

1408

Wissenschaftsmagazin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt

# Forschung Frankfurt



Umweltverhalten von Bergvölkern in Thailand und  
Neuguinea · Neue Aufgaben der technischen  
Normung · Das Innenohr der Säuger – vielfältig  
wie die akustische Umwelt · „Hören“ für  
Gehörlose · Private Dienstleistungen: ein Berufs-  
feld mit Zukunft? · Vielseitige Bioindikatoren:  
Kieselalgen in Flüssen und Mooren

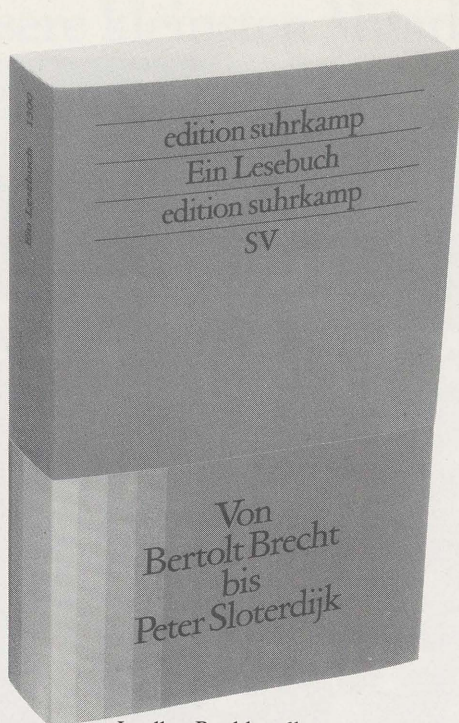
1.03.85  
Stadt- u. Univ.-Bibl.  
Frankfurt/Main

4

1984

Wer  
sind wir?  
Wo  
kommen wir her?  
Wohin  
gehen wir?  
Was  
erwarten wir?  
Was  
erwartet uns?

Ernst Bloch  
Aus: Das Prinzip Hoffnung



1300 Bände edition suhrkamp: Versuche von Reaktionen, Möglichkeiten einer Antwort auf die berühmten fünf Fragen von Ernst Bloch. Zwiesprache, Diskurs, Auseinandersetzung wollen die Bände der edition suhrkamp sein. Unser Lesebuch will dies belegen. Mit Texten, die an die Wurzeln reichen: mit wegweisenden Texten. Von Bertolt Brecht bis Peter Sloterdijk. Aus zwanzig Jahren edition suhrkamp

edition suhrkamp  
Ein Lesebuch  
es 1300. 1000 Seiten. DM 14,-

In allen Buchhandlungen

# edition suhrkamp

Prospekte durch Suhrkamp Taschenbuch Verlag, Suhrkamp Haus, 6 Frankfurt/M

**Was Sie hier sehen, ist die Stadt  
mit den meisten Banken in Deutschland.**



**Was Sie nicht sehen, ist die Bank  
mit den meisten Kunden in Frankfurt.**

Nur zehn Etagen genügen der 1822 als Hauptverwaltung für gut eine Million Kundenkonten. Denn wir legen es nicht darauf an, in die Höhe zu gehen – wir gehen lieber in die Breite.

So sind wir mit 80 Geschäftsstellen in Frankfurt und Umgebung näher am Bürger als jedes andere Geldinstitut.

Für unsere professionelle Beratung sind wir geradezu stadtbekannt. Denn bei der 1822 ist es oberstes Gesetz, auf Probleme und Fragen der Kunden ganz persönlich einzugehen.

Schließlich sind wir nicht umsonst eine der vielseitigsten Banken im Rhein-Main-Gebiet.

Private Anschaffungen wie Autos und Schlafzimmer finanzieren wir ebenso wie Reihenhäuser und Eigentums-

wohnungen, Maschinen und Industrieanlagen, Schulen und Fabriken. Fast 100.000 Kunden versorgen wir mit Krediten und Darlehen, betreuen mehr als 65.000 Wertpapier-Depots, gehören zu den wichtigsten Händlern an der Frankfurter Börse und sind u. a. führend im Handel mit öffentlichen Anleihen.

Wir haben den Ehrgeiz, jeden, der zu uns kommt, zufriedenzustellen. Ob er Kunde ist oder nicht. Ob er ein Millionenprojekt plant oder Parkgroächen wechseln will.

So sind wir im Laufe von über 160 Jahren zwar nicht die höchste Bank Frankfurts geworden – aber die beliebteste. Die mit den meisten Kunden. Und das ist ja auch was Schönes.

Professionell als Bank. Persönlich als Sparkasse. **die 1822**

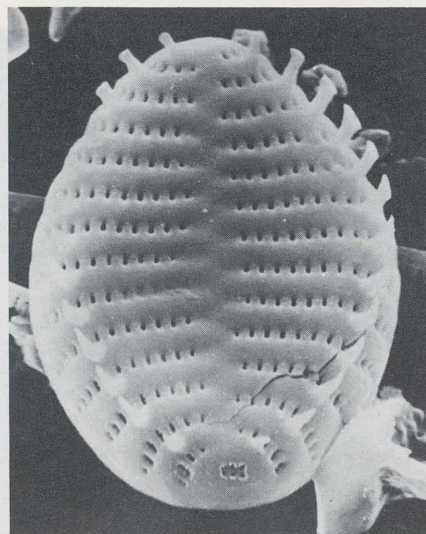


Sind die Kulturen der „Naturvölker“ bloße Produkte von Umweltbedingungen oder das Ergebnis eigengesetzlich fortschreitender menschlicher Kreativität? Bei Bergvölkern in Thailand und Neuguinea wurden neben der Wirtschaftsweise auch kulturhistorische Faktoren und überlieferte Vorstellungen im sozialen und religiösen Bereich untersucht (S. 2).

Normalerweise im Schädel verborgen, hier (s. auch Titelbild) als Ausguß sichtbar gemacht: die Schnecke eines Innenohrs, deren Bau im Detail überraschend fein auf die jeweilige akustische Umwelt der Säuger-Art abgestimmt ist (S. 12). In einem zweiten Beitrag zum Thema „Hören“ geht es darum, wie man Gehörlosen trotz zerstörter Hörsinneszellen möglicherweise zu Hörempfindungen verhelfen kann (S. 17).

Sie sehen im Mikroskop aus wie kunstvolle, kleine Schachteln, sind überall dort anzutreffen, wo es feucht ist, und geben zuverlässig Auskunft über die Belastung eines Gewässers: Kieselalgen (S. 26).

Sich nach dem Studium selbständig machen? Löst eine Expansion des privaten Dienstleistungssektors mittelfristig Beschäftigungsprobleme von Hochschulabsolventen? (S. 22)



# Forschung Frankfurt

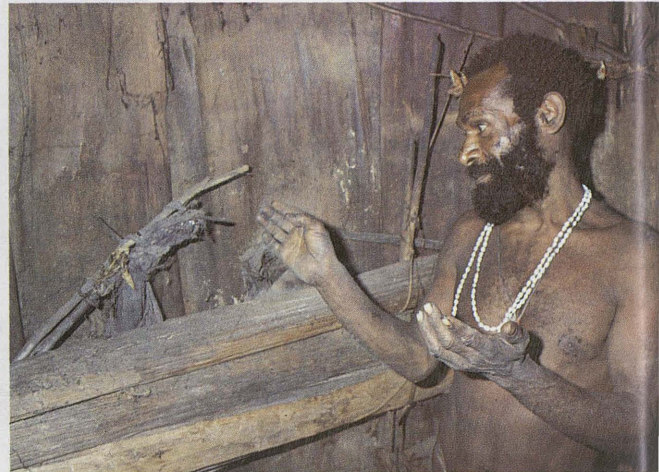
Wissenschaftsmagazin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität

## Inhalt

<b>Umweltverhalten von Bergvölkern in Thailand und Neuguinea</b> von Thomas Michel und Roland Mischung	2
<b>Neue Aufgaben der technischen Normung</b> von Günter Ropohl	9
<b>Das Innenohr der Säuger - vielfältig wie die akustische Umwelt</b> von Volkmar Bruns	12
<b>„Hören“ für Gehörlose - Untersuchungen über die elektrische Reizbarkeit des Hörnerven</b> von Rainer Klinke	17
<b>Private Dienstleistungen: ein Berufsfeld mit Zukunft? Über mittelfristige Perspektiven des Arbeitsmarktes</b> von Hans-Jürgen Krupp	22
<b>Vielseitige Bioindikatoren: Kieselalgen in Flüssen und Mooren</b> von Horst Lange-Bertalot und Michael Nörpel	26
<b>Kurz berichtet</b>	30
<b>Impressum</b>	32
<b>Abbildungsnachweis</b>	32

**4**  
**1984**

Sind die Kulturen der „Naturvölker“ bloße Produkte von Umweltbedingungen oder das Ergebnis eigengesetzlich fortschreitender menschlicher Kreativität? Nicht nur für die Erforschung der heute existierenden „marginalen“ Völker, sondern auch für die Vorgeschichtsforschung ist diese Frage von grundsätzlicher Bedeutung. Als Bestandteil ethnologischer Grundlagenforschung beschäftigt sich unter der Leitung von Prof. Dr. Eike Haberland seit 1981 ein Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft am Frobenius-Institut mit dem Thema Kultur und Umwelt. In den Jahren 1982-3 haben wir 15monatige kulturökologische Feldforschungen bei Hochlandgruppen in Neuguinea und Nord-Thailand unternommen, Gebiete, in denen wir schon 1975-6 Feldarbeiten durchgeführt hatten. Das wesentliche Ergebnis dieser Untersuchungen war, daß zur Erklärung der Umwelthanpassung eines Volkes die Betrachtung des wirtschaftlichen Systems und seiner ökologischen Relationen nicht ausreicht: kulturhistorische Faktoren sowie überlieferte Vorstellungen im sozialen und religiösen Bereich können in kulturökologischen Prozessen eine Schlüsselrolle spielen. Ein wichtiger Bestandteil unserer empirischen Forschung waren ausgedehnte gegenseitige Besuche in unseren Forschungsgebieten – eine methodische Neuerung, die zu wichtigen Erkenntnissen über die regionale Besonderheit zentraler kultureller Phänomene in den beiden Räumen führte. Der beherrschende Eindruck war, daß die Bergvölker des nördlichen Südostasiens zu starker interethnischer Abgrenzung (verbunden mit einer hochgradigen Schematisierung auf dem religiös-rituellen Sektor) neigen; dagegen sind die Papua-Kulturen des Hochlandes von Neuguinea trotz ausgeprägter Gruppensegmentierung vergleichsweise homogen und bilden ein kulturelles Kontinuum mit fließenden Übergängen zwischen benachbarten Gruppen. Diesen deutlichen Unterschieden zwischen beiden Kulturräumen (die zweifellos auch ökologische Ursachen haben) wurde in der Feldforschungsstrategie Rechnung getragen: Während sich Th. Michel der eingehenden Erforschung der Kultur-Umwelt-Beziehung einer einzigen Papua-Gruppe widmete, unternahm R. Mischung eine kulturökologische Kontrastuntersuchung zweier benachbarter Völker in den Bergen Nordwest-Thailands.



Die Fotos auf dieser und der gegenüberliegenden Seite entstanden bei den Kufelmin in Papua Neuguinea.

Eingebettet im Primärwald liegt das Dorf Bingsiguab in einer Höhe von 1300 m (S. 3 unten rechts). Es besteht aus je einem Familienhaus, Frauenhaus und Kulthaus mit zusammen 8 Bewohnern und gehört zu den alten traditionsreichen Siedlungen. Obwohl hier ein bedeutendes Kulthaus steht, hat dies nie zu einer Dorferweiterung geführt.

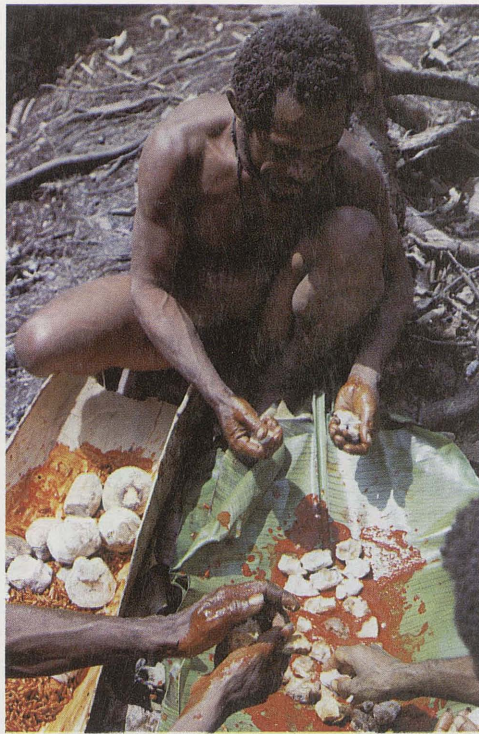
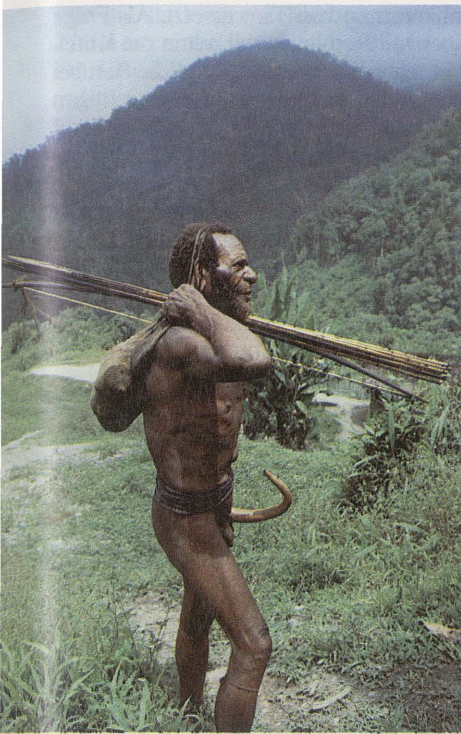
Ein Blick über das Tal des Ok Somol-Flusses vermittelt einen Eindruck von der den Primärwald schonenden Anbauweise (S. 3 unten links). Im Hintergrund sind Gärten mit Hangneigungen bis 55 Grad zu erkennen. Pandanusbäume (im Vordergrund) sind wichtige Indikatoren zur Bestimmung der Siedlungsdauer, da sie stets in Dorfnähe angepflanzt werden und ein Alter bis ca. 100 Jahre erreichen.

Die roten Fruchtstände des Pandanus reifen in einem Zyklus von zwei Jahren (S. 3 oben rechts). Mit beiden Händen pressen die Männer den roten Brei aus den gegarten Früchten heraus und vermengen ihn mit gegarten Tarostücken zu einer äußerst nahr- und schmackhaften Speise (66% Fett, 12% Protein). Der Verzehr ist für Frauen tabuiert, da man eine gefährliche Verstärkung der Menstruation befürchtet.

Bogen und Pfeile führen Männer stets mit sich, um alle Gelegenheiten zur Jagd nutzen zu können (S. 3 oben links). Die Peniscalebasse ist das typische Bekleidungsstück der Bergpapua dieser Region.

Häufige Besuchs- und Tauschfeste bei den Kufelmin zeigen ihre Bedeutung als Handelspartner. Bei diesen Anlässen tanzt man drei Tage und Nächte lang und tauscht wertvolle Objekte aus, z. B. junge Schweine gegen Paradiesvogelbälge, hier als Kopfschmuck getragen (S. 2 links).

Im sakralsten Kulthaus (bokam iwo) des Untersuchungsgebietes in Tomkading wird u. a. die Bauchdecke der Kulturbringerin Afekon aufbewahrt (S. 2 rechts). Es bedeutet einen seltenen Glücksfall, daß hier der Kurator (Teoka) des Kulthauses das sakrale Netz zeigt.



### Die Kufelmin in den Star Mountains von Papua Neuguinea

Die Star Mountains liegen im zentralen Hochland von Neuguinea im Grenzbe-  
reich zwischen Irian Jaya (Indonesien)  
und dem seit 1975 selbständigen Papua  
New Guinea. An den Nordhängen der  
Gebirgskette, die ganz Neuguinea in  
einer Länge von 1500 km durchzieht und  
deren höchste Erhebungen im Untersu-  
chungsgebiet bis 4200 m reichen, leben  
die Kufelmin in einem schwer zugäng-  
lichen Areal. Geringe kulturelle Unter-  
schiede sind kennzeichnend für die recht  
einheitlichen, alteingesessenen Bergpa-  
pua, die als erste vor ca. 30000 Jahren  
Hochlandregionen in Neuguinea besie-  
delten. Neueste Ausgrabungsfunde  
datieren den frühesten Knollenfrucht-  
Anbau auf 7000 Jahre v. Chr., womit die  
Hochlandpapua zu den ältesten Gartenbauern zu zählen sind. Die Anbau-  
technik der Wechselwirtschaft mit  
Brandrodungen (*Shifting Cultivation*) im  
Einklang mit Sammel- und Jagdaktivitä-  
ten führt bei den Kufelmin zu einer  
Umweltschonung, die angesichts rezenter,  
großflächiger anthropogener  
Erosionsschäden in weiten Teilen des  
Hochlandes von Neuguinea Maßstäbe  
für eine neue Verantwortlichkeit setzt.  
Bereits Verkürzungen von Brachedauern um wenige Jahre verhindern  
eine ausreichende Bodenregeneration,  
die geringere Knollenfruchterträge ver-  
ursacht. Solche Entwicklungen werden  
durch eine höhere Bevölkerungsdichte  
eingeleitet und lassen sich für die öst-  
lichen Nachbarn der Kufelmin bis ca. 150  
Jahre zurückverfolgen. Im Bereich der  
dortigen Kulthauszentren kam es zu  
einer weitgehend parallelen Entstehung

# Umweltverhalten von Bergvölkern in Thailand und Neuguinea

Von Thomas Michel und Roland Mischung



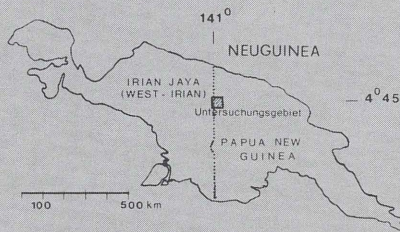
von religiöser Macht, Bevölkerungswachstum und Expansion. Demgegenüber bevorzugen die Kufelmin bis heute kleine, weitverstreut gelegene Siedlungen mit einer möglichst konstant bleibenden Bewohnerzahl, die durch zahlreiche Sexualtabus, empfängnisverhütende Maßnahmen und Infantizid erreicht wird.

Am Knotenpunkt von für die Schroffheit dieser Bergregion ungewöhnlich günstigen Verbindungswegen gelegen, müßte man kulturelle Aufspaltungstendenzen der Kufelmin vermuten. Es konnte jedoch festgestellt werden, daß die Klane weitgehend geschlossen siedeln und ihre Identität erhalten blieb. In ihre materielle Kultur haben sie in Anbetracht der vielseitigen Kontakte zu unterschiedlichen Kulturräumen erstaunlich wenig fremde Objekte integriert.

Bis zum Zeitpunkt der Untersuchung (1983) blieben die Kufelmin weithin unerforscht, und lediglich der deutsche Völkerkundler Richard Thurnwald (1914) sowie die holländische Star Mountains Expedition unter Leitung von L. D. Brongersma und G. F. Venema (1959) durchquerten Teile ihres Gebietes. Damit gehören sie zu den isoliertesten Gruppen in Neuguinea, von einigen bis heute unbekannt Gebieten in Irian Jaya abgesehen. Bei ihnen war noch ein ökologisches Verhalten erkennbar, das keine rezenten Überlagerungen erfahren hatte, die es in den meisten Gebieten der Erde heute so schwer machen, autochthone Formen umweltbezogener kultureller Handlungen aufzuzeigen. Der Zeitpunkt ihrer Einbindung in neue Lebensformen und eines radikalen Wandels im Bereich rituellen Umweltverhaltens ist jedoch nicht fern und wird maßgeblich von der weiteren Entwicklung des großangelegten Ok Tedi-Bergbauprojektes (Gold und Kupfer) bestimmt werden. Schon zu Beginn der dortigen Arbeiten vor zwei Jahren gingen einige junge Männer zum sieben Tageswege entfernten Ok Tedi-Fluß südlich der zentralen Bergkette, um Arbeit zu suchen, kamen jedoch wegen Sprachschwierigkeiten wieder zurück.

Für die Kufelmin im Untersuchungsgebiet ist bemerkenswert, daß sie mit ihren östlichen Nachbarn eine Kultgemeinschaft (*Afekon-Kult*) bilden, während Handels- und Heiratsbeziehungen eindeutig nach Westen gerichtet sind. Die Hauptnahrungspflanze Süßkartoffel ist einen Tagesweg nach Osten bereits lediglich Zukost und in ihrer Bedeutung

## Das Untersuchungsgebiet in Neuguinea



Name der Gruppe	Eigenbezeichnung: Kufelmin; Fremdbezeichnung: Atbal-min.
Sprache	Kufel-weng; Sprachfamilie: Mountain-Ok, Nicht-austro-nesische Sprache.
Areal und Demographie des Untersuchungsgebietes	Stationäre Feldarbeit im Dorf Banolbil; Vergleichsuntersuchungen in 41 Dörfern. Größe des Gebietes: 250 km <sup>2</sup> . Einwohner ca. 900. Besiedlungsdichte: 3,5 Personen/km <sup>2</sup> . Durchschnittliche Dorfgröße: 35 Personen in 6 Haushalten. Bestandsdauer der Dörfer ca. 20 Jahre. Siedlungshöhe von 600 bis 1850 m ü.d.M. Bevorzugte Höhenlage: ca. 1200 m ü.d.M.
Klima	Konstante Klimafaktoren ohne jahreszeitliche Schwankungen. Jährl. Niederschlag: 6500 mm; tägliche Temperaturschwankung: 17°C - 26°C; Erdbodentemperatur in 30 cm Tiefe im Jahresmittel: 23°C.
Vegetationszonen	I Hügelwald (500 - 1000 m), II Unterer Bergwald (1000 - 1600 m), III Mittlerer Bergwald (1600 - 2100 m), IV Oberer Bergwald (2100 - 2500 m), V Subalpine Vegetationszone (2500 - 3400 m), VI Alpine Vegetationszone (ca. 3400 - 4200 m). Anbau von 500 - 1900 m ü.d.M.; Jagd bis 3400 m ü.d.M. (Baumgrenze).
Soziale Gruppierungen und politische Institutionen	Patrilineare Klane mit Exogamiegebot; weitgehend autonome Dörfer; Männerhausgruppen mit führenden Männern („big men“); Frauenhausgruppen.
Wirtschaftsweise	Subsistenzwirtschaft; Wechselanbau mit einer Brachedauer von ca. 20 Jahren; Hauptanbaupflanzen: Süßkartoffel (70% nach Kalorien), Taro (20%); hoher Stellenwert der Jagd; Schweinehaltung (1 Schwein/4 Personen).

### Literatur

Thomas Michel, „Interdependenz von Wirtschaft und Umwelt in der Eipo-Kultur von Mokerkon: Bedingungen für Produktion und Reproduktion bei einer Dorfschaft im zentralen Bergland von Irian Jaya (West-Neuguinea), Indonesien“, Beitrag II zum interdisziplinären Schwerpunktprogramm der Deutschen Forschungsgemeinschaft: Mensch, Kultur und Umwelt im zentralen Bergland von West-Neuguinea. Berlin, 1983. Im Untersuchungsgebiet 1983 erstellte 16 mm Filme werden am Institut für den Wissenschaftlichen Film in Göttingen veröffentlicht.

vollkommen von Taro ersetzt. Als Folge einer Mittlerrolle entwickelten die Kufelmin eine Zweisprachigkeit, die sie bei Tauschhandlungen zu einem wichtigen Partner für die benachbarten Bergvölker werden ließ. Das Areal in ihrem Siedlungsbereich ist gekennzeichnet durch die zentrale Bergkette, mit nach Norden und Süden steil abfallenden Hängen und einem auf dieses Gebiet konzentrierten Paß- und Wegesystem, das die Kulturräume des Sepikbeckens im Norden und der südlichen Hügelland-Kulturen erschließt.

Traditionell werden in der Völkerkunde kulturökologisch orientierte Untersuchungen weitgehend mit Subsistenzanalysen gleichgesetzt. In vielen Fällen führt diese Einschränkung zu einer unrealistischen Auslegung umweltorientierter Handlungen, da der wichtige Bereich institutionalisierter Kontrolle und ritueller Umweltbeziehung herausfällt. Bei den Kufelmin gibt der *Afekon-Kult*, der nach Überlieferung vor 12 Generationen (ca. 300 Jahre) übernommen wurde, hierüber Aufschlüsse. Die Kulthäuser als zentrale Orte religiöser Vorstellung wurden von der mythischen Urmutter, Kulturbringerin und Schöpferin der natürlichen Umwelt, *Afekon*, gegründet. Die Bewahrung des sakralen Ortes, der als ihre Metamorphose gesehen wird, und die Überlieferung ihres fundamentalen Wissens werden für das Überleben als notwendig erachtet.

Bei den Kufelmin bestehen enge Verbindungen zwischen dem komplexen Vorgang der Initiation (Einführung männlicher Jugendlicher in das Männer- und Kulthaus) und den Grundlagen der Subsistenz. So werden die Jugendlichen in acht Initiationsstufen über viele Jahre hinweg in die Begründungszusammenhänge vielschichtiger Tabus eingeführt, die vor allem Nahrungsmittel, Anbautechniken, Areale, Siedlungsweise, Jagdgewohnheiten, Totems und Heiratsbeziehungen betreffen. Erst in einem Alter von 40 Jahren erreicht ein Mann den höchsten Wissensstand und ist in der Lage, die Entstehung seiner Umwelt zu begreifen und die Vorstellung einer Ganzheit von Natur und Kultur an seine Kinder weiterzugeben. In zahlreichen Mythen werden Handlungsanweisungen für das tägliche Leben gegeben, und die Kuratoren der Kulthäuser sind Bewahrer und Vermittler von Normen- und Wertsystemen, die im Bereich der Umweltbezogenheit auf ständig überlieferte Erfahrungswerte zurückgreifen. Gleichwohl werden hier auch Neuerungen vermittelt, die dann jedoch vom Gruppenkonsens geprägt werden.

Für die stationäre Feldarbeit über den Zeitraum eines Jahreszyklus wurde das Dorf **Banolbil** ausgewählt. Es erschien gut geeignet für eine Untersuchung von Umwelt und Kulturentwicklung und war mit 32 Bewohnern, einer Bestandsdauer von 22 Jahren und einer Siedlungshöhe von 1130 m ü. d. M. repräsentativ für die Siedlungen der Kufelmin. Im mit 3,5 Personen/km<sup>2</sup> sehr dünn besiedelten Gebiet liegen die kleinen Dörfer weit zerstreut und verfügen über große kultivierbare Areale und Jagdgebiete. Klane verfügen über das Land und entscheiden über Dorfgründungen und Anbauflächen. Eine Mobilität, besonders junger Familien, wird dadurch eingeschränkt, denn auf den Klan-Totemismus bezieht man das Tabusystem und begründet damit Territorialansprüche und Präferenzen für die Umweltnutzung. Nur gelegentlich spalten sich Kernfamilien vom Hauptdorf ab und siedeln in Gartenhäusern, die wiederum Keimzellen für Dörfer sein können. Die Entfernung zum Ursprungsdorf bleibt jedoch gering, und das dortige Kulthaus bleibt Focus für eine weit zurückreichende historische Kontinuität sowohl in der Tradition als auch der Raumordnung.

Im Vergleich zur alten Glaubensvorstellung, die eng mit dem Ahnenkult verbunden ist und in der Klantotems und Naturgeister eine wesentliche Bedeutung haben, läßt sich eine jüngere Ebene auf die mythische Kulturheroin **Afekon** zurückführen, deren Gefolge ein weitverzweigtes, die zuvor stark zersplitterten Klangebiete miteinander verbindendes Kultsystem gründete. Neue Dimensionen wie zentrale Kulthäuser, eine im Zentrum wachsende Bevölkerung und weitreichende Gebietseroberungen von ca. 1800 bis 1950 durch dominierende Klane lassen den Zusammenhang zwischen neuen Erfordernissen in Ritualsystem und Wirtschaftsweise erkennen. Die vermutete Einführung der Süßkartoffel in Neuguinea vor ca. 350 Jahren könnte dabei eine erhebliche Bedeutung gehabt haben. Bis jetzt kann jedoch die Kausalität von ökologischer Veränderung und Siedlungsstrategie noch nicht eindeutig bestimmt werden. Eine wichtige Aufgabe der Auswertungsarbeit wird deshalb sein, die empirischen Daten, und hier vor allem die zahlreichen Mythen, Genealogien, sowie Siedlungsgeschichte, Kulthaus- und Klansystem, zu dekodieren, um Aufschlüsse über Ursachen, Abfolgen und Zeiträume von umweltbezogenem kulturellem Verhalten zu gewinnen.

