

1408

A 355

Wissenschaftsmagazin
Friedrich-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt

Forschung Frankfurt



Indische Kultur zwischen Tradition und Moderne ·
Orientierung von Brieftauben · Mensch und
Technik: Interdisziplinäre Technikfolgenforschung ·
Geologische Expedition in die Shackleton Range ·
Die ersten Ökobauern: Archäobotanische Untersuchun-
gen in der Wetterau · Geschlechtsunterschiede in
der Streßverarbeitung · Biomechanik im Leistungs-
sport · Eine Pflanze testet den Weltraum

1/2
1988

6. Jahrgang · DM 6,-

Wir helfen Ihnen mit Sicherheit

Als Kunde der Allianz haben Sie selbstverständlich Anspruch auf schnelle Hilfe im Schadenfall und auf die pünktliche Auszahlung Ihrer Lebensversicherung.

Doch wir tun noch mehr für Sie.

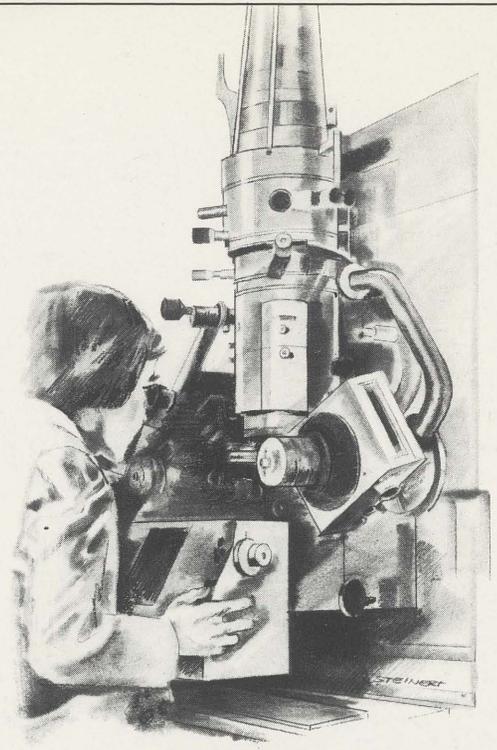
Mit den modernsten Methoden untersuchen Allianz Ingenieure in der Schadenforschung Autos und Kraftwerke, Maschinen und Bauten. Sie tragen dazu bei, daß die Technik sicherer wird und daß viele Schäden verhindert werden.

Das ist auch Ihr Vorteil, selbst wenn Sie gar nicht bei uns versichert sind.

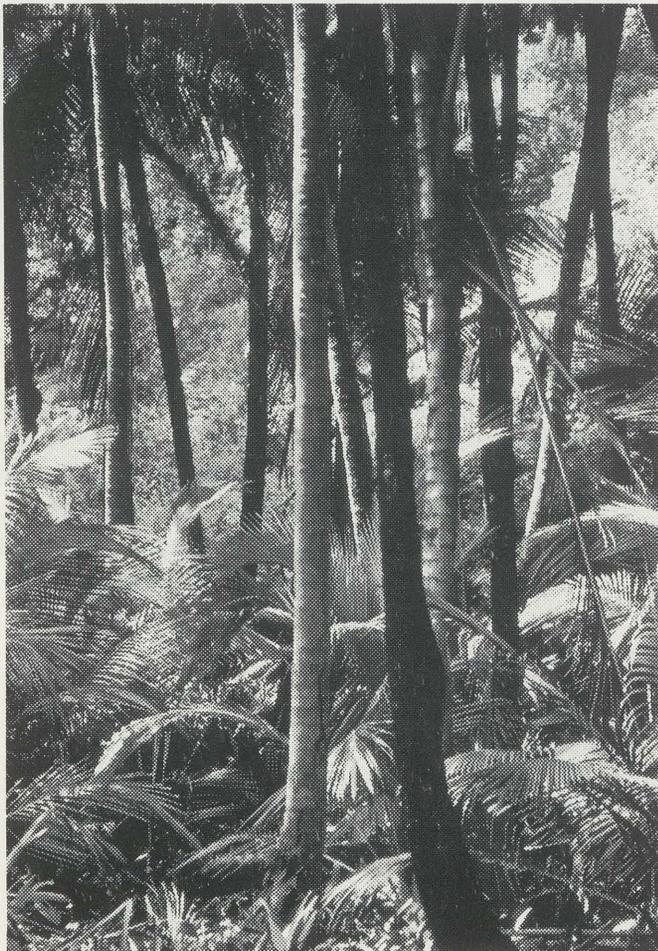
Welche Versicherung tut mehr für Sie?

Zsq 12120

hoffentlich Allianz versichert



Allianz



MIT SCHNELLEN KREDITEN EBNEN WIR IHNEN DEN BESTEN WEG

Konditionen sind im Kreditgeschäft die eine Seite. Oft entscheidender ist die andere: die Schnelligkeit von Zusage und Verfügbarkeit.

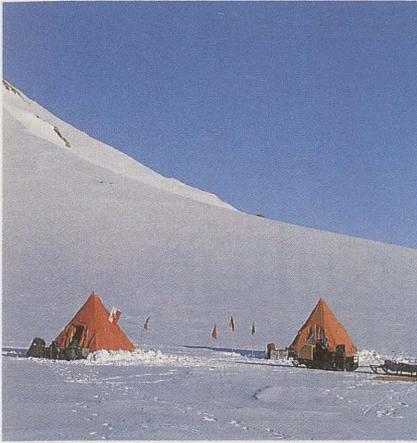
Durch ein neues Konzept ist es noch einfacher – und vor allem schneller – möglich, Kreditwünsche mit der Stadtparkasse Frankfurt zu realisieren: durch Dezentralisierung. Die Gesprächspartner in den Zweigstellen verfügen über Kompetenzen, mit denen sie an Ort und Stelle Entscheidungen treffen, Zusagen machen können.

Kredite sind für uns mehr als bloße Geldgeschäfte. So stellen wir die internationalen Brancheninformationen unserer elektronischen Datenbank zur Verfügung. Mit der Kreditvergabe wird bei uns aus Beratung Betreuung. Das Prinzip »Beratung plus Betreuung« gilt übrigens auch fürs Leasinggeschäft.

All das nennen wir den Stadtparkasse-Finanzierungs-Service.

Stadtparkasse Frankfurt
Rundum-Bankservice





Im Südsommer 1987/88 hatte ein Team von 10 Geologen die Gelegenheit, das Gebiet der 'Shackleton-Range' in der Antarktis zu bereisen, um die geologischen Einheiten detailliert aufzunehmen und zu beproben. Ziel ist es, das Wachstum des 'Superkontinents' Gondwana aufzuklären (S. 24).

Es ist bekannt, daß Tauben ihren Heimatschlag mit Hilfe des Sonnenkompasses bzw. des Magnetkompasses auffinden können. Aber wie die Bestimmung der Heimrichtung als Kompaßrichtung vor sich geht, ist noch weitgehend unerforscht (S. 11).

In den letzten 20 Jahren hat sich Indien politisch, wirtschaftlich, gesellschaftlich und kulturell in bisher nie dagewesener Weise verändert. Dieser Umbruch spiegelt sich auch in der Literatur- und Kulturszene wider (S. 2 und Titelfoto).

Die Pflanze Arabidopsis thaliana hat sich als sehr geeignetes Testobjekt zur Untersuchung von Strahlen- und Mikrogravitationseinflüssen im Weltraum erwiesen. An ihr als 'Ersatz-Astronaut' sollen vor allem die Auswirkungen der Schwerionenstrahlung erforscht werden (S. 50).

Die Bedingungen, Ziele und Folgen der Technikgestaltung sowie die Formen der Technikbewertung sind zunehmend sozial relevant. Die Gefahren der Verselbständigung technischer Entwicklungen sind dabei ebenso akut wie die Probleme des Motivations- und Wertewandels und die Zunahme psychosomatischer Leiden. (S. 18).



Forschung Frankfurt

Wissenschaftsmagazin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität

Inhalt

Indische Kultur zwischen Tradition und Moderne von Dieter Riemenschneider	2
Heimkehr nach Frankfurt: Orientierung von Brieftauben von Roswitha und Wolfgang Wiltschko	11
Mensch und Technik: Interdisziplinäre Technikfolgenforschung als soziale Wirkungsforschung von Ingrid B.-Lisop	18
GEISHA 1987/88 Geologische Expedition in die Shackleton Range (Antarktis) von Georg Kleinschmidt und Hans-Martin Braun	24
Geschlechtsunterschiede in der Streiferverarbeitung von Fritz Stüllwold	30
Die ersten Öko-Bauern? Archäobotanische Untersuchung einer 7500 Jahre alten Siedlung in der Wetterau von Angela Kreuz	35
Biomechanik im Leistungssport von Rainer Ballreich und Dietmar Schmidtbleicher	42
Eine Pflanze testet den Weltraum von Albert R. Kranz	50
kurz berichtet Modulare Sprachsignalanalyse mit dem PC - Entwicklung neuer Untersuchungsmethoden in der Phonetik von Fred Englert und Hans-Walter Wodarz	55
Impressum	56
Abbildungsnachweis	56

1/2
1988

Nicht zu Unrecht erwartet man, daß die wissenschaftliche Beschäftigung mit Indien zuvörderst Aufgabe eines Instituts für Indologie oder Indogermanistik sein dürfte, und dies ist an der hiesigen Universität auch durchaus der Fall. Stößt man dann aber an einem Institut wie dem für England- und Amerikastudien auf Lehrveranstaltungen zur indischen Literatur, ist man doch ein wenig verwundert. Aber ein näherer Blick auf die Titel von Vorlesungen und Seminaren klärt schnell darüber auf, daß es sich hier um die in englischer Sprache abgefaßte indische Literatur handelt, die so benannte indo-englische Literatur. Ebenso wie eine Reihe anderer „neuer“ englischer Literaturen – etwa die kanadische oder die australische – entwickelte sie sich als eine der Folgen des britischen Kolonialismus und hat sich inzwischen, trotz der Unabhängigkeit Indiens seit 1947, fest etabliert. Am Institut für England- und Amerikastudien hat man von dieser Erweiterung des traditionellen englischen und amerikanischen Literaturkanons seit einigen Jahren Kenntnis genommen und die „neuen“ englischen Literaturen – einschließlich der indo-englischen – im Ausbildungsgang des Magisterstudiums und als Forschungsgegenstand fest verankert. Das besondere Interesse gilt der jüngsten Entwicklung, d. h. dem Zeitraum der letzten zwanzig Jahre, in denen Indien sich politisch, wirtschaftlich, gesellschaftlich und kulturell in einer bisher nie dagewesenen Weise verändert hat. Die folgenden Ausführungen zur indo-englischen Literatur der siebziger und achtziger Jahre sollen einen kleinen Einblick vermitteln, wie sich dies in der Literatur und der Literaturszene des Landes widerspiegelt.

Seit 1947 lassen sich drei Phasen unterscheiden. Die erste, die Anfang der sechziger Jahre zu Ende ging, kennzeichnete ein deutliches Übergewicht der erzählenden Prosa, die zumeist noch von britischen Verlegern publiziert wurde; von einem eigenständigen indischen Verlagswesen ließ sich zu jener Zeit noch nicht sprechen. Thematisiert wurden sozialpolitische Fragen vor dem Hintergrund des Gegensatzes Indien – Europa, während es den Autoren politisch um die Auseinandersetzung mit dem Kolonialismus ging. Das Schicksal des einzelnen als Individuum trat hinter den großen Themen wie Widerstand und Unabhängigkeit, Sozialkritik und Identitätssuche einer Nation zurück; literarische Charaktere repräsentierten so-

Indische Kultur zwischen Tradition und Moderne

Von Dieter Riemenschneider





2

Abbildung 2:
Indian Game (Tempora)
 von K. Sreenivasulu (1956).
 Sreenivasulu (geb. 1926
 im Staat Andhra Pradesh)
 ist einer der bekann-
 testen zeitgenössischen
 Maler, dessen Bilder durch
 die indische Volkskunst
 angeregt und beeinflusst
 wurden. Seit seiner
 Kindheit ist er mit der
 einheimischen Kunst vertraut
 und später hatte er
 Gelegenheit, indisches
 Theater und indischen Tanz
 zu studieren. Seine
 Bilder haben durch die
 geschwungene Linienführung
 und die Farbmuster
 eine imposante Wirkung
 und sind schon alleine
 dadurch sehr dekorativ.

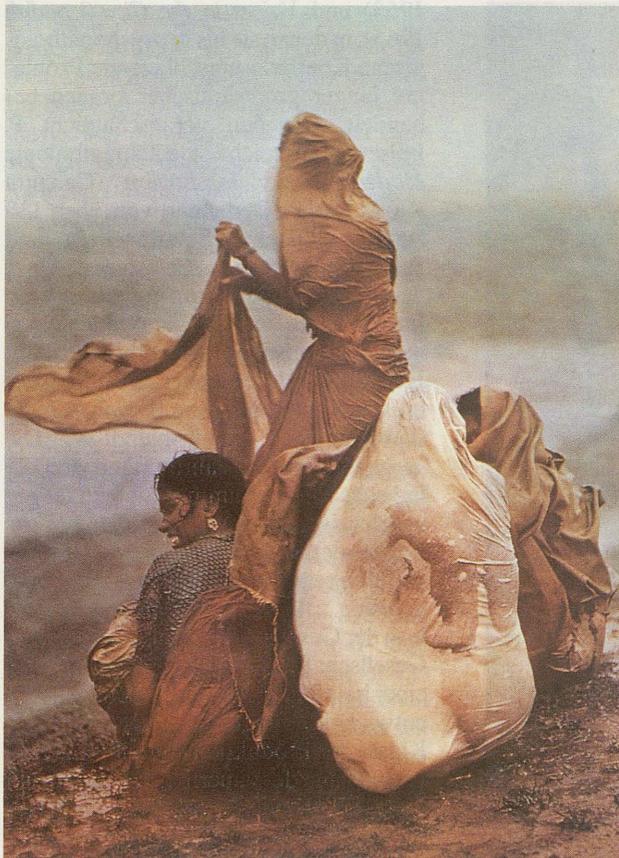
Abbildung 1:
Ganapati (oder
 Ganescha, der Elefanten-
 gott, Beseitiger aller
 Hindernisse) von dem
 bengalischen Künstler
 Jogen Chowdhury gemalt.
 Es ist ein Beispiel für
 die moderne künstlerische
 Verarbeitung einer
 mythisch-religiösen Figur.

ziale und politische Gruppen und Kräfte
 des Landes. Dargeboten wurden Roma-
 ne und Kurzgeschichten auf realistische,
 gelegentlich auch auf naturalistische
 Weise, beides Erzählhaltungen, die von
 den herausragenden Autoren dieses Ab-
 schnitts – Mulk Raj Anand, Raja Rao,
 Khushwant Singh oder Bhabani Bhatta-
 charya – aus der europäischen Erzähl-
 tradition übernommen und in die indi-
 sche eingeführt wurden.

Der zweite Abschnitt, der bis etwa An-
 fang der siebziger Jahre andauerte, stell-
 te eine Übergangsphase dar, in der sich
 in der Literatur die weitreichenden ge-
 sellschaftlichen Wandlungsprozesse w-
 iderspiegeln, die Indien nach der Konsoli-
 dierung der politischen Unabhängigkeit
 kennzeichneten. Die großen nationa-
 len Themen traten nun in den Hinter-
 grund, doch das entstehende Vakuum
 wurde nur erst spärlich mit neuen Th-
 men und Darbietungsweisen gefüllt.
 Viele Autoren wandten sich von Proble-
 men der Öffentlichkeit ab und began-
 nen, sich der individuellen Auseinander-
 setzung der Menschen mit Umwelt und
 tradierten Rollen zu widmen. Diesen
 Wandel illustrieren etwa die beiden er-
 sten Romane der inzwischen bekannte-
 sten modernen indischen Erzählerin,
 Anita Desai, *Cry, the Peacock* (London

1963) und *Voices in the City* (London
 1965), in denen sie bis in psychopatho-
 logische Konflikte umschlagende Proble-
 me junger großstädtischer Frauen be-
 handelt. Daneben veranschaulicht P.
 Lals umfangreiche Gedichtanthologie
Modern Poetry in English (Calcutta
 1969) in den Gedichten von über 130
 zumeist jüngeren Schriftstellern und
 Schriftstellerinnen ein Selbstverständnis,
 das in der Beschäftigung mit der eigenen
 Innerlichkeit das hervorragende Mo-
 ment dichterischen Tuns erblickte. Adil
 Jussawalla, Herausgeber der repräsen-
 tativen Anthologie *New Writing in India*
 (Penguin 1974), merkt hierzu an: „Die
 vergangenen zehn Jahre zeigen, daß die
 indische Literatur immer subjektiver ge-
 worden ist, und man kann dies nur als
 Beweis der Regression ansehen, [als] die
 Unfähigkeit der indischen Kleinbour-
 geoisie . . ., für sich eine dynamische Rol-
 le in der Gesellschaft zu entdecken, einer
 Gesellschaft, die sich allmählich aus
 einer halbfeudalen in eine kapitalistische
 entwickelt.“ Eingezwängt zwischen die
 Klasse der Produktionsmittelbesitzer ei-
 nerseits und der bäuerlichen Massen und
 dem wachsenden Proletariat ander-
 seits, quält sich die Kleinbourgeoisie mit
 den eigenen Widersprüchen.

Im dritten Abschnitt schließlich, der bis
 in die Gegenwart hineinreicht, konsoli-
 diert sich diese gesellschaftliche Schicht
 ökonomisch – was sich in steigenden
 Reallöhnen und besseren Arbeitsmög-
 lichkeiten niederschlägt –, und dies be-
 deutet zugleich auch eine stärkere Aus-
 richtung auf Konsumverhalten nach
 westlichem Vorbild. Die literarischen
 Themen, die nun in den Vordergrund
 treten, deuten die Aufspaltung des bisher
 zwar sehr kleinen, aber doch in sich
 geschlossenen literarischen Marktes in
 zwei qualitativ verschiedene Märkte an.
 Der eine bietet literarisch anspruchsvol-
 le Literatur für eine kleine, gebildete
 Leserschaft, der andere unterhaltende,
 leichte, auf Konsumierung zielende Un-
 terhaltungs- und Trivialliteratur. Was
 beide verbindet, sind Themen und Pro-
 bleme der gesellschaftlichen Schicht,
 aus der sie ihren Ausgang nehmen. Nur
 wenige Werke überschreiten die eigenen
 sozialen Grenzen, sei es, daß sie sich
 nationalen Themen widmen und so ein
 alle Klassen und Schichten umfassendes
 Lesepublikum ansprechen wollen, sei es,
 daß sie eine Wirklichkeit verarbeiten,
 die der eigenen fremd ist – etwa die der
 oberen Mittelschicht oder die der Bau-
 ern, des städtischen Proletariats oder der



3

Abbildung 3:
Caught in the Storm
von Raghubir Singh,
einem brillanten
Poeten der Fotogra-
phie Indiens. Das Bild
hält einen seltenen
Moment in der
Wüstensteppe von
Rajasthan fest – einen
plötzlichen Sturm
mit Regengüssen und
wildem Treiben von
Wolken und Wind.
Der angespannte
Gesichtsausdruck der
Frau, die am Boden
hockt, läßt uns die
Empfindungen
der Menschen aus
Dürregebieten erah-
nen, die lange
Monate in ständiger
Hitze auf den
erlösenden Regen
gewartet haben.

Kastenlosen. Das heißt, die indische Literatur, die etwa Ende der sechziger, Anfang der siebziger Jahre einsetzt, hat einen relativ begrenzten, wenn nicht gar beschränkten Horizont im Auge. Paradoxerweise läßt sich ihr freilich ein kosmopolitisches Moment nicht absprechen, das darin gründet, daß die Literatur nun ihre einstmaligen regionalen, wenn nicht gar provinziellen Grenzen und Begrenzungen überschreitet, weil die Themen und Probleme der überwiegend städtisch geprägten Kleinbourgeoisie sich in allen Metropolen und städtischen Ballungsräumen des Landes wiederfinden lassen. Was in Kalkutta und Delhi geschrieben und veröffentlicht wird, liest man auch – wenn man liest – in Bombay, Hyderabad, Bangalore, Madras und Puna. Das expandierende Verlagswesen, die steigende Buchproduktion, Zeitungen und Zeitschriften tun ein übriges dazu, die intrametropole Kommunikation zu verbessern, zu konsolidieren und hier einen Markt entstehen zu lassen, der die ohnehin existierende Kluft von Stadt und Land noch verbreitert. Die Autoren selbst fühlen sich nicht länger an ihre Heimatregion oder -stadt gebunden. Für die Thematik und literarische Qualität der Romane Anita Desais ist es unerheb-

lich, ob sie in Kalkutta, Bombay oder Delhi geschrieben wurden. Damit tritt nun auch ein ganz anderes Charakteristikum dessen, was unter dem Begriff „indisch“ zu verstehen ist, auf den Plan. Es wird weniger von einer bestimmten Sensibilität, der Wahl einer Sprache, regionaler Herkunft oder einer charakteristischen Thematik bestimmt als von gesellschaftlich geprägten und sozio-ökonomisch hergeleiteten Merkmalen. Ein zweites Bestimmungsmoment dieser jüngsten Epoche liegt in der allmäh-

Abbildung 4: 4
Fischer bei der Arbeit in Kerala, an der SW-Küste Indiens. Die Fischerei (auf Sardinen und Garnelen) ist allerdings nur von lokaler Bedeutung; die Landwirtschaft (Reis, Kokospalmen, Ananas, Zuckerrohr, Baumwolle, Erdnüsse, Pfeffer und Kardamom) ist in Kerala der dominierende Erwerbszweig.



lichen Öffnung der indischen Literatur zu Themen und Formen der westlichen Literaturen. Nun gilt Jussawallas Feststellung über die sechziger Jahre nicht länger, daß Autoren und Leser in Indien traditionellerweise eher metaphysischen und philosophisch-spekulativen Texten gegenüber aufgeschlossen seien als etwa sozialkritischen. Vielmehr zeigt das gewandelte Leseinteresse an, daß für den einzelnen die zunehmende Säkularisierung des täglichen Lebens immer größere Wichtigkeit beansprucht. Darüber hinaus hat die Mobilität gerade innerhalb der literarisch produktiven Gesellschaftsschicht zugenommen. So spiegelt ein nicht unwichtiger Teil der modernen indischen Literatur gerade solche Erfahrungen wider, die aus dem Erlebnis einer fremden Welt herrühren, z. B. in Arun Joshis *The Foreigner* (Bombay 1968), Santa Rama Raos *The Adventuress* (London 1971) oder Shiv K. Kumars *The Bone Prayer* (New Delhi 1979). Ergänzt werden solche Werke durch vor allem in England verfaßte Romane, Kurzgeschichten und Autobiographien indischer Autoren, die im freiwillig gewählten „Exil“ leben, so etwa Salman Rushdies *Midnight's Children* (London 1981) oder Farrukh Dhondys Kurzgeschichtensammlungen *East End at Your Feet* (London 1976) und *Come to Mecca* (London 1978).

Ein weiterer wichtiger Faktor in der jüngsten Entwicklung ist die außerordentlich hohe Zunahme literarischer Veröffentlichungen in allen indischen Sprachen, wobei Englisch jedoch seine führende Stellung wahrte. Neue Verlage entstanden, bereits existierende weiteten ihre Programme aus oder begannen, literarische Reihen zu publizieren, wie z. B. die *Bell Books*, *Hind Pocket Books*

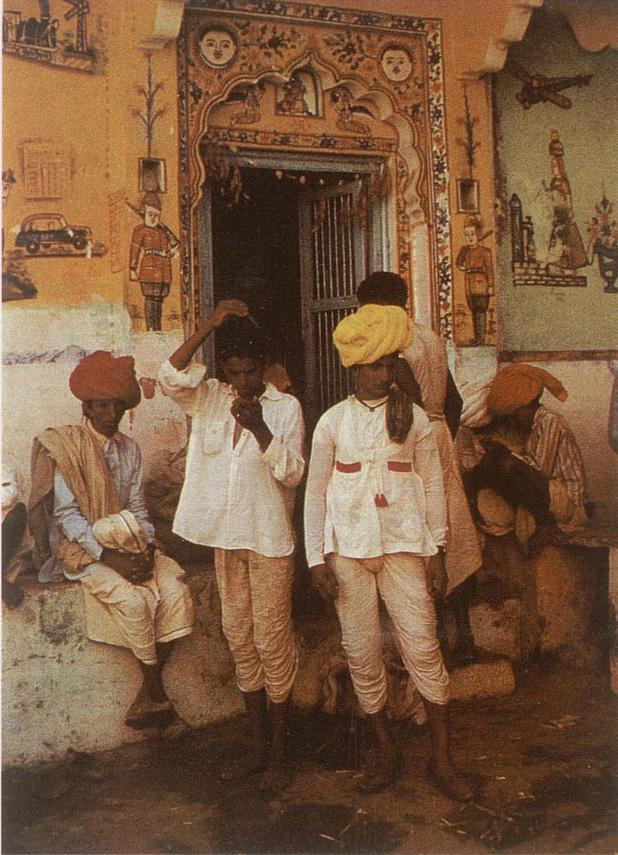


Abbildung 5: Die jungen Rajput-Männer stehen vor einem Haus in Pushkar, Rajasthan, NW-Indien. Sie haben die feinen Gesichtszüge und die hochgewachsene Statur, die typisch für ihre Kaste sind. Sie sind traditionell gekleidet mit: dem dhoti, einem Lendentuch, das eng um die Beine geschlungen wird, einer kabja oder Tunika, die vorne geknöpft wird und einem hellgefärbten pagri oder Turban. Die Wandmalerei am Haus stellt zeitgenössische Symbole der Macht dar: zwei Wächter, einen Wagen, einen Zug und ein Flugzeug.

oder die *Orient Paperbacks*. Arnold-Heinemann New Delhi führte gleich drei Reihen ein: *Indian Poetry Series*, *Indian Short Story Series* und *Indian Novel Series*. 1976 begann Oxford University Press mit der Herausgabe der *New Poetry in India*-Reihe, in der die besten zeitgenössischen Dichter erscheinen, so Nissim Ezekiel, A. K. Ramanujan oder R. Parthasarathy. D. K. Publishers-Distributors begann mit der Veröffentlichung einer „Bibliography of English Publications in India“, und New Ground machte sich die Erstveröffentlichung bisher noch unbekannter Autoren zur Aufgabe. Förderung erfuhr die Literatur auch durch die regelmäßige Verleihung von Preisen für Erstveröffentlichungen durch die National Sahitya Akademi in New Delhi. Arnold-Heinemann stiftete den E. M. Forster Award, den als erster Autor Mulk Raj Anand erhielt.

Neben Verlagen und staatlichen Unternehmen wie der Sahitya Akademi oder dem National Book Trust muß die Arbeit P. Lals und seines Ein-Mann-Verlages, Writers Workshop, in Kalcutta erwähnt werden. Seit der Gründung des Workshop 1958 veröffentlichte Lal etwa

300 Lyrikanthologien einzelner Autoren, dazu 40 Übersetzungen und ein Dutzend Gedichtsammlungen. An Prosa liegen bisher zwanzig Romane und ein Dutzend Kurzgeschichtensammlungen vor sowie noch einmal jeweils ein Dutzend übersetzte Romane und Kurzgeschichtenanthologien. Mit der Veröffentlichung von ca. 35 Dramen bzw. Sammlungen ist der Writers Workshop der bei weitem führende Verlag auf diesem Gebiet. P. Lal, selbst Lyriker und Übersetzer, muß als der herausragende

Abbildung 6: 6 Secunderabad, im Bundesstaat Andhra Pradesh, liegt im Norden anschließend an Hyderabad. Es ist das flächenmäßig größte Cantonment Indiens. Hier zeigt sich deutlich der Einfluß der westlichen Konsumgesellschaft (Coca Cola-Reklame) und der Wechsel zwischen Tradition und Moderne.



Entdecker und Sachwalter der indischen Literatur bezeichnet werden, und dies trotz sehr geringer finanzieller Mittel und einem im Grunde nicht existierenden Vertriebssystem.

Neben den Buchverlagen haben Zeitschriften und Tageszeitungen dazu beigetragen, Kurzgeschichten und Gedichte vorzustellen, Buchbesprechungen und Sammelrezensionen aufzunehmen. Da die führenden Zeitschriften und Zeitungen Indiens in englischer Sprache erscheinen, wird der englischsprachigen Literatur und Übersetzungen besonders viel Platz eingeräumt. Weniger etabliert sind dagegen die modernen Literaturen in Rundfunk und Fernsehen. Während der Rundfunk immerhin den traditionellen Literaturen, insbesondere der religiösen, in den Landessprachen Zeit einräumt, hat sich das indische Fernsehen ganz eindeutig Konsuminteressen zugewandt. Literatur findet hier so gut wie keine Aufmerksamkeit. Der Film dagegen hat gerade in den siebziger Jahren vor allem bei jüngeren Regisseuren und Produzenten in der Literatur verfilmbare Vorlagen erblickt und sie genutzt. Zu nennen sind hier einige der Merchant Ivory Produktionen wie *Shakespeare Wallah*, *The Householder* und *Heat and Dust*, die auf literarischen Vorlagen der Autorin Ruth Praver-Jhabwalla beruhen. Weitere Beispiele sind die Verfilmung von R. K. Narayans Roman *The Guide*, Ram Nagarhars *Ramnagri* oder die *Apu-Trilogie* Satyajit Rays.

Was läßt sich nun zur indischen Literatur selbst sagen, zu ihren Themen und Formen, zu ihrer literarischen Qualität? Hierzu kann an dieser Stelle sicher nur stark verallgemeinernd Stellung genom-

Selbstvorstellung

Ich versteh nichts von Politik, doch kenne die Namen
 Der Mächtigen, kann sie aufzählen, wie
 Tage der Wochen oder Namen der Monate, angefangen
 Mit Nehru. Ich bin Inderin, dunkelbraun, geboren in
 Malabar, ich spreche drei Sprachen, schreibe in
 Zwei, träume in einer. Schreib nicht englisch, sagten sie,
 Englisch ist nicht deine Sprache. Warum laßt ihr
 Mich nicht gehn, Kritiker, Freunde, Cousins auf Besuch,
 Ein jeder von Euch? Warum laßt ihr mich nicht sprechen
 Die Sprache, die ich mag? Wenn ich sie spreche,
 Wird sie die meine, ihre Verformungen, Absonderlichkeiten
 Mein eigen, mein nur allein. Halb englisch, halb
 Indisch, komisch vielleicht, doch aufrichtig,
 So menschlich wie ich,
 Seht ihr das nicht? Sie faßt meine Freude in Worte, mein Sehnen
 Und Hoffen, dient mir wie das Krächzen
 Den Raben, das Brüllen den Löwen, ist
 Menschliche Sprache, die Sprache der Sinne, hier
 Und nicht dort, der Sinne, die sehen und hören, erkennen.

(1965)

An die Schriftsteller draußen

Über Indien möchten Sie schreiben, mein Herr?
 Hier lang, bitte!
 Nur immer der streunenden Katze
 im verstopften Abflußgraben nach
 voll Asche und Eierschalen
 Vorsicht, der Schlamm könnte Ihre Schuhe beschmutzen!
 Wäre das nicht ein Foto – diese Bengel
 die so aus vollem Herzen lachen?
 Ein Jammergesicht wäre Ihnen wohl lieber
 und ein verschmierter Rotzmund
 Die Auswahl ist groß:
 In nichts gekleideter Heiliger
 Irrer in Sackleinen
 Bettler mit eiternder Wunde
 Muß ein schönes Gefühl sein, Sir
 über Eiterwunden zu diskutieren
 mit desinfizierter Feder
 auf sterilisiertem Papier.

(1971)

Gesang der Ackerbauern

Das Land, das den Göttern gehörte
 Besprenkelten wir
 Mit dem Blut
 Von Hähnen, Ziegen und Büffeln.
 Das Land, das die Herren besaßen
 Bewässerten wir
 Mit unserem eigenen Blut
 Und dem Blut unserer Kinder.
 Von diesem Land, bestellt oder brach,
 Leben nun
 Die Hähne, Ziegen und Büffel der Herren
 Die ihre Freigebigkeit feiern
 Mit Opfergaben
 Von Blumen
 Gepflückt von uns
 Gepflanzt von uns.
 Zu sterben wie das Opfertier
 War nicht uns gegeben
 Zu leben wie die Herren
 War nicht uns gegeben
 Noch unsterblich zu wandeln in höheren Welten
 von geweihtem Soma zu leben.
 Uns war nur gegeben
 Die Pflicht, sie zusammenzuführen,
 Sie zu erhalten,
 Stets den unermeßlichen Kreis zu schließen
 Vom Angelpunkt, seiner Mitte her,
 Immer zurückgeschleudert zu werden.

(1981)

Eva an Gott

Ich wußte
 als erste
 einer Münze
 oben und unten
 sind Kopf und Adler
 Ich wußte
 als erste
 Licht und Dunkelheit
 sind beide
 von Dir erschaffen
 Ich wußte
 als erste
 zu gehorchen
 und nicht zu gehorchen
 ist ein und dasselbe
 Ich berührte
 als erste
 den Baum
 der Erkenntnis
 und biß als erste
 in den leuchtenden Apfel
 ja, das war ich
 Ich begriff
 als erste
 unter Lachen
 und Weinen

kann aus Deinem Antlitz
 das Gesicht des Kindes
 geschnitten werden.

Ich begriff
 als erste
 herrlich ist es
 gut im Laster
 und verderbt in Reinheit
 zu leben
 Ich zerbrach
 als erste
 das Goldgeschmeide
 nur so
 aus Spaß
 Denn
 es gefiel mir nicht
 Marionette
 Deiner Hand
 zu sein, während er
 der arme Adam war

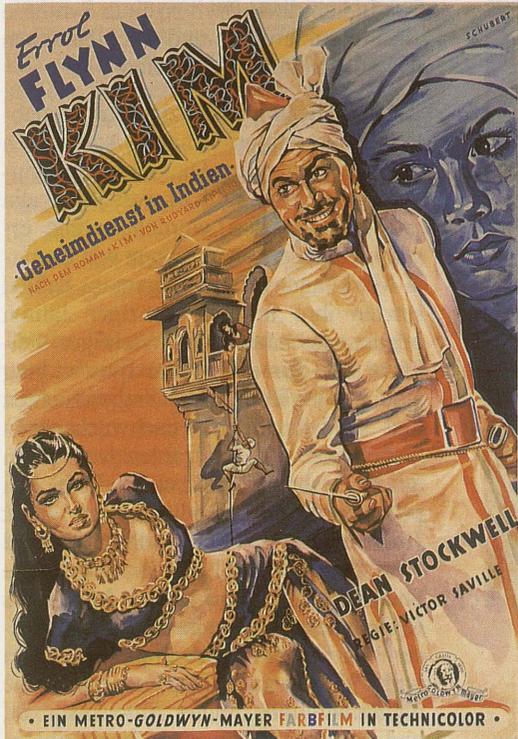
Ich stiftete
 die erste
 Unruhe
 auf Deiner Erde
 jawohl, das war ich

Ich schuf
 als erste
 Himmel und Hölle
 als ich die Wand
 zwischen Scham und Blöße
 mit dem Feigenblatt
 errichtete

Ich war
 die erste
 die mit Spiel und Schmerz
 Deine Puppe aus eigem
 Fleisch formen konnte
 ich: la femme fatale
 Mein Geliebter
 mein Sklave
 ich war
 die erste
 die erfuhr
 was es bedeutet
 vom Himmel
 verbannt zu sein

Ich erlebte es
 als erste
 wie ein Mensch zu leben
 und das Leben zu lieben
 mehr als den Himmel

(1986)



7 den Durchbruch der indischen Literatur. Die thematische Vielfalt belegt das Nebeneinander von Autobiographien, historischen, psychologischen, philosophischen, politisch-zeitkritischen, satirischen und sozialkritischen Romanen und Erzählungen. Herausragende Titel in diesem Spektrum sind im Bereich der Autobiographie Mulk Raj Anands semiautobiographische Erzählungen *Confession of a Lover* (New Delhi 1976) und *The Bubble* (New Delhi 1984), R. K. Narayans *My Days* (New York 1974) und Kamala Das' *My Story* (New Delhi 1976), ein Buch, das innerhalb von knapp zwei Jahren eine Auflage von 46 000 Exemplaren erlebte. Dieser Erfolg liegt offensichtlich dem Ruf von Kamala Das als weiblichem enfant terrible Indiens zugrunde, da sie mit außerordentlicher Freimütigkeit über ihr persönliches Leben berichtet und so manches Tabu der prüden Gesellschaft Indiens angreift.

men werden, weshalb die folgenden Beobachtungen in sechs Thesen vorgestellt werden, die die wichtigsten Trends beleuchten sollen.

Erste These: Inhaltlich, formal und quantitativ erlebten die siebziger Jahre

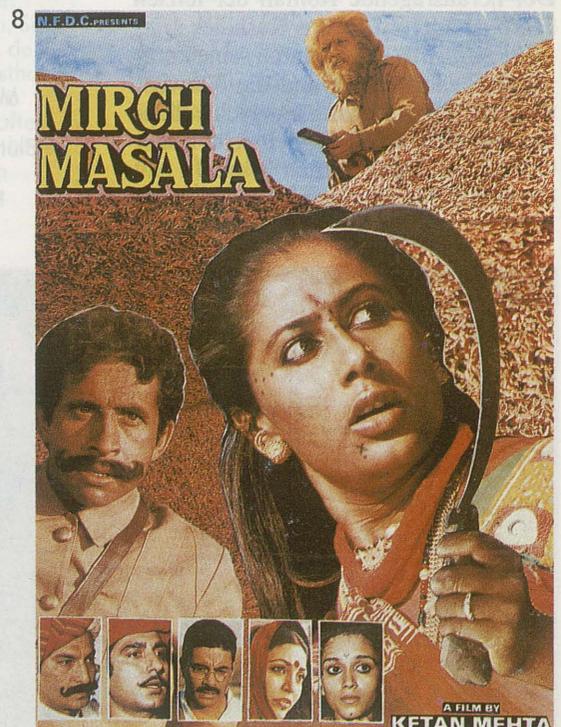
Der historische Roman, der in Indien bis ins 19. Jahrhundert zurückreicht, hat durch S. Gidwanis *The Sword of Tippu Sultan* (New Delhi 1976) eine qualitativ

neue Dimension erhalten, denn der Autor verknüpft sehr geschickt eine Fülle dokumentarischen Materials mit fiktiver, teilweise dramatisch gestalteter Darbietung. Innerhalb eines Jahres wurde das Buch fünfmal nachgedruckt. Daneben erregten noch die Autoren Manohar Malgonkar und Chaman Nahal Aufsehen mit der dokumentarischen Darstellung *The Men Who Killed Gandhi* (New Delhi 1978) bzw. *Azadi* (New Delhi 1975), das den Sahitya Akademi Award erhielt und die literarisch bisher beste Darstellung der Teilung des Subkontinents ist.

Den interessantesten Beitrag zur Entwicklung des jüngeren indischen Romans hat aber ohne Zweifel die psychologische Studie geleistet. Die führenden Autoren sind hier Anita Desai und Arun Joshi. Anita Desai hat bisher acht Romane und eine Reihe von Kurzgeschichten veröffentlicht. *The Clear Light of Day* (New Delhi 1980) wurde als bester Roman dieses Jahres bezeichnet, *Fire on the Mountain* (New Delhi 1977) erhielt 1977 den Sahitya Akademi Preis. Arun Joshis fünf Romane und Kurzgeschichten kreisen wie Desais Werke um die Entfremdung und Wurzellosigkeit des modernen städtischen indischen Menschen. Hier dürfte *The Last Labyrinth* (New Delhi 1981) das gelungenste Werk sein, das ebenfalls den Preis der indischen Literaturakademie erhielt. Ein

Abbildung 7: KIM, eine Metro-Goldwyn-Mayer Produktion aus dem Jahre 1950, nach dem Roman von Rudyard Kipling, Regie: Victor Saville. Der Film spielt im Indien von 1894 unter der Kolonialherrschaft von England. Ein englischer Waisenjunge, der in Indien aufgewachsen ist und sich mehr als Inder fühlt, wird vom englischen Geheimdienst als Übermittler engagiert.

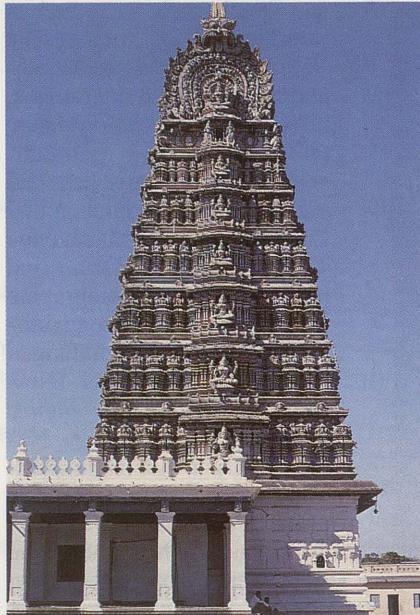
Abbildung 8: Mirch Masala (Das Gewürz), indischer Spielfilm von 1986, Regie: Ketan Mehta, nach einer Erzählung von Chunilal Madia; in Hindi mit englischen Untertiteln. Saurashtra, ein einsames Dorf in Gujarat, wird zu Anfang der 40er Jahre von einem autoritären Steuereintreiber terrorisiert. Dieser stellt den jungen Frauen im Dorf nach und zwingt sie, nachts in sein Zelt zu kommen. Nur die schöne und stolze Sonbai (Smita Patil) widersetzt sich seinem Willen und flüchtet in die Chilipulver-Fabrik, in der sie arbeitet. Während die Fabrik von den Soldaten des Steuereintreibers belagert wird und die Männer des Dorfes sich erpressen lassen und beschließen, Sonbai auszuliefern, hält diese, zusammen mit einigen Frauen und dem alten Wächter der Fabrik, den Widerstand aufrecht. Als der Steuereintreiber das Tor aufbrechen läßt und den Fabrikhof betritt, erwarten ihn Berge von Chili-Pulver.... Der Regisseur ist 1952 geboren, studierte zwischen 1972 und 1975 Theater- und Filmwissenschaften, war dann Regisseur und Ausstatter von Bühnenstücken, und hatte 1980 sein Spielfilmdebüt.



weiterer Autor sei noch erwähnt, Balwant Gargi, dessen *The Naked Triangle* (New Delhi 1980) der vielleicht erste maskulinistische Roman Indiens genannt werden kann. Er schildert den schmerzhaften körperlichen und seelischen Verfall eines jungen Mannes.

