huber-Nebel-Horn, sei herzlich eingeladen, den neuen Reorganisationsprozeß durch wissenschaftliche Begleitforschung zu unterstützen. Huber-Nebel-Horn war von diesem Angebot entzückt, sagte zu und verfaßte als erstes einen stark beachteten Aufsatz über »Die Unmöglichkeit betriebswirtschaftlicher Längsschnittforschung«. Dies war der zweite wirklich kreative Einfall in seinem jungen Wissenschaftlerleben, und es sollte für einige Jahre auch sein letzter sein. Immerhin hatte Huber-Nebel-Horn aber entdeckt, daß Forschungsprozesse über Reorganisationen mehr Zeit beanspruchen als die Reorganisationsprozesse selbst, und deswegen nie zu Ende geführt werden. Das hatte etwas!

Nachwort

Bergthaler machte nahezu alle organisatorischen Reformen Rossis rückgängig und verkehrte sie in ihr Gegenteil: Wenn das ursprüngliche Konzept aus seiner Sicht nicht erfolgreich war, so konnte nur das Gegenteil dieses Konzepts richtig sein. Die inzwischen stark verjüngte Beratermannschaft von Saint Andrews bestärkte ihn – gegen Honorar – in diesem Glauben. Rossi hatte seinen Posten als Vorsitzender des Aufsichtsrats vorzeitig verlassen, aus Altersgründen, wie seine Lieblingszeitung meldete. Daß dasselbe Blatt wenige Wochen darauf berichtete, Rossi habe sich nach 35 Jahren von seiner ersten Frau getrennt und eine knapp dreißigjährige Jet-Set-Schönheit geheiratet, war zwar von geringer betriebswirtschaftlicher Bedeutung, stand jedoch in gewissem Widerspruch zur Nachricht über den Grund von Rossis Rückzug aus dem Aufsichtsrat.

Einige – zumindest nach eigenem Selbstverständnis – kritische Hochschullehrer der Betriebswirtschaft betrieben später eine Metaanalyse und -evaluation der Veröffentlichungen zum Proximax-Fall und zur neuen Dezentralisation. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß ohnehin keine besonders über-

zeugenden betriebswirtschaftlichen Theorien zur Verfügung gestanden hätten, um die Phänomene der Dezentralisation und der Re-Zentralisation sowie deren Folgen gut zu erklären. Im theoriearmen bis -freien Raum könne man von Praktikern dann aber auch keine intelligenten Reformen der Unternehmungsorganisation erwarten, schrieb einer von ihnen.

Viele der Begleitforscher der ersten Stunde hatten sich inzwischen – erneut begleitend – einem völlig neuen Problem zugewandt, das seit kurzem wie ein Virus die Unternehmungspraxis befallen hatte: »Vision Zweitausend, oder die Lernende Unternehmung« hieß das neue Programm. Zweier – in den Augen mancher ihrer Kollegen nur vermeintlich – kritischen Hochschullehrer trugen auf einer wissenschaftlichen Tagung die später auch publizierte These vor, daß es sich bei vielen Problemen der Unternehmungsreorganisation wie etwa der Divisionalisierung, den Matrix-Strukturen, der Neuen Dezentralisation oder der Lernenden Unternehmung um reine Organisationsmoden der Praxis gehandelt habe und auch weiter handele. Diese These wurde erst auf der Tagung und später in der Fachliteratur lebhaft und kontrovers diskutiert, um schließlich zuerst von der Unternehmungspraxis vergessen zu werden und dann in ein paar Dissertationen ihr Grab zu finden.

Welche Ergebnisse hatten nun die Reorganisationen und ihre Begleitforschung zutage gefördert? Die Unternehmungspraxis hatte ihre Dynamik und die beratungsorientierte betriebswirtschaftliche Begleitforschung ihre Daseinsberechtigung bewiesen. Allerdings war auch einer Reihe von Wissenschaftlern die Notwendigkeit von stärkeren Bemühungen um ein Mehr an Theorie deutlich geworden. Eigentlich ein schönes Ergebnis – für eine Satire.

Unschön an dieser Satire ist nur, daß sie so spät kommt. Satiren von Wissenschaftlern über Wissenschaft für Wissenschaftler und sonstige Leser haben anderswo Tradition. Britische und nach ihnen sogar US-amerikanische Wissenschaftler haben schon längst entdeckt, daß sich unangenehme Wahrheiten besser in satirischer Verpackung übermitteln lassen. Diese Vorstellung gehört aber nicht gerade zu den Denktraditionen der Betriebswirtschaftslehre in Deutschland – was die Verspätung erklärt. Ist es aber wirklich nur eine Verspätung, oder handelt es sich bei einer betriebswirtschaftlichen Satire nicht sogar um einen Fehltritt? Genaugenommen braucht die deutsche Betriebswirtschaftslehre weder Satiriker noch Satiren, denn sie ist sich selbst genug. Sollen die Anglisten und Amerikanisten doch ihren Schwanz behalten ...

Bildnachweis ► Seite 93

Prof. Dr. rer. pol.

Hans Jürgen Drumm

geb. 1937 in Saarbrücken, Studium der Betriebswirtschaftslehre an den Universitäten in Saarbrücken, Hamburg und Berlin (FU). Diplom 1964, Promotion 1968 an der FU Berlin. Habilitation 1972 an der Universität des Saarlandes. 1972 wiss. Rat und Professor an der Universität des Saarlandes. 1974 ordentlicher Professor für Betriebswirtschaftslehre an der Universität Regensburg. *Forschungsgebiete:* Organisationsentwicklung, Personalmanagement, Unternehmensplanung und Controlling.

Der Blick auf und in den festen Körper

Dünne Schichten: Oberfläche, Inneres, Grenzflächen

Neue Materialien

Die Entwicklung mikroelektronischer Bauelemente und Datenspeicher folgt der Forderung »kleiner, schneller, sicherer«. Wesentliche Bestandteile moderner Bauelemente sind dünne Schichten, z.B. Halbleiterschichten, metallische Schichten und magnetische Schichten. Im folgenden sollen grundlegende Eigenschaften und einige Anwendungen beschrieben werden.

Dünne Schichten sind die allgemeinste Form eines Festkörpers. Die Eigenschaften werden sowohl durch die Oberfläche als auch durch das Volumen geprägt. Je dünner die Schichten sind, um so stärker treten oberflächenspezifische Eigenschaften hervor. Metall- und Halbleiterschichten sind zweidimensionale elektronische Systeme, deren Eigenschaften sich wesentlich von denen ausgedehnter Festkörper unterscheiden. Im Falle von Halbleiterschichten wurden viele wissenschaftliche Erkenntnisse inzwischen verwertet und in Form von elektronischen und opto-elektronischen Bauelementen der Anwendung zugeführt.

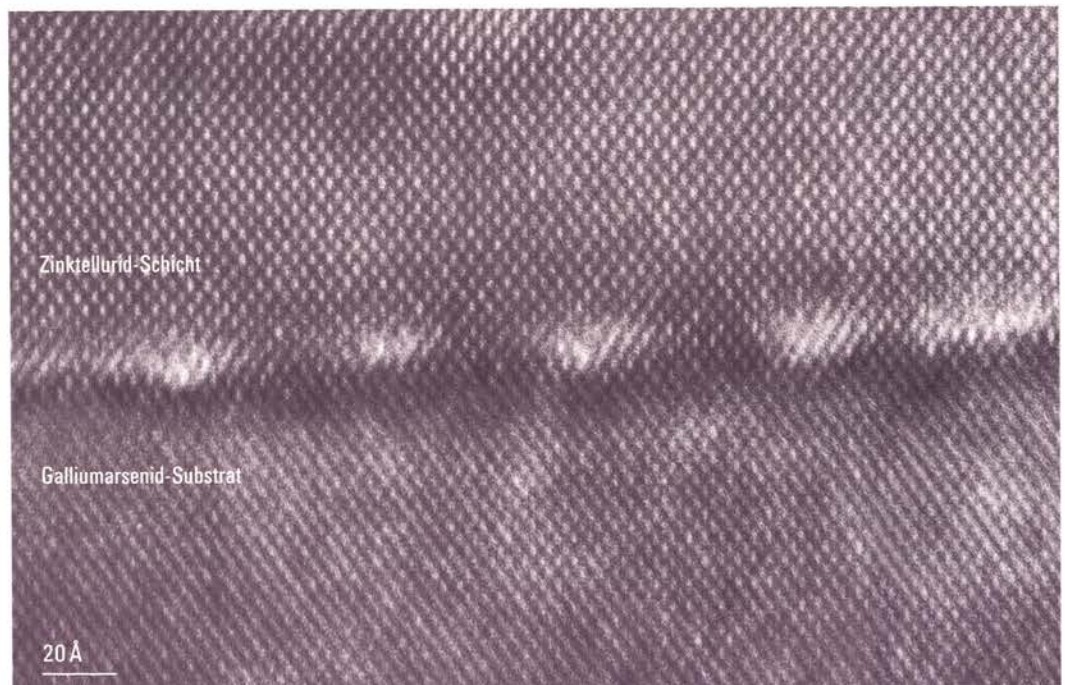
Die Stromzuführung bzw. Spannungsversorgung in elektronischen Bauelementen erfordert metallische Leiterbahnen. Mit zunehmender Verkleinerung der elektronischen Bauelemente müssen

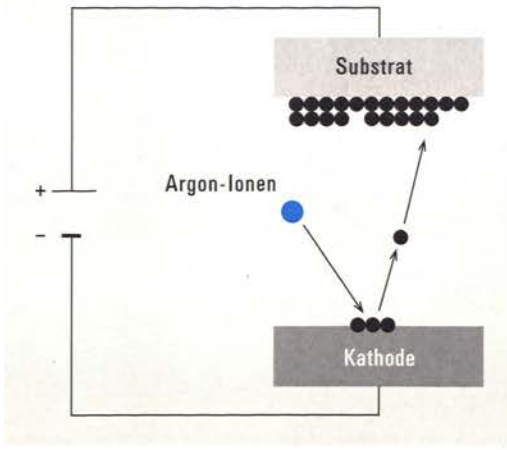
auch die Dimensionen der Leiterbahnen verkleinert werden. Damit werden erhöhte Anforderungen an die Eigenschaften gestellt: die Stromdichte in den Leiterbahnschichten wächst mit der gewünschten Abnahme des Schichtquerschnitts. Die Stromdichte darf zu keiner Zunahme des spezifischen Widerstands infolge von Erwärmung der Schichten führen. Die Schichten müssen alterungsbeständig sein, d.h. ihr Widerstand soll sich über lange Zeit nicht ändern. Die Schichten dürfen bei hoher Strombelastung nicht zerstört werden.

Magnetische Schichten werden eingesetzt als Feldsensoren sowie als magnetische und magneto-optische Datenspeicher, deren Verbesserung besondere Aufmerksamkeit gewidmet ist. Mit Magnetischen werden Datenspeicher hergestellt, deren Speicherdichte laufend erhöht wird. Speicherdichten von 10^{10} bit/cm² scheinen erreichbar zu sein.

Die Herstellungsmethoden wie Aufdampfen und Sputtern, deren Grundlage die Entwicklung der Hochvakuum- und Ultrahochvakuumtechnologie ist, erlauben die maßgeschneiderte Produktion neuer künstlicher Materialien, die weder in der Natur vorkommen, noch als kompakter Festkörper beständig sind. Diese Materialien weisen neue Eigenschaften auf, die in gleichem Maße das große Interesse der Grundlagenforschung wie auch der Anwendung finden. Eine Trennlinie zwischen diesen beiden Gebieten ist nicht mehr erkennbar.

1 Hochaufgelöste elektronenmikroskopische Transmissionsabbildung einer einkristallinen Zinktellurid-Schicht auf einem Galliumarsenid-Substrat. Die Punkte kennzeichnen die Atome auf Gitterplätzen. Sie reihen sich zu Gitterlinien. Die Grenzlinie mit Störungen ist deutlich erkennbar.





Um dieser Forderung nachzukommen, sind neben der Erforschung der physikalischen Eigenschaften intensive Strukturuntersuchungen erforderlich, denn die Eigenschaften dünner Schichten werden durch ihre chemische Zusammensetzung, Geometrie und innere Struktur bestimmt. Methoden der Schichtstrukturierung (Geometrie), der Elementanalyse (chemische Zusammensetzung) und der Strukturanalyse (Gitteraufbau, Kristallite) wurden zu extremer Empfindlichkeit entwickelt. Die physikalischen Eigenschaften von Dünnschichtproben werden mit eigens dafür entwickelten Meßanordnungen untersucht, an die stets die Anforderungen nach höchster Empfindlichkeit gestellt werden.

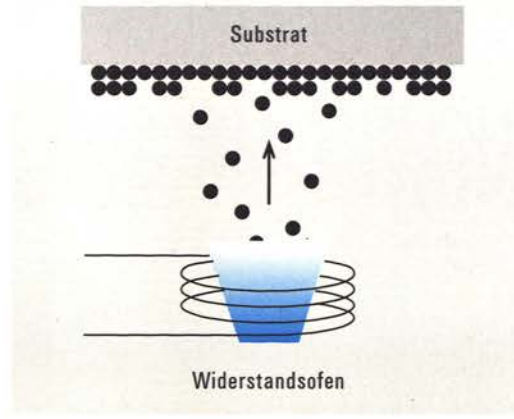
Herstellung und Aufbau dünner Schichten

Dünne Schichten werden durch Auftragen einzelner Atome auf ein Substrat hergestellt. Der Dickenbereich reicht von einer Monolage bis zu einigen Mikrometern (0,0000003 mm bis 0,001 mm). Metall- und Halbleiterschichten stellen zweidimensionale Systeme dar, deren elektronische Eigenschaften sich von denen des Kompaktkörpers wesentlich unterscheiden. Diesem Unterschied gilt das Interesse der Grundlagenforschung. Die besonderen elektronischen Zustände (Aufspaltung der Valenz- und Leitungsbänder in diskrete Subbänder) werden bereits in Form von opto-elektronischen Bauelementen in der Anwendung genutzt.

Die ideale dünne Schicht ist einkristallin, d. h. die Bausteine (Atome, Moleküle) ordnen sich in periodischer Folge auf sogenannten Gitterplätzen. Solche Schichten wachsen epitaktisch auf der Oberfläche eines Substrats mit nahezu gleicher Gitterstruktur wie die Substratoberfläche auf.

Die elektronenmikroskopische Transmissionsabbildung 1 des Querschnittpräparats einer einkristallinen Schicht zeigt eindrucksvoll, welche Regelmäßigkeit der Atomanordnung in einem periodischen Gitter mit diesen Herstellungsmethoden erreicht werden kann. Die erkennbaren Punkte geben die Lage der einzelnen Atome an. Ihr Abstand beträgt 0,33 nm (1 Nanometer = 1 nm = 1 millionstel mm). Diese Abbildung zeigt weiterhin die Leistungsfähigkeit moderner hochauflösender Elektronenmikroskope.

Einkristallschichten mit Ausdehnungen in der Ebene größer als 1 µm lassen sich bisher leider nur



in bestimmten Kombinationen von einkristallinem Substratmaterial und aufwachsendem Schichtmaterial im Bereich der Halbleitermaterialien herstellen. Die Herstellung von Schichten zur Anwendung erfordert im allgemeinen höhere Wachstumsraten und eine Breite der Materialpalette auch außerhalb der Halbleiter, wie z. B. Metalle und Isolatoren.

Solche Schichten werden durch Sputtern (Kathodenzerstäubung) oder Aufdampfen hergestellt 2. Beim Sputtern werden Ionen eines Edelgases (meist Argon) auf die Kathode geschossen. Sie lösen dort Atome heraus, die sich auf dem Substrat niederschlagen 2 links. Beim Aufdampfen wird das Material in einem widerstandsbeheizten Ofen oder durch Beschuß mit Elektronen aufgeschmolzen 2 rechts. Die verdampften Atome schlagen sich auf dem Substrat nieder.

Die so auf dem Substrat entstehenden Schichten sind polykristallin 3. Sie bestehen aus kleinen Kristallen (Kristalliten), die in der Regel Durchmesser von 10 nm bis 100 nm (0,00001 mm bis 0,0001 mm) aufweisen. Die Größe kann durch die Aufwachsrate und die Substrattemperatur variiert werden. Die Kristallite stellen winzige Einkristalle dar. In der polykristallinen Schicht sind die strukturbestimmenden Raumachsen der Einzelkristallite regellos orientiert. Durch die bei der Schichtherstellung frei zu wählenden Parameter: Substratoberfläche, Substrattemperatur und Aufwachsrate können verschiedene Grade der Orientierung der Kristallite in der aufwachsenden Schicht erreicht werden. Am



2 Methoden zur Herstellung dünner Schichten im Vergleich.

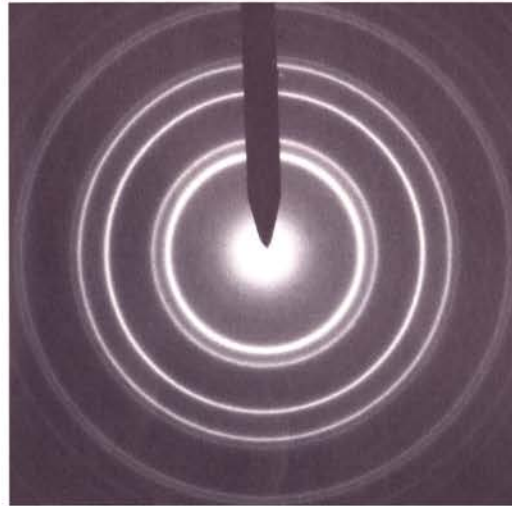
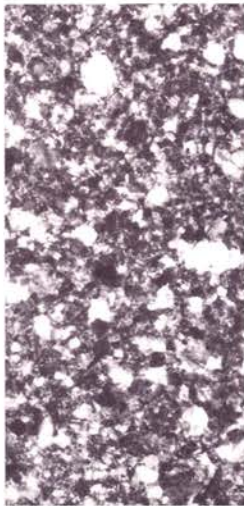
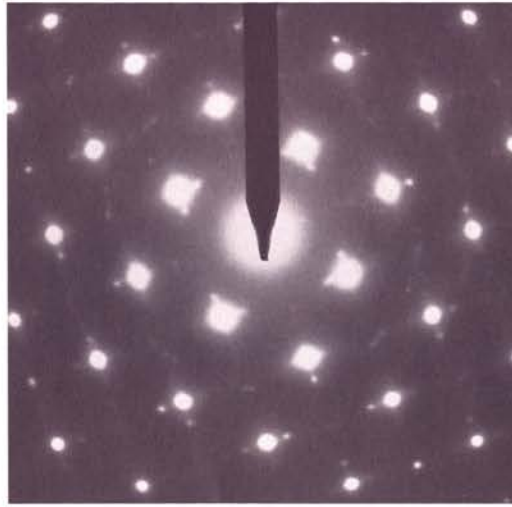
links:

Prinzipdarstellung der Schichtherstellung durch Gleichspannungskathodenzerstäubung (Gleichspannung-Sputtern): Argon-Ionen werden im elektrischen Feld zwischen Substrat und (Sputter-)Kathode beschleunigt. Beim Auftreffen auf die Kathode (Target) werden Atome aus der Kathode herausgeschlagen, die sich auf dem Substrat anlagern und die gewünschten dünnen Schichten aufbauen.

rechts:

Prinzipdarstellung der Schichtherstellung durch Verdampfen des Materials. Das Verdampfungsmaterial wird in einem Ofen mittels Widerstandsheizung (oder Elektronenbeschuß) geschmolzen. Die verdampften Atome schlagen sich auf dem Substrat nieder und bauen die gewünschte dünne Schicht auf.

3 Schematische Darstellung des Querschnitts einer polykristallinen Schicht mit regelloser Orientierung der Kristallite.



4 Elektronenmikroskopie an einer hochorientierten Goldschicht.

oben links: Durchstrahlungsabbildung. Die Einzelkristallite sind deutlich erkennbar. Sie sind noch nicht zu einer kontinuierlichen Schicht zusammengewachsen.

oben rechts: Elektronenbeugung. Das Punktdiagramm (Laue-Diagramm) zeigt, daß alle Kristallite gleich orientiert sind.

5 Elektronenmikroskopie an einer regellos orientierten polykristallinen Goldschicht.

unten links: Durchstrahlungsabbildung. Die Kontraste werden durch Beugung der Elektronenstrahlen in den unterschiedlich orientierten und unterschiedlich großen Kristalliten erzeugt.

unten rechts: Elektronenbeugung. Die (Debye-Scherrer-)Ringe zeigen, daß die Schicht aus regellos orientierten Kristalliten besteht.

Beispiel von Goldschichten **4** wird anhand der elektronenmikroskopischen Durchstrahlungs- und Beugungsaufnahmen gezeigt, daß eine hochorientierte Goldschicht, bestehend aus isolierten, gleichorientierten Einzelkristalliten, vorliegt. Das Laue-Diagramm **4 rechts** zeigt die Gleichartigkeit der Orientierung. Die Durchstrahlungsabbildung **4 links** zeigt das Vorhandensein von Einzelkristalliten, die noch nicht zu einer homogenen Schicht zusammengewachsen sind.

Im Regelfall weist keine der Raumachsen der Kristallite eine Vorzugsorientierung auf. Die Kristallite stellen einen wirren Haufen mit regelloser Orientierung der Kristallitachsen dar. Die benachbarten Kristallite sind durch Korngrenzen getrennt. Abbildung **5** gibt *links* die Durchstrahlungsaufnahme, *rechts* das Beugungsdiagramm (Debye-Scherrer-Ringe) einer polykristallinen Goldschicht wieder.

Die physikalischen Eigenschaften von polykristallinen Schichten hängen ab von der Schichtdicke, dem Durchmesser der Kristallite, einer evt. Vorzugsorientierung der Kristallitachsen, der chemischen Zusammensetzung, der Struktur und Breite der Korngrenzen (Bereich zwischen den Einzelkristalliten). Der quantitative Einfluß kann nur durch intensive und vielseitige Strukturuntersuchungen ermittelt werden. Aus den Ergebnissen können Folgerungen für die Optimierung anwendungsinteressanter Eigenschaften gezogen werden.

Amorphe Schichten besitzen keine Gittersymmetrie. Die Atome sind regellos angeordnet. Der ideale amorphe Festkörper ist metastabil. Er kann durch nachträgliche Temperaturbehandlung in den stabilen, kristallinen Zustand überführt werden. Amorphe Schichten zeigen neue, anwendungsinteressante Eigenschaften. Charakteristisch für amorphe Proben ist die Nahordnung. Wählt man ein Atom willkürlich aus, so können sich weitere Atome nur im Abstand ihrer Durchmesser um dieses Atom anlagern. Das Elektronenbeugungsbild einer solchen Anordnung zeigt diffuse Halo-Ringe **6**. Die diffusen Intensitätsringe **6** sind mit den scharfen Debye-Scherrer-Ringen **5 rechts** für eine polykristalline Goldschicht zu vergleichen. Je verschmierter die Ringe sind, um so ungeordneter ist die Schicht. Aus der Intensitätsverteilung in einem Durchmesser dieser diffusen Ringe wird durch Rückrechnung die Nahordnung der Atomverteilung bestimmt.

Viellagenschichten bestehen in einer periodischen Folge zweier verschiedener Materialien, wie in Abbildung **7** für eine optische Vergütungsschicht beispielhaft gezeigt wird. Die dunklen Streifen des Querschnittspräparats bestehen aus Titandioxid-Kristalliten, die hellen Streifen stellen Lagen von nahezu amorphen Siliziumdioxid-Schichten dar. Die beiden Lagen zeichnen sich durch Unterschiede in den optischen Brechungskoeffizienten aus.

Anwendungen dielektrischer (transparenter) dünner Schichten

Diese Aufzählung zeigt die Variationsbreite dünner Schichten, die mit den erwähnten Methoden hergestellt werden können. Dünne Schichten zur Herstellung von Spiegeln und zur Oberflächendekoration sind seit langem bekannt. Solche Schichten sind in der Regel nicht Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Es werden Erfahrungswerte gesammelt, die zu einer Verbesserung der Herstellungsmethoden mit dem Ziel einer Optimierung der gewünschten Eigenschaften führen.

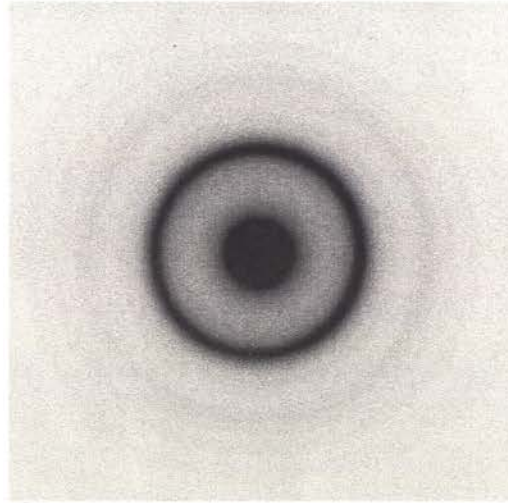
Die Vergütung optischer Systeme, z.B. von Linsen in Kameras, zur Verminderung der Reflektivität wurde wissenschaftlich begründet. Basierend auf den Fresnelschen Formeln wurden Bedingungen für die Materialauswahl der aufzubringenden Schichten, gekennzeichnet durch den Brechungsindex und die Schichtdicke, aufgestellt, die verwirklicht werden konnten. Die Anforderungen der Hochleistungsoptik erforderten die Herstellung periodischer Viellagenschichten mit einem Wechsel von Materialien mit großem und kleinem Brechungsindex **7**. Die notwendige Dicke der Einzellagen wird durch den bekannten Brechungsindex bestimmt und kann bei der Herstellung kontrolliert eingestellt werden. Die Güte optischer Viellagenschichten hängt von der Struktur der Einzellagen und der Beschaffenheit der Grenzzone zwischen den einzelnen Lagen ab. Die in Abbildung **7** erkennbare Grenzflächenrauigkeit ist unerwünscht. Sie verschlechtert die optischen Eigenschaften des Systems im Vergleich mit ideal glatten Grenzflächen.

Der spezifische Widerstand metallischer Schichten

Die Leiterbahnen in mikroelektronischen Bauelementen bestehen aus Metallen und metallischen Legierungen. Die Schichten sollen einen möglichst kleinen Widerstand aufweisen, damit die beim Stromdurchgang entstehende Erwärmung gering ist. Die Widerstandsänderung soll bei unvermeidbarer Erwärmung klein sein, um die temperaturunabhängige Wirkungsweise in vorgegebenen Temperaturintervallen zu gewährleisten. Ein dauerhafter Betrieb bei hoher Strombelastung soll sichergestellt sein. Eine Unterbrechung der Leiterbahnen kann bei hoher Strombelastung durch den ständigen Zusammenstoß der Elektronen mit den Atomrümpfen erfolgen. Dies bewirkt eine Verlagerung der Atome und damit einen Materietransport (Elektromigration).

Mit zunehmender Miniaturisierung wird die gleichzeitige Erfüllung der verschiedenen Anforderungen an dünne Metallschichten immer schwieriger. Die genannten Punkte sind Regensburger Schwerpunkte der Forschung an metallisch leitenden Schichten. Der spezifische Widerstand dünner Metallschichten wird durch die Streuung der Elektronen im Innern der Schicht (Volumenstreuung) und an den Oberflächen der Schicht bewirkt. Die Grundlagenuntersuchungen zur Klärung des Einflusses der einzelnen Streumechanismen auf den spezifischen Widerstand eröffnen der Anwendung Möglichkeiten zur Erfüllung der vorgenannten Forderungen.

Zwei schichtspezifische Phänomene sind seit langem bekannt: der spezifische Widerstand dünner Metallschichten nimmt mit zunehmender Schichtdicke ab. Er ist aber auch bei großen Schichtdicken (ρ_{∞}) noch erheblich größer als der spezifische Widerstand eines Kompaktkörpers (ρ_{bulk}) gleicher Zusammensetzung. Diese Aussagen sind in Abbildung 3 beispielhaft für eine Kupferschicht dargestellt. In der quantitativen Erklärung der Meßkurve in Abbildung 4 liegt der Schlüssel für anwendungsinteressante Problemlösungen. Dazu mußte der Beitrag der einzelnen Streuprozesse zum Gesamtwiderstand quantitativ analysiert werden. Die widerstandsbestimmenden Streuprozesse sind die intrinsische Streuung der Elektronen an Gitterfehlern und thermisch angeregten Gitterschwingungen (wie im ausgedehnten Festkörper), die Streuung der Elektronen an Korngrenzen (ein lange Zeit kontrovers diskutierter Effekt), die Streuung der Elektronen an den beiden Oberflächen einer Metallschicht. Eine diffuse Streuung an der Oberfläche führt zu einer Widerstandserhöhung, eine spiegelnde Reflexion verändert den Widerstand nicht. Die in Abbildung 3 dargestellte Dickenabhängigkeit des Widerstands zeigt den Einfluß der diffusen Streuung der Elektronen an den Oberflächen der Schicht. Ein solcher Einfluß ist bemerkbar, solange die mittlere Schichtdicke d kleiner ist als die mehrfache mittlere freie Weglänge ℓ der Elektronen (in Kupfer bei Zimmertemperatur $\ell \approx 30 \text{ nm} = 0,0003 \text{ mm}$). Die experimentell gefundene Aussage, daß der spezifische Widerstand ρ_{∞} einer sehr dicken Schicht wesentlich größer ist als der des Kompaktmaterials (ρ_{bulk}), ist leicht einsichtig, da die Defektdichte in den



6 Elektronenbeugung an einer amorphen Eisen-Bor-Schicht. Die Beugungsfigur zeigt breite diffuse Ringe (Halos). (In der Durchstrahlungsaufnahme – hier nicht gezeigt – sind keine Strukturen erkennbar.) Aus der Breite und Intensitätsverteilung der Halos werden die mittleren Atomabstände in der amorphen Schicht berechnet.

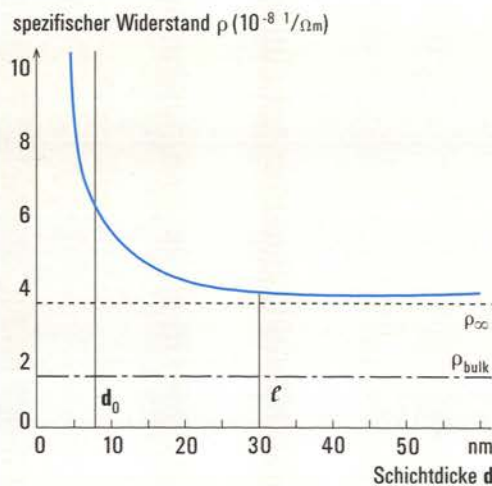


7 Elektronenmikroskopische Transmissionsabbildung des Querschnitts einer optischen (dielektrischen) Viellagenschicht, bestehend aus einer periodischen Folge von amorphem Siliziumdioxid und polykristallinem Titandioxid. Die kristalline Struktur der einzelnen Lagen wird erst bei stärkerer Vergrößerung (hier nicht gezeigt) sichtbar. Von Interesse für die Anwendung ist die erkennbare Rauigkeit der Grenzflächen zwischen den einzelnen Lagen. Die Rauigkeit mindert die Qualität solcher Schichtsysteme.

Schichten wesentlich größer ist als im grobkörnigen Kompaktmaterial 8. In der Literatur wurden die Korngrenzen als übliche Defekte betrachtet. An diesem fundamentalen Irrtum scheiterte lange Zeit die quantitative Erklärung des intrinsischen spezifischen Widerstands polykristalliner Metallschichten. Korngrenzen sind Potentialwälle, durch die Elektronen hindurchtunneln oder über die sie hinwegtunneln. Diese zunächst aus grundlegenden Untersuchungen quantitativ belegte Erklärung ist von Bedeutung für die Anwendung. Es konnte vorhergesagt werden, wie metallische Schichten

8 Charakteristische Abhängigkeit des spezifischen Widerstands von der Schichtdicke, dargestellt am Beispiel dünner, polykristalliner Kupferschichten.

Sehr dünne Schichten mit Dicken d kleiner als $d_0 \approx 8 \text{ nm}$ bestehen aus Inseln, die erst mit zunehmender Schichtdicke zusammenwachsen. Der spezifische Widerstand ist sehr groß. Mit zunehmender Dicke d , größer als d_0 , wachsen die Inseln zu einer Schicht zusammen. Der spezifische Widerstand nimmt ab, ist aber wegen der Streuung der Elektronen an den Schichtoberflächen größer als der des Kompaktmaterials (ρ_{bulk}). Bei Schichtdicken, wesentlich größer als die mittlere freie Weglänge ($\ell \approx 30 \text{ nm}$) der Elektronen, wird ein Endwert ρ_{∞} erreicht.

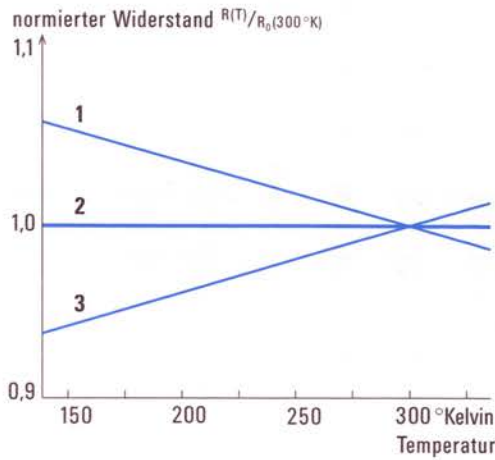


Die Temperaturabhängigkeit des Widerstands von Aluminium-Molybdän-Viellagenschichten, normiert auf den Widerstand bei 300 °Kelvin (Zimmertemperatur).