Th. M.

## Karen und Meo in Nord-Thailand

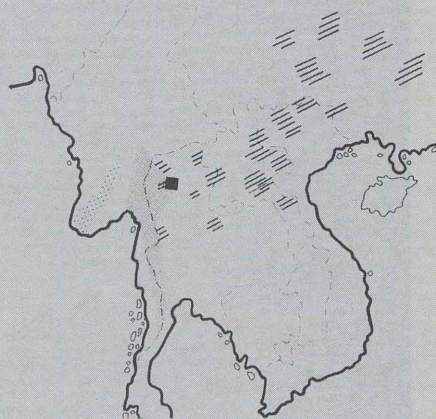
Die Bergländer des nördlichen Hinterindien mit ihrer Vielzahl unterschiedlicher Stammeskulturen stellen ein einzigartiges „Laboratorium“ für vergleichende ethnologische Forschungen dar. Am Beispiel der Karen und der Meo, die unter ähnlichen Umweltbedingungen sehr unterschiedliche Formen der ökologischen Anpassung aufweisen, wurde die relative Wirkung von Umweltfaktoren, überlieferten Präferenzen und Wahrnehmungstendenzen auf die Ausprägung der Gesamtkultur untersucht. Als Untersuchungsgebiet bot sich das Massiv des Doi Inthanon – mit 2600 m

ü. d. M. der höchste Berg Thailands – an, in dem Lokalgruppen beider Völker auf engem Raum nebeneinanderleben. Die historischen und demographischen Zentren der Karen und Meo, die mit jeweils über 3 Mio. Angehörigen zu den zahlenmäßig stärksten „Stammesminoritäten“ Hinterindiens zählen, liegen allerdings in großer Entfernung voneinander in den Bergregionen von Ost-Burma (Karen) bzw. Südwest-China (Meo).

Die äußeren Lebensbedingungen der Bergvölker sind in großen Teilen des nordthailändischen Berglandes und der angrenzenden Gebiete von Burma, Laos und China weitgehend gleich. Die starke Zergliederung des Naturraums durch

### Das Untersuchungsgebiet in Nord-Thailand

	Karen	Meo
Name der Gruppe	Fremdbezeichnung: Karen (Kariang). Eigenbezeichnung: Pga k'nyau. (Beide Eigenbezeichnungen bedeuten „Menschen“, „Leute“.)	Fremdbezeichnung: Meo (Miao, Meau). Eigenbezeichnung: Hmong.
Sprache	Karen-Gruppe der sino-tibet. Sprachen.	Miao-Yao-Sprachen.
Untersuchungsgebiet	Stationäre Feldforschung in je einem Karen- und Meo-Dorf im Inthanon-Bergland. Karen-Dorf Mu Ka Klo: 126 Einwohner in 19 Haushalten; Höhe 1050 m ü.d.M.; Anbaugelände von 950 – 1650 m ü.d.M.; Besiedlung des Territoriums um 1900.	Meo-Dorf Mae Ya Noi: 204 Einwohner in 30 Haushalten; Höhe 1400 m ü.d.M.; Anbaugelände von 1100 – 1800 m ü.d.M.; erste Gründung um 1940, nach Abwanderung Neugründung 1962.
Klima	Trop. Monsunklima mit 3 Jahreszeiten: kühle Zeit (Ende Nov. – Anfang Feb.), heiße Trockenzeit (Ende Feb. – Anfang Mai), Regenzeit (Ende Mai – Anfang Nov.); Jahresniederschlag ca. 2000 – 2500 mm; Temperaturen in 1250 m Höhe (Ø tägl. Minima/Maxima): Januar 9°/19°C, April 19°/29°C, August 16°/21°C.	
Vegetation	Immergrüner Primärwald vom Typ des „Lower Montane Forest“. Auf Bracheflächen Sekundärwald.	Auf größeren Brachezonen oft Grassteppe.
Siedlungsweise	Seßhaft.	Wohnsitzwechsel Ø alle 5 – 15 Jahre.
Soziale und politische Organisation	Unabhängige Kern- bzw. durch Einheirat eines Schwiegersohns erweiterte Familien; traditionell Dorfautonomie; Dorfoberhäupter mit starker religiöser, aber geringer politischer Autorität (stets patrilinäre Nachkommen des Dorfgründers).	Überregionale exogame Patriklane, deren Mitglieder zu gegenseitiger Gastfreundschaft und Hilfeleistung verpflichtet sind; traditionell Dorfautonomie; gewählte Dorfoberhäupter mit geringer politischer Autorität.
Wirtschaftsweise	Subsistenzwirtschaft; Brandrodungsfeldbau mit Landwechsel (Nutzung 1 Jahr, Brachedauer Ø 6 – 12 Jahre); Bewässerungsterrassen und Dorfgärten; wichtigste Anbaupflanze: Reis; Jagd, Tierhaltung (Hühner, Schweine, Hunde, Wasserbüffel, Elefanten).	Subsistenz – oft vom Marktsektor überlagert; Brandrodung-Wanderfeldbau auf Primärwald-Basis mit maximaler Feldnutzungsdauer (anschließend Verlassen des Gebietes); Hauptanbaupflanzen: Reis, Mais, Mohn (Opium); Jagd, Tierhaltung (Hühner, Schweine, Hunde).



■ Untersuchungsgebiet

▨ Meo

▤ Karen (links: rezente Ansiedlung)

#### Literatur

Roland Mischung:  
1980. Meo und Karen: Die Umwelt-Anpassung zweier hinterindischer Bergvölker. Paideuma 26: 141-56.

1984a. Religion und Wirklichkeitsvorstellungen in einem Karen-Dorf Nordwest-Thailands. (Studien zur Kulturkunde 69) Wiesbaden.

1984b. Seßhaftigkeit und Intensivierung beim Brandrodungsfeldbau. Paideuma 30: 241-55.

meist parallellaufende Höhenzüge fördert die Ausbildung wirtschaftlich autarker und politisch autonomer Dorfgemeinschaften. Das wichtigste Ressourcenpotential ist der in Höhen von über 1000 m vorherrschende immergrüne Bergwald. Die materielle Kultur der hier lebenden Gruppen ist durch die ausgiebige Verwendung des Werkstoffs Bambus (bis 20 cm Durchmesser!) für Matten, Körbe und für den Hausbau geprägt.

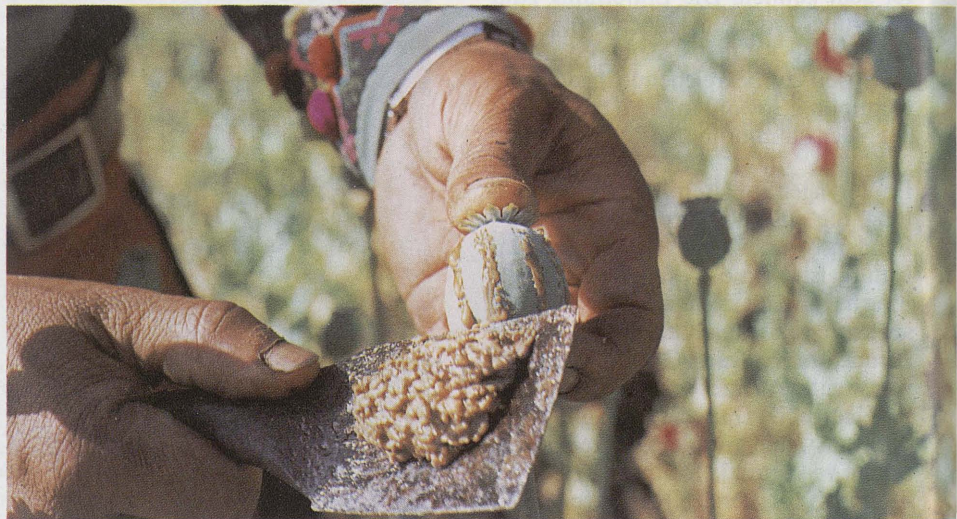
Bei allen Bergvölkern dieses Raums ist der *Brandrodungsfeldbau* die überwiegende Wirtschaftsgrundlage. Hier aber enden die Parallelen: Der Brandrodungsfeldbau ist nämlich durchaus kein so einheitliches Phänomen, wie häufig angenommen wird, und gerade hier unterscheiden sich die Karen und die Meo am augenfälligsten. Die Meo nutzen in einem System des Raubbaus vor allem alten, unberührten Primärwald, was in der Konsequenz zu großflächiger Versteppung führt. Die Karen schonen dagegen ihre Umwelt durch bevorzugtes Roden von Sekundärwald, der auf den Bracheflächen ehemaliger Felder nachgewachsen ist; ihre Siedlungsgebiete weisen auch nach einer Nutzungsdauer von mehreren Generationen in der Regel große, geschlossene Waldbestände (darunter weite Primärwaldtrakte) auf, Anzeichen von Bodenerosion sind selten. Diese Spezialisierungen auf jeweils unterschiedliche Ressourcen-Typen sind wiederum mit einer Kette anderer Erscheinungen verknüpft, die die gesamte Kultur prägen.

Der *Sekundärwald-orientierte* Brandrodungsfeldbau der **Karen** impliziert einen Felder-Rotationszyklus, bei dem der Bauer in regelmäßigen Abständen (meist 6–12 Jahre) zu einer ehemals genutzten Feldfläche zurückkehrt, auf der sich während der Brachezeit eine relativ dünnstämmige Baumvegetation entwickelt hat; diese führt nach dem Roden, Austrocknen und Abbrennen mit der Asche dem Boden die für den erneuten Anbau benötigten Nährstoffe zu. Brandrodungsfelder werden von den Karen nur für jeweils ein Jahr genutzt, um eine Auslaugung des Bodens und eine Ausbreitung endemischer Unkraut-Spezies zu verhindern.

Die Landwechselwirtschaft ermöglicht den Karen eine seßhafte Lebensweise, die ihrerseits ein Bedürfnis nach Konservierung der natürlichen Ressourcen für die Zukunft weckt. Eine Reihe von Vorsichtsmaßregeln verhindert die Austrocknung des Bodens und der Wasser-

Meo und Karen im Vergleich:  
Im Opium-Anbaugebiet der Meo in 1700 m Höhe zeugen von der ursprünglichen Bewaldung nur noch vereinzelte Bäume (*linkes Foto*). Normalerweise müßte dieses Gebiet wegen Nährstoffarmut des Bodens und Unkrautbefall aufgegeben werden. Da ein Mangel an alternativen Siedlungsräumen in den überbevölkerten Bergen heute jedoch die Abwanderung dieser Meo-Gruppe verhindert, wird der Mohnanbau mit Einsatz von Kunstdünger und Herbiziden fortgesetzt.

Beim kleinen Karen-Dorf in typischer Lage (*Foto rechts*) sind die unberührten Primärwaldbestände und einige Reisterrassen in unmittelbarer Dorfnähe gut zu erkennen. An den umliegenden Hängen (hier nicht sichtbar) befinden sich Brandrodungsfelder; diese – sowie auch weitere Reisterrassen – sind bis zu einer Wegstunde vom Dorf entfernt.





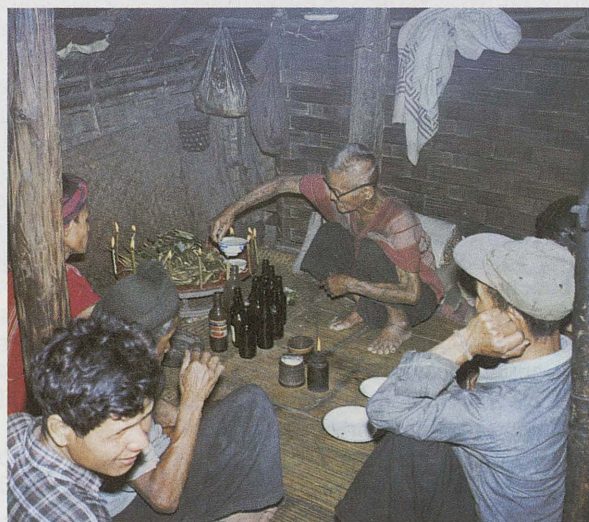


Meo bei der Opiumernte (*links*): Der nach dem Anritzen aus der Kapsel ausgetretene Saft ist über Nacht zu einer bräunlichen, klebrigen Masse geronnen, die nun abgeschabt und als Rohopium verkauft werden kann (Kilopreis Anfang 1983: ca. 350 DM).

Das Foto rechts zeigt Karen-Mädchen beim Umpflanzen von Reis. Das Saatgut wird zunächst auf besonderen Beeten ausgesät; später werden die jungen Pflänzchen dort herausgezogen, gebündelt und in regelmäßigen Abständen in den schlammigen Boden der Hauptfelder transplantiert.

Das Neujahrsfest der Meo bietet eine willkommene Gelegenheit zu gegenseitigen Besuchen weit voneinander entfernt lebender Bluts- und Klanverwandter (*links*). Beim traditionellen Ballspiel stehen sich hier Mädchen von der Untergruppe der „blauen“ Meo und Männer der lokalen „weißen“ Meo-Gruppe in ihren Festtrachten mit reichem Silberschmuck gegenüber.

Im Gegensatz zu den Meo hat das Neujahrsfest bei den Karen (*rechts*) einen strikt innerdörflichen Charakter. Die auf einem Worfeltblett entzündeten Kerzen symbolisieren die vollzählig versammelte Dorfgemeinschaft. Das Dorfoberhaupt hält eine Schale mit Reisschnaps und vollzieht hiermit eine rituelle Kommunion mit den territorialen Schutzgeistern, an der alle Anwesenden teilnehmen müssen.



läufe und fördert das rasche Nachwachsen des Waldes auf dem ruhenden Feld: Beim Roden wird eine Anzahl von Bäumen ausgespart und nur teilweise entlaubt, strenge Kriterien bestimmen die Auswahl neuer Rodungsflächen (nur fernab von Wasserläufen und Quellgebieten), und schließlich wird der lukrative Opiumanbau mit seinen unvermeidlichen Folgen der Austrocknung und Versteppung des Bodens auf ein Minimum beschränkt.

Ein weiteres Merkmal des Karen-Feldbaus ist die Anlage von *Bewässerungsterrassen*, wo immer Geländeform, Bodenbeschaffenheit und Wasserressourcen dies erlauben. Die höheren Erträge der Naßreisfelder gestatten größere Bevölkerungskonzentrationen, ohne daß das Brandrodungs-Rotationssystem überstrapaziert würde. Die äußerst arbeitsintensive und zeitraubende Anlage von Bewässerungsfeldern ist im übrigen nur bei sesshafter Lebensweise sinnvoll. Die gelegentlich gezogene Schlußfolgerung, daß der Bewässerungsfeldbau der Karen die Hauptursache für ihre Sesshaftigkeit sei, ist jedoch irrig, wie die Siedlungsgeschichte von Karen-Territorien zeigt, in denen diese ergänzende Form des Feldbaus nicht möglich ist.

Mit diesem territorial stabilisierten und auf langfristiger Ressourcennutzung beruhenden ökologischen System der Karen harmonisieren auch andere Teilbereiche ihrer Kultur. Das Fehlen größerer Verwandtschaftsverbände und Regelungen, die – mit Ausnahme einheiratender Männer – Fremden die Ansiedlung im Territorium erschweren, fördern eine starke räumliche Abgrenzung der Lokalgruppe gegenüber der Außenwelt. Auch die Religion betont territoriale Bezüge. Im Zentrum steht der Kult mächtiger, auf den höchsten Berggipfeln der Umgebung thronender Territorial-Schutzgeister. Ihnen ist der größte Teil der Feldbau-Riten gewidmet, und an sie richten sich auch die großen kommunalen „Neujahrsfeste“, in deren Verlauf die versammelte Dorfgemeinschaft rituell ihr harmonisches Verhältnis zu diesen Wesenheiten erneuert und Störungen der spirituellen Mensch-Umwelt-Beziehungen auszuschließen trachtet. Die Kontinuität dieser Beziehungen zu wahren ist die Hauptaufgabe des sozialreligiösen Dorfoberhauptes.

Die Tendenzen der Karen zu territorialer Fixierung und zum Schutz der lokalen Ressourcen zeigen sich auch in nicht kulturell normierten Bereichen des Alltagshandelns. Zahlreiche Beobachtungs-

daten, Tonbandinterviews und ein Einstellungstest geben eine Fülle von Indizien für die Scheu, das Mißtrauen und das Abgrenzungsbedürfnis der Karen gegenüber der sie umgebenden „Außenwelt“. In ethnographischer Kleinarbeit konnte belegt werden, daß die Karen äußerst vorsichtig wirtschaften und die Möglichkeiten ihres ökologischen Systems gar nicht auszuschöpfen suchen.

Der *Primärwald-orientierte* Brandrodungsfeldbau der Meo weist unter ähnlichen Umweltbedingungen ganz andersgeartete kulturelle Korrelate auf. Primärwald ist eine kurzfristig nicht regenerierbare Ressource, die im Zuge ihrer Konsumtion stetig abnimmt. Im Verlauf der Bestandsdauer eines Meo-Dorfs entfernen sich die Rodungen immer weiter von der Siedlung, bis schließlich in einem weiten Umkreis keine nutzbaren Primärwaldbestände übrig sind – die Folgevegetation ist häufig eine mit Farnen und Strauchwerk durchsetzte Grassteppe – und sich die Haushalte des Dorfs nach neuen Siedlungsplätzen umsehen müssen. Ressourcen-Konservierung spielt im Feldbau-System der Meo keine Rolle, da eine spätere erneute Nutzung erschöpfter Anbauflächen im allgemeinen nicht beabsichtigt ist (dies beginnt sich erst neuerdings, angesichts fehlender alternativer Siedlungsräume, zu ändern). Da es den Meo vor allem auf eine kurzfristige Ertragsmaximierung ankommt, sind einzelne Techniken des Brandrodungsfeldbaus intensiver als im Falle der Karen, und entsprechend folgt auch die Auswahl der Hauptanbaupflanzen in erster Linie dem Rentabilitätsprinzip. So wird *Opium* – meist im Fruchtwechsel mit Mais – trotz katastrophaler ökologischer Folgen häufig der Vorzug vor Reis gegeben. Außerdem ist Rohopium leicht transportabel und jederzeit in Nahrungsmittel oder Bargeld zu konvertieren – was wichtig ist, da im Falle einer Wohnsitzverlegung eine Zeit von mehreren Monaten bis zum Einbringen der ersten Reisernte überbrückt werden muß.

Voraussetzung eines unter diesen Prämissen stehenden Anbausystems ist Mobilität. In den meisten Familiengeschichten des Meo-Dorfs Mae Ya Noi waren wiederholte Wohnsitzwechsel über große Entfernungen zu finden. Die Dorfbewohner waren aus den verschiedensten Gegenden von Nordthailand hier zusammengekommen, und die Eltern oder Großeltern der Befragten waren nicht selten in Laos oder Südchina geboren. Eine solch hohe Mobilität be-

darf einer Verwandtschaftsstruktur, die Bindungen über weite Entfernungen hinweg vermitteln kann. Das Volk der Meo ist in große, überregional (heute: international) verbreitete Klane gegliedert, und gleiche Klanzugehörigkeit beinhaltet überall eine Pflicht zu gegenseitigem Schutz und Hilfeleistung – vor allem in der Fremde, wo dieser Mechanismus in Krisenfällen auch eine schnelle und effektive Selbstorganisation zu politischen oder militärischen Zwecken ermöglicht.

Wie nicht anders zu erwarten, sind in der Religion der Meo territoriale Bezüge schwach ausgeprägt. Im Vordergrund stehen Ahnenriten sowie Riten an die Adresse von Geistern, die mit dem Haushalt verbunden sind und diesem unabhängig vom Wohnort Glück und Wohlstand bringen sollen. Im Bereich des nicht kulturell normierten Alltagshandelns unterscheiden sich die Meo von den Karen durch ein Selbstbewußtsein gegenüber der „Außenwelt“, hinter dem die Zuversicht zu stehen scheint, daß fremde und neuartige Situationen grundsätzlich gemeistert und zum eigenen Vorteil manipuliert werden können. Die ökonomischen Daten belegen ein relativ hohes Konsumniveau (vor allem großzügige materielle Aufwendungen im sozialen Bereich) sowie ein hohes Maß an Innovations- und Risikobereitschaft.

Was besagen nun diese beiden Fallstudien für unser Forschungsthema? Schon diese kurze Darstellung, die der klassischen „kulturökologischen Methode“ folgte, zeigt die engen Beziehungen weiter Bereiche – und nicht nur der Wirtschaft – beider Kulturen mit der Nutzung jeweils unterschiedlicher Ressourcen (nämlich Sekundär- bzw. Primärwald). Wie kommt es aber zu solch unterschiedlichen Formen der Umweltanpassung? Erklärungsbedürftig ist vor allem die der Karen, denn bei gleicher Arbeitsleistung erwirtschaften mobile Primärwaldbauern (wie die Meo) höhere Erträge als sesshafte Sekundärwaldbauern (wie die Karen). Nun zeigen historische Fakten eindeutig, daß die Gruppen der Karen in ihren Siedlungsgebieten immer von vornherein Sesshaftigkeit und eine harmonische Integration in ihre jeweilige lokale Umwelt anstrebten. Dies zwang sie zu einem System von zyklischen Sekundärwald-Rodungen, dessen geringere Produktivität sie in Kauf nehmen mußten. Nicht die ökologische Anpassungsform hat hier zu einem bestimmten kulturellen

„Überbau“ geführt, sondern sie wurde im Gegenteil von ihm bestimmt! Es soll nun nicht behauptet werden, daß diese Richtung der Kausalität den Regelfall darstellt – das Beispiel der Karen zeigt lediglich auf, daß die Art der kausalen Zusammenhänge zwischen Ökosystem und kulturellem „Überbau“ in jedem konkreten Einzelfall historisch untersucht werden muß.

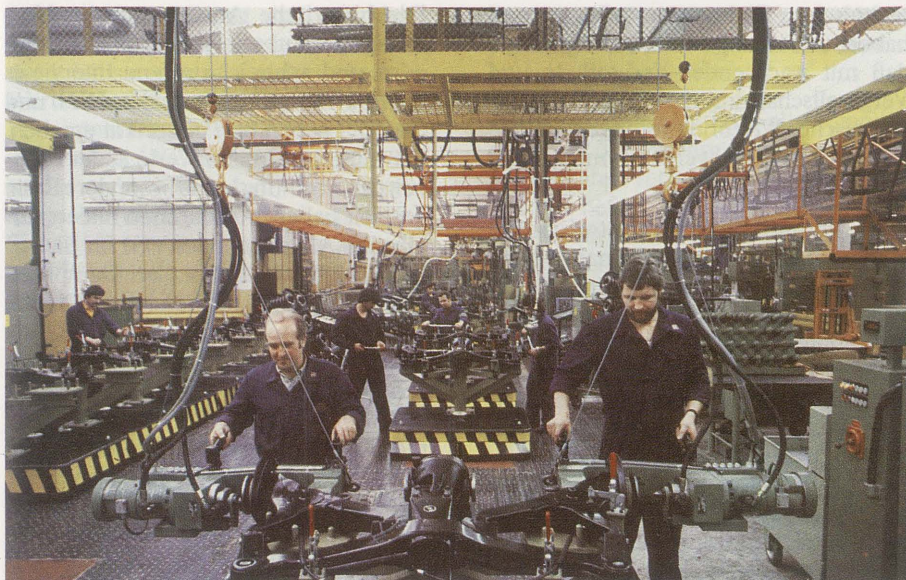
Für die kulturökologische Theoriebildung folgern wir, daß es nicht ausreicht, nur die wechselseitigen Zusammenhänge zwischen Umweltbedingungen, Subsistenztechniken und bestimmten kulturellen Phänomenen zu betrachten. Entscheidend, sowohl für die Form der Auseinandersetzung mit der Umwelt als auch für die Ausprägung der Kultur im engeren Sinne, sind die Bilder, die eine menschliche Gruppe sich von ihrer Umwelt macht. Diese Bilder – das System von Erwartungen, Wahrnehmungen und Zielvorstellungen der Gruppe bezüglich ihrer natürlichen und menschlichen Umgebung – gehen ihrerseits wohl auf die spezifische Konstellation zurück, unter der sich die Ethnogenese des betreffenden Volks vollzog: auf die Art und Zugänglichkeit der damals verfügbaren Ressourcen, auf die Qualität und Intensität der Konfrontation mit konkurrierenden menschlichen Populationen, gegen die die neu entstehende Gruppe Stellung bezog und sich abgrenzte. Für die Karen kann eine solche historische Rekonstruktion zwar nicht sicher belegt, aber immerhin plausibel gemacht werden (vgl. *Mischung 1984a, Teil 1*), und auch im Falle der Meo lassen sich entsprechende Indizien zusammentragen.

Die ethnologische Spezialdisziplin der Kulturökologie kann nur dann zu einer erklärenden Theorie des Verhältnisses Kultur-Umwelt kommen, wenn es gelingt, ökosystemische und kulturhistorische Ansätze zu einem integrierten Begründungsmodell zu verschmelzen. Dieses Ergebnis unseres Projekts ist nicht nur für den Bereich wissenschaftlicher Theoriebildung relevant: Auch Entwicklungsplanung kann nur zu sinnvollen Ergebnissen führen, wenn neben die Analyse der ökonomisch-ökologischen Ausgangssituation eine Untersuchung der ethnospezifischen Umwelt-Interpretation und Zielvorstellungen der Betroffenen tritt.

R. M.

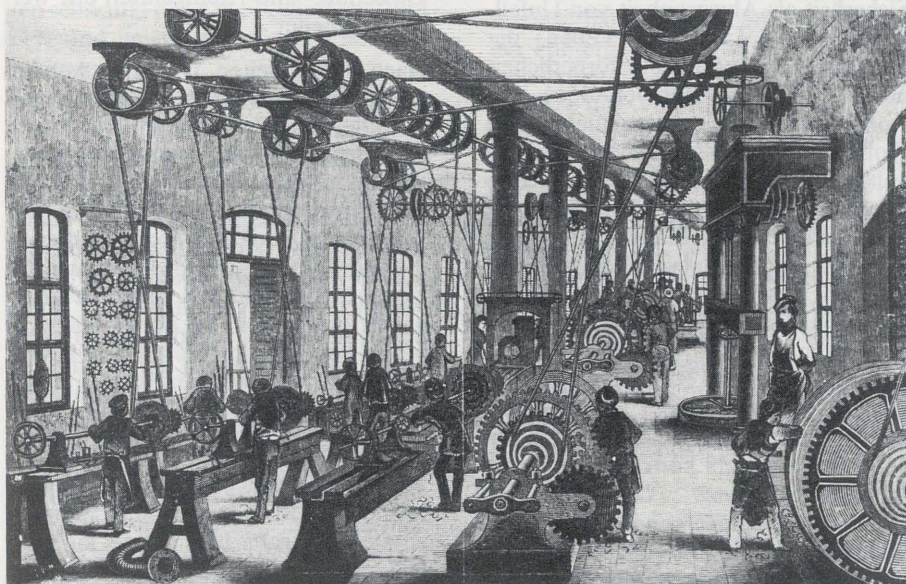
Dr. Thomas MICHEL  
Dr. Roland MISCHUNG

*Frobenius-Institut an der J. W. Goethe-Universität*



# Neue Aufgaben der technischen Normung

Von Günter Ropohl



*DIN-Normen und andere technische Richtlinien, die sich zunächst auf rein technische Eigenschaften von Produktionsanlagen und Produkten bezogen, befassen sich heute auch mit „außertechnischen“ Werten wie Unfallschutz und Sicherheit. Auf dem Foto aus der Montagehalle eines Automobilkonzerns sieht man einiges von dem, was heute zur Verhütung von Unfällen geregelt ist: z. B. schützt die Zweihandbedienung vor dem versehentlichen Griff in rotierende Teile, gelb-schwarze Streifen kennzeichnen Gefahrenbereiche, und im Notfall kann die Anlage mit Hilfe eines Notausknopfes sofort zum Stillstand gebracht werden. Wie es demgegenüber zu Beginn der Industrialisierung in der Dreherei einer Maschinenfabrik aussah, zeigt der Holzschnitt von 1850: die Maschinen standen dicht gedrängt, und Transmissionsriemen und Zahnradgetriebe bewegten sich ungeschützt, so daß leicht ein Mensch davon erfaßt werden konnte.*

Wer eine Kartei anlegt, muß sich entscheiden, ob er Karten im Format DIN A 6, also in Postkartengröße, oder im halb so großen Format DIN A 7 verwenden will. Hat man sich auf eine dieser Größen festgelegt, so erhält man beim ersten Kauf wie bei allen späteren Nachbestellungen Karten von immer genau der gleichen Größe; und man hat die Auswahl zwischen verschiedenen Ausführungen von Karteikästen, deren Innenabmessungen grundsätzlich immer dem betreffenden Kartenformat entsprechen. Daß man sich auf diese Regelmäßigkeit verlassen kann, liegt daran, daß die Papierformate im Normblatt DIN 476 festgelegt sind. DIN steht für „Deutsches Institut für Normung“, und einer von den zahlreichen Normenausschüssen, die im Rahmen des DIN ehrenamtlich arbeiten, hat die Regeln für die Abmessungen von Papierbögen, Karten, Umschlägen usw. aufgestellt.