Die Satire, eine bis in die 60er Jahre kaum praktizierte Erzählhaltung, hat in den letzten Jahren erstaunlichen Anklang gefunden. Neben Ruth Praver-Jhabwalla, die seit Beginn ihrer literarischen Karriere mit dem Roman *To Whom She Will* (London 1955) dieses Genre pflegt, geht es auch Chaman Nahal in *The English Queens* (New Delhi 1979) um die Bloßstellung der anglicisierten Mittelschicht, die sich scheinbar westlichem Denken verschrieben hat, ohne sich gewahr zu sein, daß sie weder in der einen noch in der anderen Welt lebt, sondern nur ihrem Hedonismus frönt. Shasti Brata, männliches enfant terrible der indischen Literatur, attackiert in seinen teilweise an pornographische Darstellungen heranreichenden besessenen Beschreibungen der Psyche und des Sexuallebens junger Menschen Prüderie und doppelte Moral der hinduistischen Gesellschaft, von der er sich qualvoll getrennt hat, wie *My God Died Young* belegt. Schließlich soll noch Gita Mehtas *Karma Cola* (London 1980) erwähnt werden, das die Guru-Unkultur bloßstellt.

Der herausragende Roman der letzten Jahre ist aber zweifellos Rushdies *Midnight's Children*, der es durch seine komplexe Erzählstruktur und die Verwendung und Vermischung unterschiedlichster Erzählweisen als vielleicht bisher einziger indischer Roman geschafft hat, die disparaten Elemente der Wirklich-



9

Abbildung 9: Turm vom Palast des Maharadschas in Mysore, im südindischen Bundesstaat Karnataka. Der Palast wurde 1897 im indosarazenischen Stil errichtet und liegt in einer prächtigen Parkanlage, ca. 760 m ü. NN.

Abbildung 10: Hyderabad, Hauptstadt des Bundesstaates Andhra Pradesh, beherbergt das überregionale Kultur-, Verwaltungs- und Dienstleistungszentrum der Region.

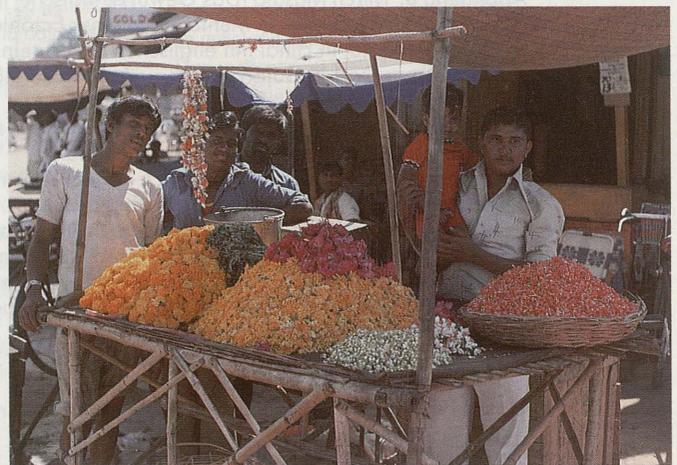
Abbildung 11: Ein typischer Marktstand der Region Andhra Pradesh. Es werden frische Blüten angeboten, die als Schmuck einzeln angesteckt oder zu Kränzen geflochten werden.

keit Indiens literarisch zu einer Synthese zusammenzuführen und so einen neuen Mythos „Indien“ zu schaffen.

Zweite These: Die siebziger Jahre erleben ein fast explosionshaftes Anwachsen der Frauenliteratur. Die Schriftstellerinnen Anita Desai, Ruth Praver-Jhabwalla und Kamala Das wurden bereits erwähnt, etablierte Autorinnen wie Kamala Markhandaya und Nayantara Sahgal setzten ihre in den sechziger Jahren begonnene Arbeit fort. Wichtiger vielleicht sind für die neuere Entwicklung jedoch die Romane, Kurzgeschichten und Gedichte einer nachwachsenden Generation. Zu ihr zählen vor allem Shashi Deshpande mit zwei vorzüglichen psychologischen Studien, *The Dark Holds no Terrors* (New Delhi 1980) und *That Long Silence* (London 1988) sowie Shouri Daniels und Rama Mehta als Romanciers und Sunita Jain als Lyrikerin. Der Writers Workshop stellte 1976 und 1978 in zwei Bänden eine Reihe junger und unbekannter Autorinnen vor, und jede dritte Kurzgeschichtenanthologie dieses Verlages entstammt der Feder einer Frau. Im großen und ganzen kann die neu entstandene Literatur feministisch genannt werden, auch wenn ihr ein programmatisches Moment fehlt. Im Mittelpunkt der Handlungen stehen ausnahmslos Frauen, die wie ihre Autorinnen der Mittelschicht angehören. Auf unterschiedliche Weise lehnen sie sich gegen die ihnen als Mädchen, jungen Frauen, Ehefrauen oder Müttern auferlegten Rollen auf, oder sie setzen sich zumindest kritisch hiermit auseinander. Alternativen bieten sich ihnen noch kaum; die meisten Schriftstellerinnen scheinen sich zunächst damit zu begnügen, die traditionellen Bilder der indischen Frau erst einmal in Frage zu



10



11

stellen. Einschränkend muß hier freilich angemerkt werden, daß Thematik und Problematik auf die indische Mittelschicht beschränkt bleiben; eine Verarbeitung der Erfahrungen und der Suche nach einer neuen Identität von Landarbeiterinnen, Bauersfrauen, Kastenlosen oder Industriearbeiterinnen fehlt fast völlig, sieht man einmal von einem Roman wie Shanta Rama Raos *Children of God* (Bombay 1976) ab.

Dritte These: Die Hinwendung zur Innerlichkeit hat der traditionell stets wichtigen Lyrik neue Anstöße vermittelt. Quantitativ betrachtet heißt dies: Seit 1973 erschienen jährlich mehr als dreißig Anthologien, 1976 gar sechzig! Zählt man die Übersetzungen aus den indischen Sprachen ins Englische hinzu, so erhöht sich die Zahl jährlich noch einmal um fünfzehn bis zwanzig Bände. Über die Jahre haben sich hier gut zwei Dutzend Autoren und Autorinnen einen Namen gemacht, die hier nicht näher benannt werden sollen. Auffällig ist, daß eine ganze Anzahl unter ihnen Lyrik in der eigenen Muttersprache – die in der Regel nicht Englisch ist – und in der fremden Sprache verfaßt, ohne daß hier von qualitativen Unterschieden gesprochen werden kann. Ein ausgezeichnetes Beispiel hierfür bietet der in marathi und englisch schreibende Arun Kolatkar mit seinem langen, in freier Versform abgefaßten Gedicht *Jejuri*, dessen englische Version den *Commonwealth Poetry Price* 1977 erhielt; eine deutsche Fassung liegt seit 1984 vor.

Es ist nicht möglich, über die Dichtung Indiens auf knappem Raum zutreffende, allgemeingültige Urteile abzugeben, doch läßt sich immerhin sagen, daß sie ausnahmslos „modern“ im Sinne P. Lals



12

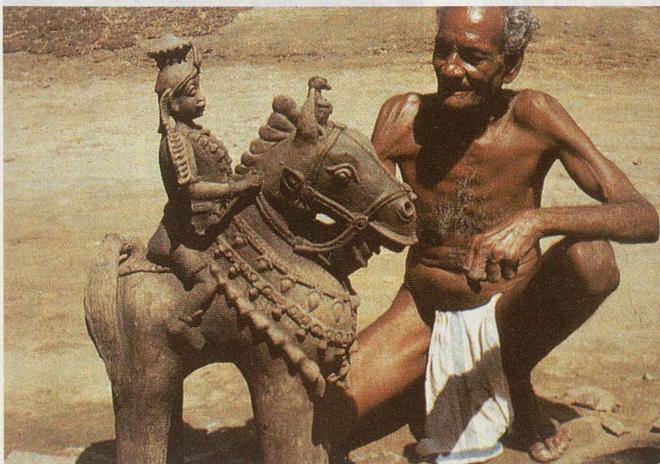
Abbildung 12: Ein Tänzer mit eindrucksvoll bemaltem Gesicht aus einer Volkstanzgruppe von Kerala, SW-Indien. Der Tanz, den die am Körper reich geschmückten Männer und Frauen vorführen, heißt Kathakali.

Abbildung 13: Vaithyalinga betrachtet seine fertige Skulptur, die er in mühevoller Arbeit aus Ton gefertigt und in einem Ofen gebrannt hat, der für den Bedarfsfall aus ungebrannten Scherben errichtet und mit Stroh und Lehm abgedeckt wird. Der Brand dauert nur 2 1/2 Stunden.

Abbildung 14: Puppentheater, aufgeführt von Wanderkünstlern. Sie sind die häufigste Unterhaltung der ländlichen Bevölkerung von Rajasthan. Die Marionetten sind aus Holz geschnitzt und tragen heldenhafte Züge. Sie spielen bevorzugt Geschichten aus dem Dorf zu Hochzeiten und anderen Volksfesten.

genannt werden kann, der bereits 1952 gefordert hatte, indische Dichtung müsse in konkreter, anschaulicher Weise über konkrete Erfahrungen handeln und sich jeglicher Propaganda enthalten. Er bestand darauf, daß sie persönliche, subjektive Äußerung zu sein habe, sich durch Originalität, Intensität und Kraft der Empfindung, Klarheit und Vitalität des Ausdrucks auszeichnen müsse und sich die Freiheit des Experiments nehmen solle. Es sind dies Merkmale, die die hervorragendsten Beispiele indischer Gegenwartsliteratur auszeichnen, wobei neben einer außerordentlich großen Feinfühligkeit der Empfindungen die Suche nach Überwindung von Isolation, Entfremdung, Wurzellosigkeit, ja die Selbstbehauptung der eigenen Subjektivität das zentrale Thema darstellt. Die von Pritish Nandy, einem der bekanntesten und produktivsten Dichter Indiens herausgegebene Anthologie der mit 16 Jahren verstorbenen Gitanjali, *Poems of Gitanjali* (Stocksfield 1982), die in Indien und England großes Aufsehen hervorrief, stellt hierfür ein besonders eindrucksvolles Beispiel dar.

Vierte These: Die außerhalb Indiens von Indern verfaßte Literatur stellt eine wichtige Variante dar, die andeutet, daß der Begriff einer „indischen Literatur“ bald revidiert werden muß. Zwar gab es schon lange Erzählungen, die fern von Indien entstanden waren, ihr Schauplatz lag aber fast stets im Heimatland, z. B. die ersten Romane Mulk Raj Anands oder Raja Raos *Kanthapura* (London 1938). Mit dem meist freiwillig gewählten „Exil“ indischer Schriftsteller entsteht seit den sechziger Jahren aber nun eine ernstzunehmende „Exilliteratur“, in der die Distanz zum eigenen Land zu einer kritischen Auseinandersetzung mit



13



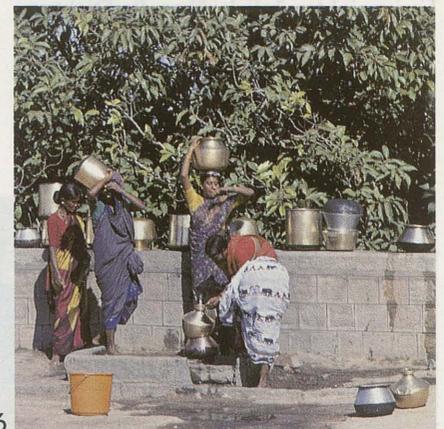
14



Abbildung 15: Die Vielfalt der indischen Literatur hat sich in den letzten 20 Jahren stark vergrößert. Seit Beginn der 80er Jahre gibt es auch einige Titel indischer Autoren, die ins Deutsche übersetzt wurden.

Unterhaltungs- bzw. Trivialliteratur entstehen lassen, die thematisch und erzählerisch internationalen Zuschnitt aufweist: romantisch-sentimentale Handlungen und Themen, Gewalt, Sex, vordergründige Konflikte, klischeehafte Handlungsabläufe und bis in die Karikatur verzerrte Figuren. Bunny Reubens *You, I, and Her* (Delhi 1973) oder T. C. Bhaduris *The Valley of Terror-Chambal* (Delhi 1977) sowie *Maharaja* und *Maharani* von Diwan Jarmani Dass (New Delhi 1969 bzw. 1972) deuten an, was der Leser gerne konsumiert. Literatur wie diese unterstreicht jedoch, daß das Buch und das Leseerlebnis – welcher Qualität sie auch beide sein mögen – in den letzten zwanzig Jahren in der unteren und mittleren Mittelschicht Indiens ihren festen Platz gefunden haben. Trotz der immer noch großen Zahl von Alphabeten ist das Land inzwischen in die Phalanx der großen Buchproduzenten eingedrungen und nimmt, was die Zahl jährlich veröffentlichter Titel betrifft, international den siebten Platz ein. Die Literatur hat von dieser Entwicklung ebenso profitiert wie das Verlagswesen, die Medien und, last but not least, die indischen Schriftsteller selbst. Eine noch größere Aufmerksamkeit der internationalen Literaturwissenschaft, als sie bisher erregt wurde, hätte sie allemal verdient.

Prof. Dr. Dieter RIEMENSCHNEIDER
Institut für England- und Amerikastudien,
Fachbereich Neuere Philologien



16

Abbildung 16: Auf einer Bergkuppe in der Nähe der Sommerresidenz des Maharadschas, etwas oberhalb von Mysore, wird das Wasser durch eine Leitung heraufgepumpt. Die Frauen holen es dort täglich in schön geschmiedeten Messingkrügen.

den dortigen Verhältnissen führt. Das gilt für Gita Mehtas *Karma Cola*, die beiden Romane *Rushdies*, *Midnight's Children* und *Shame* (New Delhi 1983) und Shasti Bratas *My God Died Young*. Andererseits gestattet die Erfahrung einer neuen Welt ein kritisches Abwägen zwischen hier und dort, das die Konturen zweier verschiedener Gesellschaften deutlicher und die Psyche und Mentalität ihrer Bewohner einsichtiger werden läßt. Kamala Markhandayas *The Nowerman* (London 1974) oder Dilip Hiros *The Triangular View* (London 1969) illustrieren diese Absicht. Daneben schildert Saros Cowasjees *Good-bye to Elsa* (New Delhi 1975) und *Suffer Little Children* (New Delhi 1982) auf ironisch-satirische Weise das Leben eines Inders in den USA, während Shasti Brata in *The Sensuous Guru* (New Delhi 1980) äußerst witzig die Kommerzialisierung

der indischen „Spiritualität“ bloßstellt. Farrukh Dhondy schließlich beschreibt in den Kurzgeschichtensammlungen *East End at Your Feet* und *Come to Mecca* präzise und eindringlich die Situation der indischen und westindischen Einwanderer in London.

Fünfte These: Das indische Drama spielt auch in der jüngsten Zeit so gut wie keine Rolle. Die wenigen Theaterstücke stammen zum großen Teil aus der Feder des einzigen ernstzunehmenden Dramatikers in englischer Sprache, A. Currimbhoy. Sie stellen gutes Theater dar, sind dramatisch, aktuell in der Thematik und, wenn sie inszeniert werden, publikumswirksam. In den indischen Landessprachen bildet das Theater in Maharashtra und in Bengalen lebendige Zentren mit einem interessierten Publikum, das sozialkritische Themen und realistische bis naturalistische Inszenierungen liebt, wie sie auch den indischen Film kennzeichnen.

Sechste These: Die Vergrößerung des Buchmarktes hat eine höchst lebendige

Literatur

Adil Jussawalla (Ed.): *New Writing in India*; Harmondsworth, Penguin Books 1974.

P. Lal (Ed.): *Modern Indian Poetry in English*; Calcutta, Writers Workshop 1969.

Heimkehr nach Frankfurt:

Orientierung von Brieftauben

Von Roswitha und Wolfgang Wiltschko

Das alte Wissen um die Fähigkeit der Tauben, aus unbekanntem Gelände heimzufinden, steht in merkwürdigem Gegensatz zu der Tatsache, daß erst in diesem Jahrhundert Versuche unternommen wurden, die Grundlage dieser Fähigkeit zu klären. Bedeutende Forscher wie Erwin STRESEMANN oder Oskar und Katharina HEINROTH nahmen zunächst an, die Tauben fänden ihren Heimatschlag aufgrund von bestimmten Such-Strategien und Erkennen bekannter Landmarken wieder. Doch die hohen Heimkehrgeschwindigkeiten, die mehr als 80 km/h betragen können, und der große Anteil der Tauben, die den heimischen Schlag wieder erreichen, machen deutlich, daß die Tauben ihren Schlag auch aus größerer Entfernung im unbekanntem Gelände gezielt ansteuern.

Die Richtung, die die Tauben beim Heimfinden einschlagen müssen, hängt natürlich von ihrem Aufenthaltsort ab; sie muß jeweils mit Hilfe von entsprechender Information aus der Umwelt bestimmt werden. Zahlreiche Versuche haben gezeigt, daß die Heimrichtung zunächst als Kompaßrichtung bestimmt wird. Die 'Antwort' des Navigationssystems besteht nicht aus einem 'dorthin' im Raum, sondern sie nimmt immer Bezug auf ein äußeres Referenzsystem - einen Kompaß, etwa vergleichbar einer Angabe wie 'Süd' oder 'Nordnordwest'. Der Navigationsvorgang stellt sich also als ein Zwei-Schritt-Verfahren dar, wie Gustav KRAMER bereits in den 50er Jahren erkannte: 'Zunächst bestimmt die Taube ihre Heimrichtung als Kompaßrichtung, anschließend benutzt sie einen Kompaß, um diese Richtung im Raum aufzufinden'.

Die Kompaßmechanismen, die im zweiten Schritt eingesetzt werden, sind gut bekannt: Es handelt sich um einen *Sonnenkompaß* und einen *Magnetkompaß*. Für die Taube ist der Magnetkompaß

der einfachere Mechanismus, denn er steht den jungen Tauben durch die Fähigkeit, das Erdmagnetfeld wahrzunehmen, von Anfang an zur Verfügung. Das Magnetfeld strukturiert für sie den Raum in der Horizontalen in ähnlicher Weise wie die Schwerkraft in der Vertikalen und gibt so ein basales Richtungs-Referenzsystem vor. Der Sonnenkompaß setzt Kenntnis der Beziehung zwischen Sonnenstand, Tageszeit und der geographischen Richtung voraus, d. h. die Tauben müssen die Wanderung der Sonne im Tageslauf entsprechend verrechnen können. Das lernen sie, sobald sie selbständig umherfliegen, indem sie die Sonnenbahn beobachten; die Tageszeit wird dabei mit der 'inneren Uhr' gemessen. Dieser optische Kompaß wird dann bevorzugt benutzt, solange die Sonne zu sehen ist - auf den Magnetkompaß greift eine erfahrene Taube normalerweise nur bei bedecktem Himmel zurück (WILTSCHKO, W. 1983).

Wie der erste Schritt, nämlich die Bestimmung der Heimrichtung als Kompaßrichtung, vor sich geht und welche





1a



1b

Abbildung 1: Methode der Heimflugbestimmung.

- a) Die Tauben werden an einen Platz gefahren, der nach allen Seiten gute Sicht bietet und dort einzeln freigelassen.
- b) Ihr Abflug wird von zwei Beobachtern mit 10 x 40 Ferngläsern verfolgt, bis sie – in ca. 2 km Entfernung – nicht mehr aufgelöst werden können. Die Richtung, in der sie zuletzt zu sehen waren, wird mit dem Kompaß bestimmt.

Faktoren dabei eine Rolle spielen, ist noch weitgehend unbekannt, auch wenn sich unser Wissen auf diesem Gebiet in den letzten Jahren erheblich vergrößert hat. Es gibt theoretisch zwei Möglichkeiten: Die Taube könnte Informationen verwenden, die sie auf dem Hinweg während der Verfrachtung sammelt, oder sie könnte lokale Information benutzen, die sie unabhängig vom Hinweg am jeweiligen Auflaßort aufnimmt. Beide Möglichkeiten schließen sich natürlich nicht aus und können sich gegebenenfalls ergänzen.

Navigationsstrategien

Es gibt experimentelle Hinweise, daß Tauben tatsächlich beide Strategien anwenden, und zwar in verschiedenen Phasen ihrer Entwicklung (WILTSCHKO, R. 1987).

Zunächst orientieren sich junge Tauben nach dem Prinzip der *Wegumkehr*, d. h. sie registrieren mit ihrem Magnetkompaß die Richtung, in der sie fliegen bzw. verfrachtet werden, und schlagen die Gegenrichtung als Heimrichtung ein (s. Abb. 1). Wenn man ihnen während des Transports das Magnetfeld stört und ihnen dadurch die Möglichkeit zum Feststellen der Verfrachtungsrichtung

nimmt, können sie sich nicht orientieren (s. Abb. 2).

Wegumkehr stellt somit ein sehr einfaches Verfahren dar, das allerdings nur angewandt wird, solange die Tauben noch sehr jung und unerfahren sind. Mit zunehmendem Alter und Erfahrung der Versuchsvögel wird Wegumkehr weitgehend durch andere, auf Ortsinformation beruhende Verfahren ersetzt. Der Grund

hierfür liegt in den Voraussetzungen und Vor- und Nachteilen der beiden Strategien: Wegumkehr setzt zwar keine Vorkenntnisse voraus, hat aber einen entscheidenden Nachteil: Sie erlaubt keine Korrektur der einmal festgelegten Richtung, denn es ist nicht möglich, etwaige Fehler aufgrund von Weginformation allein zu erkennen. Für die Tauben bedeutet dies ein erhebliches Risiko, wenn die Entfernungen vom Heimatschlag so

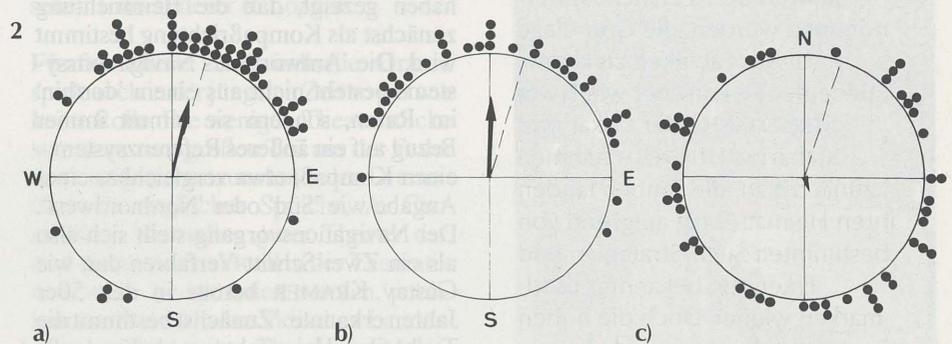


Abbildung 2: Transport im gestörten Magnetfeld bewirkt bei sehr jungen unerfahrenen Tauben Desorientierung. Verschwindrichtungen an einem Ort bei Ludwigshafen: a) unbehandelte Kontrolltauben; b) Tauben, die im normalen Magnetfeld zum Auflaßort transportiert und dort 50 min lang dem gestörten Magnetfeld ausgesetzt wurden; c) Tauben, die im gestörten Magnetfeld zum Auflaßort transportiert wurden. Die Heimrichtung 16° ist durch den gestrichelten Radius markiert. Die Symbole an der Peripherie des Kreises geben die Abflugrichtungen der einzelnen Tauben an, der Pfeil stellt jeweils den Mittelvektor dar.

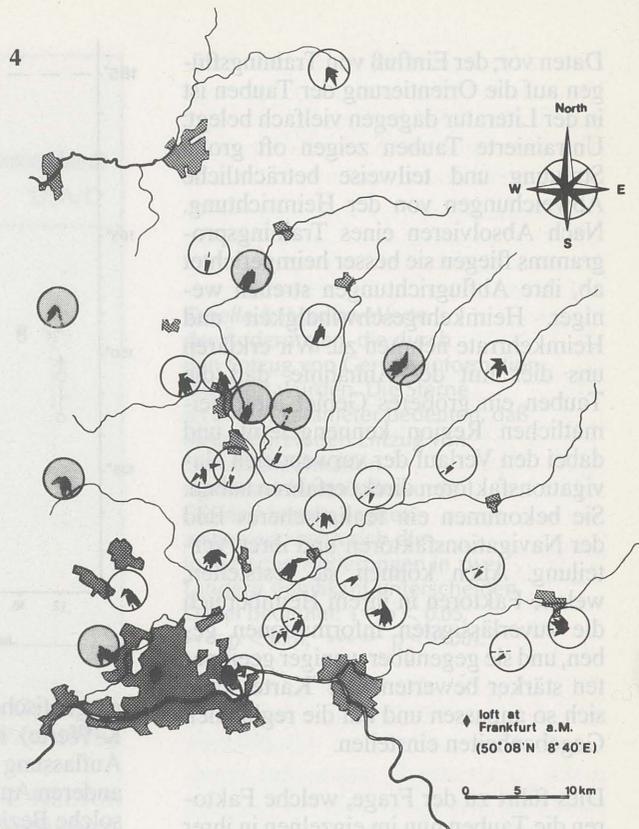
groß werden, daß ein Kursfehler von wenigen Grad sie bereits mehrere Kilometer am Schlag vorbei führen würde. Bei *Ortsinformation* ist es dagegen umgekehrt: Sie setzt voraus, daß die Tauben die räumliche Verteilung der benutzten Faktoren kennen und interpretieren können. Dieses Wissen müssen sie sich erst individuell erwerben. Doch wenn sie in der Lage sind, die Heimrichtung aufgrund lokaler Information des Auflaßortes zu bestimmen, dann können sie diesen Vorgang unterwegs beliebig oft wiederholen und Fehler der Anfangsorientierung gegebenenfalls korrigieren. Diese Strategie bietet also größere Sicherheit, und das dürfte der Grund sein, warum erfahrene Tauben sie bevorzugen.

Die Navigationskarte

Wie muß man sich die Navigation aufgrund von Ortsinformation vorstellen? Diese Frage ist nur indirekt zugänglich. Bei der Entwicklung von entsprechenden Vorstellungen müssen vor allem drei Befunde berücksichtigt werden: (1) Die Tauben können Ortsfaktoren auch an Orten benutzen, an denen sie niemals vorher waren und die weit außerhalb des ihnen bekannten Gebiets liegen. (2) Die Tauben streben bereits direkt nach dem Abflug mehr oder weniger in die Richtung, in die sie später aus dem Gesichtskreis verschwinden – ein Abtasten von Faktoren am Ort findet offenbar nicht statt. (3) Die Richtung, in der die Tauben abfliegen, stimmt selten mit der Heimrichtung überein – gewisse Abweichungen sind die Regel, die für den jeweiligen Ort charakteristisch sind.

Wir stellen uns vor, daß die Tauben eine 'Navigationskarte' besitzen, die ein kompaßmäßig ausgerichtetes 'geistiges' Bild von der räumlichen Verteilung der regionalen geophysikalischen Faktoren darstellt. Diese Karte enthält mindestens zwei, möglicherweise aber mehr Gradienten, die sich in nicht zu spitzem Winkel schneiden. Die Tauben müssen die betreffenden Werte des Heimatschlags und die Gefällerrichtungen kennen, d. h. sie müssen z. B. wissen, daß der Faktor A nach Süden hin zu und nach Norden hin abnimmt (s. Abb. 3). Am Auflaßort können sie dann die lokalen Werte mit den erinnerten Heimatwerten vergleichen und daraus die Heimrichtung ableiten. – Für die Orientierung in der Nähe des Schlags, wo etwaige Gradienten noch keine wahrnehmbaren Differenzen zu den Heimatwerten zeigen, gehen wir von einem ähnlichen

Abbildung 4: Die Anfangsorientierung im Gebiet nördlich des Frankfurter Schlags. Hier waren Ortseffekte häufig zu beobachten. Die Pfeilspitzen stellen die Mittelrichtungen einzelner Auffassungen dar. Orte, an denen eine Abweichung im Uhrzeigersinn vorherrscht, sind dunkel unterlegt.



kompaßmäßig ausgerichtetes Bild der räumlichen Verteilung lokaler Landmarken aus (WILTSCHKO, R. 1987).

Die Orientierung in unbekanntem Gelände wird also durch die Vorstellung erklärt, daß die Tauben den Verlauf der Gradienten über den Bereich ihrer direkten Erfahrung hinaus extrapolieren können. Dabei darf man allerdings nicht immer von einer großräumig streng regelmäßigen Verteilung der Gradienten ausgehen. Es kann vorkommen, daß die benutzten Faktoren sich in entfernten

Gebieten nicht in der Weise ändern, wie es die Tauben erwarten (sog. Ortseffekt). Solche Unregelmäßigkeiten würden zu mehr oder weniger großen Fehleinschätzungen der Position und damit der Lage der Heimrichtung führen (s. Abb. 4).

Die Kenntnis der räumlichen Verteilung der Navigationsfaktoren, die für das Benutzen von Ortsinformation notwendig ist, erwerben sich die Tauben durch Exposition am Schlag, vor allem aber während ihrer Flüge. Über den Einfluß der spontanen Flüge liegen nur wenig

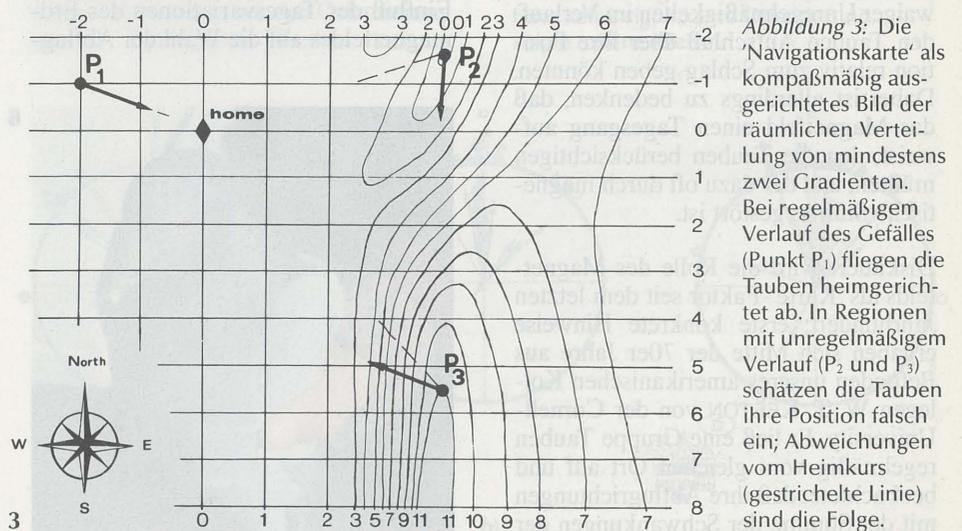


Abbildung 3: Die 'Navigationskarte' als kompaßmäßig ausgerichtetes Bild der räumlichen Verteilung von mindestens zwei Gradienten. Bei regelmäßigem Verlauf des Gefälles (Punkt P₁) fliegen die Tauben heimgerichtet ab. In Regionen mit unregelmäßigem Verlauf (P₂ und P₃) schätzen die Tauben ihre Position falsch ein; Abweichungen vom Heimkurs (gestrichelte Linie) sind die Folge.

Daten vor; der Einfluß von Trainingsflügen auf die Orientierung der Tauben ist in der Literatur dagegen vielfach belegt: Untrainierte Tauben zeigen oft große Streuung und teilweise beträchtliche Abweichungen von der Heimrichtung. Nach Absolvieren eines Trainingsprogramms fliegen sie besser heimgerichtet ab, ihre Abflugrichtungen streuen weniger, Heimkehrgeschwindigkeit und Heimkehrtrate nehmen zu. Wir erklären uns dies mit der Annahme, daß die Tauben ein größeres Gebiet ihrer heimatlichen Region kennengelernt und dabei den Verlauf der verwendeten Navigationsfaktoren direkt erfahren haben. Sie bekommen ein realistischeres Bild der Navigationsfaktoren und ihrer Verteilung. Auch können sie feststellen, welche Faktoren in ihrem Heimbereich die zuverlässigsten Informationen geben, und sie gegenüber weniger geeigneten stärker bewerten. Die 'Karte' kann sich so anpassen und auf die regionalen Gegebenheiten einstellen.

Dies führt zu der Frage, welche Faktoren die Tauben nun im einzelnen in ihrer 'Navigationskarte' verwenden. Die Antwort ist auch heute noch weitgehend offen. Die Diskussion konzentriert sich zur Zeit vor allem auf Parameter des Magnetfeldes und der Geruchsinformation (olfaktorischer Parameter).

Das Magnetfeld als Parameter der 'Karte'

Das Erdmagnetfeld bietet sich aufgrund seiner räumlichen Verteilung als Faktor der 'Karte' an. Denn sowohl Totalintensität als auch Inklination weisen Gradienten auf, die bei hinreichender Meßgenauigkeit (und Berücksichtigung etwaiger Unregelmäßigkeiten im Verlauf) den Tauben Aufschluß über ihre Position relativ zum Schlag geben könnten. Dabei ist allerdings zu bedenken, daß das Magnetfeld einen Tagesgang aufweist, den die Tauben berücksichtigen müßten, und der dazu oft durch magnetische Stürme gestört ist.

Diskutiert wird die Rolle des Magnetfeldes als 'Karte'-Faktor seit dem letzten Jahrhundert; erste konkrete Hinweise ergaben sich Mitte der 70er Jahre aus Befunden unseres amerikanischen Kollegen W. T. KEETON von der Cornell-University. Er ließ eine Gruppe Tauben regelmäßig vom gleichen Ort auf und beobachtete, daß ihre Abflugrichtungen mit der Summe der Schwankungen der

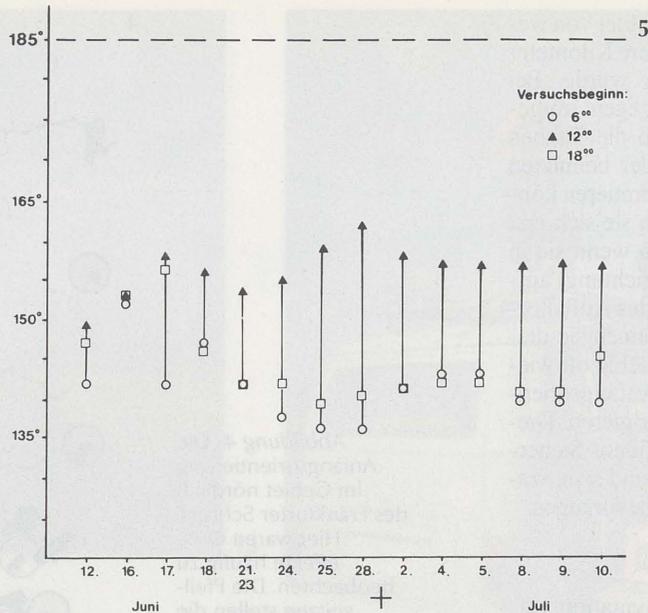


Abbildung 5: Der Einfluß der Tagesvariationen des Erdmagnetfeldes auf die Wahl der Abflugrichtungen. Die Heimrichtung 185° ist durch eine gestrichelte Linie markiert.

magnetischen Parameter (angegeben als K-Werte) in den 12 Stunden vor der Auflassung korreliert waren. An zwei anderen Auflaborten bestätigte sich eine solche Beziehung. Als den Tauben kleine Stabmagnete auf den Rücken geklebt wurden, verschwanden diese Richtungsschwankungen. Es handelt sich hier also um einen echten magnetischen Effekt und nicht etwa um die Wirkung unbekannter begleitender Faktoren. Später berichteten andere Kollegen aus den USA und aus Deutschland, daß Tauben an Orten starker magnetischer Anomalien desorientiert waren.

Verschiedene Versuchsserien ergaben, daß auch unsere Frankfurter Tauben magnetische Faktoren bei der Bestimmung ihrer Heimrichtung mit einbeziehen. So konnten wir zum Beispiel einen Einfluß der Tagesvariationen des Erdmagnetfeldes auf die Wahl der Abflug-

richtungen beobachten: An einem Ort 30 km nördlich von Frankfurt wurde eine Gruppe Tauben 3 mal am Tag aufgelassen, jeweils beginnend um 6.00, um 12.00 und um 18.00 Uhr MEZ. Dabei beobachteten wir einen 'Tagesgang' der Mittelrichtungen: Mittags lagen die Richtungen rechts von den morgens und abends gemessenen, die sich ihrerseits nicht unterschieden. Eine Analyse des Verhaltens der Einzeltauben ergab allerdings, daß etwa die Hälfte der Tauben mehr oder weniger konstante Richtungen wählte; tageszeitliche Unterschiede, die 20° und mehr betragen konnten, traten bei 15 der 33 Tauben auf (s. Abb. 5).

Die Tatsache, daß diese Richtungsänderungen durch Aufkleben von kleinen Stabmagneten unterdrückt werden konnten, weist sie als magnetische Effekte aus, die jedoch nicht einfach zu



Abbildung 6: Eine Taube, die mit Watte-Tampons in den Nasenöffnungen und 'Schnabelmaske' am Riechen gehindert wurde. Vor der Auflassung wird die Maske entfernt, und die Riechschleimhäute werden mit einem Lokalanästhetikum behandelt.

Parameter	  			signifikanter Unterschied:		
	I	USA	D	I/USA	I/D	USA/D
Richtung	46°**	8°*	18°*	**	**	-
Vektorlänge	-0,16*	-0,07	-0,02	-	*	-
Heimkomponente	-0,36***	-0,16*	-0,09	**	**	-
Verschwindezeit	+ 24 s	+ 30 s	+ 11 s	-	-	-
Heimkehr- geschwindigkeit	-22,5**	-8,3**	-8,3**	*	*	-
Heimkehrrate	-4 %	0 %	0 %	-	-	-

Zum anderen sollte durch entsprechende Versuche in Italien und den USA möglich werden die Bedeutung der Richtungsfaktoren beim Navigationsprozess in den drei Ländern quantitativ zu vergleichen (Papi et al. 1986). In Aspekten der Orientierung sind die Ergebnisse der USA/USA-Versuche in Italien und den USA möglicherweise nicht vergleichbar, da die Richtungsfaktoren beim Navigationsprozess in den drei Ländern quantitativ zu vergleichen (Papi et al. 1986).

Tabelle 1: Median-Werte der Änderungen, die durch den Entzug von Geruchsinformation induziert wurden. Die Sterne an einem Parameter bedeuten, daß dieser durch den Entzug von Geruchsinformation signifikant beeinflusst wurde. Die drei letzten Spalten zeigen an, wenn sich die induzierten Änderungen in zwei Ländern signifikant unterscheiden. Dabei bedeutet: * = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$.

deuten sind. Wir sehen sie als Hinweise, daß einige Tauben den Tagesgang des Magnetfeldes bei der Richtungsbestimmung offenbar nicht verrechnen.

Insgesamt sprechen die bisher bekannten Ergebnisse dafür, daß magnetische Ortsfaktoren beim Bestimmen der Heimrichtung beteiligt sind. Doch welche Parameter im einzelnen berücksichtigt und wie diese gemessen und verrechnet werden, ist noch unklar. Überdies machen die Versuche, bei denen Tauben Magnete aufgeklebt wurden, deutlich, daß es sich um redundante Faktoren handelt: Sie werden zwar normalerweise benutzt, aber wenn ihre Aufnahme gestört ist, können sich die Tauben auch ohne sie orientieren (WILTSCHKO, W. et al. 1986).

Olfaktorische Parameter

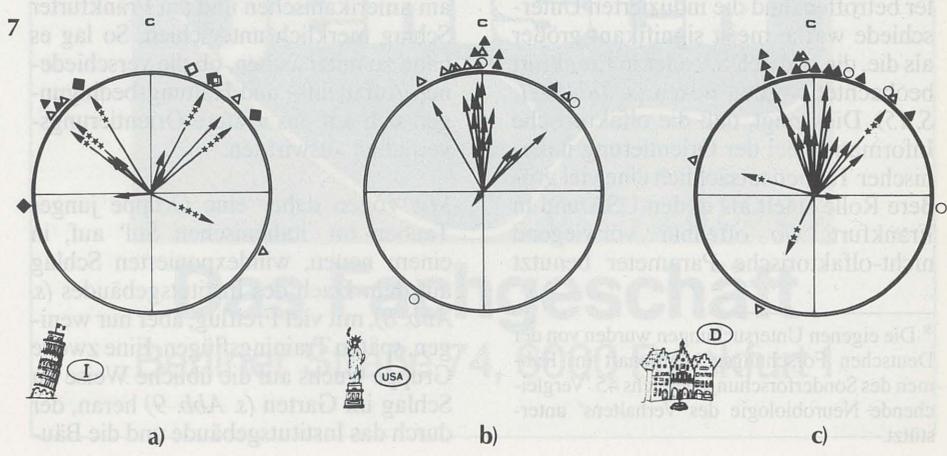
Gerüche wurden zunächst nicht als mögliche Orientierungsfaktoren angesehen, denn Vögel galten allgemein als Tiere mit geringem Geruchsvermögen. Doch Anfang der 70er Jahre publizierte F. PAPI von unserer Partner-Universität Pisa erste Befunde, die für eine Beteiligung von Geruchsfaktoren beim Heimfinden sprachen. In der Folgezeit konnte die Pisaner Arbeitsgruppe die Rolle der Geruchsinformation in einer Vielzahl von Versuchen dokumentieren und analysieren. Die olfaktorische Hypothese nimmt an, daß Gerüche sowohl als lokale Information am Auflaßort als auch als Weginformation verwendet werden können; im letzteren Fall ergibt

sich der Weg als Folge von Orten, die unterwegs passiert wurden (PAPI 1976).

