

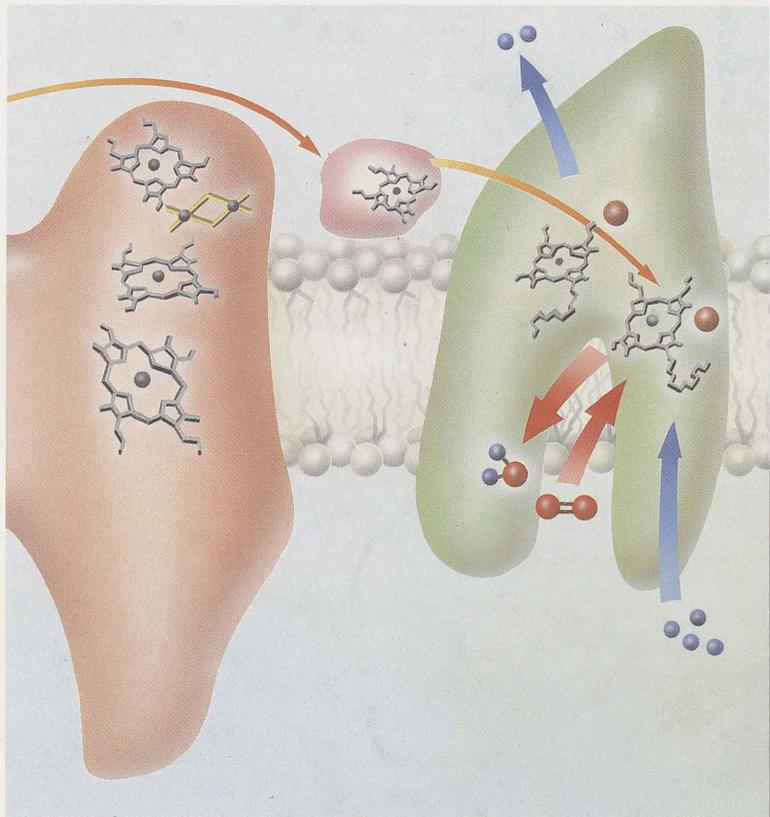
1408

A 355



Wissenschaftsmagazin der  
Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt am Main

# Forschung Frankfurt



3762

Das Nibelungenschicksal und die deutsche Nation  
▶ Ursachen und Entstehung geistiger Behinderung ▶ Sport – Spiel – Spaß ▶ Energiewandlung in der Atmungskette ▶ Peptid-Antibiotika: Wie werden sie in der Zelle hergestellt? ▶ Der Mensch als Maßstab für neue Arbeitsformen

**1**  
1989

Chemie  
für die Umwelt

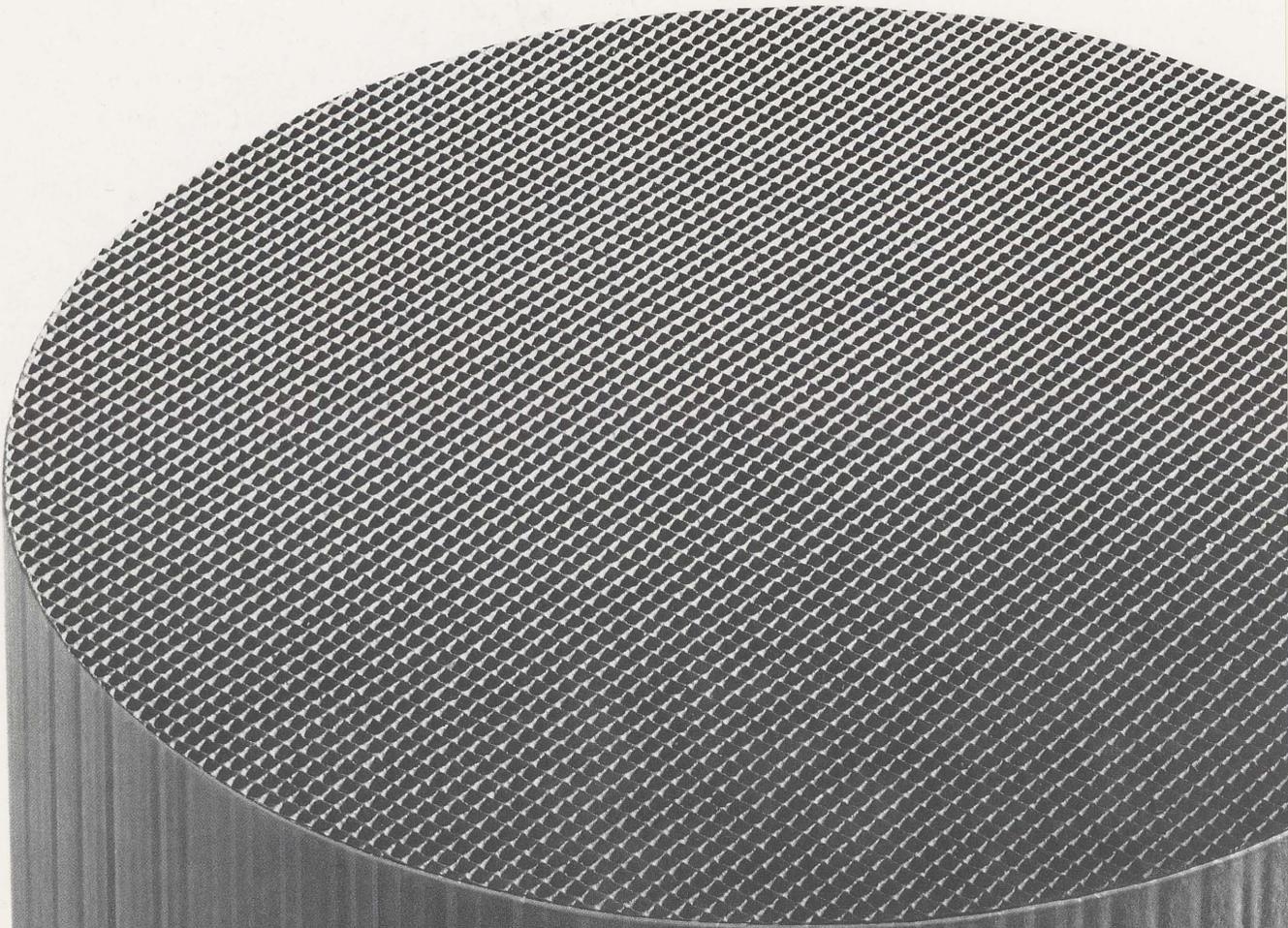
Z59 12120

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** 

Metall. Chemie. Pharma.

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



Degussa AG  
Postfach 110533  
6000 Frankfurt 11

## FORSCHUNG FRANKFURT

präsentiert sich mit einem geänderten Erscheinungsbild, das Vertrautes und Bewährtes aus den Ausgaben der vergangenen vier Jahre mit Neuem verbindet. Der Leser soll sich besser orientieren

können: Jeder Beitrag ist mit einem Stichwort in der Kopfleiste gekennzeichnet.

Anschaulicher werden solche Vorgänge illustriert, die dem menschlichen Auge verborgen bleiben, wie etwa die Atmung in der Zelle (Seite 28). Auch geisteswissenschaftliche Themen bieten vielfältige Möglichkeiten der visuellen Ergänzung, wie der Beitrag über Mythen in der Politik zeigt (ab Seite 4). Im Mittelpunkt wird aber weiter die sprachliche Vermittlung von Forschungsarbeiten der Johann Wolfgang Goethe-Universität stehen, um diese auch interessierten Laien verständlich zu machen. Damit will sich Forschung Frankfurt bewußt von Fachzeitschriften abheben, in denen Experten untereinander kommunizieren. In enger Kooperation mit den Autoren bemüht sich die Redaktion von Forschung



Frankfurt, Texte zu veröffentlichen, die weder knietief in Fachausdrücken waten, noch in dem von Lichtenberg verspotteten Sinn populär sind, nach dem „die Menge in den Stand versetzt wird, von etwas zu sprechen, ohne es zu ver-

stehen“. Der Fachjargon - im Gespräch der Fachwissenschaftler unverzichtbares Instrument für eine eindeutige, präzise Kommunikation - sollte auf ein notwendiges Minimum beschränkt werden. Das gelingt auch den meisten Autoren in Forschung Frankfurt, und einige machen dabei eine verblüffende Erfahrung: Die Vermittlung in eine allgemeinverständliche Sprache erschöpft sich nicht nur in einer bloßen Dolmetscher-Tätigkeit, sie läßt vielmehr Lücken und übergreifende Zusammenhänge entdecken, die in der griffigen Enge der Fachsprache übersehen werden. Damit leistet Forschung Frankfurt einen - wenn auch bescheidenen - Beitrag dazu, daß ein Dialog über die Fachdisziplinen hinaus und zwischen verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen angeregt wird.

A handwritten signature in black ink, which appears to read "K. Ring". The signature is fluid and cursive.

Prof. Dr. Klaus Ring  
Präsident der Johann Wolfgang Goethe-Universität

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

Die zusammen mit der 1914 errichteten Stiftungsuniversität gegründete Universitäts-Vereinigung wurde am 29. November 1918 in das Vereinsregister eingetragen. Ihre erste Satzung nennt deutlich die Gründe, aus denen gerade die Frankfurter Universität schon damals auf die laufende Unterstützung von Freunden und Förderern angewiesen war:

*Die Universität Frankfurt verdankt als Stiftungsuniversität ihre finanzielle Grundlage freiwilligen Stiftungen von Privatpersonen und von Körperschaften öffentlichen und privatrechtlichen Charakters. Um ihre Fortentwicklung auf derselben Grundlage sicherzustellen, haben sich Stifter und Freunde der Universität zu einem Verein zusammengeschlossen.*

Seitdem ist es das Ziel der Vereinigung, die Universität bei der Erfüllung ihrer Aufgaben zu unterstützen, ihr vor allem Mittel für die Errichtung neuer sowie für die Vergrößerung und Unterstützung bestehender Institute und für wissenschaftliche Arbeiten zur Verfügung zu stellen. Die Vereinigung bemüht sich, Finanzierungslücken nach Möglichkeit zu schließen und jene wissenschaftlichen Arbeiten durch Zuschüsse zu fördern, für die sonst nur unzureichende Mittel zur Verfügung stehen. Außerdem sieht die Vereinigung eine wichtige Aufgabe darin, in der Bevölkerung Sinn und Verständnis für wissenschaftliche Forschung und Lehre zu verbreiten und die Universität und die Mitglieder ihres Lehrkörpers in lebendiger Verbindung mit der Bürgerschaft und der Wirtschaft im Frankfurter Raum zu halten, zugleich aber auch mit ihren früheren Studierenden. Die Vereinigung berät Einzelpersonen und Körperschaften, die zugunsten der Universität neue Stiftungen zu errichten wünschen, und übernimmt die Verwaltung solcher Stiftungen.

Dank der Hilfsbereitschaft ihrer Mitglieder und Förderer hat die Vereinigung seit dem Jahre 1952 – als sie ihre durch den Krieg unterbrochene Tätigkeit wieder aufgenommen hatte – für die Universität und ihre Fachbereiche sowie zur Dotierung von Geldpreisen insgesamt über 10 Mio DM zur Verfügung stellen und dorthin leiten können, wo sie den größten Nutzen brachten. Immer wieder hat sich gezeigt, daß die Vereinigung mit Beträgen, die – am Gesamtbedarf der Universität gemessen – relativ klein erscheinen mögen, Engpässe in den verschiedenen Bereichen beseitigen und damit große Wirkungen erzielen konnte.

Mitglied der Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e. V. können sowohl Einzelpersonen als auch Firmen und Körperschaften werden. Einzelmitglieder zahlen mindestens DM 50,— (Studenten der Universität DM 10,—), Firmen und Körperschaften mindestens DM 250,— als Jahresbeitrag. Sonderzuwendungen sind herzlich willkommen.

Die Bestrebungen der Vereinigung sind im Sinne der geltenden steuerlichen Bestimmungen als gemeinnützig anerkannt. Die Geschäftsstelle erteilt für jede Beitragszahlung oder Spende eine zum Steuerabzug berechnete Quittung. Dabei werden zweckgebundene Spenden (z. B. für bestimmte Forschungsvorhaben) alsbald auftragsgemäß verwendet.

Jedes Mitglied erhält kostenlos das Wissenschaftsmagazin FORSCHUNG FRANKFURT, den „Uni-Report“ – eine periodisch erscheinende Zeitung der Universität, die auch Mitteilungen der Vereinigung veröffentlicht – sowie den Jahresbericht.

Zu den Veranstaltungen und Studienreisen ergehen besondere Einladungen, ebenso zu der jährlichen Mitgliederversammlung.

Die *Geschäftsstelle* der Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e. V. befindet sich in der Universität, Senckenberganlage 31, 10. Stock, Postfach 11 19 32, 6000 Frankfurt am Main 11, Tel. (069) 798-2234, Frau Hilde Schmidt. *Geschäftsführer*: Klaus-Dieter Geiger, Bockenheimer Landstr. 10, 6000 Frankfurt am Main 1, Tel. (069) 718-2457 oder (069) 798-3931. Konten: Postgirokonto Ffm. 555 00-608 (BLZ 500 100 60) · BHF-BANK 6932 (BLZ 500 202 00) · Metallbank GmbH 2158384 (BLZ 502 204 00).

## Beitrittserklärung

Ich bin/Wir sind bereit, Mitglied der Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e.V. (Postanschrift: Senckenberganlage 31, Postfach 11 19 32, Frankfurt am Main 11) mit Wirkung vom 1. Januar \_\_\_\_\_ zu werden und einen Jahresbeitrag von

\_\_\_\_\_ DM  
zu zahlen.

\_\_\_\_\_  
Name, Vorname bzw. Firma

\_\_\_\_\_  
Beruf

\_\_\_\_\_  
Straße, Nr. bzw. Postfach

\_\_\_\_\_  
PLZ, Ort

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift

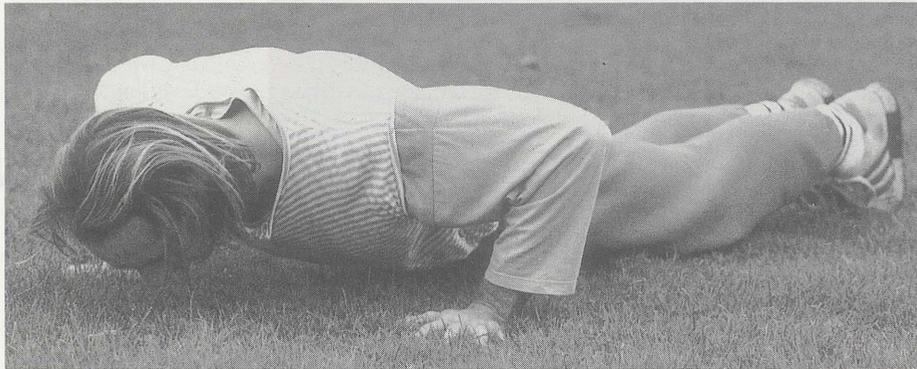
## Abbuchungs-Ermächtigung

Ich bin/Wir sind damit einverstanden, daß der Jahresbeitrag von meinem/unserem Konto

Nr. \_\_\_\_\_ BLZ \_\_\_\_\_ Bankinstitut \_\_\_\_\_ Ort \_\_\_\_\_

vom \_\_\_\_\_ an abgebucht wird.

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



## Seite 4: Politische Mythen

### Das Nibelungenschicksal und die deutsche Nation

Politische Gemeinwesen greifen zum Zweck der Selbstlegitimation und Massenmobilisierung häufig auf Mythen zurück. Welche Funktion solche Mythen in der Politik haben, hat *Herfried Münkler* vom Fachbereich Gesellschaftswissenschaften untersucht. Dabei setzte er sich besonders mit der Bedeutung des Nibelungenmythos für die deutsche Politik im 19. und 20. Jahrhundert auseinander.

## Seite 12: Humangenetik

### Ursachen und Entstehung geistiger Behinderung

Als Ursache geistiger Behinderungen kommen etwa 4000 bis 5000 erbliche Krankheiten in Frage. Heute sind erst 700 bekannt. Am Beispiel der Phenylketonurie, die ohne eine eiweißarme Diät zum Schwachsinn führt, zeigt der Humangenetiker *Ulrich Langenbeck*, wie eng die Erforschung der genetischen Ursachen und des Stoffwechselprozesses mit einer erfolgreichen Therapie zusammenhängen.

## Seite 18: Freizeitsport

### Sport - Spiel - Spaß

Die Motive der Freizeitsportler ändern sich: Nicht mehr die Höchstleistung, ausgedrückt in Zehntelsekunden und Zentimeter, steht an oberster Stelle, sondern Vergnügen und Gesundheitsbewußtsein. Daß sich beides vereinen läßt, haben *Klaus Bös* und *Jürgen Renzland* vom Institut für Sportwissenschaften beobachtet. Sie haben außerdem festgestellt, daß das eine vom anderen abhängt: Sport ist nur dann gesund, wenn er auch Spaß macht - wie zum Beispiel der Freizeitsport.

## Seite 28: Atmungskette

### Energiewandlung in der Atmungskette

Mit der biologischen Atmung und dem damit verbundenen Prozeß der Energiewandlung in der Zelle beschäftigt sich *Gebhard von Jagow*. Dabei geht es um die Verbrennung der Nahrung in der Körperzelle zu Kohlendioxid und Wasser mit der darauf folgenden Bildung der energiereichen Phosphatverbindung ATP. Die Atmungskette befindet sich beim Säuger in der Innenmembran des Mitochondriums, dem Kraftwerk der Zelle.

## Seite 38: Antibiotika

### Peptid-Antibiotika: Wie werden sie in der Zelle hergestellt?

Die Vielzahl bakterieller Krankheitserreger, neu auftretende Resistenzen und Nebenwirkungen von Antibiotika sind der Motor der weltweiten intensiven Suche nach neuen Substanzen. Eine sehr interessante Gruppe umfaßt die aus Aminosäureketten bestehenden Lantibiotika. Um die Aufklärung der Biosynthese von Lantibiotika bemühen sich Mikrobiologen in der Arbeitsgruppe um *Karl-Dieter Entian*.

## Seite 46: Humanere Arbeitswelt

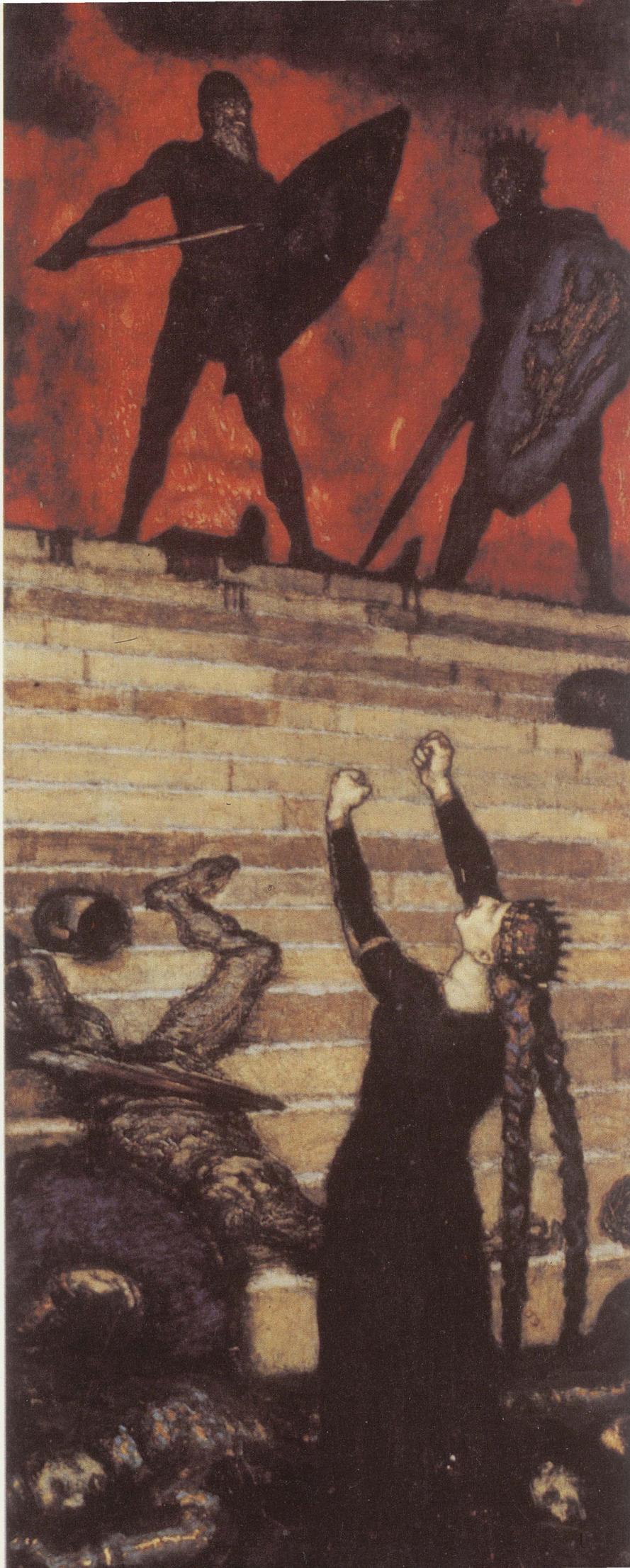
### Der Mensch als Maßstab für neue Arbeitsformen

Auf unbefriedigende Arbeitsbedingungen reagieren Arbeitnehmer mit Leistungsabbau und zurückgehender Motivation. Eine Arbeitsgestaltung, die sich an den Bedürfnissen der Menschen orientiert, kann den Unternehmen auch wirtschaftliche Vorteile bringen. Eine Untersuchung über verschiedene Formen der humaneren Arbeitsgestaltung und über die Einstellung von Betriebsräten und Arbeitgebern dazu, erstellten *Hartmut Kreikebaum* und *Klaus-Jürgen Herbert*.

## Seite 53: Register

Zusammenstellung aller Themen, die bisher in FORSCHUNG FRANKFURT behandelt wurden.

## Seite 56: Impressum



# und Förderern

Main e.V.

Im Jahr 1918 wurde die...  
 ...

... und ...  
 ...

... Mittel für die  
 ...

... die Vereinigung  
 ...

... der Wirtschaft in Frankfurt  
 ...

... durch den...  
 ...

... und die...  
 ...

... im Jahr 19...  
 ...

**Der Nibelungen Not:**  
 Im Bild von Franz von Stuck (um 1920 entstanden) sieht Kriemhild nach, ob bei den Kämpfen am Hofe König Etzels noch einer der Krieger aus Burgund am Leben sei. Den Abwehrkampf der Nibelungen stellt der Maler als mythisches Symbol von Entschlossenheit, Mut, Kampfes- und Durchhaltewillendar. Der mit gespreizten Beinen dastehende Hagen - Schild und Schwert festumfaßt - erweckt den Eindruck, er werde niemals weichen. Der Ausgang des Liedes widerlegt jedoch diese Suggestion.

Zur Funktion von Mythen in der Politik

# Das Nibelungenschicksal und die deutsche Nation

*Politische Gemeinwesen greifen  
zum Zweck der  
Selbstlegitimation und  
Massenmobilisierung häufig auf  
Mythen zurück. So wurde die  
Nibelungentreue oft  
beschworen, um das deutsche  
Volk einig und stark zu  
machen.*

*Von Herfried Münkler*

Mythen haben derzeit allenthalben Konjunktur. Die allgemein beschworene Krise der Vernunft führt dazu, daß deren scheinbares Gegenteil, der Mythos, dem Orkus des Vergessens wieder entrissen wird. Vor allem Literaturwissenschaftler und Philosophen, die berufenen Spezialisten für Struktur und Gehalt von Erzählungen, für Anspruch und Grenzen der Vernunft, dazu einige Theologen und Religionswissenschaftler, bestreiten die nun schon seit geraumer Zeit andauernde Debatte über die womöglich neue Aktualität des Mythos - eine Debatte, die immer wieder auch um die Frage kreist, welche Funktion Mythen in der Politik besitzen. Hier nun ist es bemerkenswert, daß die Politikwissenschaft (und in gewisser Hinsicht trifft dies auch für die Geschichtswissenschaft zu), sich der Frage nach dem Verhältnis von Mythos und Politik bislang so gut wie nicht angenommen hat.

Das ist um so bemerkenswerter, als fast alle politischen Gemeinwesen zum Zwecke ihrer Selbstlegitimation in irgendeiner Form auf Mythen zurückgreifen bzw. zurückgegriffen haben: Theseus und Romulus, Moses und Lykurg, Kaisersage und Reichsvision, Bastillesturm und Boston Tea-Party, Che Guevara und Rambo - so

verschieden sich die genannten Beispiele auf den ersten Blick auch ausnehmen mögen, in all den Fällen, in denen sie in politischem Kontext auftreten, geht es primär nicht um ein historisches Ereignis oder um einen literarischen Text, sondern um eine Erzählung, die der sich je auf sie berufenden Gemeinschaft Sinn und Identität verleihen soll. So handelt es sich hier zum Teil um Erzählungen, die gegen die Dunkelheit des Vergangenen abgrenzen, indem sie einen unvordenklichen Anfang markieren (etwa in der Erzählung von den Wolfskindern Romulus und Remus, deren eines zum Gründer der ewigen Stadt wird) oder Verbindungslinien zu anderen Erzählungen knüpfen und so die eigene Herkunft mythisch "vernetzen" (etwa im Falle von Vergils Ansippung der Römer an die um Aeneas gescharten trojanischen Flüchtlinge).

Doch der so markierte Anfang, und das macht den Unterschied zwischen der mythischen Erzählung und der historiographischen Darstellung aus, ist mehr als ein bloßer Anfang in der Zeit, der umstellt ist von der Kontingenz des Geschehens: Er ist der Beginn einer sinnhaften Entwicklung, in welche die Gemeinschaft bis heute eingebettet bleibt und die dafür sorgt, daß dem auch in Zukunft so sein wird. Niemals ist die historiographische Darstellung gefeit gegen den Verdacht, die Gründung Roms hätte auch unterbleiben können oder, so sie denn stattgefunden hat, die Stadt könne demaldest wieder untergehen. Die mythische Erzählung hingegen versichert, daß Rom gegründet werden mußte und daß es ewig sein werde. Sie ist beides zugleich: sinnhafte Integration des Vergangenen in das gegenwärtige politische Geschehen und Bestandsgarantie für alle Zukunft.

Mythische Erzählungen leisten also - in der Politik, aber wohl nicht allein dort - eine Reduktion von Komplexität und ermöglichen Resistenz gegen den Kontingenz-Verdacht, die Übermacht des Zufalls. Sie erzählen, wie dies Hans Blumenberg beschrieben hat [1], jenen Schrecken weg, der aus dem Verdacht erwächst, all das, was die eigene, hier politische, Identität

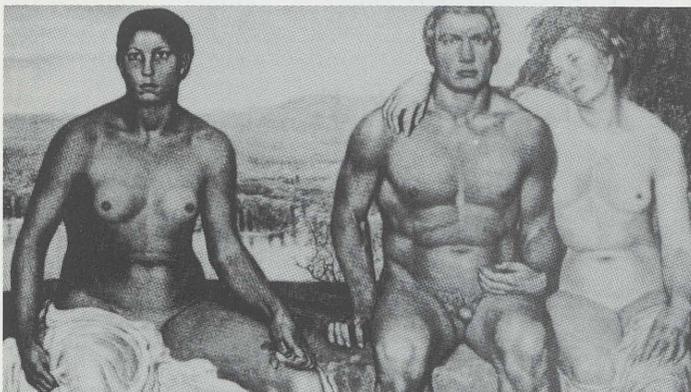


Weiberzank als Kriegsgrund: Daß sich die Germanen in endlosen Kämpfen gegenseitig vernichteten, wurde im Wilhelmismus immer wieder als entscheidender Grund ihrer Schwächung dargestellt. Hätten sie aber Einigkeit gezeigt, so die implizite Botschaft, wären sie unüberwindlich gewesen. Dagegen hat Josef Sattler in "Der Streit Kriemhilds und Brünhilds" (1898/1904) die Szene entpolitisiert und sie als private Eifersuchtszene gezeichnet.

tät ausmacht, hätte auch nicht sein können bzw. könnte dermaleinst nicht mehr sein.

Die Schwierigkeiten einer systematischen Aufarbeitung von Mythen in der Politik scheint nicht zuletzt darin zu liegen, daß dieses Thema die Fächer und Fachbereiche weit übergreift und sich deswegen niemand so recht kompetent fühlt: Althistoriker und Altphilologen, Mediävisten und Neuzeithistoriker, Philosophen und Literaturwissenschaftler, Politikwissenschaftler und Medienexperten - sie alle sind von dem Thema berührt, und doch ist keiner davon so betroffen, daß es als ein spezifisches Desiderat, eine Forschungslücke seiner Wissenschaft, bezeichnet werden könnte und

müßte. Worauf es nämlich ankommt, ist der Vergleich von Mythen in der Politik, der womöglich Antworten auf die Frage zu erbringen vermag, unter welchen Umständen und in welchem Ausmaß, von wem und mit welcher Intention Mythen zum Zwecke der sinnhaften Integration von Gemeinwesen bemüht werden. Ein in diesem Sinne komparativ angelegtes Forschungsprojekt wäre systematisch am ehesten wohl im Rahmen der Politische-Kultur-Forschung anzusiedeln, die Fragestellungen der politischen Ideengeschichte und des sozio-ökonomischen Erklärungsansatzes, der politischen Psychologie und der Institutionentheorie miteinander zu verbinden sucht.

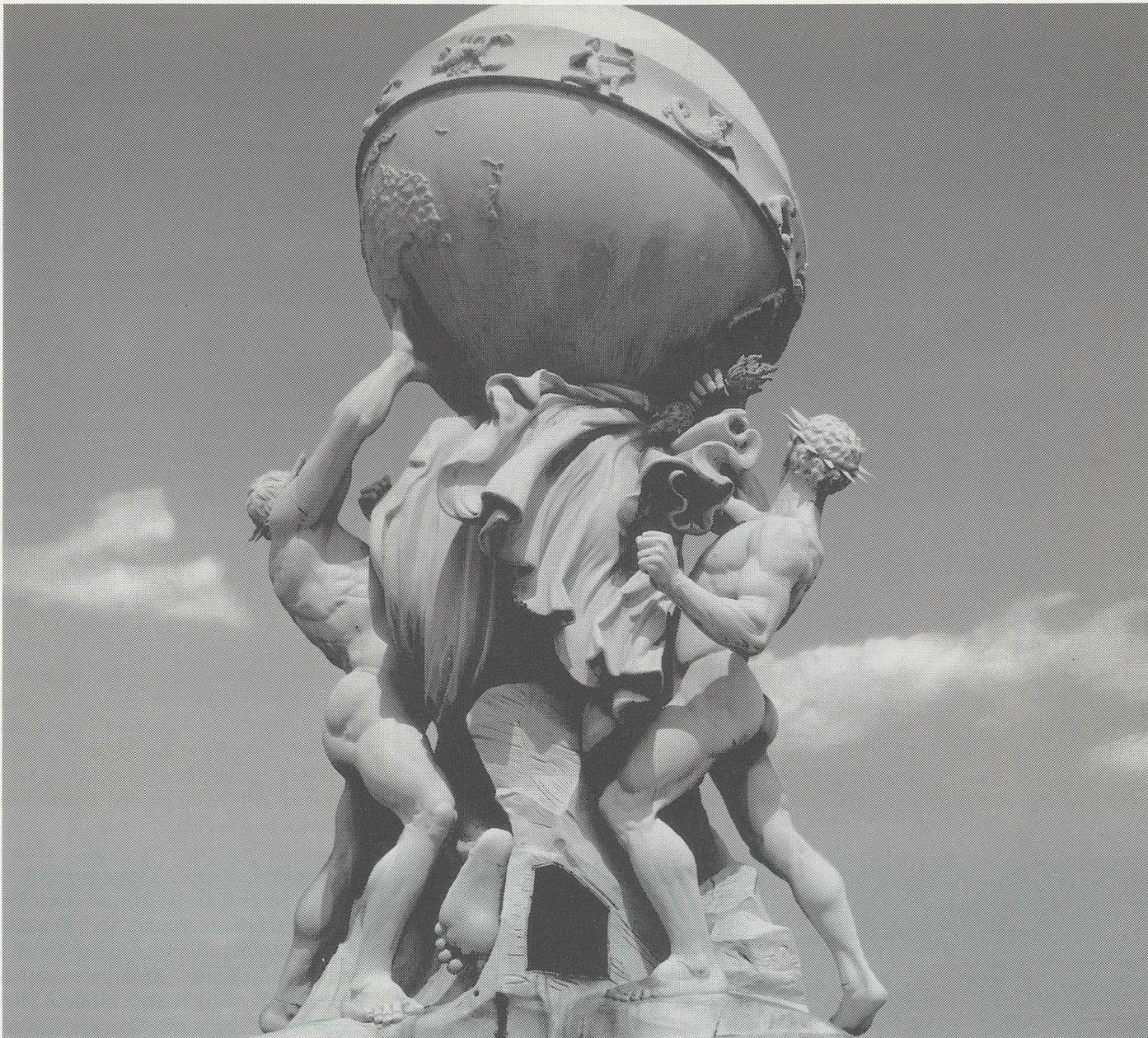


Als Urbild deutscher Männlichkeit stellt Adolf Blüher Siegfried auf seinem Bild "Die Nibelungen" (1907/08) dar. Kriemhild wirkt innig und naiv, abseits sitzt die dunkle dämonische Brunhild.

Die Untersuchung der jeweiligen Formen, in denen politische Mythen ein Gemeinwesen sinnhaft integrieren und es dadurch stabilisieren oder in denen sie orientierend und leitbildstiftend wirken (etwa im Falle der Mythen Che Guevara und Rambo), wäre ein Beitrag zu dem, was man die Hermeneutik politischer Kulturen nennen könnte, also zur Dechiffrierung und Decodierung jener Muster, nach denen politische, militärische und ökonomische Ereignisse oder Entwicklungen wahrgenommen werden. Es geht somit um die Frage, in welcher Weise und mit welcher Intensität Texte und Bilder die Wahrnehmung von Politik präformieren und durch diese Präformation selbst in den weiteren Gang von Politik intervenieren.

Als ein erster, noch keineswegs systematisch durchgeführter Beitrag zur Beantwortung dieser Fragestellung verstehen sich meine in den letzten Jahren entstandenen kleineren Arbeiten zur Bedeutung des Nibelungenmythos für die deutsche Politik im 19. und 20. Jahrhundert. [2] Immer wieder wurde, zumal von literaturwissenschaftlicher Seite [3], angesprochen, in welchem bemerkenswertem Ausmaß die Berichte vom Schicksal der Nibelungen, zunächst gestützt auf das Nibelungenlied, dann aber auch auf Wagners "Ring", die politische Selbstthematisierung der Deutschen bestimmt haben. "Wenn man das Nibelungenlied", so August Wilhelm Schlegel am Anfang des 19. Jahrhunderts, "das eine glorreiche Welt darstellt, große Menschen mit einer vaterländischen männlichen Gesinnung, wenn man ein solches Werk zum Hauptbuch bei der Erziehung der deutschen Jugend macht, dann wird es auch gelingen, kraftvolle Männer zu erziehen und die Einheit des Reiches wiederherzustellen." Das Nibelungenlied sollte, wie Friedrich von der Hagen erklärte, zum "deutschen Nationalepos" werden. "Das ist Feld und Zelt-poesie", so Karl Simrock, als die Wiederherstellung des Reichs in kleindeutscher Gestalt in greifbare Nähe gerückt war, "damit kann man Armen aus dem Boden stampfen, wenn es den Verwüstern des Reichs, den gallischen Mordbrennern, der römischen Anmaßung zu wehren gilt."