Die Lagenkombinationen:

- 1 Al (1,0 nm) / Mo (0,5 nm)
- 2 Al (3,5 nm) / Mo (0,5 nm)
- 3 Al (9,0 nm) / Mo (0,5 nm)

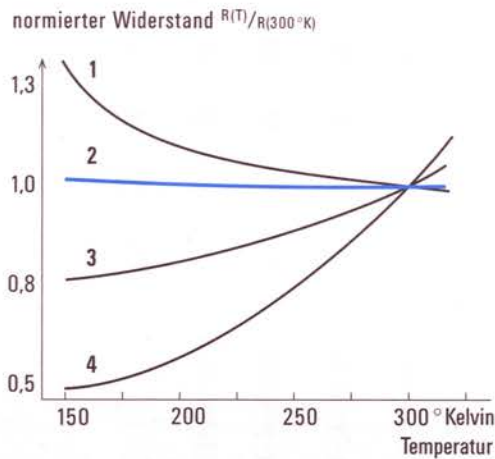
Bei der Kombination 2 ist der Widerstand nahezu unabhängig von der Temperatur.



Die Temperaturabhängigkeit des Widerstands polykristalliner Aluminium-Silizium-Schichten, normiert auf den Widerstand bei 300 °Kelvin (Zimmertemperatur).

- 1 Si-Anteil 39 %, mittlerer Kristallitdurchmesser: $\bar{D} = 2$ nm
- 2 Si-Anteil 20 % $\bar{D} = 4$ nm
- 3 Si-Anteil 6 % $\bar{D} = 10$ nm
- 4 Si-Anteil 0 % $\bar{D} = 15$ nm

Bei der Schicht 2 ist der Widerstand nahezu unabhängig von der Temperatur.



beschaffen sein müssen, damit ihr spezifischer Widerstand in einem großen Temperaturintervall unabhängig von der Temperatur ist.

Zur Erfüllung dieser von der Anwendung geforderten Bedingung wurden zwei verschiedene Schichtherstellungsverfahren erprobt:

- die Kristallitgröße wurde bei konstantem Korngrenzenpotential (Potentialwall) variiert,
- die Korngrenzenpotentiale (Potentialwälle) wurden variiert.

Viellagenschichten aus einer periodischen Folge von Aluminium und Molybdän wurden hergestellt. Die Leitfähigkeit wird durch die Aluminiumschichten bedingt. Der Beitrag der Molybdän-schichten ist dagegen vernachlässigbar. Im Bereich der untersuchten Variationsdicke der Aluminiumschichten ($d_{Al} \approx 1,0 - 9,0$ nm) ist der Kristallitdurchmesser annähernd gleich der Schichtdicke (Strukturuntersuchungen). Die Molybdänschichten stabilisieren die Größe der Kristallite in den Aluminiumschichten und verhindern eine unerwünschte Umkristallisation in größere Kristallite. Für eine bestimmte Dicke der stabilisierten Aluminiumlagen ($d_{Al} = 3,5$ nm) wurde ein verschwindend kleiner Temperaturkoeffizient des Widerstands gefunden (Gerade 2), siehe Abbildung 9. Größere Lagen-dicken führen zu einem Anwachsen (Gerade 3), kleinere Lagen-dicken zu einer Abnahme des Widerstands mit zunehmender Temperatur.

Wird eine dünne Schicht aus Aluminium-Silizium auf ein Substrat aufgebracht, so wird ein Bruchteil des Siliziums in das Gitter der Alumi-

niumkristalle eingebaut. Die »Löslichkeit« des Siliziums im Aluminium beträgt etwa 0,6%. Der Rest des Siliziums sammelt sich als Ausscheidung um die $Al_{94}Si_6$ -Kristallite und bildet dort einen Potentialwall für den Elektronentransport. Durch Variation des Siliziumgehalts der aufgedampften Schichten werden die Dicke der Ausscheidungsumhüllung der Kristallite und damit die Breite der Potentialwälle variiert. Bei einer bestimmten Breite der Potentialwälle, gegeben durch den prozentualen Anteil des Siliziums und einem bestimmten, herstellungsbedingten mittleren Durchmesser der Aluminiumkristallite wurde ein verschwindender Temperaturkoeffizient des Widerstands erwartet und gefunden (10, Kurve 2).

Zur widerspruchsfreien Bestätigung der vor der Durchführung der Experimente aufgestellten Hypothesen mußten unabhängige Untersuchungen des spezifischen Widerstands, seiner Temperaturabhängigkeit, der Schichtstruktur (Kristallitgröße) und der chemischen Zusammensetzung durchgeführt werden. Nur die quantitative Kombination all dieser Untersuchungen schafft Erkenntnis und befreit von oft fragwürdigen Hypothesen. Diese beiden Beispiele zeigen, daß nach vorangehenden Grundlagenuntersuchungen dünne Schichten und Schichtsysteme hergestellt werden können, die anwendungserwünschte Eigenschaften aufweisen. Die Eigenschaften werden durch eine maßgeschneiderte Architektur der Schichtstruktur geschaffen.

Ferromagnetische dünne Schichten mit einachsiger Anisotropie

Ein breites Forschungs- und Anwendungsgebiet stellen ferromagnetische dünne Schichten dar. In Form von Mikrostrukturen wurden weichmagnetische Schichten ursprünglich als schnelle Datenspeicher diskutiert.

Die magnetischen Eigenschaften einer ferromagnetischen Probe werden durch charakteristische Daten der Magnetisierungskurve gekennzeichnet. Permalloy-Schichten ($Ni_{81}Fe_{19}$) sind weichmagnetisch, d.h. die Änderung des magnetischen Zustands wird bereits bei Anlegen kleiner Magnetfelder (< 10 Oe) erreicht. Werden diese Schichten in Anwesenheit eines homogenen Magnetfeldes parallel zur Substratoberfläche aufgebracht oder werden die Schichten nach ihrer Herstellung bei Anwesenheit eines Magnetfeldes unterhalb der Curie-Temperatur (< 600 °C) getempert, so wird den Schichten eine magnetische Vorzugsrichtung eingeprägt, die als leichte Richtung bezeichnet wird. Die Magnetisierungskurve solcher einachsigen Schichten hängt von der Richtung des angelegten Feldes ab. Die Entdeckung der einachsigen Anisotropie löste eine intensive Forschung auf dem Gebiet dünner weichmagnetischer Schichten aus. Ein magnetischer Datenspeicher mit großer Speicherdichte und extrem hoher Schaltgeschwindigkeit schien verwirklichtbar. Die erwarteten extrem schnellen Schaltzeiten wurden, trotz langanhaltender Forschung, leider nicht erreicht.

Diese wenig erfreulichen Ergebnisse konnten durch Berücksichtigung der Realstruktur dünner weichmagnetischer Schichten (Polykristallinität, Gitterfehler) quantitativ erklärt werden. Die Ab-

weichungen von der Idealstruktur, einbezogen in quantitative Rechnungen, mündeten in der Vorhersage: Der ideale schnelle Umschaltprozeß hoher Geschwindigkeit ist in realen weichmagnetischen Schichten nicht verwirklichtbar. Einachsige weichmagnetische Schichten finden aber heute trotzdem vielseitige Verwendung als Magnetfeldsensoren.

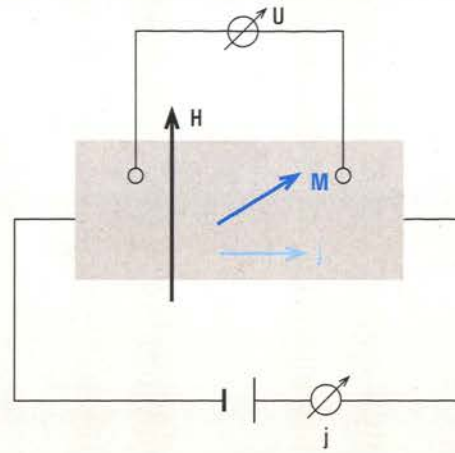
Magnetfeldsensoren

Der elektrische Widerstand R einer ferromagnetischen Schicht hängt vom Winkel zwischen der Magnetisierung M und der Richtung des elektrischen Stroms j ab, siehe **11** oben. Der Widerstand $R = U/j$ wird bei konstantem Strom j durch den Spannungsabfall U über die Schicht gemessen. Ohne äußeres Magnetfeld H liegt die Magnetisierung M in der leichten Richtung parallel zum elektrischen Strom j . Bei Einwirken eines Magnetfeldes H wird die Magnetisierung M aus der leichten Richtung herausgedreht. Der Widerstand R und damit die Spannung U ändern sich. Die meßbare Spannungsänderung ist ein Maß für die Stärke des einwirkenden Magnetfeldes. Abbildung **11** unten gibt ein Beispiel für die Widerstandsänderung bei Einfluß äußerer Magnetfelder.

Der hier beschriebene Magnetfeldsensor wird bereits vielfältig in der modernen Technologie eingesetzt. Als Beispiel wird das Auslesen von Informationen in magnetischen Datenspeichern erwähnt. Die Sensoren werden in geometrischen Ausmaßen von der Größenordnung μm ($= 0,001 \text{ mm}$) strukturiert. Hier wird nach neuen Materialien mit größerer Widerstandsänderung gesucht. Die maximale Widerstandsänderung der bisher üblichen Sensoren aus Permalloy (eine Legierung mit 81% Nickel, 19% Eisen) beträgt 2%–3%. In Silber-Permalloy-Viellagenschichten fanden wir nach bestimmten Temperbehandlungen Widerstandsänderungen von 7%, siehe **11** unten.

Magnetische Viellagenschichten

Die zufällige Entdeckung einer extrem großen Widerstandsänderung in Viellagenschichten, bestehend aus einer periodischen Folge von Lagen aus ferromagnetischem Metall und nichtmagnetischem Metall (wie z. B. Kobalt-Kupfer), weckte deshalb großes Anwendungs- und Forschungsinteresse. Bei geeigneter Auswahl der Dicke der Einzellagen kann unter Einfluß eines äußeren Magnetfeldes eine Halbierung des Widerstands, gemessen am Maximalwert, erreicht werden. Sind die ferromagnetischen Kobalt-Schichten durch eine 1 nm (d. h. etwa vier Atomlagen) dicke Kupferschicht getrennt, so ist die Magnetisierungsrichtung benachbarter Kobalt-Schichten antiparallel ausgerichtet. Die Erklärung dieses Phänomens ist Gegenstand der Grundlagenforschung. Mit der antiparallelen Ausrichtung der Magnetisierung **12** oben links ist ein hoher, elektrischer Widerstand verknüpft. Wird ein äußeres Magnetfeld H , wie in **12** oben rechts angegeben, angelegt, so ordnet sich die Magnetisierung M in den Schichten parallel zueinander. In diesem Zustand vermindert sich der elektrische Widerstand etwa auf die Hälfte des Wertes im Zustand der **12** oben links. Die kritische Größe des Magnetfeldes, bei der die Widerstandsvermin-



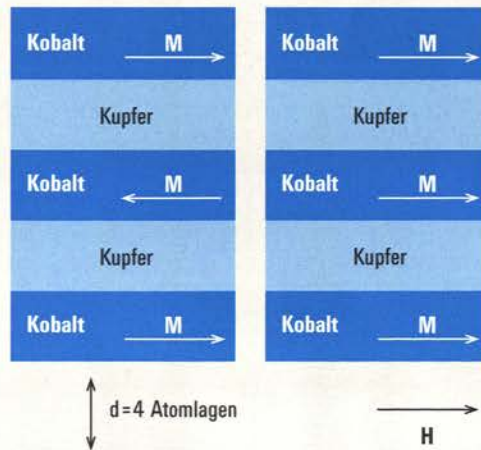
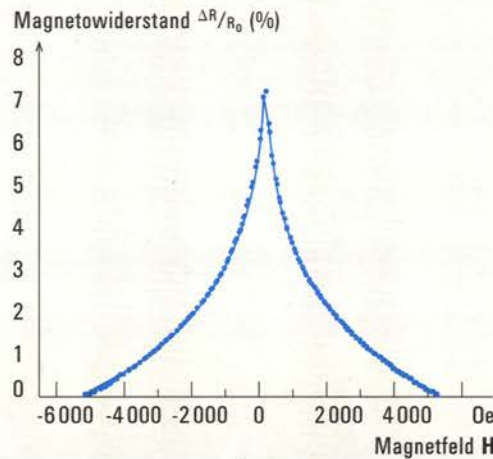
11 Magnetowiderstand.

oben:

Prinzip des magnetischen Widerstandssensors. Der elektrische Widerstand R verändert sich mit dem Winkel zwischen der Magnetisierung M und dem Strom j . Die Meßspannung U ist bei konstantem Strom j ein Maß für den Widerstand $R = U/j$. Das Magnetfeld H dreht die Magnetisierung aus der leichten Richtung (= Stromrichtung) heraus. Die Spannung U ändert sich. Die Spannungsänderung ist ein Maß für das einwirkende Magnetfeld H .

unten:

Beispiel der magnetischen Widerstandsänderung einer Silber-Permalloy ($\text{Ag/Ni}_{81}\text{Fe}_{19}$)-Schicht als Funktion des einwirkenden Magnetfeldes.



12 Schematische Darstellung einer Kobalt-Kupfer-Viellagenschicht.

oben links:

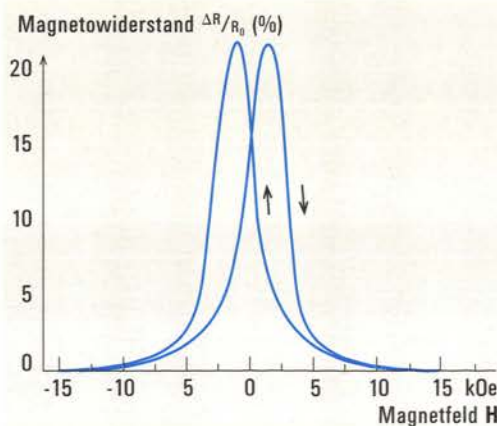
Bei einer Dicke der nichtmagnetischen Kupferschicht von 1 nm (ca. 4 Atomlagen) ist die Magnetisierung der benachbarten Kobaltlagen antiparallel ausgerichtet. Der elektrische Widerstand ist groß.

oben rechts:

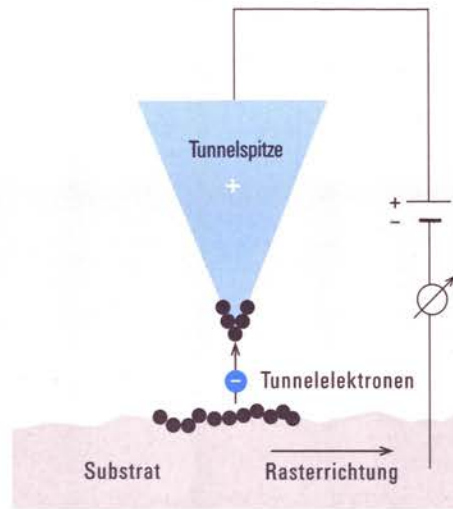
Bei Anlegen eines Magnetfeldes parallel zur Ebene des Schichtsystems wird die Magnetisierung in allen Kobaltlagen parallel ausgerichtet. Der elektrische Widerstand verringert sich drastisch. Die Widerstandsänderung gegenüber der Konfiguration links kann mehr als 50% betragen. Deshalb auch der Ausdruck Giant-Magneto-Resistance.

unten:

Beispiel der magnetischen Widerstandsänderung in angelegten Magnetfeldern für eine Kupfer-Kobalt-Viellagenschicht.



115 Prinzipdarstellung eines Rastertunnelmikroskops. Der Tunnelstrom hängt äußerst empfindlich vom Abstand zwischen den äußersten Atomen der Tunnelspitze und den nächstgelegenen Atomen der zu untersuchenden Oberfläche ab. Der Tunnelstrom ist ein Maß für den Abstand. Aus der Größe des Tunnelstroms beim Rastern der Spitze über die Oberfläche erhält man das Oberflächenprofil.



derung eintritt, beträgt einige kOe, sie ist für die technische Anwendung zu groß. Die Suche nach neuen Materialkombinationen mit wesentlich kleineren kritischen Feldstärken ist intensiv, um diesen auffälligen Effekt für technologische Anwendungen einzusetzen. Die Abbildung **112** (unten, Seite 55) gibt die Widerstandsänderung einer Kobalt-Kupfer-Viellagenschicht bei Anlegen eines Magnetfeldes H wieder.

Die Größe der Widerstandsänderung hängt von der Beschaffenheit der Grenzflächen zwischen den Kupfer- und Kobalt-Lagen ab. Dabei ist zu beach-

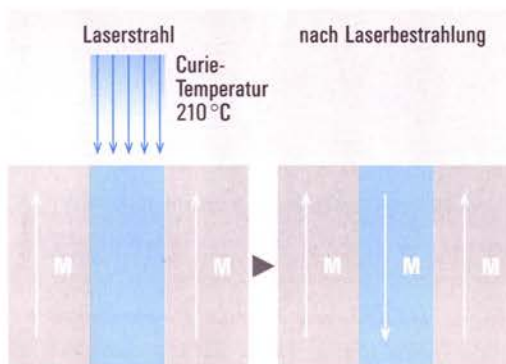
116 Einschreiben einer Information in eine magneto-optische Datenschicht mit senkrechter Anisotropie.

links:

Der Laserstrahl heizt im Bereich des Strahldurchmessers die Schicht über die Curie-Temperatur (ca. 210°C) auf.

rechts:

Nach Abschalten der Laserheizung kühlt sich die bestrahlte Schicht ab. Innerhalb der Säule richtet sich die Magnetisierung M antiparallel zur Magnetisierung der Nachbarschaft aus.



117 Hochaufgelöste Transmissionsabbildungen des Querschnitts einer magneto-optischen Eisen-Terbium-Viellagenschicht. Die Gitterlinien (Abstand $0,34\text{ nm}$) der kristallinen Terbium-Lagen sind klar zu erkennen. Die benachbarten Eisen-Lagen sind nanokristallin oder amorph.

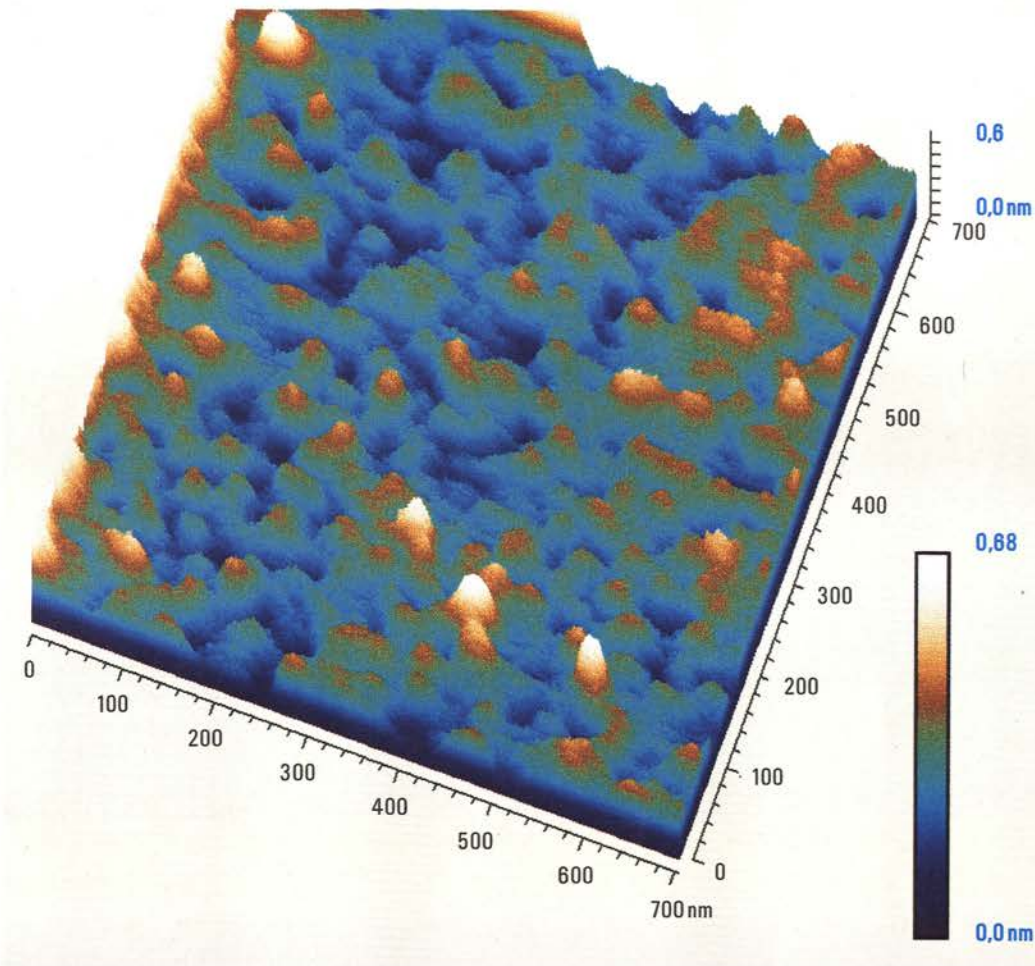
ten, daß die Kupferlagen die Dicke von nur vier Atomabständen besitzen. Zur Untersuchung der Grenzflächen muß eine Methode eingesetzt werden, die eine Auflösung aufweist, bei der Höhenschwankungen von weniger als atomarem Durchmesser registriert werden können. Das Rastertunnelmikroskop bietet diese Möglichkeit.

Abbildung **113** zeigt das Prinzip eines Rastertunnelmikroskops. Bei Anlegen einer Spannung zwischen Tunnelspitze und einer Metalloberfläche fließt ein Tunnelstrom, wenn sich die Spitze im Abstand weniger Atomdurchmesser vor der Oberfläche befindet. Der Tunnelstrom nimmt sehr stark (exponentiell) mit dem Abstand ab. Die Probe wird unter der Spitze bewegt (gerastert). Höhendifferenzen an der Probenoberfläche von Bruchteilen eines Atomdurchmessers werden durch Veränderung des Tunnelstroms registriert. Die Änderung des Tunnelstroms wird von einem Computer in ein ›Falschfarbenbild‹ übersetzt. Die Farbtöne geben die Rauigkeit der Oberfläche wieder. Die Abbildung **114** (Seite 57) zeigt das Oberflächenprofil einer Kupferschicht, die auf eine Kobaltschicht aufgedampft wurde. Die maximalen Erhebungen betragen $0,7\text{ nm}$ (entspricht 2–3 Atomabständen). Die mittlere Ausdehnung dieser Hügel parallel zur Oberfläche beträgt etwa 40 nm . Die Hügel sind flache Scheiben. Sie sind jedoch noch zu hoch, um einen maximalen Magnetowiderstandseffekt zu gewährleisten. Die Herstellungsbedingungen der Viellagenschichten müssen weiter verbessert werden.

Magneto-optische Schichten

Wegen der geometrisch bedingten Formanisotropie dünner magnetischer Schichten liegt die Magnetisierung stets in der Schichtebene. Treten zusätzliche Anisotropien auf, deren Vorzugsrichtungen senkrecht zur Schichtebene ausgerichtet sind und überwiegen diese, so ist die Schichtnormale die stabile Magnetisierungsrichtung. Senkrechte Anisotropien wurden in Kobalt-Chrom-Schichten und Eisen-Terbium-Schichten entdeckt. Der senkrechten Anisotropie von amorphen Eisen-Terbium-Schichten gilt besondere Forschungsaufmerksamkeit, da mit diesen Schichten ein magneto-optischer Datenspeicher (Massenspeicher) extrem hoher Speicherdichte verwirklicht werden kann. Die Ursachen der senkrechten Anisotropie werden in der Literatur intensiv und kontrovers diskutiert. Nur genaue Strukturuntersuchungen können zur Klärung beitragen.

Die Magnetisierung ist in solchen Schichten senkrecht zur Schichtoberfläche ausgerichtet. Erwärmt man die Schicht lokal in einer eng begrenzten Fläche mittels eines Laserstrahls über die Curie-Temperatur ($\approx 210^\circ\text{C}$), so richtet sich beim Abkühlen die Magnetisierung innerhalb des bestrahlten Bereichs antiparallel zur Magnetisierung der Umgebung aus **116**. Eine Information ist eingeschrieben. Der Durchmesser des eingeschriebenen Bereichs entspricht dem Durchmesser des Laserstrahls ($\approx 1\text{ }\mu\text{m} = 0,001\text{ mm}$). Bitdichten von etwa 10 Millionen pro cm^2 sind erreichbar. Die eingeschriebene Information wird mittels des magneto-optischen Kerr-Effekts ausgelesen.



14 Oberflächenprofil einer ca. 1,5 nm dicken Kupfer-Schicht, die auf eine Kobalt-Schicht aufgedampft wurde. Die Abbildung gibt das »Falschfarbenbild« einer Rastertunnelmikroskopie-Messung wieder. Der Ausschnitt des Rasterbilds beträgt 700 nm x 700 nm. Die Erhebungen an der Oberfläche werden durch den Farbton gekennzeichnet. Die Farbskala rechts gibt die Höhenskala an. Die Hügel in diesem Beispiel sind maximal 0,7 nm (ca. 2-3 Atomabstände) hoch und etwa 40 nm breit. Solche Hügel sind sehr flache Platten.

Naturgemäß intensivieren die bereits verifizierten Möglichkeiten der Datenspeicherung in magneto-optischen Schichten die (anwendungsorientierte) Forschung. Die senkrechte Anisotropie soll weiterhin erhöht werden. Dazu ist die Erforschung der Ursachen dieser Anisotropie erforderlich. Es wird vermutet, daß die Verbindungsachsen der Eisen-Terbium Atompaaire nicht, wie für ein amorphes Material erwartet wird, statistisch auf alle Raumrichtungen gleichverteilt sind. Wenn ein geringer Überschuß senkrecht zur Schichtoberfläche auftritt, ist die Anisotropie erklärbar. Um dieser Hypothese nachzugehen, wurden Viellagenschichten aus einer periodischen Folge von 2 nm dicken Eisen-Lagen und 3 nm dicken Terbium-Lagen hergestellt. Abbildung 16 zeigt ein hochaufgelöstes elektronenmikroskopisches Bild des Querschnitts einer solchen Viellagenschicht. Im vorliegenden Ausschnitt sind die Terbium-Lagen durch die regelmäßige Anordnung der Gitterlinien klar erkennbar. Die benachbarten Eisen-Lagen sind feinkristalliner oder amorph.

An der Grenzfläche zwischen den Eisen- und Terbium-Lagen sind die Verbindungsachsen aller Eisen-Terbium-Atompaaire senkrecht zur Schichtfläche orientiert. Es wurde vermutet, daß für solche Schichtsysteme eine größere senkrechte magnetische Anisotropie zu erwarten ist als für amorphe Eisen-Terbium-Schichten. Die Experimente bestätigen die Vermutung. Je größer diese Anisotropie ist, um so größere Speicherdichten sind erreichbar.

An diesem Beispiel wird das Zusammenwirken von grundlegender und anwendungsorientierter Forschung demonstriert.

Zusammenfassung und Ausblick

Dünne Schichten können in Elementzusammensetzungen und Lagenkombinationen in einer Vielfalt hergestellt und alterungsbeständig erhalten werden, für die es in der Natur keine Beispiele gibt. Durch nachträgliche Mikro- und Nanostrukturierung entstehen künstliche Hybridstrukturen, deren Eigenschaften bisher zum größten Teil unbekannt sind. Der Variationsbreite der Kombinationen von Elementen und Lagen sind kaum Grenzen gesetzt. Die Eigenschaften werden durch die Geometrie (Ausdehnung der Mikro- und Nanostrukturen), ihre chemische Zusammensetzung und ihre Struktur bestimmt. Die quantitative Bestimmung der Struktur der Schichten, der Oberflächen und der Grenzflächen sowie der chemischen Zusammensetzung ist erforderlich, wenn die physikalischen Eigenschaften der Mikro- und Nanostrukturen quantitativ interpretiert werden sollen. Die Optimierung der Herstellungsbedingungen für die Mikrostrukturen zur Anwendung sollte nicht auf einem *trial- und error-*Verfahren (man probiert solange, bis es einigermaßen klappt) beruhen, sondern auf intensive Strukturuntersuchungen zurückgreifen. Dafür wurden inzwischen sehr empfindliche Verfahren entwickelt, die in Regensburg bereitstehen.

Literatur zum Thema und Bildnachweis ▶ Seite 93

Prof. Dr. rer. nat.

Horst Hoffmann

Geb. 1932 in Breslau. Studium der Mathematik und Physik an den Universitäten Tübingen und München. 1959 Diplom in Physik, 1962 Promotion sowie 1965 Habilitation an der Ludwig-Maximilians-Universität München. 1967/68 Gastprofessor, 1980/81 Gastprofessor und Sherman Fairchild Distinguished Scholar am California Institute of Technology, Pasadena, USA. Weitere Gastprofessuren bzw. Gastaufenthalte: Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, USA; Tohoku University, Sendai, Japan; Nagoya University, Nagoya, Japan; Imperial College, London; Chinesische Akademie der Wissenschaften, Beijing, China; Akademie der Wissenschaften der (eh.) UdSSR, Moskau, St. Petersburg, Taschkent; Polnische Akademie der Wissenschaften, Warschau. Seit 1970 Lehrstuhl für Physik an der Universität Regensburg.

Forschungsgebiet:

Physik und Analytik dünner Schichten.

Kleinkönige und Großkönige

Sarissa – eine hethitische Stadt im östlichen Zentralanatolien

Archäologie interdisziplinär

Lange Zeit war das Volk der Hethiter nur durch eher beiläufige Erwähnungen in der Bibel bekannt. Erst durch archäologische Ausgrabungen dieses Jahrhunderts wurde die historische Bedeutung ihrer Kultur erschlossen. Die Forschung konzentrierte sich jedoch zunächst auf die Hauptstadt mit dem Sitz des Großkönigs. Jüngste Entdeckungen in der ›Provinz‹ liefern nun ein differenzierteres Bild des Hethiterreiches. Bislang völlig unbekannte Herrscher lassen sich nachweisen.

1 Lage der hethitischen Stadt Sarissa (heute Kuşaklı/Zentralanatolien) im Ostteil des hethitischen Großreiches und politische Situation der Region während des 14./13. Jahrhunderts v. Chr.

In der zweiten Hälfte des 2. vorchristlichen Jahrtausends haben sich im ostmediterran-vorderasiatischen Bereich im wesentlichen zwei größere Machtblöcke herausgebildet. Zum einen ist es das Neue Reich Ägyptens, zum anderen das hethitische Großreich mit seinem Kern in Zentralanatolien 1.



Am Anfang dieser Epoche spielt noch das obermesopotamisch-nordsyrische Reich Mitanni eine Rolle (das dann jedoch bald untergeht), während Assyrien erst gegen Ende des 2. Jahrtausends wieder an Bedeutung gewinnt. Im ägäischen Raum erlebt etwa zeitgleich mit dem Hethiterreich die mykenische Kultur ihre Blüte. Die Rivalität zwischen den beiden Großmächten Ägypten und Hatti (den Hethitern) gipfelt in der entscheidenden Schlacht von Kadeš ca. 1275 v. Chr. Auf hethitischer Seite steht der Großkönig Muwatalli II., auf ägyptischer Ramses II., der Große, der nur knapp einer vernichtenden Niederlage entgeht.

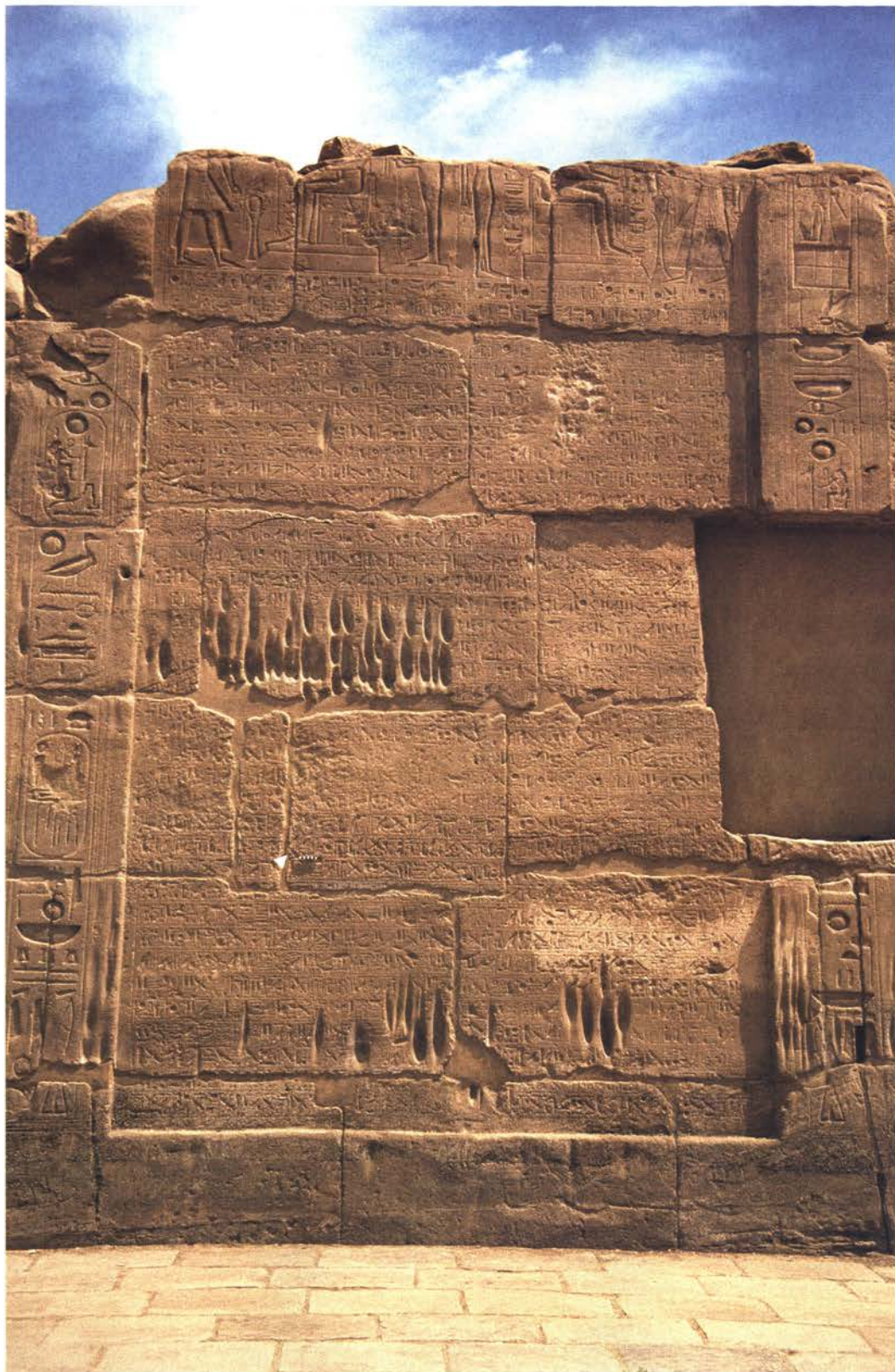
Der Krieg endet insgesamt mit einem Patt, und nach zähen Verhandlungen, die immerhin sechzehn Jahre dauern, kommt es schließlich zu einem Friedensvertrag. Die keilschriftliche Fassung in akkadischer Sprache ist uns auf Tontafelfragmenten aus der hethitischen Hauptstadt Boğazköy-Hattuša erhalten, während noch heute die ägyptische Fassung an der Außenmauer des Amun-Tempels in Karnak zu sehen ist 2. Es gehört zu den bedeutendsten kulturhistorischen Leistungen der Hethiter, im 15. Jahrhundert v. Chr. diese Form der Staatsverträge zur Regelung zwischenstaatlicher Beziehungen entwickelt zu haben. Damit wurden Konflikte nicht mehr nur militärisch, sondern auch auf dem Verhandlungsweg gelöst und die Vereinbarungen dauerhaft vertraglich festgeschrieben.