Als andere Autoren wie W. T. KEETON und K. SCHMIDT-KOENIG versuchten, PAPI's Versuche in Amerika und in Deutschland zu wiederholen, konnten sie keine oder doch nur sehr geringe Wirkungen olfaktorischer Manipulationen beobachten; beide kamen zu dem Schluß, daß Geruchsinformation bei ihren Tauben keine bzw. nur eine sehr untergeordnete Rolle spielt. Diese Interpretation wurde von den Protagonisten der olfaktorischen Hypothese jedoch nicht akzeptiert, was zu einer heftigen Kontroverse führte.

Vor diesem Hintergrund begannen wir eine Versuchsreihe, die zum einen aufzeigen sollte, welche Rolle der olfaktorischen Information bei der Orientierung unserer Frankfurter Tauben zukam.

Abbildung 7: Wirkung des Entzugs von Geruchsinformation bei italienischen (a), amerikanischen (b) und Frankfurter (c) Tauben: Die Pfeile geben die Vektoren der anosmischen (am Riechen gehinderten) Gruppen an, bezogen auf die Richtung der Kontrolle, die senkrecht nach oben aufgetragen ist. Sternsymbole in den Pfeilen kennzeichnen signifikante Richtungsunterschiede zwischen anosmischen Tauben und Kontrollen. Die Symbole an der Peripherie der Kreise geben an, ob die jeweilige Kontrolle heimgerichtet war (offene Dreiecke bzw. offene Quadrate), einen 'Ortseffekt' (geschlossene Dreiecke bzw. geschlossene Quadrate) oder keine signifikante Orientierung zeigte (offene Kreise).



Zum anderen sollte durch entsprechende Versuche in Italien und den USA möglich werden, die Bedeutung von Geruchsfaktoren beim Navigationsprozeß in den drei Ländern quantitativ zu vergleichen*.

Als Versuchstiere dienten junge trainierte Tauben, denen das Geruchsvermögen für jeweils 4 bis 5 Stunden genommen wurde (s. Abb. 6, S. 14). Bei den Versuchen mit Frankfurter Tauben ergab sich folgendes Bild: Im allgemeinen hatte der Entzug olfaktorischer Information keinen Einfluß auf das Orientierungsverhalten; nur an 3 bestimmten Orten im Südosten fanden wir signifikante Änderungen der Abflugrichtungen (s. Abb. 7c, S. 15). Die Bedeutung der olfaktorischen Information schien also im Frankfurter Raum lokal unterschiedlich.

Die entsprechenden Versuche in Italien führten wir in Pisa in Zusammenarbeit mit F. PAPI und seinen Mitarbeitern durch. Unterschiede traten dort regelmäßig auf und waren erheblich größer; sie entsprachen denen, die die italienischen Kollegen bei ihren früheren Versuchen beobachtet hatten. Dagegen war die Wirkung der Behandlung in Amerika, in Versuchen, die wir zusammen mit Ch. WALCOTT an der Cornell-University durchführten, äußerst gering; sie war mit den Frankfurter Befunden vergleichbar, wenngleich hier Orte mit einzelnen spektakulären Unterschieden fehlten (s. Abb. 7).

Die völlig identische Behandlung zeigte in den drei Ländern also höchst unterschiedliche Wirkung: In den USA und in Deutschland trat nur eine geringe Vergrößerung der Abweichung vom Heimkurs und eine gewisse Verlangsamung der Heimkehrgeschwindigkeit auf; in Italien dagegen waren fast alle Parameter betroffen, und die induzierten Unterschiede waren meist signifikant größer als die, die in den USA oder in Frankfurt beobachtet worden waren (s. Tabelle 1, S. 15). Dies zeigt, daß die olfaktorische Information bei der Orientierung italienischer Tauben tatsächlich eine viel größere Rolle spielt als in den USA und in Frankfurt, wo offenbar vorwiegend nicht-olfaktorische Parameter benutzt

* Die eigenen Untersuchungen wurden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 45 'Vergleichende Neurobiologie des Verhaltens' unterstützt.



Abbildung 8: Tauben im neuen Schlag nach 'italienischem Stil' auf dem Dach des Frankfurter Zoologischen Instituts (windexponiert). Die Tauben können viel frei fliegen und werden nur wenig trainiert. Diese Tauben reagierten – anosmisch gemacht – mit starker Desorientierung.

werden. Geruchsinformation ist also ein Faktor unter vielen, dessen Bedeutung regional und lokal variiert (WILTSCHKO, W. et al. 1987a).

Auswahl der Navigationsfaktoren

Die Tauben der einzelnen Schläge bauen also durchaus unterschiedliche Faktoren in ihre 'Karte' ein. Dies führt zu der Frage, wie die jeweilige Bevorzugung der einzelnen Faktoren-Typen zustande kommt. Bei der vergleichenden Studie war uns unter anderem aufgefallen, daß die Taubenhaltung in Italien sich von der am amerikanischen und am Frankfurter Schlag merklich unterschied. So lag es nahe zu untersuchen, ob die verschiedenen Aufzucht- und Haltungsbedingungen sich auf das spätere Orientierungsverhalten auswirkten.

Wir zogen daher eine Gruppe junger Tauben im 'italienischen Stil' auf, in einem neuen, windexponierten Schlag auf dem Dach des Institutsgebäudes (s. Abb. 8), mit viel Freiflug, aber nur wenigen, späten Trainingsflügen. Eine zweite Gruppe wuchs auf die übliche Weise im Schlag im Garten (s. Abb. 9) heran, der durch das Institutsgebäude und die Bäu-

me des Botanischen Gartens und des Grüneburg-Parks weitgehend windgeschützt liegt; diese Tauben wurden ab der 9. Lebenswoche trainiert. Beiden Gruppen standen somit die gleichen Umweltfaktoren zur Verfügung; es unterschied sich nur die Art und Weise, in der sie angeboten wurden.

In den kritischen Versuchen reagierten die Tauben aus dem Dachschlag, anosmisch gemacht, mit großen Abweichungen von ihren Kontrollen; ihr Verhalten ähnelte dem der Tauben an PAPI's Schlag in Italien. Die Tauben aus dem Gartenschlag zeigten dagegen das gleiche Bild wie die Frankfurter Tauben früherer Versuche. Diese Ergebnisse zeigen, daß die Auswahl der Navigationsfaktoren in der Tat auch von den Aufzucht- und Haltungsbedingungen abhängt: Bei gleichem Angebot an potentiellen Faktoren induzierte die unterschiedliche Erfahrung, die die Tauben von Jugend an gemacht hatten, bestimmte Präferenzen und bewirkte, daß die olfaktorische Information von der einen Gruppe sehr hoch, von der anderen sehr niedrig bewertet wurde (WILTSCHKO, W. et al 1987b). Die 'Karte' der Tauben ist also nicht von vorn

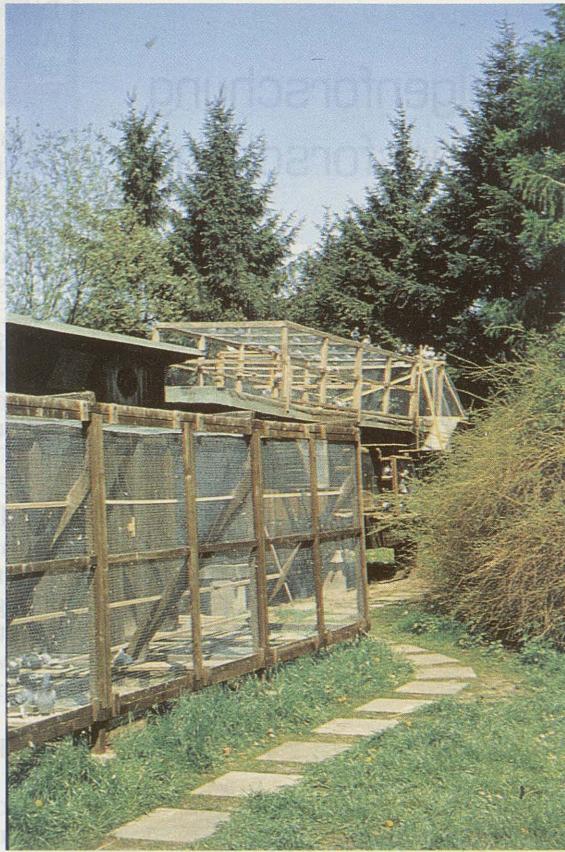


Abbildung 9: Der Taubenschlag im Garten des Zoologischen Instituts ist durch das Institutsgebäude und die umstehenden Bäume (Botanischer Garten, Grüneburgpark) weitgehend windgeschützt. 9

herein auf bestimmte Informationstypen oder eine bestimmte Hierarchie der Faktoren festgelegt, sondern ihre Ausprägung hängt im einzelnen von den individuellen Erfahrungen ab. Darin liegt der große Vorteil erlernter Mechanismen überhaupt: Sie erlauben durch ihre Flexibilität, das Angebot der Umwelt optimal zu nutzen und sich bevorzugt der Faktoren zu bedienen, die unter den gegebenen Umständen die beste und zuverlässigste Orientierungsinformation bieten. Eine so erstellte 'Karte' ist für die jeweiligen Bedingungen sozusagen 'maßgeschneidert'.

Dies heißt allerdings, daß mit einer einheitlichen Antwort auf die Frage, wie die Tauben sich orientieren, nicht mehr gerechnet werden kann. Wir können nur beschreiben, wie sich das Navigationssystem unter gegebenen Verhältnissen entwickelt. Es wird eine interessante Aufgabe der nächsten Jahre sein, diese Entwicklungsvorgänge und die Umstände, die sie beeinflussen, zu analysieren.

Dr. Roswitha WILTSCSKO
 Prof. Dr. Wolfgang WILTSCSKO
 Zoologisches Institut, Fachbereich Biologie

Literatur

Wiltshcko, W. (1983): Compasses used by birds. - *Comp. Biochem. Physiol.* 76 A: 709-718.

Wiltshcko, R. (1987): Das Orientierungssystem der Vögel. - In: *Aspekte der Ornithologie*; Courier Forschungsinstitut Senckenberg 97: 5-18.

Wiltshcko, W., Nohr, D., Füller, E. & Wiltshcko, R. (1986): Pigeon homing: the use of magnetic information in position finding. - In: G. Maret et al. (eds.): *Biophysical Effects of Steady Magnetic Fields*; Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York pp. 154-162.

Papi, F. (1976): The olfactory navigation system of the homing pigeon. - *Verh. Dtsch. Zool. Ges. Hamburg* 1976: 184-205.

Wiltshcko, W., Wiltshcko, R. & Walcott, Ch. (1987a): Different effects of olfactory deprivation in different countries. - *Behav. Ecol. Sociobiol.* 21: 222-342.

Wiltshcko, W., Wiltshcko, R., Grüter, M. & Kowalski, U. (1987b): Pigeon homing: Early experience determines what factors are used for navigation. - *Naturwissenschaften* 74: 196-198.

Malen, Zeichnen und bildnerische Techniken



Das Fachgeschäft
 Berliner Straße 74, 6000 Frankfurt 1

Interdisziplinäre Technikfolgenforschung als soziale Wirkungsforschung

Mensch und Technik

Von Ingrid B.-Lisop

Folgt man den auch in der bildungspolitischen Landschaft verbreiteten Alltagsvorstellungen über den Zusammenhang von Technik und Bildung, dann läßt sich der Gesamtkomplex, um den es geht, in einer Doppelgleichung ausdrücken. Sie lautet:

Innovationspolitik ist Bildungspolitik –
Bildungspolitik ist Gesellschaftspolitik.

Der erste Teil der Gleichung soll besagen, daß die immer rascher aufeinanderfolgenden Innovationsschübe vom Bildungssystem verlangen, sich an die neuen Arbeitsstrukturen anzupassen. Die sogenannte Qualifizierungsoffensive, Computerzentren zum Selbstlernen und eine vierstellige Anzahl von Modellversuchen, von der Bundesregierung zur Einführung der Neuen Informations- und Kommunikationstechniken im Bildungsbereich gefördert, sprechen für sich. Sie belegen zugleich den zweiten Teil der Gleichung, der besagen soll, daß unser Bildungssystem bremsend oder fördernd auf die Entwicklung der Arbeits- und Wirtschaftsstruktur einwirken und insofern Gesellschaftspolitik sein kann.

Allein: So einfach und monokausal, wie die obigen Gleichungen es suggerieren, ist die Realität nicht. Dementsprechend stellen sich auch der Technikfolgenforschung schwierige und verwickelte Probleme. Die Entwicklung wirksamer Trainingsprogramme zur Akzeptanz technischer Systeme und zur Bedienung technischer Apparaturen fällt im übrigen nicht ins Spektrum der bildungsbezogenen Forschung. Sie ist ein Teil des Entwicklungs- und Verkaufsprogramms gewerblicher Unternehmen.

Am Beispiel des Projektes „HERMES* – Hessische Erprobung technischer Kommunikationsmedien an beruflichen Schulen“ – wird im folgenden zusammengefaßt und vereinfacht geschildert, worum es bei der Erforschung der humanökologischen Wirkungsgefüge: Mensch – Technik im Zusammenhang von technisch induzierten Arbeits- und Lernprozessen geht. Da das Projekt aus dem Schwerpunktprogramm zur Förderung des Einsatzes neuer Technologien in der beruflichen Bildung finanziert wird, hat der Modellversuch zwei für die berufliche Bildung klassische Aufgaben zu erfüllen:

- Die Anpassung und Erweiterung der Ausbildungsprofile bzw. Curricula an den Stand der technisch-ökonomischen Entwicklung und
- die Entwicklung entsprechender Konzeptionen für die Lehrerfortbildung.

Der für die Technikfolgenforschung interessante „Springpunkt“ ergibt sich jedoch erst aus dem Auftrag:

- Entwicklung und Erprobung von Konzepten für die Nutzung moderner Informations-Technologie im Unterricht und für die Unterrichtsvorbereitung.

Hinter dieser Formulierung verbirgt sich nämlich die Perspektive des Abrufs vorgefertigter Unterrichtsstunden über das btx-Programm des HIBS (s. Fußnote) einerseits und dessen Anbindung an das Schlagwortverzeichnis der Deutschen Bundespost andererseits.

In der Planungsvorgabe des Projektes heißt es dazu:

„Der Modellversuch geht davon aus, daß mit der Technologieverzahnung von Nachrichtentechnik, Büromaschinenteknik und Datenverarbeitung ein synergetischer Effekt entsteht“.

Technische Intention und psychosoziale Primärwirkungen

In den assoziierten Schulen des Modellversuchs entbrannten mit Beginn des Projektes sofort heftige Konflikte darüber, wer die apparative Ausstattung erhalten sollte: die sogenannten vollakademisch ausgebildeten Theorielehrer oder die Fachlehrer für Bürotechnik. In der Gruppe der Theorielehrer wurden gleichzeitig Debatten darüber geführt, ob und wenn ja welche Programmiersprachen für welche Schülergruppen gelehrt werden sollten und in wessen Ressort (Mathematiklehrer?) dies zu fallen habe.

* HERMES, ein bildungspolitisches „Großprojekt“, wird vom Bundesminister für Bildung und Wissenschaft finanziert, von der Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung gefördert und vom Hessischen Institut für Bildungs- und Schulentwicklungsplanung (HIBS), Wiesbaden, durchgeführt. Der didaktische Teil der wissenschaftlichen Begleitung obliegt Prof. Dr. Ingrid B.-Lisop, Fachbereich Erziehungswissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität.

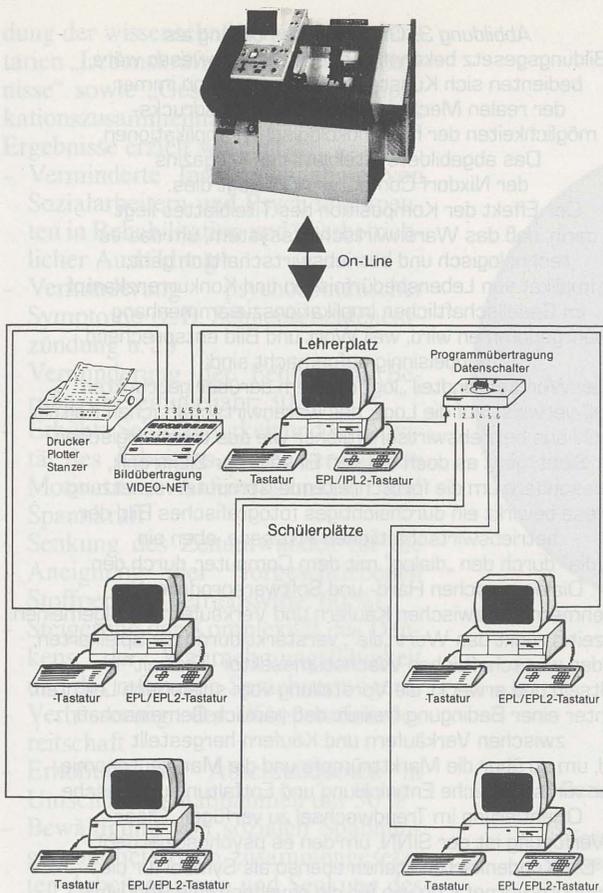


Abbildung 1:
Schema eines
computerisierten
Klassenraumes.

So war der Modellversuch schon mit der scheinbar problemlosen Frage nach der innerbetrieblichen Lokalisierung der Hardware zu einem psychosozialen Problem geworden, das ebenso überraschend kam wie es seitens der Betroffenen unlösbar schien. Irritierend war, daß es nichts mit fehlender Technikakzeptanz zu tun hatte, sondern genau mit dem Gegenteil. Dem ersten Konflikt folgten Zug um Zug weitere. Das Projekt drohte zu stagnieren. Es entstand eine Situation nicht unähnlich derjenigen bei Produktionsausfall im Betrieb oder bei Umsatzverlusten. Die interdisziplinär zusammengesetzte wissenschaftliche Begleitung war gefordert. Es handelte sich bei den Problemen um eine typische psychosoziale Primärwirkung. Sie äußert sich als Störung der somato-psychischen und psychosozialen menschlichen Antriebskräfte, die durch Entwurzelungs-, Entmündigungs- und Enteignungsängste entstehen. Im vorliegenden Fall erklärten sie sich wie folgt:

Setzt man im Bereich des Kaufmännischen die Stellenpläne der Betriebe in Relation zu den Funktionsbereichen der

wissenschaftlichen Betriebsführung, dann erkennt man eine eindeutige Tendenz zur Zweiteilung kaufmännischer Arbeitsvollzüge. Auf der einen Seite steht die Handhabungstechnik mikroelektronisch gesteuerter Gerätschaften, denen lediglich ein technisches und kaufmännisches Minimalwissen entspricht. Hierzu gehören z. B. alle Typistinnenberufe, inzwischen auch die Mehrzahl von Sachbearbeitertätigkeiten. Es korrespondiert damit die Ausbildungsdauer der Kurse für Computerbe-

dienung, die zwischen vier Tagen und vier Wochen liegt (s. a. Abb. 2).

Auf der anderen Seite stehen alle jene Tätigkeiten, in denen sich das integrierte Funktionalwissen manifestiert. Dazu gehört die gesamte Programmierung (Software-Entwicklung) und die strategische Planung. Der größte Teil der übrigen Tätigkeiten läßt sich als funktional bedingter Rest oder 'Übergang' klassifizieren. Auch wenn er derzeit noch recht groß ist. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung muß die Frage nach der Relevanz des Theoriewissens für den gesamten Bereich der bisherigen kaufmännischen Ausbildungsberufe neu beantwortet werden.

Nur so wird begreiflich, daß in den kaufmännischen Schulen die Zahl der Übungsbüros und Übungsfirmen rapide zunimmt, und daß diese mehr und mehr zu einer Domäne nicht der Fachlehrer für Bürotechnik, sondern der Theorielehrer werden. Es handelt sich bei diesem Prozeß ganz offensichtlich um eine strukturelle Umwälzung des Systems der beruflichen Erstausbildung, weg von der Dualität Betrieb-Schule hin zur vollschulischen Ausbildung. Gleichzeitig geht es um die Sicherung des Berufsstandes der Berufsschullehrer durch das Aufsaugen der Praxisanteile der Ausbildung, denn die Theorieanteile wurden und werden ja, wie wir sahen, freigesetzt. Insofern der Theorieanteil aber die akademische Ausbildung der Berufsschullehrer legitimiert - und damit auch deren Besoldungseinstufung - wird zur Rettung des eigenen Berufsstandes vehement an den Berufsordnungsmitteln in alter Form festgehalten, werden die überkommenen Ausbildungsberufe ebenso verteidigt wie die entsprechenden theoretischen Curriculum-Anteile.

Abbildung 2:
Das computerisierte
Büro als
Informationssystem.





Karten im Clinch

SINN-Textilkauflhäuser: | Johann Friedrich Engel:
Profit-Center mit Profil | Robinson macht Geschichte

Damit ist aber jede innovative Arbeit matt gesetzt.

Die Blockaden, die sich im Projektkontext ergaben, wurden von den mit dem Phänomen befaßten Soziologen als mangelhaft ausgebildete 'professionelle Identität' diagnostiziert. Aus soziologischer Denkweise heraus durchaus folgerichtig, empfahlen sie tiefenhermeneutische Interviews zur genaueren Abklärung der Ursachen. Eher dem betrieblichen Personalwesen nahestehende Projektmitarbeiter sahen eine gravierende arbeitsbezogene Motivationskrise und suchten Abhilfe in Organisations-, Delegations- und Anreizmodellen aus der Betriebswirtschaftslehre. Alle diese Ansätze waren insofern konkurrierender Natur, als das Projekt sie weder zeitlich noch finanziell bzw. personell integrativ berücksichtigen konnte. Auch hätten sie den Modellversuch eingeengt auf die „Innovationsfolgeleistung“ der bloßen Qualifizierung für den Umgang mit Informations- und Kommunikationstechniken. Wenn es aber darum gehen sollte, den Modellversuch als Aufgabe von Bildung zu realisie-

ren, dann war diese Kategorie selber als wissenschaftssystematisch zentral (um nicht zu sagen: interdisziplinär) zu begreifen; dann waren es die humanökologischen Prozesse, von denen aus das widerständige Ursache-Wirkungsgefüge zu analysieren und produktiv zu wenden war. Dies gelang unter Rückgriff auf Theoreme bzw. unter Anwendung von Instrumentarien, die in anderen Zusammenhängen der Frankfurter technik- und arbeitsorientierten Bildungsforschung entwickelt worden waren und sich in der Praxis bewährt hatten; so bei Problemen von Lernwiderstand in der Jugend- und Erwachsenenbildung, bei der Berücksichtigung von Lebensbedürfnissen, Lebenssinn und Motivation im Kontext von Unternehmenskultur und betrieblicher Rationalisierung.

Lebenskräfte und Lebensbedürfnisse

Menschliches Leben äußert sich substantiell in der Entwicklung der Lebenskräfte bzw. in der Befriedigung der Lebensbedürfnisse. Fragen nach dem Wert des Lebens, nach seiner Qualität,

Abbildung 3: Ohne daß dies bislang als Bildungsgesetz bekannt und formuliert gewesen wäre, bedienten sich Kunst und Werbung schon immer der realen Mechanismen und der Ausdrucksmöglichkeiten der humanökologischen Implikationen. Das abgebildete Titelblatt des Magazins der Nixdorf Computer AG belegt dies.

Der Effekt der Komposition des Titelblattes liegt darin, daß das Warenwirtschaftssystem, um das es technologisch und betriebswirtschaftlich geht, als Implikat von Lebensbedürfnissen und Konkurrenzkampf im Gesellschaftlichen Implikationszusammenhang wahrgenommen wird, weil Wort und Bild entsprechend doppelsinnig aufgemacht sind: Der Wortbestandteil „log“ mit dem darüber gedruckten „Handel“ verweist auf die Logik des warenwirtschaftlichen Kalküls sowohl aus betriebswirtschaftlicher wie aus technologischer Sicht; geht es doch um den Einsatz der Elektronik, insbesondere um die fortschreitende Computervernetzung. Diese bewirkt ein durchsichtiges fotografisches Bild der betriebswirtschaftlichen Prozesse, eben ein „dia“ durch den „dialog“ mit dem Computer, durch den Dialog zwischen Hard- und Softwareproduzenten und -abnehmern und zwischen Käufern und Verkäufern im allgemeinen. Gleichzeitig rückt das Wort „dia“, verstärkt durch die Spielkarten, den wirtschaftlichen Wachstumssektor „Freizeit“ ins Bewußtsein und erweckt die Vorstellung vom spielerisch Leichten. Unter einer Bedingung freilich: daß nämlich Gemeinschaft zwischen Verkäufern und Käufern hergestellt wird, um so über die Markttrümpfe und die Marktautonomie, über wirtschaftliche Entwicklung und Entfaltung und rasche Orientierung im Trendwechsel zu verfügen. Diese Verfügung ist der SINN, um den es psychosozial geht. Die Kundenkarten stehen ebenso als Symbol für die Computervernetzung wie für die psychosoziale Bedürfnisbefriedigung, die z. B. mit einer Mitgliedschaft im Diners Club oder in einer Confrérie angeboten wird.

seinem Sinn oder nach dem Fortschritt bemessen sich immer daran, wie unser menschliches Vermögen in der Gesellschaft zur Entwicklung und Entfaltung, zur Ausübung, Anwendung und Aneignung gelangen kann. Das System der Lebenskräfte und Lebensbedürfnisse entspricht daher als 'humanökologisches' in seiner Wertigkeit demjenigen System der gesamten Ökologie.

Die Frankfurter Forschung ergab:

Kognitive Prozesse der Informationsumsetzung, Lernprozesse und Arbeitsprozesse und nicht zuletzt Motivationen sind stets primär als humanökologischer Wirkungszusammenhang anzusehen. Bildung läßt sich als dessen Bewußtwerdung und autonome Nutzung umschreiben.

Lernprozesse erfolgen umso „effizienter“, je weniger „Störungen“ und Abwehrmuster im humanökologischen Wirkungskontext hervorgerufen werden. Im Zusammenhang mit Forschungen zur arbeitsorientierten Exemplarik (vgl. *Literatur*) konnten durch Anwen-

derung der wissenschaftlichen Instrumentarien „Lebenskräfte und Lebensbedürfnisse“ sowie „Gesellschaftlicher Implikationszusammenhang“ u. a. folgende Ergebnisse erzielt werden:

- Verminderte Inanspruchnahme von Sozialarbeitern und Psychotherapeuten in Rehabilitation und überbetrieblicher Ausbildung
- Verminderung psychosomatischer Symptome (z. B. Sehnenscheidenentzündung u. ä.)
- Verminderung der Fehlzeiten (Berufsvorbereitungsjahr: 30 %)
- Erhöhte Selbständigkeit und Kreativität des Arbeitens, Verbesserung von Motivation, Aufmerksamkeit und Spannkraft
- Senkung des Zeitaufwandes für die Aneignung der vorgeschriebenen Stoffpensen (Betriebswirte: 60 %)
- Steigerung der Komplexität des Denkens, der Wahrnehmungsfähigkeit und des reflexiven Sprachvermögens
- Verbesserung der Kooperationsbereitschaft
- Erhöhung der Abschlußquoten in Umschulungsmaßnahmen um 50 %
- Bewältigung von sozialen Spannungen bei heterogen zusammengesetzten Arbeitsgruppen und Senkung des diesbezüglichen Zeitaufwandes um bis zu 80 %
- Überwindung von Technikfeindlichkeit und Technikhörigkeit zugunsten reflektierten Umgangs.

Verortung und Orientierung

Es kann hier weder im einzelnen auf alle Elemente noch auf das Gesamtgefüge der „Lebenskräfte und Lebensbedürfnisse“ und des „Gesellschaftlichen Implikationszusammenhangs“ eingegangen werden. Auch die wissenschaftstheoretische Seite, d. h. die hermeneutische und heuristische Funktion in wissenschaftlichen Prozessen, die Wahrnehmen, Auslegen und Entscheiden implizieren, kann hier nicht behandelt werden. Hierzu und zu den entsprechend neuen Aspekten in der Verhaltens- und Einstellungsforschung sei auf die Literatur verwiesen. An dieser Stelle soll lediglich kurz auf die Kategorien 'Verortung' und 'Orientierung' eingegangen werden, weil sich im vorliegenden Projekt über sie der Weg fand, das Innovationsvermögen der Beteiligten freizusetzen.

Die Verortung umfaßt Platz und Funktion in gesellschaftlichen Gruppen wie

System der Lebenskräfte und Lebensbedürfnisse

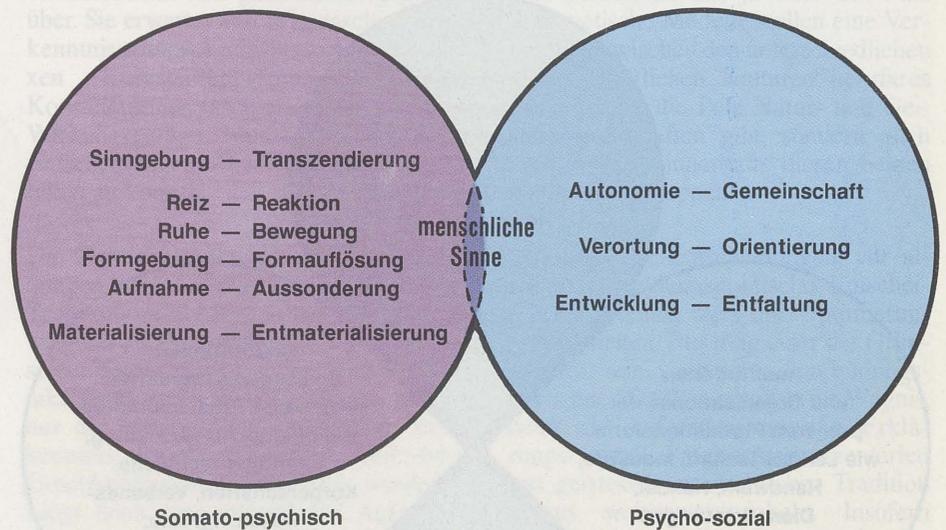


Abbildung 4: Die notgedrungen abstrakte Funktionsbeschreibung des differenzierten und komplizierten gesellschaftlichen Implikationsgeschehens wird verständlicher, wenn man sie in Beziehung zum System der menschlichen Lebenskräfte und Lebensbedürfnisse setzt. Der Gesellschaftliche Implikationszusammenhang ist nicht nur Formgebungsprinzip der Gesellschaft. Er ist auch das „Äußere“, durch das die Bewegung in unserem Inneren ihre nach außen wahrnehmbare Erscheinungsform erhält. Unser Menschsein entfaltet sich, indem wir das spezifisch menschliche Gattungspotential kultivieren und sich durch Arbeit und Bildung verwirklichen lassen. Diesem Prozeß verdanken wir das, was wir einerseits Kultur, andererseits Persönlichkeit nennen. Insofern sind die Lebenskräfte unser menschliches Vermögen im Sinne der energetischen Substanz. Im Zusammenhang von Erziehung, Bildung und Sozialisation wird dieses Vermögen lebenslang ausdifferenziert, weiterentwickelt und akzentuiert. Es präsentiert sich nach außen individuell und sozial höchst unterschiedlich. Immer aber läßt sich die sichtbare Präsentation rückführen auf die Antriebsmuster bzw. Lebensbedürfnisse Autonomie und Gemeinschaft, Verortung und Orientierung, Entwicklung und Entfaltung. Immer stehen diese in Relation zum Gesellschaftlichen Implikationszusammenhang, zum somato-psychischen Geschehen und zu unserem Sinnessystem. In allen Situationen, die mit Hoffnungen, Erwartungen, Ängsten bzw. Aufforderungen zum Problemlösen verbunden sind, entstehen im Zusammenwirken des Systems der Lebenskräfte und des Gesellschaftlichen Implikationszusammenhangs die erwähnten psychosozialen Primäreffekte, die wie auf einer Rangskala zwischen Abwehr und Widerstand einerseits, Gestaltungsmotivation andererseits pendeln.

der Familie, dem Freundeskreis, Vereinen, Schulen, Arbeitsplatz, weltanschaulichen Gruppen u. a. m. und bezieht sich dabei auf Akzeptanz, Ansehen, Geborgenheit, Sicherheit und Liebe jeweils als Schutz und Gestaltungsmöglichkeit. Doch ebenso wenig, wie Verortung ohne Orientierung gedacht werden kann, kann beides ohne Autonomie und Gemeinschaft gedacht werden. Das Verortungsbedürfnis ist nämlich gleichzeitig der eher statische Aspekt der Verwirklichung von Autonomie und Gemeinschaft, während die Orientierung dessen dynamische Seiten repräsentiert: Ent-

scheidungskriterien für Wechselfälle, Handlungsperspektiven für Veränderungen zur Verfügung zu haben. Von der Projektvorgabe aus gedacht, hieß dies im vorliegenden Fall, Handlungsperspektiven für technisch synergetische Effekte im Unterricht zu erzielen. Im humanökologischen Gesamtkontext ging es aber um die berufliche und damit auch die private Zukunft der Lehrer. Es war Entwurzelungsangst entstanden. Diese bündelte sich in einem zunächst nur latenten Fragenkomplex. Erst nach Entschlüsselung des o. a. Ausstattungsstreites gelang die verbale Identifizierung:

Gesellschaftlicher Implikationszusammenhang

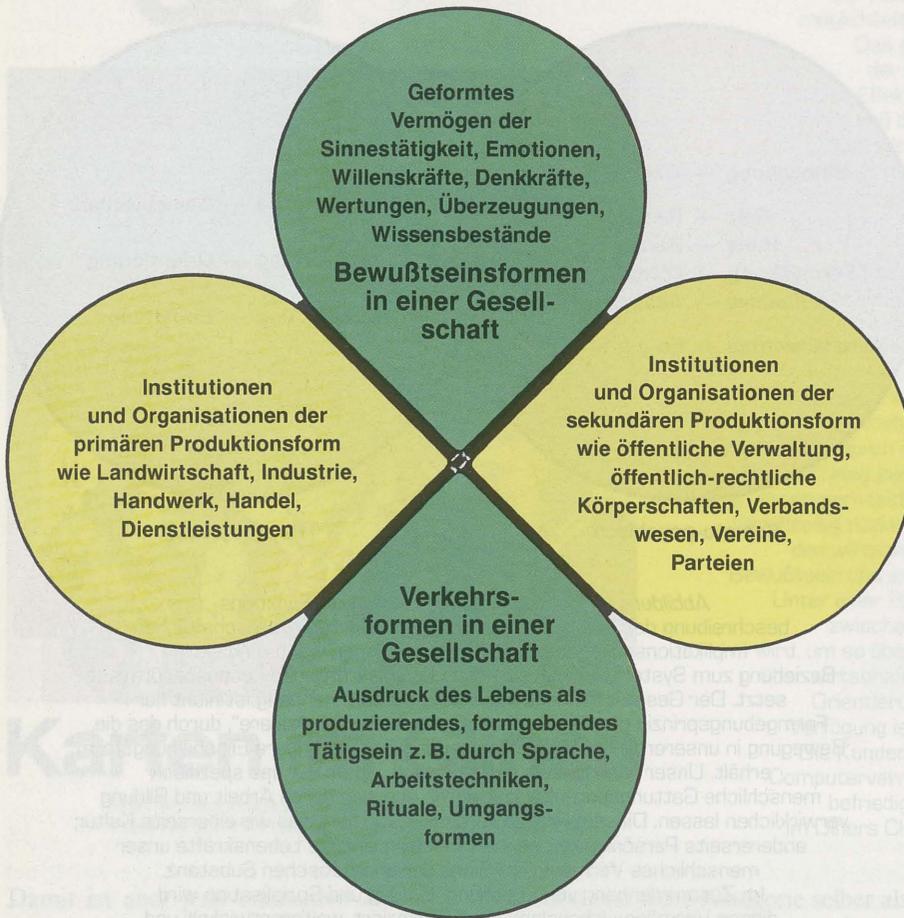


Abbildung 5:

Im Gesellschaftlichen Implikationszusammenhang stehen vier Einheiten in prozessualer Relation zueinander. Es handelt sich dabei ebenso um Erscheinungsformen gesellschaftlich geprägten menschlichen Lebens wie um knotenpunktartige Verdichtungen des Wesens von Gesellschaft: Die Bewußtseinsformen und die Verkehrsformen in der Gesellschaft sowie die primären und sekundären Produktionsformen. Der Gesellschaftliche Implikationszusammenhang wirkt von der Einheit der Verkehrsformen aus als Impuls auf das humanökologische Wirkungsgefüge der Lebenskräfte und Lebensbedürfnisse; und zwar im einzelnen aufgrund von Stimmigkeiten oder Dissonanzen, die in der Einheit der Bewußtseinsformen wahrgenommen werden. Informationsverarbeitung bzw. -umsetzung erhält ihr Profil bezüglich Motivation oder Abwehr und Widerstand sozusagen synergetisch aus der Verschränkung des gesellschaftlichen und humanökologischen Implikationszusammenhangs. Sie bilden eine dialektische Einheit.

- Welches ist quantitativ und qualitativ die Zukunft der Büroberufe?
- Haben Diplom-Handelslehrer noch eine Zukunft?
- Wenn ja, worauf wird sich ihr didaktischer und methodischer Freiraum einengen?
- Werden die „Informations- und Kommunikations-Techniken“ die professionelle Kompetenz der Lehrer abwerten und die Besoldungsklasse sinken lassen?
- Wer hat eigentlich im Prozeß der Verkabelung des Ausbildungssystems, wenn dies so weitreichend unseren Alltag tangiert, Mitbestimmungsrechte oder wer müßte solche haben?
- Was folgt aus einer Verkabelung der Schulen und des Unterrichts für die Entwicklung und Entfaltung der menschlichen Wesenskräfte des Denkens, Fühlens und Wollens, der in einer Demokratie notwendigen Ausbildung der Selbst-, Sach- und Sozialkompetenz oder – um es mit der

klassischen Bildungstheorie auszu- drücken – wohin entwickelt sich nicht nur die intellektuelle Bildung, sondern mehr noch die moralische und ästhetische? Wobei letztere nicht primär das musische bzw. künstlerische Element meint, sondern den gesamten Bereich der Muße, des Spiels, der Ausformung der Sinneskräfte und der Formen des Umgangs mit anderen Menschen, mit der Natur und mit den durch Arbeit geschaffenen Produkten.

Betroffenheit, Beteiligung und Kompetenz waren folglich als ein ebenso verdichtetes wie angstbesetztes Wirkungsgefüge drängend geworden. An ihm prallten die Aufklärungs- und Handlungsangebote der beteiligten Einzeldisziplinen (z.B. Arbeitsmarkt- und Qualifikationsforschung, Wirtschafts- didaktik, Unterrichtsmethodik) wegen des psychosozialen Abwehr- und Primäreffektes zunächst ab. Erst nachdem gesondert und ausdrücklich Raum und Zeit zu seiner Bearbeitung gegeben war,

Literatur

- Huisinga, R.: Technikfolgenbewertung. Bestandsaufnahme, Kritik, Perspektiven; Frankfurt 1985.
- Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Technikfolgenforschung (IATF) Frankfurt: Bericht über den Stand der Forschung vom 27.8.1987 (hektogr.).
- Lisop, I., Huisinga, R.: Arbeitsorientierte Exemplarik. Neue Wege für Wahrnehmen, Auslegen und Entscheiden in der Jugend- und Erwachsenenbildung der Zukunft; Frankfurt 1984 (vergriffen, Neuauflage im Druck).
- Lisop, I.: 40 Jahre Berufsausbildung im technischen Wandel. Ihre Zukunft im Rückspiegel betrachtet. – Gesellschaft für Arbeitsorientierte Forschung und Bildung; Frankfurt 1985.
- Lisop, I.: Sozio-kulturelle Entmündigung in der Freizeitgesellschaft. Analyse und Perspektiven der Abwehr. – Gesellschaft für Arbeitsorientierte Forschung und Bildung; Frankfurt 1986.
- Ropohl, G.: Zur Technisierung der Gesellschaft. – In: Bungard, W. und Lentz, H. (Hrsg.): Technikbewertung; Philosophische und psychologische Perspektiven; Frankfurt 1988.

griff die übrige Arbeit, nun sehr rasch. Die Schilderung der speziellen, in der Frankfurter Forschung entwickelten Vorgehensweisen der Bearbeitung würde hier zu weit führen. Dafür muß auf den Schlußbericht des Modellversuchs verwiesen werden. Hier seien statt dessen einige abschließende Überlegungen zum Kontext „Technikfolgenforschung und Geisteswissenschaften“ angestellt.

Geisteswissenschaftliche Erklärungsinstrumente

Technikfolgenforschung steht gerade dann, wenn es um die Erforschung von sozialen Prozessen geht, unter Legitimationsschwächen.

Der forschende Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität begegnet dem Mißtrauen, es werde Mystik statt Mathematik angewandt, Auslegung als Willkür statt als Wahrheitssuche betrieben. Nur zu leicht genügen daher empirische Untersuchungen in nachträglicher, beschreibend systematisierender Absicht den wissenschaftlichen Standards, wenn sie nur versuchen, konkrete Erscheinungen als Fall einer allgemei-

Technikfolgenforschung als soziale Wirkungsforschung wird weltweit als drängend empfunden.

Die Bedingungen, Ziele und Folgen der Technikgestaltung sowie die Formen der Technikbewertung präsentieren sich nämlich zunehmend als sozial relevant. Die Gefahren der Verselbständigung technischer Entwicklungen, nicht umkehrbarer Naturprozesse sowie die natürlichen Grenzen des wirtschaftlichen Wachstums sind ebenso akut wie die Probleme des Motivations- und Wertewandels und der Zunahme psychosomatischer Leiden.