Es war durchaus eine Fortsetzung dieser Tradition, als am 3. Februar 1943, an dem Tag, an welchem das Oberkommando der Wehrmacht die Kapitulation der letzten deutschen Truppen in Stalingrad bekanntgab,

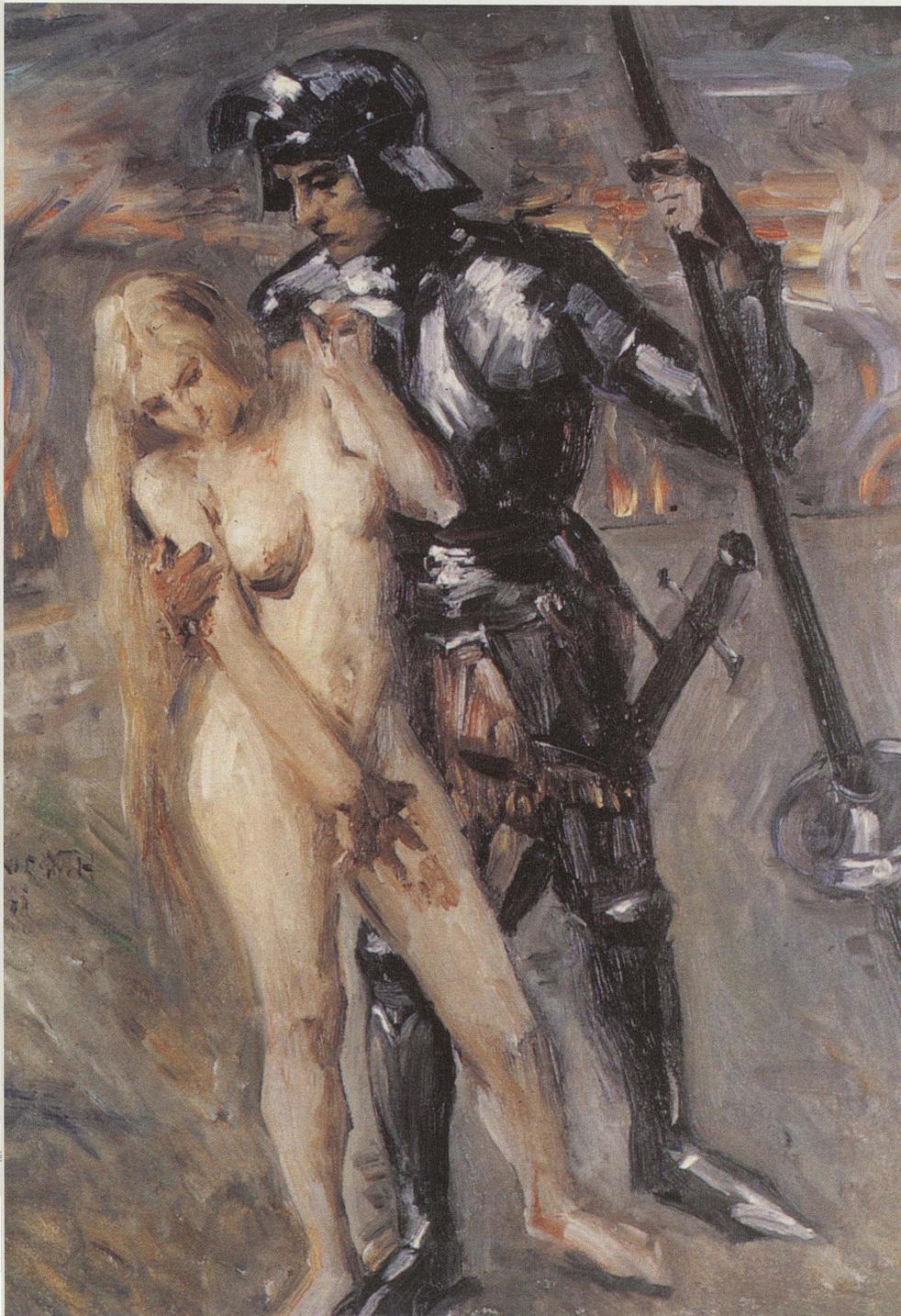


**Die 1822 und Stadtparkasse fusionieren:**

**Gemeinsam sind wir  
doppelt stark!**

**FRANKFURTER SPARKASSE**

**DIE 1822 UND STADTPARKASSE**



Den kalten, schwarzglänzenden Stahl des Kriegers und die warme Körperlichkeit der Frau stellt Lovis Corinth in dem Bild "Kriegsbeute" (1911) als gegensätzliche Prinzipien des bewaffneten Konflikts dar. Die Frau ist Ursache, Objekt, Grund und Zweck des Krieges zugleich - ein Thema, das von der Ilias zum Nibelungenlied und darüber hinaus reicht. Daneben steht der Mann als Beschützer und Besitzer, als Retter und Vergewaltiger zugleich.

Hermann Göring im "Völkischen Beobachter" erklärte: "Wir kennen ein gewaltiges Heldenlied von einem Kampf ohnegleichen, es heißt 'Der Kampf der Nibelungen'. Auch sie standen in einer Halle voll Feuer und Brand, löschten den Durst mit eigenem Blut, aber sie kämpften bis zum letzten. Ein solcher Kampf tobt auch heute dort (in Stalingrad, d. Verf.), und noch in tausend Jahren wird jeder Deutsche mit heiligem Schauer von diesem Kampf in Ehrfurcht sprechen

und sich erinnern, daß dort trotz allem Deutschlands Sieg errungen worden ist."

Man wird Schlegels und von der Hagens Äußerung als Ausdruck eines sich seit der Französischen Revolution in Deutschland verbreitenden und intensivierenden nationalen Rückständigkeitsempfindens begreifen können, das sich nach möglichen Kompensationen umtat; man wird in Simrocks Bemerkung eine weitere Variante nationaler Hybris sehen können, wie so

oft gepaart mit ressentimentbeladener Weinerlichkeit; und Görings Auslassungen sind, gerade auch in ihrem unüberbietbaren Zynismus gegenüber jenen, die aus der Luft mit Nahrung und Munition zu versorgen er garantiert hatte, Propagandaphrasen, die über die bis dahin schwerste Niederlage der Wehrmacht hinwegtäuschen sollten. Damit sind die vier genannten Apostrophierungen des Mythos auf ihren jeweiligen politischen Hintergrund zurückgeführt, und es ist klar, daß wissenschaftlich bedeutsame Aussagen nur unter Berücksichtigung dieses Hintergrunds zu machen sind. Die Problematik eines solchen Vorgehens besteht jedoch darin, daß der mythische Vordergrund durch die implizite Unterstellung, es handele sich bei ihm nur um kontingente Assoziationen im Medium des Mythos, als Gegenstand der Forschung an den Rand gedrängt wird.

Was bei einer solchen Vernachlässigung des mythischen Vordergrunds unbeachtet bleibt, ist die Häufigkeit und Intensität, mit der man in Deutschland immer wieder auf die Nibelungen zu sprechen kam, wenn Geschichte und Zukunft der Deutschen thematisch wurden. So war die Ausgangshypothese meiner Auseinandersetzung mit dem Nibelungenmythos in der deutschen Geschichte des 19. und 20. Jahrhunderts die, daß der mythische Vordergrund mehr ist als das bloß kontingente Zusammentreffen ähnlicher Assoziationen, sondern daß darin eine Struktur politischer Selbstwahrnehmung sichtbar wird, die infolge ihrer handlungsorientierenden Potenzen schließlich zu einer self-fulfilling prophecy wurde. Verkürzt formuliert: Nachdem die Deutschen sich lange genug selbst als Nibelungen apostrophiert hatten, wurden sie schließlich zu Nibelungen. Doch was sich ausnimmt wie ein mythischer Fluch, der über jene kommt, die zu lange und zu häufig mit Mythen kokettieren, läßt sich relativ genau beschreiben als Folge jener, neben Integration und Mobilisierung, anderen Wirkung von Mythen in der Politik: Die Wahrnehmung politischer Konstellationen in mythischen Bildern und Begriffen bemächtigt sich auch derer, die zunächst glaubten, diese Mythen instrumentell einsetzen zu können und dabei ihrer Suggestion selbst überhoben zu sein.

Es war der Vorwurf, das Deutsche Reich befinde sich in einem vasallischen Abhängigkeitsverhältnis gegen-

Dr. Herfried Münkler (37) promovierte über das Thema "Geschichtsphilosophie und politisches Handeln. Niccolò Machiavellis Antworten auf den Zusammenbruch der christlichen Geschichtsphilosophie und die Krise der Republik Florenz". Seit dem Wintersemester 1980/81 lehrt er politische Ideengeschichte am Fachbereich Gesellschaftswissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität. Dort war er auch fünf Jahre lang wissenschaftlicher Mitarbeiter. Im Februar 1987 wurde seine Habilitationsschrift "Staatsraison. Ein Leitbegriff der Frühen Neuzeit" angenommen und die Lehrbefugnis für das Fach Politologie erteilt. Seit Oktober 1987 vertritt Herfried Münkler eine Professur für Politikwissenschaft. Als Mitarbeiter und seit dem vergangenen Jahr auch als Redakteur arbeitet er an der "Politischen Vierteljahresschrift" (PVS) mit. Seit Herbst 1985 ist er stellvertretender Sprecher der Sektion "Politische Philosophie und Theorie" in der Deutschen Vereinigung für Politische Wissenschaften.



über dem Wiener Kaiserhaus und seiner Politik, der Reichskanzler Bernhard von Bülow am 29. März 1909, auf dem Höhepunkt der Bosnienkrise, die Europa an den Rand des großen Krieges geführt hatte, dazu veranlaßte, die Konstellationen aus seiner Sicht unter Rekurs auf die Nibelungengeschichte darzustellen: "Ich habe irgendwo ein höhnisches Wort gelesen über unsere Vasallenschaft gegenüber Österreich-Ungarn. Das Wort ist einfältig. Es gibt hier keinen Streit um

den Vortritt, wie zwischen den beiden Königinnen im Nibelungenlied. Aber die Nibelungentreue wollen wir aus unserem Verhältnis zu Österreich-Ungarn nicht ausschalten, die wollen wir gegenseitig wahren."

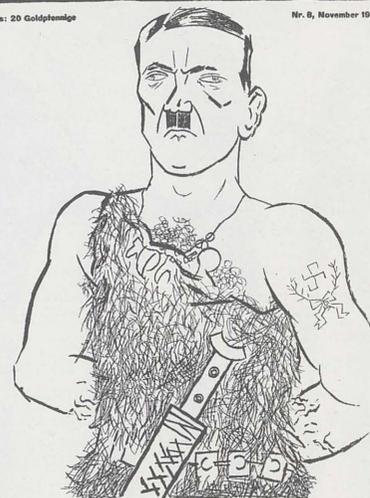
Bülow ging es um die Zurückweisung des Vorwurfs, die deutsche Politik habe sich in ein wenig ehrenhaftes und politisch gefährliches Abhängigkeitsverhältnis zum Wiener Hof begeben: Nicht Abhängigkeit, sondern Bündnistreue seien die Prinzipien deutscher Politik, war die Kernaussage seiner Erwiderung. Diese Aussage nun kleidete Bülow in Verweise auf das Nibelungenlied: Der Streit der Königinnen um den Vortritt beim Besuch des Domes, die Treue der Nibelungen, als sie, eingeschlossen in Etzels Burg, einen durch die Auslieferung von Gunther und Hagen zu erkaufenden freien Abzug ablehnen. Indem Bülow die deutsche Balkanpolitik durch Verweis auf epische Szenen und mythische Bilder erläutert, braucht er nicht über Interessen und Verträge zu sprechen, sondern kann seine Entscheidungen durch deren ästhetisch-moralische Ummantelung jeder weiteren Diskussion entziehen: Wo es um Treue geht, kann nicht länger von Interessen die Rede sein. Zugleich sucht Bülow unsichtbar zu machen, daß in der bosnischen Annexionskrise in Wirklichkeit Österreich-Ungarn der Geschobene und das Deutsche Reich der Schiebende war: Bülow suchte den Ring der Einschließungsmächte auf dem Balkan zu sprengen, um sich so der österreichischen Unterstützung bei einem Konflikt mit Frankreich sicher sein zu können [4]. Indem er von Mythen spricht, braucht er nicht von Interessen und Strategien zu reden.

All dies hat Bülow mit dem suggestiven Bild der Nibelungentreue er-

HUNGER IST HOCHVERRAT  
**Die Pleite**

Preis: 20 Goldpfennige

Nr. 8, November 1923



SIEGFRIED HITLER:

"Ich schlage vor, daß die Leitung der Politik der deutschen Regierung ICH übernehme."  
"Der morgige Tag findet entweder in Deutschland eine rationale Regierung oder uns tot. Es gibt nur eines von beidem."

reicht. Was ihm dabei offenbar jedoch nicht in den Sinn gekommen ist, war der Umstand, daß die treuen Nibelungen am Ende allesamt erschlagen und verbrannt in Etzels Burg liegen. Die sich gar so edel ausnehmende Treueerklärung konnte also auch begriffen werden als der Auftakt zu einer Katastrophe, die mit dem Tod des gesamten Heeresaufgebots endete. Der auf mythisch-epische Bilder rekurrierende Politikdiskurs, die Ästhetisierung und Moralisierung politischer Entscheidungen hatte sich offenbar schon derart verselbständigt, daß jede kritische Überprüfung, inwieweit die mythische Codierung von Aussagen unerwünschte Assoziationen enthalte, unterbleiben konnte. Die ikonographische Verdichtung hatte über die narrative Stringenz gesiegt: Wenn von Nibelungentreue die Rede war, so assoziierte man bedingungslose Treue und heroischen Widerstand,

FORSCHUNG BEI IHNEN,  
DIE HILFSMITTEL BEI UNS:  
BÜCHER VERMITTELN WISSEN

**UNIVERSITÄTS-BUCHHANDLUNG  
BLAZEK & BERGMANN**

Goethestraße 1 · Telefon (069) 28 86 48  
FRANKFURT AM MAIN





Das gotische Gewölbe über dem Schlachtgetümmel in Josef Hebenbarths 1922 entstandenen Bild "Die Saalschlacht" scheint dem aufgelösten Kampf Ruhe und Ordnung zu verleihen.

nicht jedoch Niederlage und Tod. Fragmentierung und Zerstörung des mythischen Kontextes erst hatte diese politisch verwendbar gemacht.

Wie jedoch hatte es überhaupt dazu kommen können, daß Bülow's Politikdarstellung mit Hilfe mythischer Bilder nicht nur akzeptiert, sondern begeistert aufgegriffen wurde? Nibelungentreue wurde zu einem weitverbreiteten Topos bei der Selbstcharakterisierung deutscher Politik, und das zunächst fast durchweg gänzlich ohne jenen kritischen Unterton, der heute, nach zwei Weltkriegen, dem Begriffe eigen ist. Nicht zuletzt dürfte es eine Folge des starken Einflusses gewesen sein, den in Deutschland das Bildungsbürgertum wohl nicht auf die Politik, sehr wohl aber auf den Diskurs der Politik gehabt hat, daß Politik hier nicht durch Verweis auf reale langfristige Interessen, sondern durch das Spiel mit mythischen Bildern vermittelt wurde, und dies dürfte nicht zuletzt eine Folge der schwachen Posi-

tion des Reichstags in der Weimarer Republik als Ort der parlamentarischen Ausrüstung gesellschaftlicher Interessen bei der Formulierung der deutschen Politik gewesen sein. Politikvermittlung mit Hilfe mythischer Bilder ist Politikvermittlung von oben, die sich nicht einlassen will und nicht einlassen kann auf den langwierigen und mühsamen Prozeß des Aushandelns unterschiedlicher, mitunter sogar gegensätzlicher Interessen und auf die um Zustimmung werbende Darstellung von politischen Kompromissen. Natürlich war diese Politikvermittlung mit Hilfe von Mythen auch eine Reverenz an das Bildungsbürgertum, dem so die Illusion gegeben wurde, tatsächlichen politischen Einfluß zu haben. Dementsprechend zeitigten die mythischen Bilder und Begriffe im Bildungsbürgertum die stärkste Wirkung, aber sie verbreiteten sich auch in jenen Klassen und Schichten, die sich an dessen kulturellen Hegemonialstellung orientierten.

Noch Göring's Apostrophierung des Nibelungenliedes bei seinem verklausulierten Eingeständnis der Niederlage von Stalingrad folgt diesem Modell, nur daß inzwischen die im Nibelungenmythos ja auch enthaltenen Untergangs- und Vernichtungs visionen deutlicher hervorgetreten sind [5]. So hatte Hitler darauf bestanden, daß auf den für den Sitzungssaal der Reichskanzlei bestimmten Wandteppichen Szenen aus der Edda, jedoch keine aus dem Nibelungenlied dargestellt werden sollten: Wenn schon Untergang, dann Ragnarök, Weltenbrand, aber nicht Einkesselung und Vernichtung der Truppen. Der Germanist Hans Naumann, zunächst Frankfurt, später Bonn, Mitglied des NS-Dozentenbundes, war einer ähnlichen Mytho-Logik gefolgt, als er im November 1942 dem Nibelungenlied kurzerhand die zuvor immer wieder beschworene Qualität eines Nationalepos absprach und es als eine staufische Elegie bezeichnete. Daß es sich

hierbei nicht um eine fachwissenschaftliche, sondern um eine mythopolitische Entscheidung handelte, wird sichtbar, wenn Naumann mit Blick auf das Ende der Nibelungen erklärt, daß "wir uns einfach weigern, die Geschichte unseres Volkes demgemäß zu begreifen und zu deuten".

Es ist also zunächst ein Bruch mit diesen Verdrängungs- und Negierungstaktiken, wenn Göring die Vernichtung der 6. Armee unter Berufung auf das Nibelungenlied bekanntgibt - und doch ist Göring dabei derselben Mytho-Logik gefolgt wie Hitler und Naumann. Wo diese verdrängten oder negierten, da erklärte er nunmehr, das über die Nibelungen, resp. die sich als solche feiernden Deutschen, verhängte Schicksal habe sich in Stalingrad erfüllt. Indem er dem Mythos eine ganze Armee als Opfer zuerkannte, hoffte Göring, den mythischen Bann brechen zu können: Das den Deutschen im Mythos verheißene Schicksal hatte sich erfüllt - und damit war der Weg frei für Deutschlands Sieg. So wird Görings Behauptung verstehbar, in Stalingrad sei "trotz allem Deutschlands Sieg errungen worden". Ganz zuletzt, im Frühjahr 1945, haben sich die Deutschen, im Westen zumindest, der von Hitler geplanten gigantischen Selbstvernichtung verweigert [6]. Als Hitler, wahrscheinlich in der zweiten Hälfte des Jahres 1944, erkannte, daß der von ihm entfesselte Krieg endgültig verloren war, wollte er den von

ihm in Stalingrad ansatzweise inszenierten Nibelungenkampf, der freilich, so sah Hitler es, infolge der Kapitulation des Oberbefehlshabers nur teilweise gelungen war ("Mir tut das darum so weh", soll Hitler gesagt haben, "weil das Heldentum von so vielen Soldaten von einem einzigen charakterlosen Schwächling ausgelöscht wird"), auf globaler Ebene wiederholen. Das Ende der deutschen Geschichte sollte gemäß der mythischen Vorlage erfolgen.

Die Faszination, die der Nibelungenmythos auf die Deutschen ausgeübt hat, ist Geschichte: Seine Vorgaben sind ausagiert, mit der Folge, daß der Mythos seine Faszination verloren hat. Parallel dazu erfolgte der Niedergang des Bildungsbürgertums und die Verbreitung eines zunehmend technokratischen Politikverständnisses, das wohl nicht ohne politische Mythen auskommt, dessen Mythen jedoch nach entsprechenden Anforderungsprofilen retortenmäßig von der Kulturindustrie synthetisiert werden. Solche Retortenmythen (Rambo wäre vielleicht einer) haben offenbar nicht die verhängnisvolle Kraft der alten Mythen, aber sie besitzen auch nicht deren ideologiedestruktive, gleichsam selbstaufklärerische Potenzen. Sie sind bloß Herrschaftsmittel. Aber auch das ist eine Aussage, die noch in einer komparativ angelegten Studie auf ihre Verallgemeinbarkeit zu überprüfen wäre.

## Anmerkungen

[1] Hans Blumenberg, Wirklichkeitsbegriff und Wirkungspotential des Mythos; in: Terror und Spiel. Probleme der Mythenrezeption, hrsg. von M. Fuhrmann, München 1971 (Poetik und Hermeneutik, Bd. IV S. 11-66).

[2] Herfried Münkler und Wolfgang Storch, Siegfrieden. Politik mit einem deutschen Mythos, Berlin 1988, sowie Herfried Münkler, Mythischer Sinn. Der Nibelungenmythos in der politischen Symbolik des 20. Jahrhunderts; in: Udo Bernbach (Hrsg.), Auf den Trümmern dieser Welt. Richard Wagners "Der Ring der Nibelungen", Berlin 1989, S. 237-252. In diesen beiden Arbeiten finden sich auch die Quellenangaben für die folgenden Zitate sowie weitere Belege für die hier vorgetragene These. Vgl. außerdem Herfried Münkler, Politik und Mythos. Aischylos "Orestie" und Wagners "Ring"; in: Leviathan, 15. Jg., 1987, Heft 4, S. 562-580.

[3] Zu nennen sind hier insbesondere Helmut Brackert, Nibelungenlied und Nationalgedanke. Zur Geschichte einer deutschen Ideologie; in: Festschrift für Helmut de Boor zum 80. Geburtstag, München 1971, S. 343-367; Otfried Ehrismann, Das Nibelungenlied in Deutschland. Studien zur Rezeption des Nibelungenliedes von der Mitte des 18. Jahrhunderts bis zum Ersten Weltkrieg, München 1975, sowie Lerke von Saalfeld, Die ideologische Funktion des Nibelungenliedes in der preußisch-deutschen Geschichte von seiner Wiederentdeckung bis zum Nationalsozialismus, Diss. phil. Berlin 1977.

[4] Dazu Peter Winzen, Der Krieg in Bülow's Konzept. Katastrophe der Diplomatie oder Chance der Machtexpansion? in: Jost Dülfer/Karl Holl (Hrsg.), Bereit zum Krieg. Kriegsmentalität im wilhelminischen Deutschland 1890-1914, Göttingen 1986, S. 161-193.

[5] Vgl. Jay W. Baird, The Mythical World of Nazi Propaganda. 1939-1945, Minneapolis 1974, S. 175 ff.

[6] Einen solchen Verweigerungsprozeß habe ich dargestellt und analysiert in meinem Buch "Machtzerfall. Die letzten Tage des Dritten Reichs dargestellt am Beispiel der hessischen Kreisstadt Friedberg", Berlin 1985.



Tote Soldaten bei Stalingrad 1943 - reales Dementi mythischer Suggestionen, die Göring noch einmal hatte aufleben lassen wollen.

richtet nicht an eine fälschliche  
schlechte, sondern um eine myri-  
politische Entscheidung handelt  
wird sichtbar, wenn Mannan mit  
Blick auf das Ende der Weltungen  
klar, das "was einst zeigt  
die Geschichte unsere Völker be-  
maß zu gestalten und zu denken"



# Ursachen und Entstehung geistiger Behinderung

Von Ulrich Langenbeck

Etwa drei Prozent unserer Mitbürger/innen haben eine verminderte Intelligenz, und etwa 1/2 bis 1 Prozent haben einen schweren Grad von geistiger Behinderung. Abhängig von ihrem Alter leben 30 bis 80 Prozent der Erwachsenen mit schwerer geistiger Behinderung in betreuenden psychiatrischen Langzeiteinrichtungen, etwa 4000 allein im Bundesland Hessen. Diese Zahlen erhellen das soziale Problem geistiger Behinderung und die Bedeutung präventiver und therapeutischer Bemühungen.

Bisher kann nicht sicher beurteilt werden, ob die Prävalenz, d.h., die Zahl der zu einem Zeitpunkt lebenden geistig behinderten Menschen in der letzten Zeit abgenommen hat. In Salford (England) ist seit 1970 ein solcher Trend erkennbar gewesen und wurde unter anderem auf die Behandlung angeborener Krankheiten und auf eine verbesserte Versorgung der Neugeborenen zurückgeführt.

### Ursachen geistiger Behinderung

Äußere Ursachen geistiger Behinderung können vor der Geburt oder nach der Geburt ihre Wirkung entfalten. Vor der Geburt wirkende Ursachen sind z.B. Infektionskrankheiten (Röteln, Cytomegalie, Toxoplasmose und Syphilis), Blutgruppenunverträglichkeit, sowie Alkohol-Mißbrauch und Strahlentherapie. Eine zu frühe Geburt, Geburtsschäden und später auch Schädelverletzungen und Entzündungen von Gehirn und Hirnhäuten sind weitere äußere Ursachen geistiger Behinderung.

Zu den inneren Ursachen zählen die meisten Chromosomenanomalien (z.B. das Down-Syndrom) und erbliche oder erblich mitbedingte Störungen. Hiervon sind bis jetzt etwa 700 beschrieben worden. Nur für einen kleineren Teil dieser Krankheiten ist der Ort der Störung bekannt: Meist handelt es sich um angeborene Defekte im Stoffwechsel körpereigener chemischer Verbindungen.

### Über die Komplexität der Analyse von Ursache und Wirkung

Der Mensch besitzt etwa 50.000 Erbanlagen (Gene) und damit auch das Potential für etwa 50.000 Ursachen von Erbkrankheiten. Die wirkliche Zahl unterscheidbarer Krankheiten dürfte dagegen deutlich niedriger sein, vielleicht 7.000 bis 10.000, da

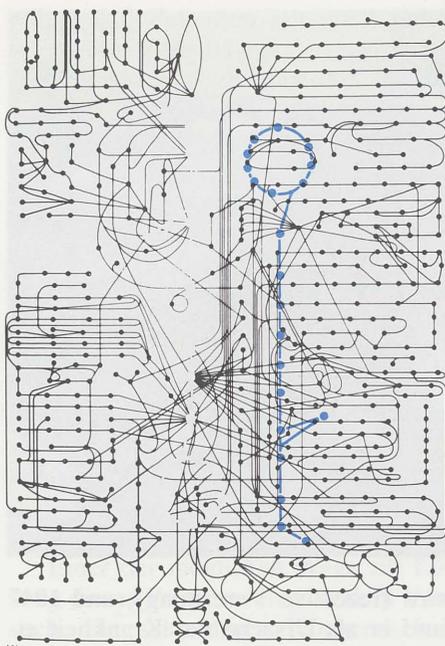


Abb.1: Die Abbildung zeigt das Netz von etwa 500 miteinander verbundenen Stoffwechselreaktionen. Blau gedruckt ist der aerobe Energiestoffwechsel mit dem Zitronensäure-Zyklus und darunter der Atmungskette. Die Erforschung der Regulation dieses Netzes ist noch immer ein Hauptarbeitsgebiet moderner Biochemie. [Aus: B.Alberts et al. (1983): Molecular biology of the cell. Garland Publ., New York]

viele Gene "Familien" bilden und für Produkte mit verwandter Struktur und Funktion kodieren. Etwa die Hälfte aller Gene des Menschen sind im Gehirn, in den Nervenzellen aktiv. Man muß daher mit 4.000 bis 5.000 erblichen Krankheiten mit gestörter Hirnfunktion rechnen. Die Tatsache, daß erst etwa 700 beschrieben wurden und nur für einen Teil davon die Ursache bekannt ist, zeigt die Begrenztheit unseres bisherigen Wissens auf diesem Gebiet.

Aus einer primären Ursache, einem sogenannten Basisdefekt, folgt keineswegs direkt eine vorhersagbare Wirkung oder eine Vorhersagbarkeit der Symptome einer Krankheit. Umgekehrt können die Symptome einer bekannten Krankheit nicht direkt aus dem eventuell bekannten Basisdefekt erklärt werden. Die Ursache hierfür liegt in der Tatsache begründet, daß man sich Struktur und Funktion des Gehirns als in mehreren, hierarchisch geordneten Netzwerken organisiert vorstellen muß. Grundsätzlich kann dieser Weg vom Gendefekt zur Krankheit, wenn er einmal verstanden wird, an verschiedenen Stellen unterbrochen werden, was einer Behandlung der Krankheit auf verschiedenen Ebenen gleichkommt.

In der *Abbildung 1* ist das Stoffwechselnetz höherer Organismen teil-

weise dargestellt. Es verdeutlicht die Kompliziertheit des intermediären Stoffwechsels und macht die Schwierigkeiten verständlich, wenn die Ursache (die sogenannte Ätiologie) einer neuen Krankheit gesucht wird. Die Schwierigkeiten sind noch größer, wenn die Entstehung der Symptome (die sogenannte Pathogenese) einer bekannten Krankheit als sekundäre Störung und Fehlregulation innerhalb dieses Stoffwechselnetzes gedeutet werden soll.

Im Falle der geistigen Behinderung wird ein Verständnis der Pathogenese noch weiter erschwert durch die ganz außerordentliche Komplexität der zellulären Architektur des Gehirns, der neuronalen Netzwerke, die zudem durch morphologisch unterscheidbare und auch metabolisch verschiedenen ausgerüstete Typen von Nervenzellen aufgebaut sind.

Schließlich bedingt diese Mikrostruktur der neuronalen Netzwerke die bisher nur wenig verstandene Makrostruktur von neuronalen Kontrollsystemen für die Fähigkeit des Menschen, komplexe Probleme zu lösen. Es ist das Fehlen dieser Fähigkeit, das der englische Philosoph Locke vor fast 300 Jahren als das Hauptmerkmal des Schwachsinnigen, der geistigen Behinderung, erkannt hat: Während "Irrsinnige" Ideen falsch verknüpfen und deshalb falsche Schlußfolgerungen ziehen, können "Schwachsinnige" praktisch gar keine Schlußfolgerungen ziehen und nur wenig, wenn überhaupt, argumentieren.

Die Analyse von Ätiologie und Pathogenese geistiger Behinderung weist für die einzelnen bekannten Krankheiten Wege zu einer wirkungsvollen Behandlung. Gleichzeitig aber zeigen solche Krankheiten auch, sozusagen als "Experiment der Natur" (Langenbeck, 1980), auf welchen Wegen geistige Behinderung überhaupt entstehen kann. Damit wird durch die Erforschung derartiger Krankheiten auch die Kenntnis der normalen Hirnfunktion verbessert. Am Beispiel der Phenylketonurie (PKU) sollen diese Gedanken im folgenden vertieft werden.

### Phenylketonurie als Schulbeispiel des metabolischen Schwachsinnigen

Unter "metabolischen Schwachsinnformen" (Bickel und Cleve, 1967) verstehen wir diejenigen Krankheiten, bei denen ein Stoffwechseldefekt ohne Behandlung in der Mehr-



zahl der Fälle zu geistiger Behinderung führt.

Das Schulbeispiel für diese Gruppe von meist rezessiv vererbten Krankheiten ist die Phenylketonurie, die 1934 von dem norwegischen Arzt Asbjörn Fölling erstmals beschrieben wurde (Abb.2). Seiner klinischen Beobachtungsgabe und seinen für einen Mediziner der damaligen Zeit ungewöhnlichen chemischen Kenntnissen und Fähigkeiten ist es zu verdanken, daß schon in dieser ersten Veröffentlichung der wesentliche Zusammenhang zwischen geistiger Behinderung und einer chemischen Anomalie, der vermehrten Ausscheidung von Phenylbrenztraubensäure im Urin, erkannt wurde. Später zeigte George A. Jervis in den USA, daß die Krankheit durch das Vorhandensein einer einzigen Mutation in doppelter Dosis verursacht

wird (rezessive Vererbung), und 1947 fand er als Ursache der Krankheit einen Defekt in der Umwandlung der Aminosäure Phenylalanin in die Aminosäure Tyrosin. Durch diesen Block kommt es, vergleichbar einem Stausee, zu einer starken Vermehrung von Phenylalanin in den Körperflüssigkeiten (Blut, Hirnliquor und Urin) der Patienten.

1954 berichtete der deutsche Pädiater Horst Bickel (damals arbeitete er in England) erstmals über seine Versuche, Kinder mit Phenylketonurie durch Einschränkung der Zufuhr von Phenylalanin in der Nahrung zu behandeln. Hierdurch wurden weitgehend normale Konzentrationen von Phenylalanin im Blut erreicht, ohne daß es zu einer Verminderung der körpereigenen Eiweißsynthese kam. Gleichzeitig hiermit sank auch die

Konzentration der Stoffwechselprodukte des Phenylalanins. Die Kinder zeigten nach Beginn der Behandlung, wie erwartet, eine normale geistige Entwicklung.

In den seither vergangenen 35 Jahren ist durch viele, großangelegte Therapiestudien bewiesen worden, daß mit dieser Form von Diättherapie, wenn sie rechtzeitig, d.h. schon im ersten Lebensmonat, begonnen wird, eine normale geistige Entwicklung erzielt werden kann. Schon in den sechziger Jahren führten diese Behandlungserfolge zur Einführung eines gesetzlich verankerten Neugeborenen-Suchtest-Programms, mit dem heute nahezu alle Kinder mit Phenylketonurie (in der Bundesrepublik eines von etwa 8000 Neugeborenen) erfaßt werden. So leben jetzt in Langzeiteinrichtungen für geistig Behinderte nur noch jene Menschen mit Phenylketonurie (1 bis 2 Prozent der Bewohner), die vor der Einführung dieser Suchprogramme geboren wurden.

Die phenylalaninarme Diät erfordert von den Kindern und ihren Familien erhebliche Einschränkungen im sozialen Leben, das erheblich vom gemeinsamen Essen bestimmt wird. Probleme entstehen z.B. bei Geburtstagsfeiern oder Schulausflügen, da der tägliche Phenylalaninbedarf für ein 10-jähriges Kind schon mit einer Tasse Milch gedeckt ist. Jedes Mehr an eiweißhaltiger Nahrung ist dann zuviel. Auf gemeinsamen Ausflügen mit ihren Eltern, Ärzten und Betreuern lernen Phenylketonurie-Kinder, daß es nicht immer Würstchen sein müssen, sondern daß man auch z.B. Tomaten, die nur wenig Phenylalanin enthalten, schmackhaft grillen kann.

Mit 14 bis 16 Jahren, wenn die Hirnentwicklung weitgehend abgeschlossen ist, wechseln viele Jugendliche auf eine eiweißarme Kost. Die Konzentration des Phenylalanins und seiner Stoffwechselprodukte steigt dann im Blut und den anderen Körperflüssigkeiten wieder an. Daher kann die dauerhafte Unschädlichkeit einer liberaleren Diätform bisher nicht garantiert werden.

Bei stärkerer Eiweißzufuhr klagen viele Patienten über Nervosität und eingeschränkte Konzentrationsfähigkeit, und manche kehren deshalb wieder zu strengeren Diäten zurück. Der schlechte Geschmack der phenylalaninarmen Aminosäure-Gemische, die aber fester Bestandteil des Diätplanes sind, führt oft zu psychologischen Problemen beim Einhalten der Diät-

## Über Ausscheidung von Phenylbrenztraubensäure in den Harn als Stoffwechselanomalie in Verbindung mit Imbezillität\*).

Von  
Asbjörn Fölling.

(Aus dem klinischen Laboratorium des Reichshospitales, Oslo.)  
(Der Schriftleitung zugegangen am 23. Juli 1934.)

Bei Untersuchungen von schwachsinnigen Kindern habe ich eine Stoffwechselanomalie wahrgenommen, die früher beim Menschen niemals beschrieben worden ist. Die Anomalie gibt sich durch Ausscheidung von Phenylbrenztraubensäure im Harn kund, und es scheint eine Verbindung zwischen dieser Anomalie und der Imbezillität zu bestehen. Ich habe bisher 10 Patienten gefunden, die Phenylbrenztraubensäure ausscheiden, und von diesen sind 9 unzweifelhaft schwachsinnig.

Abb.2: Erstbeschreibung der Phenylketonurie und einer ihrer hauptsächlichsten biochemischen Anomalien in Hoppe-Seyler's Zeitschrift für Physiologische Chemie 227 (1934) 169-176.

therapie. Die Bemühungen japanischer Arbeitsgruppen, aus solchen Mischungen mit den Methoden der Biotechnologie wieder geschmacksneutrale Peptidketten zu synthetisieren, wird die Lebensqualität der Menschen mit Phenylketonurie bald entscheidend erhöhen.

Eine weitere Verbesserung der Situation wäre auch zu erwarten, wenn das bisherige Verfahren, die Blut-Phenylalanin-Spiegel monatlich in einer Klinikambulanz zu messen, geändert werden könnte und dadurch weniger starre Diätpläne möglich würden. Die Bemühungen des Verfassers und seiner Kollegen Udo Wendel und Werner Hummel in Düsseldorf, Methoden für die Messung des Phenylalanins unter häuslichen Bedingungen zu entwickeln, dienen diesem Ziel. Damit könnte für die Behandlung von Menschen mit Phenylketonurie eine Situation erreicht werden, wie sie heute für die Zuckerkranken schon Realität ist: Die Anpassung der Behandlung an selbst gemessene "Labor"-Werte.

Auf die Möglichkeiten der DNA- oder Gen-Diagnostik zur Erkennung von Trägern der Phenylketonurie-Anlage unter den Geschwistern von Patienten und von Trägern des kompletten Enzymdefektes vor der Geburt, sowie auf das wachsende Problem der mütterlichen Phenylketonurie kann in diesem Zusammenhang nur hingewiesen werden (Stehr et al., 1987). Insgesamt zeigen die Fortschritte von mehr als 50 Jahren Phenylketonurie-Forschung, in welche Richtung die Erforschung auch anderer Stoffwechselerkrankungen in der Zukunft gehen wird.

### **Entstehung des Hirnschadens bei unbehandelter Phenylketonurie**

Das Enzym, welches bei der Phenylketonurie inaktiv oder nur sehr wenig aktiv ist, die Phenylalanin-Hydroxylase, ist auch bei Gesunden im Gehirn nicht vorhanden, sondern überwiegend nur in der Leber. Daraus folgt, daß die Vermehrung von Phenylalanin eine der Ursachen des Hirnschadens sein muß. Dieser erstmals von Bickel und seinen englischen Kollegen gedachte Entstehungsmechanismus ist durch die oben geschilderten Erfolge der Diättherapie glänzend bestätigt worden.