Ein wesentliches Element zur Bekräftigung des Vertragsabschlusses ist die Benennung von Schwurgöttern, die im Falle einer Nichteinhaltung der Abmachungen die Bestrafung des Vertragsbrüchigen zu übernehmen hatten.

Einige der aufgeführten Gottheiten werden verschiedenen Städten zugeordnet. Von den neun genannten Orten war bislang jedoch nur die Lage von Halap (= Aleppo) in Nordsyrien bekannt. Durch neue Tontafelfunde in Kuşaklı bei dem türkischen Dorf Başören gelang es nun, mit großer Wahrscheinlichkeit eine weitere in dem Ramses-Vertrag genannte Stadt zu lokalisieren.

Ausgrabungen in Kuşaklı

An dem zuvor weitgehend unbekanntem Siedlungsplatz begannen im Herbst 1992 Untersuchungen der Universität Kiel, die mittlerweile vom neu eingerichteten Arbeitsbereich »Archäologie Westasiens« des Instituts für Geschichte der Universität Regensburg in Zusammenarbeit mit der Deutschen Orientgesellschaft weitergeführt werden. Die Finanzierung hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft übernommen.



2 Friedensvertrag zwischen dem hethitischen Großkönig Hattusili III. (dem Nachfolger des Feldherrn der Kades-Schlacht, Muwatalli II.) und dem ägyptischen Pharaos Ramses II. Ägyptisch-hieroglyphische Fassung des Vertragstextes, eingemeißelt in die Außenwand des Amun-Tempels von Karnak (beim heutigen Luxor, Oberägypten). Unter den Schwurgöttern genannt wird auch der »Wettergott der Stadt Sarissa« (Pfeil, oberhalb des Maßstabs).

Bereits bei den ersten Vermessungsarbeiten des Geländes wurde auf der Oberfläche das Fragment einer Tontafel mit dem Ausschnitt eines hethitischen Kulttextes gefunden 3. Dieser beinhaltet die Beschreibung zweimal jährlich stattfindender religiöser Feste zu Ehren eines lokalen Berggottes. Aufgrund bestimmter Charakteristika der verwendeten Keilschrift ist das Stück in das fortgeschrittene 13. Jahrhundert v. Chr. zu datieren.

Ausgrabungen im Bereich des Fundplatzes des Tafelbruchstückes erbrachten Fundamente einer

dichten städtischen Bebauung hethitischer Zeit, jedoch keine weiteren Keilschriftfunde. Erst als 1994 rund 50 m oberhalb der Fundstelle auf der Bergkuppe, der alten Akropolis, mit Grabungen begonnen wurde, stellte sich der erhoffte Erfolg ein: Es wurde der Rest eines Tontafelarchives entdeckt. Die Bearbeitung des Fundes durch den Würzburger Altorientalisten Gernot Wilhelm ergab, daß es sich um Texte religiösen Inhalts handelt, darunter Orakel, Kultinventare und Rituale. Von besonderer Bedeutung ist die Beschreibung eines Frühjahrs-





3 Fragment einer Tontafel mit dem Beginn der Beschreibung eines religiösen Festes in und bei der Stadt Sarissa. Originalgröße.

Entdeckt 1994 im freigelegten Archivraum auf der Akropolis von Kuşaklı-Sarissa (► **4**). Nach der Übersetzung und Rekonstruktion von Gernot Wilhelm lautet der Text:

»Wenn der König im Frühjahr, um die Feste zu feiern, nach Sarissa geht –, sobald der König sich der Stadt nähert, geht er nicht zur Stadt hinauf, sondern der König geht den oberen Weg zu den huwasi-Steinen des Wettergottes hinauf. Vor der Stadt Sarissa aber ... die Silberschmiede an demselben Tag den Weg. Der Herr von Sarissa ...« (abgebrochen).

festes, zu dem der Großkönig alljährlich in die Stadt Sarissa zu kommen hatte **3**. Vieles spricht dafür, daß dieses Festritual einen lokalen Bezug hatte. Da »Sarissa« zudem in anderen Tafeln dieses Fundes genannt wird, ja der hier bisher am häufigsten belegte Ortsname ist, dürfte das heutige »Kuşaklı« mit dem hethitischen »Sarissa« zu identifizieren sein.

Aus Texten, die in der gut 200 km nordwestlich gelegenen Hauptstadt des Reiches gefunden wurden, geht hervor, daß Sarissa ein wichtiger Kultort gewesen sein muß. Insbesondere der dortige Wettergott besaß eine überregionale Bedeutung. Zudem wurden Ištar, die Kriegs- und Liebesgöttin, und ein »Schutzgott von Sarissa« verehrt.

Es stellt sich die Frage, wo innerhalb der Stadt die entsprechenden Tempel gelegen haben. Die bislang auf der Akropolis von Kuşaklı entdeckten

Tafelfragmente stammen nahezu alle aus dem Versturz des südlichen Eckraumes eines komplexen hethitischen Gebäudes **4**, **5**). Dieses ist durch eine jüngere eisenzeitliche Überbauung stark gestört, kann aber dennoch aufgrund der Grabungsergebnisse des letzten Herbstes wohl als Tempel angesprochen werden.

Zahlreiche Miniaturschälchen und -krüge (die als Votivgaben zu deuten sind), die Gestaltung des Grundrisses wie auch nicht zuletzt der Inhalt der Tontafeln deuten auf eine Funktion der Anlage als Kultbau. Hethitische Tempel dürfen wir uns jedoch nicht wie griechische oder römische Tempel vorstellen. Außer einer Cella, in der sich das oder die Kultbilder befanden, gab es eine Vielzahl weiterer Räume, die der Aufbewahrung und Zubereitung von Speisen, als Depots für Kultgerät, Schlafgemächer und vieles anderes mehr dienten. Den Tempeln gehörten bisweilen Ländereien, ferner waren ihnen Werkstätten angegliedert. Sie hatten damit eine wichtige wirtschaftliche Bedeutung und sind insofern eher mit mittelalterlichen Klöstern zu vergleichen.

Bei dem Gebäude auf der Akropolis in Kuşaklı (»Tempel 2«) gelang es, noch große Teile des Mauersockels bzw. Fundamentes freizulegen, so daß die Breite der Anlage mit 38 m angegeben werden kann. Die Längsausdehnung ist noch nicht klar abzuschätzen. Mindestens 28 Räume waren in dem (allein erhaltenen) Erdgeschoß vorhanden, zudem dürfte es ein Obergeschoß gegeben haben.

Welcher Gottheit aber war dieser Tempel geweiht? Die Hethiter führen in verschiedenen Texten an, in ihrem Land gebe es tausend Götter. An der Spitze dieses Pantheons stehen der Wettergott und seine Gemahlin, die Sonnengöttin. Insbesondere der Wettergott ist in zahlreichen Lokalausprägungen belegt, so auch in Gestalt des

4 Grundmauern des Archivraumes des Tempels 2 auf der Akropolis von Kuşaklı-Sarissa. Innerhalb dieses Raumes und der näheren Umgebung fanden sich 1994 und 1995 insgesamt 46 Fragmente verschiedener Tontafeln mit hethitischen Keilschrifttexten.





5 Luftaufnahme der Grabungsflächen am Westhang und auf der Akropolis von Kusakli-Sarissa. Stand der Arbeiten von Juni 1995. Oben die Ruine des Tempels 2.



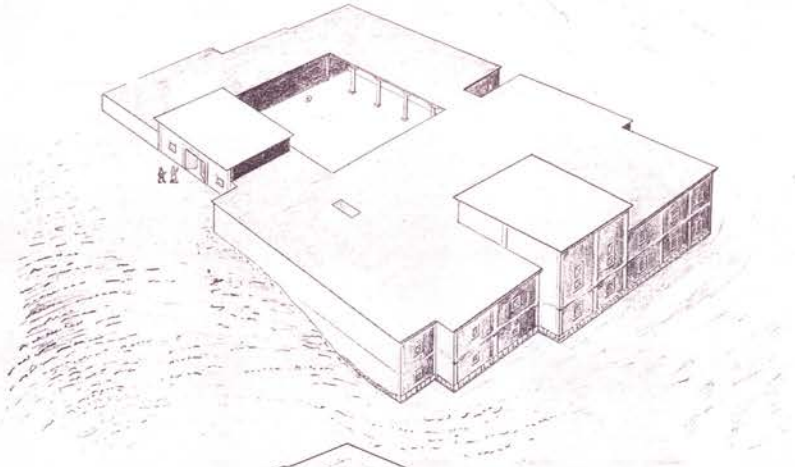
6 Siegelabdruck aus dem Tempel 2 von Kusakli-Sarissa. Von einem Flechtband eingerahmt ist vierfach gespiegelt das Hieroglyphenzeichen für »Wettergott« wiedergegeben. Originalgröße.

»Wettergottes von Sarissa«. Auffällig ist nun, daß das Symbol dieser Gottheit (ein Hieroglyphenzeichen, das zufällig an unseren Buchstaben W erinnert) in kreuzweise gespiegelter Form auf einem Siegelabdruck 6 zu finden ist, der in dem größten

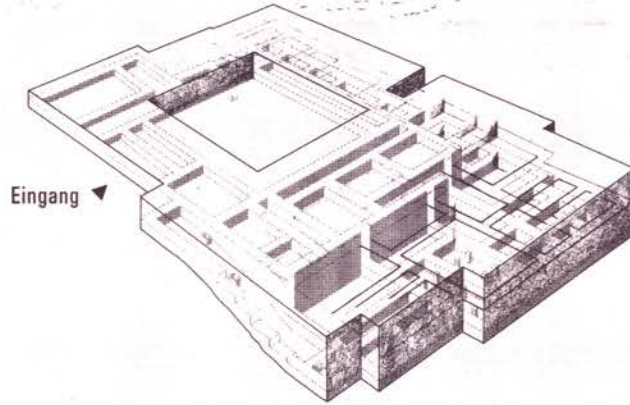
und wohl wichtigsten Raum des Tempels entdeckt wurde. Damit ist freilich noch nicht der endgültige Beweis dafür erbracht, daß dies der »Tempel des Wettergottes« war; als ein Indiz hierfür darf der Fund aber doch gewertet werden.

7 Rekonstruktionsversuch.
 Von Mauerresten und anderen
 Ausgrabungsfunden ist auf die
 Gestalt eines zerstörten Gebäudes
 zu schließen: So könnte der
 Tempel 1 vor über 3 000 Jahren
 ausgesehen haben .

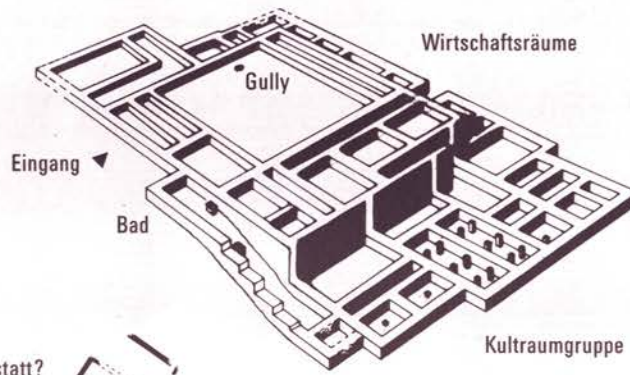
Tempel 1



Isometrische Ansicht
 mit vermuteten Mauerhöhen und
 Geschoßdecken.



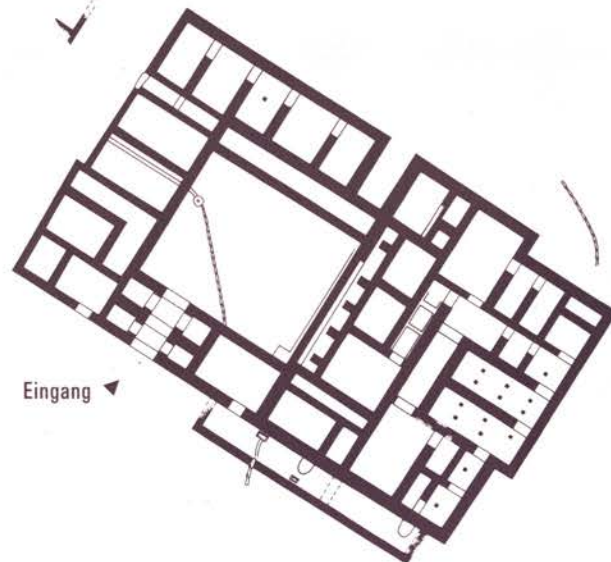
Isometrische Ansicht auf Basis des
 Grundrisses. Erst diese Ansicht
 läßt erkennen, daß die freigelegten
 Mauerreste zu zwei verschiedenen
 Stockwerken gehören. Der Trakt
 mit den Wirtschaftsräumen und der
 Kultraumgruppe war unterkellert.



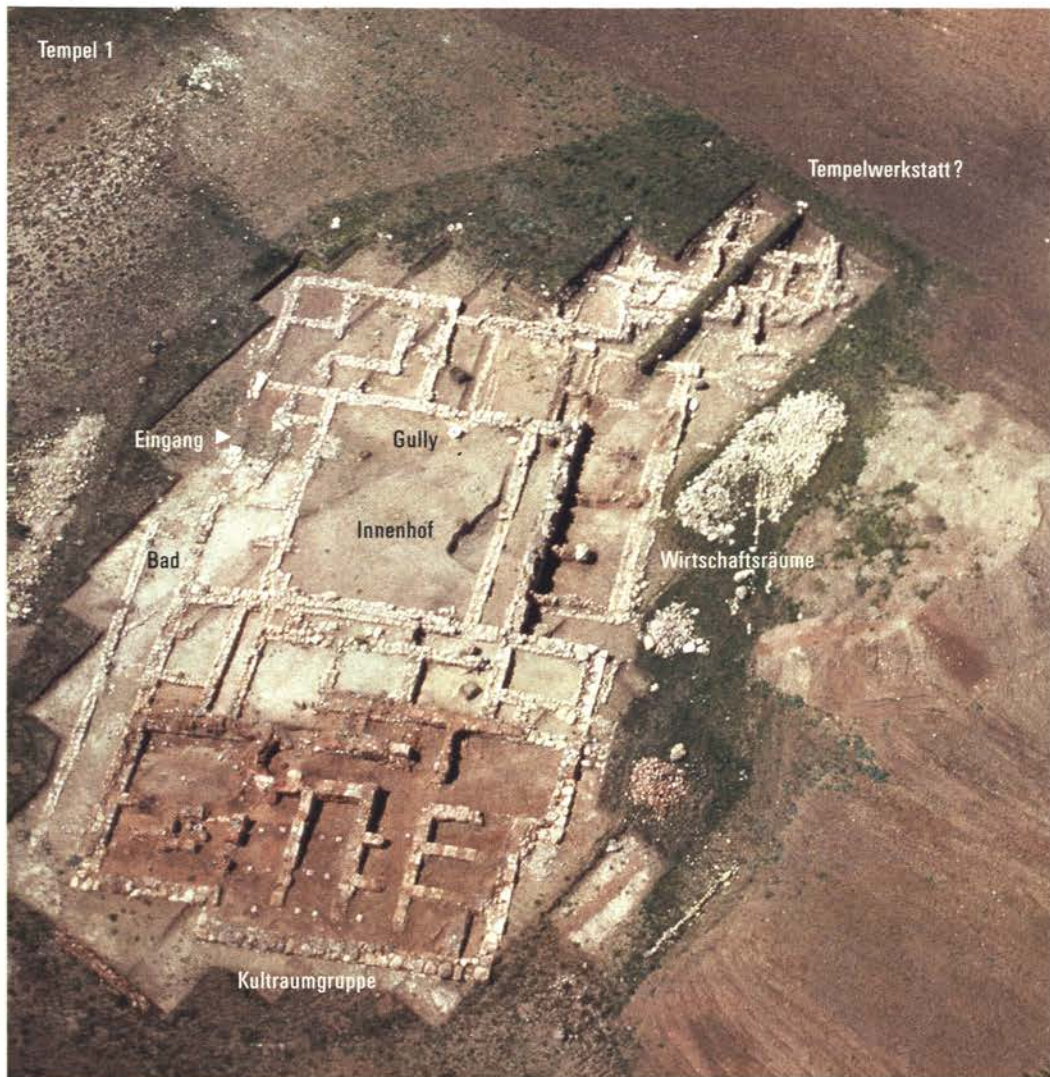
Tempelwerkstatt?



Der Grundriß von Tempel 1:
 das Ausgrabungsergebnis. Um einen
 großen Innenhof sind die Räume
 gruppiert. Die Außenfassade ist
 durch Rücksprünge abwechslungs-
 reich gestaltet.



0 10 m



8 Luftaufnahme des Tempels 1 von Kuşaklı-Sarissa. Im Nord- und Ostteil sind die Mauern noch bis zu einer Höhe von rund 2 m erhalten. Im Ostflügel des Tempels die Kultraumgruppe. Die Mauern bestehen aus ursprünglich lediglich luftgetrockneten Lehmziegeln mit einer Holzversteifung, somit einer Art Fachwerkstruktur. Die Ziegel wurden erst während der Brandkatastrophe bei der Zerstörung der Stadt (wohl um 1200 v. Chr.) gebrannt und konnten sich so erhalten. In den Kulträumen sind Kalksteinbasen für Holzpfeiler zu erkennen.

Tempel 1: Der Tempel auf der Nordterrasse

Gleichfalls unzweideutig als Sakralbau zu interpretieren ist ein mittlerweile vollständig freigelegtes Gebäude auf einer Terrasse am Nordabhang der Akropolis (»Tempel 1«). Die Anlage ist 54 m lang und maximal 36 m breit. Damit handelt es sich um einen der größten bislang bekannten hethitischen Tempel. Allein in dem archäologisch erfassbaren untersten Geschoss sind 51 verschiedene Räume zu unterscheiden. Treppenaufgänge deuten jedoch eine Mehrgeschossigkeit an, so daß ursprünglich mit einer entsprechend höheren Raumzahl zu rechnen ist (7 und 8).

Der Haupteingang befand sich im Süden, damit dem höchsten Teil der Nordterrasse, zugleich dem Fuß des Akropolishanges. Er besteht aus drei hintereinander angeordneten Durchgängen mit zwei Torkammern. Die aus sorgfältig bearbeiteten, ausgesucht großen Werksteinen bestehenden Türschwelle zeigen starke Brandspuren. Die Durchgangsbreite beträgt 2,45 m, so daß zweiflügelige Türen zu rekonstruieren sind. Zu beiden Seiten der Torkammern sind symmetrisch jeweils recht kleine Räume angefügt, die wohl als eine Art Wächterstuben zu interpretieren sein dürften. Der Haupteingang führte unmittelbar zu dem mit 17 x 16 m nahezu quadratischen Innenhof. Das im Hofbereich sich sammelnde Regenwasser konnte durch einen Kanal nach Westen abgeleitet werden.

Es handelt sich teilweise um einen gedeckten Steinkanal, überwiegend aber um eine Rohrleitung 9. Sie besteht aus ca. 1 m langen, leicht konischen Tonröhren von 15–18,5 cm Durchmesser, die auf ihrer Oberseite nahe dem breiteren Ende jeweils eine ovale Reinigungsöffnung aufweisen. Die einzelnen Rohre sind ineinandergesteckt und ergeben so eine fortlaufende Abwasserleitung. Mit Steinen, in einem Fall mit Keramikscherven, waren die Reinigungslöcher abgedeckt. Diese Tonrohrleitung entspricht in ihrer Konstruktionsweise vollkommen den von anderen hethitischen Siedlungsplätzen bekannten Installationen für die Wasserent- und -versorgung. Als Einlauf diente im Westteil des Hofes eine gerundete Steinplatte von etwa einem Meter Durchmesser mit einer zentralen Durchlochung.

Die Nordhälfte des Hofes wird von zwei langschmalen korridorartigen Trakten gerahmt, die jedoch nicht als geschlossene Räume beziehungsweise Flure zu deuten sind. Obwohl die östliche und nördliche Abschlußmauer des Hofes als durchlaufende, zum Teil bis zu 1,5 m tief fundamentierte Steinmauern gebaut sind, dürften sie ehemals nur wenig oberhalb des Fußbodenniveaus geendet haben. Statt einer Wand werden sie wohl Stützen für eine offene Pfeilerhalle getragen haben. An zwei Seiten über Eck von Pfeilerhallen umsäumte Zentralhöfe bilden gleichfalls das Grundelement

9 Tonrohrleitung und Abwasser-Gully im Hof des Tempels 1. Der steinerne Gully hat einen Durchmesser von etwa 1 m. Die einzelnen Rohrleitungsabschnitte sind etwa 1 m lang und wurden – wie heutzutage auch – ineinandergesteckt. Zwei Reinigungslöcher sind zu sehen, sie wurden mit Steinen verschlossen.



mehrerer Tempel in der hethitischen Hauptstadt, wobei meist sogar die Orientierung der Kolonnaden (jeweils an der Nordwest- und Nordostseite der Höfe) mit Kuşaklı übereinstimmt.

Der Mitteltrakt des Ostflügels wird den wichtigsten Teil des Tempels dargestellt haben. Das aus einer querliegenden Vorhalle und zwei zu dieser längs angeordneten, schmal-rechteckigen Räumen bestehende Ensemble findet sich in gleicher Weise bei Tempeln in der Oberstadt Hattuša und wird dort als Kultraumgruppe beziehungsweise Substruktion des darüberliegenden Allerheiligsten, des »Adytions«, und seines Vorraumes gedeutet.

Die beiden langschmalen, gleichgroßen Parallelräume fallen zudem durch ihre paarig in drei Reihen angeordneten Stützenbasen aus sorgfältig bearbeiteten Kalksteinen auf. Verkohlte Reste deuten an, daß sie vierkantige Holzpfeiler trugen. Die besondere Bedeutung des ehemals darüber befindlichen Raumes, der die beiden Kellerräume

gemeinsam überspannt haben dürfte, ist somit architektonisch bereits angedeutet. Die Pfeilerstellungen des Kellers lassen erkennen, daß die so aufwendig gestützte Erdgeschoßdecke etwas Wichtiges zu tragen hatte, vermutlich auch etwas besonders Schweres. Hier dürfte ein möglicherweise monumentales Kultbild gestanden haben. Reste eines solchen Kultbildes sind jedoch nicht erhalten.

Als Hinweis auf etwas Wertvolles, das sich im Bereich der Räume befunden haben wird, könnten jedoch alte, tiefgründige Störungen gewertet werden. Eventuell bereits kurz nach dem Brand des Tempels wurde die Ruine durchwühlt – interessanterweise offensichtlich nur in diesem eng umgrenzten Teil. In den Nachbarräumen fand sich hingegen das Inventar teilweise noch in ungestörter Lage, wenn auch die meisten Metallgegenstände bereits zuvor entfernt worden sein dürften **10**. Durch den Brand waren in einigen Räumen selbst die Keramikgefäße zum Teil bis zur Unkenntlichkeit geschmolzen, ja zu unförmigen Schlackeklumpen verformt. Dennoch gelang es, einige Gefäßensembles wie auch eine Ansammlung bronzener Pfeilspitzen zu bergen.

Besondere Aufmerksamkeit verdient auch das Inventar eines an die ursprünglich südöstliche Außenmauer des Tempels sekundär angefügten Traktes. Zwei tönernen Sitzbadewannen standen hier noch an ihrem ursprünglichen Platz **11**. Ein gedeckter Abwasserkanal leitete das gebrauchte Badewasser nach Südosten ab. Es konnte jedoch in diesem Gebäudeteil keine Zuleitung für Frischwasser entdeckt werden, wohl aber auf der entgegengesetzten Außenseite des Tempels nahe der Nordecke.

Als Wirtschaftstrakt ist der Nord- und Westflügel des Tempels zu deuten. Ein entsprechendes Gefäßinventar, verkohlte Getreidereste sowie Reste eines Backofens legen diese Interpretation nahe. Allerdings ist auffällig, daß in den bisher freigelegten

10 Keramikgeschirr in Sturzlage aus dem Ostflügel des Tempels 1.





11 Reste einer der beiden tonernen Sitzbadewannen in der Badestube des Tempels 1.

Räumen (überwiegend in den Hang eingetiefte Keller) durch Vorratsgefäße kenntliche Magazine fehlen. Der Wirtschaftstrakt war durch zwei gesonderte, ebenerdige Seiteneingänge zugänglich, deren Türschwellen sich gut erhalten haben.

Insgesamt ist somit die Funktionsgliederung der einzelnen Bauteile des Tempels in ihren Grundzügen recht klar zu erkennen.

Zwei neue Könige

Das wichtigste in der Tempelruine auf der Nordterrasse entdeckte Fundensemble ist eine Ansammlung von 65 Tonplomben, überwiegend von Ledersäcken und anderen Behältnissen. Ein Großteil zeigt Abdrücke von Hieroglyphensiegeln. Sie weisen die Namenszüge verschiedener Personen und ihre Titel auf. Meist sind es bestimmte Funktionäre bzw. Beamte, die mit ihrem persönlichen Siegel den Inhalt der Behältnisse oder zumindest deren ordnungsgemäßen Verschluss garantierten. Unter anderem findet sich mehrfach der aus der hethitischen Geschichte wohlbekannte Name Suppiluliuma. Bei den Neufunden handelt es sich jedoch nicht um einen der beiden Herrscher dieses Namens, da die sonst hinzugefügte Hieroglyphe »Großkönig« hier fehlt.

Hingegen zeigen andere Siegelabdrücke neben dem Namenszug »Ma-(oder Mi-)zitima« klar das Zeichen »König«, jedoch ohne »groß« 12. Diese im hethitischen Schrifttum noch nicht belegte Person besaß demnach den Rang eines Königs oder beanspruchte diesen Rang zumindest.

Durch den Fund aus einem anderen Grabungsareal am Westhang von Kuşaklı ist noch ein weiterer, bislang unbekannter Herrscher nachzuweisen. Auf der Außenseite eines Keramikgefäßes fand sich der Abdruck eines Königssiegels mit dem Namen »Sarijasa« 13. Damit deutet sich die Existenz einer lokalen Dynastie an. In welchem Verhältnis diese »Kleinkönige« zu dem in Hattuša residierenden Großkönig standen, ist noch unklar. Wieder-



12 Abdruck eines Hieroglyphensiegels auf einer Tonplombe aus Tempel 1. Der Name ist von oben nach unten zu lesen und lautet »Ma-(oder Mi-)zitima«. Durch ein Zeichen am linken Rand des Bildfeldes ist diese Person als König gekennzeichnet. Da jedoch das Zeichen »groß« fehlt, muß es sich um einen Lokalkönig bzw. »Kleinkönig« handeln. Originalgröße.



13 Siegel des Königs »Sarijasa« vom Westhang in Kuşaklı-Sarissa. Originalgröße.

oben:
Abdruck des Siegels auf einem Tongefäß.



unten:
Deutung der Hieroglyphen
»Sa-ri-ja-sa«:
Krone = König
sa = Siegel
ri-ja = Ligatur
sa = Ziegenkopf
Ebenso wie der in Abbildung 12 belegte Herrscher war dieser König bislang noch nicht bekannt.



14 Prospektion des ehemaligen Stadtareales von Kuşaklı-Sarissa mit einem Sechsfach-Fluxgate-Gradientensonden-Array des Institutes für Geophysik Kiel. Gemessen wird die Differenz des Magnetisierungsgrades archäologischer Strukturen im Boden zur Stärke des natürlich-magnetischen Erdfeldes. Reste gebrannter Lehmziegelmauern sind beispielsweise als starke positive Anomalien zu erkennen, Kalksteinfundamente als negative Anomalien aufgrund ihrer im Vergleich zum umgebenden Boden geringeren Magnetisierung.

holt sind jedoch Autonomiebestrebungen für verschiedene Teile des Reiches überliefert. Die Einheit des hethitischen Herrschaftsgebietes, das zeitweilig vom Schwarzen Meer bis zum Mittelmeer reichte und an das Ägyptens grenzte, war mehrfach ernstlich gefährdet. Die verschiedenen regionalen Kleinkönige, seien sie nun selbsternannte oder vom Großkönig belehnt, dürften hierbei eine wichtige Rolle gespielt haben.

Die Bindungen Sarissas an den Großkönig belegt auch ein Neufund, der erst kürzlich während der vierten Grabungskampagne im August 1996 gemacht wurde: Im Bereich der Ruine eines gut 60 m langen Gebäudes (Palast?) auf der Südostseite der Akropolis von Kuşaklı wurde eine gesiegelte Tonbulla von besonderer Art entdeckt. Im Gegensatz zu den bislang gefundenen Siegelabdrücken mit Hieroglypheninschrift sind hier zwei umlaufende keilschriftliche Zeilen zu erkennen. Trotz des schlechten Erhaltungszustandes läßt sich der Text noch recht klar rekonstruieren: »Siegel des Tabarna, des Großkönigs, wer es vertauscht, wird sterben.«

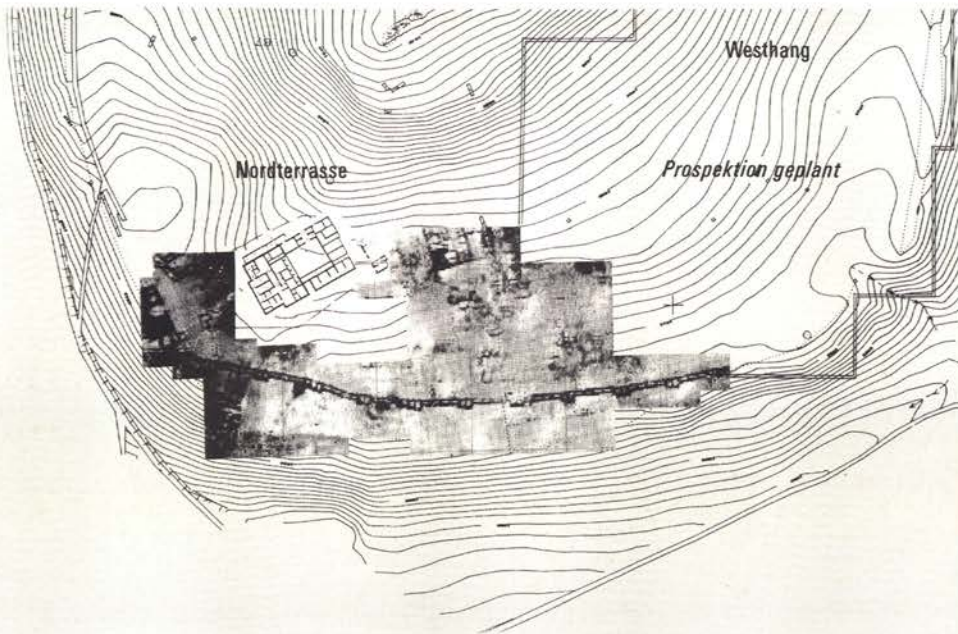
Die Bulla mit diesem Abdruck dürfte an einer (nicht erhaltenen) Urkunde befestigt gewesen sein, die in der Kanzlei des Großkönigs ausgestellt worden ist. Die Zentralmacht ist somit auch in der Provinz präsent. Um ein Unterlaufen ihres Willens zu verhindern, wird Urkundenfälschung gar mit der Höchststrafe belegt. Der genannte Königsname bezieht sich auf den Reichsgründer Labarna bzw. Tabarna. Doch dürfte hier kaum diese konkrete Person gemeint sein, da »Tabarna« (wie später »Caesar/Kaiser«) von den Thronnachfolgern als

Titel verwendet wurde. Auf großköniglichen Amtssiegeln des Alten Reiches (16. Jahrhundert v. Chr.) ist stets nur dieser Herrschaftstitel angegeben. Erst nach 1500 v. Chr. beginnen die hethitischen Großkönige ihre Eigennamen in der Siegellegende zu nennen. Auch aufgrund anderer Indizien ist der Neufund klar in die Frühzeit der hethitischen Geschichte zu datieren.