Sie berühren die Grenze zur Kontraproduktivität und zur Beschädigung von Humanität. In der Bundesrepublik Deutschland wird deshalb seit 1973 der diesem Problemknäuel entsprechende Forschungsbedarf als Politikum diskutiert.

Für den universitär organisierten Wissenschaftsbetrieb stellt die Technikfolgenforschung eine spezielle Schwierigkeit und Herausforderung dar. Verlangt sie doch die Überwindung der Ressortgrenzen, ohne daß hierfür schon hinlänglich Übereinstimmung auf der methodischen oder Erfahrung auf der institutionellen Ebene vorläge. Diese Her-

nen Regel, als Teil einer *Gesetzmäßigkeit* zu erfassen. Dieser Auffassung von Wissenschaft als Quelle zuverlässiger (Er-)Kenntnis steht eine ganz andere gegenüber. Sie erwartet von Wissenschaft *Erkenntnisstrategien*, um in hoch komplexen Entscheidungszusammenhängen Konstellationen rasch und detailliert als Wirkungsgefüge durchschauen und Entscheidungen als relatives Optimum fällen zu können.

Die Geschichte der technischen Erfindungen lehrt, daß es irrig ist zu glauben, Technikentwicklung vollzöge sich überwiegend als Prozeß formgebender Umsetzung von Naturgesetzen. Der Technikfolgenforschung sollte daher nicht nur die Meßlatte fortschreitender Erkenntnis von Einzeldaten als Teil von Gesetzmäßigkeiten angelegt werden. Liegt doch eine wesentliche Aufgabe auch darin, sozialbezogene Auslegungs-, Orientierungs- und Entscheidungsinstrumente zu entwickeln. Hierfür ist die geisteswissenschaftliche Tradition von besonderer Ergiebigkeit. Synergetische Modelle wie die oben angeführten, können zugleich eine interdisziplinäre Vermittlungsaufgabe überall dort erfüllen,

ausforderung annehmend, hat sich gleichwohl an der Johann Wolfgang Goethe-Universität 1985 die Interdisziplinäre Arbeitsgruppe Technikfolgenforschung (IATF) konstituiert. In ihr kooperieren Vertreter(innen) der Gesellschaftswissenschaften, der Wirtschaftswissenschaften, der Erziehungswissenschaften, der Natur- und Technikwissenschaften, aber auch der Ethik und der Sprachforschung. Die Konzeption des Forschungsschwerpunktes lautet: „Technikentwicklung als sozialer Prozeß: Bedingungen, Ziele und Folgen der Technikgestaltung und Formen der Technikbewertung.“

Die Zusammenarbeit umfaßt neben der Bearbeitung einer Vielzahl von Projekten auch gemeinsame Lehrveranstaltungen einzelner Mitglieder sowie regelmäßige gemeinsame Forschungskolloquien der Gesamtgruppe. 1987 fand das erste öffentliche Symposium statt.

Will man die Projekte der Arbeitsgruppe thematisch dahingehend angemessen gliedern, daß einerseits die einzelnen Forschungsziele und andererseits das Spezifikum der Interdisziplinarität deutlich werden, dann stößt man auf einen Teil der versteckten Probleme der Interdisziplinarität bereits in Konfrontation mit den Gliederungsprinzipien des Wissenschaftssy-

wo auf den Menschen bezogene Sichtweisen geboten oder zu berücksichtigen sind. Im Zusammenhang von Arbeit und von Lernen ist das ja stets der Fall. Synergetische Modelle stellen eine Verbindung zwischen den unterschiedlichen wissenschaftlichen „Kulturen“ her, die es nicht nur als die Pole Natur- und Geisteswissenschaften gibt, sondern auch als „Blöcke“ innerhalb dieser beiden klassischen Gruppen.

Pädagogische Entscheidungen, vor allem aber bildungspolitische Entscheidungen, können stets nur Optimierungen herstellen. Das mag einer der Gründe dafür sein, weshalb es dem bildungsbezogenen Denken weniger als Wagnis, denn als Aufgabe entspricht, Erklärungs- und Prognoseinstrumentarien aus geisteswissenschaftlicher Tradition heraus weiterzuentwickeln. Insofern setzt das bildungsbezogene Denken in der Technikfolgenforschung bislang ungewohnte, realitätsbezogene Akzente.

Prof. Dr. Ingrid B.-LISOP

AG Arbeit, Beruf, Bildung und Wirtschaftspädagogik, Fachbereich Erziehungswissenschaften

stems. Man muß daher die Arbeiten der Frankfurter IATF von drei Seiten her beleuchten, will man ihrer Komplexität gerecht werden. Die erste Seite betrifft das Ausgangsfeld. So gibt es Projekte mit *ökonomischem* Ausgang, Projekte mit *soziologischem* und *politikwissenschaftlichem* Ausgang; Projekte mit *technologischem* Ausgang; Projekte mit *arbeits- und bildungsbezogenem* Ausgang, solche mit *ethischem* Ausgang sowie *sprachliche* Technikfolgenforschung.

Gliedert man sozusagen 'dem Verlauf des sozialen Prozesses entlang', dann gibt es Projekte unter dem Aspekt der Technikentstehung, der Technikkonzeptionen, der Technikbewertung und der Technikkompetenz.

Denkt man, um die dritte Seite zu nennen, von der gesellschaftspraktischen Relevanz her, dann gliedern sich die Frankfurter Projekte in einen Bereich mit *institutionenzentrierter* Sicht, einen Bereich mit *humanorientierter* Sicht und einen Bereich, der *politische*, insbesondere *infrastrukturelle* Probleme behandelt.

Forschungsstrategische Grundsatzfragen werden sowohl indirekt als auch in besonderen Projekt-Zugriffen bearbeitet.

Geologische Expedition in die Shackleton Range (Antarktis)



GEISHA 1987/88

Von Georg Kleinschmidt und Hans-Martin Braun

Deutsche Antarktisforschung

Mit dem Beitritt zum internationalen Antarktisvertrag im Jahre 1981 verpflichtete sich die Bundesrepublik Deutschland zu jährlichen Forschungs-Expeditionen in den sechsten Kontinent. Thematische Schwerpunkte der aktuellen Aktivitäten sind dabei biologische, geowissenschaftliche, glaziologische und meteorologisch-klimatologische Fragestellungen. Die Errichtung der „Georg-von-Neumayer-Station“ (GvN) als ganzjährig besetzte Station auf dem Ekström-Schelfeis im Jahre 1981 war Voraussetzung für die Aufnahme der Bundesrepublik in den Kreis der sogenannten „Konsultativstaaten“. Kleinere Sommerstationen bestehen auf dem Filchner-Schelfeis und in Nord-Victorialand (s. Abb. 1). 1982 folgte die Inbetriebnahme der „Polarstern“ – dem zur Zeit modernsten eisbrechenden Forschungsschiff der Welt. Sie dient einerseits als Basis für marine Forschungsarbeiten in Antarktis und Arktis, andererseits wird sie für die Versorgung der Station und den Transport terrestrischer Expeditionen in die Polarregionen eingesetzt. Hinzu kommen zwei Polarflugzeuge vom Typ Dornier 228-100 für wissenschaftliche (z. B. geophysikalische und photogrammetrische) und logistische Aufgaben. Die bundesdeutsche Antarktisforschung wird durch das Al-

fred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI) mit Sitz in Bremerhaven koordiniert. Das AWI hat die Federführung für den Betrieb der „Georg-von-Neumayer-Station“ und verfügt über den Einsatz der „Polarstern“ und der beiden Flugzeuge. Geologisch-geophysikalische Landexpeditionen führt außerdem die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Hannover, durch. Neben den genannten Institutionen sind insbesondere Wissenschaftler der deutschen Universitäten am Antarktisprogramm der Bundesrepublik beteiligt.

Geologie der Antarktis – ein Überblick

Bereits relativ früh in der Entdeckungsgeschichte der Antarktis fand auch deren Geologie wissenschaftliches Interesse. So waren unter anderem an den Expeditionen von Sir R. F. SCOTT (1901-1904), E. von DRYGALSKI (1901-1903), E. H. SHACKLETON (1907-1909) und Sir D. MAWSON (1911-1914) auch Geologen beteiligt. Weitere Erkenntnisse über den Aufbau des antarktischen Kontinents wurden während des Internationalen Geophysikalischen Jahrs 1957/58 gewonnen. Bundesdeutsche Geologen arbeiten in neuerer Zeit u. a. in Nord-Victorialand („GANOVEX 1“ bis „GANOVEX 4“), in Neuschwabenland und auf der Antarktischen Halbinsel. Der

geologische Aufbau der Antarktis ist heute grundsätzlich bekannt (s. Abb. 1). Die Ostantarktis – von der mehrere 1000 m mächtigen polaren Eiskappe überdeckt – stellt den alten Kern des Kontinents dar. In diesem „Antarktischen Schild“ stehen überwiegend kristalline Gesteine mit einem Alter bis zu 4000 Millionen Jahre an, überdeckt von einer flach lagernden Sedimenthülle. In geologisch jüngerer Zeit wurden auf der pazifischen Seite dieses Kontinents mehrfach Faltengebirge angefügt. Sie bilden so die Westantarktis mit der Antarktischen Halbinsel.

Wesentliche geologische Bedeutung hat die Antarktis als Herzstück des Urkontinents Gondwana (s. Abb. 2). Dieser Riesenkontinent zerfiel erst in geologisch relativ junger Zeit (vor etwa 200 bis 50 Millionen Jahren, d. h. vom Jura bis ins Tertiär) in die heute bekannten Südkontinente Antarktis, Südamerika, Afrika, Indien und Australien. Die von Alfred WEGENER (1912) postulierte Kontinentaldrift führte sie anschließend in ihre gegenwärtige Position.

Unternehmen „GEISHA“ – von der Idee zur Realisierung

Zweifellos stellt der pazifische Rand des alten Kontinents mit seinen Faltengebirgen eine geologisch äußerst interessante

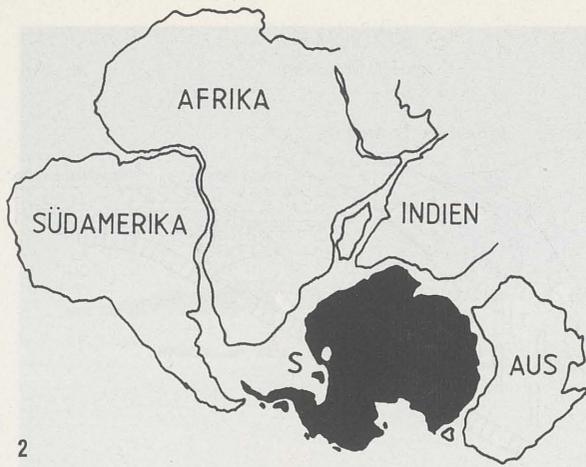
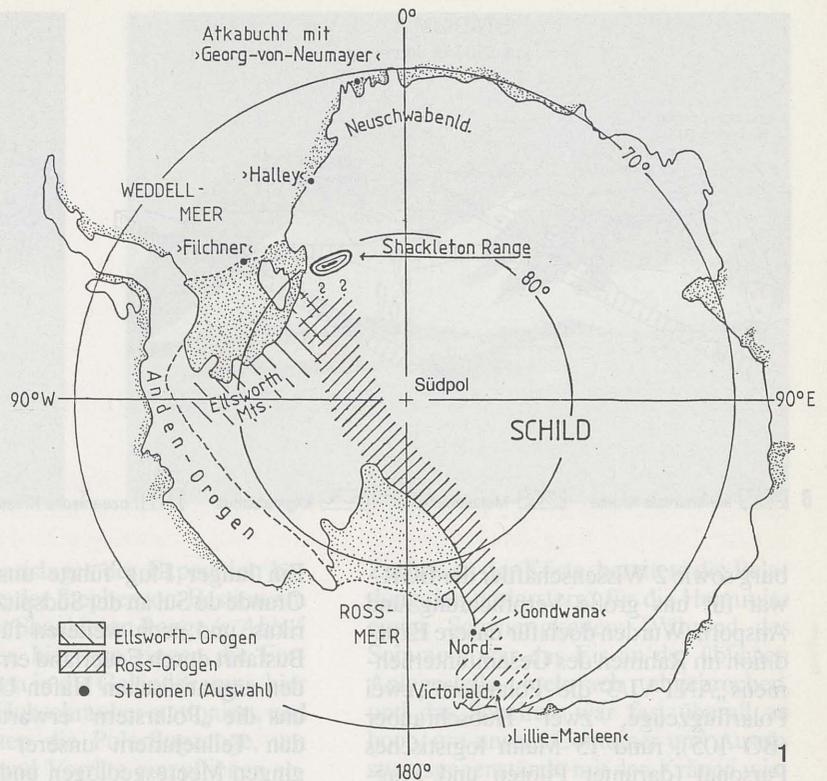


Abbildung 2:
Die Position der Antarktis in
Gondwana vor rund
200 Millionen Jahren.

Abbildung 1:
Die Lage des Expeditions-
gebietes (Shackleton Range) sowie
einiger wichtiger Stationen
in der Antarktis.



Region dar. So resultierte aus den deutschen Expeditionen nach Nord-Victorialand ein Modell für die Entwicklungsgeschichte dieses Raumes (s. u. a. KLEINSCHMIDT & TESSENHORN 1987). Ihm zufolge tauchte hier die ozeanische Erdkruste des Ur-Pazifik vor rund 500 Millionen Jahren in einer westwärts gerichteten Bewegung unter die kontinentale Kruste der Antarktis ab. Mehrfache Verlagerung dieser sogenannten „Subduktionszone“ nach Westen führte zu einer fortlaufenden Vergrößerung der Antarktis (s. Abb. 4).

Die in Nord-Victorialand gewonnenen Erkenntnisse sollten nun in einem weiteren Gebiet von ähnlicher geotektonischer Position überprüft werden. Hierfür bot sich die Shackleton Range an, eine etwa 500 km südöstlich des Weddellmeeres gelegene Gebirgsgruppe (s. Abb. 1). Zwar waren dort bereits in den 60er und 70er Jahren englische und russische Expeditionen tätig, doch gehen deren Berichte über eine erste geologische Bestandsaufnahme kaum hinaus. Deutungen der erdgeschichtlichen Entwicklung in der Shackleton Range blieben sehr vage, vielfach ergaben sich Widersprüche. So konnte bisher zum Beispiel nicht geklärt werden, inwieweit die Shackleton Range überhaupt dem Antarktischen Schild zuzurechnen sei, und welche Auswirkungen die jüngeren Ge-

birgsbildungen (hierunter vor allem die „Ross-Orogenese“ vor etwa 500 Millionen Jahren) hier hatten.

Nach über drei Jahre andauernder wissenschaftlicher und logistischer Vorbereitung kristallisierte sich ein Team von 10 Geologen heraus, das im Südsommer 1987/88 Gelegenheit haben sollte, die Shackleton Range zu besuchen. Die Fachgebiete der Teilnehmer deckten alle dort gefragten Disziplinen ab: Neben Untersuchungen im kristallinen Grundgebirge (Petrologie, Metamorphose, Deformation) waren die gangartigen, meist basischen Intrusionen hierin für paläomagnetische Untersuchungen und radiometrische Altersdatierungen zu beproben. Auf dem Grundgebirge aufliegende Sedimente sollten sedimentologisch, stratigraphisch und tektonisch bearbeitet werden. Und nicht zuletzt war die jüngere Vereisungsgeschichte in diesem Gebiet zu erforschen. Zugleich sollte die bisherige bundesdeutsche Antarktische geologie im Brennpunkt Shackleton Range gebündelt werden, denn alle Teilnehmer konnten frühere Antarktische Kenntnisse einbringen. So war Hans-Martin BRAUN 1986/87 mit einer australischen Expedition im Ostantarktischen Schild, Georg KLEINSCHMIDT mehrfach mit „GANOVEX“ in Victorialand. Aufgabe der beiden Autoren (s. Abb. 3) vom Geologisch-Paläontologi-

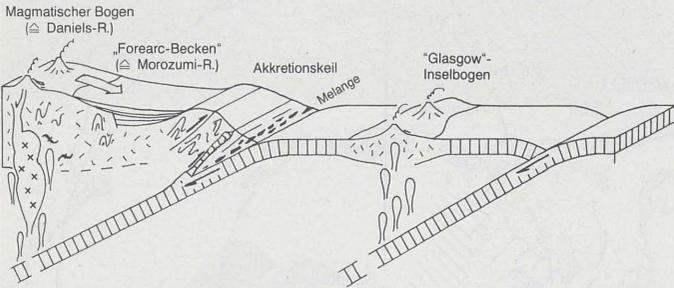
schen Institut der J. W. Goethe-Universität Frankfurt ist die Aufklärung der Deformations- und Metamorphosegeschichte der Shackleton Range. Ziel ist, das Wachstum („Akkretion“) des kontinentalen Kerns der Antarktis und damit des Superkontinents Gondwana an zentraler Stelle aufzuklären.

Der konzentrierte Einsatz der Logistik des Alfred-Wegener-Instituts und der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe für unser vorwiegend aus Universitäts-Wissenschaftlern bestehendes 10-Mann-Team – neben den Autoren Kollegen der Universitäten Aachen, Erlangen, Göttingen und Würz-

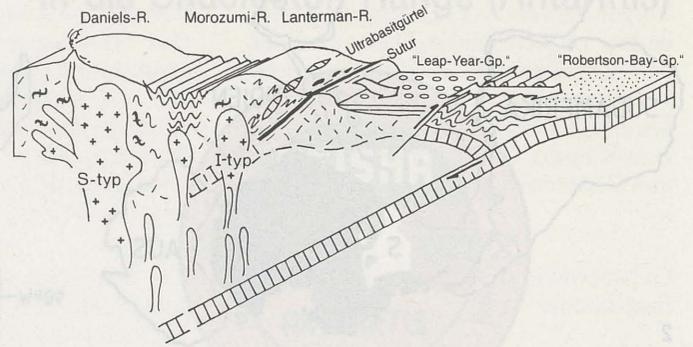


Abbildung 3: Die beiden Autoren (rechts Prof. Kleinschmidt, links H.-M. Braun) hissen stolz die Frankfurter Fahne in der Antarktis.

STADIUM A
(ca. 550 Mill. Jahre)



STADIUM B
(ca. 500 Mill. Jahre)



kontinentale Kruste
 Metasedimente
 Migmatismus
 ozeanische Kruste
 Granite: x x ältere (550 Mill. Jahre)
 + + jüngere (500 Mill. Jahre)

burg sowie 2 Wissenschaftler der BGR – war für uns große Verpflichtung und Ansporn. Wurden doch für unsere Expedition im Rahmen des Gesamtunternehmens „ANT VI/3“ die „Polarstern“, zwei Polarflugzeuge, zwei Hubschrauber (BO 105), rund 15 Mann logistisches Personal (darunter Piloten und Flugtechniker), 10 Motorschlitten sowie umfangreiche Geländeausrüstung von der Polarkleidung bis zu den Zelten aufgeboden. Im folgenden wird ein kurzer Überblick über den Ablauf der Geologischen Expedition in die Shackleton Range („GEISHA“) gegeben und ihre ersten Ergebnisse vorgestellt.

Allgemeiner Expeditionsverlauf

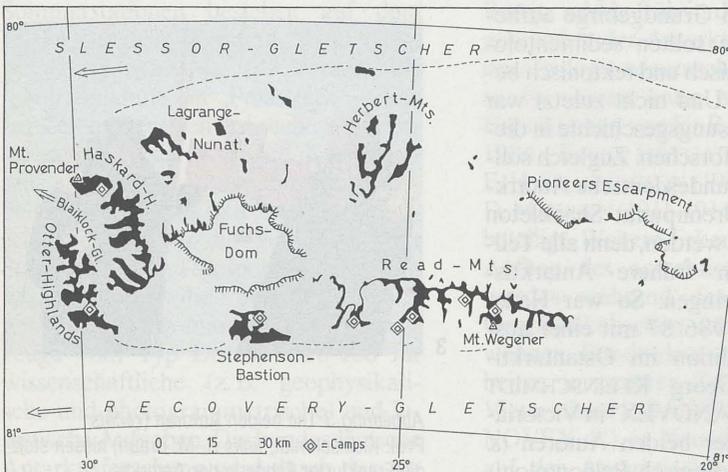
Unsere Expeditionsausrüstung verließ Deutschland im September 1987 an Bord der „Polarstern“. Am 17. Dezember folgte die wissenschaftliche und nautische Besatzung des Fahrtabschnitts ANT VI/3 auf dem Weg nach Süden.

Ein langer Flug führte uns nach Rio Grande do Sul an der Südspitze Südamerikas, und nach weiteren fünf Stunden Busfahrt durch Feuerland erreichten wir den argentinischen Hafen Ushuaia, wo uns die „Polarstern“ erwartete. Neben den Teilnehmern unserer Expedition gingen Meeresgeologen und -biologen, Geophysiker, Ozeanographen, eine schwedisch-österreichische Expedition in die Kottasberge sowie die neue Überwinterungs-Mannschaft der „Georg-von-Neumayer-Station“ (GvN) an Bord – alles in allem eine wissenschaftliche Besatzung von rund 70 Personen.

Nach Querung der Drake-Passage erreichten wir bald antarktische Gewässer, und die an Bord tätigen Forscher nahmen ihre Labors in Betrieb. Am Silvesterabend 1987 lief „Polarstern“ in die Atkabucht vor GvN ein, wo sie erstmals ihre Eisbrecher-Qualitäten unter Beweis stellen mußte. Innerhalb von 2 Tagen wurde der Nachschub für die Station und

die Expeditionsausrüstung der von hier aus arbeitenden Forschergruppen entladen. Durch lockeres Packeis bewegten wir uns dann weiter nach Süden, bis wir am 5. 1. die britische Station „Halley“ erreichten. Ein kleines Camp auf dem Schelfeis nahe der Station sollte Ausgangspunkt für unsere Unternehmung sein.

In fieberhaftem Treiben und unter Beteiligung aller Wissenschaftler wurden die Expeditionsausrüstung und rund 200 Faß Treibstoff von Bord der „Polarstern“ gelöscht (s. Abb. 6). Mittlerweile waren auch die beiden Flugzeuge „Polar 2“ und „Polar 4“ eingetroffen, und am 8. 1. konnten die erste Ausrüstung und zwei Personen in die Shackleton Range geflogen werden. Am 10. 1. schließlich war die Kernmannschaft der Expedition, bestehend aus 11 Personen, in der Shackleton Range vereint. Einen Tag später folgten die beiden Polarhubschrauber mit ihren 2 Piloten und einem Mechani-





7

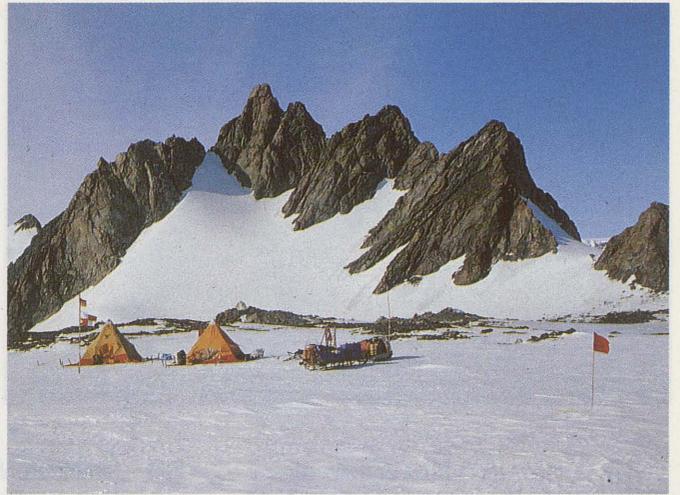
Abbildung 4: Zwei Wachstumsstadien des antarktischen Kontinents in Victoria Land. Stadium A vor rund 550 Millionen Jahren: An zwei „Subduktionszonen“ sinkt ozeanische Kruste in die Tiefe, schmilzt dort teilweise auf und führt so zur Bildung „magmatischer Bögen“ (links: Daniels-Range, rechts: „Glasgow“-Inselbogen); Stadium B vor 500 Millionen Jahren: Der ehemalige Glasgow-Inselbogen ist dem Kontinent 'einverleibt' worden, die linke (westliche) Subduktionszone wurde unwirksam (nach KLEINSCHMIDT & TESSENHORN 1987).

Abbildung 5: Die Teilgebirge der Shackleton Range und Geländecamps mit Frankfurter Beteiligung.

Abbildung 6: Entladung der „Polarstern“ vor der britischen Station „Halley“. Die beengten Verhältnisse in diesem schmalen „Inlet“ im Schelfeis bedingten, daß die gesamte Expeditionsausrüstung über das englische Schiff „MS Bransfield“ hinweg gelöscht werden mußte.

Abbildung 7: Das Basislager der Expedition in der Stephenson-Bastion, Shackleton Range. Die beiden Flugzeuge „Polar 2“ (im Bild) und „Polar 4“ stellten während der gesamten Expedition den Transport von Ausrüstung, Nahrungsmitteln, Treibstoff und wissenschaftlichem Probenmaterial zwischen dem Basislager und der rund 600 km entfernten Küstenstation sicher.

Abbildung 8: Geländecamp in den Read-Mountains. Von diesen Lagern aus führten die Wissenschaftler ihre geologischen Arbeiten durch. Die Lager wurden im Abstand von 4 bis 5 Tagen durch Hubschrauber vom Basislager aus versorgt. Mit diesem bestand zweimal täglich Sprechverbindung über Kurzwellenfunk.



8

ker. Das Basislager der Expedition befand sich in der Stephenson-Bastion am Südrand der Shackleton Range (s. Abb. 5 und 7). Von hier aus gingen die Forschergruppen in die Geländecamps, hier waren die Hubschrauber stationiert, und hier landeten die Polarflugzeuge, um Treibstoff und Vorräte einzufliegen sowie das geologische Probenmaterial zurück zur Küste zu transportieren.

Für die Geländearbeit teilte sich die Expeditionsmannschaft in drei Gruppen zu je 2-3 Wissenschaftlern und einem Bergführer, die Feldcamps aus jeweils zwei Scott-Zelten bewohnten (s. Abb. 8). Für die Bewegung zu den geologischen Aufschlüssen und den Transfer der Camps standen jeder Gruppe zwei Motorschlitten mit angehängten Nansenschlitten zur Verfügung, während für Arbeiten an weiter entfernten Punkten und für Übersichts-Befliegungen die Helikopter eingesetzt wurden. Diese Kombination von Hubschraubern und Motorschlitten – auf einer deutschen Expedition erstmals in diesem Ausmaß eingesetzt – erwies sich als außerordentlich effektiv. Bis zur endgültigen Evakuierung der Expedition zurück nach „Halley“ am 17. Februar konnten die gesamten Read-Mountains im Süden sowie weite Teile der Otter- und Haskard-Highlands im Westen des Gebirges geologisch bearbeitet werden (s. Abb. 5). Der erfolgreichen Geländearbeit kam das perfekte Wetter zugute – nahezu 6 Wochen Sonnenschein –, allerdings mit Temperaturen zwischen -10°C und -33°C . Insgesamt wurden ca. 7 Tonnen an Gesteinsproben gesammelt, die nun auf ihre weitere Bearbeitung in den Heimatinstituten warten.

Zurück an der Küste, bereitete die Beladung der „Polarstern“ für die Heimreise einige Schwierigkeiten: Während des Sommers war das Eis an der üblichen Anlegestelle mehrfach abgebrochen, und das Schelfeis war fast überall zu hoch, um unsere Container und Ausrüstungsgegenstände mit den Kränen wieder an Bord zu hieven. Während der Rückfahrt schlossen sich weitere Forschungsarbeiten in der Weddel-See an, bevor wir am 5. 3. 1988 die alte Überwinterungsmannschaft bei GvN an Bord nehmen und die Heimreise antreten

Literatur

Buggisch, W. (1988, in Druck): Stratigraphie und Fazies der sedimentären Serien in der Shackleton Range. – In: Geologische Expedition in die Shackleton Range (GEISHA): Ber. z. Polarforsch.; Bremerhaven.

Clarkson, P. D. (1982): Geology of the Shackleton Range. I. The Shackleton Range Metamorphic Complex. – Brit. Antarct. Surv. Bull. 51: 257-283.

Clarkson, P. D. (1983): Geology of the Shackleton Range. II. The Turnpike Bluff Group. – Brit. Antarct. Surv. Bull. 52: 109-124.

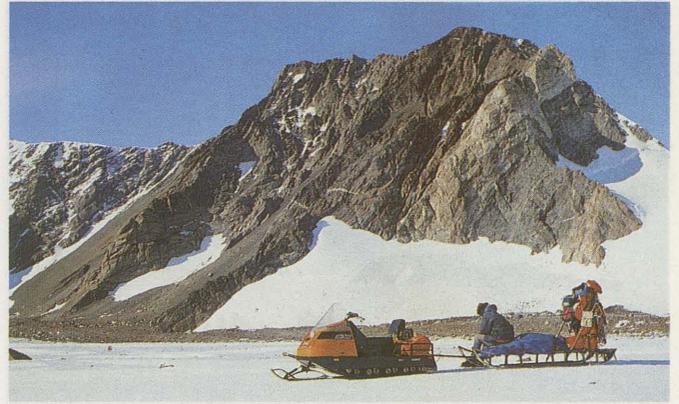
Hofmann, J. & Paech, H.-J. (1983): Tectonics and relationships between structural stages in the Precambrian of the Shackleton Range, western margin of the East Antarctic Craton. – In: Oliver, R. L., James, P. R. & Jago, J. B. (Eds.): Antarctic Earth Science, Canberra (Austral. Acad. Sci.): 183-189.

Marsh, P. D. (1983): The Late Precambrian and Early Paleozoic history of the Shackleton Range, Coats Land. – In: Oliver, R. L., James, P. R. & Jago, J. B. (Eds.): Antarctic Earth Science, Canberra (Austral. Acad. Sci.): 190-193.

Wegener, A. (1912): Die Entstehung der Kontinente. – Geol. Rundsch. 3: 276-292.



9



10

konnten. Am 17. März endete unsere Expedition in Kapstadt, und am 10. April lief die „Polarstern“ mit dem Probenmaterial in Bremerhaven ein.

Die Gesteine der Shackleton Range

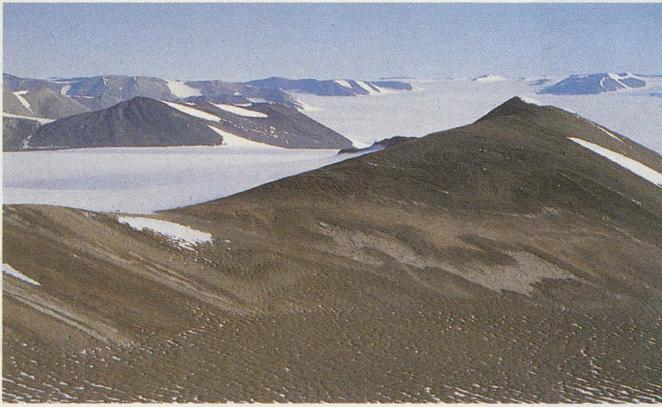
Die grundlegende Gliederung der lithologischen Einheiten geht auf STEPHENSON (1966) und CLARKSON (1972, 1982, 1983) zurück und wurde von anderen britischen, sowjetischen und DDR-Geologen modifiziert und ergänzt. Einigkeit besteht über eine grundlegende Dreiteilung der Einheiten: Über einem metamorphen Grundgebirge aus Gneisen und Graniten liegen zwei Serien überwiegend klastischer Sedimente. Unklar ist jedoch die Alterseinstufung insbesondere der jüngeren Einheiten, sowie die zeitliche Korrelation der Formationen in den unterschiedlichen Gebirgsgruppen (s. Tab. 1).

Der „Shackleton Range Metamorphic Complex“ der Read-Mountains besteht aus relativ eintönigen Biotit-Glimmerschiefern bis Biotit-Gneisen (s. Abb. 10). In diese Metamorphite drangen mehrfach granitische Schmelzen ein. Im westlichen Teil der Read-Mountains konnten migmatitische Gefüge als Spuren einer teilweisen Gesteinsaufschmelzung nachgewiesen werden. In den Haskard-Highlands besteht das Basement aus einer Wechsellagerung von Quarziten, Schiefern, Marmoren und Kalksilikat-Gesteinen, die relativ hohe Metamorphosebedingungen erfuhren (s. Abb. 11). Eingelagert sind helle Gneise, jedoch ist noch nicht bekannt, ob ihre Einschaltung intrusiver oder tektonischer Natur ist. Die Kombination einer Spezialkartierung im Raum des Mt. Provender mit mikroskopischen Untersuchungen an dem umfangreichen Probenmaterial soll hier weitere Aufschlüsse erbringen.

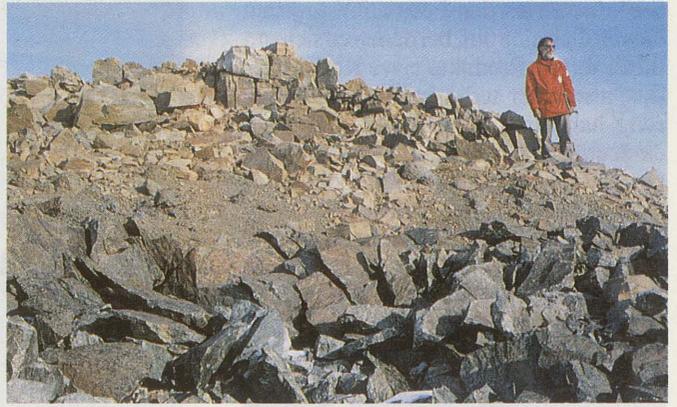
Das kristalline Basement (Grundgebirge) wird in den Read-Mountains von der Watts-Needle-Formation überdeckt. Fossile Böden an ihrer Basis zeigen an, daß das Kristallin vor der Ablagerung der Watts-Needle-Formation eine Landoberfläche bildete (s. Abb. 12). Die Sandsteine und Kalke mit Algenmatten sind Bildungen einer präkambrischen Flachwasserüberflutung aus dem Gezeitenbereich. Über der Watts-Needle-Formation folgen die verfalteten Silt- und Tonschiefer der wahrscheinlich unterkambrischen Turnpike-Bluff-Gruppe. Sie läßt sich nach Westen über die Stephenson-Bastion bis in die Otter-Highlands weiterverfolgen. Mit horizontal lagernden Konglomeraten und Sandsteinen der Blaiklock-Glacier-Gruppe in den nördlichen Otter-Highlands und in den Haskard-Highlands wird die Erdschichte der Shackleton Range im Paläozoikum abgeschlossen, denn nach

Mill. Jahre	CLARKSON (1972-1983)	MARSH (1983)	PAECH (1986)
225			Blaiklock-Glacier-Gruppe
			Blaiklock-Glacier-Gruppe
500		Blaiklock-Glacier-Gruppe	
	Blaiklock-Glacier-Gruppe	Turnpike-Bluff-Gruppe	
570			Turnpike-Bluff-Gruppe
	Turnpike-Bluff-Gruppe	Watts-Needle-Formation	Turnpike-Bluff-Gruppe
	Shackleton Range Metamorphic Complex		

Tabelle 1:
Die Gesteinseinheiten der Shackleton Range nach verschiedenen Autoren (Zusammenstellung nach BUGGISCH, 1988). Die Einstufung der Einheiten nach MARSH deckt sich weitgehend mit den eigenen Befunden während der Expedition GEISHA.



11



12

Abbildung 9: Blick von Westen auf die Read-Mountains (Hubschrauber-Aufnahme). Sie bilden eine langgezogene, zum Recovery Glacier hin nach Süden abfallende Steilstufe mit Wandhöhen bis zu 500 m.

Abbildung 10: Gora Rudachenka, östliche Read-Mountains, von Westen. Schiefer und granitische Gneise des Shackleton Range Metamorphic Complex fallen mittelsteil nach Norden und werden an südfallenden Bruchflächen leicht versetzt (siehe helles Band in Bildmitte).

Abbildung 11: Blick über die Haskard-Highlands (links) entlang des Blaiklock-Glacier (rechts, Hintergrund) nach Süden. Im Vordergrund intensiv verfaltete hochmetamorphe Gneise und Marmore (helle Bänder!).

Abbildung 12: Überlagerung des kristallinen Basements durch präkambrische Sandsteine (Watts-Needle-Formation), dazwischen Verwitterungsbildung des Kristallins. Sie zeigt an, daß das Kristallin vor der Überflutung eine Landoberfläche bildete. Read-Mountains.

Abbildung 13 a-d: Geologie der Shackleton Range. (a+c) geologische Karten, (b+d) schematische geologische Schnitte, jeweils kombiniert aus Schnitten von A nach B und von C nach D. (a+b) nach früheren Vorstellungen (CLARKSON 1972-1983, MARSH 1983, HOFMANN & PAECH 1983), (c+d) nach eigenen Ergebnissen.

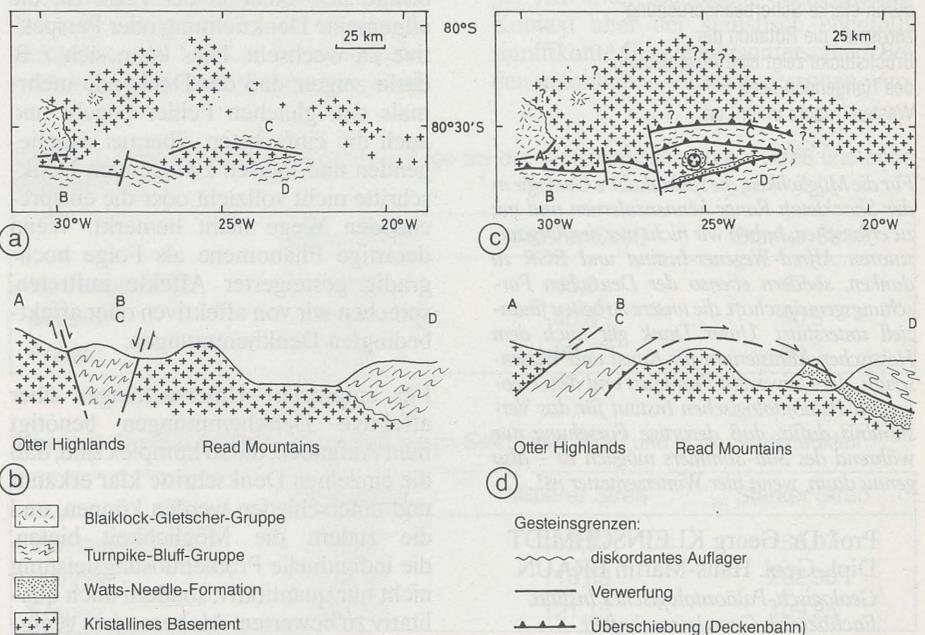
Fossilfunden während „GEISHA“ fällt diese Formation in den Zeitabschnitt Kambrium bis Ordovizium.

Strukturgeologischer Bau der Shackleton Range

Während die Verteilung der Gesteine in der Shackleton Range durch die britischen, sowjetischen und ostdeutschen Geologen einigermaßen geklärt war (s. Abb. 13 a), widersprachen sich ihre Ergebnisse über die Natur der Grenzen zwischen diesen Einheiten. Meist wurden diese entscheidenden, oft jedoch von Schnee und Eis verhüllten Nähte als Verwerfungen oder diskordante Auflager interpretiert (s. Abb. 13 b). Gemeinsam mit dem Erlanger Geologen Prof. BUGGISCH haben wir diese kritischen Stellen auffinden und ihren geologischen Charakter klären können: So liegt zwar die Watts-Needle-Formation – wie oben

beschrieben – diskordant über dem Kristallin, die Gesteine der Turnpike-Bluff-Gruppe grenzen jedoch überall an einer großartigen Überschiebungsfläche an ihr Unterlager. Die Spuren dieses Überschiebungsvorganges zeigen, daß das Gesteinspaket der Turnpike-Bluff-Gruppe von Norden nach Süden über den Kern der Read-Mountains transportiert wurde. Die Turnpike-Bluff-Gruppe ist ihrerseits von Norden her von Kristallingesteinen überfahren worden. Somit ergibt sich für die Shackleton Range ein großzügiger, nach Süden gerichteter Deckenbau, wie er z. B. ähnlich aus den Alpen bekannt ist (s. Abb. 13 c, d).

Der tektonische Aufbau am Nordwestrand der Shackleton Range bleibt nach den Geländearbeiten noch unklar. Einerseits gibt es Kontakte zwischen einzelnen Einheiten, die eindeutig tektonischer Natur sind (s. Abb. 14). An anderer



13

Stelle treten an den Formationsgrenzen jedoch Gesteine auf, bei denen es sich um metamorphe Produkte eines Konglomerats, also einer sedimentären Überlagerung handeln könnte. Ebenso ist nicht eindeutig erkennbar, inwieweit helle Gneiskomplexe sedimentärer oder intrusiver Natur sind. Eingehende Untersuchungen an dem Probenmaterial und eine Spezialkartierung sollen helfen, die komplizierten Verhältnisse in den Haskard-Highlands weiter aufzuklären.

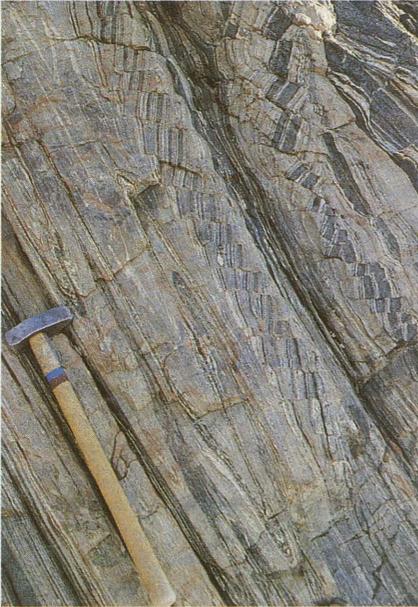


Abbildung 14: Detailaufnahme eines Aufschlusses am NW-Rand der Haskard-Highlands. Einzelne Gneislagen werden durch starke Scherbeanspruchung zerrissen, die Rotation der Bruchstücke zeigt eine Abschiebung des Hangenden nach Westen (rechts unten) an.