Zunächst geben die Normblätter lediglich Empfehlungen, an die sich Hersteller und Verwender freiwillig halten, weil die Vereinheitlichung vorteilhaft ist. Derartige technische Regeln können aber auch rechtsverbindlich werden, wenn sie in einem Gesetz oder einer Verordnung ausdrücklich oder mit Hilfe „unbestimmter Rechtsbegriffe“ vorgeschrieben werden. Beispielsweise verlangt das Betriebsverfassungsgesetz, daß „gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse“ in der Betriebspraxis anzuwenden seien; eine ständige wachsende Anzahl von DIN-Normen für die Arbeitsgestaltung konkretisiert jenen unbestimmten Rechtsbegriff und wird aufgrund des Gesetzes rechtsverbindlich.

Neben den mehr als 20000 DIN-Normen gibt es noch zahlreiche weitere technische Regelwerke, unter denen die Richtlinien-Sammlungen des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) und des Verbandes Deutscher Elektrotechniker (VDE) die bekanntesten und wichtigsten sind. Die Richtlinienarbeit der zuletzt genannten Organisationen reicht bis ins letzte Jahrhundert zurück; der Vorläufer des heutigen DIN wurde 1917 gegründet. Zwar befaßten sich schon die ersten VDE-Vorschriften aus dem Jahre 1895 mit der Sicherheit elektrischer Anlagen. Im Vordergrund der Normungsaktivitäten stand jedoch lange Zeit die Vereinheitlichung von Abmessungen und anderen technischen Eigenschaften. Stoff-, Maß-, Verfahrens-, Qualitäts- und Prüfnormen sollten gewährleisten, daß Bauteile und Erzeugnisse in jeweils

gleichbleibender Beschaffenheit und Verlässlichkeit bereitgestellt werden konnten. Die beginnende Massenproduktion setzte voraus, daß für den Zusammenbau der Erzeugnisse Standardteile zu verwenden waren, die nicht in jedem Einzelfall erst eigens hätten hergestellt und angepaßt werden müssen; und auch für die Instandhaltung der ständig wachsenden Anzahl von Maschinen und Geräten mußte man auf standardisierte Ersatzteile zurückgreifen können. So war anfangs zum Beispiel die Normung von Schrauben und Muttern eine besonders wichtige Aufgabe.

Zunächst also bezogen sich Normen und Richtlinien vor allem auf rein technische Eigenschaften, die für die Funktionsfähigkeit der Produktionsanlagen und Produkte von Bedeutung waren. Freilich verfolgte man mit der technischen Normung auch wirtschaftliche Ziele; denn die Herstellung und Verwendung standardisierter Bauteile und Erzeugnisse bringt allen Beteiligten spürbare Kostenvorteile. Doch ergeben sich solche wirtschaftlichen Vorteile sozusagen automatisch aus dem Prinzip der Normung; ausdrücklich hatten und haben bis heute die Normen und Richtlinien vorrangig rein technische Inhalte zum Gegenstand.

Es sieht also zunächst so aus, als wenn die „Kritik der instrumentellen Vernunft“ (M. Horkheimer) recht hätte: daß nämlich in der Technik lediglich die Mittel rationalisiert würden, ohne daß man danach fragt, ob denn auch die Zwecke vernünftig sind. So wird denn auch in der aktuellen Technikdebatte der Vorwurf erhoben, die Ingenieurpraxis vernachlässige über technikimmanenter Perfektionierung die übergeordneten gesellschaftlichen Werte. Schaut man sich jedoch die allgemein anerkannten Regeln der Technik, wie sie in Normen und Richtlinien niedergelegt sind, genauer an, gelangt man zu einem wesentlich differenzierteren Bild. Man stößt dann nämlich auf zahlreiche technische Regeln, die ausdrücklich außer-

technische Ziele zum Gegenstand haben, und man gewinnt den Eindruck, daß mit wachsender Verbreitung und Vergesellschaftung der Technik außer-technische Wertorientierungen in den technischen Regelwerken immer häufiger auftreten.

Diese Vermutung ist nun historisch und empirisch in dem Projekt „Analyse technischer Normen und Richtlinien hinsichtlich der Berücksichtigung außer-technischer Ziele und Werte“\* geprüft worden. Die Untersuchung hat sich auf die VDI-Richtlinien und auf die DIN-Normen konzentriert. Sie gliederte sich in drei Phasen: Zunächst wurde aus der einschlägigen Literatur und aus Expertengesprächen der theoretische Rahmen präzisiert. Die gewonnenen Hypothesen wurden in einer Vollerhebung der geltenden VDI-Richtlinien und in einer Analyse ausgewählter DIN-Normen überprüft. Schließlich wurde der Normungsgeschichte in zwei Fallbeispielen detailliert nachgegangen.

In Anlehnung an die neuere Wert- und Sozialindikatoren-Forschung wurden fünf Wertbereiche abgegrenzt, in denen es nicht um die Funktionsfähigkeit der technischen Systeme selbst, sondern um nicht-technische Folgen ihrer Herstellung oder Nutzung geht. Es sind dies: die **Sicherheit** als Abwesenheit von Unfallgefahren für Leib und Leben, die **Gesundheit** als Zustand des körperlichen und psychischen Wohlbefindens, der **Wohlstand** im Sinne des materiellen Wohlergehens der Menschen, der **Umweltschutz** zur Erhaltung der natürlichen Lebensgrundlagen der Menschen und die **Persönlichkeitsentfaltung** mit ihren gesellschaftlichen Rahmenbedingungen für die Verwirklichung menschlicher Möglichkeiten. Diese Wertbereiche wurden mit Hilfe von Unterwerten konkretisiert, die als Schlüsselwörter für die Inhaltsanalyse der technischen Regeln dienen konnten. So wurden für den Umweltschutz konkrete Ziele wie *Ressourcenschonung, Luftreinhaltung, Lärminderung, Abfallbeseitigung, Gewässerschutz* usw., für die Persönlichkeitsentfaltung Unterwerte wie *Befriedigung in der Arbeit, Bildung, Mobilität, Kommunikation, Produktästhetik* usw. formuliert. Diese Liste erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit; die Wertebereiche und Unterwerte sind unter dem pragmatischen Gesichtspunkt ausgewählt worden, daß sie für die nicht-technischen Auswirkungen der Technik besonders repräsentativ sind.

Die historische Auswertung der Normungsliteratur seit Anfang des Jahrhunderts und zahlreiche offene Interviews mit Normungsexperten des DIN und des VDI haben nun in der Tat ergeben, daß außertechnische Werte in der Frühzeit der Normung keine besondere Rolle gespielt haben; Ausnahmen bilden vereinzelte Aktivitäten des VDI für Sicherheit und Umweltschutz bei Dampfkesseleanlagen und die bereits erwähnten Sicherheitsvorschriften des VDE, die jeweils bereits Ende des vergangenen Jahrhunderts begonnen wurden. Aber sowohl firmeninterne Werksnormen, die es seit Anfang des Jahrhunderts gibt, wie auch das Gros der DIN-Normen, die nach dem ersten Weltkrieg in zunehmender Zahl aufgestellt wurden, beschränkten sich zunächst auf rein technische Sachverhalte. Erst Ende der zwanziger Jahre läßt sich erkennen, daß Sicherheit und Gesundheit in einzelnen Normungsbereichen verstärkt zum ausdrücklichen Gegenstand technischer Regeln werden. Kurz nach der nationalsozialistischen Machtergreifung nimmt diese Tendenz spürbar zu, allerdings mit der makabren Akzentsetzung, Militär und Zivilbevölkerung gegen mögliche Kriegsfolgen zu schützen: Normen zum Feuerwesen, zum Luftschutz, zu Gasschutz- und Atemgeräten etc. werden erarbeitet.

Nach dem zweiten Weltkrieg wenden sich Normen und Richtlinien in gewissem Umfang der Sicherheit und Gesundheit im zivilen Bereich zu. Doch erst seit Mitte der sechziger Jahre nehmen technische Regeln mit außer-technischem Wertbezug in beachtlichem Ausmaß zu. Das gilt selbstverständlich für die „traditionellen“ Werte der Sicherheit und Gesundheit; beispielsweise werden in einem Verzeichnis zum Gesetz über technische Arbeitsmittel, das Normen und Richtlinien zur Sicherheit zusammenstellt, 1970 erst etwas mehr als 200 einschlägige technische Regeln genannt, während eine Neuauflage 1977 bereits auf über 600 Normen und Richtlinien verweisen kann. Gleichzeitig aber beginnen sich mehr und mehr auch „moderne“ Werte wie der Umweltschutz oder Humanisierungsziele im Rahmen der Persönlichkeitsentfaltung bemerkbar zu machen; beispielsweise gibt es seit 1955 eine VDI-Kommission „Reinhaltung der Luft“, die bis 1979 fast 200 Richtlinien zum Umweltschutz erarbeitet hat.

\* Das Projekt wurde vom Verein Deutscher Ingenieure (VDI) getragen und durch die Stiftung Volkswagenwerk im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Wissenschaft und Technik – Historische Entwicklung und Sozialer Kontext“ gefördert. Der Abschlußbericht von Günter Ropohl, Wilgart Schuchardt und Helmut Lauruschkat erschien unter dem Titel „Technische Regeln und Lebensqualität – Analyse technischer Normen und Richtlinien“ 1984 im VDI-Verlag.

In einer Vollerhebung sind nun sämtliche VDI-Richtlinien mit den Mitteln der Inhaltsanalyse auf außertechnische Wertbezüge hin untersucht worden. Von insgesamt 1226 geltenden Richtlinien heben 436, das sind rund 35% auf solche nicht-technischen Wertorientierungen ab (die Werte Umweltschutz und Sicherheit werden in jeweils 20% der VDI-Richtlinien genannt, der Wert Gesundheit in 16%, Wohlstand in 6% und Persönlichkeitsentfaltung in 1-2%). Bei der Auswertung war die bekannte Schwierigkeit der Inhaltsanalyse zu bewältigen, daß ausdrückliche Nennungen von Schlüsselwörtern auch dann gewertet werden, wenn die Ausdrücke vielleicht nur den Charakter einer Leerformel haben, während konkrete inhaltliche Festlegungen manchmal nicht als solche erkannt werden, weil die erwarteten Schlüsselwörter nicht darin vorkommen. Durch regelmäßige Beratung mit Normungsfachleuten wurde versucht, diese Fehlerquelle so gering wie möglich zu halten. Auch muß man sehen, daß mehr als die Hälfte der ermittelten Richtlinien von den Kommissionen „Reinhaltung der Luft“ und „Lärminderung“ stammen, von Gremien also, die ausdrücklich im Interesse außertechnischer Werte eingesetzt worden waren. Bei den VDI-Fachgesellschaften dagegen schwankt der Anteil zwischen 0 und 84% und beläuft sich durchschnittlich auf knapp 20%.

Bei den DIN-Normen war eine inhaltsanalytische Vollerhebung wegen der außerordentlichen Materialfülle nicht möglich, zumal zum Untersuchungszeitpunkt die Normeninformationsdatenbank für diesen besonderen Zweck noch nicht herangezogen werden konnte. So wurde mit Hilfe einer Expertenbefragung bei den leitenden Mitarbeitern des DIN eine Auswahl von 3 660 Normblättern zusammengestellt, von denen 1060 Normen ausdrücklich außertechnische Werte berücksichtigen; solche Normen sind in der untersuchten Auswahl wegen der gezielten Suchstrategie zweifellos überrepräsentiert. Nähme man andererseits an, daß in den nicht analysierten DIN-Normen überhaupt keine außertechnischen Werte zu finden wären, betrüge der Anteil von Normblättern mit nicht-technischen Wertbezügen immerhin schon 5%; allerdings dürfte er nach begründeten Schätzungen 1979 kaum mehr als 10% betragen haben. Auch bei den DIN-Normen stehen Sicherheit und Gesundheit im Vordergrund, während Umweltschutz und

Persönlichkeitsentfaltung zum Untersuchungszeitpunkt noch keine herausragende Rolle spielten.

In zwei ausgewählten Fallstudien ist dann die Normungsgeschichte in allen Einzelheiten verfolgt worden. Das eine Beispiel befaßt sich mit Bedienelementen in der Feinwerktechnik; das sind Tasten, Schalter, Griffe, Hebel usw., mit deren Hilfe der Mensch auf die Funktion von Geräten wie Schreibmaschinen, Haushaltsgeräten oder Fotoapparaten einwirkt. Bis in die siebziger Jahre hinein hat sich in diesem Fall die Normung auf technisch-konstruktive Vereinheitlichung beschränkt. Erst das Normblatt DIN 33 401 aus dem Jahre 1977 stellt ausdrücklich präzise Maßstäbe für die leichte Handhabbarkeit der Bedienelemente auf; beispielsweise werden genaue Zahlenwerte für die Leichtgängigkeit von Tasten, Schaltern usw. gegeben. Bedienungsfreundlichkeit aber, die auf diese Weise als technische Regel gefordert wird, bezieht sich auf die Werte Gesundheit und Persönlichkeitsentfaltung. So erhebt das technische Regelwerk die menschlichen Zwecke zu einem Maßstab technischen Handelns, der gleichberechtigt neben die Funktionsfähigkeit der technischen Mittel tritt.

Daß dieses Normblatt zustandekommen ist, hat freilich einen institutionellen Hintergrund, der einleitend schon angedeutet wurde. Weil verschiedene Gesetze und Verordnungen verlangen, daß „gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse“ in der Technik zu berücksichtigen sind, hat sich 1970 im DIN der Fachnormen-Ausschuß Ergonomie konstituiert, der seitdem die Aufgabe erfüllt, den anerkannten Stand der Arbeitswissenschaft in DIN-Normen zu kodifizieren. Es waren also gesellschaftliche Kräfte, die über Gesetzgebung und Normung darauf hingewirkt haben, daß nun diese außertechnischen Werte im technischen Handeln berücksichtigt werden.

Mit den Befunden konnten grundlegende Hypothesen bestätigt werden. In dem Maße, so war vermutet worden, wie Technik selbst der Vergesellschaftung unterworfen wird, werden soziale Gesichtspunkte an Einfluß auf die technische Entwicklung — und damit auch auf technische Regeln — gewinnen. In dem Maße, wie sich die technische Entwicklung über traditionelle, industrielle Einsatzfelder hinaus ausbreitet, werden außertechnische Werte in technische

Regeln verstärkt Eingang finden. Und je höher bestimmte Werte gesellschaftlich eingeschätzt werden, desto stärker werden sie auch in technischen Regeln zum Ausdruck kommen.

Die Analyse eines zweiten Fallbeispiels, des Industrial Designs, hat übrigens gezeigt, daß die genannten Zusammenhänge sich nicht nur auf institutionellem Wege verwirklichen, sondern daß Aufklärungsprozesse auch unmittelbare Impulse für die Bewußtseinsbildung der technischen Experten geben können. Schon 1960 ist eine VDI-Richtlinie „Formgebung technischer Erzeugnisse“ aufgestellt worden, die von der Ingenieurarbeit verlangt, auch die Produktästhetik zu berücksichtigen; diese Richtlinie ist ohne äußere institutionelle Einflüsse allein von Ingenieuren entwickelt worden, die es selber für erforderlich hielten, neben der technischen Funktionsfähigkeit auch einen außertechnischen Wert zu beachten. Gab die damalige Richtlinie ausschließlich ästhetische Empfehlungen — die überdies sehr stark dem Zeitgeschmack verhaftet waren —, so ist bei einem Gemeinschaftsausschuß des VDE und des VDI zur Zeit eine neue Richtlinie zum Industrial Design in Arbeit, die nicht nur die ästhetischen Empfehlungen allgemeiner faßt, sondern auch die ergonomische Optimierung der Mensch-Maschine-Beziehungen fordert und sogar ausdrücklich verlangt, ein Erzeugnis müsse in seiner ergonomischen und ästhetischen Gestaltung „zeitgemäß sein und den Wertvorstellungen entsprechen“ (VDI/VDE 2424).

So hat die Untersuchung belegt, daß die technischen Regelwerke dabei sind einzulösen, was 1977 der Präsident des DIN programmatisch erklärt hat: „Ausgangspunkt der Normung waren Rationalisierung und Vereinheitlichung. Dies sind auch heute unverändert wesentliche Arbeitsgebiete. In wachsendem Maße ist der Normung aber auch die Funktion des Schutzes vor unerwünschten Nebenwirkungen der Technik zuge wachsen. Stichworte hierfür, die sich längst in entsprechenden Normungsaktivitäten niedergeschlagen haben, sind: Verbraucherschutz, Umweltschutz, Arbeitsschutz, Ergonomie“. So stellt sich die technische Normung heute auch der Aufgabe, zur weiteren Humanisierung der Technik beizutragen.

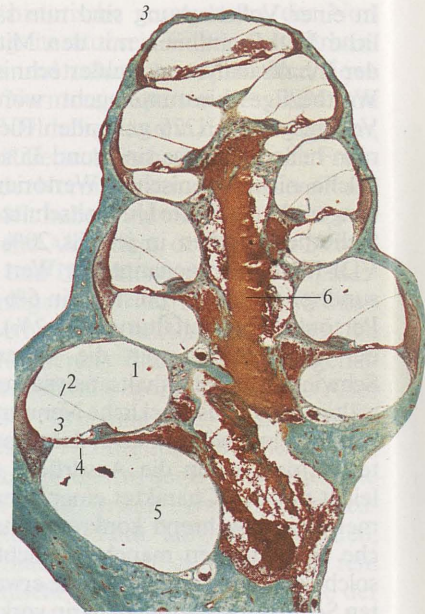
Prof. Dr.-Ing. habil. GÜNTER ROPOHL  
*Institut für Polytechnik/Arbeitslehre, Fachbereich Sportwissenschaften und Arbeitslehre*

Zweimal das Thema „Hören“ in diesem Heft: Keineswegs so einheitlich wie bisher vermutet ist das Innenohr der Säugetiere gebaut. Beim Vergleich von über 20 Arten fand Prof. Bruns erstaunliche Strukturunterschiede, über die er hier berichtet.

Wie man Gehörlosen trotz zerstörter Hörsinneszellen zu Hörempfindungen verhelfen kann, untersuchte Prof. Klinke. Sein Bericht beginnt auf Seite 17. Die Arbeiten entstanden im Rahmen des Sonderforschungsbereichs „Vergleichende Neurobiologie des Verhaltens“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

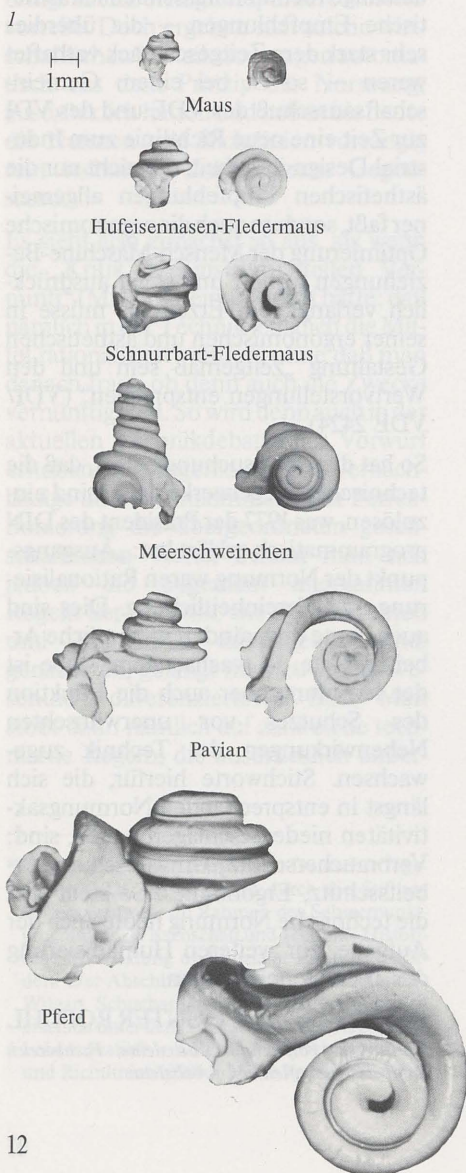


Korrosionspräparat der Meerschweinchen-Cochlea



# Das Innenohr der Säuger – vielfältig wie die akustische Umwelt

Von Volkmar Bruns



Obwohl spektakuläre Leistungen des Hörsystems *bestimmter* Säugetiere, z. B. die hochfrequente Echoortung der Delfine und Fledermäuse und die unglaubliche Empfindlichkeit der Katzen, seit langem bekannt sind, wird von der Hörforschung angenommen, daß das Innenohr aller Säugetiere völlig einheitlich gebaut ist. Das menschliche Innenohr gilt als Prototyp dieses allgemeinen Bauplans.

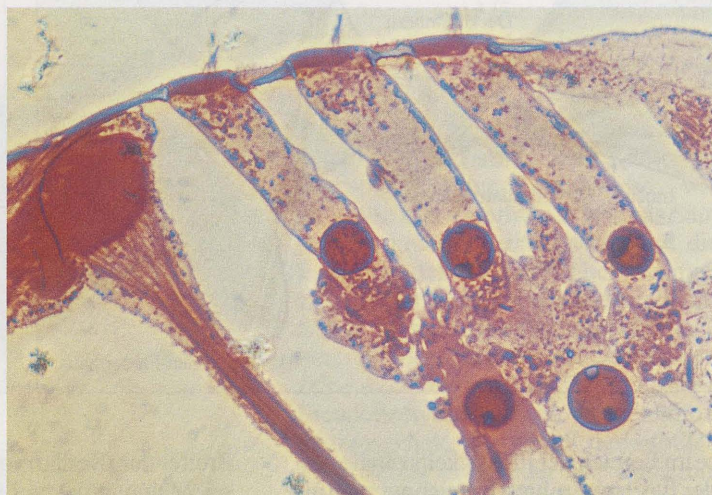
Das Innenohr der Säugetiere besteht aus den Bogengängen mit den Drehsinnesorganen, dem Vorhof mit den Lage-sinnesorganen und der Schnecke oder Cochlea mit dem eigentlichen Hörsinnesorgan. Die Cochlea liegt bei den meisten Säuger-Arten gut geschützt im Schädel. Sie ist entweder in einer Mittelohrkapsel oder – so auch beim Menschen – im Felsenbein verborgen. Mit Hilfe von Korrosionspräparaten läßt sich die Schneckenform anschaulich darstellen (s. Abb. 1 und 2). Die Cochlea wird

von drei Flüssigkeitskanälen durchzogen. Der mittlere Kanal ist durch häutige Membranen von den beiden anderen Kanälen getrennt (s. Abb. 3). Die untere von beiden, die Basilarmembran, trägt das Corti-Organ (s. Abb. 4 und 5) mit vier Reihen von Haar-sinneszellen (s. Abb. 6 und 7), die so genannt werden, weil jede von ihnen einen Schopf von Sinneshärchen trägt.

Ein akustisches Signal wird, nach Passieren des Außen- und Mittelohrs, durch Bewegungen des Steigbügels auf die Flüssigkeit der Cochlea übertragen. Die Flüssigkeitsbewegung ruft eine Schwingung der Basilarmembran hervor. Dabei liegen die Maxima dieser Vibrationen für hohe Frequenzen nahe der Basis und diejenigen für tiefe Frequenzen nahe der Spitze der Cochlea (Ortsprinzip der Frequenzanalyse). Die Schwingungen der Basilarmembran werden innerhalb des Corti-Organes in eine Auslenkung der Sinneshärchen umgeformt. Die Prozes-



5



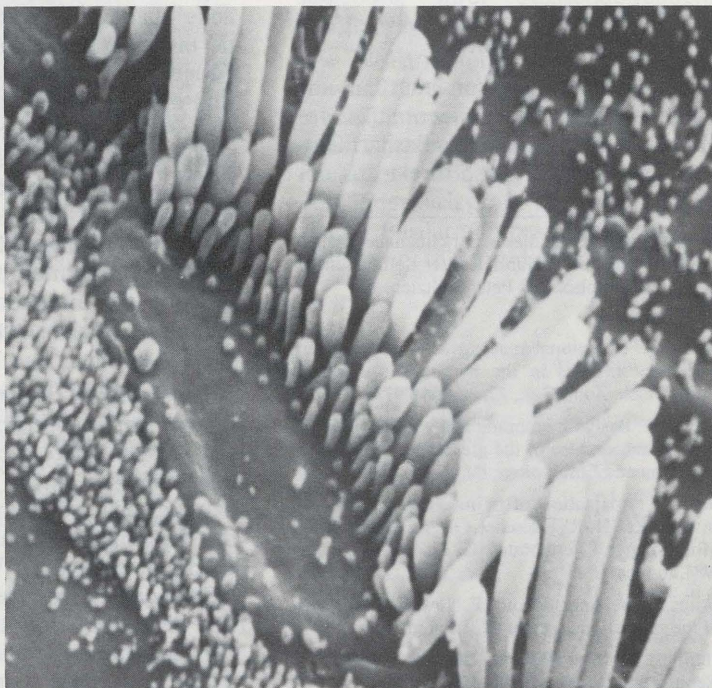
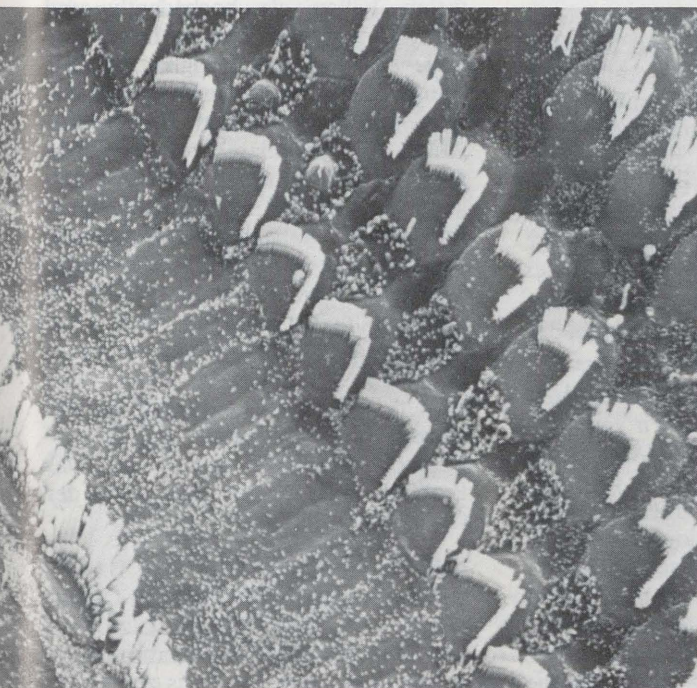
**Zu den Abbildungen:** Die Schnecke (Cochlea) des Innenohres von Säugern, die das eigentliche Hörsinnesorgan (Corti-Organ) enthält, ist sehr fein auf die akustische Umwelt der jeweiligen Säuger-Art abgestimmt. Bei den meisten Säuger-Arten ist sie im Schädel verborgen. Um Form und Größe der Cochlea trotzdem sichtbar zu machen, stellen wir Korrosionspräparate her (s. *Abb. 1 und 2 und Titelbild*): der obere und der untere Flüssigkeitskanal (s. *Abb. 3*), die an der Spitze miteinander verbunden sind, werden mit flüssigem Kunststoff ausgegossen, der Kunststoff wird polymerisiert und der Knochen und das übrige Gewebe mazeriert (Vergrößerung in *Abb. 1* knapp 4fach). Der mikroskopische Schnitt durch die Längsachse der Cochlea des Meerschweinchens (*Abb. 3*) zeigt Anschnitte von acht Halbwindungen. Der obere, mittlere und untere der Flüssigkeitskanäle (1, 3, 5) sind durch die Reissner-Membran (2) und die Basilarmembran (4) voneinander getrennt. Die Hörempfindung wird über den Hörnerven (6) zum Gehirn weitergeleitet. Bei stärkerer Vergrößerung (*Abb. 4*) erkennt man auf der Basilarmembran (4) das Corti-Organ mit den Sinneszellen (7) und der Deckmembran (8). Die Ausschnittvergrößerung (*Abb. 5*) zeigt die äußeren Haarzellen mit ihren Sinneshärchen. In *Abbildung 6* eine rasterelektronenmikroskopische Aufnahme der Sinneshärchen der inneren Haarzellen (unten links im Bild) und der drei Reihen äußerer Haarzellen. *Abbildung 7* zeigt die Sinneshärchen einer inneren Haarzelle noch einmal vergrößert.