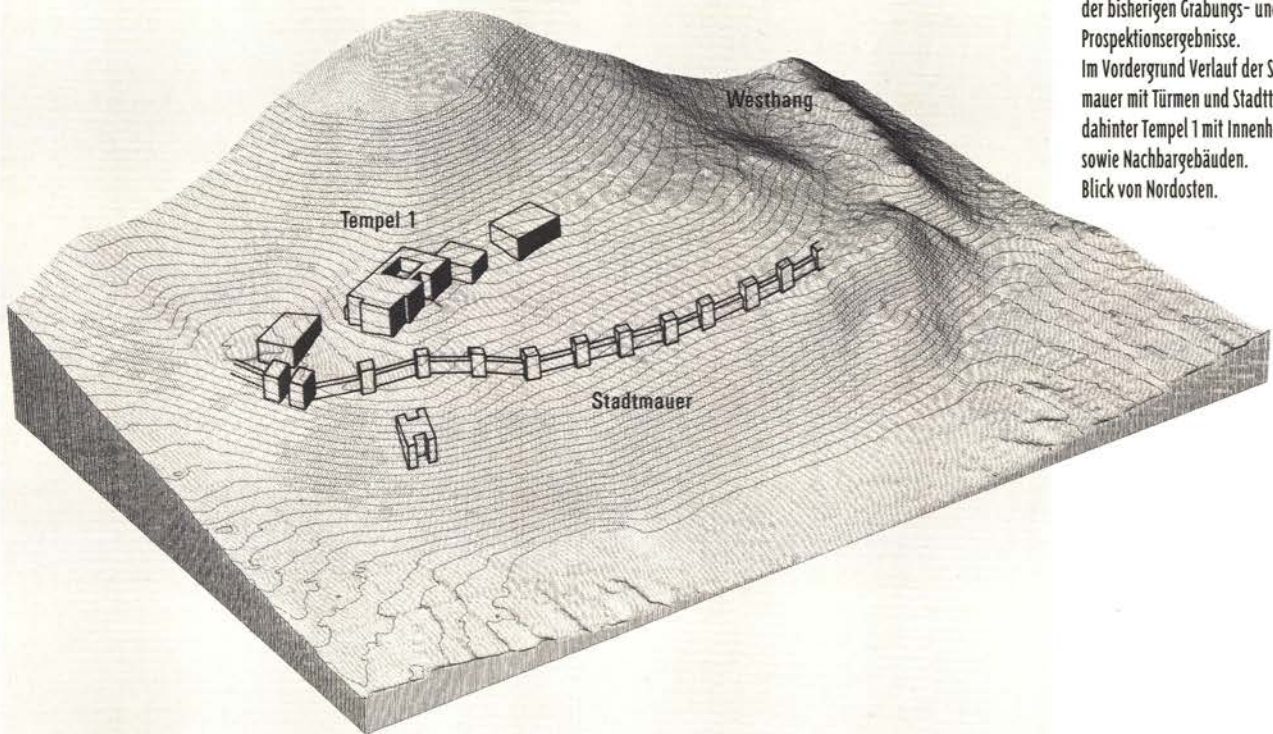
Interdisziplinäre Zusammenarbeit

Bei der Erforschung einer frühen Stadt und ihrer Geschichte reichen allein archäologische Methoden nicht aus. Für die Auswertung der Schriftfunde ist die Philologie unerlässlich. Zur Rekonstruktion der einstigen Umweltverhältnisse und der Ernährung der Bevölkerung sind ferner die Tierknochen aus Speiseabfällen biologisch zu bestimmen und verkohlte Pflanzenreste von Archäobotanikern zu untersuchen. So zeigte beispielsweise die Analyse von Pflanzenresten aus Kuşaklı die Nutzung von Gerste, Saatweizen, Emmer und Einkorn als Getreidearten; zudem wurde Wein angebaut. Als wildwachsende Sammelfrüchte sind Weißdorn und Pistazie nachweisbar.

Besondere Bedeutung bei der Erschließung des ursprünglichen Baubestandes in heute vollständig eingeebneten Stadtruinen haben in den letzten Jahren zunehmend geophysikalische Prospektionsmethoden erlangt. Die durch ein Team des Institutes für Geophysik der Universität Kiel und des Geoforschungszentrums Potsdam unter der Leitung von Harald Stümpel in Kuşaklı durchgeführten Messungen sind hier beispielhaft **14**. Der Einsatz verschiedener, sich gegenseitig ergänzender Ver-



15 Nur im Prospektionsbild zu erkennen: der Grundriß der vollkommen eingeebneten nördlichen Stadtmauer von Kuşaklı-Sarissa, einer sogenannten Kastenmauer mit vorspringenden Türmen im Abstand von jeweils rund 25 m.



16 Schematische Rekonstruktion des nördlichen Stadtviertels von Kuşaklı-Sarissa aufgrund der bisherigen Grabungs- und Prospektionsergebnisse. Im Vordergrund Verlauf der Stadtmauer mit Türmen und Stadttor, dahinter Tempel 1 mit Innenhof sowie Nachbargebäuden. Blick von Nordosten.

fahren (Geoelektrik, -magnetik und Erdradar) brachte überraschend gute Ergebnisse. Klar zeichnet sich im Prospektionsbild der Verlauf der Stadtmauer mit ihren vorspringenden Türmen ab **15**. Zudem sind ein Tor und verschiedene größere Gebäude im Umfeld des Tempels auf der Nordterrasse zu erkennen. Jüngste Messungen in anderen Stadtgebieten, die erst im September 1996 abgeschlossen wurden, führten zur Entdeckung weiterer Stadttore. Damit steht nunmehr fest, daß Sarissa ursprünglich vier derartige Eingänge besaß. Die geophysikalischen Untersuchungen ermöglichen somit in Ergänzung zu den archäologischen Grabungen einen großflächigen Einblick in die Grundstrukturen der Bebauung der Stadt und ihres ursprünglichen Aussehens **16**.

Nur in der Zusammenarbeit verschiedener geistes- und naturwissenschaftlicher Disziplinen kann es gelingen, eine konkrete und möglichst umfassende Vorstellung des Lebens in Kuşaklı-Sarissa zu bekommen. Mehr als manche anderen Fächer ist gerade die moderne Archäologie auf eine solche Kooperation angewiesen.

Literatur zum Thema und Bildnachweis ► Seite 94

Prof. Dr. phil.

Andreas Müller-Karpe

geb. 1957 in München. Studium der Vor- und Frühgeschichte, Altorientalistik und Klassischen Archäologie in Marburg, Tübingen und München. Promotion in Marburg (1984). Wiss. Assistent in Kiel, dort Habilitation (1991). Seit 1993 Leitung der Ausgrabungen in Sarissa (Türkei). 1995 Ruf auf eine Feibiger-Professur an der Universität Regensburg. 1996 Ruf auf einen Lehrstuhl an der Universität Marburg.

Forschungsgebiete:

Archäologie der Kelten, Vorgeschichte Nordafrikas, Altanatolien.

Lassen sich Eier

Blick in die Wissenschaft
Forschungsmagazin der Universität Regensburg
Nummer 1/1
1. Jahrgang
DM 12
ISSN 0942-928X

Essay
Zeichen aus dem Leinwand
Die Abschiedsfeier von Wolfgang Am. ein neuer Kunstwerk
in Regensburger Universitätskirche

Wirksamere Medikamente
Rechts oder links - das ist hier die Frage
Was hat Ihre rechte oder linke Hand
mit dem Ausschleichen zu tun, die Sie verschlucken?

Reichstagsgeschichte
Mit der Reichsstadt in der Stadt residierende
Reichstagskanzlei
in Regensburg

Kirchengeschichte
Der Fall des Würzburger Apologeten
Hermann Schell (1850-1900)
Über die Anfänge der sog. Modernisierungen in Deutschland

Dies Academicus 1992
Das städtische Festzweck:
Wie lebte die Universität
in der modernen Welt

Elektrischer Sinn
Festkörper in tragischen Fällen
Kommunikation bei
schwerhörigen Tieren

Quellschriften der Theologie
Auf dem Schattens der Reine
der Leinwand das Neue besser
Werkstattbericht: Die Sammlung "Recht der Theologie"

Entzündliche Darmerkrankungen
Wann das Immunsystem des Darms
aus dem Gleichgewicht gerät
Entzündungsreaktionen im Dickdarm und falls daraus

Architektur als Sprache
St. Peter in Rom als Mausoleum der Päpste
Kontexte der Renaissance
und die Welt der Kunst



Was dem Zurecht
geräumt der Mensch
seiner Leistungen

Blick in die Wissenschaft
Forschungsmagazin der Universität Regensburg
Heft 2
2. Jahrgang 1993
DM 12
ISSN 0942-928X

Essay
Wie frei ist die Kunst?
Überlegungen zum Verhältnis von
Literatur und Moral

Interkulturelles Lernen
Wie verhandelt man mit Ökonomie?
Warum erleben Amerikaner deutsche als star?
Psychologie der Kognition und kulturelle

Biologische Arzneimittel
Tumorbehandlung mit Naturstoffe -
eine Utopie?
Einsatzmöglichkeiten durch pharmakologische

Klassische Archäologie
Gatterfeste, Werkstätten und Herbergsplätze
Auf dem Weg
zu einem neuen Verständnis des Perfektions

Werkstattbericht
Jens in Regensburg
Anfangs Unterrichtsbereich in herkömmlicher Art:
Das Werk des Kunst

Festrede
Wahlkreis
oder die Republik des Bahren
zu ihrer Nationalfeier

Materialforschung
Schwebende Magnete
und Strom ohne Widerstand
Nichtzerstörungs-Techniken

Bindungsforschung
Wieder auf einer Seide -
Kunstliche Bindungen
in kulturwissenschaftlicher Sicht

Marketing
Wann kaufen Verbraucher
neue Markenartikel?
Praktische Ergebnisse von Konsumenten



Wie folgt sich
unendliche Natur
der sich wiederholend
auf dem Foto
reproduziert wie Zauberei,
ist möglicher Physik
abstrakt?
Bei mir ist die "Celle"

Blick in die Wissenschaft
Forschungsmagazin der Universität Regensburg

Essay
Ein Leben ohne Chemie-
Treiber oder Abgänger?
Moral und Kultur der Chemie

Hochtemperatur-Ökologie
Macht die Wärme
mehr als die Sonne
in der oberen Troposphäre?

Blutdruck
Wann das Herz überfordert ist
reguliert die Hormone
die den Blutdruck steuern

Krebstherapie
Innovative chemische
und biologische Wirkstoffe
in der Krebstherapie

Festrede
Die Reformation
im Wandel der Altersstruktur
nach 50 Jahren

Verfassungsgeschichte
Wahlvergehen der Räte
in der Geschichte des Reichs
nach der Reichsreform

Antisemitismus
Republikanische
Funktionsbereiche
in der Antisemitismus

Kunst des Mittelalters
Macht der Gotik
Herzogtum der Alpen
in der Kunst

Interview
Kognitives Verhalten
im Gehirn
die Welt des Menschen

vergriffen

vergriffen

Blick in die Wissenschaft
Forschungsmagazin der Universität Regensburg
Heft 6
6. Jahrgang 1995
DM 12

Essay
Versteht Sie Recht?
Zur Sprache der Antike

Umweltforschung
Tominerale als Welter der Menschheit
Alte Geschichte und moderne Reproduktion

Immuntherapie
Intravenöse Kampfsysteme
Wir sind ein komplexes System
in Regensburg

Biomaterialien
Weiße Hülsen für die Zähne
Periphere Zahnärztliche
in Regensburg

Sexuallockstoffe
Verlockende Düfte
Kommunikation
mit chemischen Signalen

Mittelalterliche Geschichte
Diplom, Kirchenrat und Mensch
von 1000 bis
in Regensburg

Werkstattbericht
"Das Liebesblatt der modernen,
geschichtlichen Archäologie"
Ein neuer Zugang zur Geschichte

Biblische Archäologie
Columbianische in der Welt
der Antike von 1000 bis

Report
Schlüsselöffnungen
die Welt der in Regensburg



Diese
Mikroorganismen
sind ein
Beispiel für
die Regensburger

Blick in die Wissenschaft
Forschungsmagazin der Universität Regensburg
Heft 7
7. Jahrgang 1995
DM 12

Essay
Erdwärmekäfer oder Protein sind, die
Beziehung des griechischen Protein der Erde,
die wichtige, entsprechend in allen Organismen
an Lebenswichtigen Aufgaben beteiligt. Ihre
Funktion ist dabei streng an ihre genaue
Definieren. Diese haben sich spontan und
autonom oder unmittelbar nach der Synthese
Wie die Strukturänderung vor sich geht, ist
ein großer ungelöstes Rätsel der Biochemie.

Blickpunkt
Vom Vorleser der Physik
Reinhold Heide in Regensburg
1995

Zellbiologie
Wie können wir zwischen zwei
Zellen unterscheiden?
Kultur für die zelluläre Kommunikation

Festvortrag 1995
Klein und Mensch
In Regensburg

Eigenbluttransfusion
Immunsysteme eines
Körper des Menschen

Molekülstruktur
Lassen sich Eier entkochen?
In Regensburg

Biologische Membranen
Was ist die Welt und was ist
die Welt der Membranen der Pflanzen

Lehr-Lern-Forschung
Das Lernen beginnt
in der Welt der Pflanzen



Zellbiologische
Regensburger
Beide

Mittels einer
biologisch
angereicherten
Sportarten
lassen sich
wichtige
Zuckertransport
in den
Pflanzen
erhalten.

Lassen sich Eier entkochen?
Treibende Kräfte
biologischer Selbstorganisation

Molekülstruktur
Erdwärmekäfer oder Protein sind, die
Beziehung des griechischen Protein der Erde,
die wichtige, entsprechend in allen Organismen
an Lebenswichtigen Aufgaben beteiligt. Ihre
Funktion ist dabei streng an ihre genaue
Definieren. Diese haben sich spontan und
autonom oder unmittelbar nach der Synthese
Wie die Strukturänderung vor sich geht, ist
ein großer ungelöstes Rätsel der Biochemie.

Van der Waals
Diese
Erdwärmekäfer
sind ein
Beispiel für
die Regensburger

Voigt

Forschung aktuell

Forschung aktuell

6

7

Martina
Beißinger
Reiner
Jenniche

entkochen?

nschaft Heft 3 3. Jahrgang 1993 DM 12

3 ISSN 0942-928-X

Blick in die Wissenschaft

Forschungsmagazin der Universität Regensburg

Heft 4 3. Jahrgang 1993 DM 12

4 ISSN 0942-928-X

Blick in die Wissenschaft

Forschungsmagazin der Universität Regensburg

Heft 5 3. Jahrgang 1994 DM 12

5 ISSN 0942-928-X

Forschung aktuell

- Essay**
Waren müssen Wissenschaftler über Risiko reden? (10) Welche Rolle spielt die Angst mit?
- Grundlagen der Ethik**
Moralischer Realismus für objektives Urteilen notwendig bleibt
- Tumortherapie**
Mit Licht gegen Krebs: Ein neuer Behandlungsmöglichkeit für Tumore der Haut
- Werkstattbericht**
Kultivierte Zellen: Eine neue Technik zur Züchtung von praprogenetischen Zellen
- Echohorung**
Sehen mit des Gehörs: Das Nervengewebe von Fledermäusen
- Mykologie**
Pflanz im Sumpf: Anpassung des Kaktus 'Sagittaria' an wässrige Umgebungen
- Festvortrag**
Der reichste Gewinner: Über das Genom des Menschen
- Ostrechtstutorium**
Neue Rechtsprechung in Ostdeutschland: Die Bedeutung des Bundesverfassungsgerichts
- Fundamentalismus**
Das orthodoxe Judentum: Die Bedeutung der Gesetze des Pentateuch

Die Wirkung des Gehörs - wie Fledermäuse auf Jagd nach Insekten.

vergriffen

ische Frage: ...

39



mit 32 Amisotern als Bausteinen entsprechend 20^{er} oder 30^{er} unstrahlende Sequenzen. Demgegenüber ist selbst die von Albert Einstein 19^{er} umschriebene Idee, ein Sequenz eine demnach nicht für eine atomare Verbindung zu sein, die die Anzahl verschiedener, wesentlichen Bausteine Zellen enthält, man als Winter nach als Präsequenzen einen, dem ergeben: AAAAAAAAAA oder ZZZZZZZZZZ. Verkettungen von 10 oder 100 oder 1000 Identischen Aminosäuren in Moleküle der Erbinformation als natürliche Prozesse vorkommen. In zugleich Vorwiegend, wenn auch in unterschiedlichen Zeilen, künftige Erbinformation durch Maße, herauszufinden (Lehmann, Dango), unvollständige Moleküle in den wasser gelöstem Wurzeln nicht produziert, oder, bevor man sie sichtbar lösen nicht mehr, sondern Sequenz zu stabilisieren vermag.

Darüber sind wir an einem Punkt angelangt, an dem sich erweist die Frage nach der Zusammenhang von Struktur, Funktion und Stabilität eines Erbinformationale oder Prozess sind an allen wesentlichen Prozessen in der Zelle, von Mikroskopisch bis hin zum Molekular, biologisch, Sie bilden die Zellkern und Organell, Funktionen bilden immer Teilprozesse bei der Signalübertragung, Moleküle, werden als Kapseln in komplizierten Anordnungen im Nervensystem, wobei wiederum eine Gruppe von Hormonen dar, oder erhaltigen schließlich Schutzstrukturen wie z.B. im Falle der möglichen der Immunsystem. Als Enzyme ermöglichen chemische Reaktionen unter milden Bedingungen, die im chemischen Laboratorium nur unter extremen, d.h. unphysiologischen Bedingungen ablaufen. Chemisch gesehen gehen sie als segmente Polypeptide durch Wasserstoff

ist jedoch (1988-1994), so muss die Zahlen im Bild (Dauer) zeigen die Dinge sich in Richtung der Dinge in die parallel mit der der unvollständigen Bausteine.

In Verbindung mit einer Vorwiegend an biologischen Zellen hat sich in der Richtung der Zellproteine, der vollständigen, das herauszufinden, nicht weniger wichtige Aufgaben herausgegriffen.

anderen Prozess anzuzeigen, die Stoff von Chloroplast & Mitochondrien ausgeht.

Vielleicht doch!

Natürlich nicht zu Hause in der Küche. Aber im Forschungslabor ist es unter Umständen möglich, ein hartgekochtes Ei in ein rohes Ei zurückzukochen, und damit kommt man der Lösung eines der großen Rätsel der Biochemie einen Schritt näher.

Wie das funktioniert, macht **Blick in die Wissenschaft** verständlich, ebenso viele weitere faszinierende Vorgänge und Projekte aus dem Bereich von Wissenschaft und Forschung. Ob es dabei um Grundlagenforschung geht, um angewandte Forschung oder um einen kritischen Essay - das Forschungsmagazin **Blick in die Wissenschaft** präsentiert Ihnen die spannenden Fragen und Ergebnisse heutiger Wissenschaft, und das seit 1992. Und diese Themen bleiben auch dann noch aktuell, wenn das Magazin schon vergriffen sein sollte, wie dies bei den Ausgaben 1, 2 und 3 der Fall ist. Ansonsten bei Ihrem Buch- oder Zeitschriftenhändler.

Übrigens: Ab Nr. 4 gibt es noch Restbestände. Wenn die von Ihnen gewünschten Hefte im Handel nicht mehr erhältlich sind, verwenden Sie die eingepfeftete Bestellpostkarte.

Dynamische (A)Symmetrien

Strukturkonstanten im Entwicklungsprozeß

unserer Buchstabenformen

Schriftmorphologie

Jede(r) von uns liest und schreibt. Kaum eine(r) hat jedoch eine Ahnung davon, nach welchen Kriterien sich unsere Buchstabenformen entwickelt haben. Hier kann erstmalig gezeigt werden, aufgrund welcher schreibmotorischen Prozesse sich seit der Bronzezeit Struktureigenschaften von Buchstabenformen entwickeln konnten, die noch heute für unsere Alphabetschrift bestimmend sind.

Die semitische Basis unseres Alphabets

Heute kann davon ausgegangen werden, daß es um die Mitte des zweiten Jahrtausends vor Beginn unserer Zeitrechnung auf der zum ägyptischen Herrschaftsbereich gehörenden Halbinsel Sinai semitische »Gastarbeiter« gegeben hat, die – vermutlich in Kenntnis der hieroglyphischen Wort- und Konsonantenzeichen der alten Ägypter – eine rein alphabetische Schrift erfunden haben. Die Buchstabenformen repräsentierten jedoch nur die konsonantischen Laute des altsemitischen Dialekts der Erfinder, was der besonderen Struktur semitischer Sprachen jedoch durchaus angemessen war und heute im Hebräischen und Arabischen grundsätzlich noch ist. Die ersten der in Stein gehauenen Texte dieser Art geben Götteranrufungen und Weiheäußerungen wieder **1**. Wie zu sehen

ist, sind diese ersten Buchstabenformen noch sehr bildhaft: ein Rindskopf 𐤀 steht für den semitischen glottalen Knacklaut /ʔ/, eine Schlange 𐤁 für /n/, ein Hausgrundriß 𐤂 für /b/ und so weiter. [Zwischen Schrägstrichen /.../ werden in der Sprachwissenschaft die Lauttypen (=Phoneme) einer Sprache notiert.] Die Verbindung zwischen der Bildform des Buchstabens und seiner Lautqualität wird durch das semitische Wort für den jeweils abgebildeten Gegenstand, das auch der Name des betreffenden Buchstabens ist, hergestellt; der Anfangslaut des betreffenden Wortes wird durch den so benannten Buchstaben repräsentiert. Also 𐤀 für »Rind« bzw. für den initialen Knacklaut dieses Wortes /ʔ/, 𐤂 für »Haus« bzw. für den Laut /b/ und so fort. Das altsinaitische und das sich bis ca. 1000 vor unserer Zeitrechnung daraus entwickelnde phönizische Alphabet sind in Abbildung **2** dargestellt.

Greifen wir uns jetzt zwei Buchstaben heraus, etwa *kap* und *mem*. In ihrer bildhaften Ursprungsphase (bis ca. 1500 v.u.Z.) zeigten sie prototypisch jeweils die Formen 𐤀 und 𐤁 . Das erste Zeichen 𐤀 *kap* bildet eine menschliche Hand ab (mit weggedrehtem Daumen), das Wort *kap* bedeutet »Hand«, sein Zeichen 𐤀 steht für den Laut /k/; das zweite Zeichen 𐤁 *mem* bildet eine gekräuselte Wasseroberfläche ab, das Wort *mem* bedeutet »Wasser«, sein Zeichen 𐤁 steht für den Laut /m/. Die nordwestsemitischen Schreiber vereinfachten mit wachsender Schreibpraxis in den folgenden Jahrhunderten bis ca. 1100 v.u.Z. diese und andere Formen ihres frühen Alphabets (**2**, rechte Spalte); die Buchstabenformen wurden mittels Griffel oder Rohrfeder flüssiger geschrieben und wurden im Vergleich mit den frühen bildhaften Formen dadurch auch abstrakter bzw. einfacher. Dadurch wurden solche Formen sowohl für den Schreiber als auch für den Leser leichter und eindeutiger aus dem Gedächtnis abrufbar.

Im Falle von 𐤀 *kap* ergaben sich in einer ersten Vereinfachungsstufe Formen wie 𐤀 , d.h. als Merkmale der frühen Form blieben nur drei (nicht mehr vier) gabelförmige Spitzen übrig. Unter der Annahme, daß die Striche der Form 𐤀 beim Schreiben einander von links nach rechts folgen – wofür es plausible Gründe gibt –, kann die nächste Entwicklungsstufe von *kap* 𐤀 dadurch erklärt werden, daß die Schreiber den dritten Strich als finalen Abstrich nach unten ausgreifen ließen. Damit hat sich mit der phönizischen Buchstabenform 𐤀 um ca. 1000 v.u.Z. eine Struktur entwickelt, die als aus zwei Elementen zusammengesetzt analysiert werden kann: einer kurzen

1 Altsinaitische Inschrift, ca. 1500 vor unserer Zeitrechnung. Einige der bildhaften Zeichen ähneln zwar altägyptischen Hieroglyphen, anders als diese stehen die altsinaitischen »Bilder« jedoch konsequent für bestimmte Lauttypen:
das Bild eines Rindskopfes 𐤀 steht für den semitischen Knacklaut /ʔ/,
das Bild einer Schlange 𐤁 für /n/,
das Bild einer Wasseroberfläche 𐤂 für /m/ usw.
Die Schreibrichtung ist linksläufig.



Strichfolge, die einen Winkel bildet, und einem schreibmotorisch gesehen finalen Abstrich, der die Winkelspitze berührt: > + | = ꝛ.

Das erste Strukturelement wird *Coda* genannt, das zweite *Hasta* (lat. »Stange, Speer«). Diese Struktur *Coda*+*Hasta* (von der schreibmotorischen Sequenzierung, also vom *Duktus* her gesehen) bzw. *Hasta*+*Coda* (von der von rechts nach links gehenden = sinistrograden Leserichtung her gesehen) ist bei etwa der Hälfte der 22 phönizischen Buchstabenformen nachweisbar, kann also schon aus rein quantitativen Gründen als strukturelles Charakteristikum des phönizischen Alphabets angesehen werden.

Wie bei *kap* ꝛ ist auch bei *mem* ם («Wasser») und *nun* ן («Schlange»), die sich analog zu dem bei *kap* beschriebenen Prozeß zu den Formen ם bzw. ן weiterentwickelten, das schreibmotorisch induzierte *Hasta*+*Coda*-Strukturprinzip realisiert worden.

Ein anderer Ursprung für das Zustandekommen der *Hasta*+*Coda*-Struktur ist bei *waw* ן («Keule») und *rosch* ר («Kopf») zu konstatieren. In beiden Fällen ist diese Struktur schon in den frühesten bildhaften Formen der genannten Buchstaben angelegt: *waw* ן entwickelt sich über ן zu der einzülig geschriebenen Form ן (der Codabogen sitzt links oben an der *Hasta*); *rosch* ר wird vereinfacht zu ר, d.h. die Hinterkopf- und Nackenlinie wird zur *Hasta*, das Gesichtsprofil zu einem Winkel, der sich als *Coda* links oben an die *Hasta* anschließt.

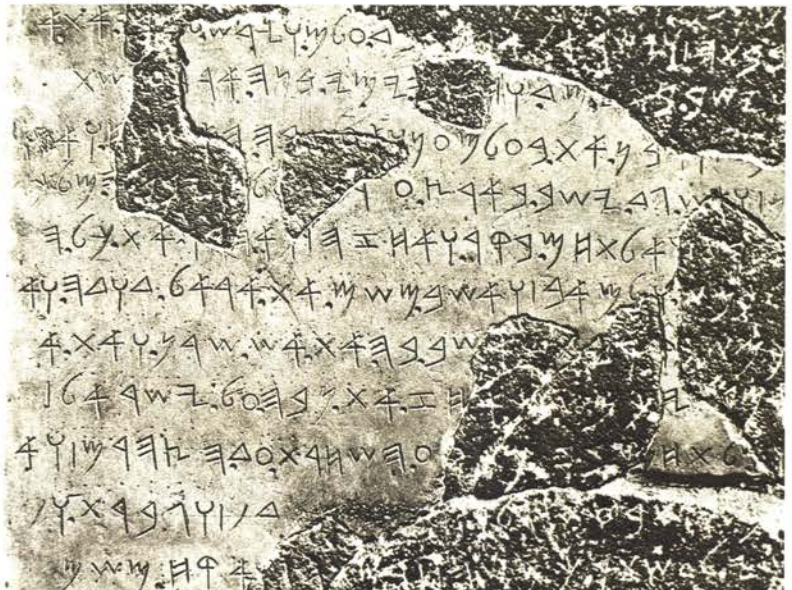
Das Entstehen der *Hasta*+*Coda*-Struktur wird also aus zwei Quellen gespeist: einmal aus der überschießenden Schreibmotorik, die einen mehr oder weniger vertikalen *Hasta*-Zug entstehen läßt; zum anderen aus der schon in frühesten bildhaften Buchstabenformen inhärenten Linienführung, die durch schreibmotorische Vereinfachung »wie von selbst« in eine *Hasta*+*Coda*-Konfiguration übergeht. Eine wichtige mit der *Hasta*+*Coda*-Struktur gekoppelte topologische Eigenschaft der betreffenden Buchstabenformen besteht in deren Vektorialisierung nach links, d.h. die Codafiguren sind grundsätzlich in Lese- und Schreibrichtung (= sinistrograde Buchstabenabfolge) orientiert **2**. Damit verbunden ist eine gewisse Gleichförmigkeit sowohl des neuronal gesteuerten schreibmotorischen Prozesses als auch des visuellen Wahrnehmungs- und Dekodierungsprozesses beim »Lesen« der von rechts nach links sequenzierten Buchstabenformen. Wie zu zeigen sein wird, spielen diese Faktoren, die mit dem gegen Ende des zweiten Jahrtausends v. u. Z. entwickelten *Hasta*+*Coda*-Strukturprogramm gekoppelt sind, auch in den folgenden eineinhalb Jahrtausenden bei den Veränderungen der Buchstabenformen des griechischen und lateinischen Alphabets eine entscheidende Rolle. Daraus ergibt sich aber auch die vorläufige Schlußfolgerung, daß bei dem hier aufgestellten *Hasta*+*Coda*-Strukturprinzip es sich nicht um eine zufällige Gestaltungseigenschaft der Buchstaben des phönizischen Alphabets handelt, sondern daß diese Struktur von griechischen – und später zu Beginn unserer Zeitrechnung auch von römischen Schreibern –

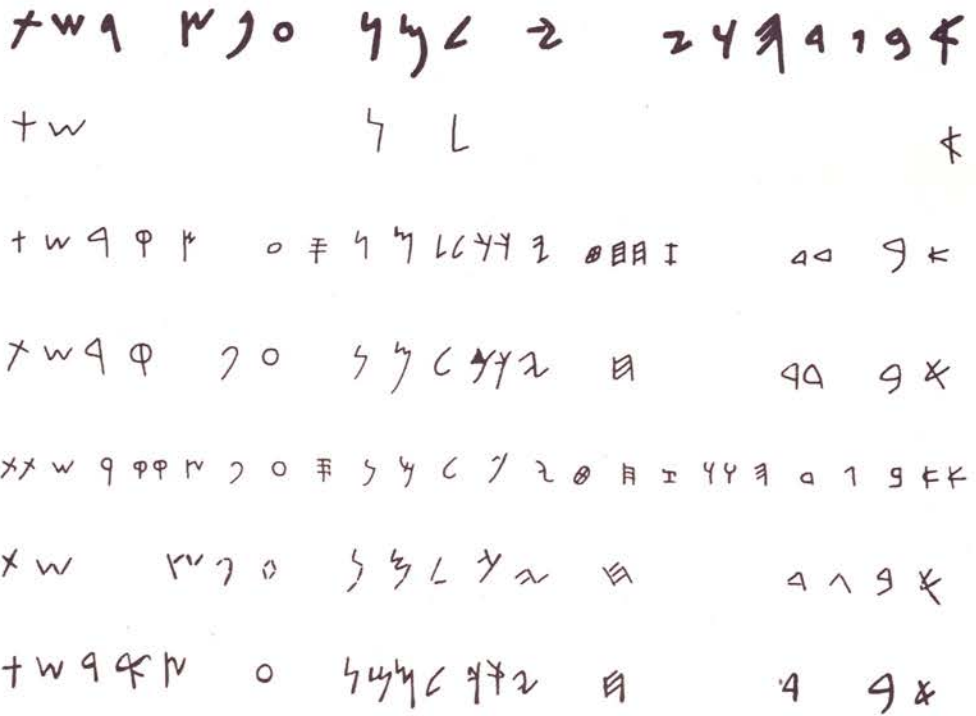
Metamorphose der ersten Buchstabenformen

/ Lautwert /	altsinaitisch	phönizisch
/ > /	𐤁	𐤅
/ b /	𐤂	𐤆 𐤇
/ g /	𐤃	𐤈
/ d /	𐤄	𐤉
/ h /	𐤅	𐤊
/ w /	𐤆 𐤇	𐤋 𐤌
/ z / (d)	𐤇	𐤍
/ ḥ /	𐤈	𐤎
/ y /	𐤉	𐤏
/ k /	𐤊	𐤐 𐤑
/ l /	𐤋	𐤒
/ m /	𐤌	𐤓
/ n /	𐤍	𐤔
/ c /	𐤎	𐤕
/ p /	𐤏	𐤖
/ s /	𐤐	𐤗
/ q /	𐤑	𐤘
/ r /	𐤒	𐤙
/ š / (s)	𐤓	𐤚
/ t /	𐤔	𐤛

2 Entwicklung von den prototypischen Buchstabenformen der altsinaitischen Zeit (ca. 1500 v. u. Z.) zu den stärker abstrahierten 22 Konsonanten der (proto)phönizischen Zeit (ca. 1100/900 v. u. Z.). Die Beziehungen zwischen den beiden Entwicklungsstufen sind nachvollziehbar. Ausnahme: die Formen für /d/ und /p/.

3 Inschrift der sogenannten Mesha-Stele, teilweise restauriert (Ausschnitt), ca. 840 v. u. Z. Auch hier läuft der Text von rechts nach links.





vermutlich weitgehend unbewußt bei den Veränderungsprozessen, die zu neuen Buchstabenformen führten, als eine Art Regulativ eingesetzt wurde. Ein Blick auf diejenigen spätemitischen Alphabete – speziell das hebräische –, die, wie das griechisch-lateinische, direkt vom phönizischen Alphabet abstammen, zeigt, daß bei den folgenden innersemitischen Formentwicklungen das Hasta+Coda-Prinzip keine entscheidende Rolle mehr spielte. Es ist an dieser Stelle müßig, über mögliche Gründe für diese Sachlage zu spekulieren.