Für die Möglichkeit, die spektakuläre Geologie in der Shackleton Range kennenzulernen und mit zu erforschen, haben wir nicht nur den Organisatoren Alfred-Wegener-Institut und BGR zu danken, sondern ebenso der Deutschen Forschungsgemeinschaft, die unsere Arbeiten finanziell unterstützt. Unser Dank gilt auch dem Hessischen Ministerium für Kunst und Wissenschaft, der Universität Frankfurt und dem Geologisch-Paläontologischen Institut für das Verständnis dafür, daß derartige Forschung nur während des Süd-Sommers möglich ist – also genau dann, wenn hier Wintersemester ist!

Prof. Dr. Georg KLEINSCHMIDT
Dipl.-Geol. Hans-Martin BRAUN
Geologisch-Paläontologisches Institut,
Fachbereich Geowissenschaften

Geschlechtsunterschiede in der Streßverarbeitung

Von Fritz Süllwold

Die Alltagserfahrung scheint zu lehren, daß durch intensive negative Affekte wie Ärger, Wut, Haß oder Angst und Furcht das Denken, namentlich das produktive oder problemlösende Denken, beeinträchtigt wird. Unter dem Einfluß negativer Affekte soll das Problemlösungsverhalten sehr starr und eventuell auch chaotisch werden, so daß der Denkende eine Zeitlang nicht mehr die erforderliche geistige Flexibilität aufbringt, also nicht in der Lage ist, die allgemeine Denkrichtung oder Perspektive zu wechseln. Dies kann sich z. B. darin zeigen, daß der Denkende mehrmals den gleichen Fehler begeht und auch die einfachsten, überaus naheliegenden und logisch zwingenden Denkschritte nicht vollzieht oder die entsprechenden Wege nicht bemerkt. Wenn derartige Phänomene als Folge hochgradig gesteigerter Affekte auftreten, sprechen wir von affektiven oder affektbedingten Denkhemmungen.

Für empirische Untersuchungen über affektive Denkhemmungen benötigt man Aufgaben, die so komplex sind, daß die einzelnen Denkschritte klar erkannt und unterschieden werden können, und die zudem die Möglichkeit bieten, die individuelle Problemlösungsleistung nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ zu bewerten. Als besonders geeig-

net hat sich ein Typus von Aufgaben erwiesen, die wir Umordnungs- oder Verschiebeaufgaben nennen und seinerzeit in Anlehnung an ein sogenanntes Geduldspiel entwickelt haben. Wichtig ist auch, daß sich zu solchen Aufgaben gut Parallelaufgaben konstruieren lassen.

In Abbildung 1 sind zwei Umordnungsaufgaben (1 a und 1 b) und die geforderte Lösungsgestalt (1 c) schematisch dargestellt. Es ist ersichtlich, daß sich in fünf von sechs numerisch gekennzeichneten Feldern nummerierte Scheiben befinden. Jede Scheibe soll sich am Schluß auf dem zugehörigen Feld befinden, also Scheibe 1 auf Feld (1), Scheibe 2 auf Feld (2) usw. Jede Scheibe darf nur orthogonal, d. h. senkrecht oder waagrecht, also nicht diagonal bewegt werden, und es ist auch nicht gestattet, ein Feld zu überspringen. Der Proband soll die Lösung mit möglichst wenig Zügen und zugleich so schnell wie möglich erreichen. Bei den in Abbildung 1 dargestellten Aufgaben wird die Lösung im Idealfall mit 10 Zügen erreicht. Die ideale Lösung der in Abb. 1 a dargestellten Aufgabe ist folgendermaßen: 2 - (4), d. h. Scheibe 2 wird auf Feld 4 geschoben, 6 - (5), 1 - (2), 3 - (3), 6 - (6), 2 - (5), 5 - (4), 1 - (1), 2 - (2), 5 - (5). Im nicht idealen Fall wird die Lösung nicht mit 10

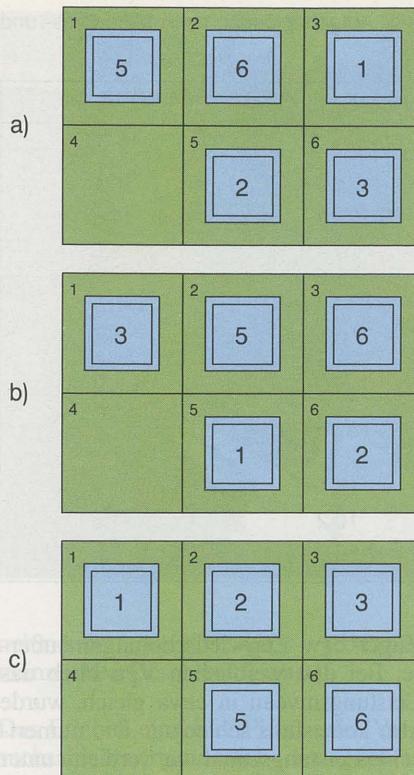


Abbildung 1:

Zwei Umordnungsaufgaben (a und b) und die geforderte Zielanordnung (c).

Die Lösung kann hier im Idealfall mit jeweils 10 Zügen, d. h. 10 Verschiebungen der Scheiben in horizontaler oder vertikaler Richtung, erreicht werden.

Zügen, d. h. nicht ohne Fehler, sondern vielleicht erst nach 20, 30, 50 oder noch mehr Verschiebungen erreicht. Die Güte oder Qualität der Lösung hängt, wie aus unseren Untersuchungen klar hervorgeht, nicht wesentlich vom Zufall, sondern von dem Grad der Einsicht in die jeweilige Problemstruktur ab.

Unter den zahlreichen Befunden, die wir mit diesem Aufgabentypus erhalten haben, beschränken wir uns hier auf festgestellte Geschlechtsunterschiede in der Verarbeitung von experimentell induziertem Streß, d. h. experimentell erzeugten negativen Affekten. Derartige Geschlechtsunterschiede sind insbesondere bei den Datenerhebungen meiner Doktoranden Hans-Günter BEYER (1985) und Joachim HEUSER (1976) aufgetreten.

Bei der Untersuchung von HEUSER wurde eine ideal mit 10 Zügen zu lösende Umordnungsaufgabe unter starkem Streß, unter mittlerem Streß und in einer Kontrollgruppe ohne induzierten Streß bearbeitet. Die Streßinduktion erfolgte dadurch, daß vor der Umordnungsaufgabe eine leicht erscheinende, tatsächlich aber sehr schwere Aufgabe eines anderen Problemtypus in einer begrenzten Zeit zu bearbeiten war. Die Versuchsperson (Vp) erreichte in dieser

Zeitspanne die Lösung nicht, hatte also das Erlebnis eines Versagens oder Mißerfolgs. Zudem wurde sie noch vom Versuchsleiter „getadelt“, indem dieser sein Erstaunen über die Nichtbewältigung der Aufgabe mit der Begründung äußerte, daß jüngere Personen mit geringerer Schulbildung in der Lage seien, das Problem zu lösen. Selbstverständlich wurden die Versuchspersonen (Vpn) nach Abschluß der Versuche über Art und Zweck der experimentellen Beeinflussung aufgeklärt. In der Personenstichprobe mit starker Streßinduktion erlebte jede Versuchsperson ein zwei-

maliges Versagen bei zwei verschiedenen Problemtypen und zweimaligen „Tadel“. In der Personenstichprobe mit mittlerer Streßinduktion erfolgte diese Beeinflussung nur einmal. In der Kontrollgruppe wurde kein Streß induziert. Diese Versuchspersonen lasen in der betreffenden Zeitspanne einen unverfänglichen (versuchsneutralen) Text. Als Versuchspersonen standen 120 Unterprimaner (60 männlichen und 60 weiblichen Geschlechts) im durchschnittlichen Lebensalter von 17,3 Jahren zur Verfügung. Sowohl die männlichen als auch die weiblichen Versuchspersonen wurden nach dem Zufall den drei Bedingungen (starker, mittlerer, kein Streß) zugeordnet, so daß sich in jeder Einzelgruppe 20 Versuchspersonen befanden.

Bei jeder Versuchsperson wurde die Zahl der Züge und die benötigte Zeit für die Lösung der Umordnungsaufgabe ermittelt. Die Daten sind in den *Tabellen 1 und 2* aufgelistet.

Die statistische Auswertung erfolgte durch eine multivariate Kovarianzanalyse. Dabei diente die Leistung bei einer Parallelaufgabe, die vor der Streßinduktion von allen Vpn unter gleichen Bedingungen bearbeitet wurde, als Kovariate.

Es ist ersichtlich, daß die Versuchspersonen, welche die Umordnungsaufgabe (Kriteriumaufgabe) nach Streßinduktion bearbeiteten, insgesamt erheblich mehr Züge (Verschiebungen) und eine längere Zeitspanne für die Lösung benötigten als die Personen der Kontrollgruppe. Am interessantesten ist in diesem Kontext aber der statistisch ebenfalls signifikante Geschlechtsunterschied. Bei den männlichen Versuchspersonen wur-

Tabelle 1: Durchschnittliche Anzahl der Züge bei der Aufgabenlösung unter Streß und ohne Streßinduktion

	Ohne Streß	Mittlerer Streß	Starker Streß
Vpn insgesamt	29,3	40,0	47,4
Männer	11,6	40,8	60,5
Frauen	47,0	39,1	34,3

Tabelle 2: Durchschnittliche Lösungszeiten (in Sek.) unter Streß und ohne Streßinduktion

	Ohne Streß	Mittlerer Streß	Starker Streß
Vpn insgesamt	95,22	118,97	156,07
Männer	28,95	116,80	202,90
Frauen	161,50	121,15	109,25

Tabelle 3: Durchschnittliche Anzahl der Züge bei der Aufgabenlösung nach Mißerfolgs- und Erfolgserlebnis und in der Kontrollgruppe

	Vortest (VT)	Nachtest (NT)	NT-VT
Mißerfolgsgruppe:			
Insgesamt	11,6	24,7	13,1
Männer	12,1	29,6	17,5
Frauen	11,1	19,9	8,8
Erfolgsgruppe:			
Insgesamt	10,4	16,1	5,7
Männer	11,2	14,7	3,5
Frauen	9,6	17,6	8,0
Kontrollgruppe:			
Insgesamt	11,4	13,1	1,7
Männer	11,7	10,2	-1,5
Frauen	11,2	16,0	4,8

de die Leistung bei der Aufgabenbearbeitung unter Streß deutlich schlechter. Dies zeigt sich sowohl in der Anzahl der Züge als auch in der benötigten Lösungszeit. Namentlich unter starkem Streß wurde bei den männlichen Vpn z. T. chaotisches Verhalten beobachtet, das sich in ungewöhnlich vielen hastig ausgeführten und logisch unsinnigen

Zügen bzw. Zugwiederholungen äußerte. Bei den weiblichen Vpn blieb das Leistungsniveau in etwa gleich, wurde also keinesfalls schlechter. Die numerische Leistungszunahme verdient unter inferenzstatistischem Aspekt, d. h. unter Berücksichtigung zufälliger Stichprobenschwankungen, keine besondere Hervorhebung.

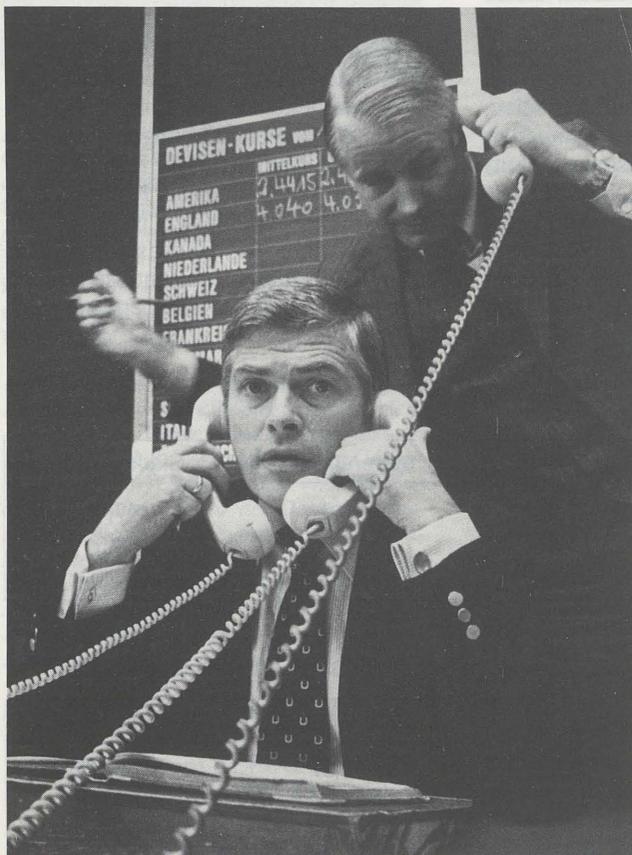


Abbildung 2: Hektische Atmosphäre an der Frankfurter Devisenbörse. In diesem Beruf ist man in besonderem Maße Streßsituationen ausgesetzt.

Bei der zweiten Untersuchung (BEYER 1985) wurde nicht nur die Auswirkung negativer, sondern auch der Einfluß positiver Affekte auf das Problemlösen untersucht. Für die Induktion von Mißerfolgserlebnissen wurde ein neuer methodischer Weg gewählt. Nachdem die Versuchsperson die erste Umordnungsaufgabe, die sogenannte Vortestaufgabe, gelöst hatte, wurden ihr nacheinander 10 andere Umordnungsaufgaben vorgelegt. Diese Aufgaben sollte die Versuchsperson aber nicht eigentlich lösen, sondern sie sollte bei jeder Aufgabe lediglich die für die Lösung erforderliche Anzahl der Züge schätzen. Am Ende dieser Schätzphase erhielten die Vpn der Mißerfolgsgruppe über Bildschirm die folgende negative Leistungsrückmeldung: „Bei den letzten Aufgaben haben nur 9 von 100 Personen schlechter geschätzt als Sie! Note: mangelhaft!!!“. Im Gegensatz zu unserer ersten Untersuchung erlebte hier also die Vp den Mißerfolg bei dem Aufgabentypus, der auch für die eigentliche Leistungsmessung benutzt wurde. Die Vpn der Erfolgsgruppe erhielten die folgende positive Leistungsrückmeldung: „Bei den letzten Aufgaben haben 91 von 100 Personen schlechter geschätzt als Sie! Note: sehr gut!!!“. Die Vpn der Kontrollgruppe erhielten eine leistungsneutrale Rückmeldung. Nach den Rückmeldungen mußten alle Versuchspersonen eine weitere Umordnungsaufgabe, die sogenannte Nachtest- oder Kriteriumaufgabe, tatsächlich lösen. Sowohl die Vortestaufgabe als auch die hier zum Vergleich herangezogene Nachtestaufgabe konnte im Idealfall mit 9 Zügen (Verschiebungen) gelöst werden.

Als Versuchspersonen standen 60 Studierende der J. W. Goethe-Universität zur Verfügung. 30 männliche und 30 weibliche Vpn wurden nach dem Zufall den 3 Bedingungen (Mißerfolg, Erfolg, Kontrollgruppe) zugeordnet, so daß auf jede Bedingungskombination (Induktion/Geschlecht) 10 Vpn entfielen. Die hier interessierenden statistischen Daten sind in *Tabelle 3* dargestellt.

Insgesamt zeigt sich, daß nach induziertem Mißerfolgserlebnis die Zahl der für die Aufgabenlösung benötigten Züge beträchtlich zunahm. Auch nach dem induzierten Erfolgserlebnis ergab sich eine Zunahme der Anzahl der benötigten Züge, die aber viel geringer ausfiel. Bei der Kontrollgruppe war insgesamt die Zahl der Züge bei der Nachtestauf-

Abbildung 3:

Heike Walpot (links) und Renate Luise Brümmer an Bord des „Spacelab“-Modells bei der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt in Köln-Porz.

Sie sollen zusammen mit drei männlichen Astronauten demnächst an Bord des europäischen Welt-raumlabor gehen.

Unter diesen extremen Bedingungen spielt sicher nicht nur die körperliche und geistige Anstrengung eine Rolle, sondern auch der Angststreß.

Es wird sich zeigen, ob es auch in solchen Extremsituationen Unterschiede (zwischen Männern und Frauen) in der Streßbewältigung gibt.



3

gabe nicht wesentlich anders als bei der Vortestaufgabe. Nach Mißerfolgsinduktion, also unter negativem Affekt, zeigten die männlichen Vpn eine beträchtlich schlechtere Leistung als die weiblichen Vpn, obwohl bei der Vortestaufgabe die beiden Geschlechter ungefähr gleich gut abgeschnitten hatten. Daß dieses Ergebnis nicht auf eine bessere Lern- oder Transferfähigkeit des weiblichen Geschlechts zurückzuführen ist, belegen die Befunde in der Erfolgs- und in der Kontrollgruppe. In beiden Gruppen erzielten die männlichen Vpn bei der Nachtestaufgabe bessere Leistungen als die weiblichen Vpn.

Trotz Variationen der Versuchsbedingungen, verschiedener Versuchszeitpunkte und anderer Versuchspersonen ergeben sich bei unseren Untersuchungen gleichartige Befunde. Männer zeigen unter starkem Streß oder negativem Affekt beträchtlich schlechtere Problemlösungsleistungen bzw. deutlichere Leistungsminderungen als Frauen.

Zur Interpretation unserer Befunde können verschiedene Wege eingeschlagen werden. Ein Interpretationsansatz richtet sich auf Unterschiede in der psychischen Verarbeitung der Belastungssituation. Zu diesem Ansatz gehört z. B. die Frage, ob die Frauen die Maßnahmen zur Streßerzeugung anders erlebten als die Männer, ob sie eventuell den demonstrierten Mißerfolg und den ausgesprochenen „Tadel“ weniger ernst nahmen als die männlichen Probanden. Zu beachten ist in diesem Zusammenhang auch, daß der die Streßinduktion vor-

nehmende Versuchsleiter jedesmal männlichen Geschlechts war.

Das Erleben einzelner Phasen des Versuchsablaufs, namentlich die Qualität der emotionalen Reaktionen und Zustände, kontrollierten wir mit Skalen zur Erfassung der emotionalen Befindlichkeit, die heute oft in der psychologischen Forschung benutzt werden. Außerdem wurden in verschiedenen Untersuchungsstadien physiologische Daten erhoben, die als Aktivierungsindikatoren einen Zusammenhang mit dem jeweiligen Erregungsgrad, namentlich mit der Intensität emotionaler Reaktionen aufweisen. Zu diesen Variablen gehörten die Hautleitfähigkeit, die Herzperiode, die Fingerpulsamplitude, die Pulswellenlaufzeit und das Elektromyogramm. Die entsprechenden Befunde stützen nicht die These, daß die ermittelten Geschlechtsunterschiede wesentlich auf Differenzen im Erleben oder Bewerten der Versuchssituation zurückgeführt werden müssen, also primär psychologisch zu erklären sind.

Manches deutet darauf hin, daß die festgestellten Geschlechtsunterschiede in der Streßverarbeitung letztlich biochemisch begründet sind. Marianne FRANKENHÄUSER (1978) berichtet von Untersuchungen über Geschlechtsunterschiede in endokrinen Reaktionen auf Examensstreß. Dabei wurde die Katecholamin-ausscheidung im Urin (Adrenalin und Noradrenalin) von Abiturienten vor und während der Prüfungssituation bestimmt. Es ergaben sich signifikant höhere Anstiege des Adrenalins bei den

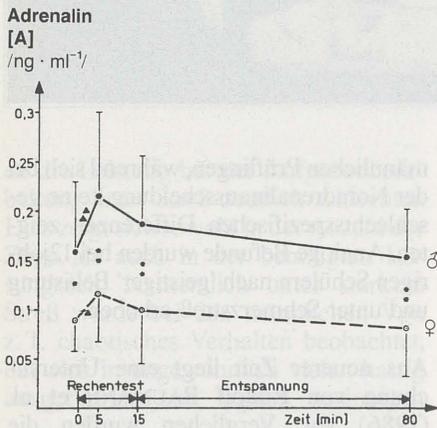
männlichen Prüflingen, während sich bei der Noradrenalinausscheidung keine geschlechtsspezifischen Differenzen zeigten. Analoge Befunde wurden bei 12jährigen Schülern nach 'geistiger' Belastung und unter Schmerzstreß erhoben.

Aus neuerer Zeit liegt eine Untersuchung von Rudolf BAUMANN et al. (1986) vor. Verglichen wurden die Streßreaktionen bei 10 gesunden, normalgewichtigen und normotonen (mit normalem Blutdruck) weiblichen Probanden im Durchschnittsalter von 25 Jahren und 10 gesunden, normalgewichtigen und normotonen männlichen Probanden der gleichen Altersgruppe. Der Streß wurde durch einen 15minütigen komplizierten Kopfrechentest erzeugt. Die Aufgaben waren unter Zeitdruck zu lösen; für jede Aufgabe standen maximal 2 Minuten zur Verfügung. Dies ist im Vergleich zu unseren Untersuchungen allerdings eine etwas 'grobe' Methode der Streßerzeugung ohne weitere Kontrolle der Streßinduktion. BAUMANN et al. bestimmten zu verschiedenen Zeitpunkten die Parameter Plasma-Adrenalin und Plasma-Noradrenalin, die Plasma-Renin-Aktivität, die Freien Fettsäuren sowie die Herzfrequenz und den Blutdruck. Die Daten wurden unmittelbar vor Beginn des Rechentests, nach 5 Minuten, am Ende des Rechentests und mehrmals während der Entspannungphase erhoben.

In den biochemischen Streßsignalen ergaben sich bedeutsame Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Dies galt namentlich für die Plasma-Adrenalin-

Abbildung 4 a:

Reaktionskinetik des Plasma-Adrenalins unter psycho-emotionalem Streß (Rechentest unter Zeitdruck) bei gesunden weiblichen und männlichen Probanden mit signifikant höheren Werten während der gesamten Untersuchungssituation im Vergleich zu den Frauen. (Abbildungen aus BAUMANN et al. 1986: 1127. und 1128).



Herzfrequenz [HF] /min⁻¹

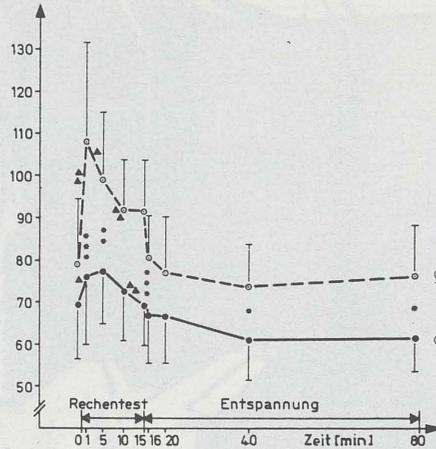


Abbildung 4 b:

Herzfrequenz unter psycho-emotionalem Streß (Rechentest unter Zeitdruck) bei gesunden weiblichen und männlichen Probanden. Deutlich ausgeprägtere Streßantwort in der Gruppe der weiblichen Probanden mit signifikant höherer Herzfrequenz während der gesamten Untersuchungssituation gegenüber den Männern.

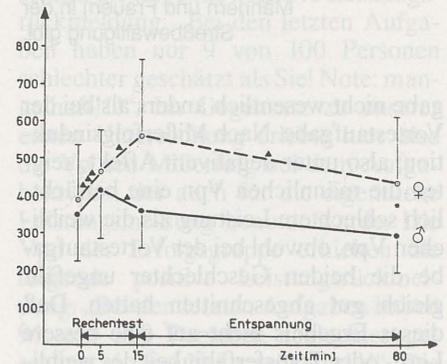
während der Testsituation und anhaltend hohe Werte in der Ruhephase. Der Streßeffekt bei den Frauen war durchweg geringer. Beim Plasma-Noradrenalin zeigte sich in der Frauengruppe ein deutlicher Anstieg als Streßsophorteffekt, auf den jedoch in der Ruhephase ein gegenregulatorischer Abfall bis auf Werte unter das Ausgangsniveau folgte. Bei den Männern war zwar die Noradrenalinstimulation unter Belastung anfänglich schwächer, hielt aber sehr viel länger an. Demgegenüber ergab sich bei den Freien Fettsäuren ein geringerer Streßeffekt in der Männergruppe. In der Herzfrequenz reagierten die Frauen ebenfalls mit deutlich höheren Werten und teilweise auch beim Blutdruck (s. Abb. 4 a-c).

Bei der Interpretation ihrer Befunde betonten BAUMANN et al., daß die biochemischen Parameter, mit Ausnahme der Freien Fettsäuren, nach dem anfänglichen Streßeffekt im Sinne einer Sofortreaktion bei den Frauen eine schnellere Normalisierung erreichten als bei den Männern. Die vermehrt ausgeschütteten Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin „besitzen unter Berücksichtigung

Abbildung 4 c:

Reaktionskinetik der Freien Fettsäuren (FFS) unter psycho-emotionalem Streß (Rechentest unter Zeitdruck) bei gesunden weiblichen und männlichen Probanden. Gesteigerte Lipolyse bei den Frauen mit signifikant erhöhten Werten der FFS bis zum Ende des Rechentestes. Geringer Streßeffekt in der männlichen Gruppe mit verstärkter Gegenregulation.

Freie Fettsäuren [FFS] /µmol · l⁻¹



übergeordneter Regulationsmechanismen des Zentralnervensystems eine Schlüsselposition im Organismus-Umwelt-Adaptionsprozeß“. BAUMANN et al. erwägen den allgemeinen Schluß „daß Frauen wahrscheinlich durch genetische und erworbene Dispositionen einschließlich ihrer spezifischen hormonellen Konstellation bessere Strategien entwickeln, Streßsituationen auf lange Sicht ökonomischer zu verarbeiten.“ Auch wenn sie initial sehr sensibel auf eine Belastung reagieren, zeigen Frauen im Vergleich zu Männern eine günstigere Adaptionsfähigkeit zur Erreichung des psychophysiologischen Gleichgewichts.

Falls die Befunde von BAUMANN et al. durch weitere Untersuchungen mit variiertem Methodik der Streßinduktion bestätigt werden, eröffnet sich ein gangbarer Weg zur Interpretation der Ergebnisse, die wir durch psychologische Experimente zur Streßverarbeitung erhalten haben.

Prof. Dr. Fritz SÜLLWOLD
Institut für Psychologie, Fachbereich
Psychologie

Literatur

- Baumann, R., Enderlein, J., Baumann, H., Naumann, E., Hartrodt, W., Gödicke W. und Krüger, G.: Geschlechtsdifferenz kardio-vaskulärer und neuro-humoraler Streßreaktionen im jüngeren Lebensalter. - Zeitschrift für Klinische Medizin 41 (1986): 1125-1132.
- Beyer, Hans-Günter: Zur Wirkung positiver und negativer Leistungsrückmeldung auf die Problemlösungsleistung, die emotionale Befindlichkeit und die physiologische Aktivierung. - Inauguraldissertation; Frankfurt/M. (1985).
- Frankenhäuser, Marianne: Sex Differences in Psychoneuroendocrine Reactions to Examination Stress. - Psychosom. Med. 40 (1978): 334-343.
- Heuser, Joachim: Zur differentiellen Wirkung von Streß auf das Problemlösen. - Inauguraldissertation; Frankfurt/M. (1976).

Die ersten Öko-Bauern?

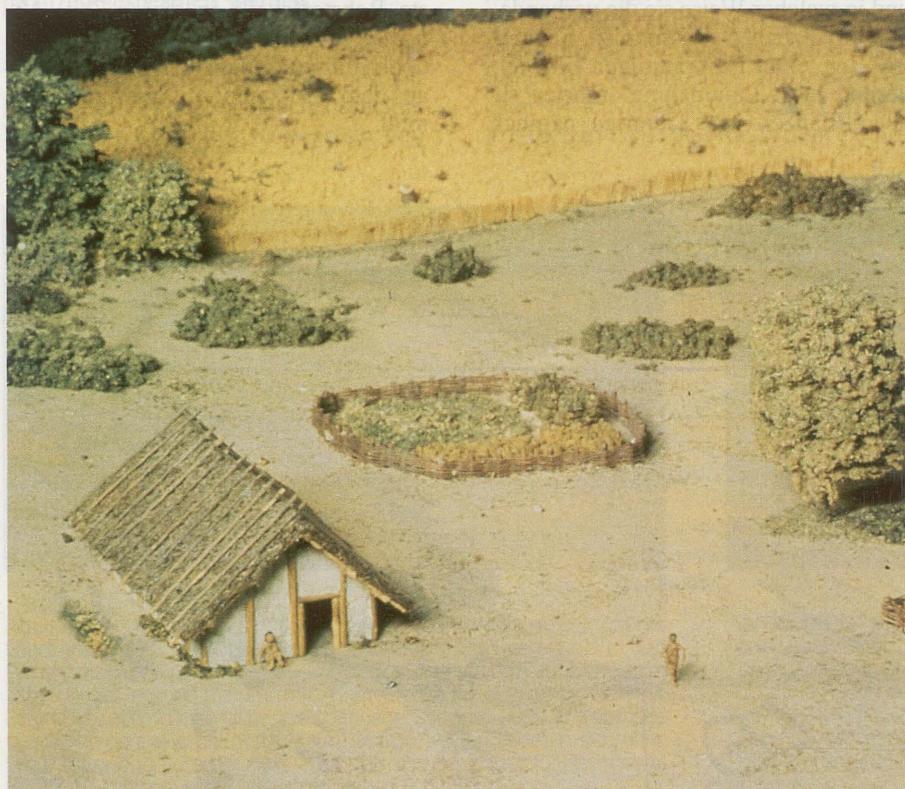
Archäobotanische Untersuchung einer 7500 Jahre alten Siedlung in der Wetterau

Von Angela Kreuz

Mit dem Neolithikum (Jungsteinzeit) begann vor etwa 7500 Jahren in Mitteleuropa die Landwirtschaft, d. h. Ackerbau und Viehzucht, getragen von den Menschen der bandkeramischen Kultur. Die Stufe I dieser nach ihrer Keramikverzierung so benannten Kultur war zwischen West-Ungarn und dem Rhein-Maingebiet, zwischen dem Voralpenland und dem nördlichen Harzvorland verbreitet.

Im Rahmen des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten und von Herrn Prof. Dr. J. Lüning geleiteten Projektes „Ausgrabungen zum Beginn des Neolithikums in Mittel-Europa“ werden neben der archäologischen Bearbeitung bodenkundliche und zoologische Untersuchungen (Groß/Kleinsäuger, Mollusken, Fische) durchgeführt und Pollen und Großreste (Holz, Samen, Früchte) von Pflanzen analysiert.

Dies wesentlich auch durch die naturwissenschaftliche Forschung geschaffenen Möglichkeiten der Rekonstruktion des prähistorischen Lebensraumes und der wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse wandelten das Klischee vom steinzeitlichen Wilden in das Bild von seßhaften Bauern mit einer wohlgedachten, produzierenden Subsistenzform.



3 Der hier behandelte Siedlungsplatz Friedberg-Bruchenbrücken ist eine von insgesamt zwölf ältestbandkeramischen Niederlassungen, die in den letzten fünf Jahren vom Frankfurter Seminar in der Bundesrepublik und in Österreich ausgegraben worden sind (s. Abb. 1). Es wurde dort in den Jahren 1984-1985 in zwei Grabungskampagnen eine Fläche von etwa 3000 m² aufgedeckt, wobei insgesamt sieben Häuser/Hofplätze in ihren Grundrissen erfaßt werden konnten. Die Siedlung liegt äußerst günstig an einem nach Südost zur Wetter hin schwach geneigten Hang. Die Böden auf Löß der Siedlungsumgebung waren zur Zeit der Bandkeramik fruchtbare Schwarzerden, und das Wetteraugebiet kann im mitteleuropäischen Vergleich als trocken-warme Landschaft eingestuft werden (SABEL 1983 und THIE-MEYER Manuskript). Die Siedlungen der ältesten Bandkeramik liegen grundsätzlich auf Lößböden. Es handelt sich daher um sogenannte Trockenboden-Siedlungen, in denen in der Regel nur verkohltes Pflanzenmaterial erhalten geblieben ist. Ferner ist die ehemalige Bodenoberflä-

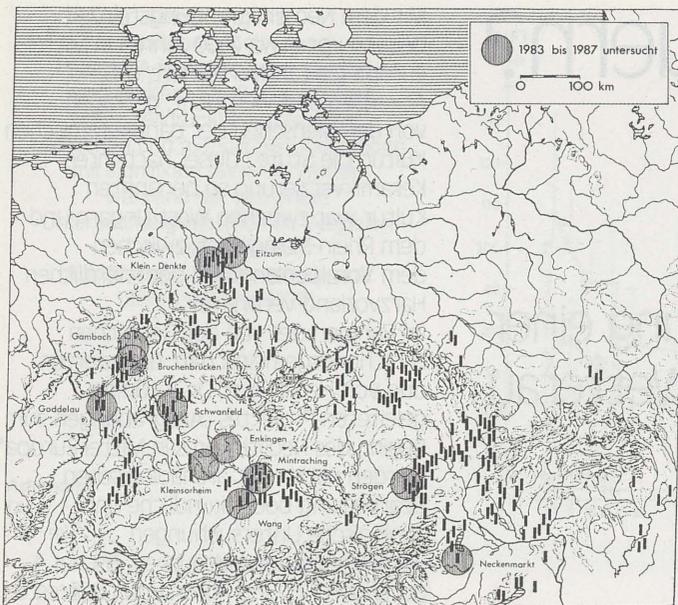


Abbildung 1: Karte mit Siedlungen der ältesten Linearbandkeramik, die vom Seminar für Vor- und Frühgeschichte in den letzten fünf Jahren in Teilen ausgegraben wurden. Die schwarzen Balken zeigen die Verbreitung der ältesten Bandkeramik nach H. Quitta.

che (der Laufhorizont) bei diesen fruchtbaren Ackerböden durch postneolithische Erosion abgetragen, so daß wir keine durchgehende Kulturschicht antreffen, sondern nur Pfostenlöcher, Gruben und Gräben. Diese genannten Befunde sind allerdings anhand ihrer Verfärbungen in den hellen Lößsedimenten gut zu erkennen.

Um einen repräsentativen Querschnitt des erhaltenen Pflanzenmaterials der ausgegrabenen Siedlungsbereiche zu erfassen, werden von sämtlichen datierbaren Befunden möglichst jeweils mehrere Proben für botanische Untersuchungen entnommen; ihr Volumen beträgt durch-

schnittlich 20 Liter Erde. Diese Proben werden mit Wasser durch Siebsätze von 1, 0,5 und 0,25 mm Maschenweite geschlämmt. Anschließend werden die Fossilien aus den getrockneten Rückständen unter einem Mikroskop ausgelesen und bestimmt.

Im Vordergrund unseres Interesses steht die Frage, welches Verhältnis die Angehörigen dieser ersten europäischen Bauernkultur zur lebenden Natur hatten und in welcher Weise sie die vorhandenen pflanzlichen Ressourcen nutzten. Im Zuge einer großräumigen Einwanderung und „Landnahme“ führten sie neue Pflanzen- und Tierarten, nämlich

Hauttiere (Rind, Schwein, Schaf, Ziege) und Kulturpflanzen (Getreide, Leguminosen etc.) ein. Über eine damals einheimische Jäger- und Sammlerbevölkerung ist bisher kaum etwas bekannt. Allerdings fällt auf, daß in der – bauphysikalisch überregional recht einheitlichen – Bandkeramik-Kultur keine Befestigungsanlagen wie Graben-/Wallsysteme vorkommen, außer im nördlichen Harzvorland, wo sich ja auch die Lößverbreitungsgrenze befindet. Entweder haben die Bauern mit den Jägern/Sammlern in „friedlicher Koexistenz“ gelebt oder – was vielleicht wahrscheinlicher ist – sie verteilten sich, ihren unterschiedlichen Subsistenzformen entsprechend, auf verschiedene Lebensräume, so daß es nur an ihren Verbreitungsgrenzen zu Kontakten und eventuellen Konflikten kommen konnte.

In der Wetterau bot sich zur Zeit der Bandkeramik ein völlig anderes Bild als heute. Diese flachhügelige Beckenlandschaft war damals ganz von Laubwäldern bedeckt. Von Natur aus waldfreie Flächen gab es nur dort, wo der Wald aus ökologischen Gründen seine Grenze fand oder durch mechanische Einwirkungen zerstört und in seiner Entwicklung gemindert wurde. Der Wald war somit für die Bauern das bestimmende Element ihres Lebensraumes. Gleichzeitig war er aber auch ihre wesentlichste Rohstoffquelle in dieser Zeit. *Abbildung 2* soll verdeutlichen, welches Spektrum von pflanzlichen Materialien aus dem Wald entnommen worden sein muß.

Abbildung 2: Die Verwendung pflanzlicher Rohmaterialien des Waldes zur Zeit der Bandkeramik.

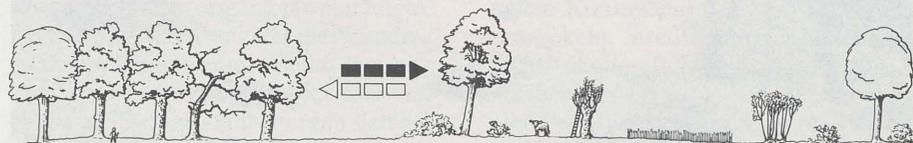
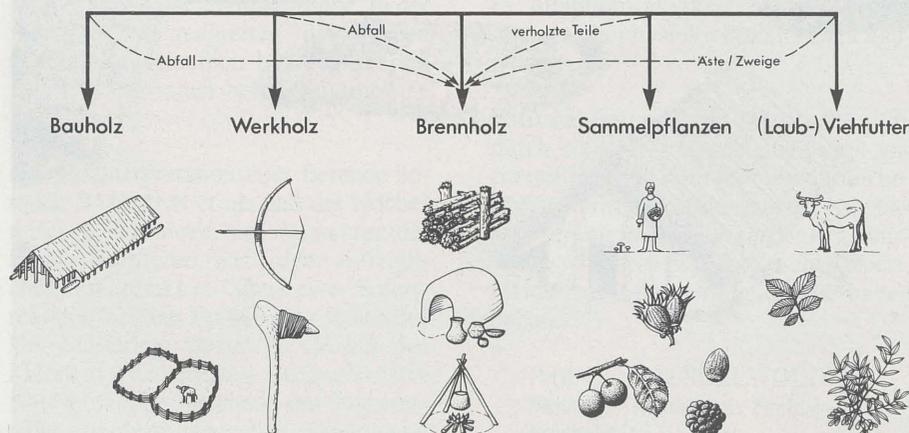


Abbildung 3 (S. 35): Die ersten Bauern Mitteleuropas lebten in bis zu 30 m langen und 7 m breiten Wohnspeicherhäusern. Bei diesem Modell sieht man die hauszugehörigen Gärten und im Hintergrund ein Getreidefeld mit von der Rodung übriggebliebenen Baumstümpfen mit Stockausschlägen.



Wie schon BAKELS (1978) zeigen konnte, benötigten die Bauern erstaunliche Bauholzmengen für ihre Häuser von bis zu 30 m Länge und bis zu 7 m Breite (s. Abb. 3). Der Hausbau war allerdings ein relativ seltenes Ereignis, da eine Hausgeneration ungefähr 25 Jahre umfaßte.

Gleichzeitig benötigten die Siedler eine Menge Holz zur Schäftung von Werkzeugen, Waffen und Geräten aller Art, also für Dechselstiele (s. Abb. 4), Pfeile, Bogen, eventuell Grabgeräte, für Körbe, Zäune, Tragen, Flechtwerk, eventuell Möbel, Boote oder Flöße, für Reparaturen an Gebäuden etc.. Zum Binden eignen sich Lianen wie Waldrebe, Efeu und Wein bzw. dünne Zweige anderer Gehölze, besonders wenn sie einige Zeit gewässert wurden. Auch Holz-Inhaltsstoffe zum Färben, Kleben etc. sind in diesem Zusammenhang zu erwähnen.

In Ermangelung fossiler Brennstoffe stellte Holz die einzige Energiequelle dar. Da Brennholz eine alltägliche Notwendigkeit war, zum Kochen, eventuell zum Heizen, zum Brennen der Keramik, zum Darren von Getreide und Äpfeln etc., muß man davon ausgehen, daß dieser qualitativ und quantitativ so wichtige Faktor des bäuerlichen Lebens nicht dem Zufall überlassen wurde, sondern daß es Brennholzvorräte gab, wie ja gleichermaßen damals auch Kulturpflanzen gespeichert wurden.

Eine wichtige Rolle müssen auch die Wild- oder Sammelpflanzen gespielt haben. In Friedberg-Bruchenbrücken konnten Frucht- bzw. Samenreste von



5

Abbildung 5: Diese ein Schwein darstellende Tierplastik der älteren Linearbandkeramik wurde in Nieder-Weisel, Kreis Friedberg, gefunden. Tierplastiken sind in dieser Zeit nichts Ungewöhnliches, aber meist wurden Rinder dargestellt. Vor dem Hintergrund des Überwiegens von Schweineknochen in der Siedlung Friedberg-Bruchenbrücken stellt sich die Frage, ob die Schweinezucht in der Wetterau eine besondere Bedeutung gehabt hat. Dies würde gleichzeitig auch spezifische Vegetationsverhältnisse, eventuell eine Förderung von Eichen, beinhalten.

Haselnuß, Schlehe, Holunder, Brombeere oder Himbeere, Eiche, Rotem Hartriegel, Weißdorn u. a. nachgewiesen werden. Da man diese Wildpflanzen immer wieder in bandkeramischen Siedlungen findet, repräsentieren sie wohl keine zufällige oder einmalige Nutzung, etwa infolge von Mangel, sondern das Sammeln von Wildpflanzen gehörte zum normalen bäuerlichen Alltag.