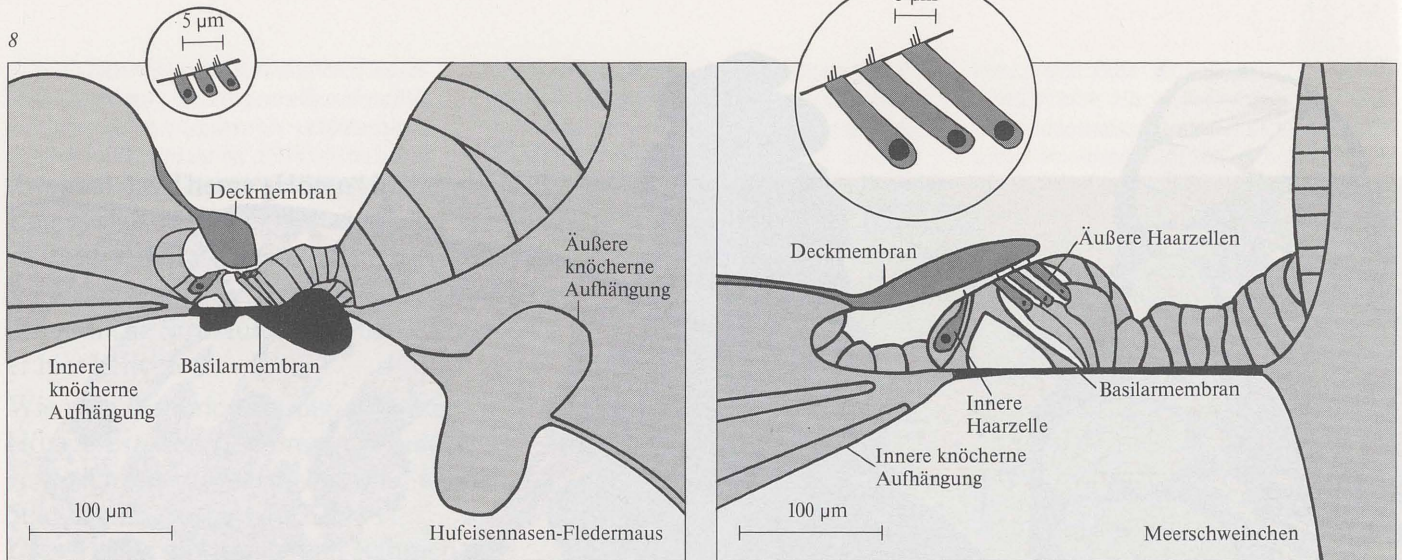
6

—| 5 µm

7

—| 5 µm





se im Bereich der Flüssigkeitskanäle und der Basilarmembran bezeichnet man als cochleäre Makromechanik und diejenigen innerhalb des Corti-Organs als cochleäre Mikromechanik. Bis vor wenigen Jahren wurde angenommen, daß die mechanische Ortsabbildung nur eine relativ schlechte Frequenzabstimmung bewirkt, die anschließend im akustischen Nervensystem verschärft werden muß. Heute weiß man durch verbesserte Techniken der Vibrationsmessung und der elektrophysiologischen Ableitung, daß die volle Trennschärfe bereits in den Schwingungen der Basilarmembran und den elektrischen Potentialen der Haarzellen zu finden ist. Von den Haarzellen wird die akustische Information durch die Hörnervenfasern, deren Zellkörper im Spiralganglion liegen (s. Abb. 4), an das Gehirn weitergeleitet.

Bisher ging man davon aus, daß die makromechanische Frequenzanalyse vor allem auf der Elastizität der Basilarmembran beruht, und diese direkt aus der

Breite der Basilarmembran abzulesen sei. Man nahm generell an, daß die Breite der Basilarmembran von der Basis der Cochlea bis zur Spitze hin linear (beim Mensch von 0,1 auf 0,5 mm) und die Elastizität exponentiell zunimmt. Daraus sollte sich eine logarithmische Frequenzkarte ergeben, bei der Oktaven in gleicher Länge abgebildet werden (s. Abb. 9). Für die Mikromechanik wurde eine Resonanzfrequenz angenommen, die umgekehrt proportional zur Länge der Sinneshäärchen und zur Masse der ihnen aufliegenden Deckmembran (s. Abb. 4) ist (d. h. lange Häärchen mit einer großen Deckmembran sprechen auf tiefe Töne an, kurze Häärchen mit einer kleinen Deckmembran auf hohe). Obwohl nur vereinzelte quantitative Daten vorlagen, wurde bisher angenommen, daß bei allen Säugern die Länge der Sinneshäärchen und die Masse der Deckmembran von der Basis zur Spitze hin zunehmen. Unterschiede zwischen den mechanischen Cochlea-Strukturen verschiedener Arten hielt man nur für quantitativ. So wurde postuliert, daß eine Verlängerung der Basilarmembran zu einer Ausweitung des Frequenzumfangs führe, daß also mehr Oktaven abgebildet werden können.

Alle genannten Hypothesen erschienen uns zu stark vereinfacht. Wir vermuteten, daß die ausgezeichnete Anpassung der einzelnen Arten an die jeweilige akustische Umwelt eine größere Vielfalt der Struktur und Funktion der Säuger-Cochlea erfordert. Wissenschaftliche Belege gab es dafür jedoch noch nicht. Die bisherige Forschung am Innenohr der Säugertiere stand überwiegend unter biophysikalischen und biomedizini-

schen Aspekten. In der Biophysik sucht man nach einer allgemein gültigen Gesetzmäßigkeit, und in der medizinischen Forschung dienen wenige Säugertier-Arten, die im Labor leicht zu halten sind, als Modelle für den Menschen. Verständlicherweise sind diese Arbeitsrichtungen also nicht primär an Art-Unterschieden interessiert.

Für den vergleichenden Biologen oder Evolutionsbiologen ist die Interpretation der organismischen Vielfalt die zentrale Fragestellung. Zwei große Teilgebiete dieses Aspekts sind das Aufdecken von stammesgeschichtlichen Zusammenhängen und die Erklärung der artspezifischen Anpassungen an die Umwelt. Sinnesorgane erwiesen sich in vielen Fällen als hochadaptiv und erscheinen deshalb für die Anpassungsfrage als besonders geeignet. Ein berühmtes Beispiel ist die Evolution der Lichtsinnesorgane. So sind auch bei den Augen der Säugetiere Artunterschiede gut bekannt. Als Anpassung an die geringe Lichtmenge bei nächtlicher Aktivität finden sich z. B. beim Koboldmaki eine Vergrößerung der Augäpfel oder bei der Katze eine reflektierende Schicht im Augenhintergrund. Aber auch beim Innenohr anderer Wirbeltiere, insbesondere dem der Reptilien, konnte eine große Vielfalt des Baus gezeigt werden. Warum soll nun gerade das SäugerInnenohr einheitlich gebaut sein? Das Problem liegt in der Geometrie der Cochlea.

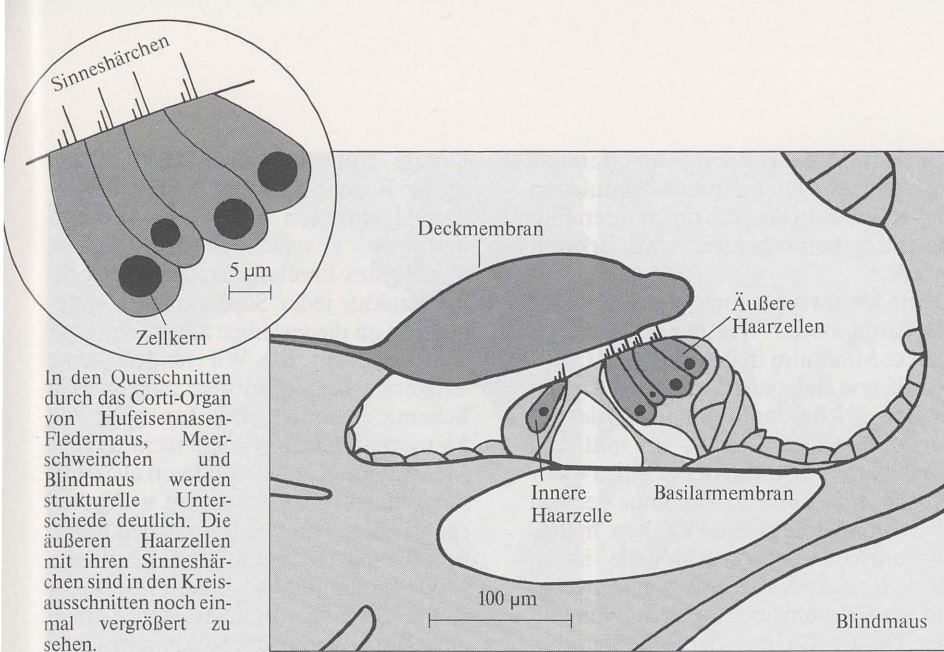
Der räumliche Verlauf der Basilarmembran und damit des Corti-Organs ähnelt zwar einer Spirale; tatsächlich aber sind Steigung und Krümmung an jedem Punkt von der Basis zur Spitze

Zu den Ergebnissen dieses Berichts haben beigetragen: Walter Hofer, Gabriele Elter, Lothar Ballast, Bernhard Dannhof und Peter Weltzien.

#### Literatur

- Bruns, V.: Functional anatomy as an approach to frequency analysis in the mammalian cochlea. *Verh. Dtsch. Zool. Ges.*, 72, 141-154 (1979)
- Bruns, V.: Basilar membrane and its anchoring system in the cochlea of the greater horseshoe bat. *Anatomy and Embryology* 161, 29-50 (1980)
- Bruns, V.: Adaptations of the inner ear of mammals. In: Duncker, H.-R., Fleischer, G. (eds.). *Functional Morphology of Vertebrates*. G. Fischer, Stuttgart, 1984, in press
- Bruns, V., W. Hofer, G. Elter, E. Nevo: The inner ear of the subterranean mole rat. In prep.
- Heffner, R., B. Masterson: Hearing in Glires. *J. Acoust. Soc. Amer.* 68, 1584-1599 (1980)





In den Querschnitten durch das Corti-Organ von Hufeisennasen-Fledermaus, Meerschweinchen und Blindmaus werden strukturelle Unterschiede deutlich. Die äußeren Haarzellen mit ihren Sinneshörchen sind in den Kreis-ausschnitten noch einmal vergrößert zu sehen.

unterschiedlich (und auch von Art zu Art völlig verschieden). Für die mikroskopische Untersuchung wird das Innenohr anhand einer parallelen Schnittserie untersucht. Das methodische Problem ist nun, für jeden Anschnitt des Corti-Organ die Längsposition und die Schnittrichtung zu bestimmen. Wenn man keine genaue Längsposition hat, lassen sich die Daten aus verschiedenen Serien (und verschiedenen Methoden) innerhalb einer Art nicht zur Deckung bringen und erst recht nicht Daten zwischen den Arten vergleichen. Und wenn man den Schnittwinkel nicht kontrollieren kann, sind alle quantitativen Längen- und Flächenmessungen mit großen Fehlermöglichkeiten behaftet.

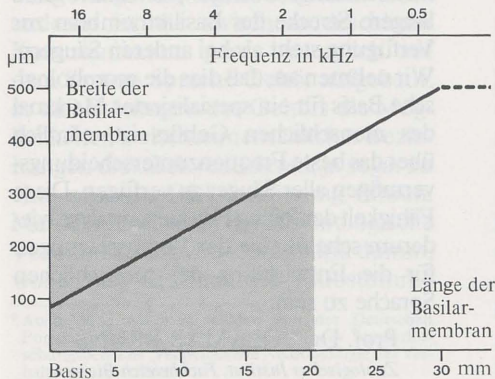
Mit einem standardisierten histologischen Verfahren und einer computerunterstützten drei-dimensionalen Rekonstruktion gelang es uns, Längspositionen und Schnittwinkel für alle Strukturen in lichtmikroskopischen Schnittserien zu bestimmen. Von dieser Basis aus entwickelten wir Techniken, mit denen auch in der Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie beide Parameter zu kontrollieren sind.

Als Bezugstier zur biophysikalischen und biomedizinischen Forschung wählten wir das Meerschweinchen. Vom Meerschweinchen nahm man bisher an, daß seine Cochlea-Struktur derjenigen des Menschen entspricht. Qualitativ ähnelt die Struktur der mittleren Cochlea-Region (s. Abb. 8 Mitte) tatsächlich der des Menschen. An der Basis und an der Spitze gibt es aber deutliche Unterschiede. Die Breite der Basilar-membran weicht vom linearen Verlauf ab (vgl. Abb. 10). Sie zeigt beim Meerschweinchen basal eine starke Zunahme, dann einen flacheren Anstieg und vor der Mitte bis zur Spitze praktisch konstante Werte. Bei den mikromechanischen Parametern ist die Abweichung vom linearen Verlauf noch deutlicher: Die Länge der Sinneshörchen der drei Reihen äußerer Haarzellen und die Masse der Deckmembran weisen Maxima auf, die an vier verschiedenen Stellen der Cochlea liegen. Damit ist eine komplexe Makro- und Mikromechanik zu erwarten. Trotz der häufigen Verwendung als Labortier sind die natürlichen Lebensgewohnheiten der Meerschweinchen kaum untersucht, so daß wir die Beson-

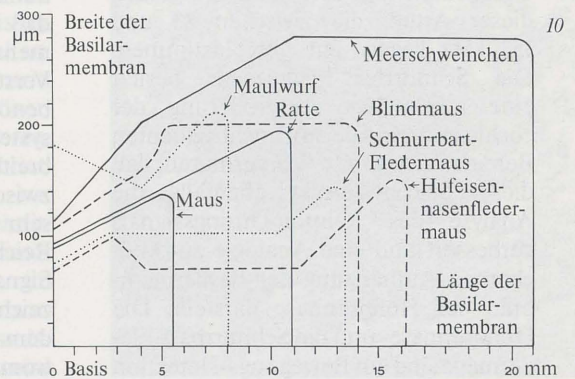
derheiten der Cochlea-Struktur nicht mit einem bestimmten akustischen Verhalten in Zusammenhang bringen können. Als einzige der von uns untersuchten Arten zeigen Mäuse und Ratten eine lineare Veränderung der Breite der Basilar-membran von der Basis bis zur Spitze der Cochlea (s. Abb. 10).

Für die Beurteilung der Anpassungshypothese erscheinen uns Arten mit hochspezialisierter Lebensweise, wie fliegende und unterirdisch lebende Säuger, am besten geeignet. Während die Frequenz der höchsten noch wahrgenommenen Töne bei der Mehrzahl der Säugetiere zwischen 40 und 70 kHz liegt, hören Fledermäuse deutlich höher, einzelne Arten bis fast 200 kHz. Mit hohen Frequenzen läßt sich ein großer Informationsgehalt, wie es bei der subtilen Echoortung notwendig ist, kodieren. Der Nachteil hoher Frequenzen ist die geringe Reichweite. Obwohl die Signale der Hufeisennasen-Fledermäuse die Lautstärke eines Preßlufthammers besitzen, ist ihre Echoortung auf einen Umkreis von ca. 10 m begrenzt. Fledermäuse erscheinen für die vergleichende biologische Fragestellung besonders geeignet, weil Echoortungslaute sehr einfache akustische Signale mit klarem Verhaltensbezug darstellen. Die Hufeisennase- und die Schnurrbart-Fledermaus senden lange Reintöne aus. Zusätzlich halten sie die Echofrequenz konstant, indem sie den durch die Fluggeschwindigkeit auftretenden Dopplereffekt mit einer entsprechenden Verschiebung ihrer Aussendefrequenz kompensieren.

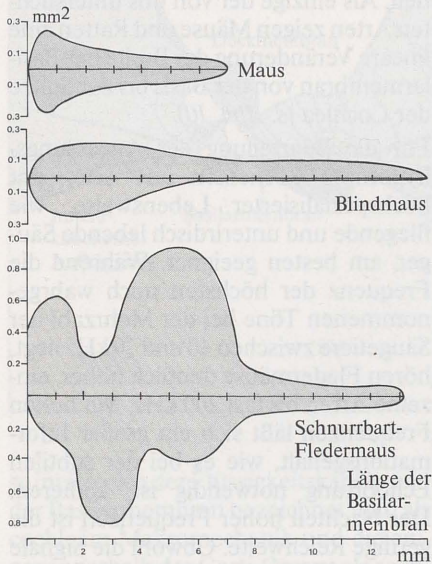
Die Basilar-membran der Hufeisennasen- und der Schnurrbart-Fledermaus ist erheblich länger als die der Hausmaus, die in Körpergewicht und Frequenzumfang vergleichbar ist (s. Abb. 10). Bei beiden finden sich große Bereiche mit konstanter Basilar-membran-Breite. Bei der Hufeisennase ist in diesem Bereich ein



Breite der Basilar-membran des Menschen (links) und sieben weiterer Säuger-Arten (rechts). Die Spirale ist abgerollt dargestellt mit den Längenangaben von der Basis (0 mm) bis zur Spitze der Cochlea (35 mm). Beim Menschen sind zusätzlich die Frequenzorte am oberen Rand der Abbildung notiert - man beachte, daß Oktavenintervalle (jeweils eine Verdopplung der Frequenz) gleiche Abstände aufweisen. Im gerasterten Bereich liegen die Werte der rechts dargestellten Arten.



II Querschnittsfläche der Flüssigkeitskanäle (in  $\text{mm}^2$ ) von Maus, Blindmaus und Schnurrbart-Fledermaus oberhalb und unterhalb der Basilarmembran, die als horizontaler Strich dargestellt ist.



schmales Frequenzband um das Reinton-signal herum 20 bis 50 mal gespreizt abgebildet. In diesem Fall bedeutet die Verlängerung der Basilarmembran keine Ausweitung des Frequenzumfangs, sondern eine Verbesserung der Frequenzanalyse. Bei der Hufeisennase zeigt die äußere knöcherne Aufhängung der Basilarmembran eine Konzentration der Knochenmasse in der Nähe der Basilarmembran (s. Abb. 8). Funktionell deuten wir diese Struktur als Resonator, der die Empfindlichkeit für das Reinton-Ortungssignal verbessert. Um diese Annahme zu überprüfen, baten wir Charles Steele, den Direktor des Instituts für Angewandte Mechanik der Stanford Universität, anhand unserer Befunde eine Formel zur Berechnung der Resonanzfrequenz zu entwickeln. Wenn wir die morphologischen Parameter (Anschnittfläche der Knochenmasse usw.) verschiedener Arten von Hufeisennasen in diese Formel einsetzen, erhalten wir tatsächlich Resonanzfrequenzen, die mit den Reinton-Signalen dieser Arten, die zwischen 83 und 153 kHz liegen, gut übereinstimmen. Die Schnurrbart-Fledermaus besitzt eine augenfällige Vergrößerung der cochleären Kanäle im hochfrequenten Bereich (s. Abb. 11). Wir vermuten, daß diese Spezialisierung ebenfalls die Analyse des Reinton-Ortungssignals verbessert und eine Analogie zur knöchernen Aufhängung der Basilarmembran der Hufeisennase darstellt. Die Hufeisennase- und die Schnurrbart-Fledermaus sind auf Bewegungs-Detektion

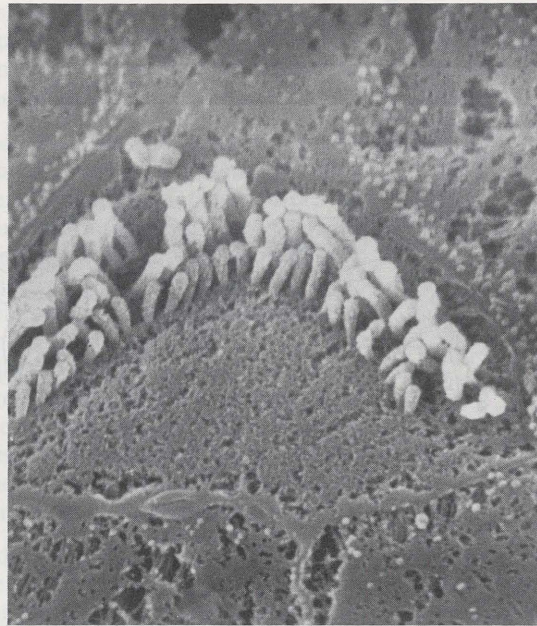
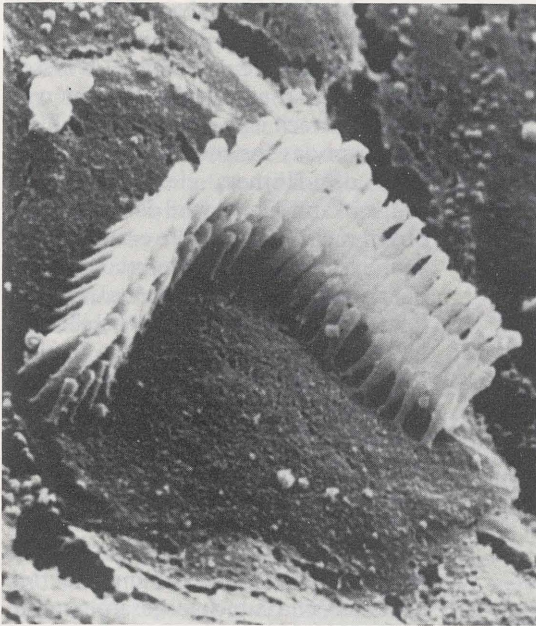
spezialisiert. So können Schmetterlinge an einer geringen Frequenz-Modulation des Reinton-Echos, die durch ihren Flügel-schlag hervorgerufen wird, erkannt werden.

Beim Maulwurf nimmt die Breite der Basilarmembran von der Basis bis zu einem Minimum in der Mitte der Cochlea ab, und steigt erst dann zur Spitze hin (s. Abb. 10). Bei der Blindmaus ist der untere Flüssigkeits-Kanal – im mittleren und oberen Abschnitt der Cochlea – sehr eng (s. Abb. 8 und 11). Im Sinne der von den Biophysikern entwickelten hydrodynamischen Cochlea-Modelle ist in diesem engen Kanal eine makromechanische Frequenzanalyse kaum vorstellbar. Das Corti-Organ der Blindmaus besitzt eine unter Säugern einzigartige Struktur und weist einige Analogien zum Hörorgan der Reptilien auf: Während die Basilarmembran und die Stützzellen der äußeren Haarzellen rückgebildet erscheinen, sind die äußeren Haarzellen groß und abgerundet – während sie beim Meerschweinchen zylindrisch sind –, die Sinneshaare sind sehr lang und die Deckmembran-Masse ist ca. 5 mal größer als beim Meerschweinchen (s. Abb. 8).

Unter funktionellem Aspekt nehmen wir an, daß bei der Blindmaus der mikro-mechanischen Frequenzanalyse besondere Bedeutung zukommt. Unter evolutionsbiologischem Aspekt vermuten wir, daß eine Anpassung an die Wahrnehmung von tieffrequentem Substratschall vorliegt. Mit tiefen Frequenzen läßt sich zwar nur ein begrenzter Informationsgehalt übertragen, dafür haben tiefe Frequenzen eine große Reichweite. Wir ermittelten, daß die Blindmäuse nur bis maximal 10 kHz hören und damit den niedrigsten Wert aller bisher untersuchten Säuger haben. Blindmäuse leben einzeln in ihren Erdhöhlen. Von allen unterirdisch lebenden Säugern ist bei ihnen die Reduktion des Auges, als Anpassung an ein Leben im Dauerdunkel, am weitesten fortgeschritten, so daß äußerlich überhaupt kein Auge mehr zu erkennen ist. Zur innerartigen Verständigung, z. B. bei der Paarbildung, benötigen sie ein Fernkommunikationssystem. Die Blindmäuse erzeugen breitbandige Laute (Frequenzen zwischen 0,5 und 5 kHz), die aber sehr leise sind und nur ein geringe Reichweite besitzen. Als weitreichende Signale kommen dagegen die „Morsezeichen“ in Frage, die die Tiere mit dem Kopf an die Wände ihrer Baue trommeln.

Unsere Untersuchungen zeigten, daß die bei Beginn unserer Arbeit vorhandenen Hypothesen erheblich umformuliert bzw. erweitert werden müssen. Wichtigstes Ergebnis ist, daß die Cochlea-Struktur jeder Säugerart sehr differenziert an die jeweilige akustische Umwelt angepaßt ist. Wir fanden keine Säugerart, die genau dem allgemeinen Schema entspricht. Das Innenohr von Mäusen und Ratten – und nicht das des Meerschweinchens – sind von allen bisher untersuchten Arten am wenigsten spezialisiert. Durch unsere Arbeit liegen nun für makro- und mikromechanische Modelle quantitative Daten von einer Reihe von Arten vor. Diese Arbeit ergab auch Anregungen, über die biophysikalische Bedeutung von bisher vernachlässigten Struktur-Elementen nachzudenken, z. B. den „Resonator“ bei Fledermäusen, wobei offensichtlich die gleiche Funktion (Analyse eines Reinton-Signals) durch Modifikation verschiedener Strukturen erreicht werden kann. Wenn auch der biomedizinische Aspekt nicht unser primäres Anliegen ist, so mag unsere Arbeit doch Entscheidungshilfen für die Auswahl von „Modell-Arten“ für den Menschen liefern. Und was läßt sich aus vergleichend biologischer Sicht zur Hypothese sagen, daß das Innenohr des Menschen unspezialisiert ist? Die Basilarmembran des Menschen gehört mit 35 mm zu den längsten der Säugetiere (die Länge der anderen hier besprochenen Arten reichen von 5,5 bis 21 mm; (s. Abb. 10). Eine vergleichende Untersuchung des Hörbereichs, von zahlreichen Säugern (HEFFNER und MASTERTON, 1980) ergab, daß der Mensch, wenn er einen durchschnittlichen Frequenzumfang besäße, statt bis 18 kHz bis 40 kHz hinauf hören sollte. Dieser tiefe Wert läßt sich nicht allein mit der Körpergröße erklären, denn Pferd und Rind hören bis zu 35 bzw. 40 kHz. Die lange Basilarmembran und die Begrenzung des Hörumfangs führen dazu, daß in der menschlichen Cochlea pro Oktave eine längere Strecke der Basilarmembran zur Verfügung steht als bei anderen Säugern. Wir nehmen an, daß dies die morphologische Basis für ein spezialisiertes Merkmal des menschlichen Gehörs ist, nämlich über das beste Frequenzunterscheidungsvermögen aller Säuger zu verfügen. Diese Fähigkeit der feinen Frequenzanalyse wiederum scheint eine der Voraussetzungen für die Entwicklung der menschlichen Sprache zu sein.

Prof. Dr. VOLKMAR BRUNS  
Zoologisches Institut, Fachbereich Biologie



In unserem zweiten Beitrag zum Thema „Hören“ berichtet Prof. Dr. med. Rainer Klinke über Untersuchungen, den Hörnerv elektrisch zu reizen\*. Gehörlosen, deren Sinneszellen im inneren Ohr zerstört sind, möchte man damit zu Hörempfindungen verhelfen. Welche Schäden durch Schall an den Sinneszellen entstehen können, zeigt die Bildserie auf dieser Seite. Neben der Sinneszelle aus einem intakten Ohr (ganz links) sind drei Zellen aus einem schallgeschädigten Ohr zu sehen: die feinen Sinneshäärchen – „Antennen“ für den Empfang des Schallreizes – krümmen sich, lösen sich auf und letztlich geht die Sinneszelle zugrunde, es entsteht ein Loch. Taubheit ist das Resultat, auch wenn der Hörnerv noch intakt ist (Aufnahmen: Arbeitsgruppe Prof. Bruns).