Übernahme des phönizischen Alphabets durch die Griechen

In der Fachdiskussion besteht heute weitgehend Einigkeit darüber, daß der Zeitraum der Übernahme auf ca. 800 v. u. Z. anzusetzen ist. Die griechischen Empfänger müssen sich von Anfang an darüber klar gewesen sein, daß einige phönizische Buchstaben-Laut-Entsprechungen für die schriftliche Repräsentation der einen oder anderen alt-

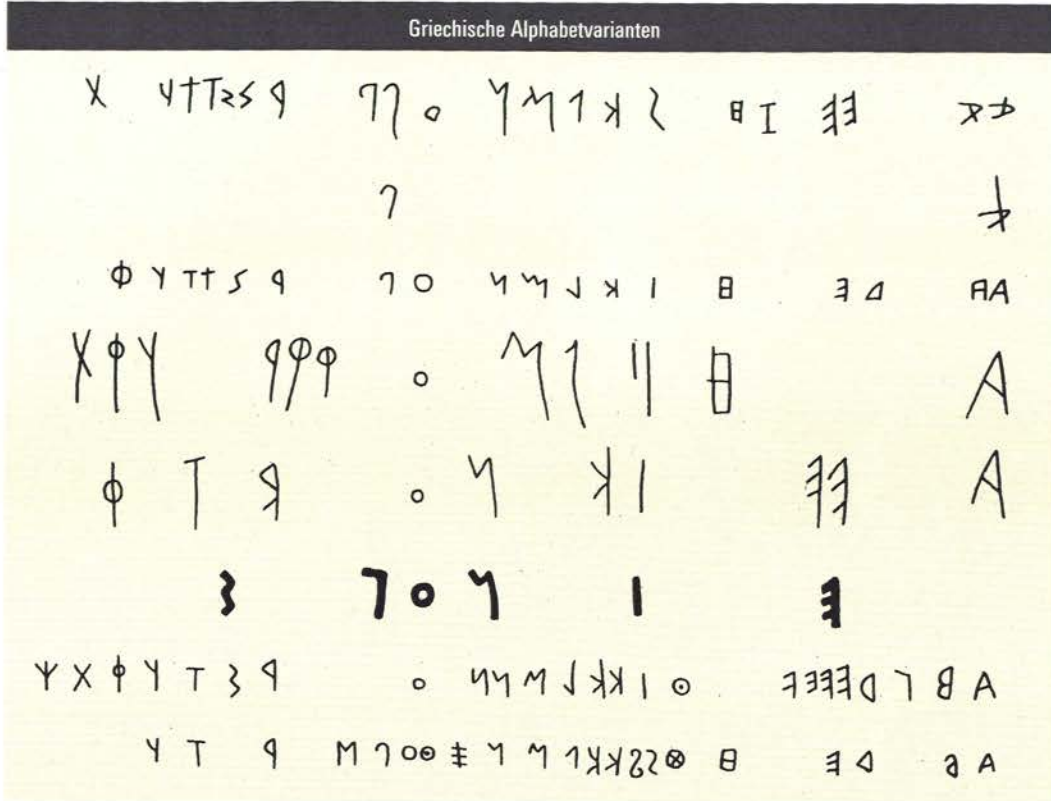
griechischen Dialektvarietät keine Gültigkeit haben konnten. Intuitiv muß ihnen der sprachtypologische Unterschied zwischen dem semitischen Phönizisch und dem indogermanischen Altgriechischen auf der lautlichen (phonologischen) Ebene eingeleuchtet haben. Was dem griechischen Empfänger nicht unbedingt klar gewesen sein muß, war die Tatsache, daß im phönizischen Alphabet grundsätzlich nur konsonantenrepräsentierende Buchstaben enthalten waren. Der schreiblernende Grieche bekam vermutlich von seinem phönizischen »Lehrer« ein Alphabet-Täfelchen gezeigt und zu der jeweiligen Buchstabenform deren phönizischen Namen genannt, also: א – ^ʾAlep; ב – bet; ג – he; ד – waw; ז – yod; ח – ^ʿayin 4.

Es war für den Griechen natürlich und naheliegend, für die ihm etwas fremd klingenden Anfangslaute der phönizischen Buchstabenamen die lautlich benachbarten griechischen Laute einzusetzen. So ergab sich die früheste griechische Vokalbuchstabenreihe 5.

5 Bei der Übernahme des phönizischen Konsonanten-Alphabets deuteten die Griechen, die noch keine eigene Schriftkultur hatten, einige phönizische Konsonantenbuchstaben zu Vokalbuchstaben um. Etwa 800 v. u. Z.

Von phönizischen Konsonantenbuchstaben zu griechischen Vokalbuchstaben

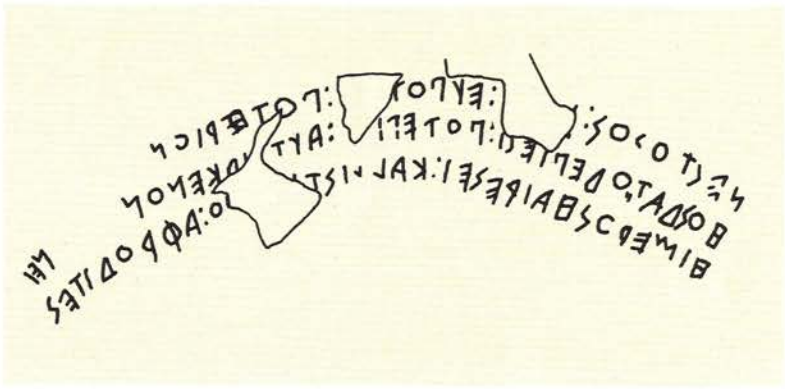
Phönizisch		Griechisch	
Buchstabe	/ Lautwert /	Buchstabe	/ Lautwert /
א	^ʾ Alep / ^ʾ / (ein glottaler Knacklaut)	Α	Alpha /a/
ג	he /h/	Ε	epsilon /e/
ד	waw /w/ (ein bilabialer u-Laut)	Υ	upsilon /u/
ז	yod /i/	Ι	iota /i/
ח	ayin / ^ʿ / (ein stimmhafter Rachenlaut)	Ο	omikron /o/



Damit verfügten die Griechen über ein Alphabet, mit dem sie die konsonantischen *und* vokalischen Bestandteile griechischer Wörter einigermaßen genau schriftlich abbilden konnten 6.

Wie bei einer Übernahmesituation zu erwarten ist, zeigen die frühesten griechischen Inschriften praktisch dieselben Buchstabenformen wie die ungefähr zeitgleichen phönizischen (vgl. 4 mit 6). Wesentliche frühe griechische Formveränderungen betreffen die Buchstaben *alpha*, *beta*, *delta* und *iota*: α wird nach links gedreht, es kommt so auf seine ›Füße‹ zu stehen; zugleich paßt es sich dadurch der Hasta+Coda-Struktur an: α (die durchgängige vertikalaxiale Symmetrisierung erfolgte erst später); das phönizische \aleph wird an seiner Spitze nach oben gespiegelt und ergibt β , zeitlich ungefähr parallel erscheint aber auch schon die ›moderne‹ Form mit zwei Halbbögen: β (auch hier ergibt sich eine klare Hasta+Coda-Struktur); das phönizische *dalet* Δ erscheint als *delta* in drei Varianten: Δ , ∇ und \triangle ; die ersten beiden zeigen die typische Hasta+Coda-Struktur, die zweite, mit schreibbeschleunigter Rundung, erscheint etwas später als kanonische Form im römischen Alphabet; die dritte vertikalaxial symmetrische Variante entspricht der klassischen und modernen Delta-Form; die winkligen bzw. hakenförmig gebogenen *iota*-Formen werden sehr früh durch einen einfachen vertikalen Strich / ersetzt (= eine Hasta mit Null-Coda) 8.

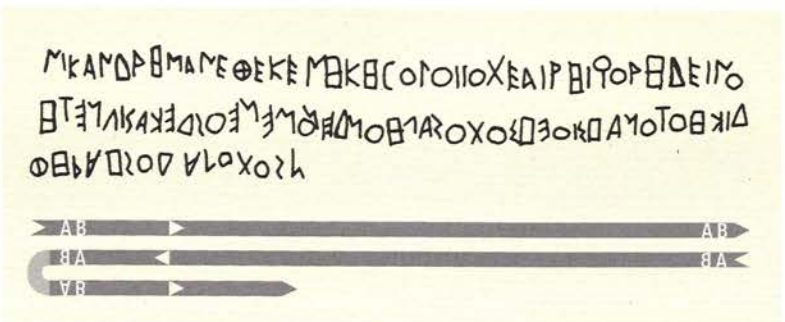
Während die Schreib- und Leserichtung phönizischer Texte konsistent von rechts nach links (sinistrograd) ging – im Hebräischen und Arabischen ist dies bekanntlich heute noch so –, finden sich in frühen griechischen Texten folgende Variationen: sinistrograd 7, dextrograd 8 und die Mischung beider Richtungen: *boustrophedon* (›wie der Ochse pflügt‹) 9.



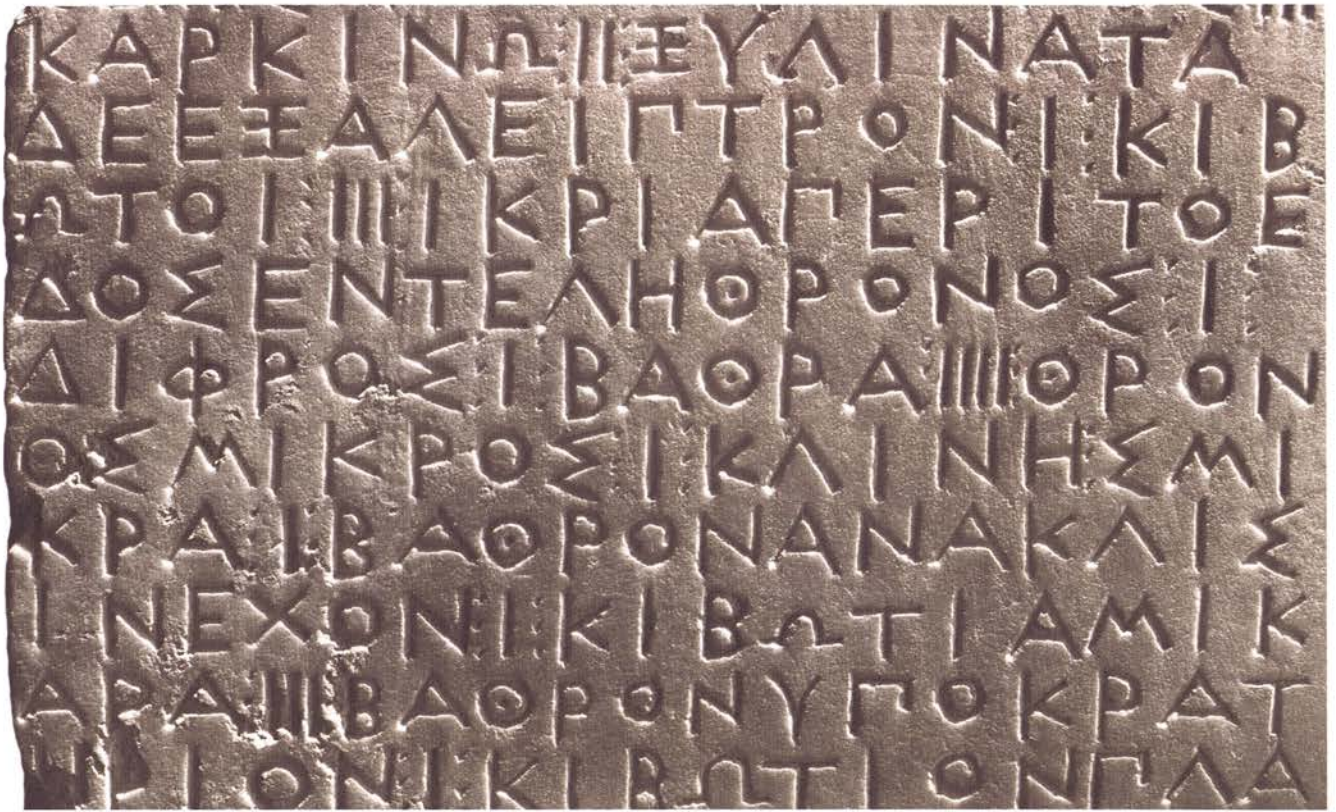
7 Linksläufige Inschrift auf dem sog. Nestorbecher, frühgriechisch, spätes 8. Jahrhundert v. u. Z.



8 Rechtsläufige Inschrift auf einer Votivplakette, Ägina, frühgriechisch, ca. 720 bis 710 v. u. Z.



9 Boustrophedon-Inschrift (›Nikander‹), Naxos, frühgriechisch, ca. 650 v. u. Z.



10 Die Rechtsläufigkeit ist Konvention geworden. Ausschnitt aus einer griechischen Tempelinventar-Inschrift, Ägina, ca. 410 v. u. Z.

11 Ausschnitt aus der römischen *lapis niger*-Inschrift (boustrophedon), ca. 600 v. u. Z.



12 Frührömische Inschrift, ca. 3. Jahrhundert v. u. Z.

CASTOR
PATER
SILVANO

Wie leicht zu sehen ist, folgen die Buchstaben mit Hasta+Coda-Struktur in ihrer Orientierung immer der jeweiligen Schreibrichtung, d. h. die Coda ›blickt‹ in Schreibrichtung. Daraus darf gefolgert werden, daß die altgriechischen Schreiber und Leser diese Buchstabenformen nicht als eine beliebige Kombination von Linienzügen angesehen haben; sie müssen vielmehr als Buchstabenformen mit einer gerichteten Struktur, mit einer bestimmten Vektorialität, aufgefaßt worden sein. Wenn man will, kann man darin einen mittelbaren Beweis dafür sehen, daß der Terminus Hasta+Coda-Struktur nicht nur für einen theorieinternen Begriff steht, sondern auch eine gewisse Verankerung in realen Schreib- und Leseprozessen gehabt haben muß.

Speziell bei der *boustrophedon*-Schreibart brachte es die Gleichsinnigkeit von buchstabeninterner Vektorialität und Schreibrichtung mit sich, daß Schreiber und Leser ihr Schriftproduktions- bzw. -wahrnehmungsprogramm von Zeile zu Zeile umstellen mußten. Dies galt natürlich nicht für die Buchstaben, die vertikalaxial symmetrisch geformt waren – I zeta, später schreibmotorisch zu Z vereinfacht, E (b) eta, später zu H vereinfacht,

⊗ theta, o omikron, ι tau und die sogenannten Zusatzbuchstaben Φ phi, X chi, Ψ psi und Ω omega.

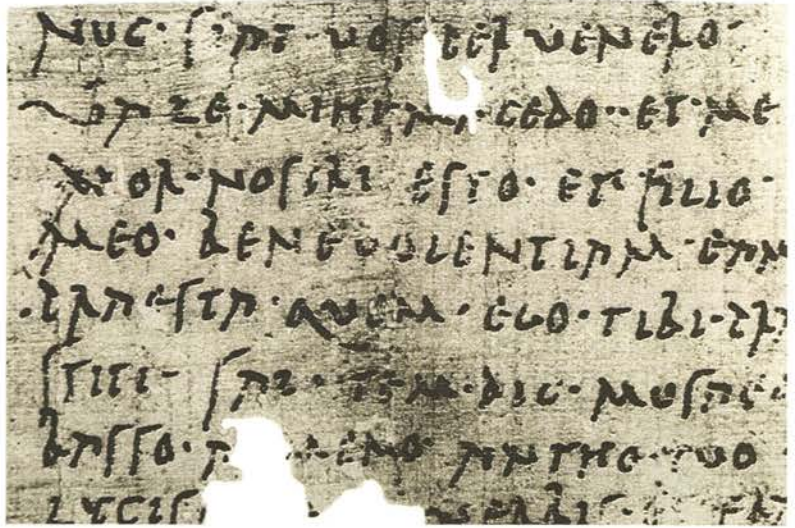
Man könnte es als eine Art von Entlastung des Erkennungsprozesses (nicht notwendigerweise des Schreibprozesses) von Buchstabenformen bei wechselnden Schreibrichtungen ansehen, wenn etwa im 6. Jahrhundert die Formen von Α, Δ, ς, Ν und Υ symmetrisiert wurden. Spätestens im 4. Jahrhundert wurde dann schließlich die rechtsläufige (dextrograde) Schreibart **10** konventionalisiert.

Wie im nächsten Abschnitt noch deutlicher werden wird, kommt es bei der Untersuchung von Schriftentwicklungsprozessen ganz wesentlich darauf an, zwischen geschriebenen und gezeichneten bzw. gemeißelten Formen zu unterscheiden; in aller Regel sind es geschriebene, der Schreibhandmotorik gehorchende Formen, die mögliche Ausgangspunkte für Veränderungen darstellen.

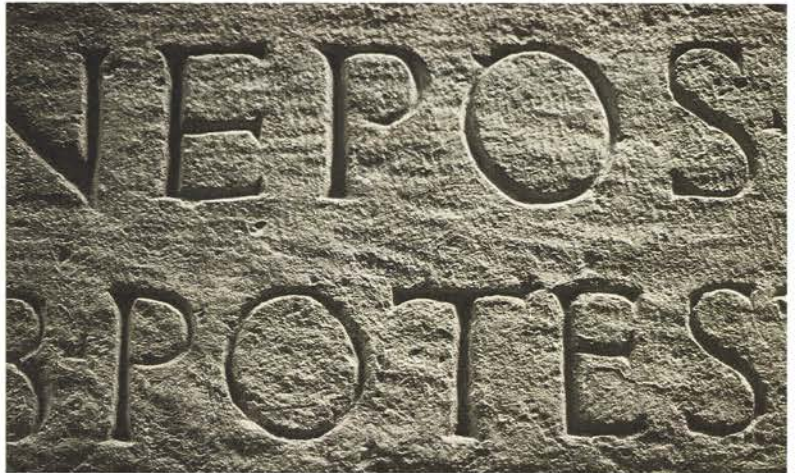
Das Alphabet wandert nach Westen

Vom griechischen Mutterland gelangte das Alphabet und mit ihm die Kunst des Schreibens noch im 8. Jahrhundert in die griechischen Kolonien in Unteritalien; von dort wurde es von den Etruskern und von diesen wiederum von den Römern mit jeweils geringen Veränderungen übernommen. Einen guten Eindruck von archaischen römischen Buchstabenformen kann man von der sogenannten *lapis niger*-Inschrift **11** gewinnen; wegen der schlechten Datenlage finden sich nicht-monumentale Zeugnisse für den Entwicklungsgang der römischen Alltagsschrift, die hier im Zentrum des Erkenntnisinteresses steht, erst wieder ab dem 3. Jahrhundert v. u. Z. **12**. Aus dem 1. Jahrhundert v. u. Z. ist die Kopie eines Briefes auf Papyrus,

dem verbreitetsten Beschreibmaterial der Antike, überliefert **13**. Geschrieben wurde dieser Brief mit einer Rohrfeder (Calamus); die einzelnen Buchstaben erscheinen voneinander abgesetzt. Im Gegensatz zu Texten, die in einer mehr formalen Capitalis geschrieben oder nach einer Vorzeichnung in Stein gehauen wurden **14** und deren Buchstabensequenzen sich in einem Zweiliniensystem befinden, zeigt der hier im Ausschnitt abgebildete Brief **13** bei bestimmten Buchstabenformen Überschreitungen des klassischen Zweiliniensystems nach oben und unten. Während sich Buchstabenformen wie ε, α, ι, ο und τ typischerweise in einem Mittelfeld – dem klassischen Zweiliniensystem – halten, zeigen Formen wie δ, φ, β, ς, ρ und ς (= r) einigermassen konsistent Ober- und/oder Unterlängen.

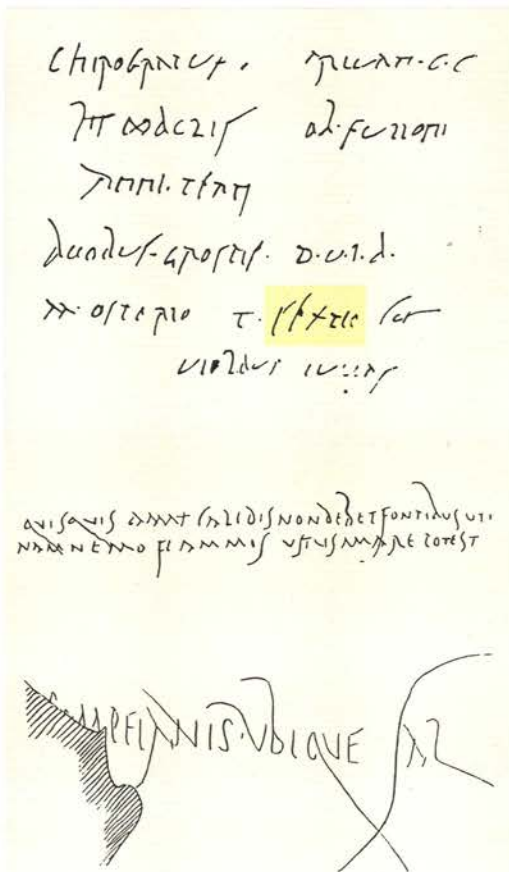


Wesentlich klarer wird diese Sachlage im ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung. Aus den beim Vesuv-Ausbruch im Jahre 79 verschütteten römischen Provinzstädten Pompeji und Herculaneum sind durch Ausgrabungen Hunderte von Inschriften wieder zutage getreten, die für die hier verfolgte Fragestellung nach schreibmotorisch bedingten Veränderungen eine reiche Ausbeute liefern. Die Schreiber der erhaltenen Inschriften – meist alltäglichen Inhalts –, drei davon in Abbildung **15** zu sehen, haben sich mittels eines Griffels, Pinsels oder einer Feder auf mineralischen oder Holzoberflächen »verewigt«; der Schreibstil bewegt sich zwischen sorgfältig bis schwungvoll oder nachlässig ausgeführten Buchstabenformen.



Betrachtet man die – manchmal eine beträchtliche Variationsbreite aufweisenden – alltagsschriftlichen Buchstabenformen genauer, dann zeigt sich, daß die scheinbar regellosen »Ausschweifungen« einzelner Buchstabenformen nach oben und/oder unten letztlich strukturell determiniert sind, und zwar durch das Hasta+Coda-Prinzip.

Zum Beispiel zeigt Abbildung **15** oben eine recht flüchtig mit Tinte auf Holz geschriebene Schulderklärung; sie enthält sechs Buchstabenformen, die in ihrer Höhererstreckung deutlich – und auch im Vergleich mit ihrem Auftreten in anderen pompejianischen Inschriften konsistent – die gedachten Begrenzungslinien von Mittellängerbuchstaben wie z. B. i, o, n und u/v nach oben bzw. unten überschreiten. Im vorliegenden Falle sind dies die Formen h (= h), r (= r), d (= d), b (= b), s (= s) und f. Gemeinsam ist diesen Buchstabenformen, daß sie einen mehr oder weniger vertikalen Abstrich (= Hasta) zeigen, und daß an diesem Abstrich jeweils verschiedene Zusätze (Codae) angebracht sind: z. B. | + ʎ = h. Entscheidend wichtig ist dabei, daß diese Codae die jeweilige Hasta nicht völlig umschließen bzw. begrenzen (wie dies etwa in der vorletzten Zeile der Fall ist bei τ in *Sextio*). Bei den sechs hier diskutierten Formen kann man deshalb sagen, daß die Hasta nach oben oder unten »frei« ist. Sitzt nun die Codafigur – wie bei h – unten an der Hasta, so hat der Schreiber die Möglichkeit, die Hasta nach oben ausschweifen zu lassen. Ist die Codafigur dagegen oberhalb oder oben an der Hasta angebracht – wie im Falle des r (= r) oder des f – dann kann die Hasta nach unten ausschweifen. In beiden Fällen bleiben die

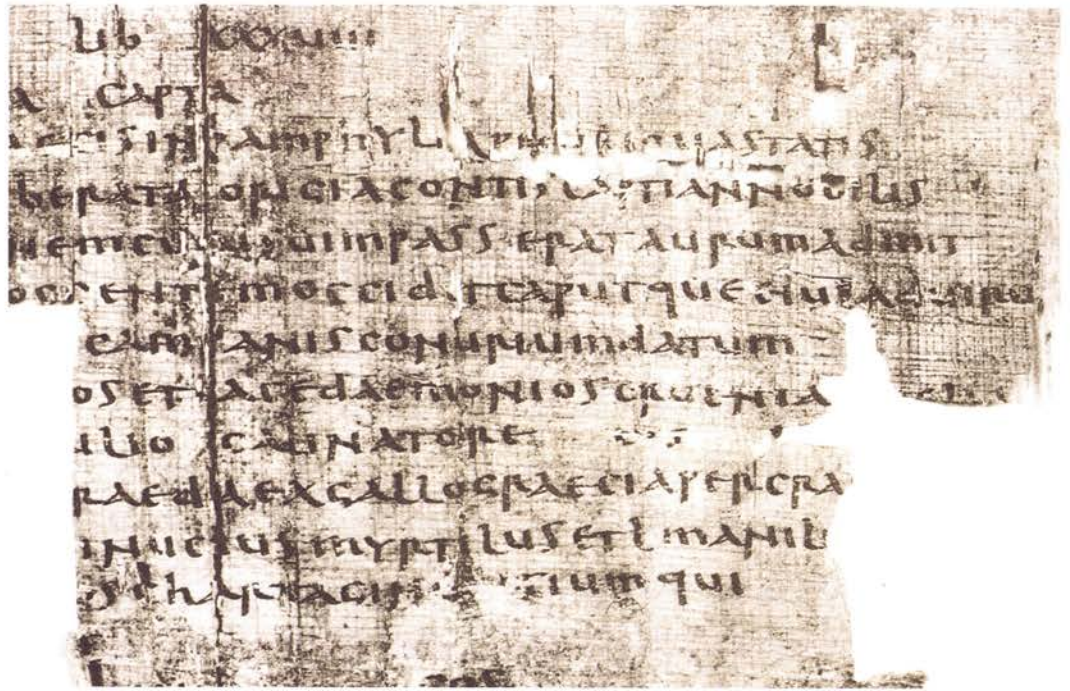


13 Ausschnitt aus der Kopie eines lateinischen Briefs, mit Rohrfeder und Tinte auf Papyrus geschrieben. 1. Jahrhundert v. u. Z.

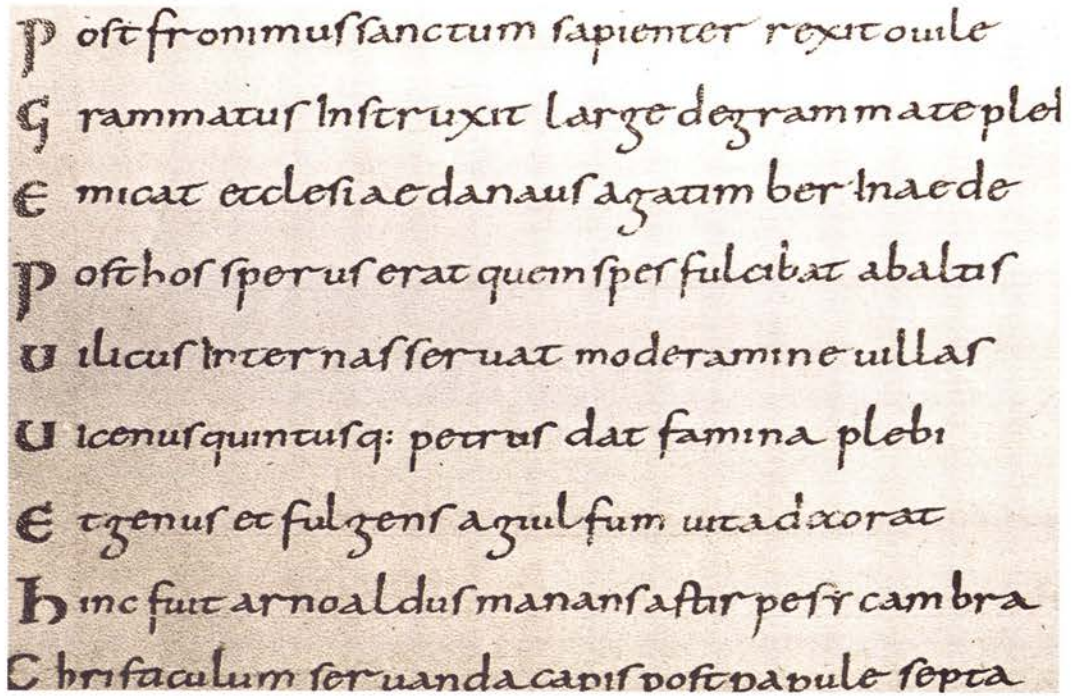
14 Ausschnitt aus der monumentalen lateinischen Castra Regina-Inschrift vom Osttor des Regensburger Römerlagers, aus dem Jahre 179 unserer Zeitrechnung.

15 Pompejianische Texte auf Holztafeln und Hauswänden, 1. Jahrhundert.

16 Papyrusfragment,
Livius-Epitome,
2./3. Jahrhundert.



17 Beispiel für die
karolingische Minuskelschrift
(Drogo-Sakramentar),
ca. 840.



Codafiguren grundsätzlich im Feld der Mittellängenbuchstaben; dies heißt natürlich auch, daß die Ober- bzw. Unterlängen solcher Buchstabenformen von Codafiguren unbelastet sind. Wie aus den pompejianischen Beispielen **15** ablesbar, ist es schreibtechnisch plausibel, daß und warum bei den angegebenen Bedingungen für die jeweilige Hasta+Coda-Konfiguration solche »Aus-schweifungen« nach oben bzw. unten stattfinden.

Die hier vertretene These, die auch erklärende Qualität beansprucht, ist, daß solche buchstabenstrukturabhängigen »pompejianischen Ausschweifungen« der Quellbereich für unsere heutigen in einem Vierlinienschema »gebändigten« Kleinbuchstaben (Minuskeln) sind. Bis etwa zum 3. Jahrhundert haben sich folgende Buchstabenformen aus dem Variantenpool römischer Alltagsschriften für das Kriterium der freien Vertikalhasta quali-

fizieren können und sind danach in strengerer Form **16** und **17** in ein uns Heutigen schon vertraut anmutendes Forminventar übergegangen: *b, d, f, g, h, k, l, p, q (r), s*. Alle übrigen Formen verbleiben im Mittellängenfeld des Vierlinienschemas.

Dieser Mittellängenbereich weist die dichteste optische Informationsstruktur auf; dort finden sich die Mittellängenbuchstaben *und* grundsätzlich auch die Codafiguren der Ober-/Unterlängenbuchstaben. Die Verteilung der Ober- und Unterlängen gibt dagegen den Wortformen ihre charakteristische, lesepsychologisch gut und schnell verarbeitbare Kontur.

Prof. Dr. phil.

Herbert E. Brekle

geb. 1935 in Stuttgart. Ausbildung zum Schriftsetzer. Studium der Englischen und Romanischen Philologie und Philosophie an der Universität Tübingen.

1963 Promotion, 1969 Habilitation in Englischer Philologie an der Universität Tübingen. Seit 1969 Lehrstuhl für Allgemeine Sprachwissenschaft an der Universität Regensburg.

Forschungsgebiete:

Semantik, Theorie der Wortbildung, Geschichte der Sprachwissenschaft, Schriftmorphologie.

WEIL IHR GELD IHRE PRIVATE SACHE IST

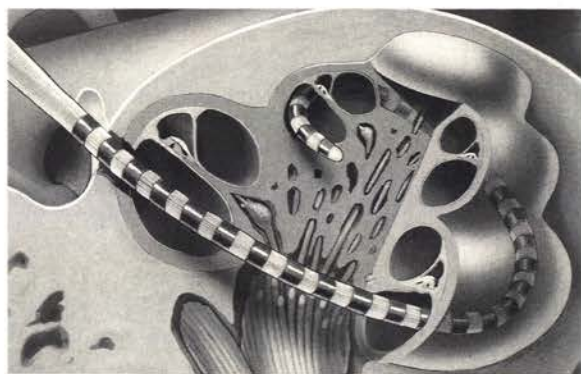
Privatbankhaus seit 1828

SchmidtBank

125 Niederlassungen in Bayern
Sachsen und Thüringen

Nucleus®

COCHLEAR IMPLANT SYSTEM



Das Nucleus® Cochlear Implant System SPECTRA 22 hilft hochgradig Hörgeschädigten und vollständig tauben Menschen eine neue Qualität des Hörens zu erreichen.

- ▶ Das Nucleus® Cochlear Implant CI 22M bietet als *einziges* Mehrkanal CI
 - eine Garantie von 10 Jahren
 - ab Ende 1997 einen Hinter-dem-Ohr (HdO) Sprachprozessor.Dadurch setzen wir einmal mehr neue Maßstäbe.

- ▶ Das Nucleus® Cochlear Implant System SPECTRA 22 ist als *einziges* Cochlear Implant von der FDA zugelassen für:
 - vollständig taube Kinder und Erwachsene
 - Erwachsene mit nicht ausreichendem Nutzen durch Hörgeräte.

Optimales Sprachverstehen auch bei Hintergrundgeräuschen: SPEAK, unsere Sprachverarbeitungsstrategie, schafft die Voraussetzung dazu. Sie überträgt die Signale mit hoher spektraler Auflösung auf die 22 individuell programmierbaren Elektroden.

Über 14.000 erfolgreich implantierte Erwachsene und Kinder in über 50 Ländern machen deutlich: Das Nucleus® Cochlear Implant System SPECTRA 22 ist das System der Wahl für Spezialisten und Benutzer.



Cochlear GmbH
Karl-Wiechert-Allee 76A
D-30625 Hannover
Tel.: 0511-542 77-0
Fax: 0511-542 77-70

Evangelien aus dem Nilsand

Das Überleben einer spätantiken Religion

Gnosis. Reste einer Religion

Fast zeitgleich mit dem Fund der Schriftrollen von Qumran, also Ende der vierziger Jahre, wurde in der ägyptischen Wüste eine komplette Bibliothek koptisch-gnostischer Handschriften aus der Zeit um 350 n. Chr. entdeckt. Diese Texte verhalfen der spätantiken Religion Gnosis zu neuer Aktualität. Erstmals konnte die Forschung statt nur auf die Polemiken und Berichte zeitgenössischer frühchristlicher, rabbinistischer und heidnischer Autoren in großem Umfang auch auf originale Schriften der Gnostiker zurückgreifen. – Am Regensburger Lehrstuhl für Historische Theologie wird derzeit eine Neuübersetzung des fünfbandigen Werkes des Irenäus von Lyon »Gegen die Häresien« erstellt, der wichtigsten frühchristlichen Quelle der Gnosis vor dem Fund der koptischen Texte. Im folgenden werden die gnostische Mystik, das Verhältnis von Gnosis und Christentum, die Regensburger Neuübersetzung der wichtigsten frühchristlichen Quelle zur Gnosis sowie die Geschehnisse der gnostischen Taufsekte der Mandäer vorgestellt, die bis in unsere Tage an den Lehren der Gnosis festhält.