Dennoch existiert auch weiterhin ein Interesse an Details der Pathogenese. Es wird von der Beobachtung ge-

nährt, daß Patienten mit etwa gleich schwerem Enzymdefekt, auch wenn sie niemals behandelt wurden, geistig unterschiedlich leistungsfähig sind, bis hin zu fast normaler Intelligenz. So kann eventuell eine weitergehende Kenntnis von pathogenetisch wirksamen Faktoren, die solche Unterschiede bewirken, auch für Menschen mit Phenylketonurie, die seit ihrer Neugeborenenzeit behandelt wurden, bedeutsam werden. Vorstellbar ist z.B., daß einige Kinder diätetisch weniger streng behandelt werden müßten, weil sie eine größere Zufuhr von Phenylalanin vertragen als andere, die dann auch im späteren Alter ihre Diät weiter benötigen.

Einer der möglichen Wege zur Lösung dieses Problems liegt in dem Versuch, die sekundären biochemischen Anomalien von niemals behandelten Phenylketonurie-Patienten quantitativ zu erfassen und diese Daten in Beziehung zur Rest-Intelligenz dieser Patienten zu setzen. Der Verfasser und seine Mitarbeiter/innen haben (mit Genehmigung der Ethikkommis-

sion der Medizinischen Fakultät Göttingen) solche Untersuchungen durchgeführt (Langenbeck et al., 1988).

### **Wie wird die Rest-Intelligenz geistig Behinderter abgeschätzt?**

Die meisten Menschen mit Phenylketonurie erlitten früher ohne Diätbehandlung einen so schweren Hirnschaden, daß ihre Versorgung in beschützenden Langzeiteinrichtungen unausweichlich war. In einer solchen schwer behinderten Gruppe können die üblichen Intelligenztests nicht mehr sicher das Ausmaß verbliebener und in der Einrichtung zusätzlich erlernter Fähigkeiten unterscheiden. Man stellt aber fest, daß auch bei gleichen Förderangeboten innerhalb einer einzelnen Einrichtung verschiedene Patienten unterschiedlich gut in der Lage sind, sich selbst zu helfen, sich mit der Umwelt zu verständigen, sich sozial zu verhalten und mit ihren Händen sinnvolle Tätigkeiten zu verrichten. Solche Fähigkeiten sind von H.C.Günzburg definiert und in eine



# SOZIALBILD

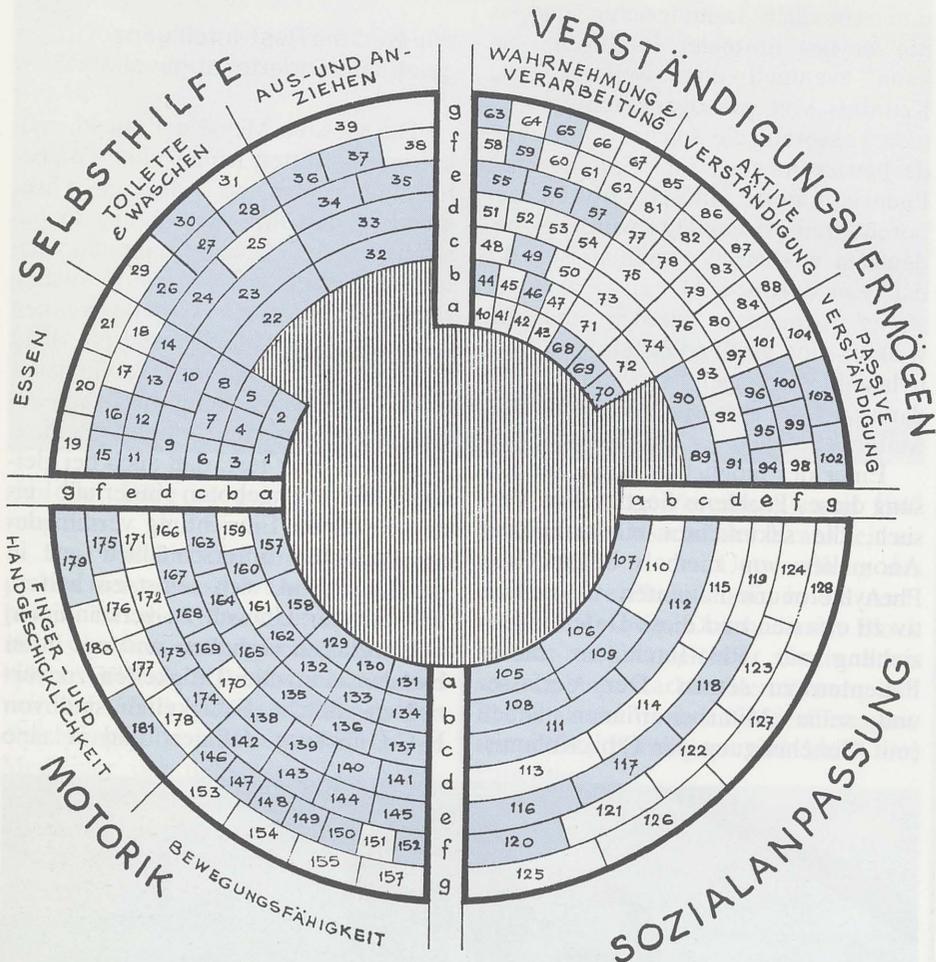


Abb.3: Ergebnis des S/P-P-A-C-Tests von Günzburg bei einem niemals behandelten 14-jährigen Patienten mit Phenylketonurie. Von 16 verglichenen Patienten einer Einrichtung hatten sechs noch weniger Fähigkeiten als dieser. Nicht realisierte Fähigkeiten sind z.B. 20: Benutzt ein Messer zum Streichen, 31: Trocknet seine Hände ab (reibt sie am Handtuch ab), 39: Zieht allein einfache Kleidungsstücke an (nicht unbedingt mit der richtigen Seite nach vorn), 80: Drückt Wünsche oder Sachverhalte in Einwortsätzen aus (Mama! - Mama komm!), 114: Wiederholt Dinge, die ihm Lob eingebracht haben, 154: Fängt einen großen Ball mit den Armen, 180: Schraubt Dosen auf. [Swets Test Services, Keizersgracht 487, Amsterdam]

aufsteigende Rangfolge gebracht worden (Abb.3). Hiermit steht ein umfassendes und mehrdimensionales psychologisches Testverfahren zur Verfügung, mit dem das aktuelle Verhalten der Patienten für den Vergleich ihrer gegenwärtigen Fähigkeiten herangezogen werden kann.

orthoHydroxy-Phenyllessigsäure sind Produkte des zweiten Abbauweges (Abb.4).

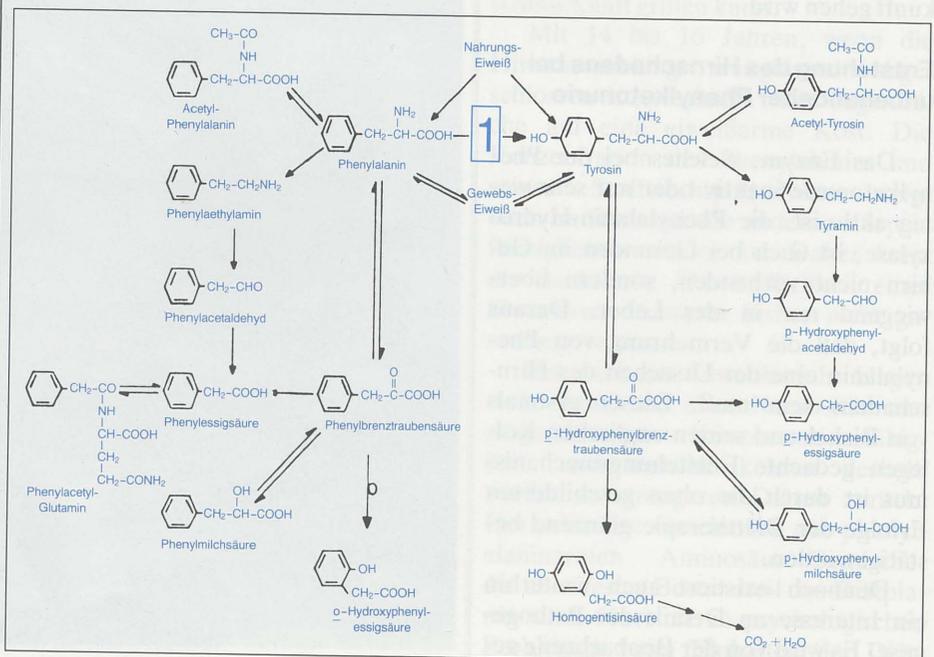
Wir haben in den vergangenen Jahren Methoden entwickelt, um die Konzentration der oben genannten Säuren im Blut und im Urin so präzise wie möglich zu messen. Vor allem für

Abb.4: Stoffwechselwege von Phenylalanin und Tyrosin. Bei Stoffwechselgesunden wird der überwiegende Teil des Phenylalanins in Proteine eingebaut und zu Tyrosin umgewandelt. Letzterer Schritt (1) ist bei der Phenylketonurie gestört. [Umgezeichnet nach R.Koch et al., Journal of Pediatrics 76 (1970) 815-828]

die Bestimmung der chemisch sehr labilen Phenylbrenztraubensäure hatte es solche Verfahren vorher nicht gegeben. Das Problem wurde durch die Bildung eines sehr stabilen chemischen Derivates der Phenylbrenztraubensäure, einem Chinoxalinol, gelöst. Die Auftrennung und quantitative

## Was sind sekundäre biochemische Anomalien, wie werden sie gemessen?

Der oben erwähnte Überschuss von Phenylalanin im Blut stört die Aufnahme anderer Aminosäuren in das Gehirn, wodurch z.B. die Bildung von Neurotransmitter-Substanzen gestört ist. Bei hohen Blutspiegeln von Phenylalanin werden außerdem zwei alternative Stoffwechselwege des Phenylalanins aktiviert, die einerseits mit der Abspaltung von Kohlendioxid (Decarboxilierungsweg) und andererseits mit der Übertragung der Aminogruppe auf eine Ketosäure (Transaminierungsweg) beginnen. Phenyllessigsäure und Mandelsäure stammen aus dem ersten Weg, und Phenylbrenztraubensäure, Phenylmilchsäure und



Messung der Säuren erfolgte durch Gaschromatographie. Ein typisches Ergebnis einer solchen Analyse ist in *Abbildung 5* dargestellt.

In früheren Studien ist immer wieder festgestellt worden, und auch wir haben es gesehen, daß bei niemals behandelten Patienten mit vollständigem oder nahezu vollständigem Enzymdefekt, der klassischen Phenylketonurie, keine Beziehung zwischen der Rest-Intelligenz und dem Nüchtern-Blutspiegel des Phenylalanins be-

milchsäure im Blut bzw. im Urin enthalten sind.

Dem Humangenetiker sind Beispiele für die Erbllichkeit besonders hoher oder besonders niedriger Aktivitäten einzelner Enzyme bekannt. Wir vermuten, daß auch das Ausmaß der Transaminierung von Phenylalanin zu Phenylbrenztraubensäure erblich mitbestimmt ist. Das würde bedeuten, daß bei den schwerer behinderten Patienten auch schon im Kindesalter hohe Konzentrationen z.B.

che Mutationen seiner Ionen-Kanäle führen zu "Krankheiten" mit den (zum Teil etwas frei übersetzten) Namen "Bauer" (wie im Schachspiel, kann nicht rückwärts gehen), "Tänzer", "Angsthase" (schwimmt nach einem Reiz sehr lange rückwärts), "mißtrauisch" und "ruhelos". Eines Tages werden homologe Mutationen von Ionen-Kanälen auch beim Menschen bekannt werden und unsere Möglichkeiten erweitern, geistig Behinderte wirkungsvoll zu behandeln.



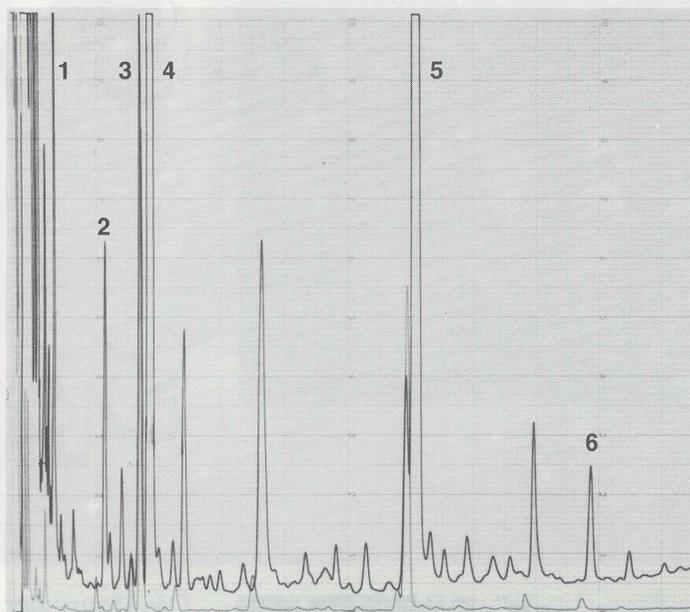
**Professor Dr. Ulrich Langenbeck (50)** studierte Medizin in Jena, Rostock und Hamburg. Nach der Ärztlichen Approbation studierte er noch zwei Jahre Biochemie in Tübingen. Seine weitere biochemische und humangenetische Ausbildung erhielt er in Freiburg, Hamburg, La Jolla und Göttingen. Die Habilitation im Fach Humangenetik erfolgte 1973 in Göttingen. Seit dem Wintersemester 1986/87 ist er Professor für Humangenetik am Klinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität. Sein besonderes Interesse gilt der Analyse der Ätiologie und der Pathogenese von geistiger Behinderung und von genetischen Syndromen allgemein. In einer fächerübergreifenden Zusammenarbeit und in einem offenen Diskurs sieht er die besonderen Chancen für die weitere wissenschaftliche Entwicklung der Humangenetik und für eine verbesserte Akzeptanz des von ihm vertretenen Faches.



#### Literatur

- Clarke AM, ADB Clarke, JM Berg, eds. (1985): Mental deficiency. The changing outlook. Methuen, London.
- Hinrichsen RD, JE Schultz (1988): Paramecium, a model system for the study of excitable cells. Trends in Neurosciences 11, 27-32.
- Langenbeck U (1980): Angeborene Stoffwechselstörungen als Experiment der Natur. Medizin in unserer Zeit 4, 47-50.
- Langenbeck U, HD Lukas, A Mench-Hoinowski, KP Stenzig, JD Lane (1988): Correlative study of mental and biochemical phenotypes in never treated patients with classic phenylketonuria. Brain Dysfunction 1, 103-110.
- McKusick VA (1988): Mendelian inheritance in man. Catalogs of autosomal dominant, autosomal recessive, and X-linked phenotypes. 8. Aufl., Johns Hopkins University Press, London.
- Stehr K, HJ Böhles, Hrsg. (1987): Stoffwechselerkrankungen im Kindesalter. Perimed, Erlangen.

**Abb. 5:** Gaschromatogramm des Urins eines erwachsenen Patienten mit Phenylketonurie. Die markierten Substanzen sind Phenyllessigsäure (1), Mandelsäure (2), ortho-Hydroxy-Phenyllessigsäure (3), Phenylmilchsäure (4), und die Chinoxalinole der Phenylbrenztraubensäure (5) und para-Hydroxy-Phenylbrenztraubensäure (6). Gesunde scheiden alle diese Substanzen nur in sehr geringer Menge aus.



steht. Aus diesem überraschenden Ergebnis darf nicht der Schluß gezogen werden, daß das Phenylalanin selbst keinen Anteil an der Entstehung des Hirnschadens hat. Vielmehr ist zu vermuten, daß die Mechanismen, über die Phenylalanin seine schädigende Wirkung entfaltet, bei der klassischen Phenylketonurie mit ihren sehr hohen Blut-Phenylalanin-Spiegeln (mehr als 200 mg pro Liter) vollständig abgesättigt sind, so daß zusätzliche Variationen keine Rolle mehr spielen.

Wir haben andererseits beobachtet, daß sich die Patienten bei vorgegebenem Phenylalanin-Spiegel hinsichtlich der Blutspiegel der Säuren aus dem Transaminierungsweg zum Teil erheblich unterscheiden. Abhängig hiervon besteht wiederum auch ein Unterschied in den Urin-Spiegeln dieser Säuren.

In zwei unabhängigen Untersuchungen an 16 bzw. sechs niemals behandelten Patienten mit Phenylketonurie haben wir festgestellt, daß die Rest-Intelligenz dieser Patienten um so höher ist, je weniger (bei gegebenem Phenylalanin-Blutspiegel) Phenylbrenztraubensäure und Phenyl-

von Phenylbrenztraubensäure bestanden und deshalb die Gehirnentwicklung besonders stark gestört wurde. Diese Gedanken sind zunächst auf Ablehnung gestoßen. Inzwischen mehren sich aber die Stimmen in der Literatur, daß zu einer umfassenden Beurteilung der Prognose eines Patienten mit Phenylketonurie auch die Kenntnis seiner ererbten biochemischen Ausstattung für die Synthese von Stoffwechsel-Produkten des Phenylalanins gehört.

#### Epilog: Das Pantoffeltierchen eine schwimmende Nervenzelle?

Die enormen Fortschritte der Biologie beruhen mit auf dem festen und gut begründeten Glauben der Biologen, daß grundlegende biologische Mechanismen universell sind. Kennzeichnend ist der Satz von Jaques Monod: "Was für E.coli gilt, ist auch für Elefanten wahr, und für diese ganz besonders." Das Pantoffeltierchen *Paramecium* ist in diesem Sinne auf dem Wege, das Modell für eine erregbare Zelle, für eine Nervenzelle zu werden (Hinrichsen und Schultz, 1988). Erbli-

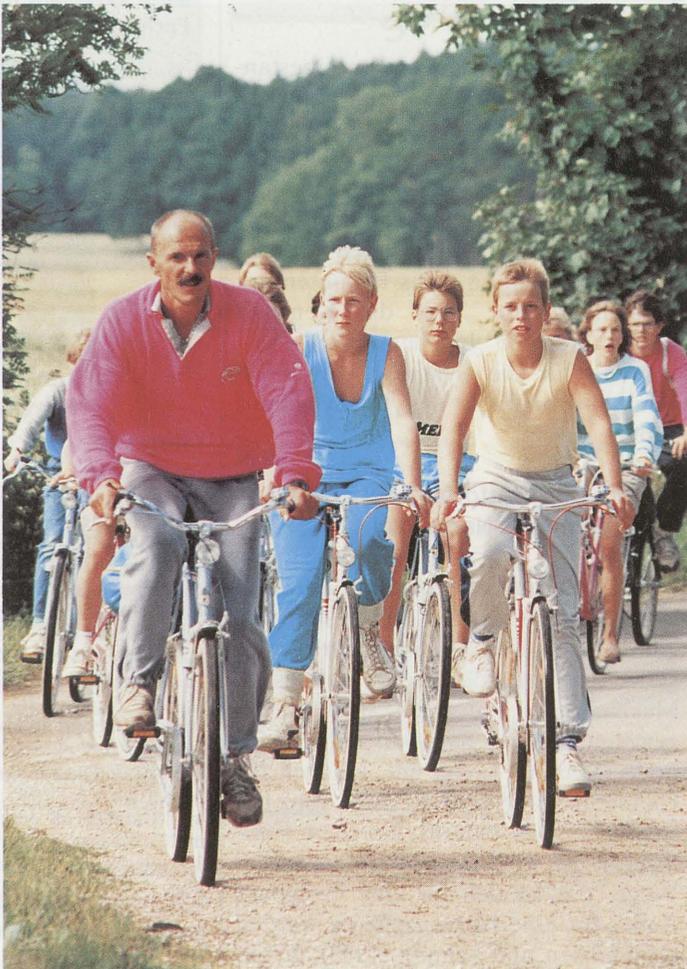


# Sport

# Spiel

# Spaß

Freude an der Bewegung, frische Luft und nette Leute locken immer mehr Menschen zum Freizeitsport. Sie sind weniger an sportlicher Leistung interessiert, sondern sie wollen in erster Linie Spaß haben. Und nebenbei noch etwas für die Gesundheit tun.



*Die Motive der Freizeitsportler ändern sich: Nicht mehr die Höchstleistung, ausgedrückt in Zehntelsekunden und Zentimeter steht an oberster Stelle, sondern Freizeitvergnügen und Gesundheitsbewußtsein. Daß sich beides vereinen läßt, haben Mitarbeiter des Instituts für Sportwissenschaften beobachtet. Sie haben außerdem festgestellt, daß das eine vom anderen abhängt: Sport ist nur dann gesund, wenn er auch Spaß macht - wie zum Beispiel der Freizeitsport.*

Von  
Klaus Bös  
und Jürgen Renzland



Nach repräsentativen Umfragen (Allensbach, Bat, Emnid) interessieren sich 77 Prozent der Bevölkerung für Sport, 45 Prozent üben Sport aktiv aus. Von den 22 Millionen sportlich Aktiven treibt nur 1 Million Leistungssport (2 Prozent der Bevölkerung), 11 Millionen treiben gelegentlich Sport und 10 Millionen sind regelmäßig mindestens einmal pro Woche aktiv (Abb. 1).

Trotz dieser Zahlenverhältnisse wird das Bild des Sports in Sportvereinen und Medien weitgehend von den "olympischen Sportarten" und wettkampftypischen Werthaltungen geprägt. Dagegen präferieren Freizeitsportler längst eine breite Palette alternativer Sport- und Bewegungsformen (Aerobic, Bodybuilding, Drachenfliegen, Snowboardfahren) und auch in anderen freizeitrelevanten Sportarten (Fahrradfahren, Jogging, Schwimmen) sind die vereins- und wettkampftypischen Sportmotive von individualistischen und hedonistischen Motiven überlagert. Im Sport zeigen sich damit Parallelen zum konstatierten Wertewandel im freizeitkulturellen Lebensstil. Sportorganisationen und Sportfunktionäre haben diese veränderten Motive nur

sehr zögernd zur Kenntnis genommen. Auch die Sportwissenschaft hat bisher selten ihr Augenmerk auf den Freizeitsport gerichtet, da Schwerpunkte sportwissenschaftlicher Forschung in der Vergangenheit mehr in den Anwendungsfeldern Schulsport, Leistungssport und in letzter Zeit zusätzlich auch im Rehabilitationssport lagen. Standortbestimmungen von Sport und Sportwissenschaft für die neunziger Jahre auf nationalen und internationalen Kongressen, neu eingerichtete Studienschwerpunkte an sportwissenschaftlichen Instituten sowie die Schaffung von Professuren mit Schwerpunkt Freizeitsport lassen hier neue Akzente für den "Menschen im Sport 2000", so das Motto eines richtungsweisenden Kongresses des Deutschen Sportbundes (DSB), erhoffen.

Der Arbeitsbereich Freizeitsport am Institut für Sportwissenschaften (IfS) der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt wurde im Rahmen eines Diplomstudienganges im März 1987 neu konzipiert. Die Formulierung einer Forschungs- und Praxis-konzeption steht erst am Anfang. Sie muß berücksichtigen, daß der Gegenstandsbereich Freizeitsport zwar definiert ist, daß aber Probleme bezüglich



Kraft und Erfolg, Anmut und Eleganz sind die Ergebnisse langjähriger und harter Trainingsarbeit.

**FREIZEITSPORT  
ALS MASSENBEWEGUNG**

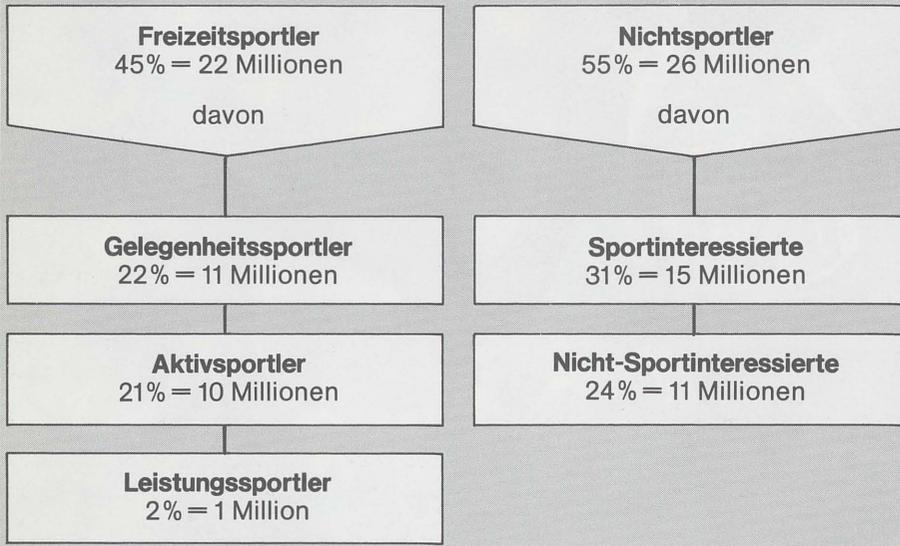


Abb. 1: Sportinteresse und Sportaktivität in der Bundesrepublik Deutschland [Opaschowski 1987, 16].

adäquater Forschungszugänge bestehen. Zentrale offene Fragen sind die Auswahl aussagekräftiger Forschungsmethoden sowie die Anwendung angemessener Interventionsstrategien. In einem ersten Zugang haben wir in umfassenden Befragungen die Interessensstrukturen und das Freizeitverhalten Erwachsener analysiert (Abb.2).

Unser weiteres Arbeitskonzept ist in einem interdisziplinären Zugang darauf ausgerichtet, sportbezogene Gesundheitstheorien und ihre konstituierenden Elemente empirisch zu überprüfen und weiterzuentwickeln,

diagnostische Informationen zu erfassen und in größeren Zusammenhängen zu analysieren sowie auf dieser Basis theoriegeleitet Sportprogramme zu entwickeln, durchzuführen und zu evaluieren.

Als parallele praxisbezogene Arbeitsschritte haben wir öffentlichkeitswirksame Maßnahmen wie eine Fitnessstest-Aktion während der Frankfurter Gesundheitstage 1988 und das Spiel- und Sportfest der Universität 1989 initiiert, um unsere Konzeption transparent zu machen. In wissenschaftlichen Begleituntersuchungen

dieser Praxismodelle analysieren wir Art und Umfang des Sporttreibens sowie, ob und gegebenenfalls wie durch Sportprogramme eine Veränderung sportbezogener Einstellungen, körperlicher Aktivität und körperlicher Leistungsfähigkeit erzielt werden kann.

Es besteht sicherlich ein Konsens darüber, daß interessens- und könnenangepaßter Sport zu einer Verbesserung oder Erhaltung der körperlichen Leistungsdispositionen beiträgt. Optimal präventiv wirksam sind sportliche Aktivitäten nach unserer Annahme aber nur, wenn sie für den einzelnen Sporttreibenden Anlaß sind oder ihm dabei helfen, gesundheitsriskante Lebensweisen zum Positiven zu verändern. Begründungen für diese Annahme lassen sich aus Modellvorstellungen zu Gesundheit und Gesundheitserziehung sowie aus publizierten Forschungsergebnissen ableiten.

**Sport und Gesundheit -  
Welche Zusammenhänge gibt es?**

Am meisten diskutiert, empirisch überprüft und in handlungsrelevante Gesundheitsregeln umgesetzt ist das Risikofaktorenmodell, das wegen seiner Bedeutung oft schon als klassisch charakterisiert wird. Da Bewegungsmangel in diesem Modell als eine wesentliche Komponente ausgewiesen ist, ja selbst das Attribut Risikofaktor trägt, ist der Stellenwert des Sporttreibens evident. Aus der Perspektive des Risikofaktorenmodells hat Sport Auswirkungen auf isolierte und isolierbare Risikofaktoren. So wurde untersucht, daß Sport z.B. die Höhe des Cholesterinspiegels und die

**Motivstruktur von Freizeitsportlern**

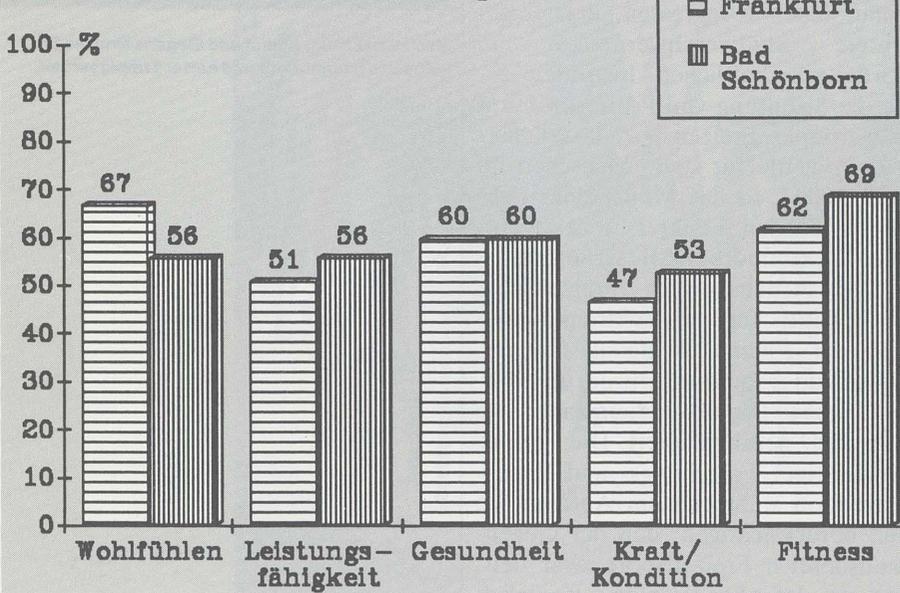


Abb. 2: Insgesamt 700 Männer und Frauen des Altersbereiches von 18 bis 65 Jahren aus unterschiedlichen Wohnorten (Stadt/Land) wurden danach gefragt, welche Motive sie zum Sporttreiben bewegen. Vorgegeben wurde eine Liste mit 38 Motiven, die auf einer fünfstufigen Skala (sehr wichtig - unwichtig) eingeschätzt werden sollten. Die Abbildung zeigt differenziert nach Stadt/Land den Prozentsatz der Personen, die ausgewählte Motive als "sehr wichtig" eingeschätzt haben. Die wichtigsten Beweggründe zum Sporttreiben sind "Ich treibe Sport, um mich wohlzufühlen" (Stadtbevölkerung) und "Ich treibe Sport, um meine Fitness zu verbessern" (Landbevölkerung). "Gesundheit verbessern" wird in beiden Stichproben von 60 Prozent der Befragten als sehr wichtig eingeschätzt. Niedriger sind die Motivpräferenzen für die Kategorien "Leistungsfähigkeit verbessern" sowie "Kraft/Kondition verbessern". Interpretiert man "Fitness" im Sinne der Definition der Weltgesundheitsorganisation (WHO) "as a state of physical, mental, and social well being", so bestätigen diese Umfrageergebnisse bei Freizeitsportlern die Favorisierung der Motivdimensionen "Wellness" und "Gesundheit" vor den klassischen wettbewerbsorientierten Leistungsdimensionen.

Zusammensetzung der Blutfette beeinflusst, das Herz-Kreislauf-System stärkt und so die Wahrscheinlichkeit für koronare Herzerkrankungen verringert. Eine ökonomisierte Atmung ist ebenso Effekt sportlichen Trainings wie eine Vorbeugung von Haltungsschäden und degenerativen Erkrankungen des Bewegungsapparats.

Diese primären Wirkungen des Sports können jedoch nicht immer und uneingeschränkt postuliert werden. Sporttreiben muß bestimmte Voraussetzungen hinsichtlich Art, Umfang und Intensität erfüllen, wenn präventive Ziele erreicht werden sollen. "Richtiger" Gesundheitssport aus der Sicht des Risikofaktorenkonzepts ist vor allem zyklischer Ausdauersport (z.B. Laufen, Schwimmen, Radfahren, Wandern). Solche Sport- und Bewegungsformen erlauben eine einfache Intensitätssteuerung über Zeit- und Streckenmessung oder besser über Herz- und Atemfrequenzen. Ausdauersport erscheint als "Breitbandpharmakon", das von der Sportmedizin wie ein Medikament verordnet und individuell dosiert werden kann. Ein bekanntes Beispiel für die praktische Umsetzung eines sportmedizinisch legitimierten Modells ist die "Trimming 130" Aktion, die der DSB im Jahre 1982 ins Leben gerufen hat. Die Slogans zu dieser Aktion sind weithin bekannt und haben Tausende zum Mitmachen veranlaßt. Das Kernstück dieser sportmedizinisch beratenen Aktion, die Steuerung der Trainingsintensität über die Herzfrequenz, hat jedoch in den seltensten Fällen Zugang in das alltägliche Training von Freizeitsportlern gefunden.

Unseres Erachtens greift hier die funktionale Sichtweise des klassischen Risikofaktorenansatzes und des daran gebundenen Konzepts für eine Gesundheitserziehung zu kurz. "Gesun-

## Bewegungsmangel und körperliche Mangelercheinungen

Im Erwachsenenalter begünstigt chronischer Bewegungsmangel die Entstehung zahlreicher Erkrankungen und Risikofaktoren:

### ► Herz-Kreislauf-Erkrankungen:

Koronarinsuffizienz mit verminderter Durchblutung der Koronararterien, Kreislaufregulationsstörungen wie Bluthochdruck mit der Neigung zur Herzschwäche und wahrscheinlich zur Arteriosklerose, periphere Durchblutungsstörungen etc.

► **Stoffwechselkrankheiten:** Hier ist primär ein starker Anstieg der Blutfette (z.B. Cholesterin) mit entsprechend gefäßschädigenden Wirkungen (z.B. Atherosklerose) zu nennen.

► **Schäden am Bewegungsapparat:** Bewegungsmangel begünstigt Gelenkverschleiß, Erkrankungen der Wirbelsäule und ist zusammen mit Muskelfunktionsstörungen an der Entstehung von Haltungsschäden beteiligt.

► **Adipositas** (Übergewicht, Fettleibigkeit): Übergewicht stellt neben Rauchen und Streß einen "klassischen" Risikofaktor dar, der die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung von Zivilisationskrankheiten erhöht und u.a. direkte Folge von Bewegungsmangel sein kann.

► **Vegetative Dystonien:** Psychovegetative Funktionsstörungen mit z.B. erhöhtem Streßerleben sind oftmals Ausdruck fehlenden Bewegungsausgleichs.

der Sport" läßt sich nicht beliebig als "Ersatzhandlung" für gesundheitsrisikante Lebensweisen (Bewegungsmangel, Fehlernährung, 'Alltagsdrogen') propagieren. Auch regen sich in jüngerer Zeit zunehmend Zweifel am weiten Gültigkeitsanspruch des Risikofaktorenansatzes. Zwar sind Risikofaktoren recht gute Prädiktoren z.B. für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, sie klären jedoch nur einen geringen Teil der Varianz auf. Die Vermutung liegt nahe, daß traditionelle Risikofaktoren lediglich als Mediatoren in der Krankheitsentstehung auftreten und daß andere, beispielsweise psychosoziale Faktoren, ursächlich verantwortlich sind [vgl. Badura].

Gefragt sind Gesundheitstheorien, die mehr zu leisten in der Lage sind, die Gesundheit und die Faktoren, die sie fördern oder beeinträchtigen, besser erklären. Wie sozialepidemiologische Studien nahelegen, ist aus sozialwissenschaftlicher Perspektive Gesundheit als vielschichtige, dynamische Interaktion aufzufassen, die sich zwischen zahlreichen innerhalb oder außerhalb einer Person angesiedelten, somatischen und psychosozialen Risiko- und Schutzfaktoren abspielt [vgl. Ulich]. Risikofaktoren haben belastende, Schutzfaktoren entlastende, also schützende Wirkungen auf die Gesundheit. Der Gesundheitszustand bzw. das aktuelle Gesundheitsniveau resultiert aus dem jeweiligen spezifisch gewichteten Verhältnis von Risiko- und Schutzfaktoren. Die Erweiterung eines somatischen Ansatzes um die Einbeziehung psychosozialer Faktoren hat inzwischen durch eine Reihe von Forschungsergebnissen empirische Bestätigung erfahren.