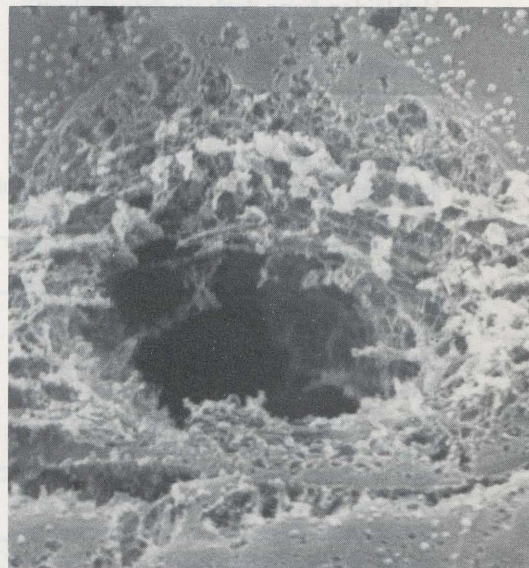
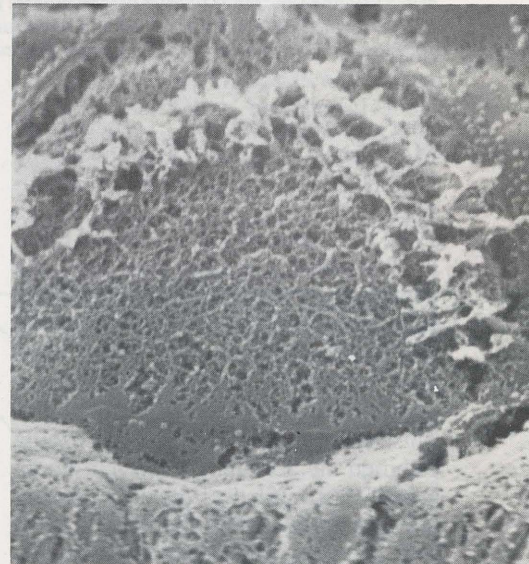
# „Hören“ für Gehörlose

## Untersuchungen über die elektrische Reizbarkeit des Hörnerven

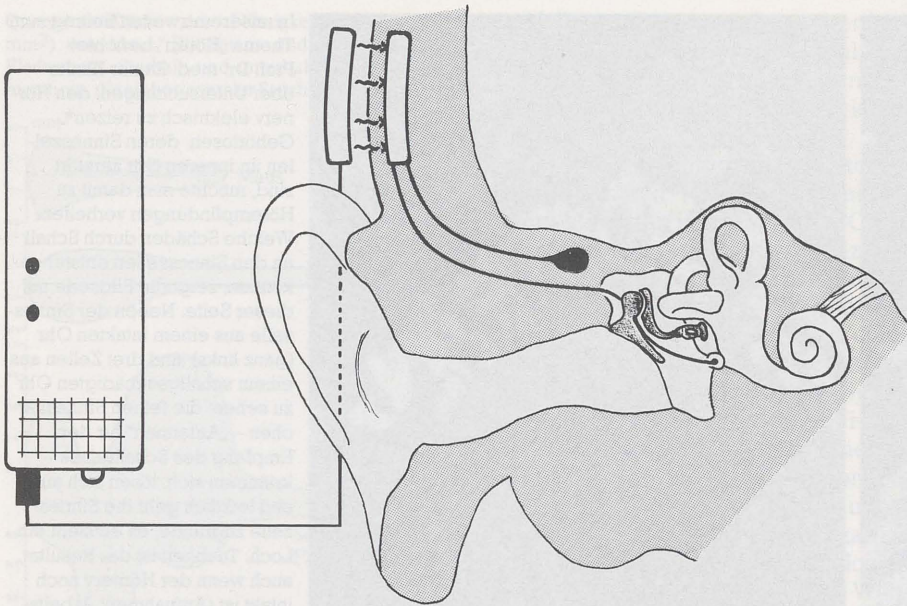
Von Rainer Klinke

Unser Ohr ist ein wunderbares Instrument. Zum einen weist es eine erstaunliche Empfindlichkeit auf. Es ist unser empfindlichstes Sinnesorgan, fast zehnmal empfindlicher als das Auge, wenn man die zur Auslösung einer Empfindung nötigen Energien vergleicht. Zum anderen ist die zwischenmenschliche Kommunikation ganz wesentlich auf dem System Sprache-Gehör aufgebaut, so daß Störungen des Gehörs die Möglichkeiten zwischenmenschlicher Beziehungen drastisch reduzieren, ja sogar zu einer sozialen Diskriminierung führen. Man denke etwa an die ethymologische Verwandtschaft von stumm und dumm, wobei hier natürlich der Taubstumme

gemeint war. Nicht etwa der Blinde wurde für dumm erachtet, sondern – wie unbegründet auch immer – derjenige, mit dem eine Verständigung nicht möglich war. Wenn man diese Bedeutung des Gehörs für den Menschen erkennt, wird als Konsequenz klar, daß man alles tun sollte, um bei jedem das Gehör bis ins hohe Alter funktionstüchtig zu erhalten. Nun wird in vielen Fällen der Eintritt eines massiven Hörverlustes unvermeidbar sein. Genetische Faktoren, Hirnhautentzündung, Schädelverletzungen, Nebenwirkungen von zur Lebensrettung notwendigen Arzneimitteln, Menière'sche Erkrankung (primär eine Erkrankung des ebenfalls im Innenohr gelegenen Gleichgewichtsorgans) und andere Ursachen können dafür verantwortlich sein. Unnötigerweise



\* Auch diese Arbeiten wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Sonderforschungsbereichs „Vergleichende Neurobiologie des Verhaltens“ unterstützt.



Schema einer elektrischen Hörprothese. Unter die Haut wird ein Empfänger eingepflanzt, von dem aus eine aktive Elektrode ans runde Fenster des Innenohres führt; eine Gegenelektrode wird entfernt davon platziert. Ein elektronisches Gerät nimmt Schallreize auf und wandelt sie in elektrische Reize um, die durch die geschlossene Haut induktiv zum Empfänger übertragen werden.

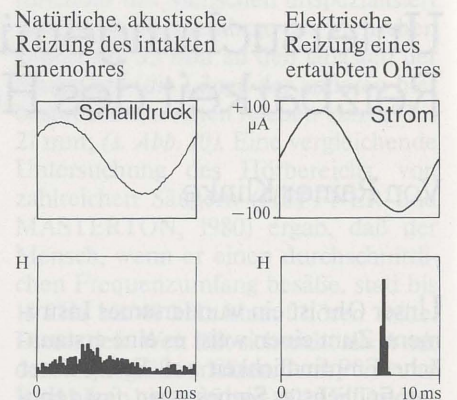
aber verursacht die „zivilisierte“ Menschheit durch Schallbelastung zusätzlich unzählige Fälle von beträchtlicher Schwerhörigkeit. Wenngleich die Fälle von Hörschäden, die durch Lärm am Arbeitsplatz bedingt sind, durch die Einführung von Lärmschutzmaßnahmen zurückgehen, so werden pro Jahr in der Bundesrepublik doch immer noch etwa 13 000 Fälle bei den Berufsgenossenschaften angezeigt. Viele davon sind einschädigungspflichtig. Gleichzeitig nehmen die Schäden, verursacht durch Lärmbelastung in der Freizeit, zu. Insbesondere die Walkman-Generation dürfte in 20 Jahren unter massiven Hörschäden leiden, kann doch ein so fortschrittliches Gerät am Ohr einen Schalldruckpegel von 120 dB erzeugen, wobei ab 90 dB bei Dauerbelastung schon mit Schallschäden zu rechnen ist.

In den meisten Fällen von Schwerhörigkeit und Taubheit werden zunächst die Sinneszellen im Innenohr geschädigt, falls es sich nicht um Schalleitungsstörungen handelt, deren Ursachen in krankhaften Veränderungen des Mittelohres liegen. Die Sinneszellen des Ohres tragen normalerweise an ihrer Oberfläche feine Härchen (s. Abb. S. 17). Durch den Schallreiz werden diese Härchen letztlich synchron zum Schall hin und her bewegt, wodurch die Zelle erregt wird. Der Erregungszustand wird mit Hilfe eines chemischen Transmitters an Nervenfasern weitergemeldet. In diesen

Nervenfasern entstehen dann Aktionspotentiale (s. Abb. S. 20), die ihrerseits die Meldung über den Erregungszustand der Sinneszelle an das Gehirn weiterleiten. Sind also die Sinneszellen geschädigt oder ausgefallen, wie dies die einleitende Abbildung zeigt, so kann ein Schallreiz nicht mehr in Erregung nervöser Elemente umgesetzt werden, auch dann nicht, wenn die Nervenfasern des Hörnerven noch intakt sind. Das Resultat ist Taubheit mit all ihren menschlichen Konsequenzen.

Ist der Hörschaden nur mäßig, wird man die resultierende Schwerhörigkeit durch ein konventionelles Hörgerät zu beheben suchen. Bei Vollertaubten ist dies sinnlos. Um die brachliegende Kapazität des Hörnerven eines Ertaubten wieder in gewissem Umfang nutzbar zu machen, wurden daher weltweit seit Mitte der 60er Jahre, in verstärktem Maße seit Mitte der 70er Jahre Versuche unternommen, die verbliebenen Nervenfasern elektrisch zu reizen, falls genügend Nervenfasern den Schaden überstanden haben. Eine solche Reizung muß, wie schon im vorigen Jahrhundert bekannt war, zu »Hörempfindungen« führen. Jede Erregung eines Sinnesnerven führt zur Auslösung der zugehörigen Empfindung, gleichgültig wie diese Erregung zustandekam. So führt ein Schlag aufs Auge zu Sehempfindungen (Sternchenschen). Die Frage war zunächst nur: Kann durch eine so

grobe Methode nutzbare Information übertragen werden? Nun in der Tat, es kann, wenigstens in einem gewissen Umfang. Man pflanzt den Patienten zu diesem Zweck eine oder mehrere Elektroden in das Innenohr ein, mit deren Hilfe der Hörnerv elektrisch gereizt werden kann. Dabei wird der elektrische Strom meistens mit Hilfe eines induktiven Systems durch die intakte Haut übertragen (s. Abb. S. 18 oben). Die Patienten verbessern in der Regel ihre Fähigkeit zum Lippenlesen, die Qualität der eigenen Sprache nimmt beträchtlich zu, Signale aus der Umgebung, etwa Autohupen, Türklingel etc. können wieder wahrgenommen werden. Nur in Ausnahmefällen wird mehr erreicht, doch gibt es Patienten, deren Sprachverständnis erstaunlich ist. Die Ergebnisse an den bisher weltweit etwa 700 implantierten Patienten sind jedoch insgesamt ermutigend. Man hat andererseits aber guten Grund zur Annahme, daß die bislang realisierten Reizsysteme noch längst nicht optimal ausgelegt sind. Hier setzen die Untersuchungen unserer Gruppe an, die aus Dr. Ing. Rainer Hartmann (Nachrichtentechnik), Dr. rer. nat. Georg Topp (Biologie) und mir als Mediziner besteht.



Beim elektrischen Reiz sind die Aktionspotentiale viel stärker an die Phase des Reizes synchronisiert als dies bei akustischen Reizen der Fall ist. H ist die relative Häufigkeit der Aktionspotentiale.

Literatur:

Hartmann, R., Topp, G., Klinke, R.: Discharge patterns of primary auditory fibres with electrical stimulation of the cochlea, *Hearing Res.* **13**, 47-62 (1984)

Keidel, W. D., Finkenzeller, P. (Herausgeber): Cochlear implants in clinical use, *Advances in Audiology*, Vol. 2, Karger 1984

Klinke, R.: Physiologie des Gleichgewichtssinnes, des Hörens und des Sprechens. In: *Physiologie des Menschen*, herausg. v. R. F. Schmidt und G. Thews, 21. Aufl., Springer 1983, pp 300-327

Der Hörnerv des Menschen enthält etwa 30 000 Nervenfasern. Sie kodieren im Verein mit den Sinneszellen den Schallreiz und übertragen den Code an das Gehirn. Jede Faser reagiert auf eine ganz bestimmte Schallfrequenz, etwa auf sehr hohe oder sehr tiefe oder mittlere Frequenzen besonders gut. So wird ein Schall, solange er nicht sehr laut ist, in seine Frequenzkomponenten zerlegt, d. h. bestimmte Frequenzen erregen nur bestimmte Gruppen von Nervenfasern, andere bleiben unerregt (s. Abb. S. 19). Aus diesen Aktivitätsmustern im Nerven baut das Gehirn die sehr vielfältigen Hörempfindungen auf und erkennt dann hohe Töne und tiefe, die Klangfarbe von Instrumenten, Sprache etc. Die geschilderte Abbildung von Frequenzen auf bestimmte Nervenfasern wird »Ortsprinzip« genannt, weil bestimmte Schallfrequenzen nur bestimmte Sinneszellen an bestimmten Orten des Innenohres erregen, von denen aus dann korrespondierende Nervenfasern in geordneter Weise ans Gehirn ziehen.

Doch diese geordnete neuronale Erregung ist nicht die einzige Möglichkeit, nach der der Organismus Frequenzkomponenten eines Schallreizes analysieren kann. Es wurde eingangs gesagt, daß durch einen Schallreiz die Härchen auf den Sinneszellen phasensynchron zum Schall hin- und herbewegt werden. Die Sinneshärchen sind unsymmetrisch angeordnet und nur die Bewegung in eine Richtung erregt die Zellen. Dies kann am zugehörigen Nerven ein Aktionspotential auslösen, doch hängt es noch von anderen Faktoren ab, z. B. der Schallintensität, ob wirklich ein Aktionspotential entsteht. Ein Aktionspotential entsteht also nicht zwingend, lediglich die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines solchen Potentials steigt bei bestimmten Phasen des Schallreizes. Dennoch ist die Konsequenz davon, daß Periodizitäten im Schallreiz auch zu ähnlichen Periodizitäten in der Folge von Aktionspotentialen im Hörnerven führen. Aus diesen periodischen Aktionspotentialfolgen kann man — zunächst einmal theoretisch — wieder die Frequenz des Schalles ausrechnen (sog. Periodizitätsanalyse). Es war lange umstritten, ob das Gehirn derartige Rechenoperationen auch tatsächlich durchführen kann, doch sind daran inzwischen kaum mehr Zweifel möglich: Mindestens bis zu einem Frequenzbereich von etwa 5 kHz kann der Organismus eine Periodizitätsanalyse betreiben und so die verschiedenartigen Frequenzbestandteile eines Schall-

reizes errechnen. Zum Vergleich sei gesagt, daß Sprachsignale im wesentlichen Frequenzen von 120 Hz bis 5 kHz umfassen.

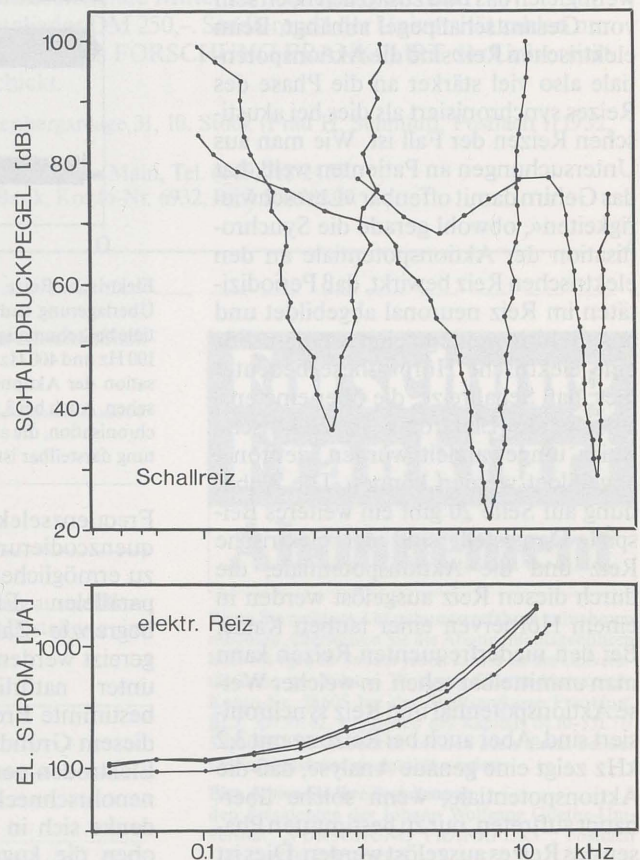
Im Detail wird das hier geschilderte Aktivitätsmuster in den Fasern des Hörnerven aber sehr kompliziert, da die einzelnen Fasern sich trotz grundsätzlicher Ähnlichkeit in ihren quantitativen Eigenschaften stark unterscheiden. Beispielsweise sind die einzelnen Fasern unterschiedlich empfindlich gegenüber Schallintensitäten (also im Hinblick auf Schwelle und Dynamikbereich). Man muß erwarten, daß das Gehirn diese sehr unterschiedlichen Meldungen aus den Hörnerven braucht, um die Vielfalt der Hörempfindungen aufzubauen.

Für die elektrische Reizung des Hörnerven bei Vollertaubten durch eine Hörprothese ergeben sich nun folgende Konsequenzen. Im Prinzip sollte jede der 30 000 Einzelfasern des Hörnerven elektrisch so gereizt werden, daß die resultierende Aktivität der im gesunden Ohr entspricht. Selbstverständlich ist dies technisch nicht möglich, da man nicht jede Nervenfaser mit einer eigenen Reizelektrode versehen kann, die nur diese Faser und keinesfalls eine andere

erregt. Technisch realisierbare Elektrodensysteme werden immer eine große Anzahl von Nervenfasern gleichzeitig und gleichartig erregen, im Gegensatz zur natürlichen Situation. Um also einem voll ertaubten Patienten mit einer elektrischen Hörprothese maximal zu helfen, muß man einen optimalen Kompromiß finden zwischen dem, was das Gehirn an neuronaler Aktivität im Hörnerven erwartet, und dem, was technisch angeboten werden kann.

Andernorts wurden bisher Prothesen zur elektrischen Reizung des Hörnerven bei Patienten eingepflanzt, und dann wurde an diesen Patienten untersucht, wie weit sie verschiedene elektrische Reizformen unterscheiden können, wie weit bei verschiedenen Arten von Vorverarbeitung von Sprachreizen ein Sprachsignal verstanden werden kann etc. In unserer Arbeitsgruppe untersuchten wir im Tierversuch direkt, wie die Fasern des Hörnerven auf elektrische Reize reagieren und welche Unterschiede zur natürlichen akustischen Erregung des gesunden Ohres bestehen. Daraus wurde ein Konzept entwickelt, wie man Schallreize in elektrische Reize des Hörnerven umcodieren sollte, ohne die limitierten Möglichkeiten des geschädigten

Die Reaktion von drei Nervenfasern des intakten Ohres einer Katze gegenüber Schallreizen zeigt der obere Teil der Abbildung. Jeder Punkt entspricht dem minimalen Schalldruckpegel, mit dem die einzelne Nervenfaser bei der betreffenden Frequenz gerade gereizt werden kann. Es zeigt sich, daß es für jede Nervenfaser einen bestimmten Frequenzbereich gibt, in dem diese Faser hoch empfindlich ist; die gezeigten Fasern reagieren optimal, d. h. mit niedrigster Schwelle, auf Frequenzen von 700 Hz, 6 kHz bzw. 30 kHz. Schon bei geringer Abweichung von diesen Frequenzen ist ein wesentlich höherer Schallpegel für die Erregung erforderlich, was man am steilen Verlauf der Kurven erkennen kann. Zum Vergleich ist im unteren Teil der Abbildung die Erregbarkeit von Nervenfasern eines ertaubten Ohres durch elektrische Reize zu sehen. Zwar muß bei höheren Reizfrequenzen ein höherer Reizstrom verwendet werden, um die Nervenfasern zu erregen, aber eine spezifische Empfindlichkeit einer Faser für einen bestimmten Frequenzbereich gibt es bei elektrischer Reizung des tauben Ohres nicht.

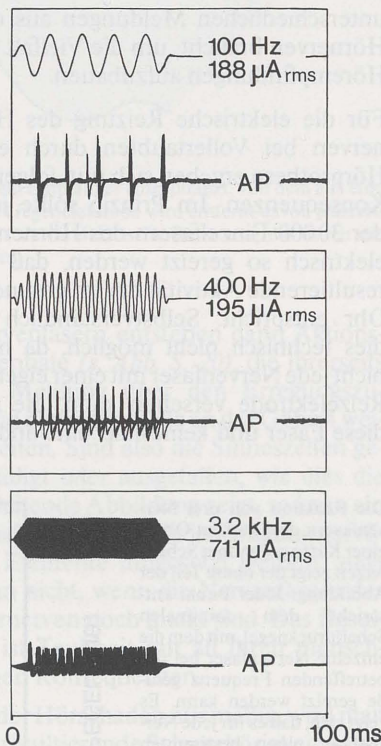


Nerven zu überfordern. Im Gegensatz zur akustischen Reizung am gesunden Tier reagieren die Nervenfasern nicht auf eine bestimmte Frequenz des elektrischen Reizes bevorzugt, sondern sind über den gesamten untersuchten Frequenzbereich erregbar (s. Abb. S. 19). Das ist nicht verwunderlich, denn es fehlen im geschädigten Ohr ja die Sinneszellen, die die Frequenzselektivität der Hörnervenfasern bewirken. Der Nerv kann also bei elektrischer Reizung die Frequenz des Reizes nicht dadurch ans Gehirn übertragen, daß bestimmte Fasern auf bestimmte Frequenzen speziell empfindlich sind, andere aber unerregt bleiben.

Vergleicht man nun das zeitliche Muster der Aktionspotentialfolgen bei natürlicher, akustischer Reizung des intakten Ohres mit dem bei elektrischer Reizung eines ertaubten Ohres, so fällt zunächst einmal auf, daß im Hörnerven eines ertaubten Ohres keine spontan entstehenden Aktionspotentiale zu beobachten sind (s. Abb. S. 18 unten). Beim elektrischen Reiz kommen Aktionspotentiale nur in einem ganz schmalen Zeitbereich von weniger als einer Millisekunde vor, während beim akustischen Reiz die Häufigkeit der Aktionspotentiale in gewisser Weise dem Schalldruck folgt, wenngleich das Bild zusätzlich noch sehr vom Gesamtschallpegel abhängt. Beim elektrischen Reiz sind die Aktionspotentiale also viel stärker an die Phase des Reizes synchronisiert als dies bei akustischen Reizen der Fall ist. Wie man aus Untersuchungen an Patienten weiß, hat das Gehirn damit offenbar »Leseschwierigkeiten«, obwohl gerade die Synchronisation der Aktionspotentiale an den elektrischen Reiz bewirkt, daß Periodizitäten im Reiz neuronal abgebildet und ans Gehirn weitergeleitet werden. Für eine elektrische Hörprothese bedeutet dies, daß Schallreize, die über eine entsprechende Elektronik in elektrische Reize umgewandelt wurden, neuronal abgebildet werden können. Die Abbildung auf Seite 20 gibt ein weiteres Beispiel. Dargestellt sind der elektrische Reiz und die Aktionspotentiale, die durch diesen Reiz ausgelöst werden in einem Hörnerven einer tauben Katze. Bei den niederfrequenten Reizen kann man unmittelbar sehen, in welcher Weise Aktionspotential und Reiz synchronisiert sind. Aber auch bei Reizung mit 3,2 kHz zeigt eine genaue Analyse, daß die Aktionspotentiale, wenn solche überhaupt auftreten, nur zu bestimmten Phasen des Reizes ausgelöst werden. Dies ist

bis etwa 5 kHz möglich. Damit kann das Gehirn über elektrische Reizung des Hörnerven das Rohmaterial erhalten, an dem es eine Periodizitätsanalyse durchführen kann. Dies ist im Augenblick der wesentliche Wirkungsmechanismus einer elektrischen Hörprothese.

Eine Frequenzanalyse nach dem Ortsprinzip ist nur unvollkommen zu realisieren, wenngleich dies bei einer Reihe von im Augenblick im Einsatz befindlichen Systemen versucht wird. Wie erwähnt besitzen die Nervenfasern bei elektrischer Reizung zunächst keine



Elektrische Reize verschiedener Frequenzen und Überlagerung dadurch ausgelöster Aktionspotentiale bei zehnmaliger Wiederholung des Reizes. Bei 100 Hz und 400 Hz Reizfrequenz ist die Synchronisation der Aktionspotentiale an den Reiz gut zu sehen. Auch bei 3,2 kHz gibt es eine derartige Synchronisation, die aber erst nach genauerer Auswertung darstellbar ist.

Frequenzselektivität. Um eine Frequenzcodierung nach dem Ortsprinzip zu ermöglichen, müßten mit mehreren parallelen Elektroden jeweils nur begrenzte Zahlen von Nervenfasern gereizt werden, nämlich jeweils die, die unter natürlichen Umständen auf bestimmte Frequenzen reagieren. Aus diesem Grunde hat man versucht, viele Elektroden perlenschnurartig in die Innenohrschnecke einzubringen (man denke sich in der Abbildung auf S. 18 oben die kugelförmige Elektrode am

runden Fenster durch weitere Elektroden in der Schnecke erweitert) oder durch Bohrlöcher im Knochen an verschiedenen Stellen des Innenohres anzubringen. Die verschiedenen Elektroden müssen dann ein unterschiedliches Reizmuster anbieten, je nach der spektralen Zusammensetzung des Schalles. Wegen der Ausbreitung des elektrischen Stromes bleiben die elektrischen Reize in ihrer Wirksamkeit jedoch nicht auf einen eng umschriebenen Ort des Innenohres beschränkt. Die erwünschte Einengung des Reizes auf wenige Nervenfasern in der Nähe der Elektrode läßt sich also bisher nicht erreichen. Vorläufige tierexperimentelle Ergebnisse in unserer Arbeitsgruppe zur räumlichen Trennung elektrischer Reize, ausgehend von verschiedenen Elektroden, lassen die Vermutung zu, daß sich die Ströme unerwünscht weit ausbreiten. An dieser Fragestellung wird zur Zeit von uns weiter gearbeitet, um ein Elektrodensystem vorzuschlagen zu können, das aus mehreren Kanälen aufgebaut ist, bei dem die verschiedenen Reizkanäle aber nicht miteinander interagieren.

Die bisherigen Untersuchungen haben den Rahmen aufgezeigt, innerhalb dessen der Hörnerv eines ertaubten aktiviert werden kann. Als Konsequenz daraus wurde ein modifiziertes System für einen Sprachprozessor entwickelt. Er nimmt über ein Mikrophon den Schall auf und setzt die Sprache so in elektrische Reize um, daß einerseits möglichst wenig Information verloren geht, andererseits nicht Reize angeboten werden, die der Nerv nicht weiterleiten oder die das Zentralnervensystem nicht analysieren kann. Der Sprachprozessor soll demnächst an Patienten zum Einsatz kommen und in seiner Effektivität mit schon bestehenden Modellen verglichen werden. Es handelt sich zunächst um einkanalige Reizsysteme, die am runden Fenster, also ohne Eröffnung des Innenohres eingepflanzt werden können. Dieses Verfahren vermeidet überdies zusätzliche Schäden am Innenohr. Zu diesem Zweck arbeitet unsere Gruppe mit Prof. J. Helms an der Hals-, Nasen-, Ohrenklinik der Universität Mainz zusammen, wo die Implantation der Prothesen vorgenommen werden soll. Nach dem Vorliegen entsprechender tierexperimenteller Daten sollen auch mehrkanalige Elektrodensysteme modifiziert und implantiert werden.

Prof. Dr. med. RAINER KLINKE  
Zentrum der Physiologie, Fachbereich  
Humanmedizin



## Winterfreuden vor der eigenen Haustür. Dank BHW.

Schön, wenn man sich nach einer Schlittenfahrt am eigenen Herd aufwärmen kann. Ganz ohne Sorgen. Weil die Kosten für das kleine Haus durchaus tragbar sind. Besonders, wenn man eine günstige Finanzierung über einen Bausparvertrag hat. Und eine leistungsfähige Bausparkasse wie das BHW.

Sprechen Sie doch mal mit uns. Das BHW steht in jedem örtlichen Telefonbuch.

**BHW**  
BAUSPARKASSE

Auf uns baut  
der öffentliche Dienst.

Beratungsstelle: 6000 Frankfurt (Main), Goetheplatz 7, Fernruf (069) Sa.-Nr. 2990 40. Am besten, Sie sprechen einmal mit Ihrem zuständigen BHW-Berater Bezirksleiterin Helga Fromm, Hindemithstr. 29, 6457 Maintal-Wachenbuchen, Fernruf (0 61 81) 8 28 18 und Vertrauensmann Heinz Latka, Feldbergstr. 46, 6000 Frankfurt/Main, Fernruf (069) 72 82 34.

## Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e. V.