Nicht zu vergessen ist auch, daß die Bauern Futter für ihr Vieh benötigten. In Friedberg-Bruchenbrücken fanden sich bisher im wesentlichen Schweineknochen sowie Knochen von Rind (s. Abb. 5 u. 6) Schaf/Ziege und Raubfischen (vor-

läufige Bestimmungen von P. SONDAAR). Da es in den Wäldern noch keine größeren und damit ausreichenden Wiesenflächen gab, mußte das Viehfutter ebenfalls dem Wald entnommen werden, etwa in Form von Laub und Rinde, und zwar unabhängig davon, ob das Vieh zum Fressen in den Wald getrieben wurde oder die Bauern Futter in die Siedlung brachten oder beides.

Wie wir von pollenanalytischen Untersuchungen wissen, ist insgesamt die menschliche Beeinträchtigung des Waldes zu Beginn des Neolithikums viel geringer gewesen als man unter Berücksichtigung der oben genannten Nut-



4

Abbildung 4: Ein typisches Holzbearbeitungsgerät der Bauern zur Zeit der Bandkeramik war der Dechsel (hier aus Basalt). Der Dechselstiel ist aus Eschenholz und wird an der Außenseite des Baumstamms auf Höhe eines Astabganges entnommen. Die Steinklingen waren quergeschäftet, die Bäume konnten daher nicht in Bodennähe, sondern etwa in Kopfhöhe gefällt werden. Wie bei den bekannten Kopfweiden bildeten sich dann Stockausschläge, deren Laub als Viehfutter und deren Holz für Flechtwerk, Geräte oder Brennholz Verwendung finden konnte.



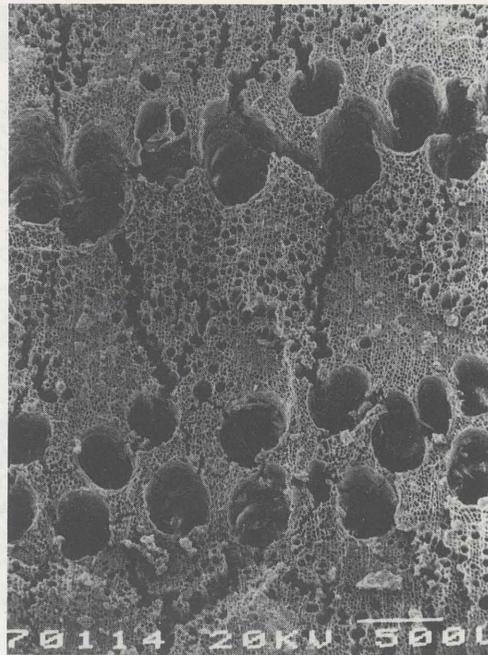
6

Abbildung 6: Auf einer nach eisenzeitlichem Vorbild rekonstruierten Farm, Butser Hill in Hampshire/Süd England, werden experimentell Erkenntnisse zur vorgeschichtlichen Landwirtschaft gewonnen. U. a. versucht man dort, alte Haustierrassen zurückzuzüchten oder zu erhalten. Hier ein „dexter“ Rind, welches in seinem Knochenbau mit dem archäologisch nachgewiesenen, ausgestorbenen „celtic shorthorn“ übereinstimmt. Diese Rinder können sich im Wald von Rinde, Blättern und Kräutern ernähren.

zungsmöglichkeiten erwarten würde. Die Frage ist ja, ob man damals mit lokaler Naturzerstörung rechnen muß, etwa in Form von ausgedehnten Kahlschlagflächen, Gebüsch und dergleichen, oder ob die Menschen in einem so ausgewogenen Naturverhältnis lebten, daß sie die Pflanzendecke nur in geringem Maße veränderten, indem sie sie in optimaler Weise nutzten.

Nach pollenanalytischen Untersuchungen in der Wetterau (KALIS in Vorber.) hat es dort ausgedehnte Kahlschlagflächen sicher nicht gegeben. Wie ist es aber den Menschen gelungen, ihren alltäglichen Bedürfnissen entsprechend den Wald zu nutzen, ohne ihn zu zerstören?

Bei der Bestimmung der Holzkohlen (s. Abb. 7) von Friedberg-Bruchenbrücken fanden sich immer wieder dieselben Gehölzarten: Esche, Eiche, Kernobstgewächse (Weißdorn, Wild-Apfel oder Wild-Birne), Hasel und Schlehe sowie in geringeren Mengen Ulme, Ahorn, Pappel und Kirsche. Andere Baumarten, die sicher auch in der Siedlungsumgebung vorkamen wie z. B. Linde, Erle, Weide u. a. fehlen. Dies läßt sich u. E. nur mit einer Brennholz-Auswahl durch die Bauern im Neolithikum erklären. Hinzu kommt, daß die gefundenen Holzkohlen frei von Pilzbefall waren, es sich also nicht um vom Waldboden aufgesammeltes Fallholz handeln kann. Es gibt vier Faktoren, die eine Brennholz-Auswahl beeinflussen können: die Verfügbarkeit, die Spaltbarkeit, der Brennwert und die Brenneigenschaften. Das überraschende Ergebnis ist hier, daß die Siedler von Friedberg-Bruchenbrücken diese vier Faktoren offenbar tatsächlich berücksichtigt haben. Sie verwendeten nämlich von den damals heimischen Gehölzen (die Buche war noch nicht eingewandert) nur diejenigen, die die höchsten Brennwerte haben und ohne

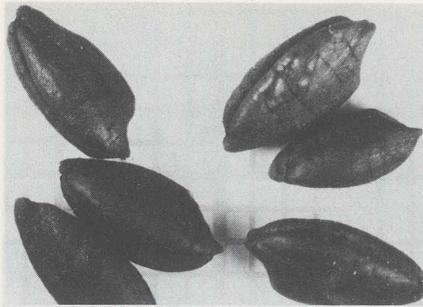


Funkenflug und teils mit langanhaltendem Flammenbrand und Glutbrand brennen, die entweder gut spaltbar sind oder ein ruhiges Feuer produzieren (wie man es etwa zum Kochen braucht) und solche, die frisch gebrannt werden können (KREUZ 1988). Die Fähigkeit der Menschen in vor- und frühgeschichtlicher Zeit, Holzarten möglichst ihrer optimalen Entsprechung gemäß und unter Berücksichtigung all ihrer holztechnologischen Eigenschaften einzusetzen, wurde schon mehrfach belegt. So etwa bei der physikalisch-technischen Untersuchung von Holzgeräten und Waffen aus neolithischen Seeufersiedlungen der Schweiz (SCHWEINGRUBER 1976).

Alle in Friedberg-Bruchenbrücken nachgewiesenen Holzarten und -gattungen sind ausschlagfähig, schnittfeste Gehölze, und sie bevorzugen, abgesehen von Ulme und Pappel, als Standorte

Waldränder, Gebüsche und Hecken. Gebüsche, Hecken und Waldsäume können aber in einem natürlichen Urwald nicht ohne Eingriff des Menschen entstehen. Wenn die Bauern jedoch durch Rodungen in den Urwäldern Freiflächen schufen, dann siedelten sich am Rande dieser Flächen schon in wenigen Jahren die ersten Kleingehölze an, wenngleich nur als schmale Streifen (s. Abb. 8a). Ließ man diesen Waldsaum bei einer Erweiterung des Siedlungsareals bzw. bei weiteren Rodungen stehen, hatte man damit den Grundstock einer Hecke im weiteren Sinne (s. Abb. 8b). Durch entsprechende Pflege - Ausholzen unerwünschter Arten, Zupflanzungen, Knicken und Absenken von Zweigen etc. - konnten daraus differenziertere Hecken werden, die eine Fülle von pflanzlichen Rohmaterialien zu liefern im Stande waren. Abgesehen von Stein- und Beerenobst, Nüssen und Brennholz boten sie





a



b

Abbildung 9: In sogenannten Trockenbodensiedlungen bleibt nur verkohltes Pflanzenmaterial über die Jahrtausende hinweg erhalten, da es von Pilzen und Bakterien nicht weiter abgebaut werden kann.

An Hand der unveränderten anatomischen und morphologischen Strukturen ist eine Identifizierung möglich. Die Hauptgetreide der Zeit der Bandkeramik waren zwei Spelzweizenarten, Einkorn **a**) und Emmer **b**) (durchschnittliche Kornlänge hier etwa 6 mm).

Abbildung 7: Eine der gebräuchlichsten Holzarten der Vorgeschichte war Eiche. Hier ein Querbruch einer Eichenholzkohle. Erkennbar ist ein Jahrring mit großen Frühholzporen und flammenartig angeordnetem Spätholz.

Abbildung 8: a) Waldrand bei Ranstadt (Wetterau) im November, bestehend aus einem Streifen von Kleingehölzen wie Schlehe, Weißdorn, Hasel, Wildrose und Schwarzem Holunder.
b) Wird der dahinterliegende Wald gerodet, so bleibt eine Hecke im weitesten Sinne stehen (hier ein Feldrand bei Altenstadt, Wetterau). Solche lebenden Hecken konnten den neolithischen Bauern – bei entsprechender Pflege – abgesehen von Stein- und Beerenobst, Nüssen und Brennholz auch ein Potential an Flechtmaterial und Laubfutter liefern.



10a



10b

Abbildung 10: Die Wilde Malve **a)** (rotblühend) und der Hecken-Knöterich **b)**, zwei Getreideunkräuter bandkeramischer Einkorn-/Emmerfelder, die aber auch im Siedlungsbereich wachsen konnten. Die Nüsschen des Knöterichs sind essbar, die Malvenblüten und -blätter enthalten heilkräftige Stoffe gegen Husten.

ein Potential an Flechtmaterial, Brennholz und Laubfutter, wobei übrigbleibendes Reisig wiederum als Brennmaterial verwendbar war. Nicht zuletzt wären solche Hecken um die Felder auch eine willkommene Barriere gegen wilde und domestizierte Tiere gewesen. Die Förderung solcher sogenannter lebender Hecken bietet eine Erklärung dafür, daß großflächige Waldzerstörungen, d. h. Kahlschlag zur Beschaffung von Bau-, Werk- und Brennholz, in der Umgebung der Siedlung damals nicht stattfanden, da dies hierdurch einfach nicht notwendig war.

Was nun die weitere neolithische Landwirtschaft anbelangt, so scheint es auch da eine äußerst „ökonomische“ Vorgehensweise gegeben zu haben.

Zu Beginn der Besiedelung wurden an Kulturpflanzen die in bandkeramischer Zeit üblichen Spelzgetreide Einkorn und Emmer (s. Abb. 9 a u. b) – zwei Weizenarten – als Schrot- und Mehllieferanten sowie zur Ergänzung Erbse und Linse als wichtigste pflanzliche Eiweißlieferanten angebaut. Diese beiden Getreidearten sind heute weitestgehend aus Mitteleuropa verschwunden und – zugunsten „feinerer Backwaren“ – durch das wesentlich proteinärmere Nacktgetreide Saatweizen ersetzt worden. Einkorn- und Emmerkörner wurden in den Spelzen und als sogenanntes Mengkorn, also vermisch, ausgesät. Dieses Verfahren bot eine größere Sicherheit für die Ern-

teerträge, denn die beiden Weizenarten haben etwas unterschiedliche Temperatur- und Feuchtigkeitsansprüche. Wenn nämlich – je nach klimatischen Verhältnissen – die eine Art zurücktrat oder gar ausfiel, war immer noch die andere Art vorhanden, so daß es zu keiner (klimatisch bedingten) katastrophalen Mißernte kommen konnte. Die Saatgutmengen pro Flächeneinheit waren wohl erheblich geringer als heute beim Saatweizen, da Einkorn bei Wintersaat eine enorme Bestockung erbringt (15-20 Halme aus einem Korn, KÖRBER-GROHNE 1987).

In den Getreidefeldern wuchsen wenige Wildkräuterarten (s. Abb. 10), die sich – von ähnlich lichten, nahegelegenen Standorten kommend – in diesem, von den Menschen neugeschaffenen Lebensraum als Unkräuter ansiedeln konnten. Zu den häufigsten Arten gehörten Weißer Gänsefuß, Rainkohl, Malve, Winden-Knöterich, Labkraut, Schwarzer Nachtschatten, Lieschgras und Trespel. Bis auf den Winden-Knöterich und das Labkraut, die am Getreide hochklettern bzw. hochranken, lassen sich fast alle diese Pflanzen leicht jäten. Knöterich-, Trespel- und Gänsefußsamen bzw. -früchte sind sogar essbar und galten bis ins 19. Jahrhundert als Nahrung. Über die Dichte des Unkrautbesatzes der bandkeramischen Felder ist uns nichts bekannt. Hingegen beweisen die Nährstoffansprüche der Unkrautarten, daß die Bodengüte der Felder gut war, zusätzliche Düngung der Äcker war

Zeittafel des Neolithikums in Hessen	
ältere Bronzezeit	2200 v. Chr.
	Glockenbecher und Schnurkeramik
Endneolithikum	2700 v. Chr.
	?
Jungneolithikum	3500 v. Chr.
	Wartberg Michelsberg
Mittelneolithikum	4400 v. Chr.
	Bischheim Rössen
Altnolithikum	4800 v. Chr.
	4900 v. Chr.
Mesolithikum	5300 v. Chr.
	5700 v. Chr.



11a



11b

nicht notwendig (näheres dazu bei LÜNING 1980).

Erbse und Linse wurden womöglich auf kleineren Flächen bzw. Beeten gesät. Sie benötigen mehr Pflege als die Getreide, genauer gesagt, ein aufgelockertes und mehr oder weniger unkrautfreies Substrat. Sowohl zu feuchte als auch zu gut gedüngte Standorte waren zu vermeiden, da die Pflanzen sonst zuviel Blätter und zuwenig Früchte produzieren. Die „zarten“ Linsenpflanzen bedürfen auf jeden Fall in den Boden gesteckter Zweige oder kleiner Äste als stützendes Gerüst zum Hochranken (s. Abb. 11 a). Diese Reiser waren aus den Hecken leicht zu beschaffen.

150 bis 250 Jahre nach Gründung der Siedlung (ab LBK Stufe III) begann man in Friedberg-Bruchenbrücken mit dem zusätzlichen Anbau von vermutlich Lein (Öl- oder Faserlieferant), Wildem Schlafmohn (Öllieferant, Droge), Ackerbohne (s. Abb. 11 b) (Eiweiß und Kohlenhydrate) und Gerste. Diese Veränderung der Wirtschaftsweise könnte hier aus einer verminderten Sammeltätigkeit (Wildpflanzen) und einem damit einhergehenden Mangel an pflanzlichen Nährstoffen resultieren, denn bekannt waren diese und andere Kulturpflanzen den Bauern in den südöstlichen Herkunftsgebieten der bandkeramischen Kultur von Anfang an. Gleichzeitig mit dem Anbau neuer Kulturpflanzen nimmt die Zahl der Unkrautarten auf den Feldern zu. Ob es hier einen Zusammenhang gibt, ist bisher nicht zu klären.

Die pflanzliche Nahrung der neolithischen Bauern von Friedberg-Bruchenbrücken wurde ergänzt durch gesammelte Haselnüsse, Weißdorn- und Schlehenfrüchte (s. Abb. 12 a), Eicheln (Bitter-

Abbildung 11: Die pflanzlichen Eiweißlieferanten zur Zeit der Bandkeramik waren in Bruchenbrücken u. a. diese zwei Hülsenfrüchte, die heutzutage fast völlig aus Deutschland verschwunden sind: Linse a) und Ackerbohne b).

stoffe lassen sich leicht entfernen) und Brombeere oder Himbeere. Süßkirsche, Wild-Apfel (s. Abb. 12 b) oder Wild-Birne sind bisher nur als Holz nachgewiesen, die Genießbarkeit dieses in Auwäldern wachsenden Obstes war den Menschen aber sicher bekannt. So müssen wir überhaupt davon ausgehen, daß nur ein Bruchteil der damals bekannten und genutzten Sammelpflanzen erfaßt werden kann. Etwa Blattgemüse und Kräuter, Zwiebeln, saftige Knollen usw. bleiben kaum jemals verkohlt erhalten. Hier helfen uns jedoch u. a. Pflanzenabdrücke in Tonscherben weiter. Wurde beispielsweise ein Gefäß nach dem Formen vom Töpfer zum Trocknen auf ein Blatt oder eine geflochtene Matte gestellt, so blieb der Abdruck der Pflanzenteile durch das Brennen der Keramik konserviert und läßt sich noch nach Jahrtausenden identifizieren.

Zur Beschaffung bestimmter Pflanzenarten sind die Bruchenbrückener Bauern auch schon einmal weitere Strecken gewandert. So wurden hier zwei Holzarten nachgewiesen, die in der näheren Siedlungsumgebung nicht wachsen konnten: Wacholder und Kiefer. Diese kamen zur Zeit der Bandkeramik in etwa 25 km Entfernung auf ärmeren Böden pleistozäner Sanddünen vor (etwa im Raum Hanau und Frankfurt-Sachsenhausen). Brauchte man Kienespäne, Wacholder-„Beeren“, Harz, Wacholder-Holz für spezielle Geräte etc., konnte es sich durchaus „lohnen“,



12a



12b

Abbildung 12: a) Die Schlehe wächst häufig mit Weißdornarten und Wildrosen in sonnigen Hecken, Waldrändern und Gebüsch. Ihre Früchte sind erst nach Frosteinwirkung zuckerreich. Diese Heil- und Tee-pflanze liefert auch Hartholz für spezielle Geräte, und mit ihren Sproßdornen lassen sich Wolle und Pflanzenteile fasn. b) Der Wild-Apfel oder Holz-Apfel hat seinen natürlichen Standort in Auenwäldern, Hecken und Gebüsch. Sein Geschmacksspektrum variiert von herb bis bitter. In frischem Zustand wurden diese Äpfel wohl nicht verzehrt, aber gedörrt oder gekocht sind sie eine schmackhafte, aromatische Speise. Gedörrt lassen sie sich auch gut lagern. Als Maßstab dient hier ein „normierter“ Granny Smith Apfel.

derartige Entfernungen zurückzulegen. Überhaupt galten damals sicher völlig andere Maßstäbe bezüglich Effektivität oder räumlicher Distanzen als heute, worauf z. B. die Beschaffung von Rijckholt-Feuerstein aus den von Bruchenbrücken ca. 200 km entfernten Abbau-stellen bei Maastricht (Niederlande) verweist.

Zu den pflanzlichen Rohstoffen kamen erwiesenermaßen noch eine Fülle anderer Materialien hinzu wie Stein, Horn, Knochen, Häute und Felle und als Nahrungsmittel Fleisch, Süßwasser-Muscheln, Fische und Schnecken. Die Untersuchung dieser Funde ist aber die Aufgabe anderer Wissenschaftszweige.

Am Beispiel der ältestbandkeramischen Niederlassung Friedberg-Bruchenbrücken sollte gezeigt werden, wie bei der archäobotanischen Untersuchung jungsteinzeitlicher Siedlungsplätze der Eindruck entsteht, daß die ersten Bauern in

Mitteleuropa durch die Anwendung eines wohldurchdachten, naturgerechten agrarischen Systems kombiniert mit einer Jagd- und Sammeltätigkeit die damaligen Laubwälder keineswegs großflächig zerstörten, wie dies spätestens mit der Metallverarbeitung, also ab der Bronzezeit geschah. Obwohl in der Wetterau in dieser Zeit durch archäologische Funde eine erstaunliche Besiedlungsdichte belegt ist, scheint es nur eine kleinräumige Umwandlung der Waldvegetation in der Siedlungsumgebung gegeben zu haben. Diese Vorstellung wird an Hand der Ergebnisse der Großrestanalyse der übrigen ältestbandkeramischen Siedlungsplätze unterschiedlicher Landschaftstypen auf ihre überregionale Anwendbarkeit hin zu überprüfen sein.

Dipl.-Biol. Angela KREUZ
Labor für Archäobotanik, Seminar für Vor- und Frühgeschichte, Fachbereich Geschichtswissenschaften

Literatur

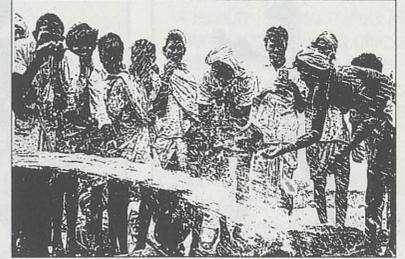
- Schweingruber, F. H. (1976): Prähistorisches Holz. Die Bedeutung von Holzfinden aus Mitteleuropa für die Lösung archäologischer und vegetationskundlicher Probleme. - *Academica helvetica* 2.
- Lüning, J. (1980): Getreideanbau ohne Düngung. - *Archäologisches Korrespondenzblatt* 10, Heft 2: 117-122.
- Sabel, K. J. (1983): Die Bedeutung der physisch-geographischen Raumausstattung für das Siedlungsverhalten der frühesten Bandke-

ramik in der Wetterau (Hessen). - *Prähistorische Zeitschrift* 58: 158-172.

Körber-Grohne, U. (1987): Nutzpflanzen in Deutschland. - *Kulturgeschichte und Biologie*; Theiss, Stuttgart.

Kreuz, A. (1988): Holzkohle-Funde der ältestbandkeramischen Siedlung Friedberg-Bruchenbrücken: Anzeiger für Brennholz-Auswahl und lebende Hecken? - *Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg* (Festschrift U. Körber-Grohne).

Shri Kanjilal, Lehrer auf der Insel Rangbelia/Indien



Vom Wasser hängt alles ab!

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

BROT FÜR DIE WELT-Spenden helfen dabei mit.

Brot für die Welt

Postgiro Köln 500500-500

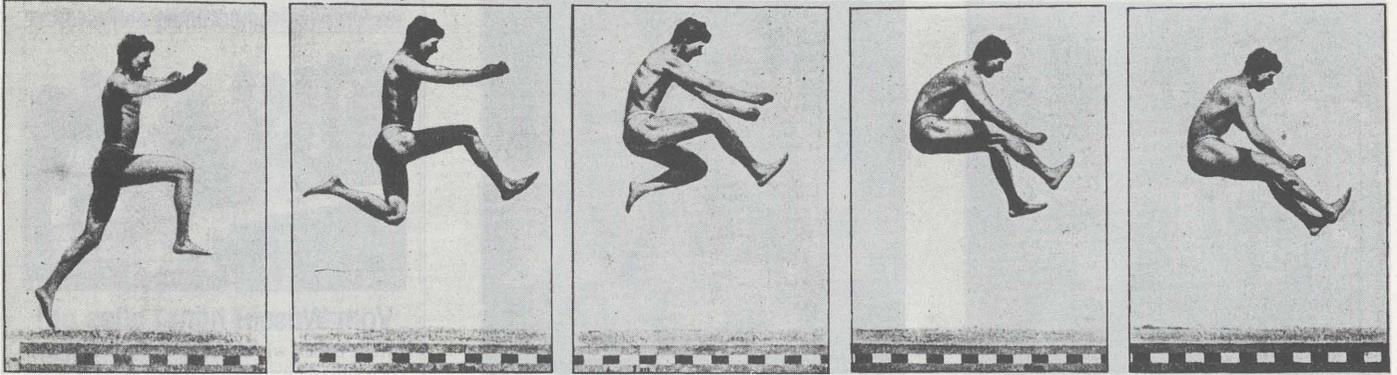
Forschung Weltraum

Fantastische Angebote für alle
Forschung Frankfurt-Leser:

- *Moderne und Antiquarische Fachliteratur aus Astronomie & Raumfahrt bereits ab 5,00 DM!*
- *Farbdiaserien bereits ab 10,00 DM!*
- *Neue NASA-Videofilme!*
- *Satellitenfotos aus dem Weltall!*
- *Bildatlanten, Sternkarten, Poster, Medaillen, Embleme, Kalender, NASA-Souvenirartikel, Fernrohre zur Himmelsbeobachtung... und vieles mehr.*

Fordern Sie jetzt unseren
kostenlosen **Neuheiten-Prospekt**
Faszination Weltraum an!

ALB-Geschäftsstelle,
Danziger Straße 4,
D-7928 Giengen/Brenz



Biomechanik im Leistungssport

Von Rainer Ballreich und Dietmar Schmidtbleicher

Die folgenden Ausführungen informieren über jüngere Untersuchungsergebnisse der Abteilung Biomechanik-Trainingswissenschaften der J. W. Goethe-Universität zu den Themenbereichen:

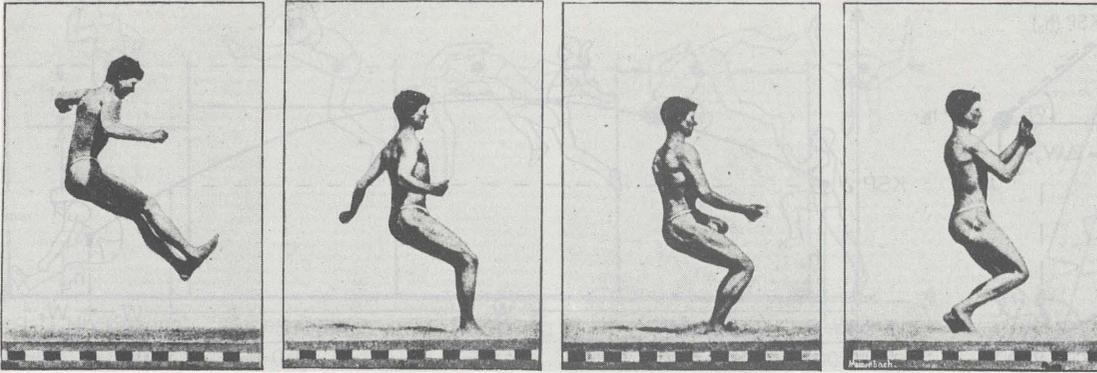
- Biomechanische Analyse sportmotorischer Techniken und biomechanisch gestützte Leistungssteuerung (am Beispiel der Landetechnik des Weitsprungs)
- Optimierung sportmotorischer Techniken (am Beispiel des gehockten Dreifachsaltos als Abgang vom Reck)
- Analyse von Vertikalsprüngen und Abstimmung der mechanischen Beanspruchung auf die Belastbarkeit des Bewegungsapparats (am Beispiel des Angriffsschlags im Volleyball-Spiel).

Ziel solcher Untersuchungen ist eine Steigerung der sportlichen Leistung sowohl über eine zweckorientierte Auswahl von Bewegungstechniken bzw. eine qualitative Verbesserung von Bewegungsabläufen als auch über eine Optimierung motorischer Fähigkeiten wie Kraft, Ausdauer, Gelenkigkeit oder Gleichgewicht. Rahmenbedingung für diese Ziele ist, die mechanische Beanspruchung des Bewegungsapparates auf seine Belastbarkeit abzustimmen.

Analyse der Weitsprung-Landetechnik

Ziel der Landetechnik beim Weitsprung ist die Maximierung der Landeweite. In früheren Darstellungen verwendete man als Kriterium für diese Qualität die Landepositionsweite W_4 , d. h. den Abstand zwischen der senkrechten Projektion des Körperschwerpunkts (KSP) und dem absprungnächsten Landeindruck. In neuesten Darstellungen (BALLREICH und KUHLOW 1986) wurde die Landepositionsweite W_4 ergänzt um die Landeanflugweite W_3 , d. h. um den Abstand zwischen der senkrechten Projektion





links: Ein photographierter Weitsprung. Von Ottomar Anschütz in Lissa mittels Momentphotographie in gleichmäßigen Intervallen aufgenommen (Illustrierte Zeitung, 1887). Zwischen den beiden Fotoserien (links u. unten) liegen 100 Jahre, in denen sich die Weitsprungtechnik sehr geändert hat.
unten: Siegfried Wenz bei den Europameisterschaften in Stuttgart 1986. Er wurde mit einer Weite von 7,60 m Dritter im Zehnkampf.

des KSP auf die Absprungebene, in dem mit der Abflughöhe höhengleichen Landeanflugpunkt, und der senkrechten Projektion des KSP auf die Absprungebene im Landezeitpunkt (s. Abb. 1, S. 44). Als neues Kriterium für die Qualität der Landetechnik beim Weitsprung zogen wir die Landeweite, d. h. die Summe aus Landeanflugweite W_3 und Landepositionsweite W_4 heran.

Dies ist zweckmäßiger, da die Qualität einer Landetechnik sowohl von der Fähigkeit bestimmt ist, wie lange ein Weitspringer an der Flugparabel im Landeanflug entlanggleitet, als auch von der Fähigkeit, eine möglichst große Landepositionsweite zu erzielen. Infolge des wechselseitigen Zusammenhangs zwischen den beiden Teilweiten W_3 und W_4 kann jedoch aus einer Maximierung der Landeweite (arithmetische Summe der Teilweiten) weder auf ein Maximum der Landeanflugweite noch der Landepositionsweite geschlossen werden, sondern lediglich auf eine Optimierung der Teilweiten mit dem Ziel, ihre Summe zu maximieren. So maximiert eine gleichzeitige Landung von Beinen und Gesäß in einer Strecksitzposition zwar einerseits die Landeanflugweite, minimiert jedoch andererseits die Landepositionsweite und maximiert damit nicht die Landeweite.

Ein Beispiel: Während der Europameisterschaften der Leichtathletik in Stuttgart 1986 bestimmten wir mit Hilfe der Hochfrequenzserienbildmessung beim Weitsprung der Zehnkämpfer u. a. die Landeweite der von uns seit Jahren biomechanisch betreuten deutschen Teilnehmer G. Kratschmer und S. Wenz (Europameisterschaftsdritter). In der Landeweite ($W_3 + W_4$) unterschieden sich beide Teilnehmer lediglich um 3 cm, wohingegen in der Landeanflugweite (W_3) Kratschmer 1,57 m und Wenz 1,20 m erzielte, in der Landepositionsweite (W_4) jedoch Wenz 0,77 m gegenüber 0,43 m von Kratschmer aufwies.

Eine differenziertere Betrachtung von biomechanischen Einflußgrößen der Landeweite führte bei Wenz zu dem Befund, daß er am Ende der symmetrischen Flugbahnphase eine ausgeprägte Vorwärtsdrehung des Körpers um die Breitenachse infolge eines überdurchschnittlich großen exzentrischen Absprungkraftstoßes aufweist. Die den Boden bei der Landung berührenden Fersen sind - unter Ausnutzung des Impulserhaltungssatzes - um so höher anzuheben und somit die Landeanflugweite umso stärker zu vergrößern, je mehr der Rumpf und die Arme während des Fluges gesenkt werden können. Daher sind

am Ende der symmetrischen Flugbahnphase eine geringe Rückneigung des Rumpfes sowie angehobene Arme eine zweckmäßige Ausgangsposition für eine große Landeweite, denn sie ermöglichen eine intensive Beugung von Rumpf und Kopf sowie Senkung der Arme, und damit eine starke Anhebung der Beine bzw. Fersen.

In Abb. 2 (S. 44) sind der Einfluß von Ausgleichsbewegungen auf die Landeanflugweite W_3 dargestellt. Die Rückwärtsdrehung des Rumpfes während des Fluges ist umso größer, je günstiger die hierfür notwendigen Ausgangsbedingungen sind, d. h. je geringer der zum Abflugzeitpunkt - infolge eines exzentrischen Absprungkraftstoßes - vorhandene Vorwärtsdrehimpuls um die Breitenachse des Springers ist. Dies kann über eine aufrechte Rumpfhaltung und einen intensiven Schwungbeineinsatz nach vorn-oben erfolgreich angesteuert werden.

Eine sehr effektive Möglichkeit, eine Rückwärtsdrehung des Rumpfes zu erzeugen, ist das Vorwärtskreisen der Arme sowie - im Falle der Laufschrifttechnik - eine gestreckte Bewegungsführung der Beine rückwärts und eine stark gebeugte Bewegungsführung derselben



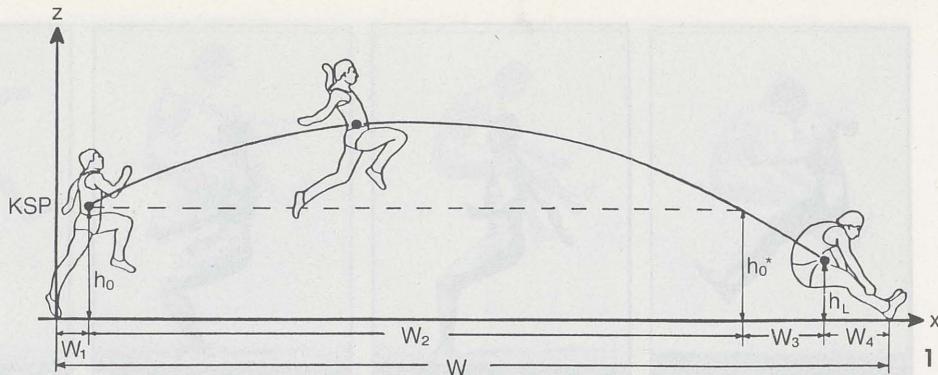
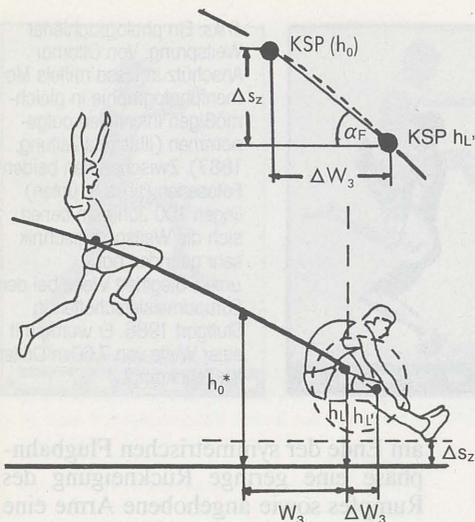
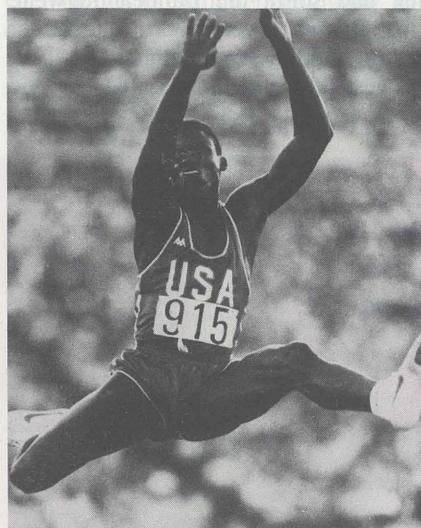


Abbildung 1: Teilweiten beim Weitsprung
 KSP = Körperschwerpunkt, W = Sprungweite, W_1 = Absprungpositionsweite, W_2 = symmetrische Flugbahnweite, W_3 = Landeanflughöhe, W_4 = Landepositionsweite, W_3+W_4 = Landeweite, h_0 = Abflughöhe, h_0^* = Landeanflughöhe, h_L = Landehöhe

Abbildung 2: Zunahme der Landeanflughöhe W_3 um ΔW_3 infolge des Absenkens der angehobenen Arme, des Rumpfes und Kopfes am Ende der symmetrischen Flugbahnphase;
 h_0^* = Landeanflughöhe, h_L = Landehöhe bei nicht angehobenen Fersen, $h_{L'}$ = reduzierte Landehöhe ($h_{L'} = h_L - \Delta s_z$) bei um Δs_z angehobenen Fersen, W_3 = Landeanflughöhe, ΔW_3 = Zunahme der Landeanflughöhe infolge angehobener Fersen, Δs_z = vertikaler Verschiebungsweg des KSP, α_F = Landeanflugwinkel, ● = Körperschwerpunkt (KSP)

Abbildung 3: Der amerikanische Leichtathlet Carl Lewis holte sich mit diesem Sprung von 8,54 m Weite bei den olympischen Spielen 1984 in Los Angeles auch eine Goldmedaille im Weitsprung.



vorwärts. Der Einfluß der Bewegungsführung der Beine auf die Rückwärtsdrehung des Rumpfes ist umso größer, je mehr Schritte (2 1/2 oder 3 1/2) in der Flugphase ausgeführt werden, je größer der Unterschied zwischen dem Grad der Streckung und Beugung der Beine, d. h. ihren Massenträgheitsmomenten, und je größer der Unterschied in der Bewegungs(Dreh-)geschwindigkeit zwischen gestreckter und gebeugter Bewegungsführung ist. Da Wentz keine Laufsprungtechnik, sondern eine einfache Schrittweitsprungtechnik ausführt, empfehlen wir ihm die gegenwärtig praktizierte Umstellung von der Schrittweitsprung- zur Laufsprungtechnik sowie o. a. Absprunggestaltung zur Reduktion des Absprungdrehimpulses.

Optimierung sportmotorischer Techniken

Aufgabe ist, konkurrierende motorische Lösungsverfahren zur Ansteuerung von Bewegungszielen im Sport nach dem Grad ihrer Zielansteuerung zu analysieren (u. a. konkurrierende Starttechniken in den Sportarten Leichtathletik, Schwimmen, Skilauf, Rodeln unter der Zielsetzung Zeitminimierung oder konkurrierende Sprungtechniken in Leichtathletik, Spportsportarten, Gerätturnen, Trampolinspringen mit der Zielsetzung Distanzoptimierung bzw. -maximierung) sowie neue, zielangepaßtere motorische Lösungsverfahren zu entwickeln. Während erstgenannte Aufgabe im wesentlichen auf eine „Reproduktion von Fakten“ hinausläuft, eröffnet die Lösung der zweiten Aufgabe den „Zutritt in biomechanisches Neuland“. Am Beispiel des Hochsprungs läßt sich die erste Aufgabe anschaulich erläutern. Die

Bearbeitung der Untersuchungsaufgabe „Analyse konkurrierender Techniken“ kann bei der Beurteilung unterschiedlicher Hochsprungstechniken u. a. auf das biomechanische Merkmal „Lattenüberhöhung“ H_3 zurückgreifen. H_3 ist definiert als Differenz aus der Scheitelhöhe H_{max} der Flugbahn des Körperschwerpunkts und der Sprunglattenhöhe H_L ($H_3 = H_{max} - H_L$). Analysiert man die Lattenüberhöhung unterschiedlicher Hochsprungstechniken, dann nimmt mit fortschreitender Optimierung der Hochsprungstechnik - vom Hocksprung bis zum Flopsprung - die Lattenüberhöhung ab (s. Abb. 4), sodaß für das Überspringen einer vorgegebenen Sprunglattenhöhe immer weniger an Hubarbeit zu verrichten ist. Anders formuliert: Moderne Hochsprungstechniken (Wälz-, Flopsprung) ermöglichen eine zwischen 30-50 cm geringere Lattenüberhöhung als Techniken aus den Anfängen des Sports (Hocksprung, Schersprung) und damit eine um ca. 30-50 cm größere Sprunglattenhöhe.

Das zweite Untersuchungsziel, die Entwicklung einer neuartigen sportmotorischen Technik, wird am Beispiel des gehockten Dreifachsaltos als Abgang vom Reck erläutert.

Angenommen Turner A ist in der Lage, den Doppelsalto gestreckt als Abgang vom Reck durchzuführen (s. Abb. 6, S. 46). Unter welchen Bedingungen vermag er dann einen bis zu diesem Zeitpunkt als undurchführbar eingestuften Dreifachsalto gehockt als Reckabgang auszuführen? Diese Frage wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts mit Hilfe der Konstruktion und Simulation eines Modellsystems (Körper- und Bewe-

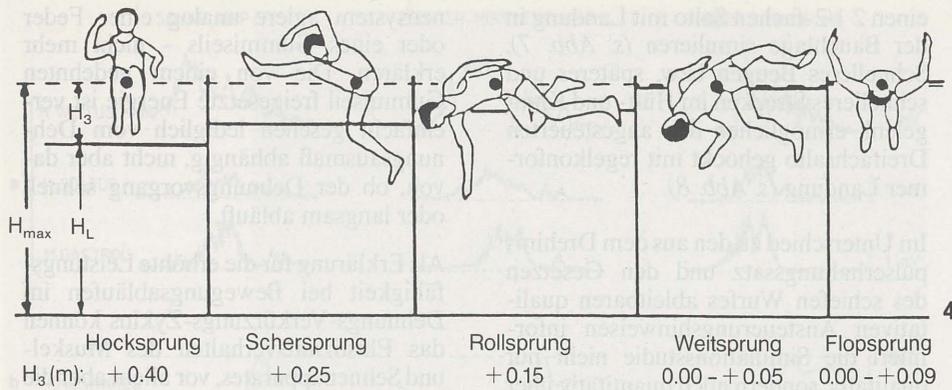


Abbildung 4: Latteüberhöhung H_3 ($H_{\max} - H_L$) in Abhängigkeit von der Sprungtechnik; H_3 = Latteüberhöhung, H_{\max} (---) = Scheitelpunkt der Körperschwerpunktsbahn, H_L (—) = Sprunglattehöhe, ● = Körperschwerpunkt (KSP)

gungsmodell) beantwortet, das die Änderung der motorisch gesteuerten Flugbewegungen des menschlichen Körpers in der Hauptbewegungsebene beschreibt (PREIB 1987).

Das Anwendungsspektrum dieses Modells erstreckt sich auf 2-dimensional beschreibbare Flugbewegungen in den Sportarten Leichtathletik, Geräteturnen, Wasser- und Trampolinspringen. Das Modell setzt sich aus einem Körperbaumodell (s. Abb. 5) und einem Bewegungsmodell (s. Tab. 1) zusammen. In seiner für eine symmetrische Bewegungsführung der Arme und Beine konstruierten Form besteht das Körperbaumodell (s. Abb. 5) aus 4 Körpersegmenten (Fuß mit Unterschenkel, Oberschenkel, Rumpf mit Kopf, Oberarm mit Unterarm und Hand).

Zur ökonomischen Bestimmung der Körpersegmentmassen sowie des Körperschwerpunkts und der Massenträgheitsmomente um die Hauptachsen in verschiedenen Bewegungspositionen werden die Körperteile segmental als geometrisch regelmäßig geformte Körper modelliert. (Extremitätenteile – ausgenommen die Hände – als Kegelstümpfe, Rumpf als Zylinder mit elliptischem Querschnitt, Kopf als Ellipsoid, Hände als Kugeln) mit konstanter, jedoch segmentspezifischer Dichte. In der Ebene bilden sich diese Körper als die in Abb. 5 dargestellten Figuren ab.