Aus dieser Perspektive kann Sporttreiben zu einer generellen Veränderung des Verhältnisses von Risiko- und hier besonders psychosozialen

Zufriedene Kunden  
haben uns  
zum größten Apple-Händler  
Deutschlands gemacht



BROSIUS & KÖHLER GmbH & Co. KG  
Berner Straße 53 · 6000 Frankfurt am Main 56 · Tel.: 0 69 / 5 07 61 61

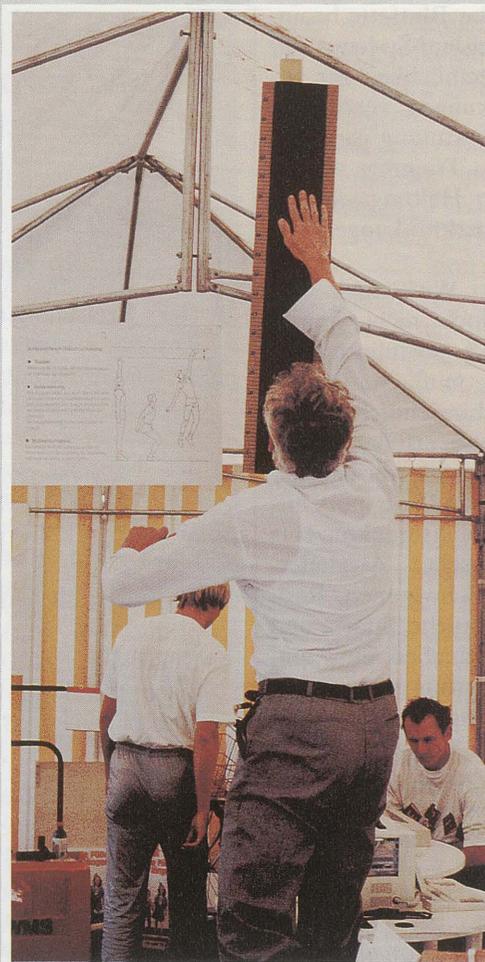


## Frankfurter Gesundheitstage

Unter dem Motto "Gesundheit zum Mitmachen" führte die Stadt Frankfurt im September 1988 in verschiedenen Stadtteilen 12 Aktionstage zum Thema Gesundheit durch. Gemeinsam mit dem Sportmedizinischen Institut der Universität Frankfurt und Frankfurter Vereinen gestaltete der Arbeitsbereich Freizeitsport am Institut für Sportwissenschaften (IfS) ein "Fitnesszelt" mit dem Ziel, sportbezogene Präventionskonzepte in der Praxis zu erproben. Angeboten wurden fünf sportmotorische Testaufgaben zur Messung von Komponenten der körperlichen Leistungsfähigkeit. Mittels computerunterstützter Auswertung erhielten die 200 getesteten Frankfurter Bürger(innen) sofort eine Profilauswertung ihres momentanen Fitnesszustandes mit anschließender Sportberatung. Die Aktion wird in Zusammenarbeit mit dem Gesundheitsamt weitergeführt. Allen Interessierten wird die Möglichkeit zur Teilnahme an speziell konzipierten Sportprogrammen geboten. Diese Sportprogramme werden am IfS durchgeführt und wissenschaftlich begleitet.

## Sport- und Spielfestival der Universität

Leitidee des Sport- und Spielfestivals ist ein offenes, gemeindenahes Spiel- und Sportkonzept, das neben dem erfolgsorientierten Leistungsvergleich auch auf Kommunikation und Erleben in einer freizeitorientierten Spiel-, Sport- und Bewegungskultur ausgerichtet ist. Das Angebot für die Teilnehmer beinhaltet daher sportliche Wettkämpfe, Spiele ohne Wettkampfcharakter sowie Diagnose und Beratungsstationen. Die individuelle Sportberatung wird auf der Grundlage sportmotorischer Tests und biomechanischer Messungen durchgeführt. Das Sport- und Spielfestival steht unter der Schirmherrschaft des Präsidenten der Universität und des Frankfurter Oberbürgermeisters. Es wird als Teil der 75-Jahr-Feiern der Johann Wolfgang Goethe-Universität am 30. Juni 1989 auf dem Gelände des IfS stattfinden. Veranstalter ist die Universität in Zusammenarbeit mit der Stadt Frankfurt, der Schulbehörde, Sportverbänden und Frankfurter Sportvereinen. Ausrichter sind das Institut für Sportwissenschaften und das Zentrum für Hochschulsport.



Wie fit bin ich? Teilnehmer beim Fitneßtest während der Frankfurter Gesundheitstage im September 1988.

Sport- und Spielfeste erfreuen sich wachsender Beliebtheit. Die Fotos auf der gegenüberliegenden Seite zeigen Kinder und Erwachsene beim Spielfest der Universität Frankfurt im vergangenen Jahr.



Schutzfaktoren beitragen. Beispielsweise durch die Verminderung von Streß und über die Förderung von Wohlbefinden. Somit rücken zusätzlich die sekundären Effekte von Sporttreiben und damit folgende Fragen ins Blickfeld: Beeinflußt regelmäßiges Sporttreiben beispielsweise das Ernährungsverhalten, den Umgang mit Genußgiften, die Bewältigung von Streß, das Wohlbefinden? Kurz: Hat Sporttreiben einen Einfluß auf die Lebensweisen? Zur Klärung dieser Fragen ist ein interdisziplinärer Zugang von Vorteil. Beschreibung und Untersuchung von Auswirkungen sportlichen Trainings sollten an theoretischen Vorstellungen über das Zustandekommen und die Aufrechterhaltung von Gesundheit orientiert sein, um bei systematischer Vorgehensweise Weiterentwicklungen in der Interaktion von Theorie und Praxis zu ermöglichen.

### Wie sollte "gesunder" Freizeitsport aussehen?

Das zentrale Problem der Praxis heißt, welcher Sport ist für wen geeignet? Angesichts der Tatsache, daß mit zunehmendem Alter sowie in Abhängigkeit von Geschlecht und Schicht die Rate sportlich Aktiver rapide sinkt, liegt die Vermutung nahe, daß viele der über 30jährigen, der Frauen und der Angehörigen niederer sozialer Schichten, sich am üblichen Sportangebot nicht beteiligen wollen oder können (Abb. 3) Die Gründe hierfür sind zum Teil in den festen Strukturen des organisierten Sports zu suchen. Es darf aber auch nicht übersehen werden, daß sportliche Leistungs- und Verhaltensnormen nicht von jedem erreicht werden können oder als verbindlich erachtet werden.

Die individuelle Leistungsfähigkeit vieler Sportinteressierter ist, gemessen am Niveau bestehender (Vereins-)Sportgruppen, (subjektiv oder objektiv gesehen) zu niedrig und stellt so eine "Mitmachbarriere" dar. Motiven, Zielsetzungen und Wünschen des Einzelnen wird oft nur wenig oder überhaupt nicht entsprochen. Damit fehlt dem Sport die wichtigste Voraussetzung dafür, daß er auf Dauer gesund ist: Der Spaß! Langfristig wird nur der beim Sport bleiben, dem seine Aktivitäten auch Spaß machen. Die Ausführungen zum "gesunden" Sport aus der Perspektive des Risikofaktorenmodells sind folglich zu relativieren. Gesunder Sport ist aus sportpädagogischer Sicht im besonderen lust-

## Sport hilft beim Abbau vom Streß

Die Zahl der Publikationen über psychische Auswirkungen des Sporttreibens hat sich in den vergangenen Jahren enorm ausgeweitet. Das bedeutet allerdings nicht, daß eine entscheidende Klärung der Befundlage stattgefunden hat. Der Nachweis kausaler Beziehungen zwischen Sporttreiben und psychischen Auswirkungen ist bisher noch nicht überzeugend gelungen, was zum Teil auf methodische Probleme (selektive Stichproben etc.) zurückzuführen ist. Wir wollen uns deshalb auf tendenzielle Zusammenhänge beschränken.

Wohlbefinden ist offenbar sowohl Ziel als auch Ergebnis des Sporttreibens. In zahlreichen Studien zeigen sich Zusammenhänge zwischen sportlichem Training, verbesserter Stimmungslage und Wohlbefinden. Sport um "Wohlbefinden zu erleben" ist für die Mehrheit der sportlich Aktiven ein wichtiges Motiv (Abb. 2). Sport hilft beim Abbau von Spannungen und Streß und reduziert das Angstniveau. Bewegungstraining wurde bei Depressions- und Drogentherapien vielfach erfolgreich erprobt. Weiterhin unterscheiden sich Sporttreibende in zahlreichen Persönlichkeitsvariablen von Nichtsportlern (z.B. Kontrollüberzeugungen, Ich-Identität, Kreativität, Selbstbild).

und freudvoll erlebter Sport. Ein als befriedigend erlebtes Sportspiel kann mehr zum Wohlbefinden beitragen als ein funktionales Ausdauer- oder Konditionstraining. Entscheidend ist in jedem Fall die sporttreibende oder sportinteressierte Person mit ihren



**Professor Dr. Klaus Bös (40) (links im Bild) lehrt am Institut für Sportwissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt mit den Schwerpunkten Diagnostik, Motorikforschung und Freizeitsport. Er promovierte 1980, erhielt 1982 die Carl-Diem-Plakette in der Sektion Geistes- und Sozialwissenschaften und habilitierte sich 1986 in Heidelberg. Er ist Autor zahlreicher Publikationen und engagierter Freizeitsportler.**

**Jürgen Renzland (36) (rechts im Bild) ist Diplompsychologe und Studienassessor mit den Fächern Sport und Mathematik. Seine Schwerpunkte liegen im Bereich Sport und Gesundheit.**



spezifischen individuellen Voraussetzungen. Diese zu kennen und auch zu berücksichtigen ist eine wichtige Bedingung für die Akzeptanz und damit den Erfolg von Sportprogrammen. Anderenfalls ist die Wahrscheinlichkeit groß, daß selbst anfangs interessierte Teilnehmer ihren Elan verlieren und "aussteigen".

**Das drop - out - Phänomen**

Sportinteressierte zum Mitmachen anzuregen, sie zum regelmäßigen Sporttreiben und Spielen zu motivieren, ist ein recht schwieriges Unterfangen. Wie zahlreiche Studien nahelegen, ist es aber fast noch schwieriger, Einsteiger zum Dabeibleiben zu bringen. Nach amerikanischen Untersuchungen liegt die drop-out-Rate in den ersten Wochen im Durchschnitt bei etwa 50 Prozent. Ausschlaggebend für die hohe Aussteigerquote ist mehrheitlich eine große Diskrepanz zwischen den Vorstellungen, die ein Einsteiger vom Sportangebot hat und dem tatsächlichen Programm.

Subjektiven Zielsetzungen, Wünschen, Interessen und Möglichkeiten des Einzelnen wird oft nicht in ausreichendem Maße entsprochen. Dabei gilt es zu bedenken, daß sportliche Betätigung mit einem gewissen Zeitaufwand verbunden ist und so einen nicht unerheblichen Teil an Freizeit beansprucht. Kosten-Nutzen-Überlegungen können dann unter Umständen zu einem Ausstieg aus dem Sport führen.

Als häufiger drop-out-Grund erweist sich zusätzlich eine fehlende Passung zwischen individueller Leistungsfähigkeit und Trainingsbelastung. Überforderung beim Sport stellt für viele eine zusätzliche Streßquelle dar, insbesondere wenn sie mit einem sozialen Vergleich verbunden ist ("Ich bin nicht so gut, wie Herr Meier"). Aber auch Unterforderung kann Unterforderungsstreß mit Symptomen wie Monotonie, Langeweile und Sättigung nach sich ziehen. Selbst ein ursprünglich interessantes und fähigkeitsangepaßtes Trainings- oder Bewegungsprogramm kann auf Dauer langweilig werden, wenn es nicht der ver-

änderten Fitness und sich wandelnden Motiven Rechnung trägt.

**Zur Umsetzung des Freizeitsportkonzepts - erste Ergebnisse und Perspektiven**

Die Konzeption von Sportprogrammen sollte deshalb mit einer gezielten, wissenschaftlich begründeten Basisdiagnose des Ist-Zustandes beginnen. Ziele, Motive, Interessen und Befindlichkeit sind dabei ebenso relevant wie verschiedene Dimensionen der motorischen Leistungsfähigkeit und die sportliche Biographie. Erst auf Grundlage derartiger diagnostischer Daten können konzeptionelle Programmentscheidungen getroffen und in ihrer praktischen Umsetzung evaluiert werden.

So ist es im Einzelfall beispielsweise wichtig zu wissen, ob man es mit einem/einer Sportanfänger/in, Wiederbeginner/in oder Könnler/in zu tun hat, ob Gesundheit das wichtigste Motiv ist oder andere zentraler sind, ob individuelles Trainingsziel die Erhal-

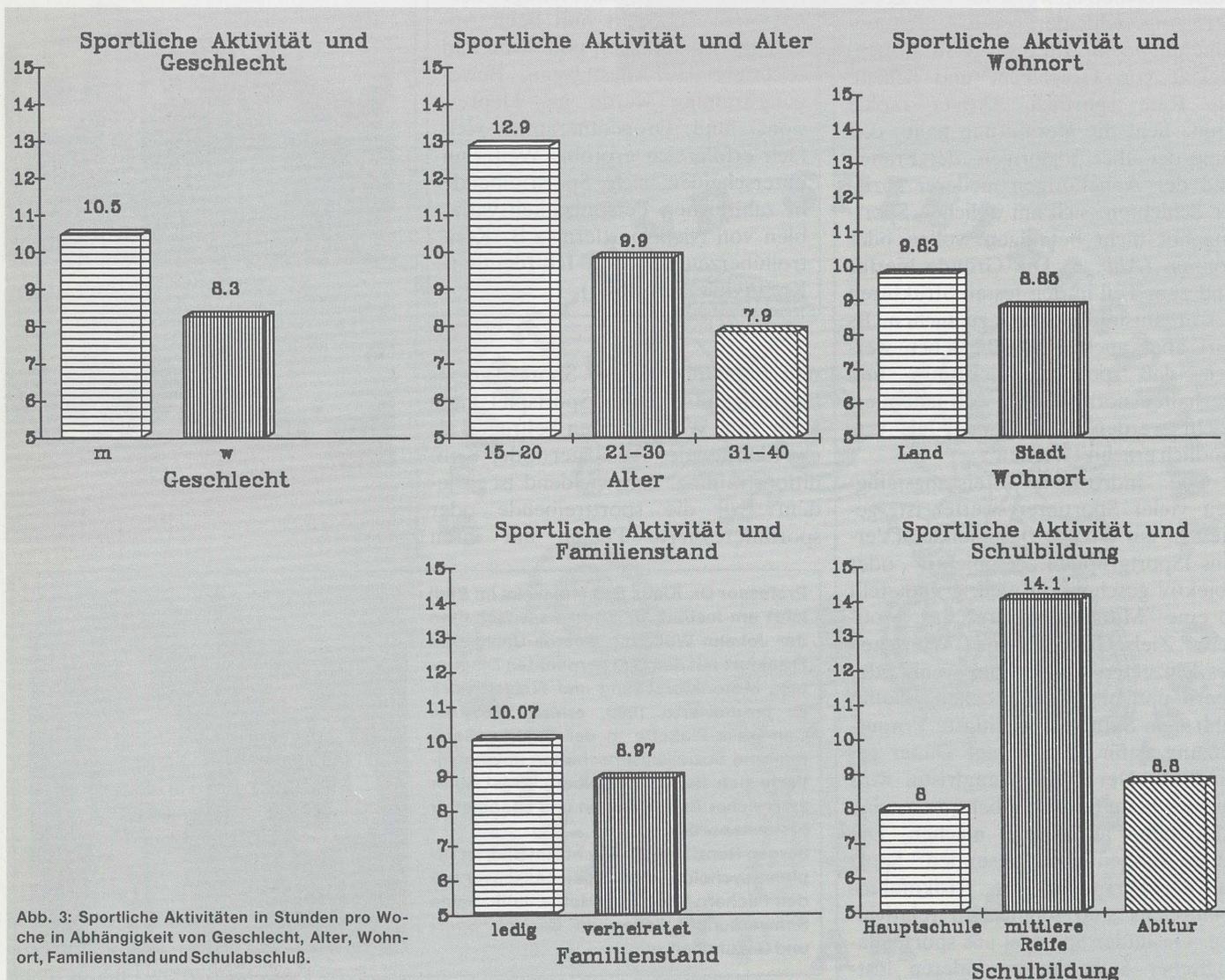


Abb. 3: Sportliche Aktivitäten in Stunden pro Woche in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter, Wohnort, Familienstand und Schulabschluß.

tung oder die Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit ist und nicht zuletzt wie "fit" eine Person ist. Fitness ist aber nicht, wie es die Ausführungen zum Risikofaktorenkonzept vielleicht nahelegen, ausschließlich mit hoher Leistungsfähigkeit im Ausdauerbereich gleichzusetzen. In eigenen empirischen Untersuchungen zur Motorik- und Bewegungsforschung konnten motorische Fähigkeiten nach Inhalten und Komplexität differenziert werden. Aus dieser Differenzierung lassen sich die sogenannten "Fitnessbausteine" Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Koordination und Beweglichkeit ableiten. Ein Mindestmaß an Leistungsfähigkeit in allen fünf Fitnessbereichen ist Grundvoraussetzung für das in unserem Sinne "richtige" Sporttreiben. Spaß, Interesse und Motivation schaffen in aller Regel nur die Aktivitäten, die man bis zu einem gewissen Grad kann, oder bei denen die Realisierung persönlicher Zielsetzungen in absehbarer Zeit wahrscheinlich ist [Bös/Renzland]. (s. Fitnesstest Seite 26 u. 27)

Die Datenanalyse im Querschnitt erlaubt Aussagen über das Beziehungsgefüge der Komponenten von Gesundheitsmodellen. Über die Verlaufsevaluation von Sportprogrammen im Längsschnitt kann deren Akzeptanz und Effizienz bei gesundheitsbildenden Maßnahmen überprüft werden. Im ersten Schritt versuchen wir, das Beziehungsgefüge einzelner Komponenten von Gesundheit aufzuhellen und festzustellen, ob und gegebenenfalls wie eine Veränderung der körperlichen Leistungsfähigkeit das Verhältnis von Risiko- und Schutzfaktoren

**Literatur**

Badura, B.: Sozialepidemiologie in Theorie und Praxis. In: Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (Hrsg.): Europäische Monographien zur Forschung in der Gesundheitserziehung. Band 5. Köln 1983, 29-48.  
 Bös, K.: Wie leistungsfähig bin ich? Fitness-Tests für Sportler und Nichtsportler. Oberhaching: sportinform 1987.  
 Bös, K./Mechling, H./Hortdörfer, B.: Sportbezogenes Freizeitverhalten. Projektbericht Frankfurt/Köln 1989.  
 Bös, K./Renzland, J.: Sport und Spiel für Eltern und Kinder. Das gesunde Vergnügen für die ganze Familie. Oberhaching: sportinform 1989.  
 Opaschowski, H.W.: Sport in der Freizeit. Mehr Lust auf Leistung. Auf dem Weg zu einem neuen Sportverständnis. Hamburg: Bat 1987.  
 Ulich, D.: Krise und Entwicklung. Zur Psychologie der seelischen Gesundheit. Weinheim: Psychologie Verlags Union 1987.  
 Wydra, G.: Entwicklung und Evaluation eines didaktischen Modells der Sporttherapie im Bereich stationärer Heilbehandlungen. Dissertation Heidelberg 1985.

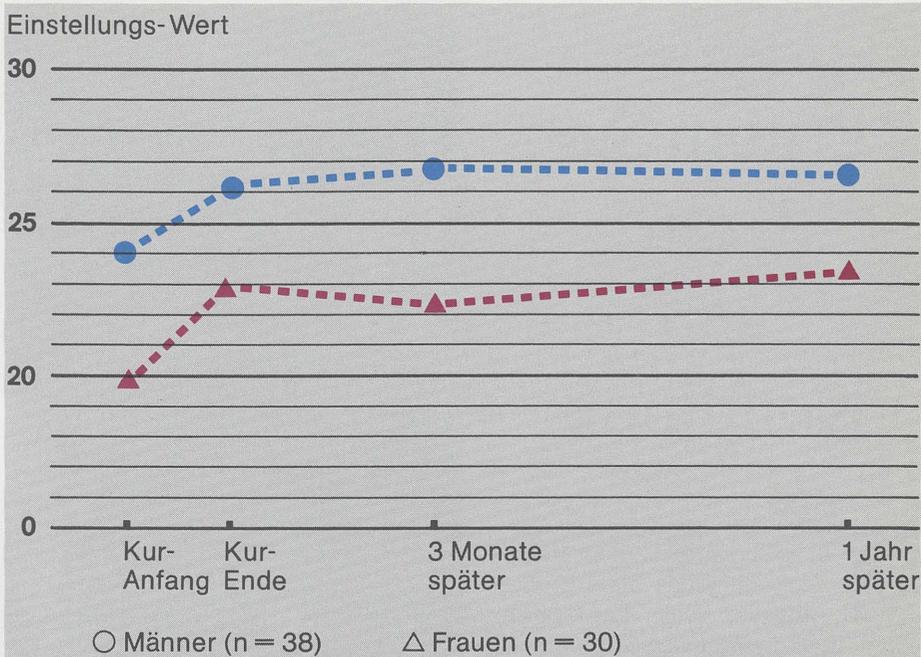


Abb. 4: Die Veränderung des Einstellungswertes zur sportbezogenen Aktivität [Wydra 1985].

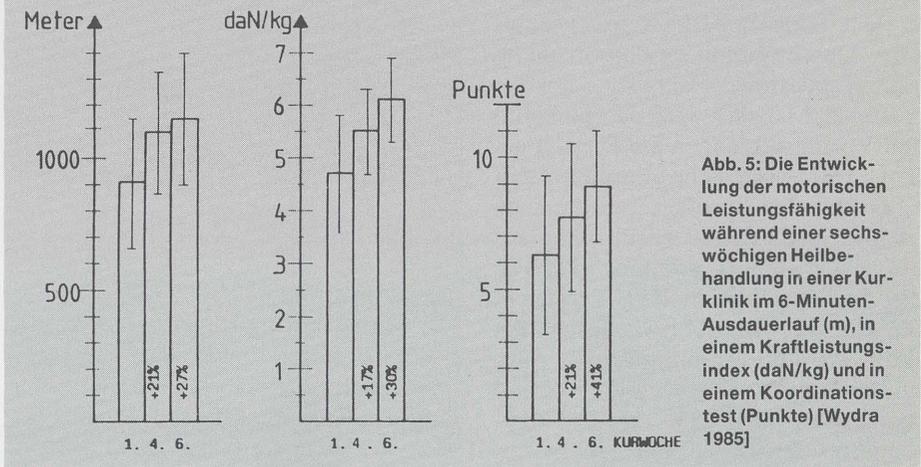


Abb. 5: Die Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit während einer sechs-wöchigen Heilbehandlung in einer Kurklinik im 6-Minuten-Ausdauerlauf (m), in einem Kraftleistungsindex (daN/kg) und in einem Koordinations-test (Punkte) [Wydra 1985]

verändert. Unsere Annahme ist, daß eine, bis zu einem gewissen Grad verbesserte Fitness das Potential der Schutzfaktoren erhöht und - als sekundären Effekt - zu einer Veränderung der Lebensweise führt.

Ergebnisse von Studien, die wir im Zuge einer langjährigen Kooperation mit den Bosenberg - Fachkliniken (St. Wendel) durchführten, lassen den eingeschlagenen Weg plausibel erscheinen. Ausgewählte Befunde verdeutlichen die Effektivität dort initiierten sechswöchiger Kur-Sportprogramme, die zu deutlichen positiven Veränderungen auf der Fähigkeits- und Einstellungsebene geführt haben. Auf der Befindensebene konnte ebenfalls eine Verbesserung über den Kurzzeitraum von sechs Wochen konstatiert werden [vgl. Wydra]. Die Rückführung dieses letztgenannten Effekts auf das Sportprogramm als nur eine Komponente des gesundheitsbildenden

Maßnahmenbündels ist allerdings nicht gerechtfertigt.

Neben bereits laufenden Forschungsarbeiten mit Personen unterschiedlicher Altersgruppen und aus unterschiedlichen Organisationen (Universität, Schule, Sportverein, Klinik) ist mit Personen der bereits vorn erwähnten Frankfurter Stichprobe ab April 1989 eine Studie geplant. Anlässlich der Frankfurter Gesundheitstage 1988 führten wir im Rahmen einer Sportberatung eine computerunterstützte Basisdiagnose durch. Ein Ziel dieser Aktion war die Erarbeitung einer Datenbasis zur Entwicklung zielgruppenspezifischer Fähigkeits- und interessenorientierter Sportprogramme, die nun einer quer- und längsschnittlichen Evaluation unterzogen werden. Wir knüpfen damit an bereits früher durchgeführte Arbeiten an, die wir zukünftig um den gesundheitstheoretischen Aspekt erweitern.



# Prüfen Sie Kraft und Kondition

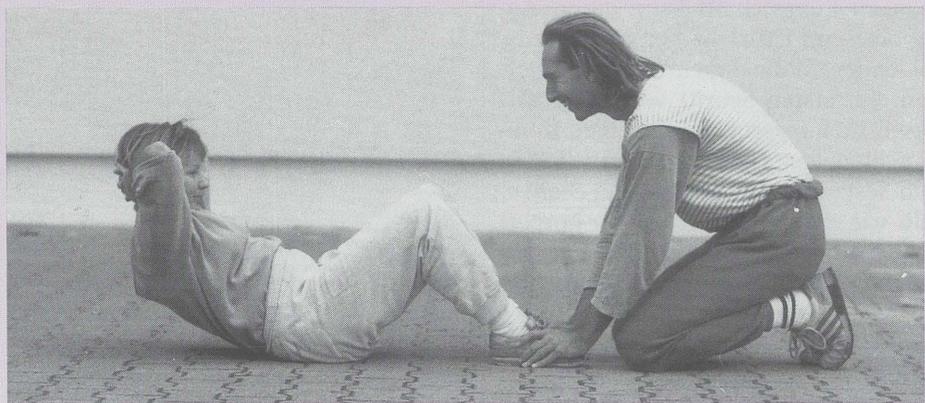
**M**it unserer Fitness-Testbatterie kann jeder ohne großen Aufwand seine Leistungsfähigkeit in den Fitnessbereichen Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination überprüfen. Als Selbsttest konzipiert erlaubt sie dem Sporttreibenden bei wiederholter Durchführung eine permanente Trainingskontrolle. Ein so selbstgeschaffener Maßstab wird den persönlichen Voraussetzungen am ehesten gerecht. Der zusätzliche Vergleich mit an Referenzstichproben gewonnenen Normwerten erlaubt darüber hinaus eine allgemeine Beurteilung der Fitness im interindividuellen Vergleich. Am Institut für Sportwissenschaften führen wir die Leistungsdiagnose computerunterstützt durch. Der Proband erhält sofort nach dem Test ein kommentiertes Testprofil. Bei den Normwerten unterscheiden wir fünf Beurteilungsstufen. Es handelt sich dabei um Prozentrangwerte. Bei den beiden untersten Klassifizierungen (gekennzeichnet mit (-) und (--)) raten wir zu einem gezielten Training. Ein durchschnittliche Ergebnis (0) ist eine für Freizeitsportler ausreichende Fitness.

Machen Sie einfach mit: Prüfen Sie Kraft und Kondition mit den folgenden Übungen. Ein Tip vorab: Lockern Sie Ihre Muskulatur vor Beginn des Tests!



**Cooper - Test**  
Innerhalb von 12 Minuten versuchen Sie, möglichst weit in gleichmäßigem Tempo zu laufen. Beginnen Sie am Anfang nicht zu schnell. Wenn nötig, können Sie auch Gehpausen einlegen. Benutzen Sie eine ebene, zuvor ausgemessene Strecke. Mit einem Fahrrad mit Tachometer können Sie die Strecke ausmessen oder benutzen Sie einen Schrittzähler.

Beurteilungsstufe	Prozentrang
(++) sehr fit	81 - 100
(+) fit	61 - 80
(0) gerade ausreichend fit	41 - 60
(-) mehr trainieren	21 - 40
(--) viel mehr trainieren	1 - 20



**Situps**

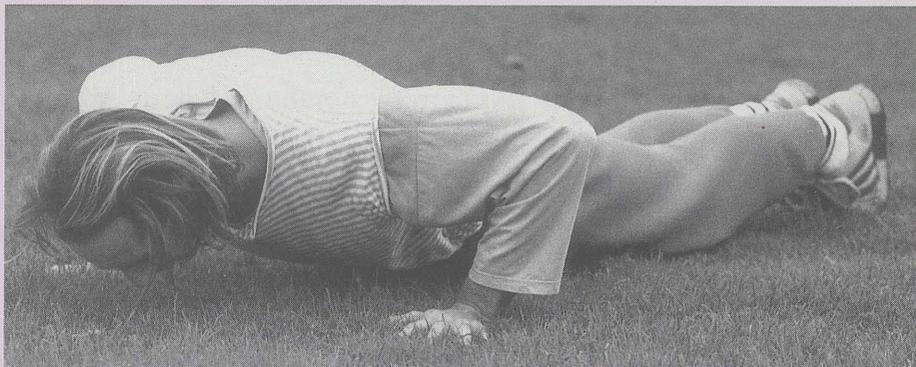
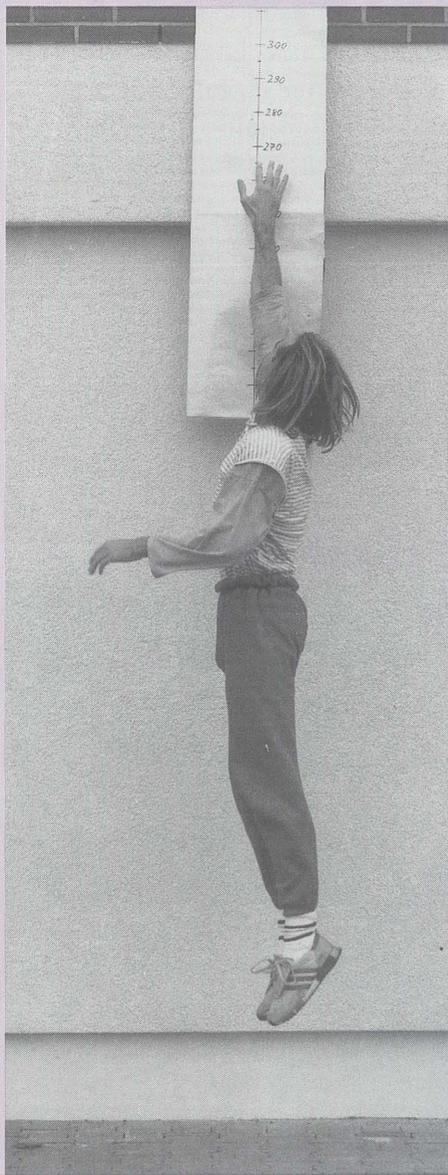
Sie liegen in Rückenlage auf einer Matte oder Decke. Ihre Knie sind gebeugt (90°) und berühren sich, die Hände sind im Nacken verschränkt. Ihr/e Partner/in fixiert Ihre Füße am Boden. Sie versuchen nun, in 60 Sekunden möglichst oft sich aus der Ausgangsposition aufzurichten und mit den Ellenbogen Ihre Knie zu berühren.

**Vergleichswerte für 40 - 50jährige Männer**

	Cooper-Test	Sit-ups	Standhochspr.	Liegestütz	Rumpfbeugen
sehr fit (++)	über 2450 m	über 18	über 49 cm	über 22	über +8 cm
fit (+)	bis 2450 m	bis 18	bis 49 cm	bis 22	bis +8 cm
gerade ausreichend fit (0)	bis 2200 m	bis 16	bis 43 cm	bis 18	bis +2 cm
mehr trainieren (-)	bis 2000 m	bis 14	bis 40 cm	bis 15	bis -1 cm
viel mehr trainieren (--)	unter 1800 m	unter 11	unter 36 cm	unter 13	unter -5 cm

### Standhochsprung

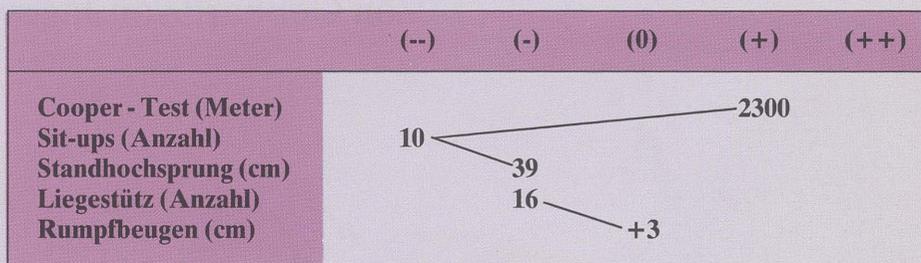
Messen Sie an einer Wand stehend Ihre Reichhöhe. Danach springen Sie mit beidbeinigem Absprung (ca. 20-30 cm Abstand von der Wand) möglichst hoch nach oben und berühren Sie mit dem Arm die Wand am höchsten Punkt. Ermitteln Sie die Differenz zwischen dieser Sprunghöhe und der Reichhöhe in Zentimetern. Ein Tip vorab: Um sich an den Bewegungsablauf zu gewöhnen, üben Sie den Test vorher einige Male ohne großen Krafteinsatz.



### Liegestütz

Sie stützen sich mit den Armen auf dem Boden ab. Die Hände sind etwa in Schulterbreite aufgesetzt, die Fingerspitzen zeigen leicht nach innen. Vorsicht: kein Hohlkreuz bilden, deshalb Kinn zur Brust! Frauen stützen sich auf die Knie, Unterschenkel sind leicht angewinkelt. Männer haben die Beine gestreckt (Knie durchgedrückt) und stützen sich mit den Füßen ab. Innerhalb von 30 Sekunden beugen und strecken Sie die Arme möglichst häufig.

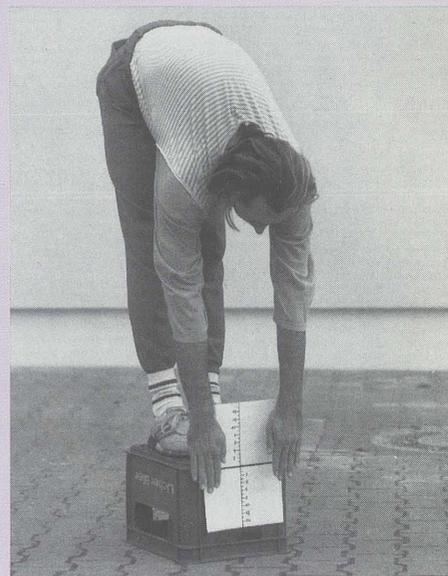
### Fitnessprofil eines 45jährigen Mannes



Das Profil verdeutlicht Stärke im Ausdauer- und Schwächen im Kraftbereich. Offensichtlich treibt dieser Mann regelmäßig Ausdauersport, vernachlässigt dabei aber weitere wichtige Fitnessbereiche.

### Rumpfbeugen

Sie stehen mit gestreckten Beinen auf einer Bank (Schemel, untere Treppenstufe), an der eine senkrechte Meßskala (Pappe mit Zentimeter-Einteilung oder Lineal) montiert ist. Den Nullpunkt der nach oben und unten offenen Skala markieren Ihre Fußsohlen. Beugen Sie langsam mit gestreckten Armen den Körper im Hüftgelenk nach vorne unten ab, ohne dabei nachzufedern. Verharren Sie in der tiefsten Stellung 2 Sekunden. Der Abstand vom Sohlenniveau (Nullpunkt) zu Ihren Fingerspitzen wird gemessen. Positive Werte erzielen Sie, wenn Sie tiefer als Sohlenniveau greifen. Die Werte sind negativ, wenn Sie die Sohle nicht erreichen.