Im Jahre 1918, also bereits 4 Jahre nach Errichtung der Frankfurter Universität, wurde die Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e. V. gegründet. Seitdem ist es das Ziel der Vereinigung, die Universität bei der Erfüllung ihrer Aufgaben zu unterstützen, ihr vor allem Mittel für die Errichtung neuer sowie die Vergrößerung und Unterstützung bestehender Institute und für wissenschaftliche Arbeiten und Veröffentlichungen zur Verfügung zu stellen. Weiterhin bleibt es Aufgabe der Vereinigung, bedrohliche Finanzierungslücken nach Möglichkeit zu schließen und durch Zuschüsse jene wissenschaftlichen Arbeiten zu fördern, für die nur unzureichende Mittel zur Verfügung stehen.

Der Jahresbeitrag für Einzelmitglieder beträgt DM 50,-, für Firmenmitglieder DM 250,-. Studierende der Universität zahlen nur DM 10,-. Im Mitgliedsbeitrag ist das Abonnement des Wissenschaftsmagazins FORSCHUNG FRANKFURT der Universität enthalten. Der UNI-REPORT wird den Mitgliedern kostenlos zugeschickt.

Die Geschäftsstelle der Vereinigung befindet sich in der Universität, Senckenberganlage 31, 10. Stock (Frau H. Schmidt), Postfach 111932, 6000 Frankfurt am Main 11, Tel.: (069) 798-2234.

Geschäftsführer: Klaus-Dieter Geiger, Bockenheimer Landstraße 10, 6000 Frankfurt am Main, Tel. (069) 718-2457.

Konten: Postscheckkonto Ffm., Konto-Nr. 555 00-608, BLZ 500 100 60 · BHF-Bank, Konto-Nr. 6932, BLZ 500 20200

Metallbank GmbH, Konto-Nr. 000 2158384, BLZ 502 204 00

Hiermit bestelle ich FORSCHUNG FRANKFURT zum Preis von DM 15,- pro Jahr einschließlich Porto. Die Kündigung ist zum jeweiligen Jahresende möglich.

Name  Vorname

Straße, Nr.  PLZ, Wohnort

Datum  Unterschrift

Um die Abrechnung zu vereinfachen, bitten wir Sie, die folgende Einzugsermächtigung auszufüllen: Ich bin damit einverstanden, daß die Abonnementsgebühren aufgrund der obigen Bestellung einmal jährlich von meinem Konto abgebucht werden:

Konto-Nr.  Bankinstitut

BLZ  Ort

Datum  Unterschrift

## Forschung Frankfurt Abonnement

Wenn Sie nicht am Abbuchungsverfahren teilnehmen möchten, überweisen Sie die Abonnementsgebühren bitte bis zum 15. Januar jeden Jahres an die Universitätskasse der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Konto-Nr. 28 605 bei der Stadtparkasse Frankfurt, BLZ 500 50102, zugunsten des Kapitels 04.10-531.71/5010002. Die Gebühren können auch direkt bei der Universitätskasse eingezahlt werden.

Bitte richten Sie Ihre Bestellung an den Präsidenten der Johann Wolfgang Goethe-Universität, „FORSCHUNG FRANKFURT“, Postfach 111932, 6000 Frankfurt 11.

Auch wenn es in der Bundesrepublik Deutschland inzwischen zu einer gewissen Erholung gekommen ist, bereitet die Entwicklung auf dem Arbeitsmarkt nach wie vor Sorgen. Viele, insbesondere junge Menschen fragen nach den Perspektiven, die ihnen der Arbeitsmarkt bietet. Überlegungen zur mittelfristigen Entwicklung des Arbeitsmarktes müssen in einen *gesamtwirtschaftlichen* Rahmen eingebettet werden. Nur so kann sichergestellt werden, daß konsistente Szenarien entstehen. Die häufig zu findende Betrachtung der Entwicklungsmöglichkeiten einzelner Sektoren oder Wachstumsfelder hat den Mangel, daß ungeklärt bleibt, ob die Bedingungen des volkswirtschaftlichen Kreislaufzusammenhanges erfüllt werden. Eine bewährte Möglichkeit zur Analyse des volkswirtschaftlichen Kreislaufes liegt in dessen modellmäßiger Nachbildung mit Hilfe sogenannter makro-ökonomischer Simulationssysteme. Der Vorteil

die Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland in den nächsten Jahren von Simulationen mit seinem ökonomischen Jahresmodell ausgegangen. Dieses Modell zählt zu den größeren für die Bundesrepublik Deutschland verfügbaren Modellen. Es enthält insgesamt 380 Gleichungen, davon rund 100 Verhaltensgleichungen. Außenhandel, Produktion, Staatssektor und Arbeitsmarkt sind in diesem Modell in sehr differenzierter Weise berücksichtigt.

Mit Hilfe des Modells wurden verschiedene Entwicklungspfade der deutschen Volkswirtschaft bis zum Jahre 1990 erarbeitet.<sup>3</sup> Angesichts der Tatsache, daß Unsicherheit über einige zentrale Bestimmungsfaktoren der weiteren wirtschaftlichen Entwicklung, insbesondere aber über die zu erwartende Wirtschaftspolitik besteht, wurde eine Reihe von Szenarien entwickelt und zur Diskussion gestellt. Ausgangspunkt ist ein Referenzszenario, das wir für wahr-

weise beeinflußbar sind, verdeutlichen sollen, stehen wirtschaftspolitische Szenarien, die den Einfluß unterschiedlicher wirtschaftspolitischer Verhaltensweisen zeigen. Eines der wichtigsten Ergebnisse der Studie ist, daß isolierte Strategien alleine kaum dazu beitragen können, die Arbeitsmarktsituation nachdrücklich zu verbessern. Erst eine Zusammenführung der verschiedenen Strategien ermöglicht, das Problem der Arbeitslosigkeit zu verringern. Hier soll von den Politikenszenarios nur das Szenario, das sich aus der Zusammenführung der einzelnen Optionen der Wirtschaftspolitik ergibt, diskutiert werden. Es kann als das Szenario einer umfassenden Modernisierungsstrategie bezeichnet werden. Bestandteile dieser Strategie sind:

- Eine Innovationsstrategie für den industriellen Sektor;
- Förderung und Durchsetzung von Umweltinvestitionen im Unternehmensbereich;

*Von einer Expansion des privaten Dienstleistungssektors verspricht sich Prof. Krupp für die Zukunft wichtige Beschäftigungsmöglichkeiten. Für junge Akademiker sieht er auch die Chance, sich nach dem Studium selbständig zu machen, besonders im kommerziellen, unternehmensnahen Dienstleistungsbereich. Die drei Absolventen der Frankfurter Universität rechts im Bild haben ihren Arbeitsplatz in solch einem „jungen“ Unternehmen, das u. a. Beratung und Schulung für den Einsatz von Mikrocomputern anbietet. Steven T. Blythe (links) gründete die Firma Anfang 1983 ohne Eigenkapital, Antonie Schneider und Günter Lenhardt stiegen als Mitarbeiter ein. Offenbar haben sie eine Marktlücke entdeckt: Aufträge gibt es genug – mit einer 40-Stunden-Woche ist vorerst nicht zu rechnen. Im ersten Geschäftsjahr wurde ein Umsatz von 1/2 Mio. DM erreicht.*



solcher Modelle besteht darin, daß durch die Formulierung als geschlossenes Gleichungssystem die komplexe Struktur des ökonomischen Systems, die vielfältigen Wirkungsbeziehungen, Wechselwirkungen und Rückkopplungen bei der Analyse zumindest auf der Durchschnittsebene berücksichtigt werden können. Es gibt in der Bundesrepublik Deutschland eine ganze Reihe solcher Modelle<sup>2</sup>, die sich u. a. durch den Zeithorizont der Simulation und die Zahl der berücksichtigten Details unterscheiden. Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) ist bei seinen Überlegungen über

scheinlicher halten als die übrigen Szenarien, für das aber deutlich herausgestellt werden muß, daß es mit zahlreichen Unsicherheiten behaftet ist. Besonders gravierend ist dabei die Entwicklung der Produktivitätszunahme in der Gesamtwirtschaft und die Entwicklung des Welthandels. Nimmt man für beide Fälle Konstellationen an, die die Beschäftigung vermindern, ergibt sich ein unter beschäftigungspolitischen Gesichtspunkten pessimistisches Szenario. Das Gegenstück hierzu ist ein optimistisches Szenario. Neben diesen Szenarien, die die Unsicherheit der weiteren Entwicklung aufgrund von Faktoren, die wirtschaftspolitisch nicht oder nur teil-

- Ausweitung und Verstetigung von Infrastrukturinvestitionen;
- Ausweitung des staatlichen Dienstleistungsangebotes bei Lohnzurückhaltung im öffentlichen Dienst;
- über den Trend hinausgehende Arbeitszeitverkürzungen einschließlich der Zunahme von Teilzeitarbeit.

Zur Charakterisierung der einzelnen Szenarios seien einige Annahmen und Ergebnisse vorgestellt. Beim **Referenzszenario**, in das als Annahmen im wesentlichen eine Fortschreibung der zur Zeit beobachtbaren Linien der wirtschaftlichen Entwicklung und der sich heute abzeichnenden Wirtschaftspolitik



eingegangen sind, ergibt sich eine durchschnittliche Wachstumsrate von jährlich 1,9%. Bei der Bewertung dieser Größe muß berücksichtigt werden, daß die Prognose mit dem Jahr 1984 und seiner relativ hohen Wachstumsrate einsetzt. Unter den Bedingungen des Referenzszenarios wird die Zahl der Arbeitslosen im Jahre 1990 immer noch rund 2,3 Millionen Personen betragen. Dies ist keine sehr ermutigende Perspektive. Es gibt nun allerdings einige Unsicherheiten, die zur Zeit schlecht prognostizierbar sind. Diese betreffen die *Entwicklung des Welthandels*, die *Entwicklung des Arbeitskräfteangebotes* und die *Entwicklung der Arbeitsproduktivität*. Im Referenzszenario wurde davon ausgegangen, daß der Welthandel mit 3% jährlich steigt, die Arbeitsproduktivität je Arbeitsstunde um 2,8% zunimmt und das Erwerbspersonenpotential von 28,46 Millionen im Jahre 1983 auf 28,63 Millionen im Jahre 1990 steigt.

sinken. Dieses Szenario macht damit zugleich deutlich, in welchem hohem Maße das Gesamtergebnis schon von kleinen Veränderungen grundlegender Annahmen abhängig sein kann.

Dies gilt auch in der anderen Richtung. Für das **pessimistische Szenario** wurde angenommen, daß der Welthandel nur mit 2% zunimmt, daß die wachstumsunabhängige Produktivitätsentwicklung sich um 0,5 Prozentpunkte beschleunigt und daß das Arbeitskräftepotential um etwa 200 000 Personen größer ist als im Referenzszenario. In diesem Falle würde die Arbeitslosigkeit auf über 3 Millionen ansteigen, die jährliche Wachstumsrate des Sozialproduktes nur 1,6% betragen.

Schon vor dem Hintergrund dieser drei Szenarien kann nicht genug davor gewarnt werden, Prognosen der weiteren wirtschaftlichen Entwicklung mit einem hohen Grad an Sicherheit zu versehen. Eine nüchterne Analyse zeigt, daß es

daß aber eine Halbierung der Arbeitslosigkeit bei Einsatz aller beschäftigungspolitischen Möglichkeiten durchaus denkbar ist. Die Wachstumsrate könnte in diesem Falle in den Jahren 1984 bis 1990 durchschnittlich 2,5% betragen.

Allerdings ist die Umsetzung einer derartigen Modernisierungsstrategie nicht allein Sache des Staates. Nur wenn alle am Wirtschaftsprozeß Beteiligten, Staat, Bundesbank, Unternehmen und Gewerkschaften, sich für eine derartige Modernisierungsstrategie entscheiden und in ihren Verantwortungsbereichen zu ihrer Durchsetzung beitragen, kann man wesentliche Beschäftigungseffekte erwarten. Dabei müssen die verschiedenen Elemente dieser Strategien als komplementär betrachtet werden. Eine Innovationsstrategie für den industriellen Sektor sichert Arbeitsplätze, indem sie mit neuen Produkten neue Nachfrage schafft, indem sie bestehende Produkte wettbewerbsfähiger macht. Mangelnde

# Private Dienstleistungen: ein Berufsfeld mit Zukunft?

## Über mittelfristige Perspektiven des Arbeitsmarktes<sup>1</sup>

Von Hans-Jürgen Krupp

Demgegenüber wurde für das **optimistische Szenario** angenommen, daß der Welthandel mit 4% jahresdurchschnittlich zunimmt, daß der von der Wachstumsentwicklung unabhängige Produktivitätsanstieg sich um 0,5 Prozentpunkte verlangsamt, und daß das Arbeitskräfteangebot 1990 um 300 000 Personen hinter dem des Referenzszenarios zurückbleibt. Auch wenn man diese Annahmen insgesamt eher für unwahrscheinlich halten muß, ist der sich ergebende Gesamteffekt beachtlich. In diesem Falle würde die jährliche Wachstumsrate 2,2% betragen und die Arbeitslosigkeit auf rund 1,4 Millionen Personen

wissenschaftlich – zumindest beim heutigen Stand unseres Wissens – kaum möglich ist, fundierte Prognosen über die Entwicklung des Welthandels, des Arbeitskräfteangebotes und der Produktivität zu machen. Schon kleine Änderungen in diesen Größen haben erhebliche Auswirkungen auf das Gesamtergebnis. Erst recht verbietet es sich, die sich abzeichnenden Entwicklungen als unabänderbares Schicksal hinzunehmen. Das Szenario einer umfassenden Modernisierungsstrategie, die oben kurz skizziert wurde, zeigt, daß es zwar nicht wahrscheinlich ist, daß es gelingt, bis 1990 die Arbeitslosigkeit zu beseitigen,

Wettbewerbsfähigkeit dürfte auch einer der Gründe für die bemerkenswerte Tatsache sein, daß in den letzten Jahren die Mehrzahl der Arbeitsplätze in den Sektoren weggefallen ist, in denen der Produktivitätsfortschritt unterdurchschnittlich war. Insofern ist eine derartige Modernisierungsstrategie unverzichtbar. Unsere Simulationen zeigen aber deutlich, daß die Beschäftigungseffekte einer solchen Strategie begrenzt sind, da sie zugleich erhebliche Produktivitätsfortschritte mit sich bringt. Maßnahmen zur Verbesserung der Umwelt, deren Finanzierung nach dem Verursacherprinzip in erster Linie im Unternehmenssektor lie-

gen sollte, verbinden einen durch zusätzliche Produktivität kaum geschmälernten Beschäftigungseffekt mit einer wirksamen Verbesserung der Umwelt. Schon dieses einfache Beispiel macht deutlich, daß es darauf ankommt, einzelne wirtschaftspolitische Strategien in einer umfassenden Modernisierungsstrategie zu bündeln und dabei nicht nur dem Staat Verantwortung aufzubürden.

Die Prognose des für die Arbeitsmarktentwicklung sehr wichtigen Produktivitätsfortschrittes ist insbesondere deswegen so schwierig, weil das gesamtwirtschaftliche Ergebnis von zwei gegenläufigen Tendenzen bestimmt wird. Auf der einen Seite besteht die Notwendigkeit, unsere Industrie auch weiterhin zu modernisieren, um wettbewerbsfähig zu bleiben und mit neuen Produkten neue Märkte zu erschließen. Dies kann zu einem Anstieg des Produktivitätsfortschrittes führen. Auf der anderen Seite wird gerade dieser Anstieg des Produkti-

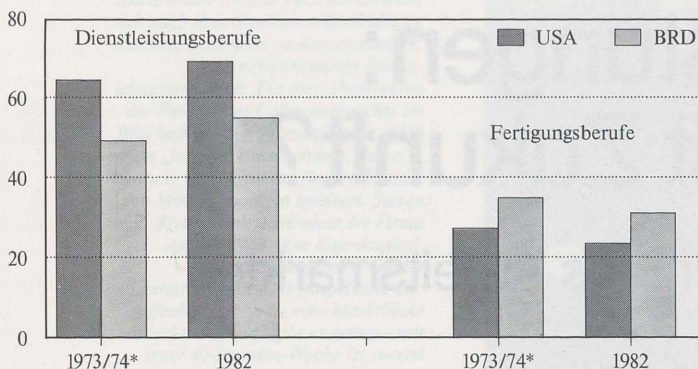
sektor. Die relative Verstärkung derartiger Bereiche führt gesamtwirtschaftlich zu einem Rückgang der Produktivitätszunahme.

Es ist nun sehr schwer abzuschätzen, welche der beiden Entwicklungen dominiert. Zwar haben die beiden sogenannten Kabinettsstudien, die am Ende der 70er Jahre durchgeführt wurden, die These gestützt, daß der Modernisierungsprozeß, insbesondere die Einführung der Mikroelektronik, nur langsam verlaufen werde. Inzwischen erlaubt die bisher eingetretene Entwicklung aber, Zweifel an diesem Ergebnis anzumelden. Auch die Entwicklung zum Dienstleistungssektor ist in der Bundesrepublik Deutschland vorangekommen, allerdings in weit geringerem Ausmaß, als man es angesichts der amerikanischen Erfahrungen erwarten durfte.

Es ist heute weit verbreitet, über das amerikanische Beschäftigungswunder

schäftigungsexpansion geführt hat. Zunächst ist auffallend, daß die Gewichte der einzelnen Berufsgruppen sehr unterschiedlich verteilt sind (s. Abb. links). Noch drastischer sind die Unterschiede, wenn man die Veränderungsraten betrachtet. Besonders interessant ist es, den Anteil und den Zuwachs in einzelnen Berufsgruppen zu analysieren. So ist auffällig, daß in den USA der Anteil derjenigen, die im Gesundheitswesen und in der Sozialpflege tätig sind, mit 7,2% um knapp zwei Prozentpunkte höher ist als in der Bundesrepublik Deutschland. Auch der Anteil derjenigen, die als Lehrer und Wissenschaftler tätig sind, liegt in den USA deutlich über dem der Bundesrepublik Deutschland. In den Gesundheitsdienstberufen und bei den Wissenschaftlern sind insbesondere die Steigerungsraten auffällig. Aber auch in den Berufen, die für kommerzielle Dienstleistungen wichtig sind, ist der Vorsprung der Vereinigten Staaten sehr

Erwerbstätige nach Berufsgruppen in den USA und in der Bundesrepublik Deutschland (in % aller Erwerbstätigen)



\* USA 1974, Bundesrepublik Deutschland 1973. Quelle: Berechnungen des DIW.

Die Entwicklung auf dem Dienstleistungssektor hat in den USA zu einer Beschäftigungsexpansion geführt. Unterscheiden sich schon die Gewichte der einzelnen Berufsgruppen deutlich von den Verhältnissen in der Bundesrepublik (s. Abb. links), so gilt dies noch mehr für die Veränderungsraten: Im Zeitraum von 1974 bis 1982 nahm die Zahl der Erwerbstätigen in Dienstleistungsberufen in den USA um 23,5% zu, bei den Fertigungsberufen blieb sie etwa konstant. In der Bundesrepublik waren in Fertigungsberufen 1982 11,2% Personen weniger tätig als 1973, in Dienstleistungsberufen dagegen 1982 nur 10% mehr als 1973.

Die Abbildungen rechts zeigen die Entwicklung der Akademikerbeschäftigung zwischen 1961 und 1981 in der Bundesrepublik. Während der Anteil der Akademiker im staatlichen Bereich von 17,2% (1961) auf 19,6% (1980) gestiegen ist, hat im produzierenden Gewerbe zwar der Anteil deutlich zugenommen, liegt aber 1980 auch nur bei 1,6% der dort Tätigen. Der Anteil der im produzierenden Gewerbe tätigen Hochschulabsolventen an allen Hochschulabsolventen nahm ab. Anders bei den privaten Dienstleistungen: hier zeigen beide Indikatoren eine deutlich zunehmende Tendenz.

vitätsfortschrittes nur teilweise durch eine Expansion der industriellen Produktion kompensiert werden können. Insofern ist es durchaus wahrscheinlich, daß die Zahl der industriellen Arbeitsplätze abnimmt. Dies könnte durch eine Zunahme der Arbeitsplätze im Dienstleistungssektor ausgeglichen werden. Zwar gibt es auch im Dienstleistungssektor Bereiche, in denen mit hohen Produktivitätsfortschritten zu rechnen ist, es sei nur an Banken und Versicherungen erinnert. Es gibt hier aber auch sehr viele Tätigkeiten, bei denen ein nennenswerter Produktivitätsfortschritt nicht zu erwarten ist. Hierzu zählen soziale Dienstleistungen und der gesamte Bildungs-

zu reden. Leider wird sehr selten analysiert, was sich in den USA tatsächlich zgetragen hat. Der Vergleich zwischen den Vereinigten Staaten und der Bundesrepublik Deutschland zeigt sowohl im Hinblick auf die Produktivitätsentwicklung als auch im Hinblick auf die Entwicklung der verschiedenen Berufe, daß eine Fortschreibung der bisherigen Produktivitätsentwicklung alles andere als zwangsläufig ist<sup>4</sup>.

Hervorzuheben ist, daß das amerikanische Beschäftigungswunder nicht in der Industrie erfolgt ist. Es war die Entwicklung auf dem Dienstleistungssektor, die zu der in den USA beobachtbaren Be-

deutlich. Beispielhaft seien die Rechnungskaufleute und EDV-Fachleute hervorgehoben. Hier blieb die Beschäftigung in der Bundesrepublik Deutschland nahezu konstant, in den Vereinigten Staaten ergab sich in dem diskutierten Zeitraum eine Steigerung von 40%. Der Anteil dieser Berufsgruppe macht in den Vereinigten Staaten etwa 10% aus, in der Bundesrepublik Deutschland liegt er unter 2%. Ein Teil dieses sehr drastischen Unterschiedes mag in unterschiedlichen Zuordnungen zu den im Prinzip vergleichbaren Berufsgruppen begründet sein. Gerade die Wachstumsrate zeigt aber, in welchem Ausmaß Tätigkeiten in diesen Feldern in den USA

zugenommen haben. Vollständigkeithalber sei daher erwähnt, daß die häufig zu findende These, daß es im wesentlichen einfache konsumnahe Dienstleistungen gewesen seien, die die Expansion der USA-Beschäftigung bewirkt hätten, einer empirischen Überprüfung nicht standhält. Zwar liegt der Anteil der dem Beherbergungs- und Restaurationsgewerbe zuzuordnenden Berufe in den USA mit 4% der Erwerbstätigen deutlich über dem Anteil in der Bundesrepublik Deutschland (2%), insgesamt ist das Gewicht dieser Berufsgruppe aber relativ niedrig.

Die Frage, woran es liegt, daß sich die Dienstleistungen in der Bundesrepublik soviel langsamer entwickelt haben, ist schwer zu beantworten, obwohl sie für die Abschätzung der Chancen der Entwicklung des Dienstleistungssektors wichtig ist. Es sollen hier nur zwei Probleme kurz skizziert werden. Viele der zusätzlichen Beschäftigungsmöglichkeiten

zu bewältigen, muß man wahrscheinlich sowohl die Abgrenzung zwischen öffentlichen und privaten Aufgaben neu überdenken, wie auch die Einkommensstruktur im öffentlichen Dienst zur Diskussion stellen. Bisher wird eine sehr verkürzte Privatisierungsdebatte davon getragen, daß man den Staatsanteil gerne reduzieren möchte. Dies ist aber nicht das eigentliche Problem. Die viel wichtigere Aufgabe ist, eine Neuabgrenzung von staatlicher und privater Tätigkeit vorzunehmen, die es erlaubt, den Dienstleistungssektor auszuweiten, auch wenn der Staatsanteil gleich bleibt.

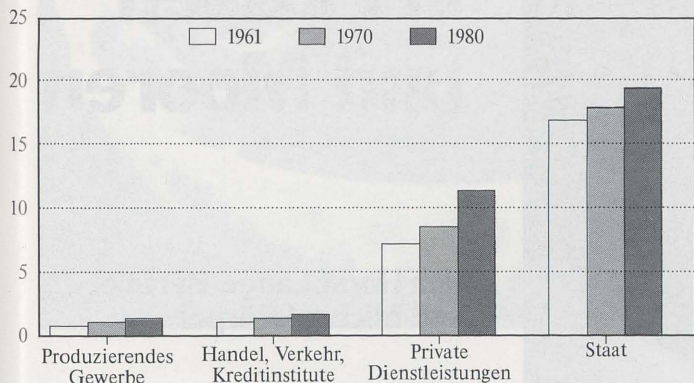
Man darf aber auf der anderen Seite auch nicht die Augen verschließen vor den Problemen der Einkommensstruktur im öffentlichen Dienst und der Relation der Einkommen zwischen öffentlichem und privatem Sektor. Für den privaten Sektor läßt sich nachweisen, daß die Einkommen von Hochschulabsolventen sich an den Marktgegebenheiten orientieren.

Im öffentlichen Sektor gibt es hier erste Versuche, die zeigen, daß das Problem erkannt worden ist. In der eingangs erwähnten Studie zu den mittelfristigen Perspektiven der wirtschaftlichen Entwicklung haben wir errechnet, daß eine Lohnzurückhaltung im öffentlichen Dienst, bei der für die Jahre der Simulationsperiode die Einkommen im öffentlichen Dienst um einen Prozentpunkt schwächer steigen als im privaten Sektor, eine zusätzliche Beschäftigung im öffentlichen und privaten Sektor von etwa einer halben Million Personen zur Folge haben könnte. Dies ist eine Größenordnung, über die es sich lohnt zu diskutieren.

Faßt man das Ergebnis dieser Überlegungen zusammen, ist es durchaus möglich, daß auch in der Bundesrepublik Deutschland ein Strukturwandel zu den Dienstleistungen zustande kommt. Dies wird Konsequenzen für die Produktivi-

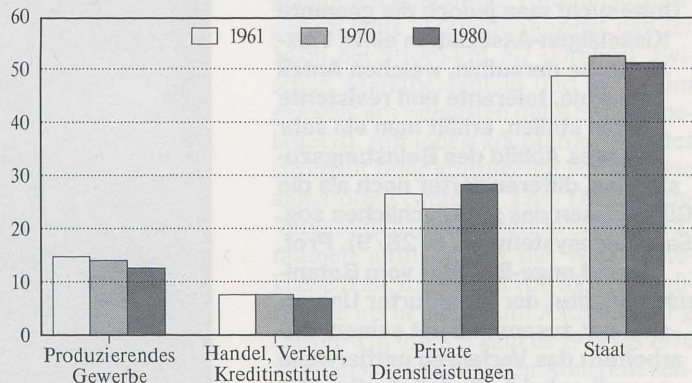
Fortsetzung auf Seite 30

Anteil der erwerbstätigen Hochschulabsolventen an der Gesamtzahl der Erwerbstätigen in ausgewählten Wirtschaftsbereichen (in %)



Quelle: A. Hegelheimer, Strukturwandel der Akademikerbeschäftigung, Bielefeld 1984, S. 25.

Anteil der erwerbstätigen Hochschulabsolventen eines Wirtschaftsbereiches an der Gesamtzahl aller erwerbstätigen Hochschulabsolventen (in %)



Quelle: A. Hegelheimer, Strukturwandel der Akademikerbeschäftigung, Bielefeld 1984, S. 25.

ten im Dienstleistungssektor sind nach den in der Bundesrepublik Deutschland vorherrschenden Vorstellungen Aufgaben der öffentlichen Hand. In den USA sind sie im privaten Bereich entstanden. In der Bundesrepublik Deutschland wird die Entwicklung derartiger Dienstleistungen dadurch behindert, daß einerseits das staatliche Aufgabenfeld — mit teilweise guten, teilweise nicht so guten Gründen — verteidigt wird, daß andererseits die Bereitschaft zur Expansion des öffentlichen Sektors nicht vorhanden ist. Die Aufgabe, die vor uns liegt, besteht also darin, den Dienstleistungssektor auszuweiten, ohne die öffentlichen Haushalte zu expandieren. Um diese Aufgabe

Anmerkungen:

- Der Artikel — redaktionell leicht gekürzt — beruht auf einem Vortrag, den Prof. Dr. H.-J. Krupp im Oktober 1984 anlässlich des 70. Geburtstags der J. W. Goethe-Universität hielt. Krupp, von 1975 bis 1979 Präsident der Frankfurter Universität, ist z. Z. für seine Präsidenschaft beim Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) von der Hochschul-lehrtätigkeit in Frankfurt beurlaubt. Im Sonderforschungsbereich 3 »Mikroanalytische Grundlagen der Gesellschaftspolitik« (Frankfurt/Mannheim) leitet er das Projekt »Sozio-ökonomisches Panel«.
- U. a. wurde im Sonderforschungsbereich 3 »Mikroanalytische Grundlagen der Gesellschaftspolitik« an den Universitäten Frankfurt und Mannheim ein stark disaggregiertes, bislang für kurzfristige Simulationen angelegtes Makromodell entwickelt. Vgl.: Hujer, Reinhard; Bauer, Gerhard;

- Knepel, Helmut; Simulationsexperimente mit dem Frankfurter Modell des Sonderforschungsbereichs 3; in: H. Lange, J. Martensen, H. Quinke (Hrsg.), Simulationsexperimente mit ökonomischen Makromodellen, München, Wien, 1984.
- J. Blazejczak, W. Kirner, H.-J. Krupp, Längerfristige Perspektiven der wirtschaftlichen Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland, Wochenbericht des DIW, Nr. 30/1984.
- U. Brasche, M. Techner, D. Vesper, Sind die Unterschiede der Beschäftigtenentwicklung in den USA und der Bundesrepublik Deutschland in der Reallohnentwicklung begründet? Wochenbericht des DIW, Nr. 33/1984.
- A. Hegelheimer, Strukturwandel der Akademikerbeschäftigung — Vergangenheitsentwicklung und Zukunftsperspektiven, Forschungsbericht zur Bildungsplanung und Bildungsökonomie, Bielefeld 1984.