Ein spektakulärer Handschriftenfund

Im Jahr 1946 tauchte aus unbekanntenen Kanälen auf dem Antiquariatsmarkt in Kairo ein alter Codex in koptischer Sprache auf, der von der Archäologie sehr bald als sensationeller Fund erkannt wurde: Er war nur ein Teil einer ganzen Bibliothek gnostischer Provenienz, die nach und nach zum Vorschein kam. Als nahezu gleichzeitig die frühjüdischen Schriftrollen von Qumran am Toten Meer bekannt wurden, nahm die Öffentlichkeit sehr interessiert Notiz davon. Der ägyptische Fund, von dem hier die Rede ist, war und bleibt kaum weniger spektakulär. Eine ganze Bibliothek koptisch-gnostischer Schriften lag plötzlich vor: 58 Traktate in 13 Codices **1**. Aber dasselbe öffentliche Interesse wie die Qumran-Texte fanden diese Schriften, zumindest vorerst, nicht, obwohl sie als geschlossener Fund nicht weniger bedeutsam sind. Sie haben denselben Nimbus des Alters, die Attraktivität von geheimnisvollen Offenbarungs- und Zauberbüchern und noch dazu den Reiz esoterischer Weisheit. Der vermutliche Fundort liegt in der Nähe der kleinen Stadt Nag Hammadi bzw. in dem Flecken Chenoboskion am mittleren Nil. Die Fundgeschichte ist unbekannt. Wie diese Handschriften von den Fellachen,

die sie gefunden hatten, und über die Händler und Zwischenhändler in kompetente Hände kamen, ist nur in abenteuerlichen Legenden aus den vierziger und fünfziger Jahren berichtet, also völlig unsicher. Die Codices wurden um 350 n. Chr. geschrieben, die einzelnen Schriften aber und ihre Übersetzung ins Koptische muß man natürlich beträchtlich früher datieren, nämlich ins 2. und 3. Jahrhundert, in die Blütezeit der Religion Gnosis, für die es bislang keine Definition gibt und deren interessante Zeugnisse die Schriften sind.

Eine kurze Charakteristik der Gnosis muß enthalten, daß es sich um eine Erlösungsreligion der Spätantike handelt, deren spezieller Erlösungsweg Erlösung durch »Erkenntnis, Wissen« (= Gnosis) ist. Entstanden ist sie unabhängig vom Christentum und gleichzeitig mit ihm. Eigentümlich ist ihr ein dualistisches Welt- und Menschenbild, ein ausgeprägter Weltpessimismus. Die qualifizierte Gnosis besteht im Wissen, daß die Welt Fremde ist, Gefängnis und Mangel; der Mensch ist in sie verstrickt und verirrt und muß heimfinden an den Ort des Pleroma (= der Fülle), von dem er kommt. Die geradezu modern stilisierte Erlösungsformel lautet beispielsweise so: »Was befreit ..., ist die Gnosis: wer wir waren, was wir wurden, wo wir waren, wohin wir geworfen wurden, wohin wir eilen, wovon wir erlöst werden, was Geburt ist, was Wiedergeburt« (*Excerpta ex Theodoto* 78, 2). Die Welt bleibt dabei auf der Strecke, denn an ihr ändert sich nichts dadurch, daß man sie schlecht findet und vor ihr davonläuft. Dieses Wissen, das erlösend ist, kann philosophisch und auch massiv mythisch sein. Die Gnosis war ein Teil des religionsgeschichtlichen Spektrums der Umwelt des frühen Christentums und erlebte harte Auseinandersetzungen wie auch konziliante Harmonie mit dem Christentum. Aus dem synkretistischen Charakter der Gnosis erklärt es sich, daß man im Nilsand gnostische Evangelien finden konnte. Die Gnostiker nehmen sich nämlich die Formen und Mittel des Ausdrucks ihres gnostischen Selbstverständnisses, wo immer sie mögen.

Evangelien, Apokalypsen und Apostelgeschichten

Inzwischen sind die Codices in kritischen Editionen, Übersetzungen und Interpretationen zugänglich. Die Geschichte dieser Veröffentlichungen war mühsam und langwierig und von vielen Zufällen beeinflusst. Das als Codex I gezählte und Codex Jung genannte Exemplar kam zum Beispiel im Jahre 1952 zur Aufbewahrung und Bearbeitung an das C.-G.-Jung-Institut in Zürich und soll

1 Der Fund von Nag Hammadi: 13 in weiches Leder gebundene Papyrusbücher mit Originalhandschriften von Texten der frühchristlichen Gnostiker. Die Religion Gnosis hatte ihre Blütezeit im 2. und 3. Jahrhundert und wirkte vom Orient aus bis nach Griechenland, Ägypten, Südgalien und Rom. Fotos der Nag-Hammadi-Codices, 1949 in Kairo aufgenommen.

mitte links:

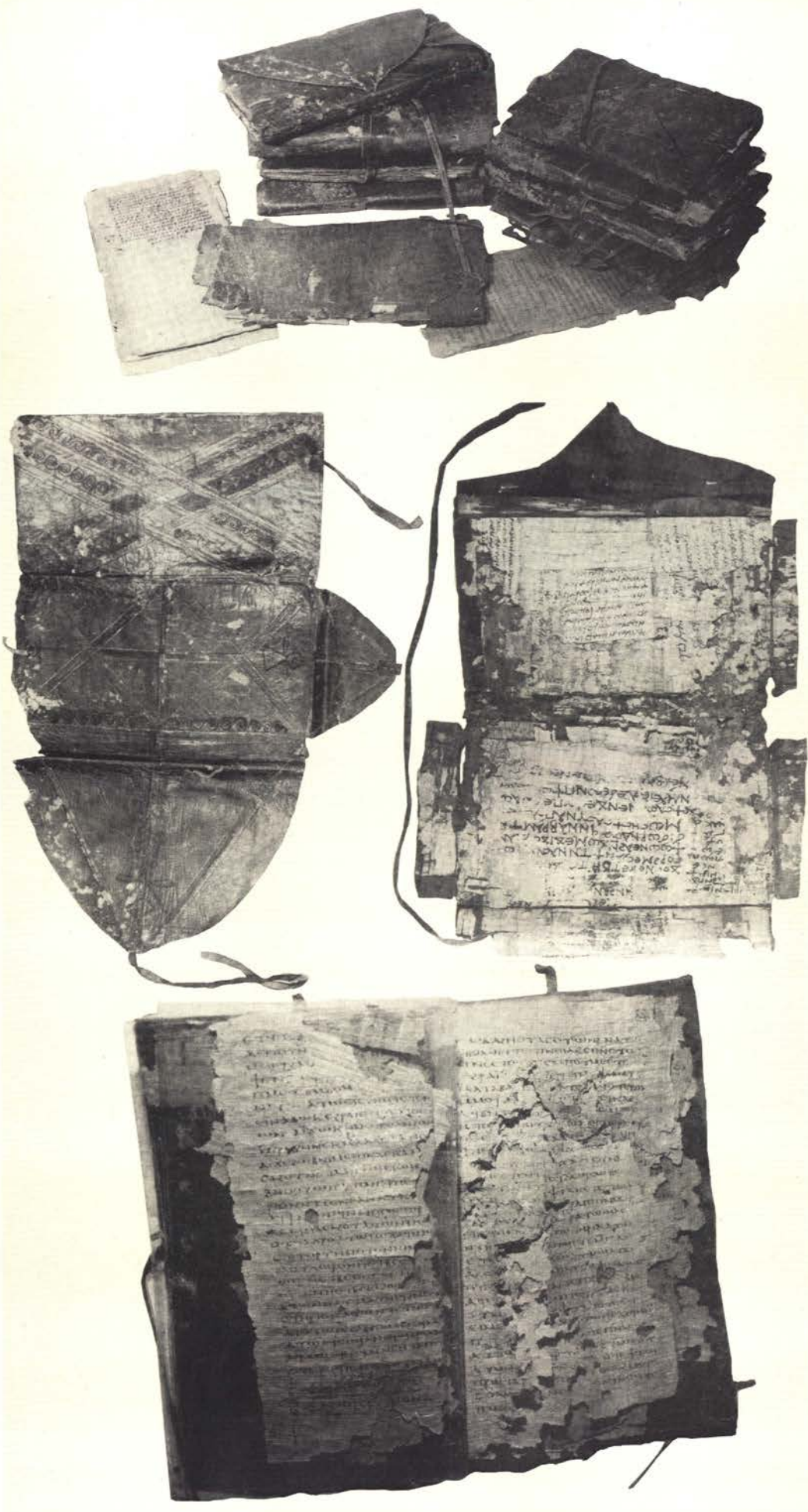
Außenseite des verzierten Ledereinbandes von Codex II.

mitte rechts:

Innenseite des geöffneten Ledereinbandes von Codex VII. Zur Verstärkung des weichen Leders eingeklebte Quittungen aus den Jahren 333 bis 348 geben Hinweise auf die Herstellungszeit der Codices.

unten:

Codex IV, geöffnet. Die Papyrusblätter lagen gefaltet und geheftet in den Ledereinbänden. Der gesamte Fund befindet sich nach abenteuerlichen Besitzerwechseln im Koptischen Museum in Kairo. 11 Bände sind vollzählig, Band 12 und 13 dagegen nur teilweise erhalten.



2 Papyrusseite
 aus dem Fund von Nag Hammadi,
 Codex Jung I, 2 und 3:
 »Ein apokrypher Brief des Jakobus«
 und in der unteren Hälfte, unterhalb
 der Schmuckzeilen, der Beginn
 des »Evangeliums der Wahrheit«,
 Originalgröße.
 Diese Originalabschriften
 aus der Mitte des 4. Jahrhunderts
 geben gnostische Texte wieder,
 die im 2. und 3. Jahrhundert
 entstanden und bereits damals
 ins Koptische übersetzt wurden.
 Hier ein Faksimiledruck
 aus dem elfbändigen Werk
 »Facsimile Edition of the
 Nag Hammadi Codices«,
 verlegt in Leiden 1973 bis 1984,
 gefördert von der UNESCO.

15

ΜΜ ΕΡΙΤΟΥΣΩΣΕΙΝΑ
 ΕΤΕ ΕΝΕΤΜΜΕΥ ΔΥΩΝΤΑ
 ΠΟΥΣΤΗΜ ΔΣΟΥ ΠΙΣΤΕΥΕΜΕΝΑ
 ΠΟΥΣΩΝ ΑΡΟΥΝΟΥΟΣ Π ΔΕ ΕΤΒΕ
 ΝΕΤΟΥΝ ΑΧΠΑΥ ΕΒΙΟΥΨΦΕΒΕ
 ΕΝ ΑΝ ΔΧΟΥ ΔΥΜΝΤΣΚΑΝ ΔΑΛΟΣ
 ΑΓΙΧΑΥ ΜΠΟΥ ΕΒΙΠΟΥΕΒΙ ΑΚΕ
 ΜΑ ΔΝΑΚΩ ΔΕΣΩΨΤ ΑΓΙ ΒΩΚ
 ΑΖΡΗ ΕΘΗΛΜ ΕΒΙΨΛΗΛ ΑΤΡΙ
 ΧΠΕ ΟΥΜΕΡΟΣ ΜΜ ΜΡΡΕ †
 ΝΕΒΙ ΕΤΝΑΟΥ ΨΩΝΣ ΔΒ ΑΛ
 † ΠΡΟΣ ΕΥΧΕΣ Δ ΔΕ ΑΤΡ ΕΤΕ
 ΖΟΥΕΙΤΕ ΨΩΠΕ ΑΒΑΛΜΜΑΚ
 ΤΕ ΕΙΓΑΥ Τ ΕΘΕ ΕΨΩΨΟΥΧΕ
 ΕΙ ΖΩΣΕΡΕΩ ΕΤΜΜ ΕΥΝ ΔΧΙΟΥ
 ΔΕΙΝ Μ ΖΡΗΙΩΓΗΤ' ΖΗΤΑ ΠΙΣΤΙΣ
 ΔΥΩΝ ΖΡΗΙΩΝ ΚΕΟΥΕΙΕ ΕΣ
 ΣΑΤ Π ΑΤΩΕΙ † ΟΥΨΨΕΓΑΡ
 ΑΤΡ ΕΤ ΨΕΙΨΨΠΕ ΕΣΒΑΧΒ
 ΕΡΙΑΠΟΤΟΣ ΤΚ ΒΕ ΑΤΡ ΕΚΜ
 ΤΩΝΓ ΑΝ ΕΤΜΜ ΕΥ ΔΥΩΝΓ
 ΨΛΗΛ ΑΤΡ ΕΚΧΠΟ ΜΝΟΥΜΕΡΟΣ
 ΝΜ Μ ΕΥ ΔΒ ΑΛ ΝΓΑΡ ΜΝ ΕΝ
 ΤΑΙΧΟΥ † ΑΠΟ ΚΑΛΥΨΙΣ ΤΜΠΕ
 ΠΤ ΣΩΡ ΒΑΛΠΣ ΝΕΝ ΑΒ ΑΛ ΕΤΒΕ
 ΝΕΤΜ Μ ΕΥ ΕΝΤΑΨ ΕΔΕΙΟΥ
 ΜΕΝ ΜΝΟΥΜΕΡΟΣ ΜΜΝ ΕΒΕΙΝ
 ΤΑ ΖΟΥΤΑΣ ΨΕ ΔΕΙΟΥ ΝΕΥ ΝΕΒΕΙΝ
 ΤΑ ΖΑΠΧΑ ΕΙΣ ΕΒΕΙΤΟΥΝΕΨ Ν
 ΨΗΡΕ >>> >>>> >>>> >>>> 8
 ΠΕΥ ΑΓΓΕΛΟΝ ΜΤΜ ΝΕ ΟΥ ΨΑΛΠΕ
 Ν ΒΕΒΙΝ ΤΑ ΖΧΙΠΙΖ ΜΑΤ ΑΒ ΑΛ ΖΙΤΟΟΥ
 ΜΠΩ ΤΗ ΤΕ ΤΜΝΕ ΑΤΡ ΟΥΣ ΟΥΨΩΝΨ
 ΕΠΤΒ ΑΜ Μ ΠΚΥ ΕΧΕΝ ΤΑ ΖΙ ΕΒ ΑΛΩ
 Π ΠΛΗΡΩΜΑ ΝΕΒΕΙ ΕΤΩΝ Π Μ ΕΕ ΥΒ
 ΟΥ Δ ΖΑΠ Μ ΟΥΣ Π ΤΕ ΠΩΤ' ΕΤΕ
 ΝΕΒΕΙ ΠΕ ΕΤΟΥΨ ΕΧ ΕΑΡΥ Χ Ε
 Π ΣΩΤΗΡ Ε ΠΤ Ε Μ Φ Ψ Β Ε Τ Ψ Λ
 Ε ΒΙΨ ΝΕ Δ Π Σ Ω Τ Ε Π Ν Ε Β Ε Ι Π Τ Α Ζ Ψ

als Geburtstagsgeschenk für C. G. Jung verwendet worden sein.

Was hier im Nilsand an Literatur gefunden worden war, besteht aus fremdartigen Texten, aber in durchweg bekannten Gattungen: Die Gnostiker schrieben Evangelien, Traktate, Exegesen, Weisheitsliteratur, Dialoge, Apokalypsen, Apostelgeschichten, Gebete, Briefe u.a. Alle diese Genera finden sich in der koptisch-gnostischen Bibliothek von Nag Hammadi, 1 und 2. Dabei fällt eines auf: Obwohl diese Bibliothek als Fund so aufregend und in ihren gnostischen Themen so weitläufig und umfangreich ist, hat die Gnosisforschung eigentlich nichts wirklich Neues über diese Religion daraus lernen können. In Einzelheiten erweitern und präzisieren die Nag Hammadi-Schriften zwar unser Bild von der Gnosis, das grundlegende Profil haben sie aber nur bestätigt, nicht verändert; namentlich zum Grundriß haben sie nichts Wesentliches dazugebracht. Das erklärt sich einfach so: Die religionsgeschichtliche Forschung war schon vor dem Fund von Nag Hammadi über die spätantike Religion Gnosis einigermaßen gut informiert. Und zwar waren es neben etlichen Quellen aus der heidnischen Literatur in erster Linie zeitgenössische frühchristliche Schriftsteller, aus denen man bislang sein Wissen über die Gnosis und die Gnostiker bezog. Das hatte allerdings zur Folge, daß wir uns ein sehr parteiliches (negatives) Bild von der Gnosis gemacht haben. Die Kirchenschriftsteller haben nämlich nicht von der Gnosis berichtet, weil sie an einer wirklichkeitsgetreuen Beschreibung interessiert gewesen wären, sondern in der Absicht, die Gnostiker so schlecht aussehen zu lassen wie möglich, damit für sie und ihre Lehre nur die Verurteilung als Häretiker in Frage kam. Denn Christen haben die Gnosis unzutreffenderweise für eine Ketzerei aus dem Christentum gehalten und nicht als eigene Erlösungsreligion der Zeit, die sie war, eingeschätzt. Der Vergleich zeigt allerdings, daß die Kirchenschriftsteller trotz ihrer Tendenz nicht alles hoffnungslos verzerrt haben und ihre Informationen überwiegend brauchbar sind.

Gnostische Quellen - gnostische Mystik

So ist durch den neuen Fund koptisch-gnostischer Schriften eine neue Situation gegeben. Die Gnosis, von der ehemals für die Spätantike und jetzt aktuell wieder in unserem Jahrhundert sowie auch in manchen Varianten im Mittelalter so viel Faszination ausging, fordert geradezu dazu heraus, daß man sie nun neuerdings und forciert erforscht. In erster Linie geht es darum, die Quellen neu zu sichten und ›lesbar‹ zu machen, und zwar auch die alten, immer schon bekannten Quellen, denn sie müssen ja jetzt neben die neuen Quellen gehalten werden. Das Gros der ›alten‹ Quellen ist natürlich längst in moderne Sprachen übersetzt, aber diese Übersetzungen sind durchweg antiquiert. Neue Übertragungen sind auch für Fachleute und Forschung unentbehrlich. Gerade weil die Quellenbasis so viel besser und breiter geworden ist, müssen gute Übersetzungen Irrtümer vermeiden helfen. Dies ist, wie jeder weiß, der je alte Texte übersetzt hat, gleichzeitig Interpretation. Übersetzen heißt

wiedergeben, deuten und verstehen. Und so kam mit dem neuen Handschriftenfund einerseits die wissenschaftliche Forschung zur Gnosis neu in Schwung.

Aber es zeigte sich andererseits auch verstärkt ein ›spirituelles‹ Interesse an dieser Religion, das bis auf den Anfang dieses Jahrhunderts zurückgeht und jetzt im ausgehenden Jahrhundert neue Möglichkeiten fand, indem die Gnosis viel besser bekannt wurde als zuvor. Allein das Schlüsselwort Gnosis, das reichlich pauschal, aber passend zum Namen dieser Religion geworden war, übte auf diverse Gruppierungen und Bewegungen nachhaltigen Reiz aus. Alle ›Wissenschaft‹ vom ›Neuen Zeitalter‹ (New Age) greift mit Vorliebe auf diese Religion zurück. Rettung durch Wissen und Weisheit, die Kenntnis esoterischer Zugänge zum Wissen über Welt, Mensch und Zukunft in der attraktiven Aura von Elite, Mystik und Mystagogie - mit diesen Ideen hat die Gnosis eben nicht nur in der Antike fasziniert. Theosophie und Anthroposophie fühlen sich seit ihren Anfängen dieser Religion verwandt und suchen den Anschluß an gnostische Traditionen der Vergangenheit. Dazu befassen sie sich auch mit der historischen, ›frühen‹ Gnosis. Heute interessiert man sich an ihr namentlich für das holistische Format, für den hohen Anspruch an Einsicht und ganzheitlicher Erkenntnis, die ›konspirative‹ Atmosphäre unter Wissenden und dergleichen mehr. All das hat in der derzeitigen Suche nach neuer Spiritualität und Mystik neuerdings Konjunktur. Die Gnosis kommt denen entgegen, die ihre Lebensperspektiven außerhalb der verordneten und vorgeschriebenen Lehren suchen. Und da man das gesuchte Neue immer gern als das (wieder-)gefundene Alte begreift und weil man im neu Entdeckten und überraschend Erkannten gern verschüttetes Früheres ans Licht gebracht haben will, darum erlebt diese alte Religion immer wieder eine Renaissance, so auch derzeit, und inspiriert moderne Strömungen von vergleichbarer Spiritualität.

In der modernen Wissenschaft von der Politik (so Eric Voegelin) werden bestimmte Linien der europäischen Denkgeschichte als gnostisch qualifiziert. Die Verwandtschaft im Entwurf des Weges des Menschen, der über Esoterik und Mystagogie zu sich selbst und zu Gott führt, ist erkennbar. Zu diesem Weg gehört, daß ihn nicht alle erkennen und finden. Nicht alle Menschen sind pneumatisch, gnostisch, mystisch begabt.

Gnosis und Christentum

Warum gehört die Gnosis zum Thema der historischen Theologie des Christentums? Das Christentum hat sich in doppelter Weise mit der Gnosis eingelassen. Vor allem hat es diese Religion, die damals so neu und aktiv war wie seinerseits das junge Christentum, als katastrophalen Irrtum und als bedrohliche Konkurrenz eingeschätzt und darum leidenschaftlich bestritten. Andererseits hat es sich aber der großen Faszination der Gnosis weder entziehen können noch wollen. Trotz polemischer Distanz zur Gnosis ist das Christentum nämlich in eine ganz bemerkens-

werte Nähe zu den Wegen gnostischer Theologie geraten.

Man muß bedenken, daß in der spätantiken Geistesgeschichte Kultur und Religiosität ausgeprägt vielschichtig, also synkretistisch waren. Synkretismus ist das Merkmal der mediterranen Umwelt des Frühchristentums. Die großen Koordinaten der Epoche des Hellenismus sind Platonismus, Gnosis und Christentum. Die Überschneidungen in diesem Dreieck, unbewußt oder gewollt, sind unvermeidlich und bezeichnend. Darum ist es weder absurd noch aus der Luft gegriffen, auch im frühchristlichen Ideengut mit Elementen esoterisch-agnostischer Qualität und Herkunft zu rechnen. Das Christentum (und die Gnosis sowieso) hat in seiner Frühzeit zu großen Teilen eine ausgeprägt synkretismus-freundliche Geschichte hinter sich. Es gehörte seinerseits zum Synkretismus der Epoche, ohne Berührungsängste, mit weiten Öffnungen für esoterische Frömmigkeit aus Philosophie und Gnosis. Es hat sich, heißt das, nicht nur abgegrenzt, sondern großzügig auch Elemente der nichtchristlichen Denkgeschichte und Religion entliehen, um sich zu artikulieren. Beide, Christentum und Gnosis, teilten das brennende Interesse am Woher und Wohin des Menschen. Ihre Aussagen dazu lagen zum Teil nicht sehr weit auseinander. Man nennt aus guten Gründen dafür an erster Stelle das alexandrinische Christentum mit seiner Rede vom Christen als dem wahren Gnostiker und dem Christentum als der wahren Philosophie oder Gnosis, man könnte aber auch anderswo Beispiele dafür nennen. Allein aufgrund dieser gnostischen Selbstartikulation innerhalb des kirchlichen Christentums sind Gnosis und gnostisches Selbstverständnis ein Thema der christlichen Theologie.

Viel bezeichnender für die Situation, viel ausgebreiteter als die Überschneidungen ist in der Geschichte von Gnosis und Christentum die gegenseitige Unverträglichkeit gewesen. Gnosis ist nicht Christentum und umgekehrt. Die frühe Kirche hat sich heftig und polemisch vom Irrtum der Gnosis abgesetzt, hat gegen Verwechslungen mit dieser Religion angekämpft und die dogmatischen Differenzen immer wieder sorgfältig katalogisiert. Und umgekehrt kritisierten die Gnostiker das kirchliche Christentum. Bis heute motiviert sich ein verbreitetes christliches Interesse an der alten Gnosis aus der Absicht, deren fundamentale ›Abweichungen‹ vom Christentum zu demonstrieren, um auf dem Weg des Vergleichs das unterscheidend Christliche zu profilieren. Heutzutage hat das natürlich nicht den Sinn, die alte Gnosis von ehemals zu kritisieren, sondern offenzulegen, daß man die neue Spiritualität als Nachahmung der alten für längst erledigt hält. So gibt es also unterschiedliche Bewertungen und Absichten, wenn heute von dieser alten Religion noch oder wieder geredet wird.

Und es ist dringend angezeigt, daß sich diese Vergleiche und Bewertungen auf dem Boden des wissenschaftlichen Diskurses abspielen. Ob man historisch oder aktuell an der Gnosis interessiert ist, man muß sie gut genug kennen, um sich von Fakten, Aktualität und Authentizität ein zutreffen-

des Bild machen und ein kompetentes Urteil bilden zu können über die alten Grenzpflocke, die bereits in der Frühzeit zwischen Gnosis und Christentum eingerammt wurden.

Im Hin und Her zwischen Werbung und Kritik wird oft falsch und unscharf definiert. Eine exakte Vorstellung von dem, was diese spätantike Religion wirklich und nicht nur vermutungsweise oder nach Vorliebe war, und genaue Kenntnis des Stils, in dem das Christentum sich mit ihr auseinandersetzte, sind daher von ganz aktuellem und wissenschaftlichem Interesse. Um alles, was man heute an Optionen und Entwürfen mit der alten Gnosis verbindet, beurteilen zu können, sind entsprechende religionsgeschichtliche Kenntnisse unerlässlich. Zu ihnen gehört die Kenntnis des gnostischen Paradigmas als solchem. Die Wissenschaft von Gnosis und Frühchristentum ist auch da unentbehrlich und maßgeblich, wo es bloß um populäres Interesse am Thema geht. Sie muß in einer Präsentation der Quellen und mit jeweils gefragten Skizzen des gnostischen Denkens die Voraussetzungen dafür schaffen, daß die Konfusion beseitigt wird, die landläufig die Rede von der Gnosis beherrscht.

Die Übersetzung von Irenäus' »Adversus haereses«

An diesem Vorhaben beteiligt sich der Lehrstuhl für Patrologie an der Katholisch-Theologischen Fakultät der Universität Regensburg innerhalb seiner Zuständigkeit für die Philologie und Theologie der altchristlichen Literatur. Die Gnosis-Zeugnisse dieser Literatur (überwiegend im 2. und frühen 3. Jahrhundert n. Chr. abgefaßt) sind, wie gesagt, beachtlich und bei unterschiedlichsten frühkirchlichen Autoren zu finden. Man schrieb Syntagmata (Listen) der Häresien, bestritt ihre Meinungen und zählte eben die gnostischen Lehren, Schulen, Schulhäupter und Anhänger zu den Häretikern. Viele von diesen Büchern sind verloren, eine ganze Reihe erhalten. Je nach Art und Stil der Polemik oder ›Widerlegung‹ sind sie von unterschiedlicher Bedeutung für die Forschung und das heutige Gnosisbild. Rein formale Invektiven geben keine Information und sagen inhaltlich nichts aus. Sobald von ihnen aber aus gnostischen Originalschriften referiert wird, werden sie durch ihre Mitteilungen interessant.

Einer der aufschlußreichsten Autoren der damaligen Kirche zum Thema Gnosis war Irenäus von Lyon. Er war aus unbekanntem Anlaß von Kleinasien nach Südgalien ausgewandert, wurde wohl 177 n. Chr. der Bischof der dortigen Kirche und schrieb um 185 n. Chr. ein umfangreiches Werk mit dem Titel *Entlarvung und Widerlegung der fälschlich so genannten Gnosis*. Gebräuchlicher ist der lateinische Kurztitel *Adversus haereses, Gegen die Häresien* 3. In seiner ganzen Länge ist das Werk nur in einer alten lateinischen Übersetzung erhalten, das erste Buch allerdings fast ganz im griechischen Original, und aus den anderen Büchern sind noch verschiedensprachige Fragmente (überwiegend armenisch) vorhanden. Irenäus war ein Kenner und Fachmann in Sachen Gnosis und wurde deshalb um eine Niederschrift der Lehren des prominenten gnostischen Lehrers

LIBER PRIMUS.

ΠΡΟΟΙΜΙΟΝ.

¶ 1. (1) Ἐπί (2) τὴν ἀλήθειαν παραπεμπόμενοι τίνες, ἐπεισάγουσι λόγους ψευδῆς καὶ γενεαλογίας ματαίας, αἵτινες ζητήσεις μᾶλλον παρέχουσι, καθὼς ὁ Ἀπόστολος φησιν, ἢ οἰκοδομὴν Θεοῦ τὴν ἐν πίστει, καὶ διὰ τῆς πανούργως συγκεκροτημένης πιθανότητος πράξουσι τὸν νοῦν τῶν ἀπειροτέρων, καὶ αἰχμαλωτίζουσιν αὐτούς, βραδιουργοῦντες (3) τὰ λόγια Κυρίου, ἐξηγηταὶ κακοὶ τῶν καλῶς εἰρημένων γινόμενοι· καὶ πολλοὺς ἀνατρέπουσιν, ἀπάγοντες αὐτοὺς προφάσει γνώσεως ἀπὸ τοῦ τόδε τὸ πᾶν συστησάμενον καὶ κεκοσμηκότος, ὡς ὑψηλότερόν τι καὶ μετ-

BILLII INTERPRETATIO.

1. Quoniam nonnulli, repudiata veritate, sermones et genealogias vanas inducunt, quæ quidem quæstiones potius, ut Apostolus ait, præstant, quam ædificationem Dei, quæ in fide est, ac per probabilitatem subdole comparatam seducunt mentem imperitorum, eosque depravandis oraculis divinis, iisque quæ recte dicta sunt, male exponendis, captivos trahunt, scientiæque prætextu multos evertunt, atque ab eo qui universitatem hanc condidit et exornavit, abducunt; perinde videlicet ac sublimius aliquid, et præstantius ostendere possint, quam Deum, qui cælum et terram, et omnia quæ eorum complexu continentur, effecit;

¹ I Timoth. 1, 4.

(1) Græca hæc Irenæi ab initio ad medium usque capituli 11 hujus libri debemus Epiphonio, hæc. xxxi, a § 9 ad 32 inclusive, ubi cum Valentinianorum commenta compendio retulisset, eadem paulo fusius, ipsamet sanctissimi martyris verba, ut ipse ait, mutuatus, explical. Τὰ ἐξῆς, inquit, ἀπὸ τῶν τοῦ προσηρημένου ἀνόρθου, θούλου Θεοῦ, Εἰρηναίου δὲ φημι, τὴν παράθεσιν ὀλοσχερῶς ποιήσομαι. Ἐχει δὲ οὕτως, etc.

(2) Ἐπί. Veterem interpretem legisse ἐπί, non ἐπί, patet ex voce quatenus ab eo adhibita. Huncque recte legisse, ac proinde corruptum esse hodiernum textum Græcum, merito contendunt Billius, Fronto Ducæus et Feuarentius. E contrario vero pugnat Gallasius pro ἐπί, vulgæ Græce dici potuisse, ἐπί τὴν ἀλήθειαν παραπεμπόμενοι τίνες, quod ita vertit: nonnulli in veritatem præter jus et fas emissi. Tum exempla congerit ut probet verbum παραπέμπειν hic de iis accipiendum esse, qui falso prætextu in veritatem ipsam emissi sunt; quales sunt falsi doctores, qui, missione aut vocatione legitima destituti, præter rationem et ordinem a Satana emissi sunt; quomodo, inquit, et a Demosthene παραπροσεία, falsa legatio appellatur. At ut ea significatio alibi obtineret, hic tamen incommoda videretur, nihilque cogit a vulgata et communi significatione verbi παραπέμπειν recedere, quam vel ipsa Lexica docent, quæque fidei corruptoribus, et Scripturarum adulteratoribus optime convenit. Παραπέμπειν enim, ut recte observat Fronto Duc., idem est ac spernere, rejicere, repudiare. Sic Esther xiii, 3: παραπέμποντας διηνεκῶς τὰ τῶν βασιλέων διατάγματα. Clem. Alex., lib. iii Pædag. c. 9: ἡδονῆς ἕνεκα λούεσθαι παραπεμπτόν, etc. Adverte autem hic, cum Billio et Feuarentio, longisissimam esse hanc periodum, utpote in quam Irenæus multa inculcaverit: quod huic auctori familiare est, librorum præsertim initiis.

(3) βραδιουργοῦντες. βραδιουργεῖν τὰ θεῖα λόγια est, inquit Billius, oracula divina mala fide exponere, seu sensum eorum detorquere et adulterare, quod iis; de quibus hic agitur, ἐξηγητὰς κακοὺς τῶν καλῶς εἰρημένων γονομένων, omnino con-

PRÆFATIO.

1. Quatenus (4) veritatem refutantes (5) quidam inducunt verba falsa, et genealogias infinitas (6), quæ quæstiones magis præstant, quemadmodum Apostolus ait, quam ædificationem Dei, quæ est in fide; 2 et per eam, quæ est subdole exercitata (7) verisimilitudo, transducunt sensum eorum, qui sunt inexpertiores, et in captivatem ducunt eos, falsantes verba Domini, interpretatores mali eorum, quæ bene dicta sunt, effecti: et multos evertunt (8), attrahentes (9) eos sub occasione agnitionis (10) ab eo, qui hanc universitatem constituit et ordi-

gnit. Hanc vocem eo sensu non semel usurpavit Irenæus. Infra cap. 3, num. 6, βραδιουργοῦντες τὰ ἐξηγητῆς, adulterantes expositiones. Et cap. 20, n. 4, βραδιουργήμα, adulterationem, vel, ut vertit interpret, falsationem.

(4) Quatenus. Hic accipitur pro quandoquidem sive quoniam. Exempla apud auctores Latinos obvia sunt.

(5) Refutantes. Id est, spernentes, rejicientes, repudiantes. Eo sensu accipit Cicero Orat. pro Rabir. Postum. § 16, et u Tuscul. 95.