Als Zielgröße für die Flugbewegungen des menschlichen

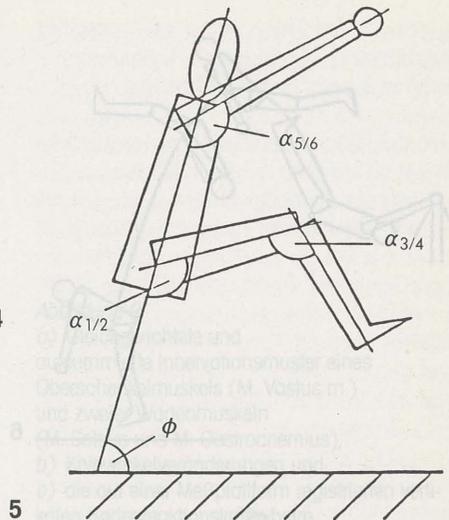


Abbildung 5: Körperbaumodell mit 4 Segmenten (1 = Fuß mit Unterschenkel, 2 = Oberschenkel, 3 = Rumpf mit Kopf, 4 = Oberarm mit Unterarm und Hand) und Gelenk- und Orientierungswinkel. ϕ = Orientierungswinkel (Rumpflängsachse), $\alpha_{1/2}$ = Hüftgelenkwinkel rechtes/linkes Bein, $\alpha_{3/4}$ = Kniegelenkwinkel rechtes/linkes Bein, $\alpha_{5/6}$ = rechter und linker Schultergelenkwinkel

Tabelle 1: Bewegungsmodell mit Modellvariablen und Modellrelation; P_0 (KSP) = Abflugort des Körperschwerpunkts (KSP), \bar{v}_0 = Abfluggeschwindigkeit des KSP, ϕ_0 = Orientierungswinkel im Abflugzeitpunkt, L_0 = Drehimpuls des Gesamtkörpers um seine Breitenachse im Abflugzeitpunkt, $\alpha(t)$ = Zeitverlauf von Hüft-, Knie- und Schultergelenkwinkel, $\phi(t)$ = Zeitverlauf des Orientierungswinkels.

Modellvariablen		Zielgröße	Modellrelation		
Einflußgrößen					
Anfangswerte	Randwerte	$\phi(t)$	$\phi(t) = f(P_0, \bar{v}_0, \phi_0, L_0, \alpha(t))$		
P_0 (KSP)	(Hüftgelenk) $\alpha_1(t)$			$\phi(t)$	
\bar{v}_0 (KSP)	$\alpha_2(t)$				
ϕ_0	(Kniegelenk) $\alpha_3(t)$ $\alpha_4(t)$				
L_0	(Schultergelenk) $\alpha_5(t)$ $\alpha_6(t)$				

chen Körpers in der Hauptbewegungsebene wurde der Orientierungswinkel Φ (s. Abb. 5), d. h. der Winkel der Rumpflängsachse gegen die Horizontale festgelegt. Einflußgrößen dieser Zielgröße sind zum einen die vier Anfangswerte (Abflugort und -geschwindigkeit des Körperschwerpunkts sowie Orientierungswinkel und Drehimpuls des Gesamtkörpers um seine Breitenachse im Abflugzeitpunkt) und zum anderen 3 Randwert-Funktionen (Winkel-Zeitverlauf der Hüft-, Knie- und Schultergelenke) während des Fluges. Die Modellrelation ist eindeutig und stellt somit einen funktionalen (deterministischen) Zusammenhang zwischen der zeitabhängigen Zielgröße „Orientierungswinkel“ und ihren Einflußgrößen dar (s. Tab. 1). Mit Hilfe der Modellrelation läßt sich die Auswirkung der Variation einer oder mehrerer Einflußgrößen auf die Zielgröße bestimmen, so zum Beispiel die Auswirkung einer geänderten Abfluggeschwindigkeit ($v_0 + \Delta v$) auf die Änderung des Orientierungswinkels ($\Phi + \Delta \Phi$) und damit auf die Änderung der Flugbewegungen der 4 Körpersegmente in jedem beliebigen Zeitpunkt des Fluges.

Aus dem Modelloriginal (s. Abb. 6: Doppelsalto gestreckt von Turner A) wurden die Anfangswerte 'Abflugort und -geschwindigkeit sowie Orientierungswinkel und -drehimpuls' bestimmt. Mit diesen Anfangswerten und angenommenen Randwerten, die ein relativ langsames Beugen bzw. Strecken im Hüft- und Kniegelenk beschreiben, kann man

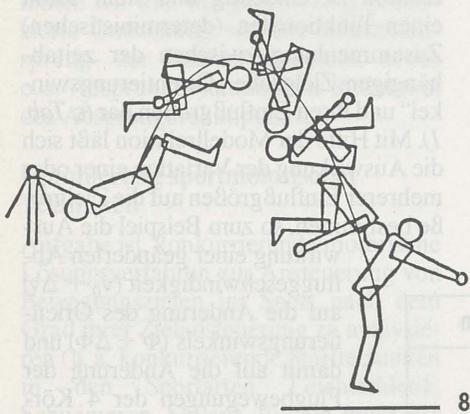
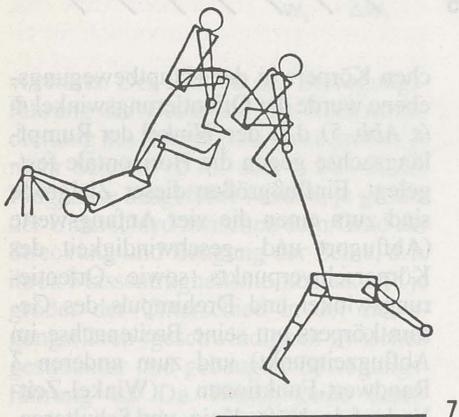
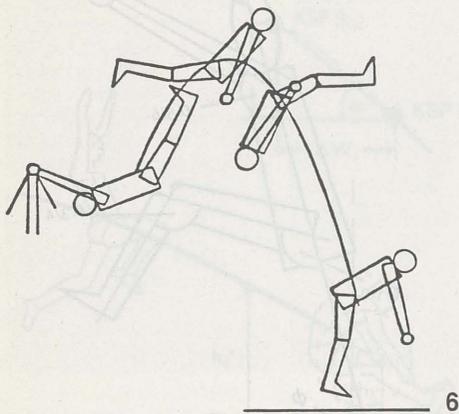


Abbildung 6:
Modelloriginal: Doppelsalto gestreckt.

Abbildung 7:
Simulationsstudie 1: 2 1/2-facher Salto gehockt,
mit langsamem Beugen bzw. Strecken
im Hüft- und Kniegelenk.

Abbildung 8:
Simulationsstudie 2: Dreifachsalto gehockt,
mit sofortigem und schnellem Beugen
bzw. spätem und schnellem Strecken
im Hüft- und Kniegelenk.

einen 2 1/2-fachen Salto mit Landung in der Bauchlage simulieren (s. Abb. 7). Schnelleres Beugen bzw. späteres und schnelleres Strecken im Hüft- und Kniegelenk ermöglichen den angesteuerten Dreifachsalto gehockt mit regelkonformer Landung (s. Abb. 8).

Im Unterschied zu den aus dem Drehimpulserhaltungssatz und den Gesetzen des schiefen Wurfes ableitbaren qualitativen Ansteuerungshinweisen informiert die Simulationsstudie nicht nur qualitativ, sondern auch quantitativ über die notwendige höhere Beuge- und Streckgeschwindigkeit (Winkelgeschwindigkeit) in den Hüft- und Kniegelenken zur erfolgreichen Ansteuerung des Dreifachsaltos gehockt. Damit liegt – in quantitativer Form – ein technomotorisches Anforderungsprofil des Dreifachsaltos gehockt für Turner A als Grundlage für eine erfolgreiche und ökonomische Techniksteuerung vor. Ergänzend bleibt festzustellen, daß Turner A inzwischen den Dreifachsalto gehockt beherrscht.

Vertikale Sprungbewegungen

Ein weiterer Forschungsansatz befaßt sich mit Fragen der Konditionsdiagnostik und der Belastbarkeit des Bewegungsapparates. Beobachtungen zeigten, daß in einer Vielzahl von Bewegungsabläufen der Kontraktionsphase des Muskels eine Dehnungsphase vorangeht. Betrachtet man die Beinmuskulatur, ist dies z. B. beim Gehen, Laufen, Springen usw. der Fall. Ein einfacher Vertikalsprung läßt sich wie folgt unterteilen: Ausgangsstellung ist der aufrechte Stand, dann erfolgt das Absenken des Körpers in eine 90° Position in Hüft- und Kniegelenken – funktionell gesehen die Dehnungsphase der Muskulatur – und anschließend kommt es durch die Verkürzung derselben Muskelgruppen zum Aufrichten und Absprung des Körpers. Interessanterweise schwankt die erzielbare Sprunghöhe individuell in Abhängigkeit von der Dauer eines solchen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. Der entscheidende Punkt ist die zeitliche Gestaltung des Übergangs von der Dehnung in die Verkürzung. Wird beispielsweise der Übergang durch eine Pause unterbrochen, ergibt sich daraus eine Reduzierung der Sprunghöhe von ca. 15-20%.

Dieses Ergebnis läßt sich mit mechanistisch orientierten Muskelmodellen – etwa den Vorstellungen, das Muskel-Seh-

nensystem agiere analog einer Feder oder eines Gummiseils – nicht mehr erklären. Die von einem gedehnten Gummiseil freigesetzte Energie ist vereinfacht gesehen lediglich vom Dehnungsausmaß abhängig, nicht aber davon, ob der Dehnungsvorgang schnell oder langsam abläuft.

Als Erklärung für die erhöhte Leistungsfähigkeit bei Bewegungsabläufen im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus können das Elastizitätsverhalten des Muskel- und Sehnenapparates, vor allem aber die Organisation des Nervensystems herangezogen werden.

Die Muskulatur sowie Sehnen und Bänder haben elastische Eigenschaften. Das bedeutet, sie können während nachgebender Bewegungsphasen elastische Energie speichern und in späteren Phasen in Bewegungsenergie umwandeln. Allerdings ist dieser Vorgang nur so lange möglich, wie der Muskel die notwendige Gegenkraft liefert. Die Größe der entwickelbaren muskulären Spannung ist ihrerseits von der Muskellänge und damit vom Dehnungszustand sowie von der Aktivierung (also der Innervation) abhängig. Die Längenveränderungen der Muskulatur kann man indirekt über die Gelenkwinkelveränderungen abschätzen. Das Innervationsmuster wird durch die Aufzeichnung der elektrischen Vorgänge am Muskel, dem Elektromyogramm erfaßt (s. Abb. 10).

Betrachten wir nicht nur den oben beschriebenen Vertikalsprung, sondern sportliche Sprungbewegungen generell, lassen sich diese in drei Kategorien einordnen. Nur selten erfolgen Sprünge ohne Ausholbewegung, aus einer Kauerhaltung (Squat Jump), wie z. B. beim Skispringen. Viele Sprungformen werden mit einer langsamen Ausholbewegung eingeleitet (Counter-Movement Jump), z. B. Sprungwurf im Basketball, Sprung zum Block im Volleyball. Die dritte Kategorie zeichnet sich dadurch aus, daß dem eigentlichen Absprung ein Einsprung vorausgeht, z. B. Stützphase beim Sprint, Absprung zum Hoch- oder Weitsprung. Dabei entsteht eine Art Rückpralleffekt, ähnlich einem Wassertropfen, der auf eine harte glatte Unterlage fällt (Drop Jump). Zentraler funktioneller Bestandteil aller Sprünge der beiden letztgenannten Kategorien ist aus physiologischer Sicht ein langsam bzw. schnell ausgeführter Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus der Muskeln. Unter Berücksichtigung der wesentlichsten Cha-

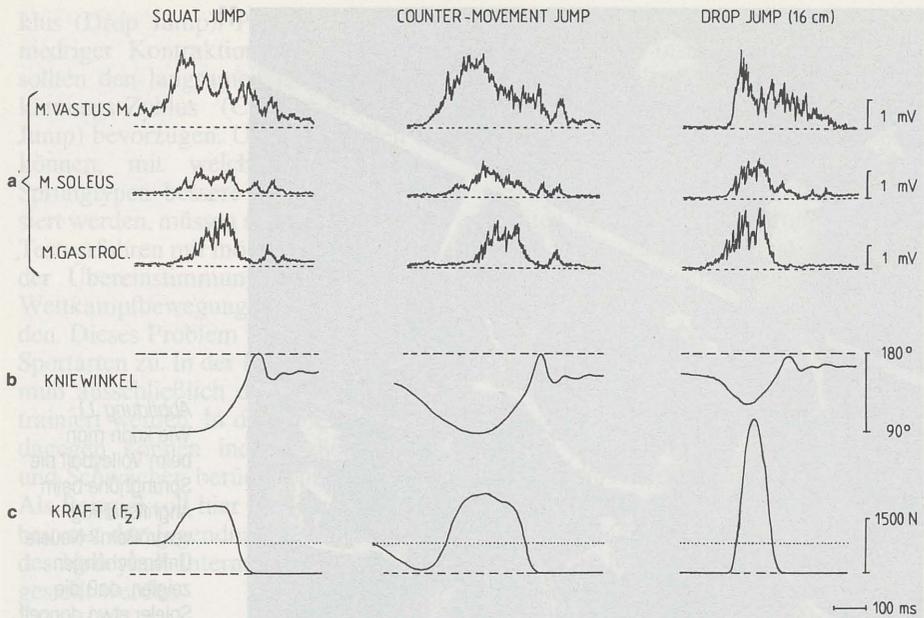


Abbildung 9:
 a) Gleichgerichtete und aufsummierte Innervationsmuster eines Oberschenkelmuskels (M. Vastus m.) und zweier Wadenmuskeln (M. Soleus und M. Gastrocnemius),
 b) Kniewinkelveränderungen und
 c) die auf einer Meßplattform registrierten vertikalen Bodenreaktionskräfte beim Kauer sprung (Squat Jump), Sprung mit Ausholbewegung (Counter-Movement Jump) und einem Prellsprung (Drop Jump) aus 16 cm Absprunghöhe.

rakteristika können Grundformen der drei Sprungtypen unter standardisierten Bedingungen verglichen werden.

In *Abbildung 9* sind dies Innervationsmuster eines Oberschenkelmuskels und zweier Wadenmuskeln, die Kniewinkelveränderungen und die auf einer Meßplattform registrierten vertikalen Bodenreaktionskräfte beim Squat Jump, Counter-Movement Jump und Drop Jump (aus 16 cm Absprunghöhe) dargestellt.

Betrachten wir zunächst die Kraft-Zeit-Kurven (*s. Abb. 9c*), fällt auf, daß in beiden Dehnungs-Verkürzungs-Zyklen größere Kraftwerte erreicht werden als beim Squat Jump. Wie aus den Winkel-Zeit-Kurven ersichtlich wird, liegt die größte Kraftentfaltung beim langsamen Counter-Movement Jump genau im Übergang zwischen der Dehnungs- und der Verkürzungsphase (*s. Abb. 9b*). Beim prellend gesprungenen Drop Jump dagegen wird das Knie wesentlich weniger gebeugt und die größten Kraftwerte treten zu Beginn der Verkürzungsphase auf. Augenfällig sind zwei weitere Ergebnisse: Das Kraftmaximum beim Counter-Movement Jump beträgt ca. das 2,5-fache des Körpergewichts (Körpergewicht entspricht der gepunkteten horizontalen Linie), während beim Drop Jump ca. das 5-fache des Körpergewichts als Kraftspitzenwert erzeugt wird. Völlig unterschiedlich ist auch der Zeitbedarf für die Ausführung der beiden Sprungtypen - ca. 0,2-0,25 s für den Drop Jump und ca. 0,4-0,6 s für den

Counter-Movement Jump. Diese Unterschiede sind bedeutsam, wenn auch für den Laien ohne technische Hilfsmittel optisch kaum erkennbar. Bewertet man zusätzlich die Innervationsmuster (*s. Abb. 9a*), zeigt sich, daß der Gesamtinnervationsaufwand (die Fläche unter den EMG-Zeit-Kurven) beim Drop Jump geringer ausfällt.

Das aus leistungssportlicher Sicht entscheidende Kriterium stellt allerdings

die erreichte Sprunghöhe dar. Sie läßt sich annäherungsweise als Körperschwerpunktserhöhung aus der Flugzeit berechnen. In der Regel werden bei beiden Dehnungs-Verkürzungs-Zyklen größere Sprunghöhen erzielt, verglichen mit dem Squat Jump. Für den Counter-Movement-Jump spricht die geringere Belastung, die auf Kosten einer langsameren Ausführung und eines höheren Innervationsaufwandes zustande kommt. Die effizientere Sprungform da-

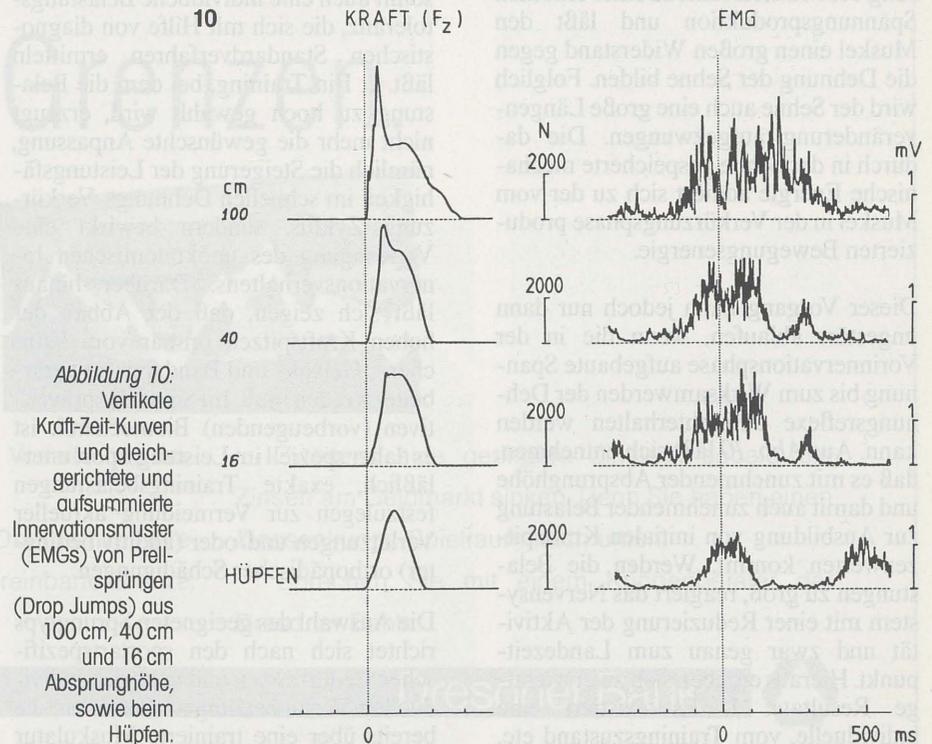


Abbildung 10:
 Vertikale Kraft-Zeit-Kurven und gleichgerichtete und aufsummierte Innervationsmuster (EMGs) von Prellsprüngen (Drop Jumps) aus 100 cm, 40 cm und 16 cm Absprunghöhe, sowie beim Hüpfen.

gegen ist der Drop Jump mit schneller Ausführung, geringerem Innervationsaufwand, aber hoher Belastung.

Um die Faktoren für die größere Effektivität näher beurteilen zu können, müssen wir ein weiteres Experiment durchführen: Die Drop Jumps werden jetzt nicht nur aus 16 cm Absprunghöhe sondern auch aus 40 cm und 100 cm Höhe ausgeführt und mit einer einfachen Hüpfbewegung verglichen (s. Abb. 10). Dabei zeigt sich im Innervationsmuster, daß die Wadenmuskulatur bereits 0,1 - 0,15 Sekunden vor dem ersten Bodenkontakt (senkrechte gepunktete Linie) aktiviert wird. In der Dehnungsphase treten Aktivitätsspitzen in der Innervation auf, die deutlich über dem Niveau liegen, das bei maximaler willkürlicher Aktivierung erreicht wird. Die Ausprägung der Vorinnervation (vor Bodenkontakt) ist von der Größe der Belastung abhängig und erfolgt unter visueller Kontrolle zeitlich genau abgestimmt auf den Bodenkontakt. Es ist daher anzunehmen, daß es sich um einen Bestandteil eines zentralen Bewegungsprogramms handelt, das den Muskel optimal an die Landesituation anpaßt. Die hohen Aktivitätsspitzen in der Dehnungsphase sind mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Wirkung von Dehnungsreflexen zurückzuführen, wie eine Reihe von Detailuntersuchungen ergeben haben. Diese zusätzliche Aktivierung des Muskels führt zu einer erhöhten Spannungsproduktion und läßt den Muskel einen großen Widerstand gegen die Dehnung der Sehne bilden. Folglich wird der Sehne auch eine große Längenveränderung aufgezwungen. Die dadurch in der Sehne gespeicherte mechanische Energie addiert sich zu der vom Muskel in der Verkürzungsphase produzierten Bewegungsenergie.

Dieser Vorgang kann jedoch nur dann ungestört ablaufen, wenn die in der Vorinnervationsphase aufgebaute Spannung bis zum Wirksamwerden der Dehnungsreflexe aufrechterhalten werden kann. Aus Abb. 10 läßt sich entnehmen, daß es mit zunehmender Absprunghöhe und damit auch zunehmender Belastung zur Ausbildung von initialen Kraftspitzenwerten kommt. Werden die Belastungen zu groß, reagiert das Nervensystem mit einer Reduzierung der Aktivität und zwar genau zum Landezeitpunkt. Hieraus ergeben sich zwei wichtige Resultate: 1. Es existiert eine individuelle, vom Trainingszustand etc.



11

Abbildung 11:
Wie kann man beim Volleyball die Sprunghöhe beim Angriffsschlag vergrößern? Neuere Untersuchungen zeigten, daß die Spieler etwa doppelt so häufig den schnellen Sprungtyp (drop jump) anwendeten wie den sonst üblichen langsamen Typ (counter-movement jump). Daher muß in Zukunft im Sprungkrafttraining mehr auf diesen Typ hin trainiert werden.

abhängige optimale Absprunghöhe und somit auch eine individuelle Belastungstoleranz, die sich mit Hilfe von diagnostischen Standardverfahren ermitteln läßt. 2. Ein Training, bei dem die Belastung zu hoch gewählt wird, erzeugt nicht mehr die gewünschte Anpassung, nämlich die Steigerung der Leistungsfähigkeit im schnellen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus, sondern bewirkt eine Verfestigung des unökonomischen Innervationsverhaltens. Darüber hinaus läßt sich zeigen, daß der Abbau der hohen Kraftspitzen primär vom Knochen-, Gelenk- und Bandapparat verarbeitet werden muß. Im Sinne der präventiven (vorbeugenden) Biomechanik ist es daher speziell im Leistungssport unerlässlich, exakte Trainingsbelastungen festzulegen zur Vermeidung aktueller Verletzungen und/oder (additiv bedingter) orthopädischer Schädigungen.

Die Auswahl des geeigneten Sprungtyps richtet sich nach den sportartspezifischen Bedürfnissen und nach den individuellen Voraussetzungen. Personen, die bereits über eine trainierte Muskulatur

verfügen und hohe Kontraktionsgeschwindigkeiten entwickeln können, erreichen bessere Resultate mit dem schnellen Dehnungs-Verkürzungs-Zy-

Literatur

Ballreich, R., Baumann, W., Preiß, R.: Grundlagen der Biomechanik des Sports; Enke, Stuttgart 1988.

Ballreich, R., Kuhlow, A. (Hrsg.): Biomechanik der Leichtathletik; Enke, Stuttgart 1986.

Preiß, R.: Computersimulation zur Entwicklung sportmotorischer Techniken. - In: Czwalina (Hrsg.): Sportwissenschaft und Sportpraxis, Bd. 59. Czwalina; Ahrensburg 1987.

Schmidtbleicher, D., Gollhofer, A., Frick, U.: Effects of a stretch-shortening typed training on the performance capability and innervation characteristics of leg extensor muscles. - XI. International Congress of Biomechanics; Amsterdam 1987.

Schmidtbleicher, D., Gollhofer, A., Frick, U.: Auswirkungen eines Tiefsprungtrainings auf die Leistungsfähigkeit und das Innervationsverhalten der Beinstreckmuskulatur. - In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 38: 389-394, 1987.

klus (Drop Jump). Personen mit eher niedriger Kontraktionsgeschwindigkeit sollten den langsamen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (Counter-Movement Jump) bevorzugen. Um entscheiden zu können, mit welchem der beiden Sprungtypen bessere Leistungen realisiert werden, müssen sportartspezifische Testverfahren mit möglichst weitgehender Übereinstimmung von Test- und Wettkampfbewegung entwickelt werden. Dieses Problem trifft nicht für alle Sportarten zu. In der Leichtathletik z. B. muß ausschließlich der schnellere Typ trainiert werden. In den Sportsportarten dagegen können individuelle Stärken und Schwächen berücksichtigt werden. Als Beispiel soll hier die Zusammenarbeit mit der Jugendnationalmannschaft des Volleyball-Internats in Höchst dargestellt werden.

Die Frage war, mit welchem Sprungtyp kann welcher Spieler die größte Sprunghöhe beim Angriffsschlag erreichen? Dazu wurde eine spezielle Meßanordnung zusammengestellt. Die Spieler führten nach mehreren Anlaufschritten einen Angriffsschlag aus und mußten dabei den an einer Angel va-

riabel befestigten Ball treffen. Als meßmethodisches Instrumentarium wurden neben Winkelmessern für das Fuß- und Kniegelenk Druckmeßsohlen (Eigenentwicklung des Instituts für Sportwissenschaften von Dipl.-Ing. Ernst) zur Erfassung der Bodenkontakt- und Flugzeiten und damit der Sprunghöhenbestimmung eingesetzt. Die Anlaufgeschwindigkeit wurde mit Hilfe eines Ultraschall-Geschwindigkeitsaufnehmers kontrolliert. Mit dieser Anordnung war es möglich, unter wettkampfnahen Bedingungen für jeden einzelnen Spieler den geeigneten Sprungtyp festzulegen. Überraschenderweise konnten eine Reihe von Athleten mit dem bisher nicht angewandten schnellen Sprungtyp größere Sprunghöhen erreichen. Die Ursache dafür liegt wohl daran, daß in allen Sportsportarten in der heutigen Trainingspraxis fast ausschließlich der langsame Sprungtyp optimiert wird. Wir haben daher anhand von Bildauswertungen mehrerer Volleyballspiele der Jugendnationalmannschaft die Häufigkeit von Sprüngen des langsameren und schnelleren Typs ausgezählt. Bei ca. 250-300 Sprüngen in einem 5-Satz-Spiel kommen Varianten der schnellen

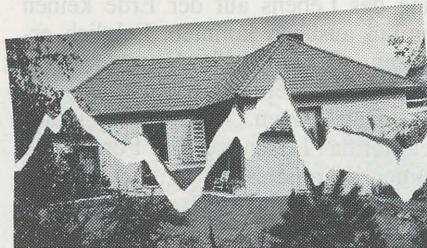
Sprünge doppelt so oft vor, wie der langsame Sprungtyp. Da aber Verbesserungen im langsamen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus nicht auf den schnellen Typ übertragen werden können, hat das zur Konsequenz, daß im Sprungkrafttraining in einer entsprechenden Relation trainiert werden muß.

Prinzipiell lassen sich vergleichbare Analysen auch für andere Sportsportarten durchführen. Unsere gegenwärtigen Arbeiten beschäftigen sich jedoch mit der Frage, welcher der beiden Sprungtypen die größere Ermüdungsresistenz aufweist.

Ergänzend ist anzumerken, daß über eine Verbesserung sportlicher Leistungen hinaus auch im internationalen Trend zunehmend Erkenntnisse der sportmotorischen Leistungsdiagnostik und -steuerung in die medizinische Prophylaxe, Therapie und Rehabilitation einbezogen werden.

Prof. Dr. Rainer BALLREICH
Prof. Dr. D. SCHMIDTBLEICHER
Institut für Sportwissenschaften, Fachbereich Sportwissenschaften und Arbeitslehre

Das Auf und Ab der Zinsen hat jetzt Grenzen.



Der Langfristzins „C“ hat zwei Vorteile bei der Baufinanzierung.

Erstens eine garantierte Zins-Obergrenze. Ihre Belastung geht also nie über die vereinbarte Grenze hinaus.

Zweitens eine geringere Zinslast, sobald die Zinsen am Geldmarkt sinken. Denn Sie haben einen Zinssenkungs-Spielraum nach unten.

Sprechen Sie mit einem Kundenberater der Dresdner Bank.

Dresdner Bank



Eine Pflanze testet den Weltraum



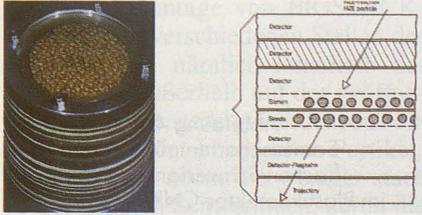
Von Albert R. Kranz

Seit den Tagen der ersten Satellitenübertragung von Telefongesprächen und Fernsehbildern vor über zwei Jahrzehnten weiß jedermann, daß es außerhalb unserer Erde einen Raum gibt, dessen Erforschung und Nutzung für die Telekommunikation revolutionäre Entwicklungsmöglichkeiten bietet. Dieser oberhalb der Stratosphäre beginnende sogenannte Weltraum besitzt aber Eigenschaften grundlegend anderer Art als das uns umgebende erdnahe Milieu der Luft, des Wassers und des Bodens; es sind dies Tiefsttemperatur im Sonnenschatten, Vakuum, UV- und Partikelstrahlung sowie Schwerelosigkeit (Mikrogravitation). Nur die beiden ersten Faktoren kann man im Raumflugkörper kontrollieren. Von den kosmischen Strahlungskomponenten lassen sich zwar die UV-Strahlen vollständig, die übrige elektromagnetische Strahlung (Gamma- und Röntgenstrahlen) teilweise, die hochbeschleunigten, partikulären Schwerionenstrahlen jedoch fast gar nicht abschirmen. Um diese aus einzelnen hochbeschleunigten Atomen, denen Elektronen ihrer Atomhülle fehlen, bestehende Strahlung abzuschirmen, müßten die Raumschiffwände und Raumanzüge der Astronauten aus meterdicken Stahlwänden bestehen. Diese würden die aus der Tiefe des Kosmos heranrasenden Teilchen, vorwiegend Eisenato-

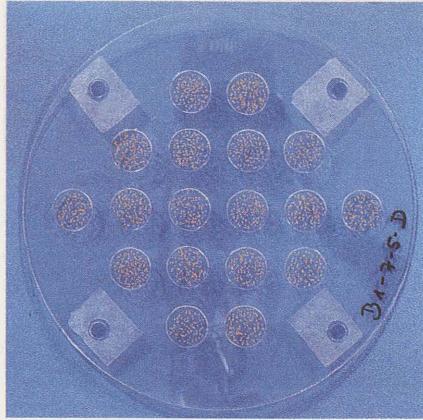
me, dann ebenso gut fernhalten wie es das Magnetfeld der Erde vermag. Natürlich kann man solchen Ballast nicht in den Weltraum befördern, genauso wie es nicht durchführbar ist, in Raumschiffen oder Raumanzügen Beschleunigungskräfte zu produzieren, welche die im Weltraum nahezu fehlende Erdanziehung von $9,8 \text{ m sec}^{-2}$ ersetzen würde.

So liegt es auf der Hand, daß die genannten weltraumspezifischen Faktoren auch bei der Entstehung und Entwicklung des Lebens auf der Erde keinen Einfluß ausüben konnten. Folglich erwarten wir tiefgreifende, womöglich existenzbedrohende Auswirkungen dieser ungewohnten Weltraumbedingungen auf das Leben welcher Form auch immer. Wäre aber Leben, und sei es in Teilprozessen, außerhalb unseres Planetenmilieus möglich, so könnte die Einmaligkeit der Bioevolution auf der Erde naturwissenschaftlich in Frage gestellt werden. Auch wäre ein längerer Aufenthalt des Menschen mit existentiellen Gefahren verbunden und die technische Nutzung des Weltraums nur durch Roboter möglich. Wie lassen sich solche schwerwiegenden Fragen wissenschaftlich prüfen? Der Naturwissenschaftler setzt hierzu das sorgfältig geplante Experiment ein, indem er definierte Bedingungen schafft.

Arabidopsis thaliana, auch Acker-Schmalwand oder „mouse ear cress“ genannt, ein verbreitetes aber unscheinbares Wildkraut unserer Wegrandflora, hat sich als höchst geeignetes Testobjekt zur Untersuchung von Strahlen- und Mikrogravitationseinflüssen im Weltraum erwiesen. Diese wie Raps und Kohl zur Kreuziferenfamilie gehörende Pflanze besitzt eine außergewöhnlich günstige Kombination von Eigenschaften, die sie jüngst zu einem weltweit begehrten Versuchsobjekt der experimentellen Weltraumforschung, aber auch der Molekularbiologie und Gentechnologie machte. Entscheidend für diese Karriere war, daß ihre Zellkerne den wie z. Zt. bekannt geringsten Gehalt an Erbsubstanz (DNS) unter den höheren Pflanzen und dies auch noch in einfachster molekularer Zusammensetzung besitzen. Das erleichtert die experimentelle Genübertragung wesentlich, ebenso wie die Auslösung und Ortung von Genmutationen. Hinzu kommt, daß *Arabidopsis*-Pflanzen nur etwa 25 cm groß werden und sehr leicht im Labor wie Mikroben auf synthetischen Nährböden zu handhaben sind. Ihr Lebenszyklus beträgt nur einen Monat, d. h. 10 Generationen/Jahr sind in Kultur zu erzielen, und eine Pflanze kann bis zu mehrere 10 000 äußerst widerstandsfähige Samen produzieren, von denen jeder extrem



a

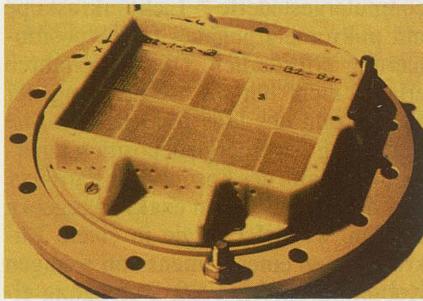


2

c



b



d

Abbildung 1: Der im April 1984 mit dem Raumschiff STS 41C in den Weltraum transportierte LDEF-Satellit mit den auf seiner Oberfläche montierten Experimentiereinrichtungen, darunter 12 BIOSTACK-Einheiten im quadratischen Feld oben rechts. Seine Rückführung ist im Juli 1989 geplant. Dann kann die Auswertung des bisher längsten biologischen Weltraumexperiments u. a. mit Arabidopsis-Samen beginnen.

Abbildung 2: SL-1 BIOSTACK-Behälter Typ B2, a: Schematischer Aufbau eines BIOSTACK-Pakets, bestehend aus abwechselnden Schichten von Detektoren und den dazwischen befestigten Arabidopsis-Samen. Die Spur eines Schwerions kann durch mehrere Schichten genau verfolgt werden (s. Schemazeichnung); b: Gesamteinheit mit Leuchtdioden zur Stabilisierung des AgCl-Detektors mit Gelblicht; c: Aufsicht auf einen aus Plastikfolie (Cellulosenitrat CNK) bestehenden Schwerionendetektor mit dichtaufgebrachten Arabidopsis-Samen. d: Oberste Paketschicht mit 10 Detektorchips und den aufgeklebten Arabidopsis-Samen;

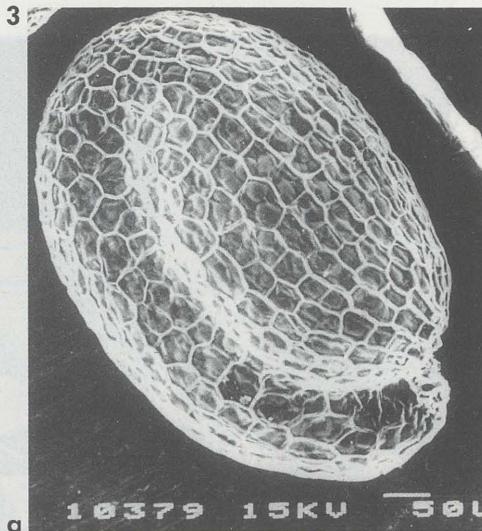
Abbildung 3: Der trockene Arabidopsis-Samen (a) und der in ihm eingeschlossene Embryo (b), die in den Weltraumexperimenten der kosmischen Strahlung und Schwerelosigkeit ausgesetzt werden.

klein ist (Durchmesser < 0,5 mm, tausend Körner wiegen nur 20 mg!).

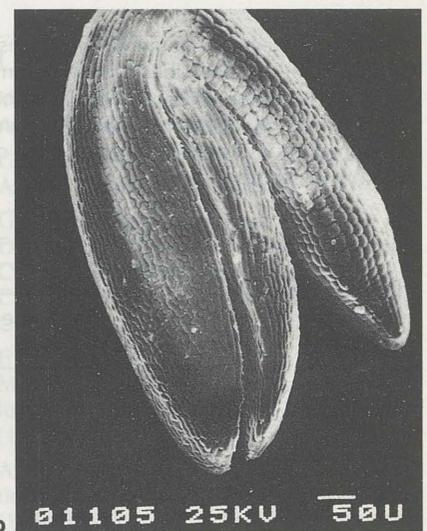
Die letztgenannten Eigenschaften waren schon vor über 40 Jahren in Frankfurt bekannt und veranlaßten F. LAIBACH, B. RAJEWSKI und ihre Mitarbeiterin E. REINHOLZ am Botanischen Institut der Universität bzw. Max-Planck-Institut für Biophysik, die damals ersten Genmutanten bei einer Wildpflanze mit Röntgenstrahlen herzustellen, womit sie die Grundlage für die heute mit dem Para-

deobjekt der Genetik, der Taufliege *Drosophila*, vergleichbare Genkerke schufen. Danach erwies sich der trockene Samen von *Arabidopsis* wegen seiner relativ hohen Resistenz (Letaldosis bei 40 000 rd = 400 Gray) auch gegen andere dünnionisierende Strahlen wie Alpha- und Neutronen-Teilchen als das geeignete Objekt um lebensfähige genetische Veränderungen für die biochemisch-physiologische Grundlagenforschung zu erzeugen. Inzwischen hat sich *Arabidopsis* in umfangreichen amerikanischen Reihenuntersuchungen auch als rationell einsetzbares Testobjekt zur Erfassung von karzinogenen Substanzen und anderen Giftstoffen der Umwelt bewährt.

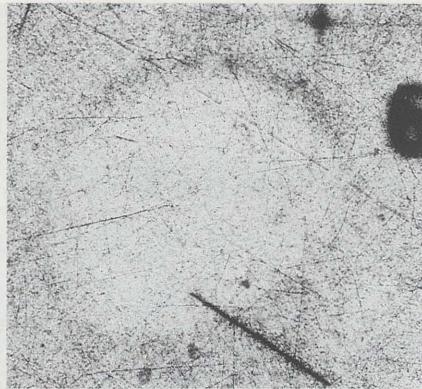
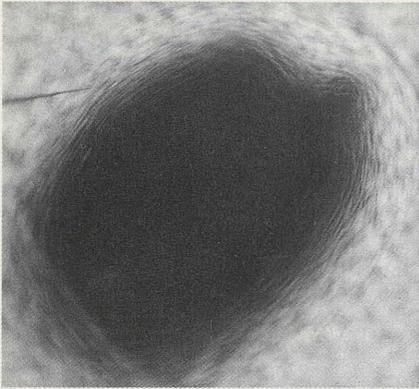
Bei Beginn der ersten Weltraumexperimente vor rund 20 Jahren war klar, daß *Arabidopsis* die besten Voraussetzungen besaß, ein erfolgreicher „Ersatz-Astronaut“ zur Erkundung biologischer Strebfaktoren zu werden. Es ist das Verdienst von H. BÜCKER, mit seiner Arbeitsgruppe „Biophysikalische Raumforschung“ an der Universität Frankfurt, zusammen mit Bakteriensporen und Arthropodeneiern erstmals Samen dieser Pflanze in seinen BIOSTACK-Experimenten bei den Raumflügen von Apollo und Apollo-Sojus zur Erforschung der biologischen Wirkung von kosmischen Schwerionenstrahlen eingesetzt zu haben. Unter Beteiligung weiterer Arbeitsgruppen der Universität Frankfurt hat *Arabidopsis* inzwischen an vielen amerikanischen und russischen Raumflugmissionen teilgenommen (s. Abb. 1). Hierbei bewährte sich die Versuchseinrichtung des BIOSTACKS (s. Abb. 2) in jeweils verbesser-



a



b



4

Abbildung 4:
Samenschatten mit einer flachen Schwerionenspür im Plastikdetektor CNK (links) und Negativfoto des Emulsionsdetektors K5 (rechts) mit einer steilen Schwerionenspür und zahlreichen feinen Protonenspüren im Samenschatten (Experiment SL 1 auf STS-9).

ten Versionen, mit denen sowohl Art und Intensität der kosmischen Schwerionenstrahlen in verschiedenen Kernspurdetektoren erfaßt wurden als auch die Abstände der Ionenspuren und Treffer in den biologischen Objekten nach der Rückführung aus dem Weltraum auf ein Tausendstel Millimeter genau vermessen wurden. *Abbildung 3* zeigt rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen des Samens und des aus ihm frei präparierten Embryos, *Abbildung 4* kosmische Kernspuren in verschiedenen BIOSTACK-Dektoren.