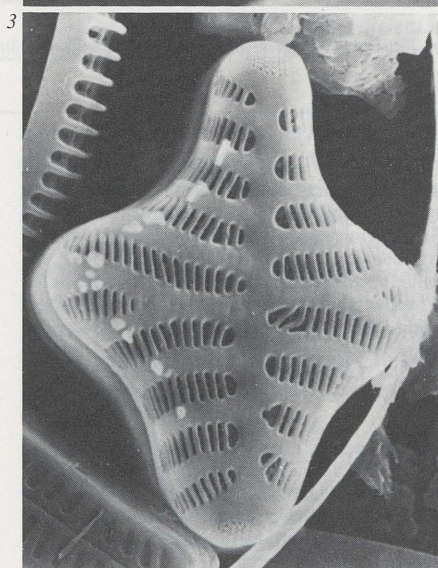
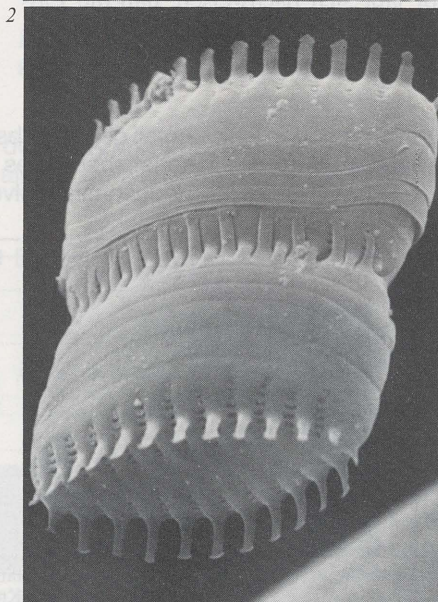
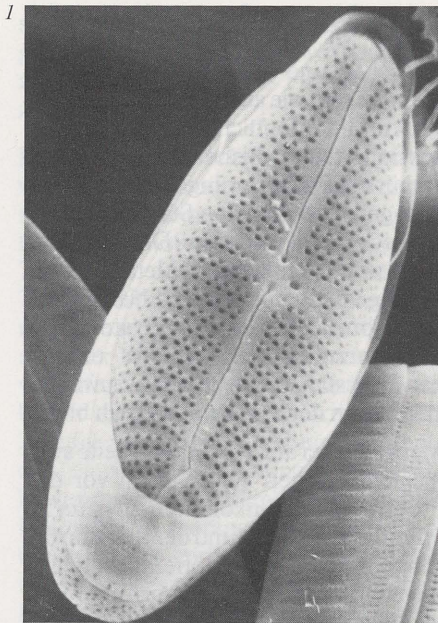
Im Mikroskop sehen sie aus wie kleine Schachteln: die eine Hälfte des Kieselsäurepanzers greift wie ein Deckel über die andere, akkurate Muster aus Löchern und Spalten „verzieren“ Boden und Deckel. Die kunstvollen Schachteln sind ganz einfache pflanzliche Systeme, Kieselalgen oder Diatomeen, weit weniger als einen Millimeter lang und überall dort in ihrem Element, wo es feucht ist.

Über 10 000 Arten und an die 100 000 verschiedene Formen hat man bisher entdeckt, langgestreckte und kreisrunde, ovale und gewellte.

Diatomeen kommen in Gewässern aller Güteklassen vor, im reinsten Quellwasser ebenso wie in Abwasserkanälen. Das macht sie als Bioindikatoren interessant, besonders für stark belastete Gewässer, in denen höhere Pflanzen und Tiere nicht mehr leben können. Freilich kann nicht die eine oder andere Art für die eine oder andere Güteklasse stehen.

Derartige Auswertungen zeigten Qualitätsunterschiede nur unzureichend an und brachten die Diatomeen als Bioindikatoren in Verruf. Untersucht man jedoch die gesamte Kieselalgen-Assoziation einer Wasserprobe daraufhin, welchen Anteil sensible, tolerante und resistente Arten stellen, erhält man ein sehr genaues Abbild des Belastungszustandes, differenzierter noch als die Güteklassen des gebräuchlichen sog. Saprobien-systems (s. S. 28/9). Prof.

Horst Lange-Bertalot vom Botanischen Institut der Frankfurter Universität hat zusammen mit seinen Mitarbeitern das Verfahren mittlerweile so weit entwickelt, daß die Qualität von Wasserproben schnell und zuverlässig bestimmt werden kann. Er berichtet hier über die Methode und insbesondere über Untersuchungen des Mainwassers. Die Kenntnis der zahlreichen Kieselalgen-Arten und die methodischen Erfahrungen sind jetzt auch bei der Lösung eines ganz anderen Problems hilfreich, der beginnenden Renaturierung des Roten Moores in der Nähe der Wasserkuppe. Langes Mitarbeiter Michael Nörpel berichtet, daß sich bereits 4 Wochen nach der Durchführung von Bau- und Pflegemaßnahmen an der Entwicklung spezieller Moor-diatomeen-Gesellschaften ablesen läßt, ob die Maßnahmen zur erhofften Vermoorung führen oder nicht.



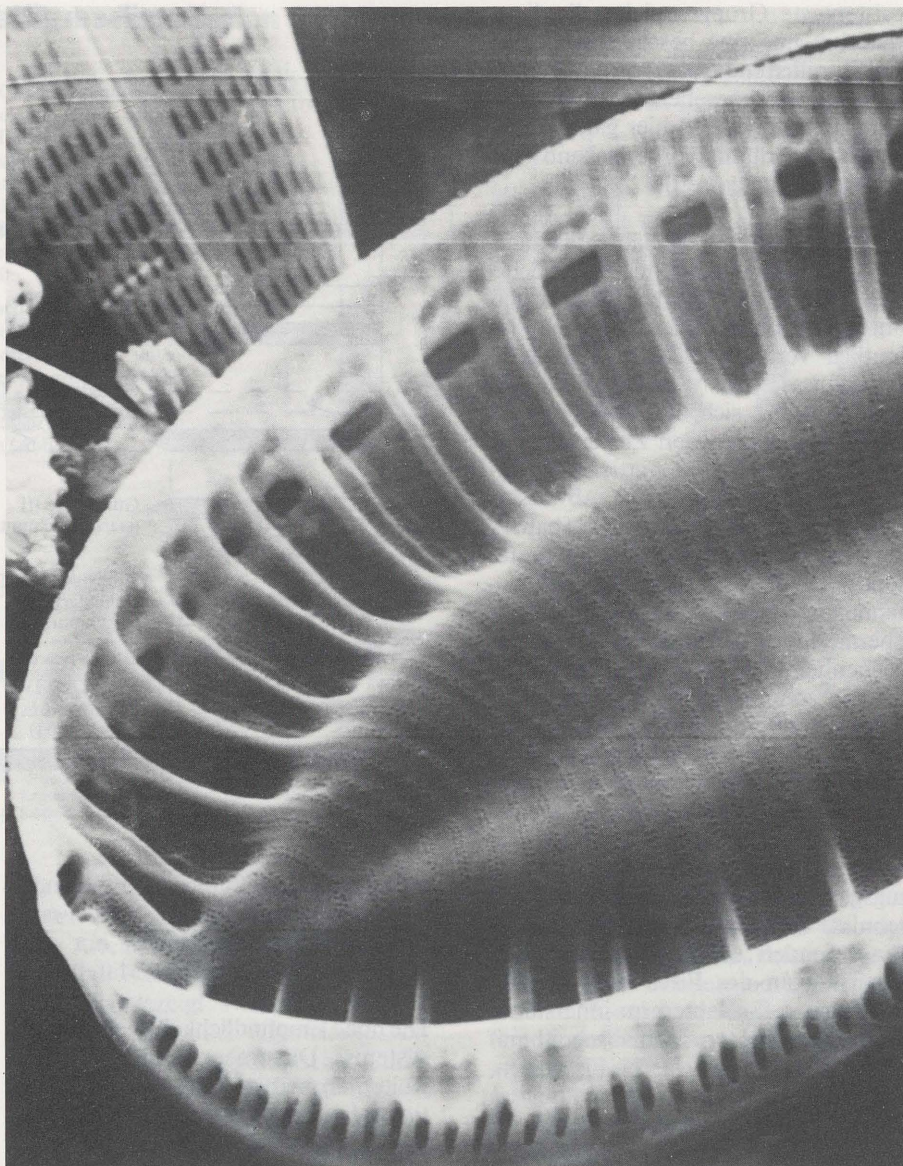
## Vielseitige Bioindikatoren:

# Kieselalgen in Flüssen und Mooren

Von Horst Lange-Bertalot und Michael Nörpel

Schon oft wurde festgestellt, daß neben physikalisch-chemischen Untersuchungen auch auf Bioindikatoren zur Erkennung des Grades von Gewässerverschmutzungen nicht verzichtet werden kann, denn sie dienen gleichsam als lebende integrierende Meßinstrumente für die „durchschnittlichen“ Umweltbedingungen in einem Milieu mit schnell wechselnden Zustandsgrößen. Umstritten ist lediglich, welche Aussagekraft man der Anwesenheit verschiedener Tiere und Pflanzen zuerkennen darf und welche Schätzmethode anzuwenden sind, um in möglichst einfacher Weise möglichst wirklichkeitsnahe Ergebnisse zu erzielen.

Ein ausgezeichneter Indikator für den Gewässergütezustand ist die quantitative



Zusammensetzung der Kieselalgenbestände. Aufgrund ihrer unterschiedlichen Toleranz kommt es zu charakteristischen Populationsverschiebungen, die mit wachsender Verschmutzung oder aber fortschreitender Selbstreinigung des Gewässers direkt korreliert sind. Die neue Untersuchungsmethode ist vergleichbar mit einem medizinischen Blutbild, in dem auch quantitative Verschiebungen der einzelnen Komponenten Aussagen über den ganzen Organismus zulassen.

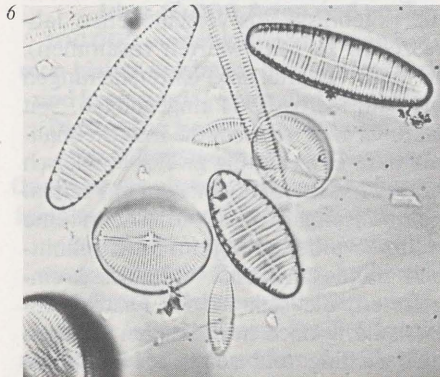
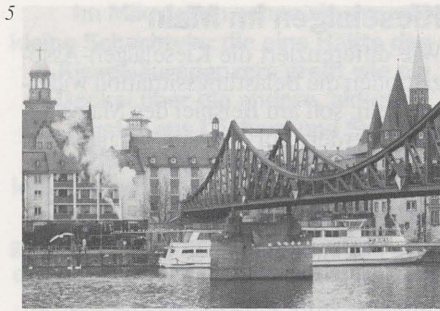
In der Rhein-Main-Region, einem Schwerpunkt der Gewässerverschmutzung in ganz Europa, wurden daher anhand der hier gut bekannten physikalisch-chemischen Meßgrößen die Toleranzgrenzen der häufigsten Arten „ge-

eicht“. Je nach ihrer Toleranz wurden die Arten in drei Gruppen eingeteilt: eine sensible, extrem artenreiche, eine mäßig tolerante, vergleichsweise artenarme und eine sehr tolerante (resistente) Kieselalgen-Gruppe, die sehr artenarm ist. Die statistisch und graphisch auswertbaren Veränderungen im Artenspektrum stehen danach in überraschend genauer Übereinstimmung mit der wechselnden Wassergüte (s. Abb. S. 28). Durch stichprobenartige Untersuchungen in vielen anderen Flüssen – neuerdings wurden auch Wasserproben aus afrikanischen und japanischen Flüssen analysiert – konnte nachgewiesen werden, daß gleiche Arten überall in gleicher Weise auf Qualitätsveränderungen des Wassers reagieren.

## Kieselalgen im Main

Wie differenziert die Kieselalgen-Assoziationen die Belastungssituation widerspiegeln, soll am Beispiel des Mains gezeigt werden, für den die langjährigen Diatomeen-Untersuchungen auch einen Vergleich des heutigen Wasserzustands mit dem vor 10 Jahren erlauben. In der Abbildung auf S. 29 werden die Zeiträume 1973 bis 1976 und 1981 bis 1984 verglichen (die Säulendiagramme fassen die Ergebnisse aus verschiedenen Jahreszeiten zu Mittelwerten zusammen). In diese Graphik sind Untersuchungen bis zum Herbst 1984 eingegangen. Seit Oktober 1984 ist durch die Inbetriebnahme bzw. Erweiterung zweier biologisch hoch wirksamer Kläranlagen in Fechenheim/Offenbach und Griesheim eine weitere Verbesserung um durchschnittlich mindestens eine Güteklasse eingetreten, die sich in der Diatomeen-Besiedlung nach nur wenigen Wochen niederschlug und zeigt, wie stark die Gewässergüte von der Güte der Klärmaßnahmen bei den großen Abwasser-einleitungen abhängt.

Zurück zum langfristigen Vergleich der genannten Zeiträume. Voruntersuchungen im Jahre 1972 hatten gezeigt, daß der Main bei Strom-km 162 (Urphar), zwischen Marktheidenfeld und Wertheim gelegen, am wenigsten mit Abwasser belastet ist, zumindest konnten auch weiter stromauf keine günstigeren Verhältnisse angetroffen werden. Die Diatomeen-Vergesellschaftung zeigte in beiden Zeiträumen ausnahmslos die Wassergüteklasse II an. Im Verlauf von 100 km Fließstrecke bis in den Raum Aschaffenburg (Strom-km um 85) kam es 1973 bis 1976 zu einer kontinuierlichen Abnahme sensibler Arten zugunsten wachsender Anteile toleranterer, während die resistentesten Arten hier überall auf ein relativ niedriges Niveau gedrückt blieben und bleiben. Die angezeigte Wassergüte näherte sich dem kritischen Belastungsgrad, ohne ihn jedoch zu überschreiten. Einen Ausnahmepunkt mit ziemlich rascher Regeneration bildete die Abwasserfahne einer Polyamid- und Viskosefaserfabrik in Elsenfeld bei Obernburg (km 105). Eine drastische Verschlechterung erfolgte im Raum Aschaffenburg/Stockstadt (um km 80) infolge Einleitung erheblicher Mengen von kommunalen und Zellulose-Fabrikationsabwässern. Die sensible Artengruppe wurde ab hier bis in das Innenstadgebiet von Frankfurt hinein nahezu vollständig durch tolerantere Arten verdrängt; die



resistenteste Gruppe spielte allerdings weiterhin nur eine bescheidene Rolle. Von räumlich enger begrenzten Regenerationszonen abgesehen, wurde der kritische Belastungsgrad hier ganz erheblich überschritten, vorherrschend war die Wassergüteklasse III.

Vergleicht man nun die Säulendiagramme der Jahresmittelwerte von 1973 bis 1976 und die von 1981 bis 1984 für den Untermain, dann zeigen sich ganz klar deutlich verbesserte hydrobiologische Verhältnisse: Im Innenstadtbereich Frankfurts hat sich die Wassergüte in den letzten Jahren den Zuständen des nur mäßig belasteten mittleren Mainabschnitts angenähert. Die Abwasserreinigungsmaßnahmen stromauf haben, trotz der bis Herbst 1984 weiter bestehenden Einleitungen ungenügend behandelter Abwässer, insbesondere der Chemie-Industriewerke in Frankfurt-Fechenheim und Offenbach, die „Vorbelastung“ so weit verringert, daß auch im Frankfurter Raum wieder sensible Arten dominant oder subdominant existieren können. Gewisse Schwankungen hängen ab vom Verdünnungsgrad durch niedrigere oder höhere Abflußwerte, je nach den Niederschlägen im Stromeinzugsgebiet. Diese algenspezifischen Ergebnisse decken sich weitgehend mit den Befunden „senckenbergischer“ Untersuchungen der Fisch- und Wirbellosen-Fauna. So lebten im innerstädtischen Frankfurter Mainabschnitt im Herbst 1984 wieder ca. 23 Fischarten,

Ökologisch unterschiedliche Biotope weisen immer eine ganz typische Kieselalgen-Besiedlung auf. Die für die „mäßige Belastung“ (Güteklasse II) des Mains in Frankfurt charakteristische Assoziation zeigt Abbildung 6. Typische Moor-Assoziationen aus dem „Roten Moor“ sind darunter zu sehen, in Abbildung 8 die Niedermoor- und in Abbildung 9 die Hochmoor-Kieselalgen-Besiedlung.

#### Anmerkungen

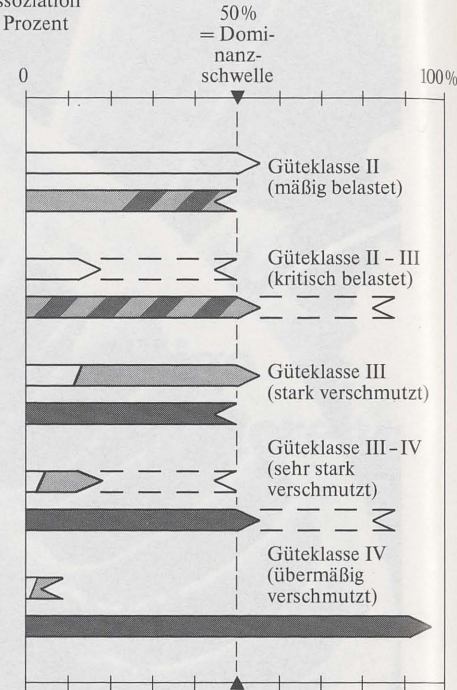
1 Siehe auch die vom Hessischen Minister für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz herausgegebene Gewässergütekarte (1984).

2 Die für die Güteklassen I und I-II typischen Populationen kommen in größeren Flüssen Mitteleuropas wegen der allgemeinen Belastung nicht mehr vor und sind in diesem Schema nicht berücksichtigt. Vgl. Lange-Bertalot, H.: Süßwasserflora Mitteleuropas Bd. 2/1, Stuttgart, Jena, 1985.

3 Michael Nörpel, Das Rote Moor und seine Renaturierung - Beobachtungen, Vorschläge und Voraussagen erstellt mit Hilfe der Algenassoziationsanalyse. Erscheint voraussichtlich im Laufe des Jahres 1985 im Rahmen der Berichte der Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie, Bad Godesberg.

## Gewässergüte und

Anteil an der Kieselalgen-Assoziation in Prozent






unter dem Einfluß der dann folgenden Industrieabwasserfahren von Frankfurt-Griesheim und Höchst nur noch 2 bis 3 (Lelek, persönliche Mitteilung).

Die hohe Empfindlichkeit des Indikatorsystems „Diatomeen“ zeigt sich nun weiter stromab, wo die Abwassersituation sehr differenziert ist und völlig konform rasch wechselnde lokale und zonale Populationsverschiebungen bewirkt. So schwankten die indizierten Wasserqualitäten bis in das „Unterwasser“ der Staustufe Griesheim noch zwischen II - III und II; sie verschlechterten sich jedoch dramatisch auf IV - im Herbst 1984 genauso wie vor zehn Jahren - offensichtlich durch die bis dahin völlig unzulänglich gereinigten Chemie-Produktionsabwässer aus Griesheim (vgl. Graphik). Zeitweilig tauchen hier als „Exoten“ einzelne Arten des Brackwassers der Meeresküsten auf, neben den üblichen sehr resistenten Arten des Süßwassers. Seit dem erwähnten Aus- und Neubau des Klärwerks Griesheim hat sich die Wasserqualität hier auf Güteklasse III verbessert. Nach einer, lokal begrenzt, verbesserten Situation im Mündungsbereich der Nidda belasten Höchster Industrieabwässer dann zusätzlich den Main. Jedoch können neben

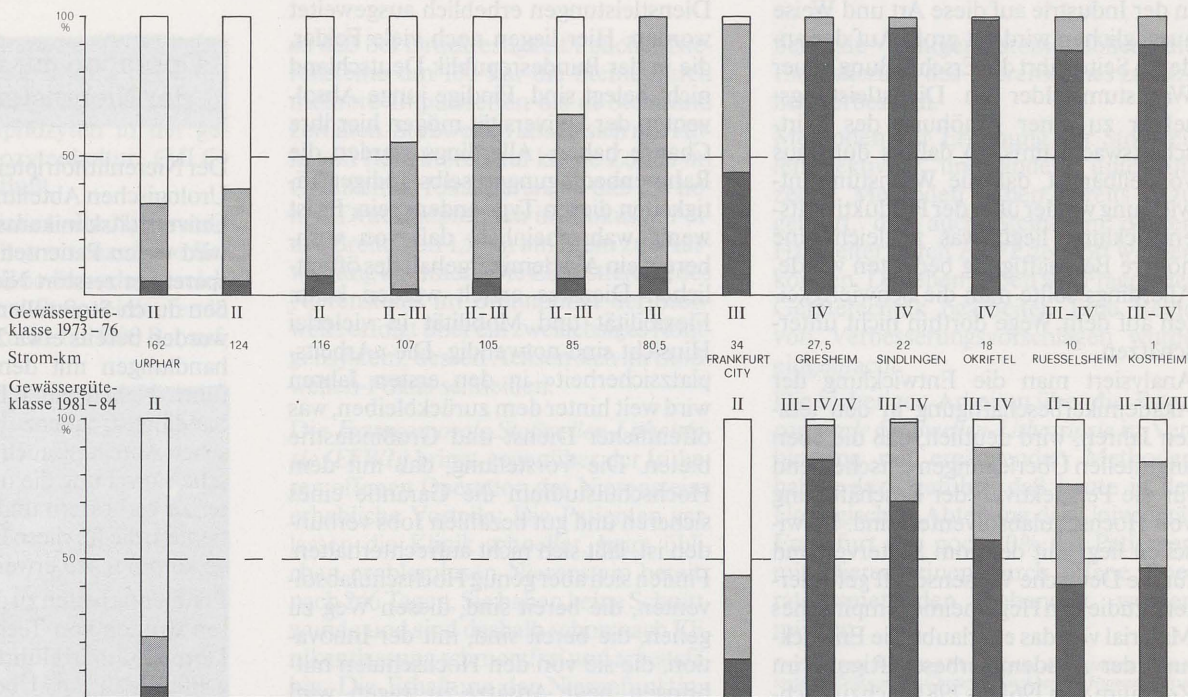
# Kieselalgen-Assoziation

Zur Klassifizierung der Gewässergüte von Bächen und Flüssen wird meistens das sog. Saprobien-system benutzt.<sup>1</sup> Dabei wird die Qualität des Wassers nach der Belastung mit organischen Schmutzstoffen beurteilt.

Je nach Belastung des Gewässers variiert der Anteil der drei Gruppen unterschiedlich toleranter Kieselalgen-Arten an der Gesamtassoziation der Kieselalgen (Abb. links<sup>2</sup>).

-  Gruppe der sensiblen Kieselalgen (extrem artenreich)
-  Gruppe der mäßig toleranten Kieselalgen (vergleichsweise artenarm)
-  Gruppe der sehr toleranten (resistenten) Kieselalgen (extrem artenarm)

Die Dynamik der Kieselalgen-Assoziationen und die Abwasserbelastung des Mains – ein Vergleich der Zeiträume 1973-76 (oben) und 1981-1984 (unten)



den dominanten resistenten Arten immerhin auch noch so viele mäßig tolerante Arten hier leben, daß nicht mehr wie früher Wassergüteklasse IV, sondern III - IV angezeigt wird. Eine zwar bescheidene, aber doch signifikante Verbesserung der hydrobiologischen Situation in diesem vom Ausmaß her am stärksten belasteten Abschnitt des Untermains! Die aktuelle Gewässergütekarte des Landes wird der sehr differenzierten Hydrobiologie überhaupt nicht gerecht, wenn sie den innerstädtischen Frankfurter Mainabschnitt genauso oder schlechter einstuft wie den Bereich unterhalb von Griesheim und den weiteren Verlauf unterhalb von Höchst. Die Verbesserungen wirken sich besonders im Raum von Okriftel bis zur Mündung aus, wo heute algenspezifisch III und bei günstigen Durchflußwerten sogar II - III indiziert wird, weil offensichtlich die biologischen Selbstreinigungsprozesse bei verminderter Vorbelastung entschieden wirkungsvoller eingreifen können als früher (vgl. die verschobenen Proportionen in der Graphik).

Neben dem Mainwasser wurden Diatomeen-Assoziationen in Proben aus dem Rhein und auch vielen weniger belasteten Gewässern untersucht. H. L.-B.

## Kieselalgen im Moor

Ökologisch unterschiedliche Biotopie wie z. B. überrieselte Felsen, Hochmoore oder Niedermoore, wechselfeuchte Moosrasen oder Gesteinsfugen, Sand- oder Schlickwatt haben immer eine ganz typische Kieselalgenbesiedlung. Ich untersuche, welche Assoziationen für Hochmoore, Niedermoore, Moor-entwässerungsgräben usw. charakteristisch sind (s. Abb. 8 und 9). An der Diatomeenbesiedlung eines Moores läßt sich z. B. - in Ergänzung physikalisch-chemischer Messungen und der Beobachtung höherer Pflanzen und Tiere - ablesen, wo eine Renaturierung abgetorfener Flächen möglich ist.

Untersuchungsgebiet ist vor allem das „Rote Moor“ in der Nähe der Wasserkuppe, eines der wenigen noch halbwegs intakten Hochmoore in Hessen, Lebensraum für viele vom Aussterben bedrohte Pflanzen und Tiere. 1979 wurde das Gebiet unter Naturschutz gestellt und mit ersten Pflegemaßnahmen begonnen, um diesen Biotop zu erhalten. Für die Vermoorung optimale Verhältnisse sind allerdings nicht so leicht herzustellen. Da es bisher nur wenige Erfahrungen mit der Renaturierung von Mooren gibt, wurden im Roten Moor verschiedene Bau- und Pflegemaßnahmen erprobt,

deren Erfolg oder Mißerfolg durch die Entwicklung der Diatomeen-Assoziationen schnell angezeigt wird.

Im Gegensatz zur Vegetation „höherer“ Pflanzen, z. B. Heidekrautverwandten, Wollgräsern oder Torfmoosen, die eine bis mehrere Vegetationsperioden brauchen, reagieren die Algen innerhalb eines Zeitraumes von ein bis zwei Monaten positiv oder negativ auf Pflegemaßnahmen. So wirkte sich das Entkusseln (Abtrieb von Bäumen) von der Hochmoorfläche und der Bau von Regenwasser-Abflußsperrern im Roten Moor schlagartig in Form eines reicheren Artenspektrums aus. Negative Folgen zeitigte dagegen ein zu rascher Wasseranstau, der mit Hilfe der Algen sehr schnell erkannt werden konnte. Zur Zeit wird an unterschiedlichen Flächen getestet, ob und wie schnell das Wasser angestaut werden kann.

Nachdem der Torfabbau im vergangenen Herbst endgültig eingestellt wurde, kann jetzt eine Renaturierung im größeren Ausmaß beginnen. Ich hoffe, daß die Kieselalgen-Assoziationsanalyse dabei hilfreich sein kann. M.N.