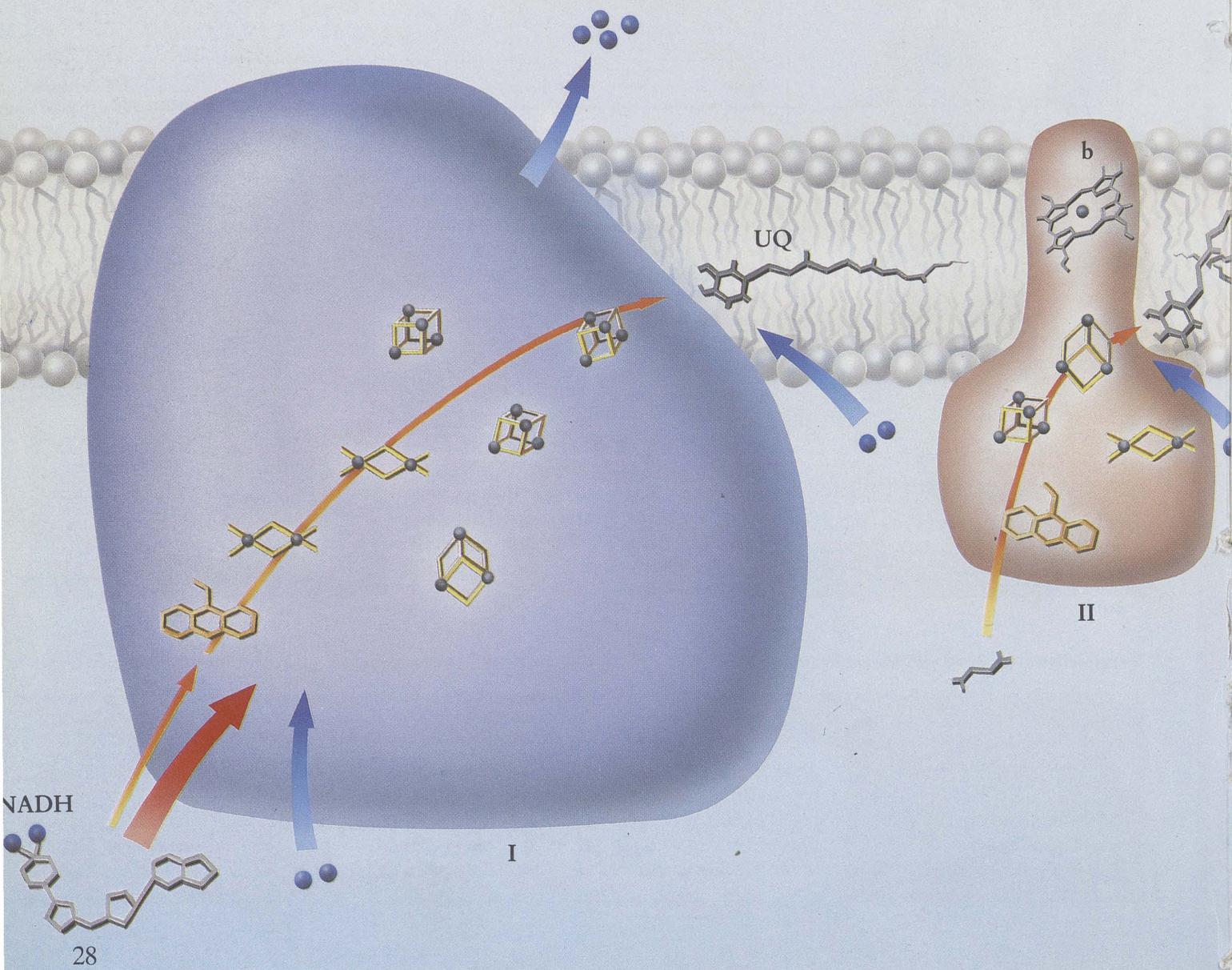
### Vergleichswerte für 40 - 50jährige Frauen

		Cooper-Test	Sit-ups	Standhochspr.	Liegestütz	Rumpfbeugen
sehr fit	(++)	über 2000 m	über 17	über 32 cm	über 21	über +12 cm
fit	(+)	bis 2000 m	bis 17	bis 32 cm	bis 21	bis +12 cm
gerade ausreichend	(0)	bis 1800 m	bis 14	bis 28 cm	bis 17	bis +9 cm
mehr trainieren	(-)	bis 1600 m	bis 12	bis 26 cm	bis 15	bis +5 cm
viel mehr trainieren	(--)	unter 1600 m	unter 9	unter 26 cm	unter 13	unter +2 cm

# Energiewandlung

## in der Atmungskette

Von Gebhard von Jagow



Meine Forschungsgruppe beschäftigt sich mit der Atmung in der Zelle und dem damit verbundenen Prozeß der Energiewandlung. Hierbei wird die Energie der Nahrung auf das energiereiche Molekül **Adenosintri-phosphat\*** (ATP) übertragen. ATP stellt das universelle Wechselgeld des Energieumsatzes dar, das alle endergonen, d.h. energieverbrauchenden Prozesse unseres Körpers treibt. Der Physiologe versteht gewöhnlich unter Atmung den Prozeß, bei dem die Lunge ein Molekül Sauerstoff aufnimmt und ein Molekül Kohlendioxid abgibt; der Biochemiker bezeichnet mit Atmung hingegen einen

anderen Vorgang: die Verbrennung der Nahrung in der Körperzelle zu Kohlendioxid und Wasser mit der darauf folgenden Bildung der energiereichen Phosphatverbindung ATP. Dieser Prozeß findet in fast jeder Zelle an einem katalytischen System statt, das man Atmungskette nennt (Abb. 1). Die Atmungskette befindet sich beim Bakterium in der Zellmembran, beim Säuger hingegen in einer speziellen Zellorganelle, dem Mitochondrium; genauer gesagt in der Innenmembran des Mitochondriums, das deshalb auch das "Kraftwerk der Zelle" genannt wird.

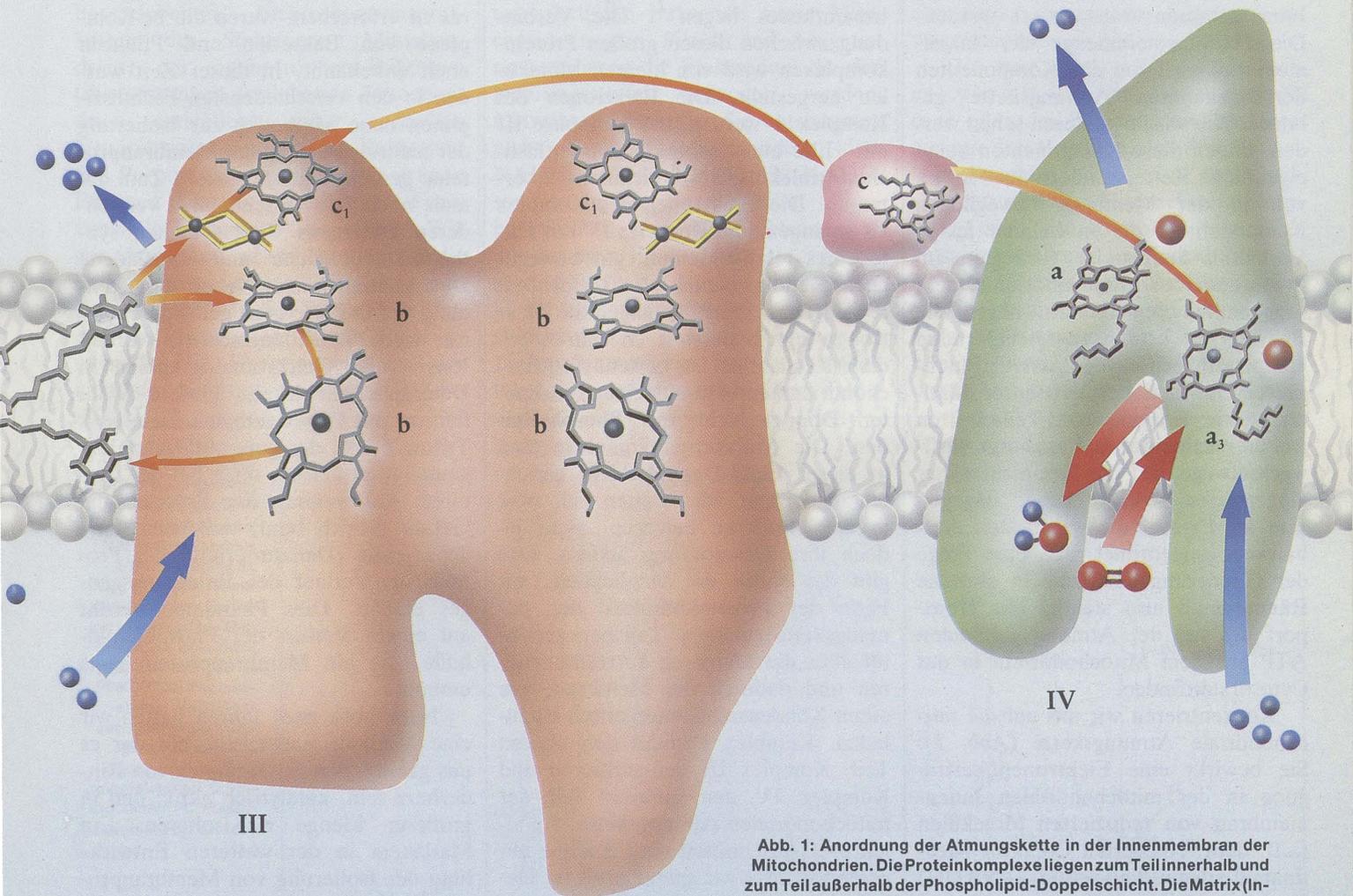


Abb. 1: Anordnung der Atmungskette in der Innenmembran der Mitochondrien. Die Proteinkomplexe liegen zum Teil innerhalb und zum Teil außerhalb der Phospholipid-Doppelschicht. Die Matrix (Innenseite) des Mitochondriums ist in der unteren Bildhälfte. Die Komplexe enthalten folgende Redoxzentren: Hämzentren mit einem zentralen Eisenatom [grau] (Komplexe II, III und IV); Eisenschwefelzentren, zwei oder vier Eisenatome, die durch Schwefelbrücken [gelb] verbunden sind (Komplexe I, II und III); Flavinnucleotide [orange] (Komplexe I und II) und Kupferatome [braunorange] (Komplex IV). Das Ubichinon (UQ) kann sich innerhalb der Membran bewegen und überträgt Elektronen zwischen den Komplexen. Die orangefarbenen Pfeile symbolisieren die Übertragung von Elektronen, die blauen Pfeile die Aufnahme oder Abgabe von Protonen [blau] an die Umgebung.

Der Aufbau der Atmungskette

Werfen wir zuerst einen Blick auf das phylogenetisch (entwicklungsgeschichtlich) jüngste Elektronentransportsystem, das mitochondriale System. Mitochondrien sind kleine, in sich geschlossene Zellorganellen von einer Größe von circa 2 mal 1 µm (Abb. 2). Eine Leberzelle enthält etwa 2000 Mitochondrien, eine Muskelzelle ein Vielfaches. Auf dem elektronenmikroskopischen Bild kann man deutlich zwei Membranen, die Außen- und die Innenmembran des Mitochondriums unterscheiden. Die Außenmembran bildet das "Korsett" des Mitochondriums und ist für geladene und große Moleküle durchlässig. Die Innenmembran ist undurchlässig für Anionen, Kationen und größere Moleküle. Deshalb müssen alle diese Moleküle für den Stoffwechsel mit Hilfe von Transportproteinen durch die Innenmembran transportiert werden. Die Hauptproteinmenge der Innenmembran wird von den Komponenten der sogenannten "Atmungskette" gebildet. Wie wir im weiteren sehen werden, bilden diese Komponenten keine eigentliche Kette, sondern ein Mosaik von in der Membran beweglichen Komponenten, die in keinem festen Verhältnis zueinander vorliegen. Im Innenraum des Mitochondriums, dem sogenannten Matrixraum, liegen die Enzyme der beiden energieliefernden Hauptstoffwechselwege, des Citronensäurecyclus und der Fettsäureoxidation, sowie Enzyme von Teilschritten weiterer **kataboler** und **anaboler Stoffwechselwege**, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann; dagegen sind im **Cytosol** die wichtigsten Aufbauwege angeordnet. Als eine Folge der Gliederung der Zelle in einzelne Räume muß also ständig ein Transport des bei der Atmung gebildeten ATP aus dem Mitochondrium in das Cytosol stattfinden.

Konzentrieren wir uns auf die mitochondriale Atmungskette (Abb. 1): Sie bewirkt eine Elektronenübertragung in der mitochondrialen Innenmembran von reduzierten Molekülen (z.B. dem reduzierten Cofaktor **Nicotinamid-adenin-dinucleotid**, NADH)

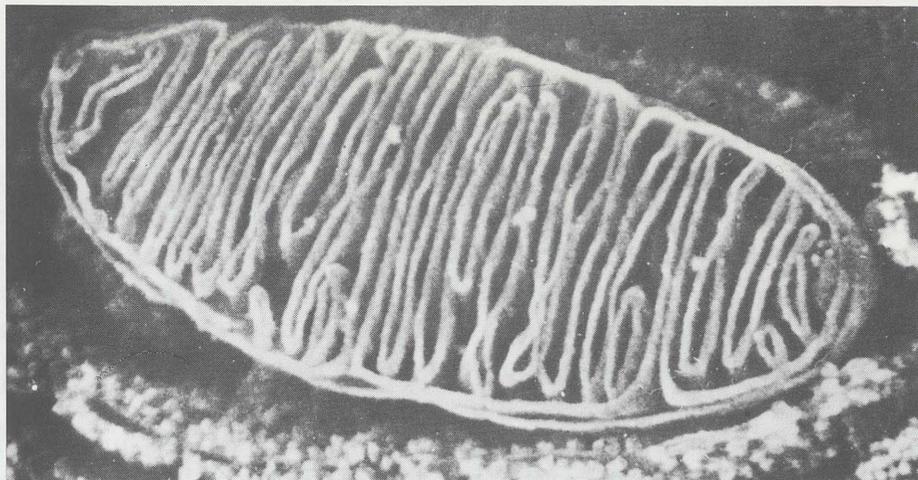


Abb. 2: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Mitochondriums aus der Bauchspeicheldrüse. Deutlich zu erkennen sind die stark gefaltete Innenmembran sowie die davon getrennte Außenmembran. [Aus: T. Fujita et al.: Zellen und Gewebe. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1986.]

als Elektronenspender auf Sauerstoff als Elektronenempfänger.

Sie besteht aus vier Multiproteinkomplexen, von denen die Komplexe I, III und IV im Hauptweg des Elektronenflusses liegen\*\*. Die Verbindung zwischen diesen großen Proteinkomplexen wird von kleinen Molekülen hergestellt. Die Elektronen des Komplex I werden auf Komplex III mit Hilfe eines sehr kleinen fettlöslichen Moleküls, des Ubichinons, übertragen. Die Elektronen des Komplex III gelangen zum Komplex IV mit Hilfe eines relativ kleinen, gut beweglichen Redoxproteins, des Cytochrom c. Im letzten Schritt gelangen die Elektronen zum Sauerstoff. Wie in *Abbildung 1* ersichtlich ist, besteht die Mitochondrienmembran aus einer geordneten Doppelschicht von **Phospholipiden**. Die Multiproteinkomplexe sind in dieser **Lipid-Doppelschicht** gerichtet angeordnet. Sie können sich zwar in der Membran bewegen, nicht jedoch ihre Orientierung ändern. Das gibt der Natur die Möglichkeit, mit Hilfe der Proteinkomplexe der Atmungskette geladene Teilchen gerichtet über die Membran zu transportieren und dadurch die Membran, wie einen Kondensator, energetisch aufzuladen. Komplex I bildet den oberen Teil, Komplex III den mittleren und Komplex IV den unteren Teil der mitochondrialen Atmungskette. An allen drei Abschnitten wird Energie abgeschöpft, wie wir später noch im Detail sehen werden. Der mittlere Abschnitt der Atmungskette ist unser Hauptforschungsgebiet. Entsprechend seiner Funktion wird er auch als Ubihydrochinon: Cytochrom c-Reduktase oder, entsprechend seiner **Hämoproteine**, Cytochrom bc<sub>1</sub>-Komplex genannt.

Der mittlere Teil der Atmungskette ist universell

Als wir vor circa 15 Jahren begannen, den bc<sub>1</sub>-Komplex des Säugetieres zu erforschen, waren die bc-Komplexe von Bakterien und Pflanzen noch unbekannt. In dieser Zeit wurden in den verschiedensten Fachdisziplinen neue Methoden zur Isolierung der nichtwasserlöslichen **Membranproteine** gesucht und entwickelt. Zum damals noch fast ausschließlich verwendeten **Detergens** Cholat kamen synthetische geladene und ungeladene Detergentien hinzu. Neben der Trennung der in Detergens gelösten Proteine durch Salzfällungsschritte wurden Ionen- und Gelchromatographien in Detergens entwickelt. Unsere Wahl fiel auf das Polyoxyethylen Detergens Triton X-100, das gute auflösende Eigenschaften besitzt, doch bei der weiteren Auftrennung der Proteine die Gefahr in sich birgt, daß leicht eine Schädigung (Denaturierung) des Proteins im Verlauf des Reinigungsganges eintritt. Dies Phänomen beruht auf einem Verlust der Phospholipidhülle, die ein Membranprotein stets umhüllt.

Nach etwa zwei Jahren hatten wir eine Methode entwickelt, mit der es uns gelang, den bc<sub>1</sub>-Komplex von Rinderherz rein, katalytisch aktiv, und in größerer Menge zu isolieren. Ein Markstein in der weiteren Entwicklung der Isolierung von Membranproteinen war drei Jahre später die Ausarbeitung einer Isolierungsmethode für die interessanteste Untereinheit des bc<sub>1</sub>-Komplexes, für das Cytochrom b. Es handelt sich hierbei um ein Hämoprotein, das zwei **Häm-Zentren** enthält. Die protein-chemischen Methoden wurden von meinem Mitarbeiter

\*Die fettgedruckten Begriffe sind im Glossar erläutert.

\*\*Die noch immer gebräuchlichen historischen Bezeichnungen Komplex I - IV stammen noch aus der Anfangszeit der Untersuchung der Atmungskette, als es zuerst Youssef Hatefi circa 1960 gelang, diese vier Proteinkomplexe aufzutrennen.

Hermann Schagger entwickelt. Erst viele Jahre später, nach Aufklärung der Aminosäuresequenz des Cytochrom b mit Hilfe gentechnischer Methoden, bewies sich anhand des Vergleiches der DNA-Sequenz mit der von uns 1978 veröffentlichten Aminosäurezusammensetzung die Reinheit unserer Präparation.

Heute, nach einer erfolgreichen Phase der Isolierung von Membranproteinen aus verschiedenen Organismen, die gerade in der Verleihung des Nobelpreises für Chemie an drei deutsche Biochemiker gipfelte, wissen wir, daß bc-Komplexe die mittleren Abschnitte der verschiedensten Elektronentransportketten bilden und neben einer ähnlichen Zusammensetzung einen ähnlichen Mechanismus der Energiewandlung aufweisen (Abb. 3). In der Abbildung, in der Milliarden von Jahren der Evolution durchschritten werden, sind die oben beschriebenen Elektronentransportketten der Säugetiere (Mitochondrien), der organotrophen Bakterien (die sozusagen freilebende Mitochondrien darstellen), einer speziellen Gruppe von phototrophen Bakterien, der Purpurbakterien, und der grünen Pflanzen (Chloroplasten) in der Form von Blockschemata dargestellt. Wie wir inzwischen wissen, erscheinen die bc-Komplexe immer in energetisch gleicher Höhe. In den Pflanzen verbinden sie Photosystem II mit Photosystem I. Die Energiequelle ist hier nicht die Nahrung, sondern das Son-

nenlicht (hv), das nach einer Spaltung des Wassers [in Sauerstoff, Elektronen (e<sup>-</sup>) und Protonen (H<sup>+</sup>)] die Elektronen auf den Energiespiegel des Ubichinons hebt, um sie dann über den sogenannten b<sub>6</sub>f-Komplex abfallen zu lassen. Das Photosystem I hebt sie noch einmal an für die Synthese von NADPH. In den Purpurbakterien - den "Haustieren" von Nobelpreisträger Hartmut Michel - treffen wir einen speziellen, zyklischen Elektronentransport an, bei dem durch ein dem Photosystem II verwandtes Reaktionszentrum die Elektronen vom Bacteriochlorophyll (P870) zum Ubichinon gehoben werden, um dann wieder über einen bc-Komplex zurückzufallen. Beim Abfall der Elektronen wird immer Energie durch Umwandlung in eine andere Form abgeschöpft.

Bei den Elektronentransportketten der atmenden Systeme (nichtphotosynthetische Bakterien sowie Mitochondrien von Pilzen und Säugetieren) verlieren die Elektronen, die den Nahrungsstoffen entzogen werden, fortwährend Energie. Sie entstammen nicht dem Wasser, sondern dem NADH, und sie bilden nicht NADH, sondern im Gegenteil Wasser. Offenbar verläuft hier der Elektronenfluß in einer dem Photosystem entgegengesetzten Richtung. Nur für die bc-Komplexe trifft das nicht zu, denn diese sind immer in gleicher Richtung im Elektronentransport zwischengeschaltet: bei den photosynthetischen Bakte-

rien und Pflanzen zwischen den entsprechenden Photosystemen, bei den restlichen Systemen (Bakterien, Pilz- und Säugetiermitochondrien) zwischen Komplex I und IV.

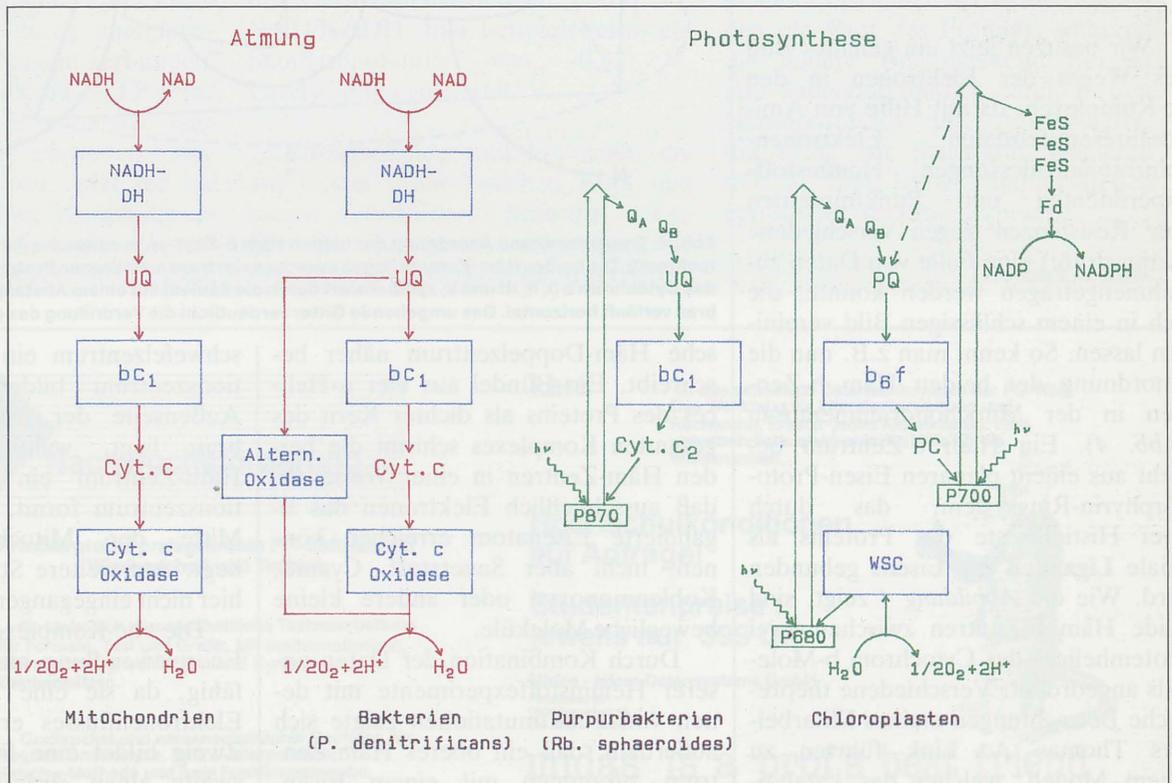
Weshalb sind nun die bc-Komplexe so universell, weshalb stellen sie ein phylogenetisch so "antiques" System dar? Was ist an ihnen so Besonderes? Eine Antwort könnte lauten: Offenbar ist im Laufe der Evolution ein System entwickelt worden, das die Redoxenergie in einer derartigen Effizienz wandelt, wie sie nicht besser erzielt werden konnte. Es entstand also ein System, das der folgenden Selektion standgehalten hat.

Als Beleg hierfür und um das mitochondriale Energiewandlungssystem etwas detaillierter darzustellen, möchte ich die Zusammensetzung der Untereinheiten der bc-Komplexe der verschiedenen Spezies und die Wege der Elektronen und Protonen im mitochondrialen System im folgenden etwas näher beleuchten.

Die bc-Komplexe der Eubakterien, wie z.B. des *Paracoccus denitrificans* oder des *Rhodobacter*, bestehen aus nur drei Peptiden, den drei Redoxkomponenten: Cytochrom b, Cytochrom c<sub>1</sub> und dem Eisenschwefelprotein. Es sind also Komplexe minimaler Zusammensetzung, die jedoch eine effiziente Umwandlung der Redoxenergie in chemische Energie bewirken. Beim b<sub>6</sub>f-Komplex der Chloroplasten kommt bereits eine Untereinheit dazu. Die bc-Komplexe der Pilzmit-

Abb. 3: Die Universalität der bc-Komplexe. Die Elektronentransportketten sind schematisch dargestellt.

[Abkürzungen: NADH-DH: Komplex I; bc<sub>1</sub>: Komplex III; Cyt. c Oxidase: Komplex IV; Altern. Oxidase: verschiedene Oxidasen, die Ubichinon (UQ) oxidieren; P870, P680, P700: Photosysteme; WSC: Wasserspaltender Komplex; h: Licht; Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>: gebundene Chinonmoleküle; PQ: Plastoquinon; PC: Plastocyanin; Fd: Ferredoxin.]



ochondrien, wie z.B. von Hefe, bestehen aus 9 Peptiden und die der Säugtiere, "der Krone der Schöpfung", sogar aus 11 Untereinheiten.

Neben zwei großen Untereinheiten, die ein höheres Molekulargewicht als die Redoxkomponenten besitzen und zum ersten Male bei den Pilzen auftreten, enthalten die komplizierteren Komplexe sogenannte "nichtkatalytische Untereinheiten"; dies sind kleine Peptide ohne Redoxzentren, deren Funktion bislang unbekannt ist und die erst entdeckt werden konnten, nachdem Hermann Schägger ein neues Gel-Elektrophoresesystem zur Trennung kleiner Proteine entwickelt hatte. Die Existenz der von uns entdeckten kleinen Untereinheiten wurde lange bezweifelt, bis die entsprechenden Gene in Hefe nachgewiesen wurden. Die "nichtkatalytischen Untereinheiten" von Hefe besitzen eine große Übereinstimmung mit den entsprechenden Säugtieruntereinheiten. Im Laufe der Evolution wurden die Komplexe also komplexer, ihren spezifischen Weg der Elektronen- und Protonenübertragung behielten sie jedoch bei. Wir vermuten, daß die kleinen Untereinheiten z.B. beim Zusammenbau der Komplexe in der Membran, dem sogenannten "assembly", eine Rolle spielen, auch eine regulatorische Funktion ist nicht auszuschließen.

### Cytochrom b "pumpt" Elektronen über die Membran

Wir besitzen jetzt ein genaues Bild des Weges der Elektronen in den bc-Komplexen, da mit Hilfe von Aminosäuresequenzdaten, Elektronenspinresonanzmessungen, Hemmstoffexperimenten und Punktmutanten (für Resistenzen gegen verschiedene Hemmstoffe) eine Fülle von Daten zusammengetragen werden konnte, die sich in einem schlüssigen Bild vereinigen lassen. So kennt man z.B. nun die Anordnung der beiden Häm b-Zentren in der Mitochondrienmembran (Abb. 4). Ein Häm b-Zentrum besteht aus einem planaren Eisen-Protohäm-Ringsystem, das durch zwei Histidinreste des Proteins als axiale Liganden des Eisens gebunden wird. Wie die Abbildung 4 zeigt, sind beide Häm b-Zentren zwischen zwei Proteinhelices des Cytochrom b-Moleküls angeordnet. Verschiedene theoretische Betrachtungen meines Mitarbeiters Thomas A. Link führten zu einem Modell, welches das katalyti-

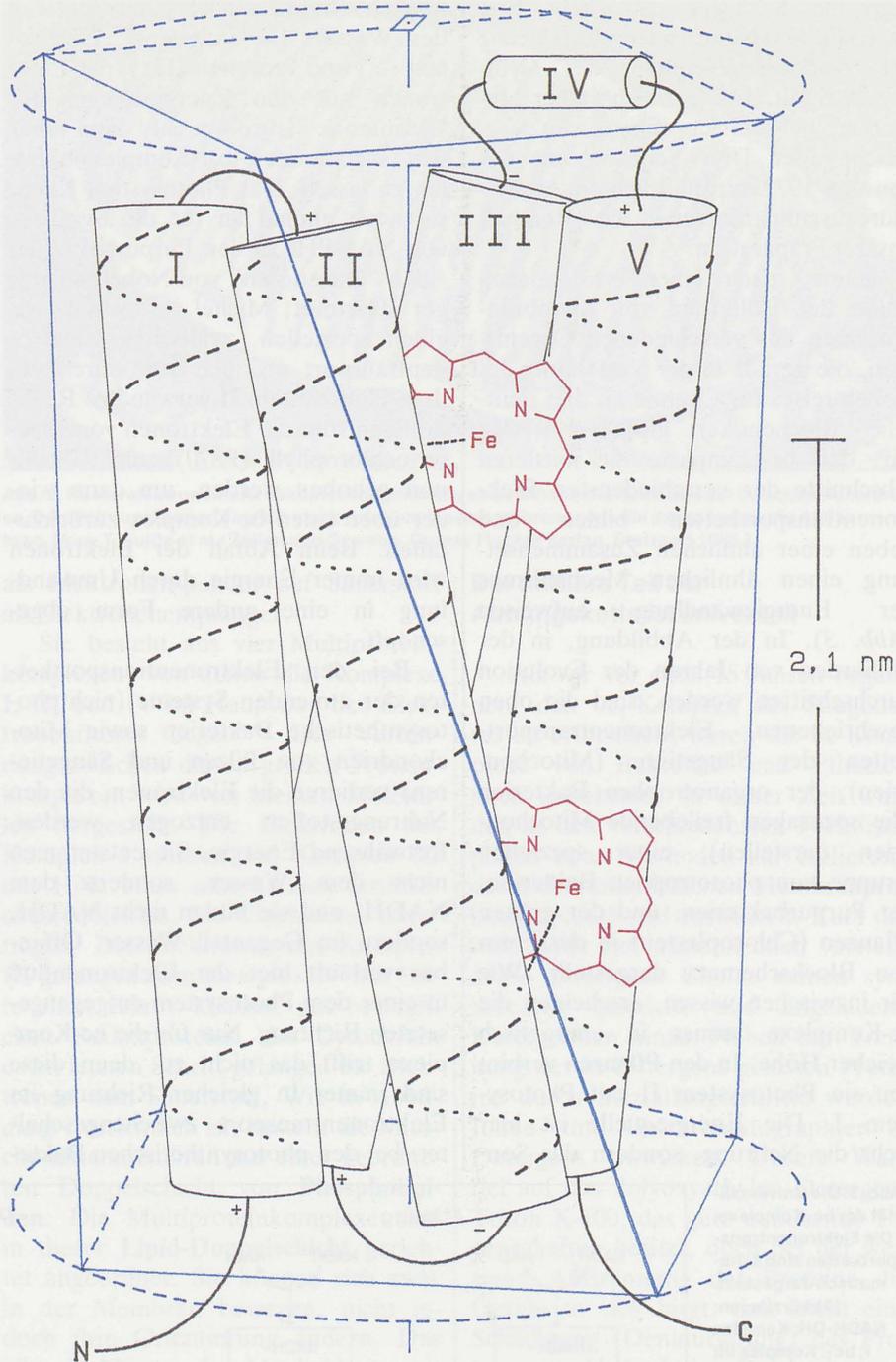


Abb. 4: Transmembrane Anordnung der beiden Häm b-Zentren in einem 4- $\alpha$ -helicalen Bündel des Cytochrom b. Die beiden Häm-Zentren liegen zwischen vier transmembranen Proteinbereichen ( $\alpha$ -Helices) des Cytochrom b (I, II, III und V; symbolisiert durch die Säulen) mit einem Abstand von 2,1 nm. Die Membran verläuft horizontal. Das umgebende Gitter verdeutlicht die Verdrillung des gesamten Bündels.

sche Häm-Doppelzentrum näher beschreibt. Ein Bündel aus vier  $\alpha$ -Helices des Proteins als dichter Kern des gesamten Komplexes schirmt die beiden Häm-Zentren in einer Weise ab, daß ausschließlich Elektronen das ligandierete Eisenatom erreichen können, nicht aber Sauerstoff, Cyanid, Kohlenmonoxid oder andere kleine bewegliche Moleküle.

Durch Kombination der Daten unserer Hemmstoffexperimente mit denen von Punktmutationen zeigte sich außerdem, daß ein oberes Häm-Zentrum zusammen mit einem Eisen-

schwefelzentrum ein Ubichinonoxida-tionszentrum bildet, das auf der Außenseite der Mitochondrienmembran liegt, während ein unteres Häm-Zentrum ein Ubichinonreduktionszentrum formt, das etwa in der Mitte der Mitochondrienmembran liegt. Auf weitere Strukturdaten kann hier nicht eingegangen werden.

Die bc-Komplexe sind zu einer Energiewandlung mit hoher Effizienz fähig, da sie eine Verzweigung des Elektronenflusses erzielen. Der eine Zweig bildet eine lineare Kette, der zweite einen cyclischen Elektronen-

Alle Lebewesen setzen sich aus einzelnen Zellen zusammen. Jede Zelle ist von einer Membran umgeben, innerhalb derer sich das **Cytosol** oder **Cytoplasma** befindet, eine hochkonzentrierte wässrige Lösung, in der neben Salzen und organischen Substanzen der größte Teil der in der Zelle enthaltenen Proteine gelöst ist. Außerdem befinden sich bei höher entwickelten Zellen (**Eukaryonten**) im Cytoplasma verschiedene Organellen, von einer Membran umgebene Gebilde mit besonderer Funktion. Zu diesen Organellen gehört außer z.B. dem Zellkern (enthält die Chromosomen) auch das **Mitochondrium**.

Als **Stoffwechsel** bezeichnet man die Summe der in der Zelle ablaufenden Umsetzungen. Er läßt sich unterteilen in **katabole**, d.h. abbauende, und **anabole**, d.h. aufbauende Wege. Im Katabolismus werden Nahrungsstoffe zu immer kleineren Molekülen und letztendlich zu Kohlendioxid und Wasser umgewandelt. Im Anabolismus werden aus kleinen Molekülen (Abbauprodukten) große Moleküle und damit (Zell-)Strukturen aufgebaut.

**Adenosintriphosphat (ATP)** ist das energetische "Wechselgeld" des Stoffwechsels. Es besitzt (neben einem Zuckermolekül und einer Base) drei Phosphatgruppen, die miteinander verknüpft sind. Zwei Phosphatgruppen sind durch energiereiche Anhydridbindungen verbunden. Im Stoffwechsel gibt das ATP seine Energie ab, indem entweder eine Phosphatgruppe auf ein anderes Molekül übertragen wird, oder die bei der Abspaltung einer Phosphatgruppe freiwerdende Energie genutzt wird, um Reaktionen anzutreiben.

ATP wird aus **ADP (Adenosindiphosphat)**; enthält zwei Phosphatgruppen) und einer freien Phosphatgruppe unter Energieverbrauch gebildet.

**Nicotinamid-adenin-dinucleotid (NAD)** ist ein Molekül, das als reduziertes **NADH** in der Zelle gebundenen Wasserstoff, d.h. zwei Elektronen und zwei Protonen, überträgt.

**Redoxreaktionen** sind Reaktionen, bei denen Elektronen von einem Molekül auf ein anderes übertragen werden. Der Name zeigt an, daß immer ein Stoff Elektronen abgibt (oxidiert wird), wenn ein anderer Stoff Elektronen aufnimmt (reduziert wird). Voraussetzung ist also, daß von jedem beteiligten Stoff eine reduzier-

(Micellen) oder zu **Doppelschicht-Membranen** zusammen, um den nicht wasserlöslichen Schwanzteil von dem umgebenden Wasser abzuschildern. Die Membranen bestehen aus zwei Schichten von Phospholipidmolekülen, die so angeordnet sind, daß die Schwanzteile in der Mitte der Membran sind und die Kopfgruppen auf beiden Seiten im Kontakt mit dem Wasser sind. Die **Membranproteine** sind in die Phospholipid-Doppelschicht eingelagert.

**Detergentien** sind Moleküle, die ebenso wie Phospholipide einen wasserlöslichen und einen nicht wasserlöslichen Teil besitzen. Sie können daher anstelle der Phospholipide an die wasserlöslichen Teile der in den Membranen enthaltenen Proteine binden und diese dadurch auflösen.

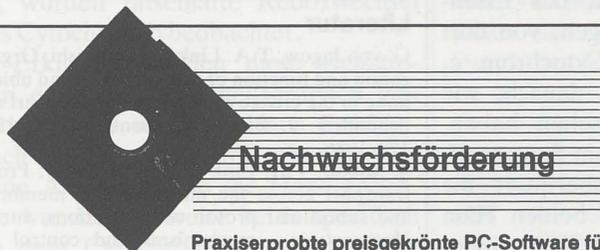
Der Name **Hämoprotein** bezeichnet ursprünglich den roten Blutfarbstoff Hämoglobin (griechisch: τὸ αἷμα - Blut). Allgemein versteht man darunter aber auch alle Proteine, die wie das Hämoglobin ein **Häm-Zentrum** als reaktive Gruppe enthalten. Ein Häm-Zentrum besteht aus einem ebenen Ringsystem (einem Porphyrin), in das ein Eisenatom eingelagert ist. Ober- und unterhalb der Ringebene besitzt das Eisenatom zwei Bindungsstellen; ein Molekül, das eine solche Bindungsstelle besetzt, ist ein **Ligand**. Im Hämoglobin ist einer der beiden Liganden ein Rest des Proteins, während die andere Bindungsstelle frei ist und Sauerstoff binden kann. In den Hämoproteinen der Atmungskette, die nicht mit Sauerstoff reagieren dürfen, sind beide Bindungsstellen von Resten des Proteins besetzt.

Thomas A. Link

# Glossar

te und eine oxidierte Form existiert (**Redoxpaar**). NADH und NAD sind beispielsweise eine Redoxpaar, ebenso Sauerstoff (O<sub>2</sub>) und Wasser (H<sub>2</sub>O). Das **Redoxpotential** (in Volt) gibt an, wie stark ein Stoff reduzierend bzw. oxidierend wirkt: je positiver der Wert ist, desto stärker oxidierend, d.h. elektronenanziehend, wirkt er. NAD/NADH hat beispielsweise ein Standardpotential von -0,32 V, O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O eines von +0,82 V.

**Phospholipide** sind Moleküle, die aus einem wasserlöslichen Kopf und einem fettlöslichen Schwanz bestehen. In wässriger Lösung lagern sie sich entweder zu kleinen Aggregaten



## Nachwuchsförderung

Praxiserprobte preisgekrönte PC-Software für Wissenschaft und Technik

**Scientex** ... die technisch wissenschaftliche Textverarbeitung für Formeln, Text und Grafik. Mit mathematischen, chemischen, griechischen und Kyrlischen Zeichensätzen.