(6) Infinitas. In Græco ματαίας, vanas, inanes. Sed cum Apostolus, I Timoth. 1, 4, habeat ἀπειροτέρους, infinitas, id in textu Latino servare maluit interpret. Hinc Tertullianus iisdem Apostoli verbis perstringens Valentinianorum deliria de trigintra Æonibus, eorumque genealogia, habet, genealogias indeterminate.

(7) Exercitata. In edit. Eras. et Gallas. et codd. Arundel. et Otobon. exercita. Sed melius in Feuard. edit., consentiente veteri cod. quem citat, Claromont. et Pass. exercitata. Suspiciatur clariss. Grab. ab interprete scriptum excita sive excitata, ex quo tanquam contracte scripto imperiti scribæ fecere exercita seu exercitata; quia, inquit, verbum Græcum συγκροτεῖν vix uspiam in exercendi, aliquoties autem in exciendi sive concitandi significatione usurpatur. At, quidquid sit tum de conjectura ipsa, tum de ratione qua nititur, minus inepte, meo quidem sensu, dicitur, subdole exercitata verisimilitudo, quam subdole excitata seu excita. Sed longe melius Græcam vocem συγκεκροτημένη reddidisset interpret, si vertisset, composita, constructa, adornata, vel cum Billio comparata.

(8) Evertunt. In Claromont. cod. et Pass. vertunt.

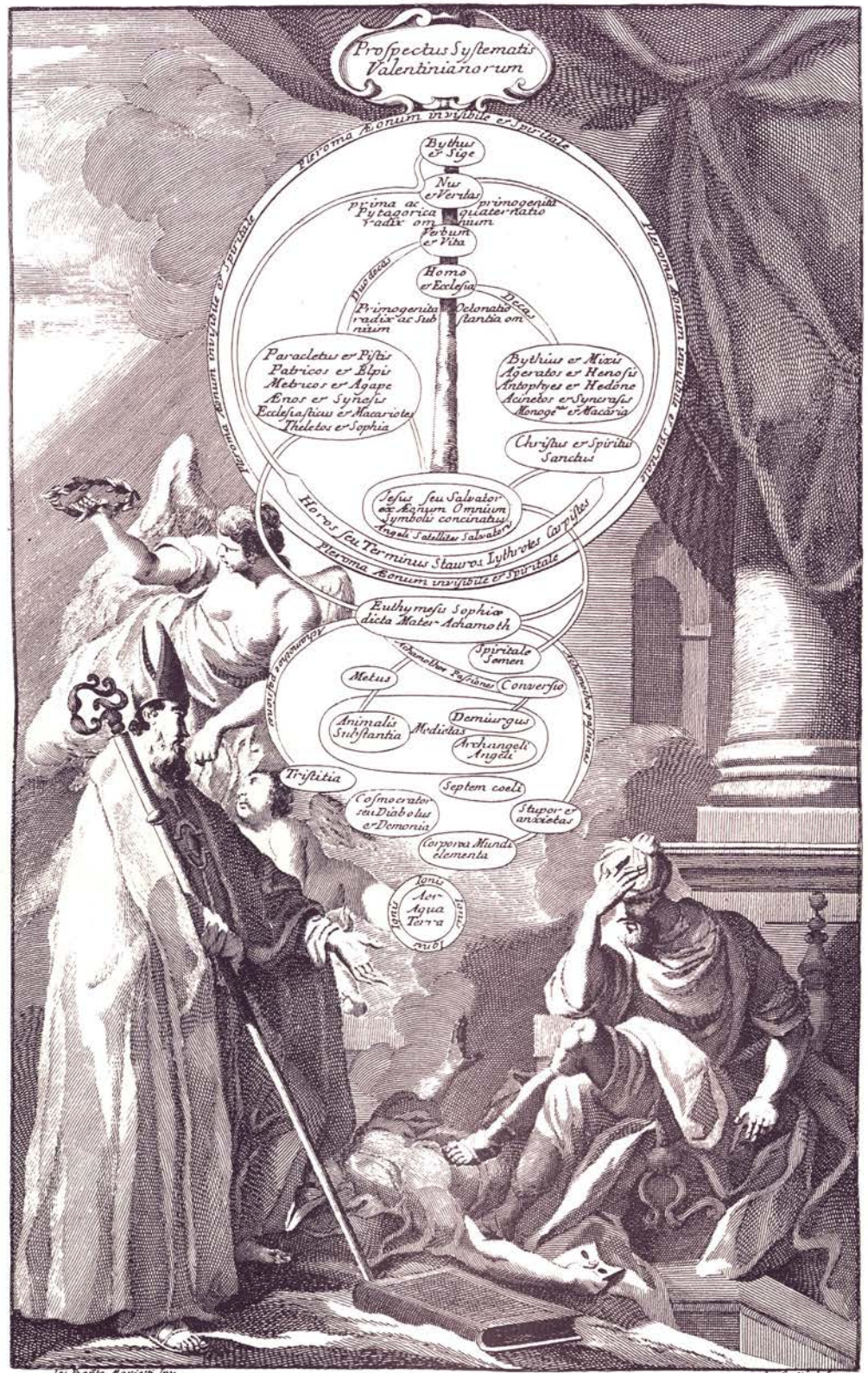
(9) Attrahentes. Sic omnes tum edit. tum mss. codd. Libentius tamen legerem abstrahentes, juxta Græcum ἀπάγοντες.

(10) Sub occasione agnitionis. Græc. προφάσει γνώσεως, quod malle ab interprete redditum, sub specie agnitionis, seu scientiæ, cujus scilicet spem injiciebant Valentiniani.

3 Doppelseite aus der »Patrologia Græca«, einer großen Sammlung frühchristlicher Autoren, die im 19. Jahrhundert der Pariser Abbé Jacques-Paul Migne (gestorben 1875) organisiert hat. Hier sind daraus die ersten Zeilen der Streitschrift abgebildet, die Irenäus gegen die Gnostiker schrieb.

Die Abbildung 5 (Seite 87) zeigt die erste Seite der noch unvollendeten neuen Übersetzung.

4 Darstellung des Valentinianischen Systems. Dieses System war eine letzte bedeutende Schulbildung der Gnosis des 2. Jahrhunderts. In der Neuzeit bzw. im Barock hat man sich die gnostischen Systeme in Allegorien und kosmischen Räumen zu rekonstruieren versucht, wie in dem nebenstehenden Modell. Die Darstellung ist der Edition des Buches von Renatus Massouet, Paris 1710 (= Patrologia Graeca, Band 7) entnommen. Der Bischof Irenäus steht in der Geste des Lehrers vor Valentinian und bringt ihn sichtlich in Verlegenheit und Verzweiflung. Der Bischof empfängt darum den Lorbeerkranz, dem Ketzler ist die Maske des Heuchlers vom Gesicht gefallen.



Valentinos gebeten **4**. Er erfüllte diese Bitte im ersten Buch. Für die zahllosen Details und Einzelheiten, die er darin bietet, konnte er auf Materialsammlungen früherer Apologeten zurückgreifen, und er wurde seinerseits von Späteren ausgeschrieben. Dieses erste Buch ist seit je und bis in die heutige Forschung hinein wohl der reichhaltigste und somit bedeutendste Vorrat an Wissen über gnostische Lehrsysteme.

Dieses fünfbändige Werk »Gegen die Häresien« wird derzeit am Lehrstuhl für Historische Theologie in Regensburg neu übersetzt. Die ersten drei Bücher sind erschienen, das vierte ist in Arbeit, das fünfte folgt im Anschluß daran. Die Übersetzung wird zusammen mit dem kritisch edierten griechischen Urtext bzw. mit dem lateinischen Übersetzungstext in der zweisprachigen Reihe *Fontes Christiani* publiziert **5**. Diese Reihe wird am Regensburger Lehrstuhl zusammen mit dem Lehrstuhl des Fachs in Bochum und mit weiteren Fachkollegen herausgegeben. Bei der Übersetzung zeigen sich Eigenarten des Buches, die sein Verständnis nicht erleichtern. Sie lassen erkennen, daß man in die gnostischen Denkfiguren eingewöhnt sein muß, um einen historischen Text dieser Art zu verstehen.

Irenäus als Informant

Die Nomenklatur der gnostischen Mythologie und Erlösungslehre ist reichlich kompliziert und fremdartig. Von ihrem (Miß-)Verständnis her ist schnell ein Fehler in der Übersetzung gemacht und eine gnostische Idee falsch begriffen. Hier ist Irenäus sehr hilfreich, weil er ausführlich, geradezu vorbildlich, immer wieder gnostische Texte selbst reden läßt, statt sie nur in Paraphrasen womöglich zu verunklären. Aber unklar bleibt trotzdem vieles auch in diesem Buch, so daß der Übersetzer sich oft ohne Erfolg bemüht, »richtiger« und »besser« zu übersetzen als andere vor ihm, obwohl er über neue Quellen zum inhaltlichen Vergleich verfügt. Aber man ist durch Irenäus sehr gut informiert, weil er selbst gründlich recherchiert hat. Er beteuert glaubwürdig, viele Bücher der Gnostiker gelesen, mit den Gnostikern diskutiert, sie ganz in seiner Nähe im Rhönetal zu haben und also alles aus erster Hand zu kennen, was nicht heißt, er sei in seiner Darstellung der Gnosis nicht voreingenommen. Man darf in dieser Auseinandersetzung zwischen Gnosis und Christentum keine der beiden Parteien unterschätzen. Die Gnosis war keine intellektuelle Folklore, sondern hatte es zu einer Präsenz in der spätantiken Welt gebracht, die man nur bestaunen kann. Selbst ein Philosoph wie der (Neu)Platoniker Plotin läßt sich auf sie ein und widmet ihr eine polemische und verächtliche Schrift (*Enneaden II 9*), aus der man seine tiefe Abneigung erkennt. Christen und Philosophen sind sich – bei allem Streit untereinander – in der negativen Bewertung der Gnosis einig.

Aber zurück zu Irenäus als Informant über die Gnosis. Man kann nicht bestreiten, daß er gnostische Originaltexte gelesen hat; die Forschung konnte ihn darin bestätigen. Aber diese Beteuerungen haben doch etwas Suggestives an sich. Der Eindruck, den er erwecken will, er wisse alles

ganz genau und umfassend, täuscht. Eine genauere Durchsicht seiner Texte zeigt, daß er insgesamt nicht derart erschöpfend informiert war, sondern unterschiedlich viel wußte. Besonders gut wußte er Bescheid über die beiden Schüler der bedeutenden gnostischen Koryphäe Valentinos, über Ptolemaios und Markos. Das bedeutet immerhin, daß er eine besonders prominente und repräsentative Tradition der Gnosis, eben die sogenannte valentinianische, kannte. Andererseits stieß sein Wissen in weiten Bereichen offenbar schnell an seine Grenzen und geriet wegen der Absichten und Vorurteile, die Irenäus sich ohne Bedenken gestattete, in Einseitigkeiten.

Man war von den vielen und umfangreichen Nachrichten des Irenäus, von dessen reichem Kenntnisstand immer beeindruckt. Genau in dieser Hinsicht haben die neu gefundenen Texte von Nag Hammadi zur Revision unseres Urteils gezwungen. Irenäus hat uns, so sieht man an ihnen, bei weitem keinen zutreffenden Eindruck vom tatsächlichen Umfang und von den Qualitäten der gnostischen Literatur vermittelt. In dieser Richtung lag nicht sein Interesse. Ihm ging es um die Doktrin und um die Zuordnung der einzelnen gnostischen Lehrer, weil sich durch Klassifizierung bei der Beurteilung der einzelnen gnostischen Schulen das Verfahren sehr abkürzen und vereinfachen ließ. Je ähnlicher die Gnostiker einander waren, desto schneller waren sie »überführt«. Denselben Vorteil hatte man, wenn man die einzelnen Lehrer Schulen zuordnete, so daß sie per definitionem alle dasselbe sagen und lehren und man nur den Gründer »enttarnen« muß, um die ganze Tradition bis zur Gegenwart erledigt zu haben. Solche Tendenzen erhöhen nicht den Informationswert, der in einer Schrift stecken kann. Namentlich einzelne Stifter verlieren, auch bei begleitender Darstellung ihrer Lehre, jede Seriosität. Irenäus behauptet zwar, daß man zur Entlarvung der Gnostiker diese Leute nur zur Schau stellen, ihre Lebensführung beschreiben und ihre Lehre offenlegen müsse, um sie hinreichend bloßgestellt zu haben und verurteilen zu können; aber selbstredend führt diese Behauptung zu den schlimmsten Verzerrungen, Einseitigkeiten, Ungerechtigkeiten und auch Unrichtigkeiten. Man bekommt in einer solchen Schrift die Gnostiker natürlich nur durch die Brille des Irenäus zu sehen.

Irenäus als Kritiker

Neben den Absichten des Irenäus, die sein Bild von der Gnosis parteilich einfärben, haben auch diverse Schwächen des Kritikers eine starke Rückwirkung auf seine ohnehin schon nicht sehr objektive Konzeption. Die Absicht ist klar und anzuerkennen: Irenäus will methodisch und gründlich für Klarheit in der Szene sorgen und zwischen Wahrheit und Lüge oder Irrtum trennen. Die Schwäche ist, daß ihm selbst diese systematische Klarheit im Denken und Darstellen nicht gegeben und auch nicht sein tiefster Ehrgeiz war. Da ihm unvoreingenommene Sachlichkeit und ordnendes Darstellungsvermögen weitgehend fehlten, war er seinem eigenen Prinzip oder Programm letztlich nicht gewachsen. In seinen Büchern gegen die Gnostiker schreibt er tatsächlich, trotz besserer Absichtserklärungen,

5 Doppelseite aus der Regensburger Neuübersetzung von »Adversus haereses« des Irenäus von Lyon. Aus: Fontes Christiani, zweisprachige Neuausgabe christlicher Quellentexte aus Altertum und Mittelalter, Band 8/1. (entspricht ► **3**)

relativ unübersichtlich und ermüdend und wiederholt sich z.B. oft.

Allerdings lernt man bei der Übersetzungsarbeit, daß man sich auch täuschen kann. Liest man Irenäus genau, fällt immer wieder eines auf – er setzt derart subtile Pointen, daß der Leser bzw. Übersetzer sie übersieht und Argumentationsgänge oder literarische Mittel der Kontroverse nicht erkennt. Diesbezüglich kann man viele Entdeckungen bei Irenäus machen. Er setzt übrigens seinerseits Gliederungssignale, die zwar vage bleiben, aber doch die Einlösung seiner Zusage an den Leser bedeuten, ihn »kurz und klar« zu informieren. Und wo er dann zur Darstellung gnostischer Systeme kommt, da bringt der Ablauf seines Referates natürlich schon als solches eine gewisse Gliederung mit sich, weil in der Sache selbst eine bestimmte, nicht beliebige Sequenz der gnostischen Mythen oder Mythenfragmente, eine Logik der Begriffe, eine Ordnung der Dinge und ein pädagogisches Muster der Führung stecken. Und dadurch, daß Irenäus die Gnostiker auf die Koordinaten der altkirchlichen Doktrin festlegt, das heißt, sie an deren Logik mißt, kommt es zu Verzerrungen im altkirchlichen Bild von der Gnosis. Schließlich entbehrten auch die vielen Werbungsmuster im Text, mit deren Hilfe Irenäus die von der Gnosis verführten Christen zurückrufen wollte, nicht der Klarheit und Folgerichtigkeit, ohne die sie kaum überzeugend wären. Respekt kann man auch aufbringen vor der guten Kenntnis der verwirrenden Zahlenspiele der Gnostiker, die Irenäus hatte und ohne die weite Bereiche der gnostischen Spekulation nicht verständlich sind. Ein besonders kompliziertes Kapitel waren die hebräischen Gottesnamen, aus deren Herleitungen oder Etymologie die Gnostiker ihre Vorstellung von mehreren Göttern legitimierten. Irenäus beherrscht ihre Deutung und kann sie deshalb im Detail widerlegen.

Aus all diesen Beobachtungen am Text einer für die Erforschung der Gnosis bedeutsamen Quelle

1. Ἐπεὶ τὴν ἀλήθειαν παραπεμπόμενοι τινες ἐπεισάγουσι 18
 λόγους ψευδεῖς καὶ »γενεαλογίας ἀπεράντους, αἵτινες
 ζητήσεις μᾶλλον παρέχουσι«, καθὼς ὁ ἀπόστολός φησιν,
 »ἡ οἰκοδομὴν Θεοῦ τὴν ἐν πίστει«, καὶ διὰ τῆς πανούργως 5 | 19
 συγκεκροτημένης πιθανότητος παράγουσι τὸν νοῦν | τῶν 5 | 19
 ἀπειροτέρων καὶ αἰχμαλωτίζουσιν αὐτούς, ῥαδιουργοῦν-
 τες τὰ λόγια τοῦ κυρίου, ἐξηγηταὶ κακοὶ τῶν καλῶς
 εἰρημένων γινόμενοι, καὶ πολλοὺς ἀνατρέπουσιν, ἀπ-
 άγοντες αὐτοὺς προφάσει γνώσεως ἀπὸ τοῦ τότε τὸ πᾶν 10
 συστησαμένου καὶ κεκοσμηκότος, ὡς ὑψηλότερόν τι καὶ 10
 μείζον ἔχοντες ἐπιδείξει τοῦ τὸν οὐρανὸν καὶ τὴν γῆν καὶ
 πάντα τὰ ἐν αὐτοῖς πεποικηκότος Θεοῦ, πιθανῶς μὲν | ἐπ- 120
 αγόμενοι διὰ λόγων τέχνης τοὺς ἀκεραίους εἰς τὸν τοῦ
 ζητεῖν τρόπον, ἀπιθάνως δὲ ἀπολλύντες αὐτοὺς ἐν τῷ
 βλάσφημον καὶ ἀσεβῆ τὴν γνώμην αὐτῶν κατασκευάζειν 15
 εἰς τὸν δημιουργὸν μὴ διακρίνειν δυναμένων τὸ ψεῦδος
 ἀπὸ τοῦ ἀληθοῦς.

¹ Der griechische Text von 1, *praef.* 1 bis 21,4 ist hauptsächlich überliefert wie folgt:

frg. 1: *praef.* 1 – 11,1 = EPIPHANIUS, *haer.* 31,9–32

frg. 2: 11,2 = EPIPHANIUS, *haer.* 32,1; HIPPOLYT, *ref.* 6, 38,1

frg. 3: 11,3 = EPIPHANIUS, *haer.* 32,5; HIPPOLYT, *ref.* 6, 38,3

frg. 4: 11,4 = EPIPHANIUS, *haer.* 32,6

frg. 5: 11,5 = EPIPHANIUS, *haer.* 32,7; HIPPOLYT, *ref.* 6, 38,3–5

frg. 6: 12,1 = EPIPHANIUS, *haer.* 33,1; HIPPOLYT, *ref.* 6, 38,5–7

frg. 7: 12,2 = EPIPHANIUS, *haer.* 33,2

frg. 8: 12,3–4 = EPIPHANIUS, *haer.* 35,1

frg. 9: 13,1 = EPIPHANIUS, *haer.* 34,1; HIPPOLYT, *ref.* 6, 39,1; EUSEBIUS, *h.e.* 4, 11,4

frg. 10: 13,2–21,4 = EPIPHANIUS, *haer.* 34,2–20; HIPPOLYT, *ref.* 6, 42–54; EUSEBIUS, *h.e.* 4, 11,5.

Vgl. ROUSSEAU/DOUTRELEAU, *Contre les hérésies* 1/1, 61–82. Die griechischen Fragmente ab 21,5 sind jeweils mit Herkunftsangabe abgedruckt.

² Irenäus liest hier, abweichend vom Bibeltext, οἰκοδομὴν („Erbauung“) statt οἰκονομίαν („Heilsordnung“; sein lateinischer Übersetzer hat dieselbe Vorlage: *aedificationem*); einen rechten Sinn ergibt das nicht.

leuchtet die Notwendigkeit ein, sie neu zu lesen, zu sichten, zu übersetzen und zum Beispiel die Übersetzung auf die gewählte Nomenklatur insgesamt und in Einzelfällen hin zu überprüfen, weil von der richtigen Identifikation der Äquivalente natürlich alles für eine zutreffende Wiedergabe der gnostischen Entwürfe abhängt. Darum wird an der Universität Regensburg der Aufwand einer neuen Gesamtübersetzung von *Adversus haereses* des Irenäus für angemessen gehalten; und die Arbeit ist bereits weit vorangebracht. Die Kooperation mit den Kollegen an der Universität Bochum ist durch vergleichbare Projekte, die dort abgewickelt werden, für das Irenäus-Projekt sehr förderlich. Dort sind kürzlich weitere gnostische Originaltexte für die genannte zweisprachige Edition übersetzt und bearbeitet worden, die teils erstmals ins Deutsche übersetzt sind, nämlich die *Oden Salomos* und *Apokryphe Kindheitserzählungen (Jesu)*. Weitere gnostische Texte werden im selben Projekt

1. Es gibt Leute, die geben die Wahrheit aus der Hand und bringen falsche Lehren auf und „endlose Genealogien, die nur Streitfragen mit sich bringen“, wie der Apostel sagt, „statt der Erbauung² Gottes zu dienen, die sich im Glauben verwirklicht“ (1 Tim 1,4). Mit listig eingeübter Überredungskunst verführen sie die Ahnungslosen in ihren Vorstellungen und fangen sie ein, indem sie leichtfertig mit den Herrenworten umgehen und das, was richtig gesagt ist, falsch ausdeuten. Viele stürzen sie dadurch ins Verderben, daß sie sie unter Vortäuschung besonderer Erkenntnis (Gnosis) vom Schöpfer und Ordner des Alls abbringen, als ob sie ein höheres und größeres Wesen vorzeigen könnten als den Gott, der Himmel und Erde und alles darin gemacht hat (Ex 20, 11; Ps 146, 6: LXX 145, 6; Apg 4, 24; 14, 15). Auf gewinnende Art bringen sie die Arglosen durch trickreiche Reden dazu, sich auf die Suche zu machen; auf gar nicht gewinnende Art³ aber richten sie sie zugrunde, indem sie ihr Denken zu Blasphemie und Frevel gegen den Welterschöpfer (Demiurgen) machen, so daß sie nicht mehr in der Lage sind, Falsch und Wahr voneinander zu unterscheiden.

³ ROUSSEAU/DOUTRELEAU, *Contre les hérésies* 1/1, 168, verstehen die Opposition $\pi\theta\alpha\nu\omega\varsigma \mu\acute{\epsilon}\nu - \acute{\alpha}\pi\iota\theta\acute{\alpha}\nu\omega\varsigma \delta\acute{\epsilon}$ spezieller als Umschreibung des Vorwurfs gegen die Taktik der Gnostiker, zunächst akzeptable und „wahrscheinliche“ Lehren vorzutragen, dann aber, wenn sie so das Vertrauen der unbedarften Zuhörer gewonnen haben, mit den unglaublichsten und unwahrscheinlichsten Dingen zu kommen. Die Übersetzung von $\pi\theta\alpha\nu\acute{\omicron}\tau\eta\varsigma$ mit *verisimilitudo* in den ersten Zeilen der Vorrede (s. o.) spricht dafür. Eine Schwierigkeit ist aber, daß der lateinische Text mit *suadenter quidem - male autem* übersetzt und daß für die beiden beigebrachten Parallelen aus 2, 13, 10 und 14, 8 (s. auch HAYD, *Gegen alle Häresien* 39 Anm. 3) nicht sicher ist, daß *verisimiliter* und *non verisimiliter* die Äquivalente für $\pi\theta\alpha\nu\omega\varsigma$ und $\acute{\alpha}\pi\iota\theta\acute{\alpha}\nu\omega\varsigma$ sind, denn abgesehen vom Adverb *suadenter* für $\pi\theta\alpha\nu\omega\varsigma$ kommen für $\pi\theta\alpha\nu\omega\varsigma$ auch *suasorius* und *suadibilis* bzw. für $\acute{\alpha}\pi\iota\theta\acute{\alpha}\nu\omega\varsigma$ *male* und für $\acute{\alpha}\pi\iota\theta\alpha\nu\omega\varsigma$ *non suadibilis* in Frage (vgl. REYNDERS, *Lexique comparé* 1, 51. 88).

folgen. Die Bearbeiter hier und dort stehen in ständigem Kontakt miteinander.

Gnosis heute: Reste einer Religion

Mit ›Resten‹ sind nicht Bewegungen dieses Jahrhunderts gemeint, die sich neuerdings partiell auf die alte Gnosis besinnen, wie Anthroposophie, Theosophie, New Age und die US-amerikanischen Gruppen, von denen Richard Smith berichtet und die sich *The Ecclesia Gnostica* bzw. *The Gnostic Association* nennen – alle diese Gruppen reklamieren Authentizität, können aber keine historische Kontinuität mit der spätantiken Gnosis nachweisen. Nicht von solchen Neugründungen wird hier geredet, sondern es geht tatsächlich um Überbleibsel aus dem spätantiken Spektrum gnostischer Gruppierungen. Nicht nur Handschriften und Texte aus der Gnosis sind übriggeblieben, auch Menschen sind solche Relikte.

Die spätantike Gnosis verschwand nach unseren Kenntnissen unerklärlicherweise mit dem 3. Jahrhundert. Eines der letzten gnostischen Systeme war der Manichäismus, dem Augustinus etliche Jahre – letztlich enttäuscht – angehörte. Aber einzelne Reste sind interessanterweise nicht ausgestorben und leben bis heute fort. Das sind die Mandäer, deren Selbstbezeichnung »Gnostiker« heißt (von *manda* = Erkenntnis, Wissen, eben Gnosis). Es handelt sich um eine gnostische Taufsekte, die wahrscheinlich in vorchristliche Zeit zurückreicht (die folgenden Informationen sind Forschungsergebnisse von Kurt Rudolph). Man nennt sie heutzutage ein Überbleibsel der alten Gnosis. Ihre derzeitige Größe liegt nach zurückhaltenden Schätzungen bei 5000 bis 25000 Gläubigen. In ihren jeweiligen Verbreitungsgebieten waren die Mandäer immer eine Minderheit wie vergleichbare vorislamische Gruppen. Obwohl ihre Gruppe nur mit einigen Einschränkungen als gnostisch im alten Sinn gelten kann, stellt sie doch eine der vielen Varianten im altgnosti-

schen Sinn dar. Und die umfangreiche mandäische Literatur ist die einzige bis heute ununterbrochene, lebendig tradierte Dokumentation der Gnosis. Diese Literatur ist ähnlich umfangreich wie die Bibliothek von Nag Hammadi.

Die Sprache der mandäischen Literatur, heute nur noch von Priestern verstanden, ist ein eigenständiges ostaramäisches Idiom; die Schriften sind anonym überliefert. Der Lebensraum der Mandäer war lange Jahrhunderte der Süden des Irak und der südwestliche Iran. Die Urheimat lag allerdings im Westen, am Ostrand Syriens und Palästinas. Die Mythologie der Mandäer und auch ihre liturgische Praxis gehen bis ins erste Jahrhundert n. Chr. zurück. Die Quellen für den Anfang der Sekte sind äußerst dürftig. Typisch altgnostisch sympathisieren sie wenig mit dieser Welt, die nach ihrer Überzeugung ohnehin keine Zukunft hat, und warten für ihren eigenen Teil darauf, als Seele ins Lichtreich (das »Große Leben«)

zurückzukehren, dem die Welt der Finsternis korrespondiert. Dieser Aufstieg ist neben der Taufe der zweite wichtige Ritus der Mandäer. Man muß die Gnosis annehmen, die strenge mandäische Ethik leben und den Ritus der Gruppe nach Vorschrift begehen. Im Kult ist die innere Einheitlichkeit des Mandäismus deutlich größer als in der recht unklaren Lehre. Dramatische Merkmale dieser Religion sind kompromißlose Feindschaft gegen das Christentum (Christus als »Lügen-Messias«) und eine ausgeprägte Aversion gegen das Judentum. Infolge der Bedeutung von Kult und Ritus spielen die Priester bis heute eine maßgebliche Rolle, wobei allerdings auch die Gemeinde für den einzelnen eine unterstützende Funktion beim gefährlichen Wiederaufstieg ins Lichtreich hat.

Tradition - Reform - Säkularisierung

Mit den jüdischen Unabhängigkeitskriegen ab 70 n. Chr. begann eine Reihe von Veränderungen der Verhältnisse für die Mandäer, die bis heute reichen. Wegen Verfolgungen mußten sie aus dem Jordantal und Syrien nach Osten abwandern, nämlich in die südlichen Gebiete des Zweistromlandes und in den südwestlichen Iran, wo sie überwiegend noch jetzt siedeln. Das muß im 2. Jahrhundert n. Chr. gewesen sein. Diese Bewegungen brachten Veränderungen an Kult und Mythos der Mandäer mit sich, etwa in Form von Anpassungen, die nachhaltig zu Unausgeglichheiten zwischen beiden Bereichen, Kult und Mythos, führten. Langfristig einschneidender werden sich mit Sicherheit etliche Änderungen im sozialen und religiösen Leben der irakischen Mandäer in diesem Jahrhundert auswirken. Seit den vierziger Jahren machten sich in Bildung und Lebensverhältnissen auffällige Änderungen bemerkbar. Sie waren durch die politischen Veränderungen (Zweiter Weltkrieg, Entstehung des modernen Irak) ausgelöst. Die Lebensbedingungen der Mandäer änderten sich außerdem, wie für alle Menschen der Region, durch Bodenreform und Sozialisierung. Wichtig war 1958 ihre rechtliche Anerkennung durch die Baath-Regierung. Sie erlaubte der religiös-kulturellen Minderheit, die der Mandäismus darstellte, ihre Feste, ihren Ritus unter Anerkennung durch den Staat zu begehen. Als Umstände und Ereignisse, durch die die Geschichte des Mandäismus in den letzten Jahrzehnten beeinflusst und verändert wurde, lassen sich etliche Einzelheiten aufzählen: Während die Mandäer bis 1958 so gut wie ausschließlich in ländlichen Gebieten wohnten, setzte jetzt eine beständige Abwanderung mandäischer Familien vom Land in die Großstädte wie Bagdad, Basra und Amarah ein. Ganze Regionen wurden verlassen, und die ehemaligen mandäischen Kultzentren wurden bedeutungslos oder verschwanden.

Im Zuge der Veränderungen im Land wurde das Schulwesen reformiert, und die Gesellschaft öffnete sich für alle Gruppen. Seit den sechziger Jahren gehen junge Mandäer, die traditionell einen handwerklichen Beruf erlernt hätten, auf Schulen und Hochschulen. Bildung und Beruf spielen eine neue Rolle. Sie ließen bei den

Mandäern ein gebildetes und intellektuelles Publikum entstehen. Seither gehen junge Mandäer aus dem Irak zum Studium ins Ausland, vereinzelt auch nach Deutschland. Die traditionelle Gemeinde verblieb im alten Stil und unterschied sich bald deutlich.

Zu den Folgen gehört, daß der Besuch der Kultstätten und der Zeremonien abnahm. Nur wenige traditionelle Feste werden noch begangen. Vorbehalte gab es gegenüber den Wasserzeremonien von Taufe und Waschungen, weil die Flüsse und Kanäle, die man dazu benutzt, zunehmend von der Industrie verschmutzt werden. Die Beschwerden aus den Gemeinden haben zuerst (1975/76) in Basra und dann auch in Bagdad erreicht, daß entsprechende hygienische Anlagen (gekacheltes Taufbecken) gebaut wurden.

Man gründete seit den frühen siebziger Jahren Klubhäuser. Das Bedenkliche an ihnen ist die räumliche Distanz zu den Kultzentren, die wiederum das Verhältnis zu den Priestern belastet. Beides resultiert deutlich aus säkularen Tendenzen. Die Laien erleben sich als selbständig gegenüber den Priestern. Eigenständigkeit manifestiert sich auch im religiösen und kulturellen Bereich. Man richtet in den Klubhäusern Bibliotheken ein, in denen mandäische Schriften stehen, aber auch alles, was in der westlichen Welt über den Mandäismus geschrieben wird. Mandäische Requisiten wie Gewänder, Handschriften, künstlerische und kultische Gegenstände werden ausgestellt, »also eine Art Museum der eigenen ›Kultur‹« (Kurt Rudolph). Daß solche Klubhäuser sich hauptsächlich in mandäischen Exilgemeinden finden, leuchtet ein.

Der Priesterrang wurde in den letzten Jahrhunderten weithin vererbt. Traditionell wurden die Priester also in den Priesterfamilien auch geschult. Heute wird der Versuch, die Priesterschulung zu verbessern, in der Form unternommen, daß man außer moderner Schulbildung auch ein europäisches Hochschulstudium ermöglicht. Das ist ein eklatanter Bruch mit der traditionellen Praxis. - Parallel dazu steht die kulturelle Förderung der Laien, an der aus verschiedenen Gründen ein Interesse der Mandäer besteht. Für frühere Epochen ist nichts über Bildung oder Schulung bekannt. Die Notwendigkeit, das Manko zu beheben, ist natürlich erkannt. Die Laien wissen nichts von ihrer Religion und Literatur. Voraussetzung für entsprechende kulturelle und religiöse Bildung ist, daß sie Mandäisch lernen, das man im irakischen Mandäismus gar nicht mehr spricht. Im Zuge dessen ist der Abstand zwischen Laien und Priestern gewachsen. Weil sie Englisch oder auch Deutsch sprechen, sind die Laien durch die westliche religionswissenschaftliche Literatur über den Mandäismus, ihre eigene Religion, gut informiert; dagegen sind die Priester ziemlich ahnungslos.

Jahrhundertlang lag die Leitung der mandäischen Gemeinden bei den Priestern. Heute liegt sie bei einem Gremium, das sich aus Priestern und Laien zusammensetzt. Das Gremium nennt sich »Höchster geistlicher Rat der Gemeinde«. Daß das, zumal in orientalischen Gesellschafts-

verhältnissen, religiös-theologisch wie mental und organisatorisch eine Veränderung einschneidender Art bedeutet, liegt auf der Hand.