Prof. Dr. Horst LANGE-BERTALOT  
Dipl.-Biol. Michael NÖRPEL  
Botanisches Institut, Fachbereich Biologie

tätigkeitsentwicklung haben. Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Teil der notwendigerweise hohen Produktivitätsfortschritte in der Industrie auf diese Art und Weise ausgeglichen wird, ist groß. Auf der anderen Seite führt die Erschließung neuer Wachstumsfelder im Dienstleistungssektor zu einer Erhöhung des Wirtschaftswachstums, so daß es durchaus vorstellbar ist, daß die Wachstumsentwicklung wieder über der Produktivitätsentwicklung liegt, was zugleich eine höhere Beschäftigung bedeuten würde. Allerdings sollte man die Schwierigkeiten auf dem Wege dorthin nicht unterschätzen.

Analysiert man die Entwicklung der Akademikerbeschäftigung in den letzten Jahren, wird deutlich, daß die eben angestellten Überlegungen entscheidend für die Perspektiven der Beschäftigung von Hochschulabsolventen sind. Inzwischen liegt mit der vom Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft geförderten Studie von Hegelheimer empirisches Material vor, das es erlaubt, die Entwicklung der Akademikerbeschäftigung im Zeitraum von 1961 bis 1981 nachzuzeichnen<sup>5</sup>. Das in den Abbildungen auf Seite 25 verkürzt vorgestellte Zahlenbild verdeutlicht das Gewicht, das Staat und privaten Dienstleistungen in der bisherigen Entwicklung zugekommen ist. Entscheidend für die Beschäftigungschancen von Hochschulabsolventen wird sein, inwieweit der Staat die jetzt auf den Arbeitsmarkt kommenden Hochschulabsolventen aufnehmen kann. Sollten sich hier – womit zu rechnen ist – Grenzen ergeben, wird es darauf ankommen, den privaten Dienstleistungssektor zu entwickeln. Hier liegen die wichtigsten Beschäftigungsmöglichkeiten der Zukunft. Auch für junge Hochschulabsolventen, die auf den Markt drängen, gibt es eine Chance. Es ist durchaus vorstellbar, daß Hochschulabsolventen, die keine sinnvolle Arbeitsmöglichkeit auf dem bestehenden Arbeitsmarkt finden, sich selbstständig machen und damit die Expansion des privaten Dienstleistungssektor vorantreiben. Orientiert man sich an den amerikanischen Erfahrungen, sind die Chancen in Bereichen, in denen heute Schwerpunkte der Hochschulausbildung liegen, durchaus gut. Dies gilt auch für einige der Felder, bei denen üblicherweise die Berufschancen eher zurückhaltend beurteilt werden, nämlich den sozialen Bereich. Es ist verblüffend, zu beobachten, in welchem Ausmaß sich gerade Tätigkeiten in solchen Feldern in

den Vereinigten Staaten ausgeweitet haben. Neben den sozialen Dienstleistungen sind in den USA insbesondere die kommerziellen, unternehmensnahen Dienstleistungen erheblich ausgeweitet worden. Hier liegen noch viele Felder, die in der Bundesrepublik Deutschland nicht belegt sind. Findige junge Absolventen der Universität mögen hier ihre Chance haben. Allerdings werden die Rahmenbedingungen selbständiger Tätigkeiten diesen Typs andere sein. Es ist wenig wahrscheinlich, daß von vornherein ein Akademikergehalt des öffentlichen Dienstes erzielt werden kann. Flexibilität und Mobilität in vielerlei Hinsicht sind notwendig. Die »Arbeitsplatzsicherheit« in den ersten Jahren wird weit hinter dem zurückbleiben, was öffentlicher Dienst und Großindustrie bieten. Die Vorstellung, daß mit dem Hochschulstudium die Garantie eines sicheren und gut bezahlten Jobs verbunden ist, läßt sich nicht aufrechterhalten. Finden sich aber genug Hochschulabsolventen, die bereit sind, diesen Weg zu gehen, die bereit sind, mit der Innovation, die sie von den Hochschulen mitbringen, neue Ansätze zu wagen, wird dies auch gesamtwirtschaftlich bedeutsam werden. Die Erschließung neuer Wachstumsfelder im Dienstleistungsbereich ist ein wesentlicher Beitrag zum Strukturwandel und zur Minderung unserer Beschäftigungsschwierigkeiten.

Es ist schwer zu prognostizieren, ob es zu derartigen Entwicklungen kommen wird. Es gibt allerdings schon heute zahlreiche Indikatoren, die darauf hinweisen, daß Entwicklungen dieser Art schon begonnen haben. Die vor uns liegenden Probleme auf dem Arbeitsmarkt sind nicht einfach. Sie zu lösen wird nur möglich sein, wenn alle am Arbeitsmarkt Beteiligten zusammenwirken. Die Arbeitsmarktentwicklung eröffnet aber auch Perspektiven zum Besseren. Es kommt darauf an, daß die hier liegenden Chancen wahrgenommen werden. Hierbei tragen die Hochschulen und ihre Absolventen besondere Verantwortung. Es wird darauf ankommen, daß sich Menschen finden, die diese Probleme sehen und das Risiko von Pionieren auf sich nehmen. Geschieht dies, sind die Perspektiven für Hochschulabsolventen besser als vielfach angenommen wird.

Prof. Dr. HANS-JÜRGEN KRUPP

*Institut für Konjunktur, Wachstum und Verteilung, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften, und Sonderforschungsbereich 3, »Mikroanalytische Grundlagen der Gesellschaftspolitik«.*

## kurz berichtet

### Operation nur noch bei 10% der Nierenstein-Patienten

Der Nierenlithotripter, der seit Juli in der Urologischen Abteilung des Frankfurter Universitätsklinikums in Betrieb ist, wird vielen Patienten die Operation ersparen: er zerstört Nierensteine von außen durch Stoßwellen. In vier Monaten wurden bereits etwa 200 Nierensteinbehandlungen mit dem Gerät durchgeführt. Neben einer Erhöhung der Behandlungsfrequenz liegt der Urologischen Abteilung auch daran, durch klinische Forschung die neue Methode weiter zu verbessern und den Kreis der Patienten, die für diese Behandlung in Frage kommen, zu erweitern.

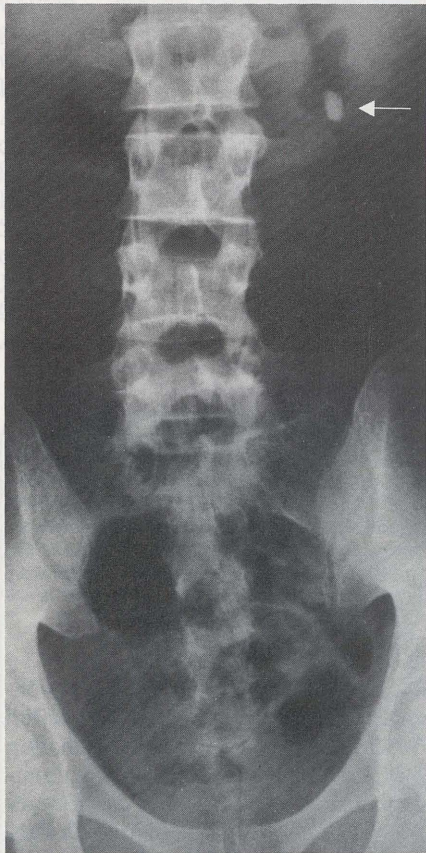
Erste Vorarbeiten zu dem neuen Verfahren wurden von Technikern der Firma Dornier durchgeführt. Sie hatten beobachtet, daß an Überschallflugzeugen und Raumflugkörpern durch Regentropfen und Mikrometeoriten erhebliche Schäden aufgetreten waren. Die Ursachen waren Stoßwellen. Sie entstehen, wenn sich ein Körper in einem Medium mit einer Geschwindigkeit bewegt, die über der für dieses Medium spezifischen Schallgeschwindigkeit liegt, und ein Sprung im Schallwiderstand eintritt, z. B. beim Auftreffen auf feste Körper. Dabei entstehen extrem hohe Druckamplituden, Stoß- und reflektierte Stoßwellen sowie Zugwellen, die zum Aufreißen des Materialverbandes führen.

Stoßwellen zur Zerstörung von Nierensteinen werden durch Unterwasserfunktentladung zwischen zwei Elektroden spitzen erzeugt. Sie sind über das Körpergewebe, das gleiche akustische Eigenschaften wie das Wasser hat, ohne Energieverlust übertragbar und schädigen den Organismus nicht. Experimentelle Untersuchungen ergaben, daß bei gezielter Exposition an Organen wie Dickdarm und Leber keine wesentlichen Störungen auftraten. Eine 500fache Stoßwellenexposition der Nieren führte weder zu makroskopischen noch mikroskopischen Veränderungen noch wurde die Nierenfunktion geschädigt (die Clearance war unverändert, die Aktivitätsanreicherung in den Szintigrammen nicht vermindert). Auch trat nach Anwendung der *Extracorpora-*



len Stoßwellen-Lithotripsie (ESWL) eine klinisch relevante Zerstörung der roten Blutkörperchen nicht auf, und die Neubildung von Lymphozyten in der gemischten Lymphozytenkultur (MLC) wurde nicht beeinflusst.

In spröden Materialien wie Nierensteinen rufen Stoßwellen mechanische Belastungen im Nanosekundenbereich hervor. Die in den Stein einlaufende Stoßwelle weist Drucke bis 1000 Bar auf,



Steine im Harnleiter verursachen besondere Beschwerden: der Harn wird nur noch unzureichend zur Blase transportiert und staut sich. Bei der Zerstörung von Harnleitersteinen mit Hilfe der Extracorporalen Stoßwellen-Lithotripsie (ESWL) besteht die Schwierigkeit, daß die Stoß- und Zugwellen infolge der Umklammerung des Steins durch das Harnleitergewebe nicht voll zur Auswirkung kommen. Durch Hochschieben des Steins mit besonderen Instrumenten oder Umspülen mit Flüssigkeit während der Zerstückerung kann diese Schwierigkeit häufig umgangen werden, so daß die Behandlung inzwischen selbst bei großen Harnleitersteinen gelingt. Im nur 3 mm dicken Harnleiter hatte sich bei diesem Patienten ein bohngroßer Stein (s. Pfeil) festgesetzt, der mit Hilfe der ESWL im Frankfurter Universitätsklinikum zerstört werden konnte. Der Patient verließ am Tage danach beschwerdefrei die Klinik.

so daß bei Druckfestigkeit üblicher Nierensteine um 100 Bar die Steine durch mehrere Impulsserien bis in Steinsand zerfallen. Stoßwellen lassen sich mit Hilfe von Reflektoren auf kleine Zonen im Organismus fokussieren, so daß die hohen Druckamplituden im Fokus auf einer Breite von 1,5 cm am Stein zur Auswirkung kommen. Die Einjustierung des Nierensteins im Brennpunkt der Stoßwelle erfolgt über ein zweiachsiges Röntgensystem, dessen Achsen sich im Stoßwellen-Fokus schneiden.

Die *Extracorporale Stoßwellen-Lithotripsie (ESWL)* bringt gegenüber der früheren offenen Operation des Nierensteins erhebliche Vorteile: Die Patienten verlassen die Klinik schneller, beim üblichen problemlosen Nierenstein bereits nach 2-6 Tagen. Sie haben keine Schnittwunde und sind deshalb schon nach Klinikentlassung schmerzfrei und arbeitsfähig. Die Erhaltung der Nierenfunktion ist optimal. 70-80% der Nierensteine konnten bisher alleine durch Stoßwellen beseitigt werden. Hier liegen aber sicher nicht die Grenzen der Methode.

In Anbetracht der außerordentlichen Bedeutung der *Extracorporalen Stoßwellen-Lithotripsie* für die Klinik - sie brachte seit Einführung der Herz-Lungenmaschine die größte Umwälzung der Therapie auf einem Einzelgebiet der Medizin - hat hier die klinische Forschung natürlich Priorität. So ist unsere Arbeitsgruppe bemüht, die Indikationen zur *ESWL* auf Problempatienten auszudehnen und die Nierensteinerzürückerung auch bei Herz-Kreislauf-Kranken, bei Schrittmachertägern oder bei Querschnittsgelähmten anzuwenden. Sehr große Nierensteine werden ebenfalls bereits in die Indikation mit einbezogen.

Durch Ausgleich der normalen Atemverschieblichkeit der Niere wird versucht werden, den Nierenstein besser im Brennpunkt der Stoßwelle einzustellen, die hohen Druckamplituden im Fokus noch gezielter auf den Nierenstein zur Einwirkung zu bringen und den Stein schneller und sicherer zu zerstören. Durch Verkürzung der Impulsserien, durch eine atemgesteuerte Auslösung der Impulse (Atemtriggerung) oder durch besondere Anästhesiemethoden scheint dies möglich zu sein. Bildverar-

beitende Röntgensysteme sollen die Einjustierung des Nierensteins zusätzlich verbessern.

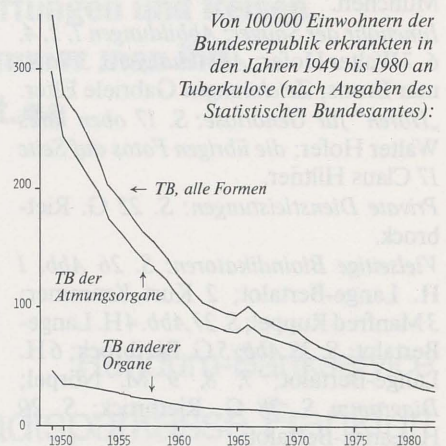
Methoden zur Erhöhung der Stoßwelleneffektivität und andere unterstützende Methoden haben bereits dazu geführt, daß auch Steine im oberen Harnleiter durch *ESWL* zerstört werden können. Daneben haben wir Fragen der Gerätetechnik bearbeitet. Eine Reihe von Verbesserungsvorschlägen wurde eingebracht.

Die bisherigen Arbeiten über die *Extracorporale Stoßwellen-Lithotripsie* in Verbindung mit ergänzenden Methoden haben dazu geführt, daß heute in der Urologischen Abteilung der Universität Frankfurt nur noch 10% der Patienten mit Nierensteinen durch offene Operationsmethoden behandelt werden müssen.

Prof. Dr. med. Wolfgang Weber, Leiter der Abteilung für Urologie im Zentrum der Chirurgie, Fachbereich Humanmedizin

## Tuberkulose nach wie vor aktuell

Kaum eine Infektionskrankheit ist im Bewußtsein der Menschen so verankert wie die Tuberkulose, die als der „weiße Tod“ eine der großen Seuchen der Menschheitsgeschichte gewesen ist. Noch 1901 starben jährlich 212 von 100 000 Einwohnern des Deutschen Reiches an Tuberkulose; damit wurde die Tuberkulose bei mehr als 10% aller Gestorbenen als Todesursache genannt. 1982 waren es nur noch 2,7 Fälle auf 100 000 Einwohner der Bundesrepublik



# Forschung Frankfurt

Wissenschaftsmagazin  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität

## Impressum

### Herausgeber

Der Präsident der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

### Redaktion und Gestaltung

Dipl.-Math. Gisela Rietbrock, Referentin für Wissenschaftsberichterstattung, Senckenberganlage 31, Postfach 111932, 6000 Frankfurt am Main, Tel. (069) 798-3266, Telex 413932 unif d

### Anzeigen

Zur Zeit gilt die Anzeigenpreisliste Nr. 2/1983; sie ist über die Redaktion erhältlich.

### Erscheinungsweise

Vierteljährlich

### Bezugsbedingungen

FORSCHUNG FRANKFURT kann gegen eine jährliche Gebühr von DM 15.- (incl. Porto) über die Redaktion abonniert werden (s. auch beiliegende Bestellkarte). Das Einzelheft kostet DM 4.-, bei Versand zzgl. Porto. Einzelverkauf u. a. in Buch- und Zeitschriftenhandlungen in Uni-Nähe und in der Pressestelle, Senckenberganlage 31, Raum 1052, 6000 Frankfurt 1, Tel. 798-2472 u. 798-2531.

### Herstellung

Gerhard Blümlein GmbH & Co. KG, Lersnerstr. 23, 6000 Frankfurt am Main

Die Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Der Nachdruck von Beiträgen ist nach Absprache möglich.

ISSN 0175-0992

## Abbildungen

**Titelbild:** Walter Hofer.

**Seite 1:** oben Roland Mischung; **Mitte** Walter Hofer; **unten links** G. Rietbrock; **unten rechts** Manfred Ruppel.

**Umweltverhalten:** S. 2/3 Thomas Michel; S. 6/7 Roland Mischung.

**Technische Normung:** S. 9 oben Adam Opel AG; S. 9 unten Deutsches Museum München.

**Innenrohr der Säuger:** Abbildungen 1, 2, 4, 6, 7 Walter Hofer; Abbildungen 3, 5 Volkmar Bruns; **Zeichnungen** Gabriele Elter.

**„Hören“ für Gehörlose:** S. 17 oben links Walter Hofer; **die übrigen Fotos auf Seite 17** Claus Hiltner.

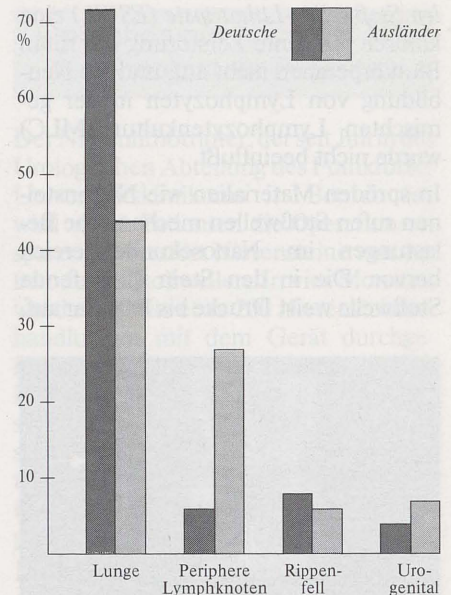
**Private Dienstleistungen:** S. 22 G. Rietbrock.

**Vielseitige Bioindikatoren:** S. 26 **Abb. 1** H. Lange-Bertalot; **2** Kurt Krammer; **3** Manfred Ruppel; **S. 27 Abb. 4** H. Lange-Bertalot; **S. 28 Abb. 5** G. Rietbrock; **6** H. Lange-Bertalot; **7, 8, 9** M. Nörpel; **Diagramm S. 28** G. Rietbrock; **S. 29** H. Lange-Bertalot.

## kurz berichtet

Deutschland. Dementsprechend ist bei uns auch die Zahl der gemeldeten Neu- und Wiedererkrankungen in den vergangenen Jahrzehnten drastisch zurückgegangen, von 344 auf 100 000 Einwohner im Jahre 1949 auf 35 pro 100 000 im Jahre 1982. So ist die Tuberkulose eines der besten Beispiele für den Erfolg der Seuchenbekämpfungsmaßnahmen, die im 19. Jahrhundert begannen, nachdem man die infektiösen Ursachen erkannt hatte. Besonders wichtige Daten sind die Entdeckung des Tuberkulose-Erregers *Mycobacterium tuberculosis* (bzw. *bovis*, *avium* und *africanum*) durch Robert Koch 1882, die Einführung der Heilstättenbehandlung auf breiter Basis seit ca. 1900, die Anwendung der Tuberkulose-Impfung (BCG-Impfung) seit 1921 und schließlich der Beginn der Chemotherapie nach dem 2. Weltkrieg. Darüber hinaus waren die Verbesserung der allgemeinen Lebensbedingungen, die Verkleinerung der Familien und damit die Verminderung der Zahl von Infektionsgefährdeten bei einem Erkrankungsfall und der verbesserte Infektionsschutz durch Kenntnisse über Erreger und Ausbreitung wahrscheinlich von Bedeutung.

Es wäre jedoch falsch, aus dem eindrucksvollen Rückgang der Erkrankungshäufigkeit auf ein baldiges Aussterben der Tuberkulose zu schließen. Sie ist weiterhin eine der häufigsten Infektionskrankheiten. Derzeit werden etwa 20 000 Neu- oder Wiedererkrankungen pro Jahr in der Bundesrepublik gemeldet. Davon sind ein Drittel als ansteckend („offen“) zu betrachten. Männer, insbesondere in höherem Lebensalter, erkranken etwa doppelt so häufig wie Frauen. Die Infektion mit Tuberkel-Bazillen erfolgt auf dem Luftwege als Tröpfcheninfektion. In über 90 % der Fälle wird sie nach Ansteckung ohne Krankheitszeichen überstanden. Nur relativ selten kommt es zu einer Tuberkulose, die vorwiegend die Lunge befällt, darüber hinaus jedoch nahezu sämtliche übrigen Organe bei Ausbreitung der Erreger auf dem Blutwege (s. Abb.). Eine derartige Streuung kann noch Jahre nach der Erstinfektion eintreten, selbst bei ausreichender Erstbehandlung, sofern sich die Resistenzlage des Infizierten ändert.



454 TB-Fälle wurden von Januar 1979 bis Oktober 1984 im Frankfurter Universitätsklinikum diagnostiziert, 266 bei deutschen und 188 bei ausländischen Patienten. Bei Deutschen und Ausländern sind einzelne Organe unterschiedlich oft von TB befallen: Knapp 3/4 der Deutschen, aber weniger als die Hälfte der Ausländer hatten Lungen-TB. Bei Ausländern waren andere Organe, insbesondere die Lymphknoten der Halsregion, entsprechend häufiger betroffen. Dies liegt wahrscheinlich an der unterschiedlichen Resistenzlage. Während bei der deutschen Bevölkerung oft resistenzgeminderte (Alkohol!) und ältere Menschen betroffen sind, erkranken unter den Ausländern heute jüngere Patienten mit besserer Abwehrlage, bei denen die TB nur begrenzte Regionen befällt.

Die Behandlung wird in der Regel während eines 2-3monatigen stationären Aufenthaltes mit einer Kombination von 3 bis 5 Medikamenten mit unterschiedlicher Wirkung auf die Erreger eingeleitet. Dadurch werden auch Bakterien abgetötet, die gegen eines oder mehrere der eingesetzten Medikamente resistent sind. Während bis in die 70er Jahre die Behandlung noch etwa zwei Jahre dauerte, genügen heute — je nach Schwere des Falles — 9 bis 12 Monate, von denen die letzten zwei Drittel nur noch ambulant überwacht werden. Während dieser Zeit besteht in der Regel Arbeitsfähigkeit.

Die hier geschilderten Verhältnisse gelten nur für die hochindustrialisierten Staaten. In der übrigen Welt, insbesondere den Entwicklungsländern, ist die Tuberkulose unverändert eine der

## kurz berichtet

häufigsten Todesursachen. Weltweit wird mit etwa 8-10 Millionen jährlicher Neuerkrankungen gerechnet. Zwei Drittel der Kranken sterben innerhalb zweier Jahre, da sie nicht behandelt werden können. In manchen Ländern liegt die jährliche Neuerkrankungsrate mehr als zehnmals so hoch wie in den Industriestaaten, so z. B. bei 475 von 100 000 Einwohnern in Botswana, 189/100 000 in Bolivien oder 360/1000 000 in Vietnam. Auch im europäischen Süden und Osten werden höhere Erkrankungsraten gemeldet, so über 50/100 000 in Jugoslawien und Griechenland.

Die große Zahl ausländischer Mitbürger, Asylsuchender und Touristen aus Ländern mit hohen Tuberkuloseraten stellt heute einen nennenswerten Anteil der Erkrankten in der Bundesrepublik dar. So waren unter den 381 stationär behandelten Tuberkulose-Patienten von Januar 1979 bis Oktober 1984 im Frankfurter Universitätsklinikum etwa 40% Ausländer, während ihr Anteil an der

Frankfurter Bevölkerung etwa 20% beträgt. Darüber hinaus steigern die höheren Tuberkulosezahlen in dieser Bevölkerungsgruppe auch das Infektionsrisiko der einheimischen Bevölkerung. Maßnahmen der Früherkennung müssen sich daher besonders auf Ausländer erstrecken.


Die geschilderte Situation der Tuberkulose macht es verständlich, daß es für Ärzte weiterhin unerlässlich ist, Krankheitszeichen, Verfahren der Krankheitserkennung, der Therapie und Vorbeugung zu beherrschen und bei einer Vielzahl von Beschwerden auch die Tuberkulose in die Differentialdiagnose miteinzubeziehen. Zunächst sind die Symptome, z. B. Abgeschlagenheit und geringe Erhöhung der Körpertemperatur, und die Laborbefunde uncharakteristisch. Selbst ein positiver Tuberkulintest zeigt lediglich, daß irgendwann eine Tuberkulose-Infektion stattgefunden hat, jedoch nicht, daß eine akute Erkrankung vorliegt. Bei fortgeschrittener

Tuberkulose können gelegentlich Beschwerden von seiten der Lunge auftreten, wie Husten und Auswurf. So sollte, wenn unter der üblichen Behandlung ein Husten nach drei Wochen nicht abklingt, eine Röntgenaufnahme der Lunge angefertigt werden, um eine mögliche Tuberkulose oder auch Lungenkrebs erkennen zu können. Bei frühzeitiger Diagnose der Erkrankung führt die Behandlung zu einer folgenlosen Abheilung, bei Verknennung können unverändert schwere, manchmal lebensbedrohliche Krankheitsbilder entstehen. Besonders zu denken ist an die Tuberkulose, wenn eine Resistenzminderung des Patienten vorliegt, wie dies bei Alkoholmißbrauch, Zuckerkrankheit, bösartigen Erkrankungen, Kortikosteroidbehandlung, Nierenversagen und neuerdings AIDS der Fall ist.

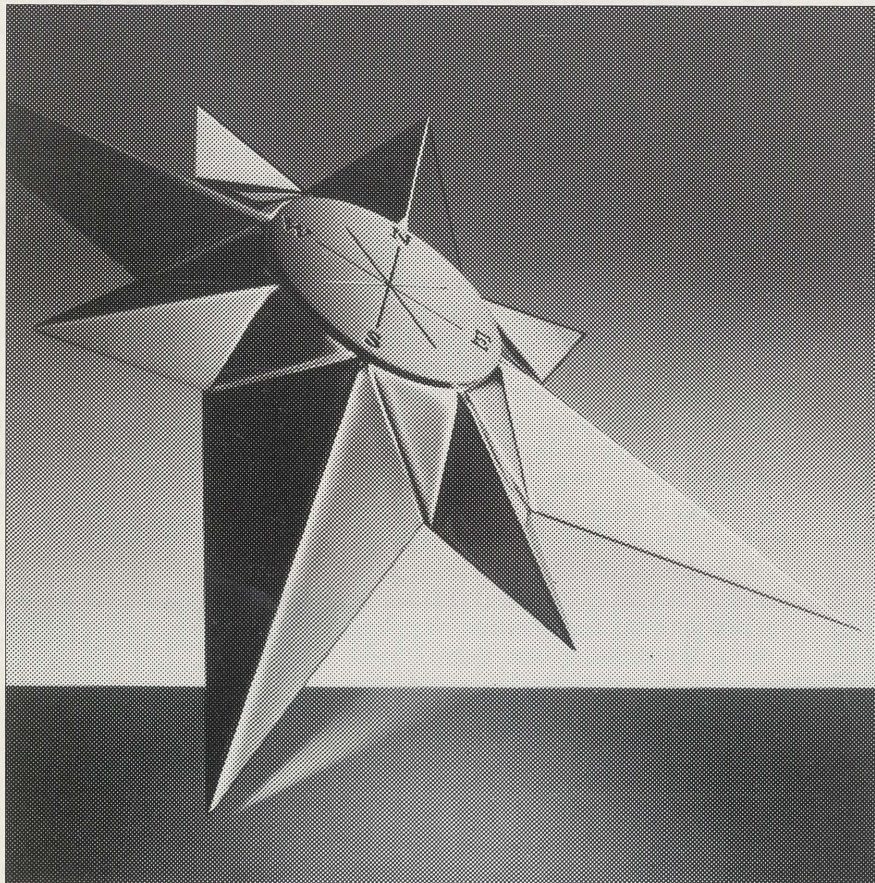
*Priv.-Doz. Dr. Gerhard Schultze-Werninghaus  
Zentrum der Inneren Medizin, Abteilung für Pneumologie,  
Fachbereich Humanmedizin*



●● Es ist so einfach,  
rundum Kredit zu haben:  
S-Kredit zum Beispiel für  
Anschaffungen und Reisen.  
Wann immer man ihn  
braucht. ●●

Rundum-Bankservice  
 Stadtsparkasse Frankfurt

# Nur wer das Ziel kennt, kann die Richtung zeigen.



Als große internationale Bank haben wir das Instrumentarium, um Ihren Standort zu bestimmen und den Weg zu Ihrem Ziel zu zeigen.

Sprechen Sie mit uns.

## Deutsche Bank



Filiale Frankfurt, Roßmarkt 19, Telefon (06 11) 2 14-1  
Mehr als 90 Geschäftsstellen in Hessen