**Multigraf** ... Grafikpaket und wissenschaftlicher Rechner, für Regressionsanalyse, Spline-Interpolation, Simplex-Methode und freie Funktionseingabe.

## Lars

... das schnellste Datenbanksystem der PC-Welt. Das Werkzeug für Literaturverwaltung und Recherche. Ersetzt jeden Karteikasten. Eine unentbehrliche elektronische Hilfe für die Wissenschaft.

Hochschulkonditionen auf Anfrage!

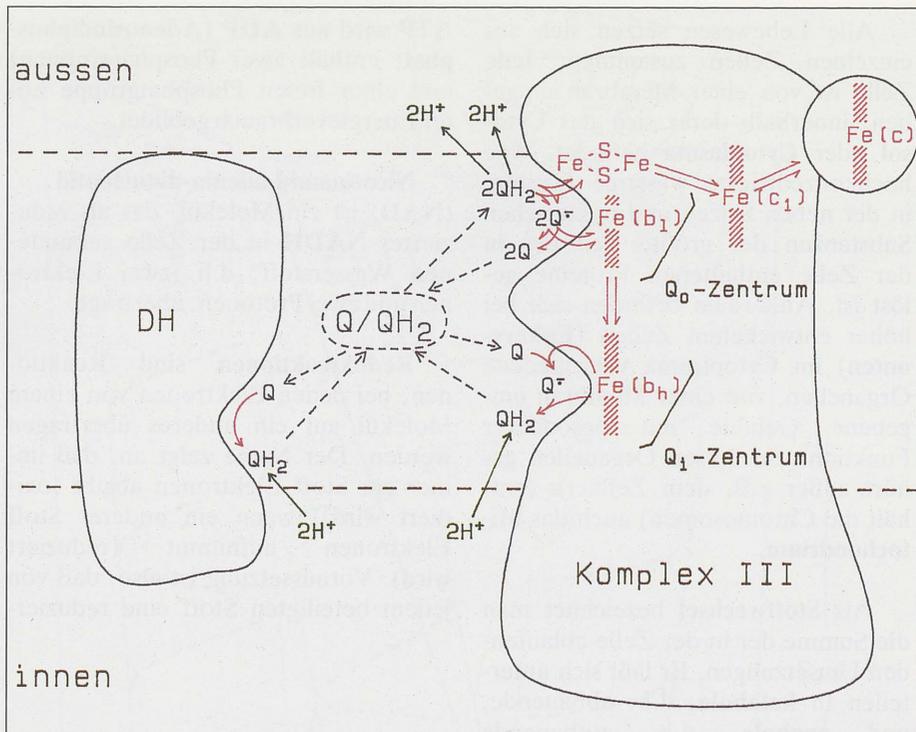
Studentenpreise :  
jeweils nur 399 DM

Midas - Micro Datensysteme GmbH  
Flinschstr. 67  
8000 Frankfurt 60  
Tel. 069 - 410505



midas is a prof's best friend

Abb. 5: Mechanismus des Elektronentransportes im Komplex III ("Ubichinon-Zyklus"). Die gestrichelten Linien stellen die Begrenzungen der Membran dar, die schraffierten Balken die Häm-Zentren (vgl. Abb. 1). Am äußeren Ubichinon-Reaktionszentrum (Q<sub>0</sub>-Zentrum) werden zwei reduzierte Ubichinonmoleküle (QH<sub>2</sub>) zu zwei Q oxidiert. Zwei Elektronen werden über das Eisenschwefelzentrum und Cytochrom c<sub>1</sub> auf Cytochrom c übertragen. Die anderen beiden Elektronen fließen über die beiden Häm b-Zentren (b-b-"bus") und reduzieren am Q<sub>1</sub>-Zentrum ein oxidiertes Ubichinon (Q) zu QH<sub>2</sub>. Netto wird also ein Ubichinonmolekül oxidiert, das aus dem Ubichinonpool (Q/QH<sub>2</sub>) stammt. Der Ubichinonpool wird durch Dehydrogenasen (DH), wie z.B. die Komplexe I und II, reduziert. Bei der Oxidation von QH<sub>2</sub> werden jeweils zwei Protonen (H<sup>+</sup>) nach außen abgegeben, bei der Reduktion von Q zwei Protonen von innen aufgenommen, so daß eine Protonenverschiebung über die Membran resultiert.



fluß. Diese außerordentlich faszinierende Schaltung des Elektronenflusses mit einem Rückkopplungseffekt führt zu einer Energieausbeute, die etwa doppelt so hoch ist wie die bei Vorliegen eines rein linearen Elektronenflusses erzielbare. Bei der Aufklärung dieses völlig neuen Systems waren deutsche Kollegen aus der Mikrobiologie von großer Hilfe, da sie uns, den Bioenergetikern, Inhibitoren (Hemmstoffe) an die Hand gaben, die spezifisch am Ubichinonoxidationszentrum hemmen, für das lange Zeit kein spezifischer Inhibitor zur Verfügung stand.

**Protonen werden über die Membran geschoben zum Aufbau eines Membranpotentials**

Der Fluß der Elektronen und Protonen geschieht in der Form eines zyklischen Mechanismus, der von Peter Mitchell 1975 in einer seiner zahlreichen schlaflosen Nächte am Schreibtisch erdacht wurde. Es dauerte viele Jahre, bis die Bioenergetiker experimentell abgesichert hatten, daß dieser Mechanismus tatsächlich im mittleren Bereich der Elektronentransportketten stattfindet (Abb. 5).

Das äußere Ubichinonreaktionszentrum ist überraschend kompliziert aufgebaut. Es enthält zwei katalytische Zentren in enger Nachbarschaft, das Eisenschwefel- und ein Häm b-Zentrum. Das Ubihydrochinonmolekül wird in einem Zweistufenprozeß oxidiert, bei dem das zwischenzeitlich

auftretende sehr reaktionsfreudige Ubichinonradikal in einem Zwischenzustand stabilisiert ist. Das Eisenschwefelprotein ist ein sogenanntes Ferredoxintyp-Protein, das als Redoxzentrum zwei Eisenatome enthält, die über zwei Sulfidbrücken verbunden sind. Das innere Ubichinonreaktionszentrum besteht aus dem zweiten Häm b-System, das ein viel positiveres Potential hat als das erstere.

Die bc-Komplexe benutzen als Elektronendonator nur Ubihydrochinon, besitzen aber zwei Elektronenakzeptoren, Cytochrom c und ein oxidiertes Ubichinon. Die raffinierte Anordnung der Redoxzentren erlaubt, wie oben erwähnt, eine Verzweigung des Elektronenflusses. Wie in Abbildung 5 zu sehen ist, geschieht die Oxidation des Ubihydrochinons in einer zweistufigen Reaktion mit einem Ubisemichinon als Zwischenprodukt. Das erste Elektron wird auf das Eisenschwefelzentrum übertragen, von dort fließt es weiter über Cytochrom c<sub>1</sub> zum Cytochrom c, und danach, wie wir in Abbildung 2 gesehen haben, über den Komplex IV zum Sauerstoff. Das zweite Elektron überquert die Membran mit Hilfe der beiden Häm b-Zentren und wird schließlich wieder auf ein Ubichinonmolekül übertragen. Diese Art von "Elektronenrecycling" erinnert an ein Perpetuum mobile. Daß dabei die Gesetze der Thermodynamik nicht verletzt werden, läßt sich jedoch durch eine genaue Analyse der Redoxpotentiale der Redoxpaare zeigen.

Das Ubichinonmolekül, das sich freibeweglich in der inneren Mitochondrienmembran als eine kleine, fettlösliche Redoxkomponente befindet, bildet einen Pool, der einen bestimmten Redoxgrad besitzt. Wie das Schema zeigt, wird der Ubichinonpool zum einen über Komplex I reduziert, zum anderen durch das Recycling der Elektronen, die über den Cytochrom b-b-"bus" auf die Matrixseite gelangen, um dort im Verlaufe von zwei katalytischen Umsätzen ein Molekül reduziertes Ubihydrochinon zu bilden. Bei der Reduktion des Ubichinons kommt es zu einer Protonenaufnahme auf der Innenseite, also aus dem Matrixraum des Mitochondriums, bei der Ubichinonoxidation zu einer Protonenabgabe nach außen (in das Cytoplasma). Als Konsequenz hiervon kommt es zur Bildung eines chemiosmotischen Potentials an der

**Literatur**

G. von Jagow, T.A. Link & T. Ohnishi: Organization and function of cytochrome b and ubiquinone in the cristae membrane of beef heart mitochondria. J. Bioenerg. Biomembr. 18:157 - 179, 1986.  
 S. Soboll, T.A. Link & G. von Jagow: Proton transport across the mitochondrial membrane and subcellular proton concentrations. In: pH Homeostasis - mechanisms and control (D. Häussinger, ed.), pp. 97-121, London 1988.  
 H. Schägger, T.A. Link, W.D. Engel & G. von Jagow: Isolation of the eleven protein subunits of the bc<sub>1</sub> complex from beef heart. Methods Enzymol. 126:224-237, 1986.  
 U. Brandt, H. Schägger & G. von Jagow: Characterisation of binding of the methoxyacrylate inhibitors to mitochondrial cytochrome c reductase. Eur. J. Biochem. 173:499-506, 1988.  
 T.A. Link: Zur Struktur des mitochondrialen bc<sub>1</sub>-Komplexes. Dissertation, München 1988.

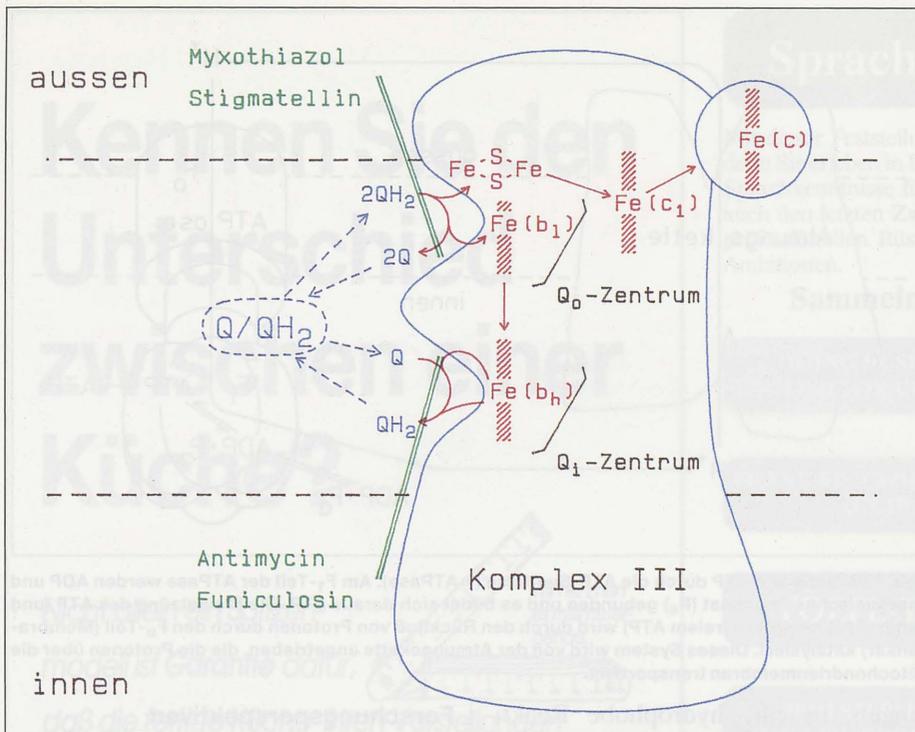


Abb. 6: Wirkungs-  
orte der Hemm-  
stoffe des bc<sub>1</sub>-  
Komplexes. Die  
verschiedenen  
Inhibitoren hem-  
men spezifisch  
jeweils nur ein  
Ubichinonreak-  
tionszentrum. Je-  
der Inhibitor al-  
lein verhindert  
den Elektronen-  
fluß von Ubichi-  
non (QH<sub>2</sub>) auf Cy-  
tochrom c<sub>1</sub>  
durch Hemmung  
des gesamten  
Reaktionszy-  
klus. Da alle Re-  
aktionen in bei-  
den Richtungen  
verlaufen könn-  
en, wird die Re-  
duktion von Cy-  
tochrom b je-  
doch nur durch  
kombinierte An-  
wendung von  
zwei Hemmstoff-  
klassen bewirkt  
("double kill").

Mitochondrienmembran, also eines Konzentrationsunterschiedes der Protonen zwischen außen und innen.

Bevor wir auf die Nutzung dieses Potentials durch das ATP-synthetisierende Enzymsystem zu sprechen kommen, möchte ich noch die wertvolle Rolle der Inhibitoren bei der Aufklärung des bc-Energiewandlungssystems erwähnen.

Die verzweigte Elektronentransportkette, mit dem Rückfluß der Elektronen vom Ubichinonpool zurück in den Ubichinonpool, wurde lange Zeit nicht verstanden. So wurde über circa zwei Jahrzehnten eine große Fülle kinetischer Daten gesammelt, die aber alle kein klares Bild ergaben, da man nur einen einzigen guten Inhibitor besaß, das Antimycin, das nur ein Ubichinonreaktionszentrum hemmt (Abb. 6). Da das andere, nicht blockierte Ubichinonreaktionszentrum noch reagierte, wurden rätselhafte Redoxwechsel des Cytochrom b beobachtet.

Erklärbar wurden diese Reaktionen erst, als die Arbeitsgruppen von Timm Anke und von Hans Reichenbach uns fast gleichzeitig sehr verschiedene Antibiotika an die Hand gaben, die wunderbarerweise beide spezifisch an dem Cytochrom b hemmten, für das man noch keinen Inhibitor besaß. Nun klärte sich das Bild relativ rasch auf. Bei Hemmung mit den neuen Inhibitoren war zwar wie mit Antimycin der Elektronenfluß zum Sauerstoff blockiert, doch die merkwürdigen Redoxreaktionen am Cytochrom b blieben aus. Wie wir heute wissen, lag

dies daran, daß unter diesen Umständen der Verzweigungspunkt des Elektronenflusses ausgeschaltet war. Unsere Vorstellungen über den Aufbau der Atmungskette und die Wirkung der Hemmstoffe wurden abgerundet, als wir sahen, daß eine Reduktion des Cytochrom b nur dann verhindert werden konnte, wenn man sowohl einen Inhibitor des Ubichinonoxidations- als auch des Ubichinonreduktionszentrum einsetzte. Wir nennen diesen Zustand heute "double kill".

Ich hoffe, mit dieser Beschreibung ein verständliches Beispiel gegeben zu haben für die Bedeutung interdisziplinärer Zusammenarbeit bei der Aufklärung biologischer Stoffwechselwege und den hohen Nutzen spezifischer Hemmstoffe, die zwar die Natur bereits erfunden hat, die der Mensch jedoch erst finden muß.

Heutzutage befinden wir uns auf einer viel höheren Stufe des Verständnisses und der Forschungsintensität. Durch "molecular modelling" können wir in Zusammenarbeit mit Naturstoffchemikern Derivate dieser Naturstoffe synthetisieren, die zum Beispiel spezifische Hemmstoffe pathogener Pilze sind, und die vielleicht einmal eine neue Wirkstoffgruppe von Bioziden bilden könnten. Mein Mitarbeiter Uli Brandt hat durch eine kombinierte Anwendung von Sauerstoffverbrauchsmessungen, enzymkinetischen Messungen und Bindungsstudien, die auf Fluoreszenzveränderungen beruhen, ein Untersuchungssystem geschaffen, das zuverlässig und mit ver-

trebarem Aufwand die Effizienz solcher Inhibitoren charakterisieren kann. Daneben erlauben diese hochentwickelten Techniken, ein schnelles Verständnis für den Wirkstoffmechanismus eines neuen Inhibitors zu erlangen.

### Das Membranpotential liefert die Energie zur Bildung von ATP

Um die in der Atmungskette abgeschöpfte Energie für den Organismus nutzbar zu machen, muß sie in die Form von ATP umgewandelt werden. An die Atmungskette ist daher die ATP-Synthase funktionell gekoppelt, die die chemische Reaktion der Bildung von ATP aus ADP und freiem Phosphat katalysiert (Abb. 7). Dieser Multiproteinkomplex besteht aus zwei leicht voneinander zu trennenden Strukturteilen, einem Membrananker (F<sub>0</sub>) und einem katalytischen Kopf (F<sub>1</sub>), der in den Matrixraum des Mitochondriums ragt. Beide Teile bestehen aus zahlreichen Untereinheiten, von denen einige in mehrfacher Kopie vorliegen. Das Geheimnis der ATP-Synthase besteht in ihrer Fähigkeit, Protonen vom Cytoplasma über den F<sub>0</sub>-Teil in das Mitochondrium zurückfließen zu lassen und dabei die Energie des Protonenstromes für die Synthese von ATP zu nutzen. Dies geschieht durch eine ständige konformative Verformung des F<sub>1</sub>-Teiles. In einer Sequenz von Konformationsänderungen werden an drei katalytischen Zentren im F<sub>1</sub>-Teil ADP und Phosphat aus dem Matrixraum einge-



Professor Dr. Gebhard von Jagow (53) ist seit 1988 Professor für Physiologische Chemie am Gustav-Embsden-Zentrum für Biologische Chemie des Universitätsklinikums Frankfurt. Er ist außerdem Mitglied des Sonderforschungsbereiches 169 "Struktur und Funktion membranständiger Proteine". Nach dem Studium der Medizin an der Humboldt-Universität zu Berlin untersuchte er bei Martin Klingenberg in München die Elektronentransportketten der Pilze *Saccharomyces carlsbergensis* und *Neurospora crassa* und habilitierte 1974 über dieses Thema. Seitdem arbeitet er mit seiner Arbeitsgruppe auf dem Gebiet der Energieumwandlung bei der biologischen Atmung, vor allem in Mitochondrien aus höheren Eukaryonten (Säugetieren). 1983 war er Gastprofessor an der Dartmouth Medical School, Hanover, N.H., U.S.A..

Dr. rer. nat. Thomas A. Link (32) studierte Chemie an der Freien Universität Berlin und ging danach 1982 zu Prof. von Jagow an das Institut für Physikalische Biochemie der Universität München. Nach der Promotion mit einer Arbeit "Zur Struktur des mitochondrialen  $bc_1$ -Komplexes" wechselte er 1988 mit ihm an das Zentrum für Biologische Chemie der Universität Frankfurt.

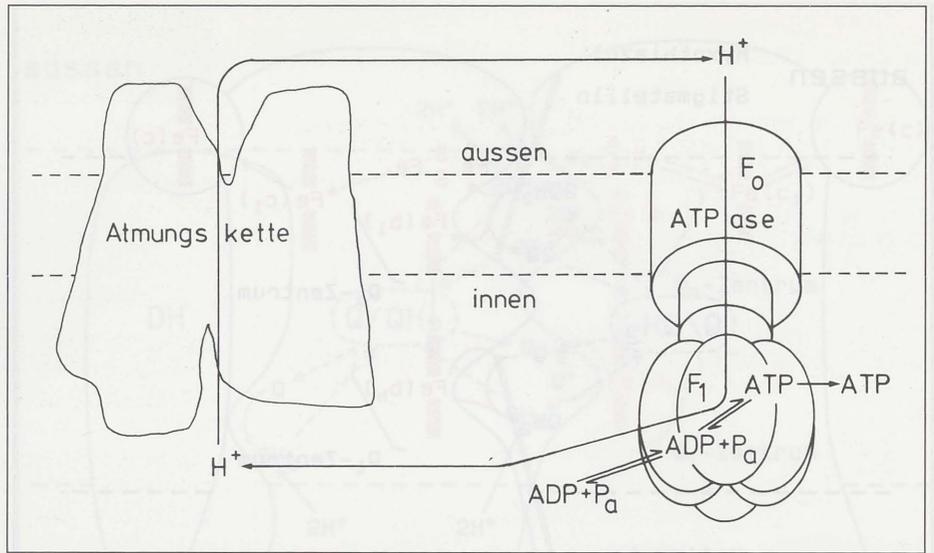


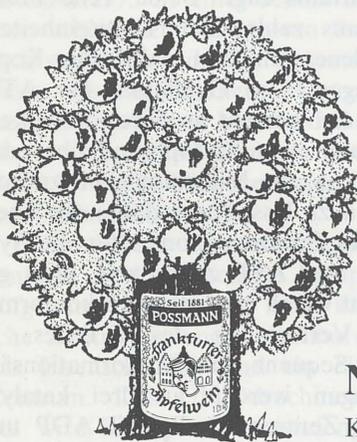
Abb. 7: Bildung von ATP durch die ATP-Synthase (= ATPase). Am  $F_1$ -Teil der ATPase werden ADP und anorganisches Phosphat ( $P_a$ ) gebunden und es bildet sich daraus ATP. Die Freisetzung des ATP (und damit die Bildung von freiem ATP) wird durch den Rückfluß von Protonen durch den  $F_0$ -Teil (Membrananker) katalysiert. Dieses System wird von der Atmungskette angetrieben, die die Protonen über die Mitochondrienmembran transportiert.

fangen, in eine hydrophobe Reaktionsstelle gebracht, in der die Anhydridbindung zwischen Phosphat und ADP geknüpft wird, und aus dieser Reaktionsstelle wieder in der Form von ATP in das Mitochondrium entlassen. Die Energie des chemiosmotischen Potentials wird fast ausschließlich für die konformative Verformungen benötigt, jedoch nicht für die Knüpfung der Anhydridbindung, da diese in der Proteinumgebung freiwillig geschieht.

Der Kreis der Energieübertragung hat sich damit geschlossen: Die Energie der Nahrungsstoffe, die chemische Energie, ist in chemiosmotische Energie (ein Membranpotential) verwandelt worden, die daran anschließend erneut für die Bildung chemischer Energie verwendet wurde, nämlich für die Synthese des ATP Moleküls, das nun sein hohes Energiepotential allen energieverbrauchenden Reaktionen zur Verfügung stellen kann.

### Forschungsperspektiven

Viele Fragen der Energiewandlung sind noch offen. Wir haben in Frankfurt, z.B. im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 169 "Struktur und Funktion membranständiger Proteine", den Weg eingeschlagen, daß wir vom kompliziertesten System in der Natur, dem mitochondrialen System, zu einem möglichst einfachen System, einem bakteriellen System, zurückkehren. Ein vergleichendes Studium ermöglicht Fortschritte, die wir mit dem mitochondrialen System nicht erreichen könnten. Damit reichen wir uns in eine Zahl von Forschergruppen ein, deren Fernziel eine Kristallisation eines bakteriellen  $bc$ -Systems und darauf folgend eine Röntgenstrukturanalyse ist, die die Voraussetzung für ein vollständiges Verständnis der Struktur darstellt.



## Man schmeckt die Herkunft.

Knackfrische Landäpfel – ein köstliches Stück Natur – sie sind der Ursprung für unser gutes Stöffche, für den Frankfurter Apfelwein vom Possmann – meisterlich gekeltert mit der Erfahrung von über 100 Jahren.

**Natürlich Possmann. Aus Liebe zum Stöffche.**

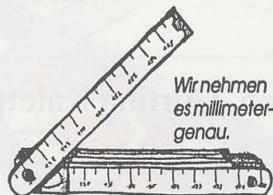
Kelterei Possmann KG · 6000 Frankfurt/M. 94 · Telefon (069) 78 99 04-0



# Kennen Sie den Unterschied zwischen einer Küche?

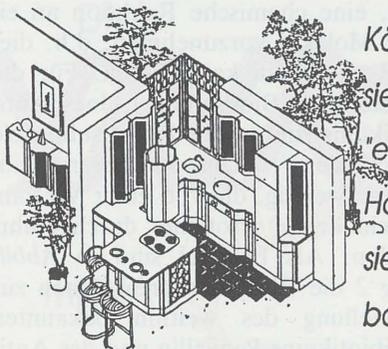
Nicht allein ein Spitzenmodell ist **Garantie** dafür,

daß die fertige Küche Ihren Vorstellungen entspricht - falls Sie an einen mäßig talentierten Planer geraten. Andererseits können **brillante Ideen** eine eher normale Küche zum Prunkstück machen ...



Wir nehmen es millimetergenau.

Der Unterschied zwischen einer Küche liegt im Köpfchen derer, die sie für Sie **nach Maß** "erfinden". Und im Händchen derer, die sie für Sie **exakt einbauen**. Und im Service, auf den Sie sich im Falle eines Falles **blindlings verlassen können müssen**. Wenn Sie auf diese gar nicht so kleinen Unterschiede Wert legen, dann wissen Sie ja, an wen Sie sich wenden sollten.



Köpfchen derer, die sie für Sie **nach Maß** "erfinden". Und im Händchen derer, die sie für Sie **exakt einbauen**. Und im Service, auf den Sie sich im Falle eines Falles **blindlings verlassen können müssen**. Wenn Sie auf diese gar nicht so kleinen Unterschiede Wert legen, dann wissen Sie ja, an wen Sie sich wenden sollten.



Wir lassen nie locker

30 Jahre Erfahrung.  
Eigene Werkstätten.  
Eigenes Montageteam.  
Komplettservice.

**HAUS  
DER MODERNEN  
KÜCHE**

6000 Frankfurt 56 · Nieder-Eschbach · Genfer Str. 10 · Tel.: 5 07 15 58

## Sprachen sprechen für Sie!

Mit dieser Feststellung laufen wir bei Ihnen sicher offene Türen ein, denn Sie erleben in Ihrem Studium und via AIESEC täglich, wie wichtig Sprachkenntnisse für Sie sind. Ein Blick in die Stellenangebote wird auch den letzten Zweifler davon überzeugen: Sprachen gehören zum professionellen Rüstzeug eines jeden Wirtschaftswissenschaftlers mit Ambitionen.

### Sammeln Sie sprachliche Pluspunkte:

#### DOING BUSINESS / ENGLISH FOR COMMERCE

Auf diese Prüfung der „LONDON CHAMBER OF COMMERCE“, die weltweit einheitlich nach hohen Standards durchgeführt wird, bereitet Berlitz gründlich vor:

**Dauer:** 2 Semester, insgesamt 160 Stunden  
**Durchführung:** 1 x pro Woche 4 Unterrichtseinheiten  
**Ort:** Berlitz Sprachschulen  
**Start:** am Semesteranfang

#### FRANÇAIS COMMERCIAL (CCIP)

In ebenfalls 2 Semestern präparieren wir Sie für die Prüfung der „Chambre de Commerce et d' Industrie de Paris“: entweder auf das „Certificat pratique“ oder das „Diplôme supérieur“. Damit Sie mit französischen Geschäftsfreunden demnächst nicht Englisch sprechen müssen.

#### TOEFL-TEST

Alle US-Colleges und Universitäten fordern den TOEFL-Test (= Test of English as a Foreign Language). Und mehr und mehr Unternehmen wollen wissen, wie es um die Sprachkenntnisse ihrer Kandidaten bestellt ist. Und das Schönste: Berlitz gewährt jedes Jahr dem besten TOEFL-Absolventen ein Stipendium für ein Jahr USA: Wert 10.000 DM. Toeff'n Sie mit!

#### SEMESTERFERIEN-INTENSIV-PROGRAMME

In der Kürze liegt die Würze. 2 - 4- und 6-wöchige Intensivprogramme in effizienten Kleingruppen mit 8 Teilnehmern bringen Ihre Sprachkenntnisse, nicht nur in Englisch übrigens, in Hochform: mit 4, 6 oder 8 Stunden täglich. Oder unser Berlin-Marathon: 11 Stunden täglich, die richtige Dosis für die Berufsvorbereitung oder das Auslandspraktikum.

Nutzen Sie die Vorteile der **AIESEC-Berlitz Kooperation**, um Ihre fremdsprachliche Kompetenz im Berufsleben zu steigern, insbesondere im wirtschaftlichen Bereich. Die AIESEC-Lokalkomitees und alle Berlitz Sprachschulen informieren Sie über die Einzelheiten und Konditionen, die den studentischen Finanzierungsmöglichkeiten angepaßt sind.

### Machen Sie einen Schein bei uns.

**BERLITZ**

Zeil 123  
6000 Frankfurt  
Tel. (069) 28 08 75

Kaiserstraße 66  
6000 Frankfurt  
Tel. (069) 2 71 00 00

Qualität und Know-how  
für Ihren Erfolg

## Gase + Kälte für Forschung, Entwicklung, Meßtechnik, Medizin.

- Sonder- und Reinstgase
- Prüfgase und Gasgemische
- Gase in kleinen Behältern
- Tieftemperaturausrüstungen
- Armaturen und Gasversorgungseinrichtungen

Messer Griesheim GmbH  
Werk und Vertriebszentrum  
Lärchenstraße 131  
6230 Frankfurt 80  
Telefon (069) 380 12-0

d 2.9059

**MESSER GRIESHEIM**

# Peptid-Antibiotika: Wie werden sie in der Zelle hergestellt?

Von Karl-Dieter Entian, Cortina Kaletta und Norbert Schnell

Unter dem Begriff Antibiotika werden Substanzen zusammengefaßt, die Mikroorganismen schädigen und im allgemeinen keine oder nur geringe toxische Wirkungen auf höhere Organismen ausüben. Ihre Entdeckung war die Grundlage für eine wirkungsvolle Therapie bakteriell bedingter Infektionskrankheiten. Probleme bei der Antibiotikatherapie sind vor allem durch zwei Faktoren bedingt: Mikroorganismen werden bei längerer Therapie oft resistent gegen das eingesetzte Antibiotikum, und die im Darm vorhandenen Bakterien (Darmflora), die für die Verdauung wichtig sind, können durch die eingenommenen Antibiotika selbstverständlich auch geschädigt werden. Die Vielzahl bakterieller Krankheitserreger, neu auftretende Resistenzen und das Ziel, Nebenwirkungen so gering wie möglich zu halten, sind der Motor der weltweiten intensiven Suche nach neuen Substanzen mit antimikrobieller Wirksamkeit. Das Reservoir derartiger in der Natur vorkommender Substanzen ist, wie die Auffindung immer neuer Antibiotika zeigt, immens, aber nur wenige Substanzen eignen sich tatsächlich aus den oben skizzierten Gründen für die spätere Anwendung.

Bei fast allen eingesetzten Antibiotika handelt es sich um Produkte des Sekundärstoffwechsels aus Bakterien, sogenannte Sekundärmetabolite. Unter dem Begriff Sekundärstoffwechsel werden die Reaktionen beim Umbau chemischer Verbindungen zusammen-

gefaßt, die nicht zur Aufrechterhaltung lebenswichtiger Funktionen essentiell sind. Sekundärmetabolite stellen oft Neben- oder Zwischenprodukte solcher Reaktionen dar. Für die Herstellung derartiger Substanzen werden in der Zelle Enzyme eingesetzt. Dabei handelt es sich um Proteine (Eiweißstoffe), die in der Lage sind, eine chemische Reaktion an einem Molekül vorzunehmen, d.h. diese Reaktion zu katalysieren. Für die Herstellung (Biosynthese) eines Antibiotikums sind in der Regel sehr viele verschiedene Umwandlungsreaktionen notwendig, die von einer Vielzahl verschiedener Proteine durchgeführt werden. Als Beispiel sind in *Abbildung 2* die Biosynthesereaktionen zur Herstellung des weithin bekannten Antibiotikums Penicillin und des Antibiotikums Cephalosporin skizziert.

Alternativ zu den oben beschriebenen Antibiotika wurden seit 1944 [1] antimikrobielle Substanzen mit grundsätzlich anderer Struktur beschrieben. Diese neuen Antibiotika sind zum großen Teil aus Aminosäuren, den Grundbausteinen der Proteine, zusammengesetzt. Es stellte sich die Frage, ob ihre Herstellung in der Zelle (Biosynthese) ganz anders verläuft als die der Antibiotika des Sekundärmetabolismus. Um diese Unterschiede zu verstehen, muß zunächst erklärt werden, wie ein Protein entsteht.

Die Funktion eines Proteins hängt streng von der Reihenfolge seiner Aminosäuren (Aminosäuresequenz) ab. Die Aminosäuresequenz wird

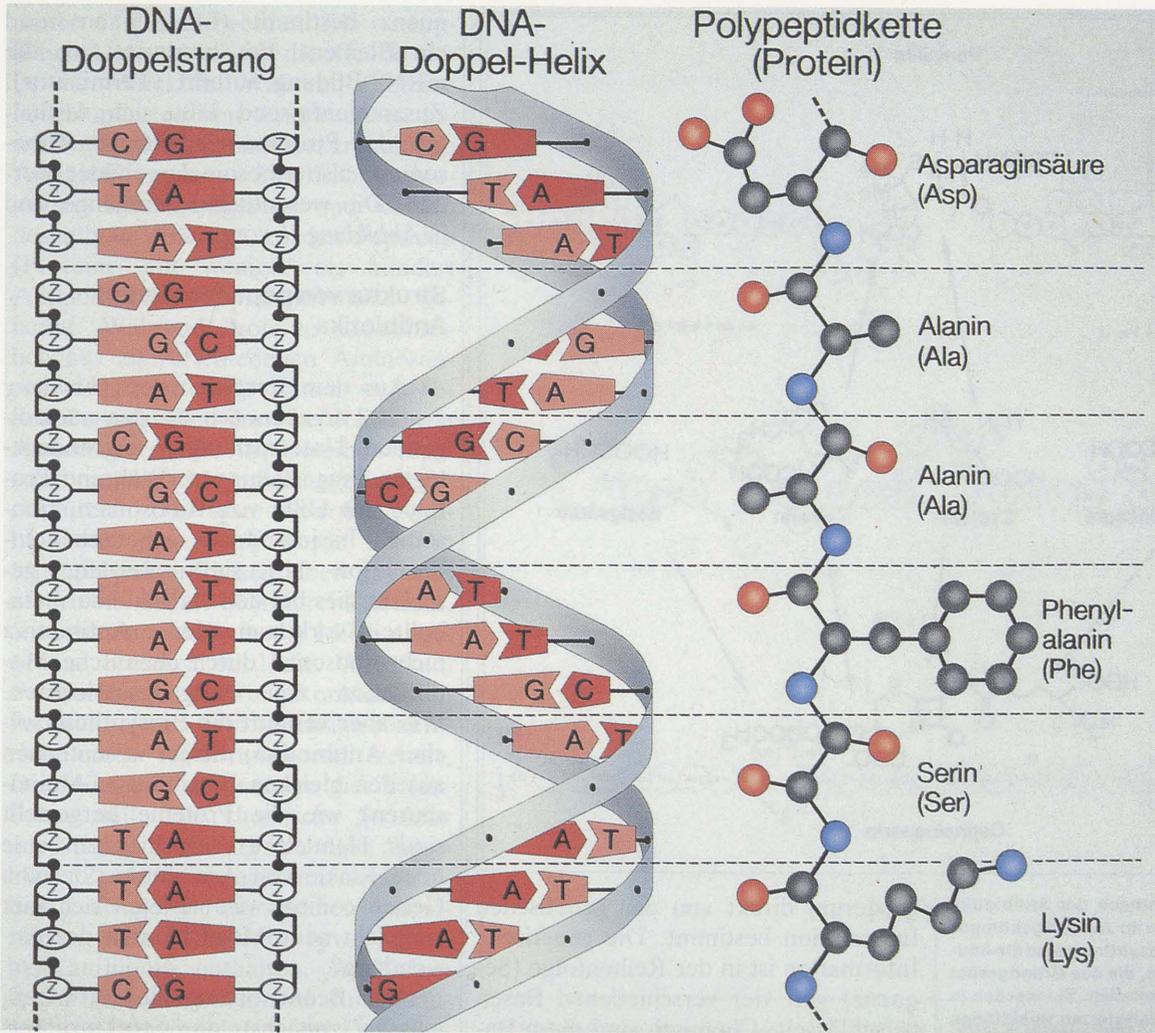
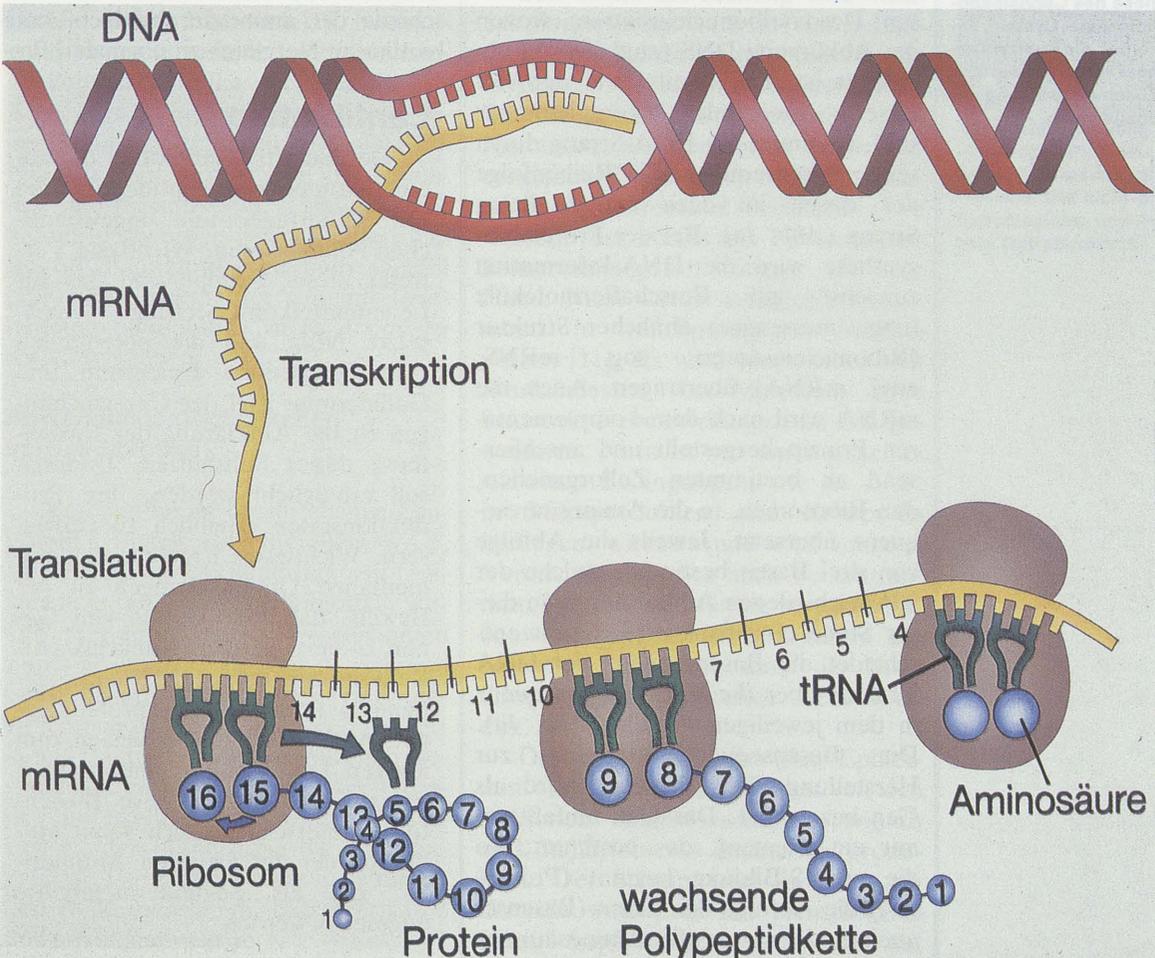


Abb. 1: Genetische Information und Protein-Biosynthese

a) Die Struktur der DNA und ihre Beziehung zur Struktur der Proteine: Die riesigen DNA-Moleküle sind fadenförmige Einzelstränge, die sich zu Doppelsträngen anordnen. Die vier verschiedenen Bausteine, die Desoxyribonukleotide, bestehen jeweils aus einer Base (A = Adenin; T = Thymin; C = Cytosin; G = Guanin) und einer Zucker-Einheit (Z). Sie sind über saure Phosphatbrücken (.) miteinander verknüpft (im Bild oben links). Die beiden parallel verlaufenden DNA-Einzelstränge verhalten sich zueinander gewissermaßen wie ein Negativ zu dessen Positivabzug. In der Doppel-Helix winden sich beide Stränge schraubenförmig um eine gedachte Achse. Die Zucker-Einheiten bilden gewissermaßen das Rückgrat der beiden Einzelstränge, die sauren Phosphatbrücken zeigen nach außen, und die Basen sind in das Innere der Doppel-Helix gerichtet; sie liegen paarweise übereinander (Basenpaarung). Dabei bilden stets Adenin (A) und Thymin (T) sowie Cytosin (C) und Guanin (G) jeweils ein Basenpaar. Die DNA enthält die genetische Information (Erbinformation) für die dreidimensionale Struktur (=Funktion) der Proteine, die aus der Art und der Anordnung (Sequenz) von deren Bausteinen (Aminosäuren) folgt.



b) Die Umsetzung (Expression) eines Gens in sein Gen-Produkt (Protein) im Inneren einer Zelle (Protein-Biosynthese): Von der DNA wird eine RNA-Kopie hergestellt, welche die genetische Information als Botschaft an die Ribosomen transportiert und dort als Matrize für die Konstruktion des Protein-Moleküls dient.