Interreligiöse Kontakte: Gnostiker beim Papst

Erstaunlich ist, daß – abweichend vom traditionellen Verhalten – seit einiger Zeit von den Mandäern großer Wert auf die Herstellung und Stabilisierung interreligiöser Kontakte gelegt wird. Die muslimisch-schiitische Mehrheit im Südirak eignet sich dafür freilich nicht gut. Durch Jahrhunderte waren die Mandäer unter ihrer Führung Opfer von Pogromen. Auch die politische Gleichstellung der mandäischen Minderheit im Jahr 1958 konnte die belasteten Beziehungen nicht verbessern. Das Baath-Regime forcierte sogar noch die muslimische Orientierung. Ausgesprochen gute Kontakte haben die Mandäer dagegen zur christlichen Minderheit. Zu den Juden im Land können ab 1958 keine Kontakte bestanden haben, weil die Juden damals aus dem Irak vertrieben wurden. Für gute Beziehungen zu den Kirchen berief man sich auf die Verwandtschaft zwischen Jesus und Johannes dem Täufer (nach Lukas 1), der eine große Rolle im Mandäismus spielt. Als nichtmandäischer Ehepartner kommt für die Mandäer offenbar nur ein Christ in Frage. Ein besonderes Nahverhältnis scheint zu den »assyrischen« Christen (in der Sprache der christlichen Dogmatik: den Nestorianern) zu bestehen.

Im Jahr 1990 wurde eine mandäische Delegation von Papst Johannes Paul II. im Vatikan empfangen. Der *Osservatore Romano* berichtete darüber auf der Titelseite. Auch der Papst bezog sich in seiner Rede auf Johannes den Täufer als Vetter Jesu, um ein besonderes Verhältnis zu den Mandäern zu untermauern und eine Fortsetzung des Dialogs mit der römischen Kurie zu begründen. Die Mandäer baten bei dieser Gelegenheit um finanzielle Unterstützung, mit der man für angehende mandäische Priester ein Studium der »Mandäischen Theologie« in Europa finanzieren will. Als vor einiger Zeit eine Delegation der römisch-katholischen Stiftung »Pro Oriente«, mit Sitz in Wien und für Ostkirchen-Kontakte zuständig, einen Besuch in Bagdad machte, wurde sie mit derselben Bitte konfrontiert. Der Patriarch der chaldäischen Kirche befürwortete sie. Und auch zu den protestantischen Kirchen sind Beziehungen hergestellt worden.

Gnosis im Exil: Das Schicksal der Mandäer

Verheerende Folgen für die Mandäer hatten die beiden Golfkriege 1980–1986 und 1990–1991, die sich gerade in ihren alten Siedlungsräumen abspielten; die Gemeinden waren schwer betroffen, zahlreiche mandäische Zentren wurden zerstört. Viele Familien mußten ihre Wohnsitze aufgeben, suchten zunächst in der Nähe, in Bagdad und Umgebung zu bleiben, ein großer Teil verließ dann aber den Irak und Iran und gründete in einer Auswanderungsbewegung Exilgemeinden in Europa, USA, Skandinavien und Australien. Binnen kurzer Zeit veränderten sich das Siedlungs-

bild und die Religion der Mandäer grundlegend. Etliche tausend Mandäer fanden in Europa Asyl, nämlich in Deutschland, Dänemark, Großbritannien und Schweden. Mandäer haben sich auch in den USA und Kanada niedergelassen. Erst nach dem ersten Golfkrieg bildeten sie dort regelrechte Gemeinden, nämlich erstmals 1987 im Staat New York, inzwischen auch in Long Island, San Diego und Florida.

Etwas ganz Neues tat sich bei den Mandäern in Florida. Sie haben nicht nur ein Gemeindezentrum und ein Gemeindemuseum eingerichtet, sondern sie wollen auch einen Priester anstellen, weil sie die Möglichkeit haben wollen, die obligaten, unverzichtbaren religiösen Riten, die zum mandäischen Glauben gehören, eben in diesem Zentrum, an Ort und Stelle, zu zelebrieren. Solche Wünsche werden auch in Australien laut. Die mandäische Gemeinde in Sydney hat ein Abkommen mit den australischen und iranischen Behörden geschlossen, wonach jährlich ein Priester aus dem Iran einreisen darf, damit die Riten stattfinden können.

Die Mandäer leben also heute in einer völlig anderen Umgebung als noch vor kurzem. Sie orientieren sich darum gezielt an der Tradition, was Kult, Kultur und Organisation betrifft. Sie produzieren weiterhin umfangreiche (rein religiöse) Literatur. Ein Problem ist die heutige Volkzugehörigkeit der Mandäer. Sind sie Araber oder Mandäer? Die Frage stellt sich erst heute, und folglich gibt es noch keine Antwort darauf. Ihrer Religion nach sind sie Mandäer, ihrer Sprache und dem hauptsächlichen Siedlungsgebiet nach Araber oder Iraner, auch ihrer modernen Staatszugehörigkeit nach. Ihre frühe, ursprüngliche Herkunft ist aber nicht arabisch und nicht iranisch, sondern reicht bis auf die alte aramäische Bevölkerung des vorislamischen Mesopotamien zurück. Kurt Rudolph rät als Kenner den heutigen Mandäern, »sich als Araber (oder Iraner) mandäischen Glaubens zu verstehen, wie auch Teile der ›orientalischen‹ Christen sich als ›arabische Christen‹ verstehen, obwohl sie ihrer Herkunft nach ›Syrer‹ (fälschlich ›Assyrer‹) sind, inzwischen aber seit Jahrhunderten der arabischen Bevölkerung angehören«.

Die Bedingungen für Leben und Religion der Mandäer haben sich also durch die moderne Zivilisation und die politischen wie militärischen Ereignisse im mittleren Orient weitreichend verändert. Die Spuren ihrer Zugehörigkeit zur alten Gnosis sind m. E. dabei erhalten geblieben. Die grundlegenden Koordinaten dessen, was Gnosis als Heilswissen und Heilskennntnis beinhaltet, machen wie ehemals das Verhältnis dieser Religion zu Welt, Leben, Schicksal und Befreiung aus. Ob dies unter den neuen Bedingungen und den zweifellos säkularen Tendenzen dieser Veränderungen, wie sie sich für viele Mandäer darstellen, so bleiben wird und kann, muß abgewartet werden.

Literatur zum Thema und Bildnachweis ► Seite 95

Prof. Dr. theol.

Norbert Brox

geb. 1935 in Paderborn. Studium in Paderborn und München. Promotion 1961 an der Universität München in neutestamentlicher Exegese. 1966 in Graz Habilitation für Altkirchliche Theologie und Ökumenismus. 1969 a. o. Prof. an der Pädagogischen Hochschule der Universität München. Ab 1971 a. o. Prof., seit 1973 o. Prof. an der Universität Regensburg. Seit 1993 Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften.
Forschungsgebiete:
Kommentare zu frühchristlichen Schriften des 2. Jahrhunderts; Frühchristliche Theologie und Literaturgeschichte; Pseudepigraphie in altkirchlicher Praxis und Einschätzung; Auseinandersetzung des Frühchristentums mit Religionen und Philosophien der Spätantike.

Prof. Dr. phil. Dr. jur.

Ulrich Hommes

■ Literatur zum Thema

Nicolai Hartmann,
Ästhetik.
Berlin 1953.

Wolfgang Panzenberg,
Anthropologie in theologischer
Perspektive.
Göttingen 1983.

Annemarie Pieper,
Ethik und Moral.
München 1985.

Robert Spaemann,
Glück und Wohlwollen.
Stuttgart 1989.

Ulrich Hommes,
Der Mut zum richtigen Programm.
SDR im Gespräch.
Stuttgart 1991.

Ulrich Hommes,
Der Glanz des Schönen.
Regensburg 1992.

■ Bildnachweis

Fotografie:
Irmgard Voigt, München.

Grafik:
Stephan Riedlberger
für Atelier Irmgard Voigt,
München.

Prof. Dr. rer. nat.

Stephan Schneuwly

■ Literatur zum Thema

Doris Kretschmar, Alexandra Brunner,
Volker Wiersdorff, Gert Pflugfelder,
Martin Heisenberg, Stephan Schneuwly,
Giant lens, a gene involved in
cell determination and axon guidance
in the visual system of *Drosophila*
melanogaster.
EMBO Journal 11 (1992),
S. 2531–2539.

Alexandra Brunner, Thomas Twardzik,
Stephan Schneuwly,
The *Drosophila giant lens* gene
plays a dual role in eye and optic
lobe development: Inhibition of
differentiation of ommatidial cells
and interference in photoreceptor
axon guidance.
Mechanism of Development 48
(1994), S. 175–185.

Tanya Wolff, Don Ready,
Pattern formation in the *Drosophila*
retina.
In: Michael Bate (Hrsg.),
The development of *Drosophila*
melanogaster.
New York 1993, S. 1277–1325.

Ian Meinertzhagen, Tom Hanson,
The development of the optic lobe.
In: Michael Bate (Hrsg.),
The development of *Drosophila*
melanogaster.
New York 1993, S. 1363–1492.

■ Bildnachweis

1
J. A. L. Cooke,
Oxford Scientific Films and
Blackwell Science Ltd.

2 4 5 7 8 10 11 12

Fotografie:
Autor

4
nach „the clickable brain.“
(<http://deep-thought.biologie.uni-freiburg.de/data/kf.html>)
Karl-Friedrich Fischbach,
Universität Freiburg.
Grafische Bearbeitung:
Stephan Riedlberger
für Atelier Irmgard Voigt,
München.

3 9

Grafik:
Stephan Riedlberger
für Atelier Irmgard Voigt,
München.

**BÜCHER
PUSTET.**

**REGENSBURG PASSAU
STRAUBING DEGGENDORF
AUGSBURG LANDSHUT**

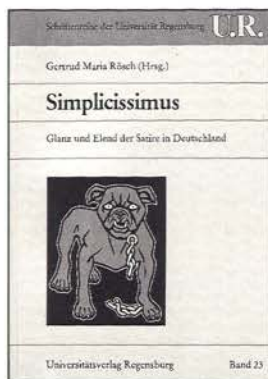
In sechs Städten
ein guter Treffpunkt

U.R. 23
 Gertrud Maria Rösch (Hg.)
Simplicissimus
 Glanz und Elend der
 Satire in Deutschland

216 Seiten
 mit zahlreichen
 Abbildungen

ISBN 3-930480-41-7

DM 39,80



U.R. 23 Zum 100. Geburtstag des Simplicissimus erscheint der vorliegende Tagungsband eines internationalen und interdisziplinären Kolloquiums des Instituts für Germanistik an der Universität Regensburg (6. und 7. Mai 1996). In 14 informativen und anschaulich geschriebenen Einzelbeiträgen entsteht ein höchst facettenreiches Bild vom Glanz und Elend der Satire in Deutschland.

NEU

Universitätsverlag Regensburg

Schriftenreihe der Universität Regensburg

U.R.

U.R. 22 Vom Welttheater der Geschichte stets mit der undankbaren Rolle bedacht, immer ein Letzter zu sein – der letzte Mainzer Kurfürst, der letzte Erzkanzler des Heiligen Römischen Reiches, der letzte geistliche Fürst Deutschlands – hat Carl von Dalberg (1744–1817) in den Augen der Nachwelt bislang wenig Gnade gefunden. Die neuere Forschung erkannte in ihm jedoch eine Leitfigur des Umbruchs vom Ancien Régime zum napoleonischen Staatensystem. Der vorliegende Band vereinigt die Referate eines wissenschaftlichen Symposions, das anlässlich des Dalberg-Jahres 1994 in Regensburg stattfand.



U.R. 22
 Karl Hausberger (Hg.)
Carl von Dalberg
 Der letzte geistliche
 Reichsfürst

224 Seiten
 mit zahlreichen
 Abbildungen

ISBN 3-930480-40-9

DM 39,80

Universitätsverlag Regensburg

Schriftenreihe der Universität Regensburg

U.R.

U.R. 21
 Dieter Albrecht (Hg.)
**Regensburg –
 Stadt der Reichstage**
 Reichsversammlungen vom
 Mittelalter bis zur Neuzeit

192 Seiten
 mit zahlreichen
 Abbildungen

ISBN 3-9803470-9-5

DM 29,80



U.R. 21 Auf der Suche nach demokratischen Traditionen in der deutschen Geschichte und nach Vorläufern des deutschen Parlamentarismus kommt den Ständeversammlungen des Alten Reiches eine besondere Bedeutung zu. Die Reichstage des Kaisers, die seit 1582 ausschließlich in Regensburg stattfanden und hier in den bis 1806 tagenden Immerwährenden Reichstag übergingen, waren Ausdruck korporativer Freiheit. Als ein neben dem Kaiser bestehender zweiter Herrschaftsträger und eigenständiger Rechtskreis verhinderte der Reichstag den unkontrollierten Machtgebrauch.

Universitätsverlag Regensburg

Schriftenreihe der Universität Regensburg

U.R.

U.R. 20 Die Reformation fand im städtischen Bürgertum der freien Reichsstädte eine gebildete, aufgeschlossene und emanzipationsbereite Anhängerschaft. Am Beispiel Regensburgs behandelt der vorliegende Band die Entstehung und Entwicklung protestantischen Lebens einer reichsstädtischen Bürgerschaft. Die Bandbreite der Einzelbeiträge reicht von der Darstellung religiöser Volkskultur im Reformationszeitalter bis hin zum verspäteten Einzug Martin Luthers in die Walhalla. In Regensburg als einer Stadt des konfessionellen Miteinanders werden die historischen und kulturellen Vorgaben deutlich, auf deren Grundlage sich das Verhältnis beider Konfessionen im Spannungsfeld von Toleranz und Konflikt bis heute entwickelt hat.



U.R. 20
 Hans Schwarz (Hg.)
**Reformation und
 Reichsstadt**
 Protestantisches Leben
 in Regensburg

218 Seiten
 mit zahlreichen
 Abbildungen

ISBN 3-9803470-1-X

DM 29,80

Universitätsverlag Regensburg

Schriftenreihe der Universität Regensburg

U.R.

Prof. Dr. med.

Jürgen Strutz

Dr. rer. nat.

Otto Gleich

■ **Literatur zum Thema**

Stéphane Chardin, Raymond Romand, Regeneration and mammalian auditory hair cells. *Science* 267 (1995), S. 707-709.

Douglas A. Cotanche, Kenneth H. Lee, Jennifer S. Stone, Daniel A. Picard, Hair cell regeneration in the bird cochlea following noise damage or ototoxic drug damage. *Anatomy and Embryology* 189 (1994), S. 1-18.

Otto Gleich, Robert J. Dooling, Geoffrey A. Manley, Georg M. Klump, Jürgen Strutz, Hinweise für eine kontinuierliche Haarzellregeneration bei einem Singvogel mit erblich bedingter cochleärer Hörstörung. *HNO* 43 (1995), S. 287-293.

Douglas B. Webster, Molly Webster, Neonatal sound deprivation affects brain stem auditory nuclei. *Archive of Otolaryngology* 103 (1977), S. 392-396.

Otto Gleich, Robert J. Dooling, Joelle C. Presson, Jürgen Strutz, Kontinuierliche Proliferation von Stützzellen und Hinweise für Hörzell-differenzierung im Hörorgan von adulten Singvögeln mit genetischer cochleärer Hörstörung. *HNO* 44 (1996), S. 307-312.

■ **Bildnachweis**

1 4 6 7

Firma Cochlear, Basel.

2

Grafik:
Barbara Meißner/
Büro Meißner & Reisser,
für Atelier Irmgard Voigt,
München.

9

Fotografie:
Bruno Moser,
Straubing.

Dr. rer. nat.

Susanne Alban

■ **Literatur zum Thema**

Robert W. Colman, Jack Hirsh, Victor J. Maarder, Edwin W. Salzman (Hrsg.), Hemostasis and Thrombosis. *Basic Principles and Clinical Practice*, 3. Auflage, Philadelphia 1994.

David A. Lane, Ulf Lindahl (Hrsg.), Heparin, *Chemical and Biological Properties, Clinical Applications*, London 1989.

Jaweed Fareed, Debra Hoppensteadt, Walter Jeske, Jeanine M. Walenga, An overview of non-heparin glycosaminoglycans as antithrombotic agents. In: Leon Poller (Hrsg.), *Recent Advances in Blood Coagulation*, London 1993, S. 169-187.

Susanne Alban, Carbohydrates with Anticoagulant and Antithrombotic Properties. In: Zbigniew J. Witczak (Hrsg.), *Carbohydrates in Drugs*, New York 1996.

Susanne Alban, Synthese und physiologische Testung neuartiger Heparinoide. *Dissertation*, Regensburg 1993.

■ **Bildnachweis**

1

nach Gert Müller-Berghaus, Physiologie und Regulation der Blutgerinnung und Fibrinolyse. *Die Medizinische Welt* 38 (1987), S. 407-413.

2

Volkmar Tilsner, Norbert Heimburger, Udo Becker, Herbert Göpfert, H.-Jürgen Kolde, Gerinnungsdiagnostik für Diagnose und Therapie, Behringwerke AG, Marburg und Frankfurt/Main, 1986, S. 13.

3

Allan Victor Hoffbrand, John E. Pettit, *Sandoz Atlas Klinische Hämatologie*, London 1989, S. 243.

4 5

Mit freundlicher Genehmigung von Herrn Dr. Helmut Wolf, Sandoz AG, Nürnberg.

6 7 8 11 13 14

Grafik:
Stephan Riedberger
für Atelier Irmgard Voigt,
München.

9

Gerhard Schwarz, Hirudin: Potente Substanz auf dem Vormarsch. *Pharmazeutische Zeitung* 139 (1994), S. 3484/3485.

Fotografie:
Dr. G. Groth,
Institut für Pharmakologie und
Toxikologie, Mannheim.

10 12

Mit freundlicher Genehmigung von Herrn Prof. Dr. Robert Huber, Max-Planck-Institut für Biochemie, Martinsried.

80 Jahre **UMZÜGE GEBR. RÖHRL** AMÖ-Fachbetrieb Transport GmbH

Der Umzugsspezialist der Universität Regensburg



Umzüge im Stadt-, Nah-, Fern-, Auslandsverkehr, Übersee und Containerumzüge, Spezialtransporte von Klavier - Flügel - Kassen - Computer - und Kunstgegenständen, Industrie und Betriebsverlegungen, Lagerung - geschultes Fachpersonal, Schreiner-Service, Möbelmontage



Thurmayerstraße 10a • 93049 Regensburg • ☎ (09 41) 2 17 71 • Fax (09 41) 2 54 18

Für uns heißt Umziehen nicht nur transportieren

Prof. Dr. rer. nat.
Christoph Meinel

geb. 1949 in Dresden. Studium der Chemie, danach der Geschichte und Wissenschaftsgeschichte in Marburg, Promotion 1977. Postdoc-Jahr an der University of Kent. Habilitation 1987 in Hamburg. 1987–1990 Fellow am Wissenschaftskolleg und Koordinator eines Forschungsverbundes in Berlin. 1990 Professor für Geschichte der Naturwissenschaften in Mainz. Seit 1990 Lehrstuhl für Wissenschaftsgeschichte an der Universität Regensburg. Mitglied der Deutschen Akademie der Naturforscher Leopoldina.

Forschungsgebiete:
Naturwissenschaft und Naturphilosophie der Frühen Neuzeit; Chemie im 18. und 19. Jahrhundert.

■ *Literatur zum Thema*

Judy Egerton,
Wright of Derby.
London 1990.

Werner Busch,
Joseph Wright of Derby:
Das Experiment mit der Luftpumpe.
Frankfurt am Main 1986.

Steven Shapin und Simon Schaffer,
Leviathan and the Air Pump:
Hobbes, Boyle, and the
Experimental Life.
Princeton 1985.

Universität Regensburg (Hrsg.)
Gelehrtes Regensburg – Stadt der
Wissenschaft: Stätten der Forschung
im Wandel der Zeit.
Regensburg 1995.

■ *Bildnachweis*

Seite 42:
Reproduced by courtesy of
the Trustees, The National Gallery,
London.

Seite 43:
Universität Regensburg.
Fotografie:
Wolfram Schmidt,
Regensburg.

Prof. Dr. rer. pol.
Hans Jürgen Drumm

■ *Bildnachweis*

Fotografie:
Irmgard Voigt, München.
Grafik:
Marie Theres Reisser/
Büro Meißner & Reisser,
für Atelier Irmgard Voigt,
München.

Prof. Dr. rer. nat.
Horst Hoffmann

■ *Literatur zum Thema*

Horst Hoffmann,
Rüdiger Scherschlicht,
Fe/Tb Multilayers: The Structure of
Interfaces, the Spin Coupling and
the Magnetic Anisotropy.
In: Proceedings of the International
Summer School, Chlum und Trebonie,
Tschechien.
Prag 1994, S. 155–164.

Joachim Bartella, Horst Hoffmann,
Karl-Heinz Müller, Günter Reiss,
Oberflächen- und Dünnschichtanalyse.
In: Gerhart Kienel (Hrsg.),
Vakuumbeschichtungen 3.
Düsseldorf 1994, S. 248–334.

Gerhart Kienel (Hrsg.),
Vakuumbeschichtungen 3.
Dünnschichttechnologie.
Düsseldorf 1987.

Johan Vancea,
Unconventional Features of
Free Electrons in Polycrystalline
Metal Films.
International Journal of Modern
Physics B Vol. 3, No. 10 (1989),
S. 1455–1501.

Ludwig Reimer,
Transmission Electron Microscopy.
Springer Series in Optical Sciences,
2. Auflage, Heidelberg 1989.

■ *Bildnachweis*

1 4 5 6 7 14 16

Lehrstuhl Hoffmann,
Institut für Experimentelle und
Angewandte Physik, Universität
Regensburg.

1
Dissertation Dr. Andreas Rosenauer.

4 5 7
Renate Fischer.

6
Dissertation Dr. Josef Zweck.

8
Dissertation Dr. Johan Vancea.

9 10
Dissertation Dr. Günter Reiss.

11
Dissertation
Dipl.-Phys. Michael Matner.

12
Dissertation Dipl.-Phys. Markus Haidl.

14
Dissertation
Dipl.-Phys. Wolfgang Ernst.

16
Dissertation
Dipl.-Phys. Rüdiger Scherschlicht.

2 3 8 9 10 11 12 13

15
Grafik:
Barbara Meißner/
Büro Meißner & Reisser
für Atelier Irmgard Voigt,
München.



Kneitinger

■ *Literatur zum Thema*

Kurt Bittel,
Die Hethiter.
München 1976.

Andreas Müller-Karpe,
Untersuchungen in Kusakli 1992–94.
Mitteilungen der Deutschen
Orient-Gesellschaft 127,
(1995), S. 5–36.

Gernot Wilhelm,
Die Tontafelfunde der
2. Ausgrabungskampagne 1994
in Kusakli.
Mitteilungen der Deutschen
Orient-Gesellschaft 127,
(1995), S. 37–42.

■ *Bildnachweis*

1
Grafik:
Stephan Riedlberger
für Atelier Irmgard Voigt,
München.

2 3 4 6 7 9 10 11 12
13 14

Fotografie:
Autor.

5 8
Fotografie:
Orhan Durgut, Fotograf,
Istanbul.

15 16
Dr. Harald Stümpel,
Institut für Geophysik,
Universität Kiel.

■ *Literatur zum Thema*

Herbert E. Brekle,
Die Antiqualinie von ca. –1500
bis ca. +1500. Untersuchungen zur
Morphogenese des westlichen
Alphabets auf kognitivistischer Basis.
Münster 1994.

Joseph Naveh,
Die Entstehung des Alphabets.
Herzlia, Israel, 1994.

■ *Bildnachweis*

1
Benjamin Sass,
The genesis of the alphabet
and its development in the
second millenium B. C.
Wiesbaden 1988.

2
Archiv Autor.

3 10 14 17
Fotografie:
Autor.

4 6
Peter K. McCarter jr.,
The Antiquity of the Greek Alphabet
and the Early Phoenician Scripts.
Missoula/Montana 1975.

7 8 9
Barry B. Powell,
Homer and the origin of the
Greek alphabet.
Cambridge 1991.

12
Rudolf Wachter,
Ahlateinische Inschriften.
Bern 1987.

13 16
Jean Mallon,
Paléographie Romaine.
Madrid 1952.

15
Corpus Inscriptionum Latinarum
(CIL).
Berlin 1871–1970.

Der neue Roman von Wolf Peter Schnetz.



»Am besten man gibt sich
diesem Buch ganz hin,
mit Neugier auf Menschen
und ihr Leben
zwischen Kriegsende
und Wirtschaftswunderblüte 1955 –
und mit stiller Lust fürs Poetische.«
Die Woche

Jugendsünden. Erzählung. 200 Seiten. Gebunden.
ISBN 3-927529-35-4. DM 29,80.



Mittelbayerische Druck- und
Verlags-Gesellschaft, Regensburg

Prof. Dr. theol.

Norbert Brox

■ Literatur zum Thema

Norbert Brox,
Offenbarung, Gnosis und gnostischer
Mythos bei Irenäus von Lyon.
Salzburg 1966.

Norbert Brox,
Erleuchtung und Wiedergeburt.
Aktualität der Gnosis.
München 1989.

Norbert Brox,
Irenäus von Lyon.
Epideixis, Adversus haereses,
Fontes Christiani Band 8/1-3.
Freiburg u. a. seit 1993.

Robert Haardt,
Die Gnosis. Wesen und Zeugnisse.
Salzburg 1967.

Gilles Quispel,
Gnosis als Weltreligion.
2. Auflage, Zürich 1972.

James M. Robinson,
The Nag Hammadi Library in English.
3. Auflage,
Leiden/New York/Kopenhagen/Köln
1988.

Kurt Rudolph,
Die Gnosis. Wesen und Geschichte
einer spätantiken Religion.
3. Auflage, Göttingen 1990.

Kurt Rudolph,
Die Mandäer heute.
Zeitschrift für Religionswissenschaft
(1994), S. 161-184.

Eric Voegelin,
Wissenschaft, Politik und Gnosis.
München 1959.

■ Bildnachweis

1
Kurt Rudolph,
Die Gnosis.
3. Auflage, Göttingen 1990.
Mit freundlicher Genehmigung des
Verlages Vandenhoeck & Ruprecht.

2
James M. Robinson,
The Nag Hammadi Library in English.
3. Auflage,
Leiden/New York/Kopenhagen/Köln
1988.

3 4
Jacques-Paul Migne,
Patrologiae cursus completus, Band 7.
Paris 1882.

Reproduktionen:
Walter Ziegler, Fotograf,
Institut für Kunstgeschichte,
Universität Regensburg.

»Die erste Biographie über Hitlers willigen Vollstrecker.«

FOCUS

1972 starb der letzte deutsche Scharfrichter
Johann Reichhart. Im Namen des deutschen
Volkes richtete er über 3000 Männer und Frauen
mit der Guillotine.

Aus bislang unter Verschluss gehaltenem
Aktenmaterial und privaten Aufzeichnungen
enthüllt sich die Geschichte eines Mannes, der als
Nazi-Henker eine tragische Berühmtheit erlangte.

Johann Dachs. Tod durch das Fallbeil.
Mit einem Nachwort von Friedrich-Christian Schroeder.
165 Seiten. Gebunden. ISBN 3-927529-74-5. DM 34,80.



Mittelbayerische Druck- und
Verlags-Gesellschaft, Regensburg

9

Vorschau

9

Prof. Dr. Jürgen Schölmerich
Klinische Forschung
Notwendigkeit und Probleme

Prof. Dr. Gustav Obermair
Quantisch oder klassisch?
Zwei fundamentale
Theorien der Physik im Konflikt

Prof. Dr. Manfred Liefänder
Dr. Bärbel Knoll
Licht und Leben:
Aus der Welt
der ›Kleinen Grünen‹
Über Stoffwechselforgänge
der Cyanobakterien

Prof. Dr. Wolfgang Wiegrebe
Dr. Klaus Müller
Schuppen
auf der kranken Haut
Entwicklung neuer Wirkstoffe

Prof. Dr. Albrecht Greule
Dr. Ludwig Zehetner
Zwetschgendatschi,
Schlagrahm, Gansjung,
Semmelknödel ...
Ein Wörterbuch der deut-
schen Sprache in Altbayern

Dr. Ute Walter
Vollmachten für den Fall
der Hilflosigkeit?
Über die rechtlichen
Möglichkeiten, sich einem
anderen anzuvertrauen

PD Dr. Gerhard H. Waldherr
Das außergewöhnliche
Normale
Der Umgang mit Natur-
katastrophen in der Antike

■ **Festvortrag**
Prof. Dr. Udo Steiner
Recht sprechen
in Deutschland

■ **Blickpunkt**
Prof. Dr. Jürgen Neukirch
Mathematik
in der Seifenblase
Realisierung in der
Costaschen Minimalfläche

Schriftenreihe der Europa-Kolloquien im Alten Reichstag

Band 1

Günther Lottes (Hrsg.)
Region, Nation, Europa
*Historische Determinanten
der Neugliederung eines Kontinents*

Tagungsband der
Europa-Kolloquien
im Alten Reichstag Regensburg
1991

320 Seiten, broschiert
ISBN 3-927529-90-7
DM 48

Band 2

Günther Lottes (Hrsg.)
**Soziale Sicherheit
in Europa**
*Renten- und
Sozialversicherungssysteme
im Vergleich*

Tagungsband der
Europa-Kolloquien
im Alten Reichstag Regensburg
1992

340 Seiten, broschiert
ISBN 3-927529-91-5
DM 59

Band 3

Robert Hettlage (Hrsg.)
Bildung in Europa:
Bildung für Europa?
*Die europäische Dimension
in Schule und Beruf*

Tagungsband der
Europa-Kolloquien
im Alten Reichstag Regensburg
1993

372 Seiten
ISBN 3-9803470-8-7
mit Abbildungen
DM 59

Band 4

Mathias Schmitz (Hrsg.)
Politikversagen?
Parteienverschleiß?
Bürgerverdruß?
*Streß in den
Demokratien Europas*

Tagungsband der
Europa-Kolloquien
im Alten Reichstag Regensburg
1994

328 Seiten
mit grafischen Darstellungen
ISBN 3-930480-30-1
DM 59



Sonderband

Wilfried Hartmann (Hrsg.)
Europas Städte
zwischen Zwang
und Freiheit
*Die europäische Stadt um
die Mitte des 13. Jahrhunderts*

Sonderband der
Europa-Kolloquien
*750 Jahre Reichsfreiheit
der Stadt Regensburg*
im Alten Reichstag Regensburg

368 Seiten, broschiert
ISBN 3-930480-31-X
DM 59

Universitätsverlag Regensburg, Margaretenstraße 4, 93047 Regensburg

Schriftenreihe
der Europa-Kolloquien
im Alten Reichstag

Abonnement

Ich möchte **Blick in die Wissenschaft** abonnieren.

Das Abonnement soll beginnen

ab Heft Nr.

DM 10 Preis pro Heft

DM 7 ermäßigt für Schüler, Studenten und Akademiker im Vorbereitungsdienst (mit beiliegender Bescheinigung).

Das Abonnement wird automatisch weitergeführt, wenn es nicht schriftlich beim Verlag gekündigt wird.

Datum/Unterschrift:

.....

Ich wünsche folgende Zahlungsweise:

- gegen Rechnung
 durch Bankeinzug

Bank:

.....
BLZ/Konto:

.....

Garantie: Ich kann diese Bestellung innerhalb von 10 Tagen schriftlich beim Verlag widerrufen. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs.

Datum/Unterschrift:

.....

Geschenk-Abonnement

Ich möchte **Blick in die Wissenschaft** verschenken. Das Abonnement ab

Heft Nr. erhält

Name Empfänger:

.....

Anschrift:

.....

.....

Das Abonnement wird automatisch weitergeführt, wenn es nicht schriftlich beim Verlag gekündigt wird.

Datum/Unterschrift Auftraggeber:

.....

Ich wünsche folgende Zahlungsweise:

- gegen Rechnung
 durch Bankeinzug

Bank:

.....

BLZ/Konto:

.....

Garantie: Ich kann diese Bestellung innerhalb von 10 Tagen schriftlich beim Verlag widerrufen. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs.

Datum/Unterschrift Auftraggeber:

.....

Nachbestellung

Datum/Unterschrift:

.....

BLZ/Konto:

.....

Bank:

- Ich wünsche folgende Zahlungsweise:
 gegen Rechnung
 durch Bankeinzug

zusammen
zuzüglich Versandkosten

.....

Heft Nr. 7

Sonderpreis DM 10

Heft Nr. 6

Sonderpreis DM 10

Heft Nr. 5

Sonderpreis DM 10

Heft Nr. 4

Sonderpreis DM 10

Ich bestelle folgende Ausgaben gegen Rechnung:

Ich möchte **Blick in die Wissenschaft** nachbestellen.
(Die Ausgaben 1 - 3 sind leider vergriffen.)

Name/Vorname Auftraggeber:

*Bitte
freimachen
0,80*

Anschrift:

Antwortkarte

Universitätsverlag Regensburg GmbH
Vertrieb

93042 Regensburg

B 8/96

Name/Vorname Auftraggeber:

*Bitte
freimachen
0,80*

Anschrift:

Antwortkarte

Universitätsverlag Regensburg GmbH
Vertrieb

93042 Regensburg

B 8/96

Name/Vorname Auftraggeber:

*Bitte
freimachen
0,80*

Anschrift:

Antwortkarte

Universitätsverlag Regensburg GmbH
Vertrieb

93042 Regensburg

B 8/96



Bionorica

Phytotherapie auf hohem Niveau

Die Entwicklung phytotherapeutischer Präparate erfordert einen hohen Einsatz unternehmerischen Engagements, Forscherdrang und nicht zuletzt moderne Technik.

Das breite Programm praxisgerechter Phytotherapeutika von BIONORICA ist das Resultat einer Firmenphilosophie, die sich – abseits von modischen Tendenzen – seit Jahrzehnten auf tradiertes Wissen, Ideenreichtum und Kompetenz stützt.

Der Erfolg gibt uns recht.

BIONORICA
GmbH
Postfach 67
8430 Neumarkt/Opf.



**Erfahrung und Wissen,
Anspruch für heute und morgen.**

U.R.

U.R.
Schriftenreihe
der
Universität
Regensburg