Die dabei eingesetzte mikrodosimetrische Meßtechnik wurde von E. SCHOPPER, der schon vor etwa 50 Jahren bei Ballonflügen in die Hochstratosphäre in Filmemulsionen kosmische Schwerionenspuren und von ihnen ausgelöste Atomzerfallssterne nachgewiesen hatte, mit seinen Schülern und Mitarbeitern am Institut für Kernphysik der Universität Frankfurt entwickelt (s. *Abb. 5*). Hierfür waren besonders leistungsfähige, schwerionenempfindliche Kernspurdetektoren, u. a. aus extrem dünn-

tigen Silberchlorid-Einkristallen sowie computergesteuerte Lichtmikroskope mit mikrometeregenauer Objektpositionierung erforderlich. Dieses Verfahren erlaubt nicht nur die Bestimmung der Massenzahl des Ions sondern auch die Verteilung der Energiedeposition innerhalb der Bahn des kosmischen Partikels. Auf diese Weise kann exakt angegeben werden, wieviel Energie in einem Mikrovolumen eines Samens von wenigen Kubikmikrometer beim Durchgang eines Schwerions abgegeben werden, eine wesentliche Voraussetzung um Art und Ausmaß eines möglichen Schadens biophysikalisch eindeutig zu definieren.

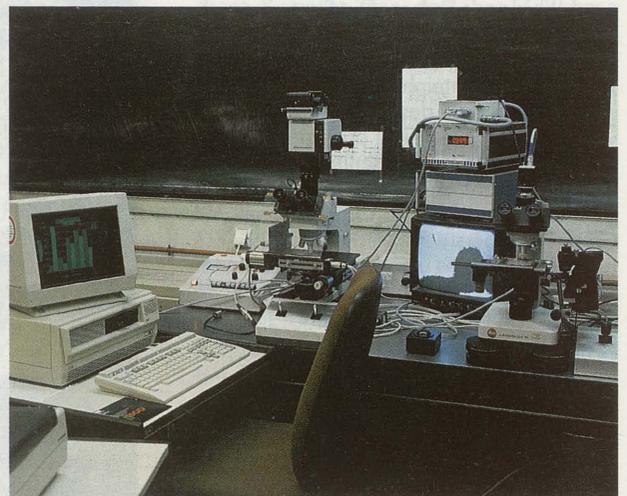
Welche Ergebnisse wurden mit Arabidopsis bislang erzielt? Nachdem eine erhöhte Letalität von Bakteriensporen und Salzkrebseiern schon bei den Apollomissionen beobachtet wurde, gelang mit dem ersten Flug des deutschen Raumlabor SL 1 auf dem Transporter STS-9 durch unsere Beteiligung eine differenzierte Auswertung der zehn Tage lang in den Weltraum gebrachten Arabidopsis-Samen. Zunächst konnte

Abbildung 5:
Auswertungsgeräte zur Vermessung kosmischer Schwerionenspuren und der von ihnen ± getroffenen Arabidopsis-Samen bestehend aus (von rechts nach links): 2 Mikroskope mit Videokamera und Bildschirm, darauf 2 Samen und eine Kernspur abgebildet, Steuerpult und Computer mit Meßdatengrafik.

Abbildung 6:
Normaler (a) und extrem tumoriger Keimling (b) aus dem Weltraumexperiment auf Spacelab 1 sowie normal und agravitrop, d. h. fehlgerichtet wachsende Keimlinge (c) aus dem Weltraumexperiment auf Biokosmos 1887.

Tabelle 1: Allgemeine Auswirkungen eines zehntägigen Raumflugs (SL 1-Mission 1983) auf das Überleben (%) von im Ruhezustand exponierten Arabidopsis-Samen. Während die Wildform die Belastungen des Weltraums relativ gut übersteht, ist die weniger vitale Mutante in ihrer Keimfähigkeit und dem Überleben nach der Samenkeimung (Subletalität) stark geschädigt.

BIOSTACK-Exposition	rel. Keimfähigkeit		rel. Subletalität	
	Wildtyp En-2	Mutante ch ₂	Wildtyp En-2	Mutante ch ₂
Raumlabor	91,4	74,9	2,8	8,7
Ladebühne	91,5	69,1	0,0	54,1
Erdboden	95,5	78,0	0,0	0,0



5

durch die Montage von BIOSTACK-Einheiten an verschiedenen Stellen des Raumschiffes, nämlich innerhalb des Labors und außerhalb auf der geöffneten Ladebühne, gezeigt werden, daß ein geringer Teil der kosmischen Partikelstrahlung, vor allem die weniger stark beschleunigten Schwerionen, durch die Außenwand des Spacelab abgeschirmt wird und folglich die im Labor des Raumschiffes deponierten Samen weniger geschädigt wurden (s. Tabelle 1).

Zur Absicherung dieses ersten Ergebnisses mußte zunächst geprüft werden, ob auch die Randbedingungen des Experiments (Verpackung des Samens im vakuumdicht verschlossenen BIOSTACK, Einfluß der Detektoren und des Baumaterials aus Kunststoffen) keinen Einfluß auf die Vitalität des Samens nehmen. Wenn auch die Vergleichsproben, die auf der Erde verblieben, sonst aber in identischen BIOSTACK-Behältern verpackt waren, keinen wesentlichen Schaden zeigten, wurden die Sporen eines Schlauchpilzes (*Sordaria fimicola*) schon durch die Verpackung allein geschädigt. Dieses Objekt ist also für BIOSTACK-Experimente in dem benutzten Konstruktions-typ ungeeignet.

Unser Hauptinteresse galt nun der mikrodosimetrischen Auswertung der einzelnen Schwerionenspuren und ihrer räumlichen Zuordnung zu den strahlenempfindlichen Teilen des Samens, d. h. den Bildungsgeweben des in ihm eingeschlossenen Embryos. Dabei fiel auf, daß auch dann Schäden wie Keimungs-unfähigkeit und Wachstumsstörungen vorkamen (s. Abb. 6), wenn der Abstand von der Flugbahn eines schweren Teil-

Getroffenes Gewebe	Art des Schadens	Häufigkeit des Schadens (%)	
		Spurabstand <120 µm	Spurabstand >1000 µm
Sproßmeristem (~2-3 Zellen)	Letalität Sa.	90,0	60,0
	Wuchsanomalie	10,0	25,0
		100,0	85,0
Wurzelmeristem (~8-12 Zellen)	Letalität Sa.	63,6	33,3
	Wuchsanomalie	18,2	20,0
		81,8	53,3

Tabelle 2: Der Schadenseffekt einzelner kosmischer Schwerionen durch Treffer in den beiden Bildungsgeweben des im Arabidopsis-Samen eingeschlossenen Embryos nach zehntägigem Raumflug des Spacelab 1 (Nov./Dez. 1983). In dem Trefferbereich des Sproßmeristems reicht ein Wirkungsabstand des Schwerions von weniger als 120 Mikrometer aus, um alle untersuchten Embryonen zu schädigen. Beim Wurzelmeristem werden insgesamt nur 81,8 Prozent geschädigt, weil mehr Zellen vorhanden sind, die den Schaden ausgleichen können. Werden die Bildungsgewebe des Samens vom kosmischen Schwerion nicht getroffen (Spurabstand > 1000 µm), so sind immer noch bedeutend mehr Embryonen (85,0 bzw. 53,3%) geschädigt als bei den im BIOSTACK verpackten Samen (37,0%) und den frei gelagerten Bodenkontrollproben (0,5%).

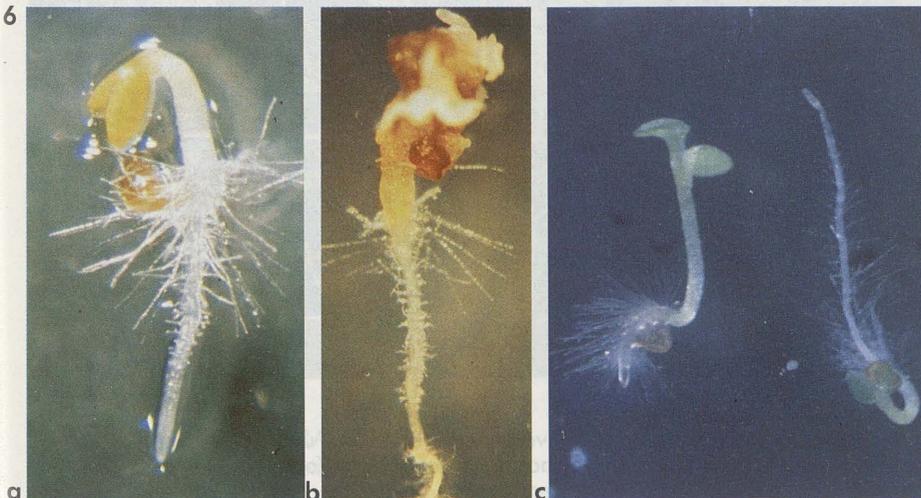
chens mehrere Hundert Mikrometer betrug. Offensichtlich war aber der Schaden größer, wenn der Schwerionentreffer nicht weiter als 120 Mikrometer entfernt vom Wurzel- oder Sproßmeristem des Embryos lag (s. Tabelle 2). Befand sich der Trefferbereich innerhalb der 2 bis 3 Bildungszellen des Sprosses, so war der Schaden total, d. h. keiner überlebte. Das war deutlich mehr als im Fall des Wurzelmeristems, das aber auch vier- bis fünfmal soviel Zellen und dadurch mehr Regenerationschancen besitzt.

Wie aber läßt sich der zwar um 25 bis 30 Prozent geringere, jedoch immer noch

erhebliche Schaden bei den von Schwerionen sicher nicht getroffenen Samen erklären? Hier bleibt zunächst nur die Vermutung, daß andere Komponenten des Weltraummilieus ebenfalls Schäden dieser Art hervorrufen. Dies ist umso wahrscheinlicher, als hochbeschleunigte Protonenschauer, die vor allem von der z. Zt. zunehmenden Sonnenaktivität ausgehen, in den Filmemulsionen, die gleichzeitig im BIOSTACK untergebracht waren, aufgezeichnet wurden (s. Abb. 4). Außerdem kann der negative Einfluß der Mikrogravitation nicht ausgeschlossen werden, was nachfolgende Raumflugexperimente auch in der Sowjetunion bestätigen.

Literatur

- V. I. Ivanov: Radiobiologiya e Genetika Arabidopsisa. - Nauka (1974).
 G. P. Redei: Arabidopsis as a Genetic Tool. - Annual Review of Genetics 9, 111 (1975).
 G. P. Redei et al.: Mutation Induction and Detection in Arabidopsis. - In: Mutation, Cancer and Malformation (Editors E. H. Y. Chu and W. M. Generoso) Plenum Press Corporation (1984).
 E. M. Meyerowitz et al.: Arabidopsis a Model System for Plant Molecular Biology. - Biotechnology (New York) 5, 1177 (1987).
 A. R. Kranz (Hrsg.): Arabidopsis Information Service; Frankfurt am Main, 25 Bde. (1964-1988).



Die Ergebnisse unserer strahlenbiologischen Versuche im Weltraum, die Zunahme bestimmter Schadenskriterien bei Arabidopsis-Keimlingen, werden durch Resultate ergänzt, die an Beschleunigern u. a. in Darmstadt (UNILAC) und in Berkeley, Kalifornien (BEVALAC) mit definierten Schwerionen im Energiebereich von 20 bzw. 800 MeV/nucleon erzielt wurden. Frühe Schäden wie Letalität und Tumorisierung des Sproßmeristems sowie späte Veränderungen, z. B. chromosomal bedingte Störungen bei den Reifeteilungen (Pollen- bzw. Eizellenbildung) und sogar Genmutationen (s. Abb. 8), hängen offensichtlich von der Kernladung des Schwerions (Z , Anzahl Protonen/ n), der linearen Energieübertragung (LET, MeV/cm² x g) und der Ionenflußdichte (p/cm²) ab. Abbildung 7 zeigt, daß außerdem die Tumorisierung der Embryonen von Arabidopsis mit der Calciumionenflußdichte $1,5 \times 10^8$ p/cm² exponentiell ansteigt, was einer Trefferanzahl von 10 je Zellkern im Sproßmeristem entspricht. Hieraus kann man einen Wirkungsquerschnitt der Ca-Ionen für die Tumorinduktion von etwa $0,2 \mu\text{m}^2$ berechnen. Werte dieser Größenordnung wurden auch für andere Schadenskriterien und Schwerionen gleicher Ladung (Z) und Beschleunigung (MeV/u) erhalten.

Diese Ergebnisse zeigen, daß Schwerionen eine von ihren physikalischen Eigenschaften abhängige, räumlich begrenzte Wirkung in Zellen besitzen, wenn auch bislang hinsichtlich ihrer Wechselwirkung mit der atomar und molekular komplex aufgebauten Biomaterie noch keine schlüssige Theorie erarbeitet wurde, welche die Kausalkette der biophysikalischen Prozesse erklärt. Die genetische Interpretation dieser Früh- und Spätschäden macht es wahrscheinlich, daß in der Erbsubstanz DNS Strangbrüche erzeugt werden, die bei der Entwicklung des Pflanzenkeimlings zu Letalität (Doppelstrangbruch) führen oder zur lebensfähigen Genmutation (Einzelstrangbruch-Reparatur mit veränderter Genkodierung) stabilisiert werden.

Kehren wir zu dem Weltraummilieu zurück, das ja im Gegensatz zu den Bedingungen eines Beschleunigerexperimentes durch die gleichzeitige Wirkung von in Beschleunigung und Ladung unterschiedlichen Schwerionen und der Mikrogravitation charakterisiert ist.

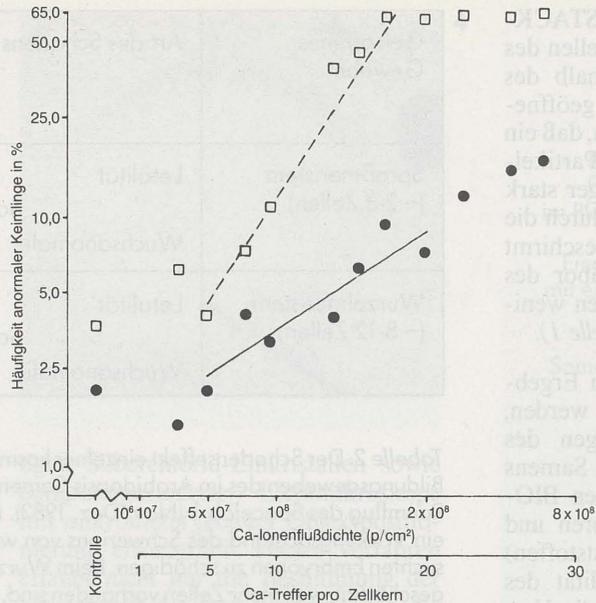


Abbildung 7: Die Wirkung von Calcium-Schwerionen, am UNILAC (Darmstadt) beschleunigt auf 15 MeV/u, auf die Tumorisierung (●—●) und den Agravitropismus (□—□) der Arabidopsis-Keimlinge. Der biologische Schaden nimmt im Bereich von 5×10^7 bis 2×10^8 Ionenpartikeln pro cm² zu und damit auch die Trefferhäufigkeit des Zellkerns in den Bildungsgewebe des Embryos.

Hier drängt sich die Frage auf, gibt es Wechselwirkungen zwischen diesen Faktoren, die den biologischen Schaden verringern (Antagonismus) oder vergrößern (Synergismus). Erste Hinweise auf eine Verstärkung des Strahlenschadens durch die Schwerelosigkeit wurden beim D1-Raumflug eines Experiments einer Arbeitsgruppe der Universität Marburg mit Stabheuschrecken (*Carausius morosus*) erzielt. Hier waren die Wachstumsschäden der von Schwerionen getroffenen Embryonen deutlich geringer, wenn sie während des Raumfluges

auf einer Kleincentrifuge gehalten wurden, die die fehlende Schwerkraft genau ersetzte. Bei der Auswertung unserer Schwerionenversuche mit Arabidopsis fiel auf, daß die von der Schwerkraft beeinflusste Wachstumsrichtung der Keimwurzeln und -sprosse bei den von Schwerionen getroffenen Pflanzen gestört ist (s. Abb. 6). Dieser Befund hat uns veranlaßt, ein Raumflugexperiment für die geplante D2-Mission vorzubereiten, in dem speziell die Wechselwirkung kosmischer Schwerionen und der Mikrogravitation in Arabidopsis-Keimlingen



Abbildung 8: Genmutanten-Linien mit veränderter Blattfarbe und -form, entstanden durch kosmische Strahlen während des Spacelab 1-Raumfluges (oben) bzw. durch Krypton-Schwerionen des UNILAC-Beschleunigers (unten).

gen verschiedener Wachstumsstadien geprüft werden soll.

Stellen wir uns zum Schluß die wegen der hohen Kosten der Weltraumexperimente berechnete Frage nach der Bedeutung unserer Untersuchungen für die biophysikalische Grundlagenforschung und nach ihren Auswirkungen in verschiedenen Bereichen der Technologie. Sicher liefern die bereits erzielten Ergebnisse erste Orientierungsmöglichkeiten wie Schwerionen im Organismus überhaupt und im Weltraum speziell wirken und welche Grenzen dem Leben durch sie im Weltraum gesetzt sind. Die anfangs angesprochene generelle Frage nach der Existenz und Evolution von Organismen im Weltall außerhalb unseres Planeten kann damit in einem Teilaspekt beantwortet werden: Ein Daueranenthalt von lebenden Zellen würde zur Zerstörung ihrer Erbsubstanz durch die Kleinstgeschosse der kosmischen Partikelstrahlung führen, es sei denn intrazelluläre Schutzstoffe und molekulare Reparaturprozesse würden, wie bei der UV- und Röntgenstrahlung bekannt, die Schäden ausbessern. Diese Einschränkung und viele heute noch offene Fragen zeigen, daß mit der Schwerionenforschung an Beschleunigern und im Weltraum grundlegende Erkenntnisse der Strahlenbiologie gewonnen werden. Sind diese Erkenntnisse auch anwendbar? Schon heute gibt es zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten von Schwerionen z. B. zur Herstellung leistungsfähiger Materialien (Entspiegelung von Gläsern, Herstellung von beständigen Isolatoren und porenhomogenen Mikrofiltern); zum Einsatz in der medizinischen Radiotherapie (selektive Zerstörung von Kleinsttumoren in tiefliegenden, nicht regenerierbaren Geweben). Nicht zu vergessen ist die Verwendung der nur im biologischen Weltraumexperiment zu gewinnenden Daten zur Definition vertretbarer Belastungsgrenzwerte für den Aufenthalt des Menschen im Weltraum. Hierbei werden nicht nur die regenerierbare, vorwiegend durch die Schwerelosigkeit bedingte Raumkrankheit, sondern auch die irreparablen kosmischen Strahlenschäden zu berücksichtigen sein.

Unsere Experimente werden durch den Bundesminister für Forschung und Technologie finanziell gefördert.

Prof. Dr. Albert R. KRANZ

Arbeitskreis Pflanzengenetik, Botanisches Institut, Fachbereich Biologie

kurz berichtet

Modulare Sprachsignalanalyse mit dem PC

Entwicklung neuer Untersuchungsmethoden in der Phonetik

Gegenstand der Phonetik ist die lautliche Seite der sprachlichen Kommunikation in allen ihren Aspekten, d. h. die Produktion, die Übertragung und die Aufnahme von Sprachschall einschließlich psychologischer und soziologischer Voraussetzungen innerhalb der Kommunikationssituation zwischen Sprecher und Hörer. Zur Erfassung der lautlichen Phänomene sprachlicher Kommunikation – sei es nun im artikulatorischen, akustischen oder auditiven Bereich – verwendet die Phonetik zwar auch beschreibende Methoden, greift aber vor allem unter Anwendung des wissenschaftlichen Experiments steuernd in Kommunikationsabläufe ein, wobei in umfangreichem Maße apparative Registrier- und Analyseverfahren angewendet werden. Das klassische mechanische Instrumentarium hat sich seit den späten vierziger Jahren zu einem elektronischen 'Gerätepark' gewandelt; in der Gegenwart fällt dem Computer eine wesentliche Bedeutung zu: Bei Analyse und Synthese des Sprachschallsignals ist man in immer stärkerem Maße auf digitale Be- und Verarbeitungsprozesse angewiesen.

Seit 1986 wird an der Entwicklung eines Analysesystems auf PC-Basis gearbeitet, das in seiner ersten Ausbaustufe die weitgehend veralteten analogen Apparaturen (Speicheroszillogoskop, Sonagraph, Grundfrequenz- und Intensitätsanalysatoren usw.) ersetzen soll. Weiterhin sollen die Vorteile des digitalen Verfahrens genutzt werden, um neue Analyse- und Experimentaltechniken zu realisieren. (Hierbei kann auch auf ein Repertoire von algorithmisch formulierten Analyseverfahren zurückgegriffen werden, die bei Untersuchungen zur automatischen Spracherkennung weltweit entstanden sind.)

Zu den Hauptmerkmalen des hier entwickelten Systems zählt vor allem die Variabilität, die durch seinen modularen Aufbau gegeben ist; die einzelnen Analyseverfahren wurden als separate 'Bausteine' (Programm-Module) entwickelt, die bei Bedarf in kurzer Zeit modifiziert oder ausgetauscht werden können. Ferner besteht die Möglichkeit, einzelne Module miteinander zu verketten, um komplexere Untersuchungen oder Experimente auszuführen (s. Abb. 1). Als weiterer Entwicklungsschritt wird an eine Automatisierung größerer Untersuchungsreihen gedacht.

Ein Vorteil des digitalen Analysesystems ist auch die Ausgabe exakter numerischer Daten, die innerhalb des Rechners sofort statistisch aufbereitet werden

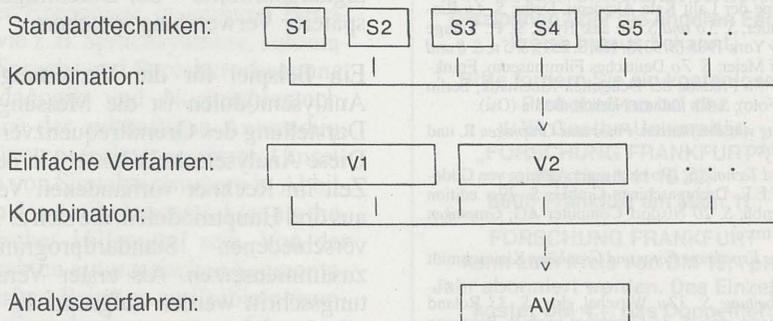


Abbildung 1: Der Aufbau signalphonetischer Untersuchungsverfahren innerhalb des modularen Systems zur Sprachsignalanalyse funktioniert nach dem 'Baukastenprinzip'; die Basismodule repräsentieren Standardtechniken wie z. B. Signaleingabe und -ausgabe, Parametergewinnung, Statistik und Graphik. Durch Kombinationen dieser Module können einfache Verfahren der Signalanalyse und -darstellung realisiert werden, die wiederum als 'Bausteine' für komplexere phonetische Analyseverfahren dienen.

Forschung Frankfurt

Wissenschaftsmagazin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität

Impressum

Herausgeber

Der Präsident der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main.

Redaktion und Gestaltung

Dr. Nicoletta Adams, Referat für Wissenschaftsberichterstattung, Senckenberganlage 31, Postfach 11 19 32, 6000 Frankfurt am Main, Tel. (0 69) 798-32 66 und -34 22.

Vertrieb

Barbara Nollau, Senckenberganlage 31, Raum 1067 und 1051, Postfach 11 19 32, 6000 Frankfurt am Main, Tel. (0 69) 798-3422 und 3266. Geschäftszeit: Mo. - Fr. 9 - 12 Uhr.

Bezugsbedingungen

FORSCHUNG FRANKFURT kann gegen eine jährliche Gebühr von DM 15,- abonniert werden (s. auch beiliegende Bestellkarte). Das Einzelheft kostet DM 4,- (Doppel-Nr. DM 6,-) bei Versand zzgl. Porto. Einzelverkauf u. a. in Buch- und Zeitschriftenhandlungen in Uni-Nähe und beim Vertrieb.

Für Mitglieder der Vereinigung von Freunden und Förderern der J. W. Goethe-Universität Frankfurt am Main e.V. sind die Abonnementgebühren für FORSCHUNG FRANKFURT im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Hinweis für Bezieher von FORSCHUNG FRANKFURT (gemäß Hess. Datenschutzgesetz):

Für Vertrieb und Abonnementverwaltung von FORSCHUNG FRANKFURT werden die erforderlichen Daten der Bezieher in einer automatisierten Datei gespeichert, die folgende Angaben enthält: Name, Vorname, Anschrift, Bezugszeitraum und - bei Teilnahme am Abbuchungsverfahren - die Bankverbindung. Die Daten werden nach Beendigung des Bezugs gelöscht.

Anzeigenverwaltung

Dr. Nicoletta Adams und Barbara Nollau (s. o.).

Herstellung

Satz: Herbert Back, 6230 Frankfurt am Main 80.
Druck: Blümlein, 6000 Frankfurt am Main 1.

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

6. Jahrgang

ISSN 0175-0992

Abbildungen (l = links, r = rechts, o = oben, u = unten)

Indische Kultur: S. 2 und S. 4 o aus: MarG - A Magazine of the Arts; V. XXXI, Nr. 2, March 1978 (S. 71 u. 104); S. 3 Kunstmappe der Lalit Kala Akademi, Delhi; S. 4 u Riemenschneider; S. 5 o und S. 9 u aus: Hylar, St. P.: Village India; New York 1985 (S. 33, S. 116, S. 251); S. 5 u, S. 8 und S. 10 Willi Meier; S. 7 o Deutsches Filmmuseum, Frankfurt/M.; S. 7 u Freunde der Deutschen Kinematik, Berlin (Kranich Foto); S. 9 o Günter Nerlich, Berlin (Ost).

Orientierung von Brieftauben: Fotos und Graphiken R. und W. Wiltshcko.

Mensch und Technik: S. 19 o nach einer Anzeige von Gilde-meister N.E.F. Drehmaschinen-GmbH; S. 19 u edition agrippa gmbh; S. 20 Nixdorf Computer AG; Graphiken Lisop/Adams.

Geologische Expedition: Fotos und Graphiken Kleinschmidt und Braun.

Straßerverarbeitung: S. 32 u Witschel, dpa; S. 33 Roland Schneidemann, dpa; S. 34 Graphiken nach R. Baumann et al. - Zeitschrift f. Klinische Medizin 41 (1986), S. 1127 und 1128.

Biomechanik: S. 42/43 o DVA, Stuttgart (Bild der Wissenschaft 6/87: 142/143); S. 42/43 u und Graphiken S. 44 o, S. 45 und S. 46 Ballreich; S. 44 u lopp, dpa; S. 47 Graphiken Schmidtleicher; S. 48 Jürgen A. Sabarz.

Pflanze im Weltraum: S. 50 NASA, Langley Research Center, Hampton/Virginia; S. 51 u l R. Barckhausen; alle übrigen Fotos und Graphiken Kranz.

kurz berichtet: Graphiken Wodarz und Englert.

kurz berichtet

können. Der modulare Sprachsignal-analysator wurde aber nicht nur zwecks Digitalisierung der 'klassischen' signal-phonetischen Untersuchungsverfahren entwickelt, sondern vor allem um eine möglichst eindeutige Formalisierung und Objektivierung der bis heute üblichen Analyse- und Bewertungsmethoden zu erreichen. Zu den bereits installierten Programmbausteinen zählen hauptsächlich Verfahren der Signaldarstellung und der Parameterextraktion; d. h. digitalisierte Sprachsignale können entweder im Zeitbereich als Schalldruck- oder Energieverlauf unter beliebiger Variation der Zeitskala (s. Abb. 2) oder im Frequenzbereich als Sonogramm bzw. als dreidimensionale Darstellung abgebildet werden.

Ein weiteres Modul ist die graphisch-interaktive Schnitt- und Editiereinheit, die eine Bearbeitung der auf dem Bildschirm dargestellten Sprachsignale mittels Befehlseingabe ermöglicht; sie dient vor allem dazu, Signalteile durch präzise Schnitte (im Millisekundenbereich) herauszuziehen und diese dann weiteren Analyse- und Abbildungsprogrammen zuzuführen, oder sie über Lautsprecher wieder hörbar zu machen. (Arbeiten dieser Art waren bisher nur mittels herkömmlicher Tonbandschnitt- und -montagetechnik möglich, die dem digitalen Verfahren in Variabilität, Präzision und Geschwindigkeit weit unterlegen ist.) Außerdem lassen sich herausgetrennte Signalteile - wie auch größere Signalabschnitte - auf Datenträgern zu späterer Verwendung speichern.

Ein Beispiel für die Verkettung von Analysemodulen ist die Messung und Darstellung des Grundfrequenzverlaufs. Diese Analysetechnik besteht in der zur Zeit im Rechner vorhandenen Version aus drei Hauptmodulen, die sich z. T. aus verschiedenen Standardprogrammen zusammensetzen. Als erster Verarbeitungsschritt werden aufgrund der Amplitudendichte Signal- und Pausenabschnitte getrennt. In der darauffolgenden Stufe wird durch die Bewertung einer Kombination ausgewählter Signalmerkmale eine Unterscheidung in stimmhafte und stimmlose Signalabschnitte automatisch vorgenommen. Bei den auf diese Weise isolierten stimmhaften Seg-

menten werden schließlich die einzelnen Grundfrequenzperioden markiert und ihre Dauer gemessen, so daß sich eine präzise Abbildung des Grundfrequenzverlaufs ergibt. Zusammen mit der parallel gemessenen und abgebildeten Kurzzeitenergie des Signals kann die Gesamtamplitude als Grundlage für Intonationsuntersuchungen herangezogen werden (s. Abb. 3). Die graphisch repräsentierten Signalparameter können durch eine Bildschirmabfrage als numerische Größen dargestellt werden.

Das Kernstück der Grundfrequenzmessung - die Markierung der Periodengrenzen - basiert auf einer Signalstrukturanalyse im Zeitbereich. Zunächst wer-

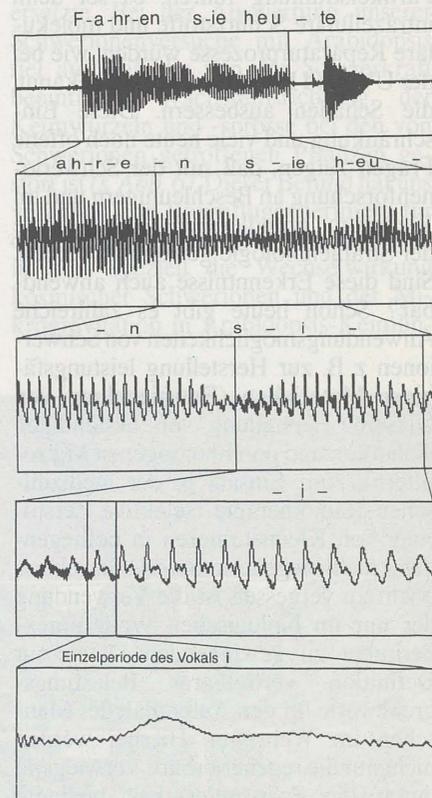


Abbildung 2: Die Abbildung zeigt eine Variation der Zeitskala, d. h. ein stets verkleinerter Zeitabschnitt wird auf die gleiche Abbildungsfläche projiziert. Während im ersten 'Zeitfenster' noch das gesamte Signal (Realisation des Satzes „Fahren sie heute?“) zu sehen ist, wird nach vier Selektionsschritten schließlich nur noch eine einzige Periode des Vokals i abgebildet.

kurz berichtet

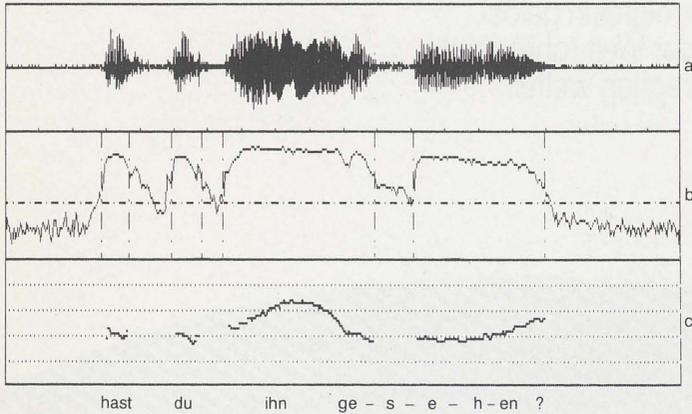


Abbildung 3:
Schalldruck (a),
Energie (b) und
Grundfrequenz
(c) mit Markie-
rung stimmhafter
Signalanteile.
In (b) unterteilen
die senkrecht
gestrichelten Li-
nien stimmhafte
und stimmlose
Signalanteile.

Segment Nr. 4 Dauer: 90 ms

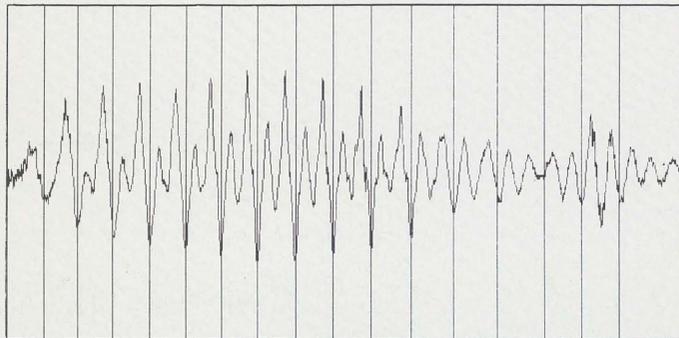


Abbildung 4:
Mikrosegmentie-
rung -
Markierung
einzelner Perio-
den eines
stimmhaften
Signalanteils;
(s. Abb. 3, Seg-
ment Nr. 4 das u
von Hast du.)

den lokale Minima des Schalldruckver-
laufs als potentielle Grenzpunkte ange-
nommen und markiert. Um sodann die
jener Zeitpunkte herauszufinden, die
auch tatsächlich den Periodengrenzen
der Grundfrequenz entsprechen, werden
fehlerhafte Markierungen durch ein
Korrekturverfahren eliminiert oder feh-
lende Markierungen ergänzt. Diese Kor-
rektur wird durch eine Reihe von Prüf-
modulen erreicht, deren Bedingungen
aufgrund empirisch ermittelter Geset-
zmäßigkeiten (z. B. Amplituden- und Pe-
riodendauervariation) formuliert wur-
den. Die am Ausgang des Korrekturver-
fahrens anliegenden Markierungen kön-
nen nicht nur zur Berechnung der
Grundfrequenz herangezogen werden;
sie bilden als eine Art 'Mikrosegmentie-
rung' (s. Abb. 4) gleichzeitig die Aus-
gangsbasis für eine automatische Seg-
mentation stimmhafter Sprachsignalab-
schnitte in phonetisch klassifizierbare
Lautfolgen, die auf dem Wege eines
Ähnlichkeitsvergleichs benachbarter
Einzelperioden verwirklicht werden soll.
Das modulare System zur Sprachsignal-

analyse ist vor allem ein Untersu-
chungswerkzeug der Signalphonetik,
das die Gewinnung umfangreicher
quantifizierter Daten über Merkmale
lautsprachlicher Signale ermöglicht.
Dies führt aber nicht nur zu Fortschrit-
ten in der phonetischen Forschung, son-
dern verbessert auch die Anwendbar-
keit der Ergebnisse in anderen Berei-
chen, wie z. B. Sprachsynthese, automa-
tische Sprach- und Sprechererkennung,
Heilpädagogik und Nachrichtentechnik.
Eine der zukünftigen Anwendungen
könnten rechnergestützte Umset-
zungen von Signalparametern in Abbil-
dungen des Artikulationstraktes als the-
rapeutisches Hilfsmittel sein. Von der
angestrebten automatischen Segmenta-
tion dürften Beiträge zu Problemlösun-
gen in Spracherkennungsverfahren zu
erwarten sein.

Fred ENGLERT, M. A.
Prof. Dr. Hans-Walter WODARZ
*Phonetik, Fachbereich Ost- und Außer-
europäische Sprach- und Kulturwissen-
schaften*

Forschung Frankfurt Abonnement

Wissenschaftsmagazin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt

Forschung Frankfurt



Hochmittelalterliche Herrscherbilder: Problematik
historischer Bildanalyse · Umweltökonomie: Ent-
wicklung und Perspektiven · Umwelterziehung -
Herausforderung für die Zukunft · Wie findet wachsende
Nervenfaser die Zeit? Untersuchungen am
Schystem des Frosches · Integration behinderter
Kinder · Der Schlaf und seine Störungen

4
1987

FORSCHUNG FRANKFURT,
das Wissenschaftsmagazin der
J. W. Goethe-Universität stellt viermal
im Jahr Forschungsaktivitäten der
Frankfurter Universität vor.
Es wendet sich an die wissenschaft-
lich interessierte Öffentlichkeit
und die Mitglieder und Freunde der
Universität innerhalb und
außerhalb des Rhein-Main-Gebietes.
FORSCHUNG FRANKFURT
macht Arbeiten aus allen an der
J. W. Goethe-Universität vertretenen
Disziplinen über die engeren Fach-
kreise hinaus bekannt.

Bitte fordern Sie ein kostenloses
Probeheft an bei der
J. W. Goethe-Universität,
„FORSCHUNG FRANKFURT“,
Postfach 11 19 32,
6000 Frankfurt am Main 11.

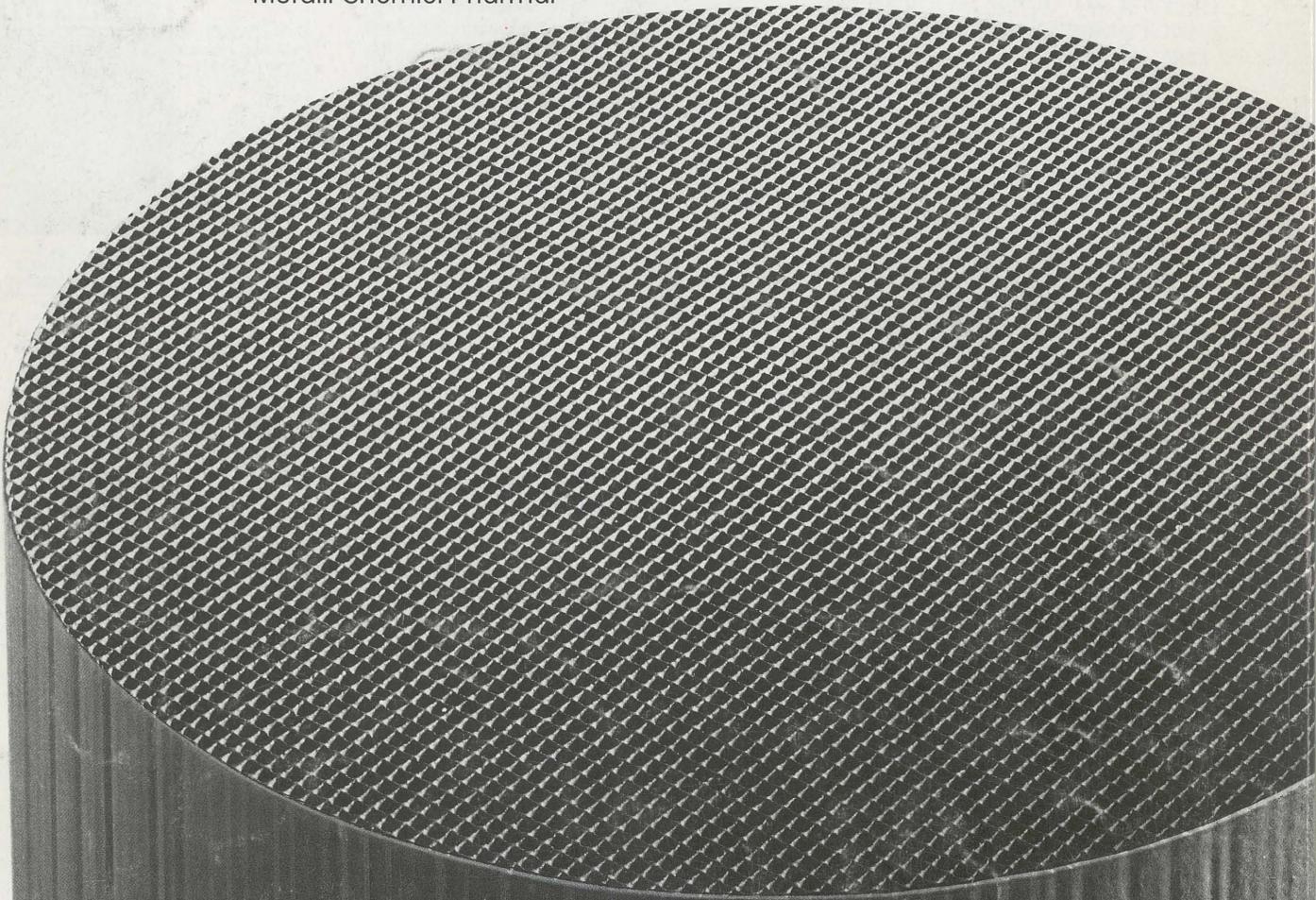
FORSCHUNG FRANKFURT
kann zum Preis von DM 15,- pro
Jahr abonniert werden. Das Einzelheft
kostet DM 4,-, das Doppelheft
DM 6,- und ist u. a. erhältlich
in Buch- und Zeitschriftenhandlungen
in Universitätsnähe und im Haupt-
bahnhof und im Referat für
Wissenschaftsberichterstattung
der Universität,
Senckenberganlage 31,
Raum 1051.

Chemie
für die Umwelt

Degussa-Katalysatoren wandeln
schädliche Autoabgase in
harmlose Stoffe um. Vor 25 Jahren eine Aufgabe für
unsere Forschung. Sie wurde erfolgreich gelöst.
Millionen Autos in vielen Teilen der Welt fahren mit
Degussa-Katalysatoren. Wir forschen weiter.

Degussa 

Degussa, Teil unserer Welt.
Metall. Chemie. Pharma.



Degussa AG
Postfach 11 05 33
6000 Frankfurt 11