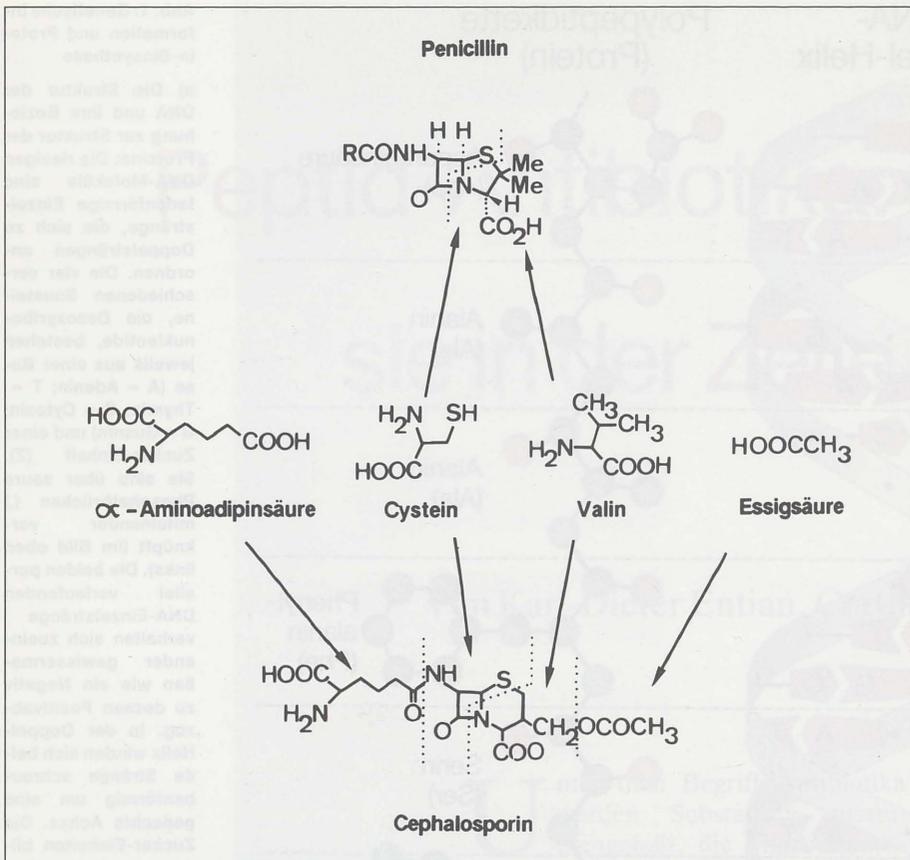


Abb. 2: Skizze der Biosynthese der Antibiotika Penicillin und Cephalosporin: Ausgangskomponenten für die Penicillin-Biosynthese sind die Aminosäuren Cystein und Valin, die das Grundgerüst des Penicillinmoleküls darstellen. Sie werden in mehreren enzymatisch katalysierten Reaktionen verknüpft. Für die Biosynthese des Cephalosporins dienen alpha-Amino adipinsäure, Cystein, Valin und Essigsäure als Baukörper, die in enzymatischen Reaktionen miteinander verknüpft werden. Die Punkte skizzieren die Zusammensetzung der Antibiotika aus ihren Grundbausteinen.

wiederum direkt von der genetischen Information bestimmt. Die genetische Information ist in der Reihenfolge (Sequenz) von vier verschiedenen Basen verschlüsselt. Chemisch sind diese Basen Desoxyribonucleinsäuren, wovon die Abkürzung DNS (engl. DNA) abgeleitet ist. Da jeweils zwei der vier Basen zueinander komplementär sind, bestimmt ein DNA-Strang durch seine Basensequenz die Reihenfolge der Basen im dazu anti-parallelen Strang (Abb. 1a). Bei der Proteinbiosynthese wird die DNA-Information zunächst auf Botschaftermoleküle (engl. messenger) ähnlicher Struktur (Ribonucleinsäuren, sog. mRNS, engl. mRNA) übertragen. Auch die mRNA wird nach dem komplementären Prinzip hergestellt und anschließend an bestimmten Zellorganellen, den Ribosomen, in die Aminosäuresequenz übersetzt. Jeweils die Abfolge von drei Basen bestimmt, welche der 20 verschiedenen Aminosäuren an dieser Stelle eingebaut wird. Somit entscheidet die Basensequenz der DNA letztlich über die Aminosäuresequenz in dem jeweiligen Protein (Abb. 1a). Die Basensequenzinformation zur Herstellung eines Proteins, wird als Gen bezeichnet. Das Gen umfaßt somit ein Element, das bestimmt, wo die mRNS-Bildung beginnt (Promoter), die Abfolge der Basen (Basensequenz), die direkt die Aminosäurese-

quenz bestimmt (Leserahmen) und ein Element, das bestimmt, wo die mRNS-Bildung aufhört (Terminator). Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß Proteine mit Hilfe von Ribosomen, also ribosomal, gebildet werden. Die wesentlichen Vorgänge sind in Abbildung 1b vorgestellt.

### Struktur von peptidcodierten Antibiotika

Aus dem Vergleich der Abbildung 1 und 2 ergeben sich die den nachfolgenden Untersuchungen zugrundegelegten Fragestellungen. Während Proteine mit Hilfe von Ribosomen, ribosomal, basierend auf genetischer Information hergestellt werden, geschieht dies bei den als Sekundärmetabolite vorkommenden Antibiotika nicht-ribosomal durch chemische Modifikation von Ausgangsmolekülen. Wie aber verläuft die Biosynthese solcher Antibiotika, die im wesentlichen aus den gleichen Bausteinen (Aminosäuren) wie die Proteine hergestellt sind? Handelt es sich hier um eine neue Klasse von Antibiotika, die von Genen codiert wird? Bieten sich hier vielleicht neue Möglichkeiten der Anwendung?

Vor Beantwortung dieser Fragen, müssen zunächst die Strukturunterschiede der aminosäurehaltigen Antibiotika im Vergleich zu normalen Pro-

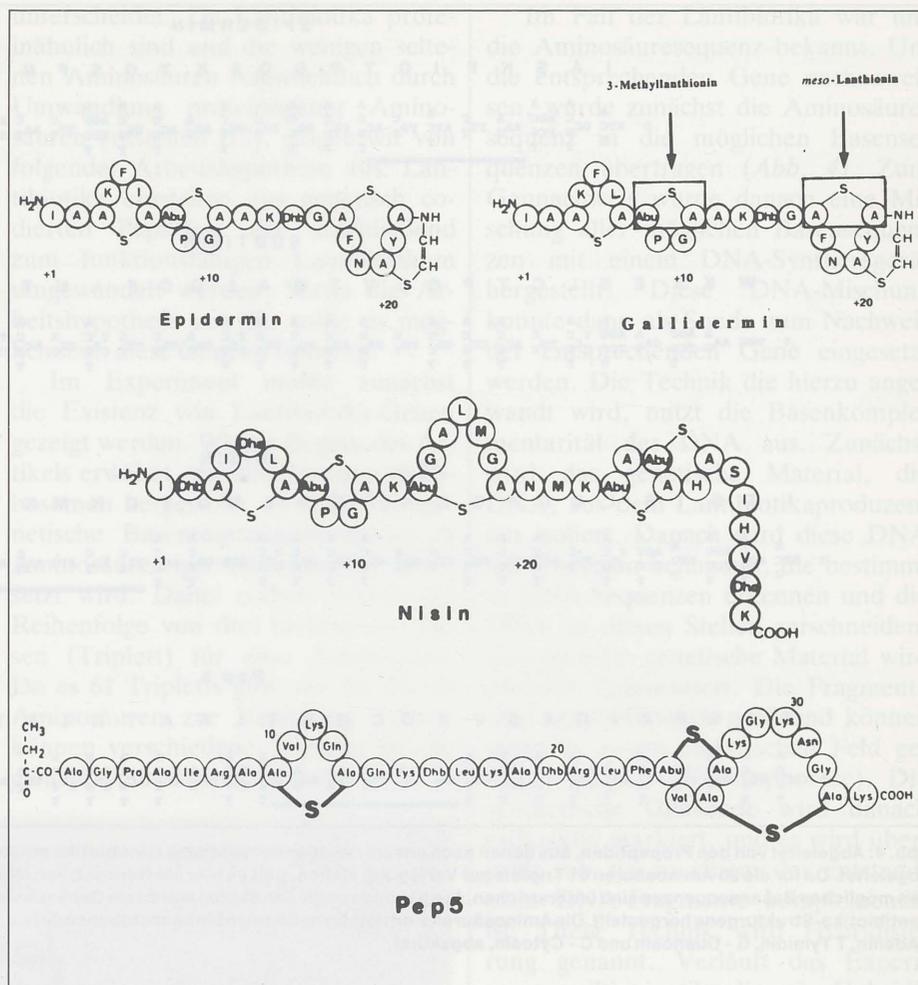
### Lantibiotika

Der Begriff Lantibiotika umfaßt eine Gruppe von Peptidantibiotika mit Sulfidringen und ungewöhnlichen Aminosäuren. Wichtigste Vertreter dieser Gruppe sind das zur Lebensmittelkonservierung eingesetzte Nisin und die potentiellen Aknetherapeutika Epidermin und Gallidermin. Ziel der Untersuchungen ist die Aufklärung der Biosynthese dieser Substanzen. Dadurch soll ermöglicht werden, ihre Produktionsraten erheblich zu verbessern. Wichtigstes Ergebnis der momentanen Untersuchungen ist der Beweis, daß Lantibiotika von Genen codiert werden. Zunächst entsteht in der Biosynthese ein sogenanntes Prepeptid aus proteinogenen Aminosäuren, das danach zum aktiven Lantibiotikum enzymatisch umgewandelt wird. Diese Biosynthese unterscheidet sich somit völlig von der der gängigen Antibiotika, die als Sekundärmetabolite angesehen werden.

teinen dargestellt werden. Ein wesentlicher Unterschied ist die Größe der beiden Moleküle. Während Proteine aus Hunderten von Aminosäuren bestehen, sind die aminosäurehaltigen Antibiotika nur aus 25 bis 35 Aminosäuren zusammengesetzt und werden deshalb in Analogie zu den Peptiden (Proteine mit weniger als hundert Aminosäuren) Peptidantibiotika genannt. Während Proteine ausschließlich aus 20 verschiedenen Aminosäuren aufgebaut sind, finden sich bei den Peptidantibiotika eine Reihe von Aminosäuren, die in Proteinen nicht vorkommen (nicht-proteinogene Aminosäuren). Das erste derartige Antibiotikum, das Nisin, wurde 1944 in Milchprodukten beschrieben [1] und wird von dem Milchsäurebakterium, *Streptococcus lactis*, in die Milch abgegeben. Dadurch wird das Wachstum eventueller Nahrungskonkurrenten verhindert, was dem Milchsäurebakterium einen Wachstumsvorteil sichert. Die Mikrobiologen nennen dies Selektionsvorteil. Die chemische Struktur des Nisins wurde 1971 von Groß aufgeklärt [2]. Nisin enthält fünf schwefelhaltige Ringe, die die seltenen Aminosäuren meso-Lanthionin bzw. 3-Methyl-Lanthionin enthalten. Außerdem finden sich weitere seltene Aminosäuren wie Dehydroalanin und Dehydrobutyryl in dem Nisinmolekül. Nachfolgend konnten weitere lanthioninhaltige Peptidantibiotika wie Subtilin [3], Epidermin [4,5], Gallidermin [6], Ancovenin [7], Pep5 [8] und Ro09-0198 [9], gefunden werden. Sie alle enthalten meso-Lanthionin, 3-Methylanthionin und wurden deshalb unter dem Begriff Lantibiotika zusammengefaßt [10]. Die Struktur der von uns bearbeiteten Lantibiotika ist in *Abbildung 3* wiedergegeben.

**Anwendungsmöglichkeiten von Lantibiotika**

Von den bisher beschriebenen Lantibiotika bieten sich vor allem Nisin, Epidermin und Gallidermin zur Anwendung an. Diese Antibiotika wirken sehr effektiv gegen sogenannten Gram-positive Bakterien, während Gram-negative Bakterien nur unwesentlich gehemmt werden. (Anmerkung: Bakterien werden mit einer bestimmten Färbetechnik in zwei Gruppen unterteilt: Gram-positive Bakterien werden durch diese Reaktion angefärbt. Die Gram-Färbung ist für jeden Bakterienstamm charakteristisch und unveränderlich.)



Seit seiner Entdeckung wird Nisin aus *Streptococcus lactis* in vielen Ländern zur Lebensmittelkonservierung eingesetzt. Es stellt eine gesundheitlich unbedenkliche Alternative zum Nitrat dar, aus dem beim Konservierungsprozess zum Teil das krebserregende N-Nitrosamin entsteht. Die Vorteile des Nisins als Lebensmittelkonservierungsstoff liegen auf der Hand: Nisin wurde natürlich vorkommend in Milchprodukten nachgewiesen [11]. Es wird somit schon seit Jahrhunderten von Menschen ohne bekannte Nebenwirkungen zu sich genommen. Nisin ist nur unter ganz bestimmten Bedingungen, wie sie z. B. in Milchprodukten und Konserven vorliegen, wirksam und wird von den Verdauungsenzymen nach Verzehr unmittelbar und vollständig zerstört. Nebenwirkungen auf die Darmflora des Menschen scheiden aus, da Nisin Gram-negative Bakterien nicht schädigt.

Die beiden Lantibiotika Epidermin und Gallidermin werden von den Bakterien *Staphylococcus epidermidis* und *Staphylococcus gallinarum* produziert. Der Stamm *Staphylococcus epidermidis* wurde auf der menschlichen Haut, *Staphylococcus gallinarum* auf

Abb. 3: Darstellung der chemischen Struktur von Nisin [2], Epidermin [4, 5], Gallidermin [6], und Pep5 [8]. Die Aminosäuren sind nach dem internationalen Einbuchstabencode aufgeführt: A - Alanin, C Cystein, D - Asparaginsäure, E - Glutaminsäure, F - Phenylalanin, G Glycin, H - Histidin, I - Isoleucin, K - Lysin, L - Leucin, M Methionin, N -Asparagin, P - Prolin, Q - Glutamin, R - Arginin, S Serin, T - Threonin, V - Valin, W - Tryptophan, Y -Tyrosin. Die nicht-proteinogenen Aminosäuren Dehydroalanin und Dehydrobutyryl sind mit Dha bzw. Dhb abgekürzt.



Hühnerkämmen gefunden und isoliert. Beide Lantibiotika sind sehr aktiv gegen *Propionibacterium acne*, Staphylokokken und Streptokokken und werden auf ihre Eignung zur Bekämpfung von Akne-Krankheiten überprüft.

Die wesentliche Schwierigkeit bei der Anwendung von Lantibiotika besteht zur Zeit in der geringen Ausbeute mit der diese Substanzen aus den Produzentenstämmen gewonnen werden können. Eine wirtschaftliche Nutzung setzt deshalb eine Erhöhung der Produktionsrate voraus. Dies ist nur mit dem Verständnis ihrer Biosynthese möglich.

### Isolierung der Lantibiotika-Strukturgene

Unsere Untersuchungen gingen zunächst der Frage nach, ob sich die Biosynthese der Lantibiotika wesentlich von der Biosynthese der als Sekundärmetabolite entstandenen Antibiotika

unterscheidet. Da Lantibiotika proteinähnlich sind und die wenigen seltenen Aminosäuren offensichtlich durch Umwandlung proteinogener Aminosäuren entstehen [12], gingen wir von folgender Arbeitshypothese aus: Lantibiotika entstehen aus genetisch codierten Peptiden, die anschließend zum funktionsfähigen Lantibiotikum umgewandelt werden. Wenn die Arbeitshypothese zutrifft, sollte es möglich sein, diese Gene zu isolieren.

Im Experiment mußte zunächst die Existenz von Lantibiotika-Genen gezeigt werden. Wie zu Beginn des Artikels erwähnt, werden Proteine an Ribosomen hergestellt, an denen die genetische Basensequenzinformation in Aminosäuresequenzinformation übersetzt wird. Dabei codiert jeweils die Reihenfolge von drei bestimmten Basen (Triplet) für eine Aminosäure. Da es 61 Triplets gibt, die für die 20 Aminosäuren zur Verfügung stehen, können verschiedene Triplets für die gleiche Aminosäure codieren.

Im Fall der Lantibiotika war uns die Aminosäuresequenz bekannt. Um die entsprechenden Gene nachzuweisen, wurde zunächst die Aminosäuresequenz in die möglichen Basensequenzen übertragen (Abb. 4). Zum Gennachweis wurde danach eine Mischung aller möglichen Basensequenzen mit einem DNA-Synthesegerät hergestellt. Diese DNA-Mischung konnte dann als Sonde zum Nachweis der entsprechenden Gene eingesetzt werden. Die Technik die hierzu angewandt wird, nutzt die Basenkomplementarität der DNA aus. Zunächst wird das genetische Material, die DNA, aus dem Lantibiotikaproduzenten isoliert. Danach wird diese DNA mit Enzymen behandelt, die bestimmte DNA-Sequenzen erkennen und die DNA an diesen Stellen zerschneiden. Das gesamte genetische Material wird dadurch fragmentiert. Die Fragmente sind unterschiedlich groß und können somit in einem elektrischen Feld getrennt werden (Elektrophorese). Die synthetische Gensonde wird danach radioaktiv markiert, und es wird überprüft, ob sie zu einem der entstandenen DNA-Fragmente komplementär ist. Diese Technik wird Hybridisierung genannt. Verläuft das Experiment positiv, ergibt dies ein Hybridisierungssignal (Schwärzung des Röntgenfilms). Für die von uns untersuchten Lantibiotika Epidermin [10], Gallidermin [13], Nisin [14, 15] und Pep5 [16] konnten wir eindeutige Signale nachweisen, die einen ersten Hinweis auf die Existenz von Lantibiotika-Genen gaben. Exemplarisch sind die Hybridisierungsergebnisse in Abbildung 5 für Pep5 gezeigt.

### Analyse der Lantibiotika-Strukturgene

Die mit den entsprechenden Gensonden identifizierten DNA-Fragmente wurden im Verlauf der weiteren Untersuchungen zunächst isoliert und anschließend ihre Basenzusammensetzung (DNA-Sequenz) bestimmt. Aus diesen Basensequenzen konnte dann die Aminosäuresequenz abgeleitet werden. Sie bestätigte, daß es hier tatsächlich gelungen war, die Lantibiotika-Gene zu isolieren und ihre Genstruktur aufzuklären.

Obwohl die isolierten Lantibiotika-Gene aus verschiedenen Organismen stammen, weisen sie ein gemeinsames Bauprinzip auf (Abb. 6). Bei der Übersetzung der genetischen Information an den Ribosomen entste-



Professor Karl-Dieter Entian (36) promovierte nach dem Studium der Biologie an der Technischen Hochschule Darmstadt über die Genetik des Kohlenhydratstoffwechsels der Hefe *Saccharomyces cerevisiae* bei Professor Friedrich Karl Zimmermann. Nach einem Forschungsaufenthalt an der University of East Anglia im englischen Norwich wechselte Entian zur Universität Tübingen, dort habilitierte er 1984 über das Thema "Regulation des Kohlenhydratstoffwechsels der Hefe *Saccharomyces cerevisiae*". Als Heisenberg-Stipendiat der Deutschen Forschungsgemeinschaft begann Entian mit der Untersuchung der Biosynthese der Lantibiotika am Medizinisch-Naturwissenschaftlichen Forschungszentrum in Tübingen. Im August 1988 folgte er einem Ruf an das Institut für Mikrobiologie der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Fachrichtung Molekulargenetik. Inzwischen ist die zur Zeit aus 16 Mitarbeitern bestehende Arbeitsgruppe, zu der auch Cortina Kaletta und Norbert Schnell gehören, nach Frankfurt umgezogen.

Cortina Kaletta (29) studierte zunächst Chemie in Bonn, später Biochemie in Tübingen. Seit Juni 1987 arbeitet die Diplom-Biochemikerin an ihrer Doktorarbeit im Labor von Entian im Medizinisch-Naturwissenschaftlichen Forschungszentrum in Tübingen. Die Dechema (Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen, Chemische Technik und Biotechnologie) unterstützt ihre Promotion mit einem Stipendium. Cortina Kaletta beschäftigt sich mit der Biosynthese der Lantibiotika.

Norbert Schnell (28) startete sein Studium der Biochemie an der Freien Universität Berlin und absolvierte seine Diplomprüfung in Tübingen. Seit Juni 1987 arbeitet er ebenfalls an der Doktorarbeit unterstützt von einem Stipendium der Dechema (Deutsche Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen, Chemische Technik und Biotechnologie). Neben Forschungsarbeiten zur Biosynthese der Lantibiotika beschäftigt sich Schnell mit der Aufklärung des Metallstoffwechsels der Hefe *Saccharomyces cerevisiae*.



Abb. 6: Basensequenz des Epidermin-Strukturgens aus *Staphylococcus epidermidis* und die daraus abgeleitete Aminosäuresequenz des Prepeptids. Die Stelle, an der Leitsequenz und Propeptid voneinander getrennt werden, ist mit einem Pfeil markiert. Aus dem Propeptid geht das reife Lantibiotikum durch enzymatische Umwandlung hervor. Die Aminosäuren sind im internationalen Einbuchstabencode dargestellt (s.a. Abb. 3), die Basen mit A - Adenin, T - Thymin, G - Guanin und C - Cytosin abgekürzt. Wichtige Genstrukturen, die für die Expression des Epidermingens notwendig sind, wurden unterstrichen bzw. rechteckig umrandet.

hen zunächst Peptide mit einer Länge von 52 bis 60 Aminosäuren. Diese Peptide wurden von uns als Prepeptide bezeichnet. Im hinteren Teil des Prepeptids befinden sich die Aminosäuren, aus denen das reife Lantibiotikum entsteht. Diesen Teil des Prepeptids nennen wir deshalb Propeptid. Die vordere Aminosäuresequenz bezeichnen wir als Leitsequenz, da wir davon ausgehen, daß ihr eine entscheidende Rolle bei der Lantibiotika-Biosynthese zukommt.

Die bisherigen Ergebnisse haben also eindeutig gezeigt, daß Lantibiotika von Genen codiert sind und durch Umwandlung von Prepeptiden entstehen. Im weiteren stellt sich nun die Frage nach den für die Umwandlung notwendigen enzymatischen Reaktionen. Bei unseren Überlegungen [10] gehen wir davon aus, daß die Modifikationen der Aminosäuren zunächst am Prepeptid durchgeführt werden (Abb. 7). Für die Modifikation muß zunächst ein Enzym angenommen werden, das Wasser aus den Aminosäuren Threonin bzw. Serin abspaltet. Dabei entstehen die nicht-proteinogenen Aminosäuren Dehydrobutyrin und Dehydroalanin. Wenn sich an diese Aminosäuren die schwefelhaltige Aminosäure Cystein addiert, wird *meso*-Lanthionin bzw. 3-Methylanthionin gebildet. Zum Abschluß der Lantibiotika-Biosynthese müssen dann En-

zyme vorhanden sein, die das Lantibiotikum von der Leitsequenz abspalten und es aus der Zelle ausschleusen. Bei den Lantibiotika Epidermin und Gallidermin muß zusätzlich an der letzten Aminosäure des Prepeptids (Cystein) eine Decarboxylierung und die anschließende Ausbildung einer Doppelbindung stattfinden.

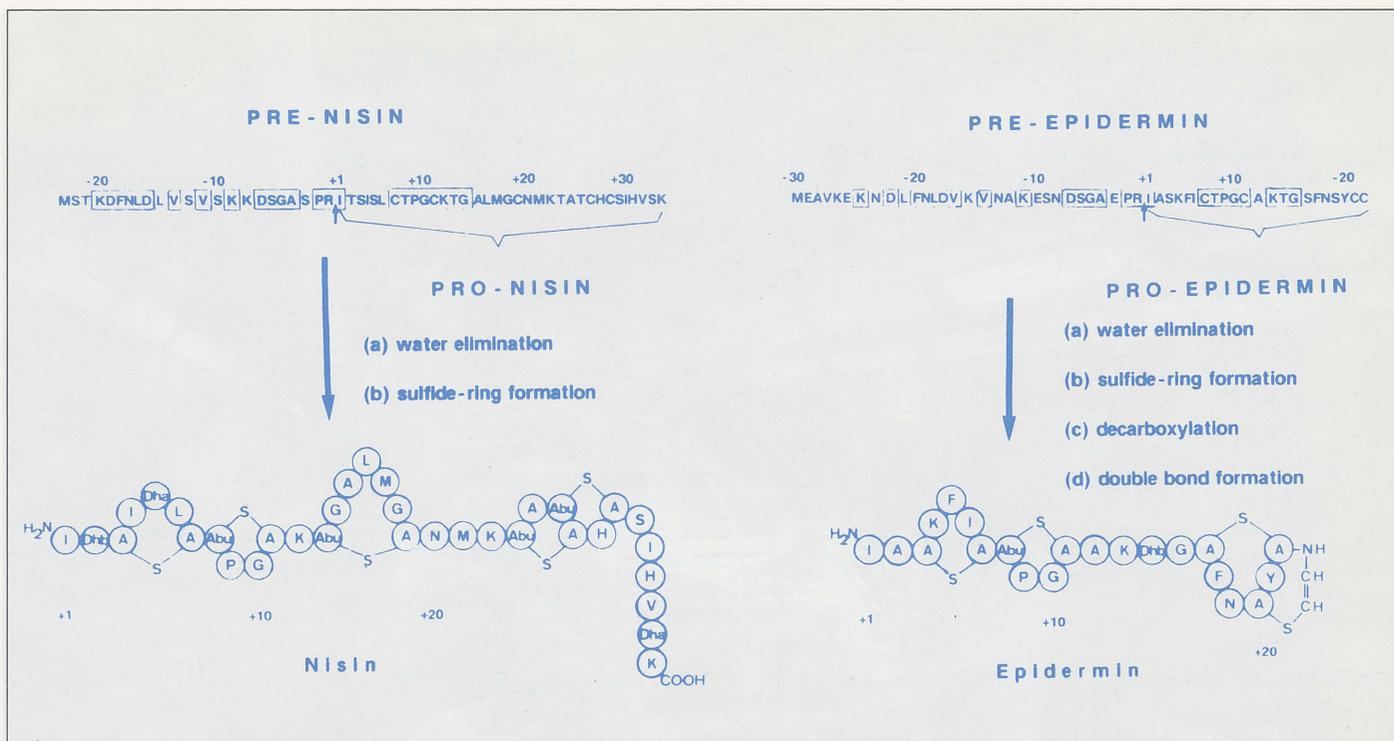
### Perspektiven

Nachdem mit der Isolierung der Lantibiotika-Strukturgene die Grundlage für die Aufklärung der Lantibiotika-Biosynthese gelegt wurde, muß nun in den weiteren Arbeiten nach den Enzymen gesucht werden, die die aufgezählten Modifikationsreaktionen durchführen. Das dargelegte gemeinsame Bauprinzip der Prepeptide läßt erwarten, daß die Biosynthese aller Lantibiotika ähnlich verläuft. Sollten die daran beteiligten Enzyme isoliert und charakterisiert sein, ergeben sich darüber hinaus weitere interessante Aspekte. So bleibt zu überprüfen, ob die beschriebenen Lanthioninbrücken eventuell Disulfidbrücken in Proteinen ersetzen können. Es ist durchaus denkbar, daß derartige Proteine stabiler als die natürlichen Vorkommenden sind. So könnte z. B. die Lebensdauer des Insulins erhöht und damit die Behandlung der Zuckerkrankheit erleichtert werden.

### Zusammenarbeit mit anderen an dem Projekt beteiligten Wissenschaftlern

Die Arbeiten, über die hier berichtet worden ist, werden im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 169 (Struktur und Funktion membranständiger Proteine) an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert. Eine intensive Kooperation besteht zusätzlich mit den Kollegen des Sonderforschungsbereiches 369 (Mikrobielle Grundlagen der Biotechnologie) an der Universität Tübingen, von dem diese Arbeiten ihren Ausgang nahmen. Im einzelnen wurde die Basis für die Isolierung der Lantibiotika-Gene durch die Struktur- aufklärung von Epidermin, Gallidermin und Pep5 und die Vorhersage der entsprechenden Proformen in der Arbeitsgruppe Prof. Günther Jung, Institut für Organische Chemie der Universität Tübingen, gelegt. Für die Genisolierung von Epidermin und Gallidermin wurde die DNA von der Arbeitsgruppe Prof. Friedrich Götz, Institut für Mikrobiologie der Universität Tübingen, zur Verfügung gestellt, während die Genisolierung von Pep5 von einer DNA Isolierung der Arbeitsgruppe Prof. Hans-Georg Sahl, Institut für Medizinische Mikrobiologie der Universität Bonn, ausging.





### Anmerkungen

- [1] Mattick, A.T.R. und Hirsch, A. (1944): A powerful inhibitory substance produced by group N streptococci. *Nature* 154, 551.
- [2] Gross, E. und Morell, J.L. (1971): The structure of nisin. *J. Am. Chem. Soc.* 93, 4634-4635.
- [3] Gross, E. und Kiltz, H.H. (1973): The number and nature of  $\beta$ -unsaturated amino acids in subtilin. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 50, 559-565.
- [4] Allgaier, H., Jung, G., Werner, R.G., Schneider, U., und Zähler, H. (1985): Elucidation of the structure of epidermin, a ribosomally synthesized tetracyclic heterodetic polypeptide antibiotic. *Angew. Chemie* 24, 1051-1053.
- [5] Allgaier, H., Jung, G., Werner, R.G., Schneider, U. und Zähler, H. (1986): Epidermin: sequencing of a heterodetic tetracyclic 21-peptide amide antibiotic. *Eur. J. Biochem.* 160, 9-22.
- [6] Kellner, R.G., Jung, G., Hörner, T., Zähler, H., Schnell, N., Entian, K.-D. und Götz, F. (1988): Gallidermin: a new lanthionine containing polypeptide antibiotic. *Eur. J. Biochem.* 177, 53-59.
- [7] Wakamiya, T., Ueki, Y., Shiba, T., Kido, Y., Motoki, Y. (1985): The structure of ancovenin, a new peptide inhibitor of angiotensin I converting enzym. *Tetrahedron Lett.* 26, 665-668.
- [8] Kellner, R., Jung, G., Josten, M., Kaletta, C., Entian, K.-D. und Sahl, H.-G. (1988): Pep5, a new lantibiotic: structure elucidation and amino acid sequence of the propeptide. *Angew. Chemie.* (im Druck).
- [9] Kessler, H., Steuernagel, D., Gilleson, D., Kamiyama, T. (1987): Complete sequence de-

- termination and localisation of one imino and three sulfide bridges of the nonadecapeptide Ro09-198 by homonuclear 2D-NMR spectroscopy. The DQF-RELAYED-NOESY experiment. *Helv. Chim. Acta* 70, 726-741.
- [10] Schnell, N., Entian, K.-D., Schneider, U., Götz, F., Zähler, H., Kellner, R. und Jung, G. (1988): Prepeptide sequence of epidermin, a ribosomally synthesized antibiotic with four sulfide-rings. *Nature* 333, 276-278.
- [11] Chevalier, R., Fournaud, J., Lefebvre, E. und Mocquot, G. (1957): Mise en evidence des strepticoques lactiques inhibiteurs et stimulants dans le lait et les fromages. *Ann. Technol. Agric.* 2, 117-137.
- [12] Ingram, L. (1970): A ribosomal mechanism for synthesis of peptides related to nisin. *Biochim. Biophys. Acta* 224, 263-265.
- [13] Schnell, N., Entian, K.-D., Götz, F., Hörner, T., Kellner, R. und Jung, G. (1988/89): Structural gene isolation and prepeptide sequence of gallidermin, a new lanthionine containing antibiotic. *FEMS Microbiol. Lett.* (im Druck).
- [14] Kaletta, C. und Entian, K.-D. (1988/89): Nisin a peptide antibiotic: cloning, sequencing of the nisA gene and post-translational processing of its peptide product. *J. Bacteriol.*
- [15] Buchman, G.W., Hansen, J.N. (1988): Structure, expression and evolution of a gene encoding the precursor of nisin, a small protein antibiotic. *J. Biol. Chem.* 263, 16260-16266.
- [16] Kaletta, C., Entian, K.-D., Kellner, R., Jung, G., Reis, M. und Sahl, H.-G. (1988/89): Pep5, a new lantibiotic: structural gene isolation and prepeptide sequence. *Arch. Microbiol.* (im Druck).

Abb. 7: Vergleich zwischen der Biosynthese von Nisin aus *Streptococcus lactis* (links) und Epidermin aus *Staphylococcus epidermidis* (rechts). Pre-Nisin besteht aus 57 Aminosäuren und Pre-Epidermin aus 52 Aminosäuren. Die Leitsequenz des Nisins umfaßt 23 Aminosäuren und die des Epidermins 30 Aminosäuren. Obwohl beide Lantibiotika von völlig unterschiedlichen Bakterien produziert werden, gibt es charakteristische Gemeinsamkeiten, die rechteckig umrandet hervorgehoben sind und auch innerhalb der Leitsequenzen vorhanden sind. Bei der Umwandlung der Prepeptide in die reifen Lantibiotika muß in beiden Fällen zunächst Wasser aus den Aminosäuren Serin bzw. Threonin eliminiert werden. Dadurch entstehen die nicht-proteinogenen Aminosäuren Dehydroalanin und Dehydrobutyrin. Nach anschließender Schwefeladdition werden die Aminosäuren meso-Lanthionin und 3-Methylanthionin gebildet. Zusätzlich ist bei Epidermin eine Decarboxylierung der am Ende des Propeptids befindlichen Aminosäure Cystein notwendig, auf die die Ausbildung einer Doppelbindung folgt. Die Aminosäuren sind im internationalen Einbuchstabencode dargestellt (s.a. Abb. 3). Die nicht-proteinogenen Aminosäuren Dehydroalanin und Dehydrobutyrin sind mit Dha bzw. Dhb abgekürzt.

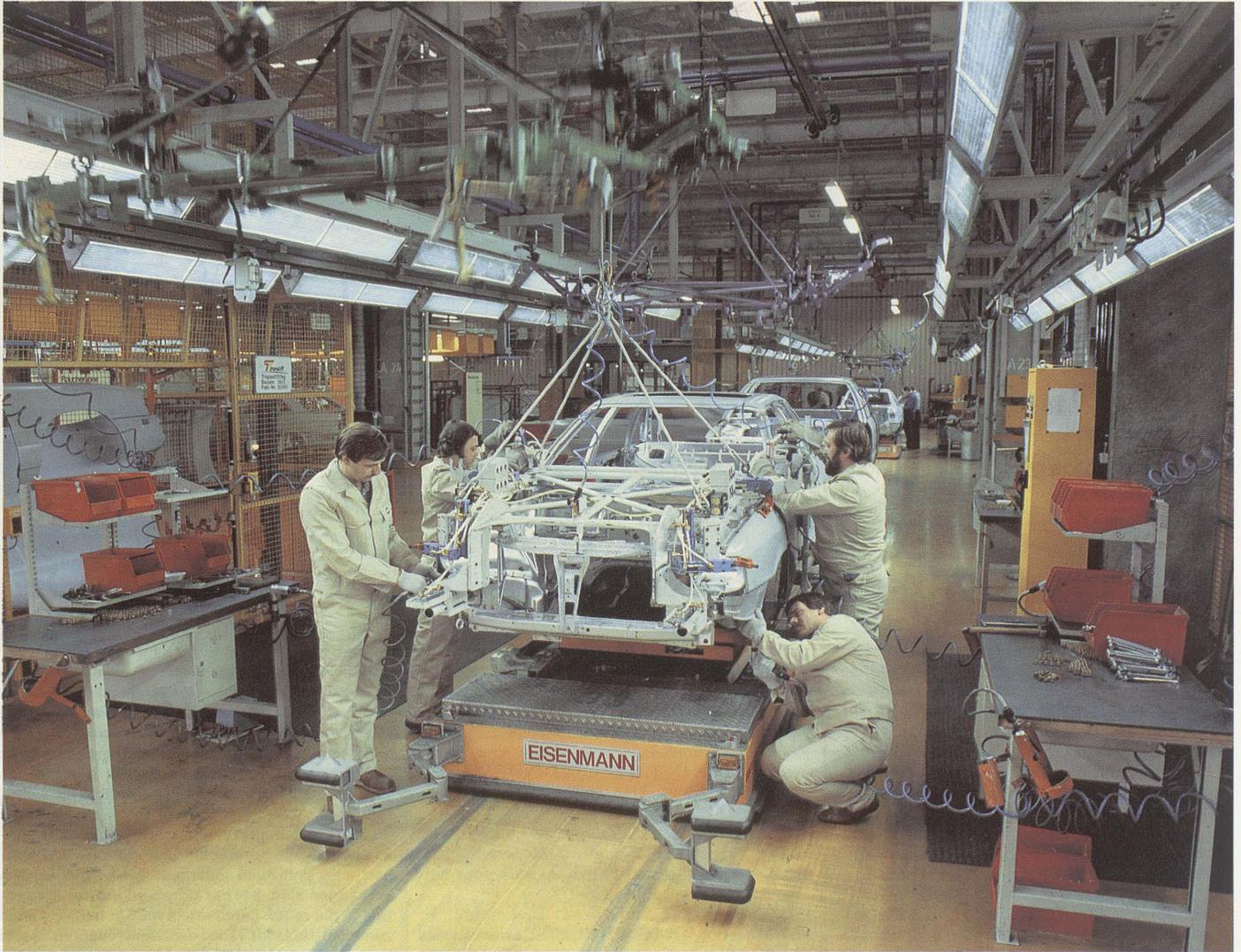
„Balans“-Stühle

Massivholzmöbel

Design + Handwerk

Bei uns finden Sie „Möbel zum Liebhaben“  
**TEAK + KIEFER MÖBEL GmbH**

Deutschherrnufer 35 · 6000 Frankfurt 70 · Sachsenhausen · Telefon (0 69) 62 61 48  
 Möbel für: Küche - Diele - Essen - Wohnen - Schlafen - Matratzen - Etc.



Arbeit im Team: Die Audi-Werke in Ingolstadt führten 1987 Gruppenarbeitsplätze im Karosseriebau ein. Früher wurden diese Arbeiten am Fließband ausgeführt.

# Der Mensch als Maßstab für neue Arbeitsformen

Von Hartmut Kreikebaum und Klaus-Jürgen Herbert



Fragen der Arbeitsgestaltung besitzen eine hohe Aktualität. Die konkrete Arbeitsorganisation und die Regelung der Arbeitszeit bestimmen darüber, wie human eine Tätigkeit ist und ob Beschäftigte ihre Leistungsmöglichkeiten voll entfalten können. Eine wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Fragen der Arbeitsgestaltung setzt bereits bei Adam Smith (1723 - 1790) ein und kann über Frederick Winslow Taylor (1856 - 1915) bis in die heutige Zeit verfolgt werden.

Unter den gegenwärtigen Bedingungen eines harten Wettbewerbs, der Innovationsdynamik und der Globalisierung der Märkte wird es zur entscheidenden unternehmerischen Stärke, die Potentiale der Mitarbeiter durch eine humane Arbeitsgestaltung zu fördern. Wir sind diesem Anliegen in einem Forschungsprojekt nachgegangen, das 1984/85 in Unternehmen der Hessischen Metallindustrie durchgeführt wurde. In dieser Untersuchung haben wir vorrangig die Einschätzung der Betriebsräte gegenüber neuen Formen der Arbeitsgestaltung untersucht. 1986/87 folgte eine Studie, die die Arbeitszeitproblematik nä-

her betrachtete. Beide Untersuchungen liefern interessante Ergebnisse zur Humanisierung der Arbeit aus der betrieblichen Perspektive.

Eine verdichtete Fassung der Ergebnisse, verknüpft mit grundsätzlichen Fragen der Arbeitshumanisierung und deren ökonomischen Auswirkungen, wurde kürzlich von Hartmut Kreikebaum und Klaus-Jürgen Herbert unter dem Titel "Humanisierung der Arbeit Arbeitsgestaltung im Spannungsfeld ökonomischer, technologischer und humanitärer Ziele" vorgelegt.

Als James Watt im Jahre 1765 die Dampfmaschine erfand, startete die erste industrielle Revolution. Die bahnbrechende Entwicklung machte es möglich, körperliche Arbeit durch Maschinen zu ersetzen. Die immer stärker vorangetriebene Arbeitsteilung ließ die Produktivität erstaunlich ansteigen. 1777 beschreibt Adam Smith anschaulich am Beispiel der Stecknadelproduktion dieses Prinzip: "Um eine Stecknadel anzufertigen, sind etwa 18 verschiedene Arbeitsgänge notwendig, die in einigen Fabriken jeweils verschiedene Arbeiter besorgen, während in anderen ein einzelner

Die Hast des Arbeitens in der Fabrikhalle stellt Adolph von Menzel mit seinem Bild "Das Eisenwalzwerk" (1872-1875) dar. Durch das scheinbare Chaos macht der Maler deutlich, wie die Menschen sich beeilen, dem rigorosen Lauf der Maschinerie zu folgen. Dabei müssen die Arbeiter ihre elementarsten Bedürfnisse unterordnen.

zwei oder drei davon ausführt. Rechnet man für ein Pfund über 4000 Stecknadeln mittlerer Größe, so waren die 10 Arbeiter imstande, täglich etwa 48.000 Nadeln herzustellen, jeder also ungefähr 4800 Stück. Hätten Sie indes alle einzeln und unabhängig voneinander gearbeitet, noch dazu ohne besondere Ausbildung, so hätte der einzelne gewiß nicht einmal 20, vielleicht sogar keine einzige Nadel am Tag zustande gebracht." Dieses von Smith beschriebene Prinzip war allerdings keineswegs vollständig neu, sondern wurde bereits bei der Sandalenproduktion für die römischen Legionen eingesetzt.

Ab Beginn des 19. Jahrhunderts entstanden in zunehmendem Umfang Industriebetriebe. "Das Eisenwalzwerk" von Adolph von Menzel charakterisiert eindrucksvoll die Arbeitsstrukturen um 1875. Am 7. Oktober 1913 lief in Detroit das von Henry Ford für die Produktion seines Model T entwickelte Fließband an. Die Montage des ersten Model T nahm 12 Stunden und 28 Minuten in Anspruch, bis 1914 hatte Ford diese Zeitspanne auf 93 Minuten verkürzt. Mit dem Fließband waren bis dahin nicht gekannte

Stückkostensenkungen möglich: Innerhalb von fünf Jahren fiel der Preis um 49 Prozent, das Model T mobilisierte die amerikanische Durchschnittsfamilie. Dies war gleichzeitig die Geburtsstunde der modernen Großunternehmung.

Mit der Einführung des Fließbands war allerdings noch etwas Anderes geboren: Eine Form der Arbeitsorganisation, die jedem Arbeiter nur noch kleine Arbeitsschritte zubilligte und seine Arbeit in einen vorgeschriebenen Zeittakt einband. Es entstand eine Organisationsform, die in der Folgezeit bis heute Kritik hervorrief, da sie den Prinzipien einer humanen, am Menschen orientierten Arbeitsgestaltung in keiner Weise entsprach. Der Mensch war nunmehr maschineller Lückenbüßer; seine Vielseitigkeit wurde durch sich wiederholende, einseitige Beanspruchung nur minimal und punktuell genutzt. Seit Taylor 1911 seine Prinzipien des "Scientific Management" entwickelte, entstanden jedoch Ansätze, die Arbeitsorganisation an den menschlichen Fähigkeiten zu orientieren.

Die Human-Relations-Bewegung in den USA (angeregt durch Elton

Mayos und Fritz Roetlisbergers berühmten Untersuchungen in den Hawthorne-Werken der Western Electric Company) verfolgte diesen Anspruch ebenso wie Forscher, welche die Arbeitsmotivation untersuchten (z.B. Abraham Maslow und Frederick Herzberg). Im Laufe der geschichtlichen Entwicklung trat die ursprüngliche Fließbandorganisation immer stärker zurück und machte neuen Formen der Arbeitsorganisation Platz. In jüngster Zeit werden die Produktionstechnologien in erheblichem Umfang durch den Einsatz von Computern bestimmt. Und seit 1987 führt man z.B. in der deutschen Automobil-Produktion zunehmend Gruppen-Arbeitsstrukturen ein.

### Prozeß der Arbeitsgestaltung

Am Prozeß der Gestaltung von Arbeitsabläufen sind im Unternehmen zahlreiche Personen und unterschiedliche Abteilungen beteiligt. In der Geschäftsleitung werden Investitionsentscheidungen vorbereitet. Die technischen Abteilungen planen den Maschineneinsatz und deren Verknüpfungsstrukturen. Im Personalwesen werden

# Unternehmensberater

## Finanzen / Rechnungswesen / Controlling

Wir sind eine Unternehmensberatungsgesellschaft der DTG-Gruppe mit über 150 Mitarbeitern und international über die Deutsche Treuhand-Gesellschaft Wirtschaftsprüfungsgesellschaft der KPMG Klynveld Peat Marwick Goerdeler angeschlossen. Die KPMG ist in über 100 Ländern mit über 600 Büros vertreten und beschäftigt fast 60.000 Mitarbeiter. In der Unternehmensberatung sind weltweit etwa 5.000 Berater tätig, davon 1.800 in Europa. Unsere Gesellschaft ist damit in ein internationales Dienstleistungsnetz nationaler Beratungsgesellschaften mit weltweit geltenden hohen Qualitätsstandards unter Anwendung fortschrittlicher Methoden und Technologien einbezogen. Zu unseren Mandanten zählen Unternehmen unterschiedlicher Art, Größe und Branche des privaten und öffentlichen Bereiches.

Zur Erweiterung unseres qualifizierten Beraterstabes suchen wir **Berater** mit sehr guten Kenntnissen des externen und/oder internen Rechnungswesens.

Sie werden das Management unserer Mandanten unterstützen bei der

- Lösung organisatorischer Fragestellungen
- Beurteilung bestehender DV-Anwendungssysteme
- Einführung neuer DV-Anwendungssysteme (Entwicklung und Auswahl)

Bewerber sollten möglichst folgende Voraussetzungen erfüllen:

- Erfahrung im Rechnungswesen
- gute Kenntnisse des Leistungsangebotes führender Hardware- und Software-Anbieter sowie der wesentlichen nationalen und internationalen Kommunikationssysteme
- Prädikatsexamen einer deutschen Universität oder einer führenden internationalen Hochschule
- herausragende analytische Fähigkeiten, Kreativität und Mobilität
- Verhandlungsgeschick und Bereitschaft zur Reisetätigkeit
- gute Englischkenntnisse

Wir bieten eine interessante und vielseitige Tätigkeit in einer von kollegialer Zusammenarbeit geprägten Beratungsgesellschaft, fachliche Aus- und Weiterbildung entsprechend den aktuellen Anforderungen sowie eine leistungsbezogene Gehaltsentwicklung.

Ihre Bewerbungsunterlagen mit tabellarischem Lebenslauf, Zeugniskopien, Lichtbild, derzeitigem Bruttoeinkommen, Gehaltswunsch und möglichem Eintrittstermin senden Sie bitte an die

**Geschäftsführung, Friedrich-Ebert-Anlage 26, 6000 Frankfurt am Main I.**



Deutsche Treuhand-Unternehmensberatung GmbH

die Stellenpläne erarbeitet und Besetzungs- und Qualifikationsstrukturen festgelegt. Und nicht zuletzt sind die betrieblichen Interessenvertreter, die Betriebsräte, in den Entscheidungsprozeß mit einbezogen. Die Paragraphen 90, 91 Betriebsverfassungsgesetz (BetrVG) gaben dem Betriebsrat in der Bundesrepublik ein Mitwirkungsrecht bei der Planung von Baumaßnahmen, technischen Anlagen, Arbeitsverfahren und Arbeitsabläufen sowie Arbeitsplätzen. Bei der Beratung zwischen Arbeitgeber und Betriebsrat sollen die "gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse zur menschengerechten Gestaltung der Arbeit" berücksichtigt werden. Die §§ 90, 91 BetrVG werden als "autonomer Arbeitsschutz" bezeichnet, da die Betriebspartner betriebsindividuelle Arbeitsgestaltungslösungen verwirklichen können.

Hier setzte unsere erste empirische Untersuchung in der Hessischen Metallindustrie an. Im Betriebsverfassungsgesetz von 1972 ist nämlich keineswegs vorgeschrieben, wie Arbeitsplätze konkret gestaltet werden sollen, sondern nur ein Gestaltungsrahmen vorgegeben. Wir wollten mit unserer empirischen Untersuchung herausfinden, wie die betriebliche Praxis diesen Rahmen konkret ausfüllt. Auf diejenigen Ergebnisse, welche die Einschätzung der Arbeitsorganisation und Arbeitszeitgestaltung betreffen, soll im folgenden näher eingegangen werden.

**Autonomer Arbeitsschutz und "Neue Formen der Arbeitsorganisation"**

Als "Neue Formen der Arbeitsorganisation" werden der gezielte Arbeitsplatzwechsel (Job Rotation), die Arbeitserweiterung (Job Enlarge-



Felgenfertigung in einer Motorradfabrik vor rund dreißig Jahren.

ment), die Arbeitsbereicherung (Job Enrichment) und die teilautonome Arbeitsgruppe (Autonomous Work Group) bezeichnet. Sie stellen die Antwort auf die Kritik an starren arbeitsteiligen Strukturen dar. Letztere werden durch eine horizontale Erweiterung der Arbeitsinhalte (Arbeitsplatzwechsel, Arbeiterweiterung) oder durch deren vertikale Anreicherung (Arbeitsbereicherung, teilautonome Arbeitsgruppe) verbessert. Für uns war es vorrangig von Interesse, wie die Praktiker selbst (Arbeitgeber und Betriebsräte) diese Gestaltungsformen beurteilen. Aus den Antworten läßt sich in einem weiteren Schritt ableiten, wo künftige Gestaltungsschwerpunkte und -tendenzen liegen können.

**Gezielter Wechsel von Arbeitsplatz und Aufgaben**

Unter dem gezielten Arbeitsplatzwechsel (Job Rotation) versteht man den geplanten, turnusmäßigen Wechsel der Arbeitsplätze und Arbeitsaufgaben. Diese Organisationsform ist bekannt von Trainee-Programmen sowie dem Springereinsatz am Fließband, sie findet sich aber auch in den höheren Managementebenen. Künftige Manager, die möglichst viele Tätigkeiten und Arbeitsfelder im Unternehmen kennenlernen, können sich so im Trainee-Programm für spätere Führungspositionen qualifizieren. Am Fließband hilft der Springer beim Ausgleich von Fehlzeiten, Urlaub oder Krankheit.

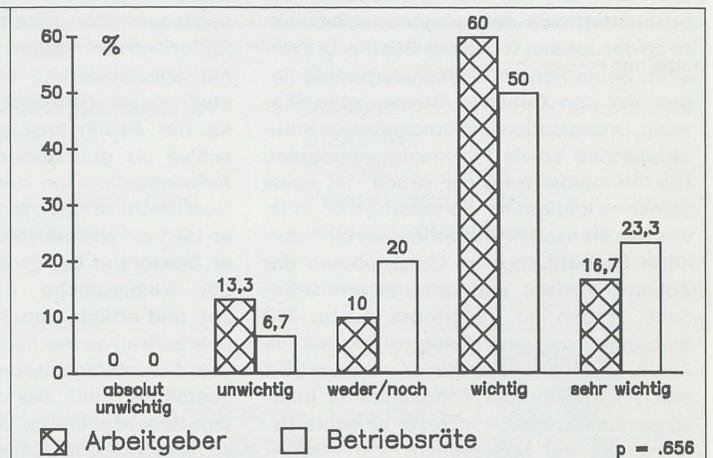
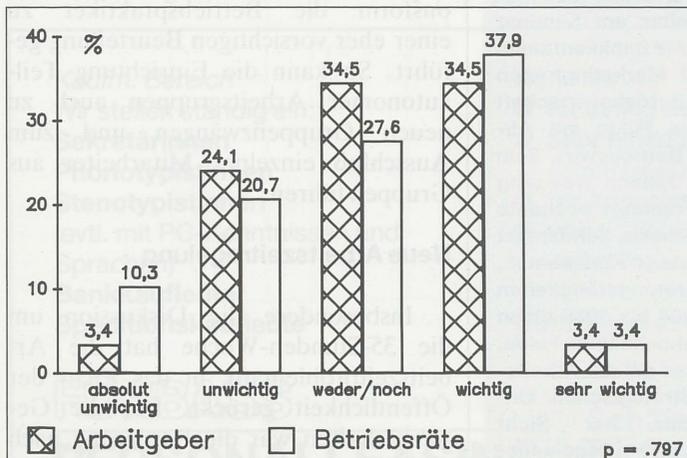


Abb. 1: Wichtigkeit der Einführung eines geplanten Arbeitsplatzwechsels.

Abb. 2: Wichtigkeit der Einführung von Arbeitserweiterungsmaßnahmen.

Im Management verfolgt Job Rotation das Ziel, Abteilungsegoismen ebenso zu vermeiden wie Einseitigkeit durch Routine und Betriebsblindheit. In Einzelinterviews haben wir die Arbeitgebervertreter und die Betriebsräte nach der Wichtigkeit der Einführung des Job Rotation im Betrieb befragt.

Wie *Abbildung 1* erkennen läßt, streuen die Antworten bei beiden Parteien von "absolut unwichtig" bis "sehr wichtig". Die Mittelwerte lagen bei 3,1 (Arbeitgeber) bzw. 3,0 (Betriebsräte). Insgesamt betrachtet scheint der Einführung von Job Rotation-Maßnahmen in der Praxis kein allzu hoher Stellenwert beigemessen zu werden. Die Breite der Verteilung deutet darauf hin, daß es hier eher auf betriebsspezifische Besonderheiten ankommt. Es wurde auch darauf hingewiesen, daß Job Rotation-Maßnahmen im Einzelfall als inhuman empfunden werden können, da die betroffenen Arbeitnehmer aus ihrer angestammten Arbeitsumgebung herausgerissen werden.

**Arbeiterweiterung**

Die Arbeiterweiterung (Job Enlargement) zielt auf eine Vergrößerung des Tätigkeitsspielraums in horizontaler Richtung: Dem einzelnen Ar-

beitsplatz werden neue Tätigkeiten zugeordnet, die auf einem vergleichbaren Anforderungsniveau liegen. Die Beurteilung dieser Maßnahmen zeigt die *Abbildung 2*.

Hier ergibt sich ein wesentlich eindeutigeres Bild. Rund 77 Prozent der Arbeitgeber und rund 73 Prozent der Betriebsräte halten die Einführung von Job Enlargement-Maßnahmen für "wichtig" bzw. "sehr wichtig". Die Praktiker scheinen erkannt zu haben, daß künftig erweiterte Arbeitsstrukturen notwendig sind. Begründet wird die Wichtigkeit ganzheitlicher Arbeitsstrukturen damit, daß die Mitarbeiter ihre Qualifikation erweitern können. Dies bietet den Vorteil, daß sie flexibler einzusetzen sind und außerdem die Qualität der an einem Arbeitsplatz komplett erstellten Produkte zunimmt.

**Arbeitsbereicherung**

Arbeitsbereicherung (Job Enrichment) wird als wesentliche Maßnahme zur Humanisierung der Arbeit angesehen (*Abb.3*). Hier geht es darum, zu den ausführenden Tätigkeiten auch vorbereitend-planende und überwachende Aufgaben hinzuzunehmen. Dem einzelnen Arbeitnehmer wird somit mehr Kompetenz und Verantwortung eingeräumt.

Rund 90 Prozent der Arbeitgeber und 87 Prozent der Betriebsräte halten entsprechende Maßnahmen für "wichtig" bzw. "sehr wichtig". Auch hier begründet man die Wichtigkeit entsprechender Maßnahmen mit der zunehmenden Komplexität der Technik, höheren Qualitätsanforderungen und der Notwendigkeit einer Flexibilisierung von Arbeitsstrukturen.

**Gruppen-Arbeitsstrukturen**

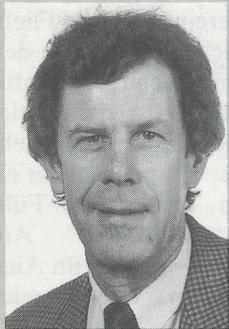
Als Teilautonome Arbeitsgruppe (Autonomus Work Groups) bezeichnet man eine Gruppe von Mitarbeitern, die abhängig vom definierten Autonomiegrad einen ganzheitlichen Arbeitsgang gemeinsam bearbeitet. Praktiziert wird diese Arbeitsorganisationsform im VOLVO-Werk in Kalmar. Dort verdrängten batteriegetriebene Montagekarren das Fließband. Die Arbeitsgruppe entscheidet, ob sie am weiterlaufenden oder stehenden Montagekarren arbeiten möchte. Sie ist zusätzlich für die Materialanlieferung und die Endkontrolle der Gruppenarbeit verantwortlich.

Die Gruppenautonomie kann bei dieser Organisationsform von der Wahl des Gruppenführers, der Entscheidung über die Gruppenmitgliedschaft und der Aufgabenverteilung bis hin zur Frage der Produktionsmethode, Arbeitszeit oder auch der Output-Ziele der Gruppe reichen. Die Antworten der Arbeitgeber und Betriebsräte führten hier, ähnlich den Antworten zum Job Enlargement, zu einer flachen Verteilung (*Abb.4*). Die Mittelwerte lagen bei 3,2 (Arbeitgeber) und 3,3 (Betriebsräte).

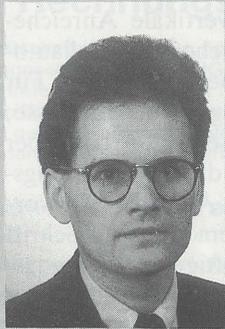
Die Einführung von Teilautonomen Arbeitsgruppen scheint von betrieblichen Besonderheiten abhängig zu sein. Möglicherweise haben auch denkbare Nachteile dieser Organisationsform die Betriebspraktiker zu einer eher vorsichtigen Beurteilung geführt. So kann die Einrichtung Teilautonomer Arbeitsgruppen auch zu neuen Gruppenzwängen und zum Ausschluß einzelner Mitarbeiter aus Gruppen führen.

**Neue Arbeitszeitregelung**

Insbesondere die Diskussion um die 35-Stunden-Woche hat die Arbeitszeitproblematik in das Licht der Öffentlichkeit gerückt. Für die Gewerkschaften war die Forderung nach Arbeitszeitverkürzung eine Antwort auf die vorhandene Arbeitslosigkeit.



Professor Dr. Hartmut Kreikebaum (55) beschäftigt sich mit Industriebetriebslehre an der Johann Wolfgang Goethe-Universität. Seine Forschungsschwerpunkte liegen auf den Gebieten Strategische Planung, Organisation und Innovation im Industriebetrieb sowie Personalmanagement. Die "Humanisierung der Arbeit" ist eines seiner wichtigsten Forschungsprojekte, das den Menschen als betriebswirtschaftlichen Engpaßfaktor im Unternehmen der Zukunft ansieht und unternehmensethische Fragen zu integrieren sucht. Mit Studienreisen und Gastprofessuren in Asien, Lateinamerika, Afrika und den USA sowie mehrjährigen Tätigkeiten in Industrieunternehmen erweiterte er seine Erfahrungen auf praktischem und wissenschaftlichem Gebiet.



Klaus-Jürgen Herbert (36) ist seit 1984 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Seminar für Industriegewerkschaft. Als Bankkaufmann mit Spezialisierung auf Marketingfragen studierte er zunächst Betriebswirtschaft an der Fachhochschule Fulda mit Abschluß als graduiertem Betriebswirt. Sein Aufbaustudium an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt beendete er 1981 als Diplom-Kaufmann. Seitdem ist er Doktorand bei Professor Kreikebaum, übt freiberufliche Beratungstätigkeiten aus und erfüllte von 1984 bis 1985 einen Lehrauftrag an der Fachhochschule Fulda. Sein Forschungsinteresse gilt der Arbeitsgestaltung und der Strategischen Unternehmensplanung aus der Sicht sozialmarktwirtschaftlicher Regelungsmechanismen.

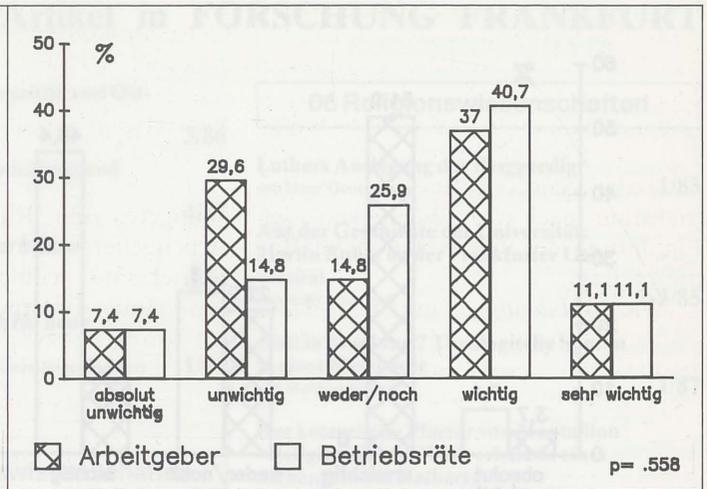
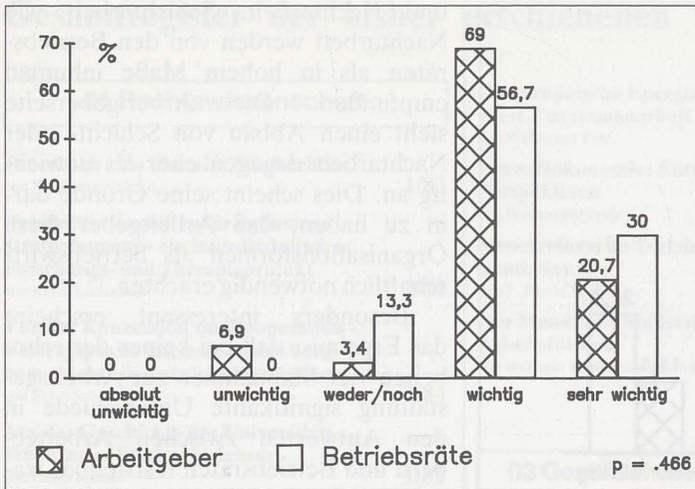


Abb. 3: Wichtigkeit der Einführung von Arbeitsbereicherungsmaßnahmen.

Abb. 4: Wichtigkeit der Einführung von Gruppen-Arbeitsstrukturen.

Die neuen Tarifverträge wurden zum Anlaß genommen, über eine grundsätzliche Flexibilisierung der Arbeitszeit nachzudenken. Dabei wurden schon bekannte Formen der Arbeitszeitregelung wie Gleitzeit, Teilzeitarbeit, Job-Sharing, kapazitätsorientierte variable Arbeitszeit, und auch Schicht-, Nacht- und Wochenendarbeit in die Diskussion miteinbezogen. Der Manteltarifvertrag der Metallindustrie vom 1.4.1985 und auch die jüngeren Tarifverträge vermittelten hier entsprechende Gestaltungsspielräume, die auf betrieblicher Ebene durch eine Betriebsvereinbarung zwischen Arbeitgeber und Betriebsrat inhaltlich auszugestalten waren.

Unsere zweite empirische Untersuchung in der Hessischen Metallindustrie 1987 ergab, daß in der Mehrzahl der Betriebe eine Arbeitszeitdifferenzierung durchgeführt wurde. Man versuchte insgesamt, an längeren Arbeitszeiten für wichtige Arbeitnehmergruppen festzuhalten. So wurde bei hochqualifizierten Arbeitnehmern z.B. in der Konstruktion oder Forschung und Entwicklung die 40-Stunden-Woche beibehalten, während die Arbeitszeit in der Montage auf 37,5 Stunden pro

Woche verkürzt wurde. Dies führte dazu, daß für einzelne Arbeitnehmergruppen unterschiedliche Wochenarbeitszeiten festgelegt wurden. Die individuelle regelmäßige Wochenarbeitszeit (ein betrieblicher Durchschnittswert) betrug dann 38,5 Stunden. Die Möglichkeit einer weitergehenden Differenzierung wird in den neueren Tarifverträgen allerdings eingeschränkt. Von besonderem Interesse war bei unseren Gesprächen die Frage, ob sich aus ökonomischen Überlegungen heraus bestimmte Arbeitszeitmodelle anbieten bzw. verbieten. Die Untersuchung zeigte, daß die ökonomischen Wirkungen, die mit Veränderungen der Arbeitszeit wie Verkürzung, Differenzierung, Neuregelung einhergehen, insgesamt überschätzt werden. Es gibt weder die Auswirkungen, noch existiert das Arbeitszeitmodell für alle Unternehmen. Vielmehr bestimmen die unternehmensinternen und -externen Besonderheiten die jeweiligen Auswirkungen und damit die Vorteilhaftigkeit einzelner Lösungen. Als teuerste Reaktion auf die Arbeitszeitverkürzung erwiesen sich in den untersuchten Beispielen Überstundenregelungen, de-

ren Vorteil natürlich in der flexiblen Anpassung liegen.

Mit Fragen der Arbeitszeitgestaltung haben wir uns auch bereits in der ersten empirischen Untersuchung zum autonomen Arbeitsschutz befaßt. Eine Frage betraf die Schichtarbeit, eine weitere die Nacharbeit. Dazu ergaben sich folgende Befunde.

### Schichtarbeit

Schichtarbeit bedeutet eine Ausweitung der Maschinennutzungszeit im Betrieb. Diese macht es notwendig, daß Arbeitnehmer zu unterschiedlichen Arbeitszeiten im Betrieb sind. Während unter den Bedingungen des 8-Stunden-Tages in der Vergangenheit vielfach 2-Schicht-Systeme bestanden, wird heute zunehmend über einen 3-Schicht-Betrieb diskutiert. Durch drei Schichten würde es möglich, die Maschinen praktisch 24 Stunden (wenn man von Wartungszeiten absieht) zu nutzen. Für die Arbeitnehmer würde dies bedeuten, daß neben der Früh- und Spätschicht zwangsläufig eine Nachtschicht entsteht.

Arbeitgeber wie Betriebsräte wurden gefragt, wie sie das Ziel eines

#### Kaufm. Bereich

Wir stellen ständig ein:

**Sekretärinnen**

**Phonotypistinnen**

**Stenotypistinnen**

(evtl. mit PC-Kenntnissen und Sprachen)

**Bankkaufleute**

**Speditionskaufleute**

#### Wenn Sie ...

- für einige Zeit arbeiten wollen
- oder einen sicheren Arbeitsplatz
- bei angemessener Vergütung
- und soziale Leistungen erwarten

dann sprechen Sie uns an

#### Gew. Bereich:

**Maler**

**Elektriker**

**Schreiner**

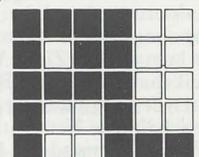
**Heizungsmonteur**

**Sanitärinstallateure**

FÜRBASS

**PERSONALLEASING**

Schäfergasse 17 · 6000 Frankfurt/M 1  
Telefon: 0 69/29 00 40/48/49



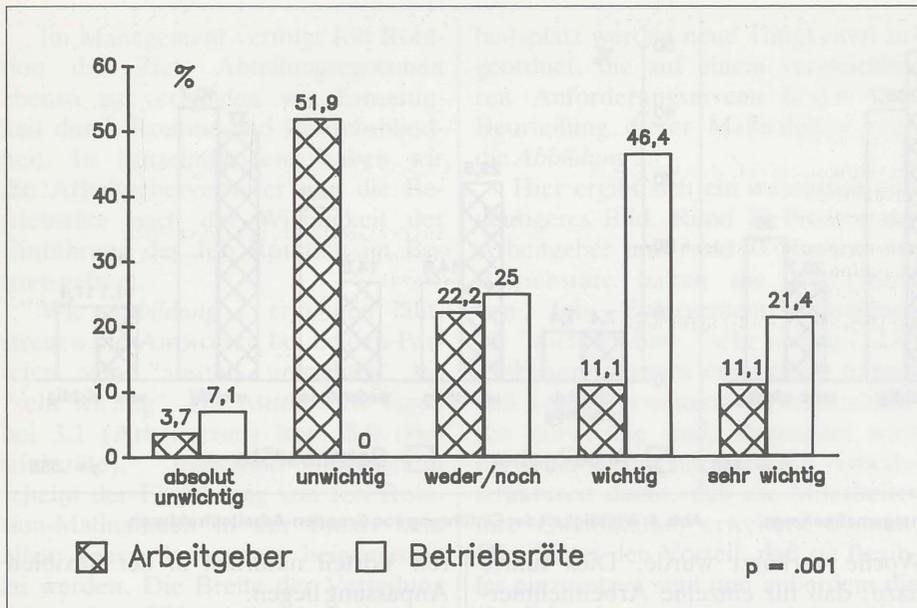


Abb. 5: Beurteilung der Zielsetzung "Abbau von Schichtarbeit".

Abbaus von Schichtarbeit beurteilen (Abb.5). Rund 55 Prozent der Arbeitgebervertreter halten diese Zielsetzung für "unwichtig" bzw. für "absolut unwichtig". Dagegen halten rund 68 Prozent der befragten Betriebsräte diese Zielsetzung für "wichtig" bzw. "sehr wichtig". Es zeigt sich ein starker Gegensatz in der Beurteilung zwischen Arbeitgeber und Betriebsräten. Die Mittelwerte liegen auf der Arbeitgeberseite bei 2,7, bei den Betriebsräten dagegen bei 3,8.

**Nachtarbeit**

Nachtarbeit bedeutet eine Arbeitszeit zwischen abends 20.00 Uhr und morgens 6.00 Uhr. 40 Prozent der Arbeitgeber halten einen Abbau von Nachtarbeit für "unwichtig" bzw. "absolut unwichtig". Dagegen sind rund 69 Prozent der Betriebsräte der Meinung, daß dies "wichtig" bzw. "sehr wichtig" sei.

Auch hier zeigt sich ein deutlicher Gegensatz zwischen den Meinungen der Betriebspartner (Abb.6). Die Mittelwerte liegen mit 3,1 (Arbeitgeber) und 4,0 (Betriebsräte) allerdings nicht so stark auseinander wie bei der Beurteilung der Schichtarbeit. Auch eine genauere statistische Analyse weist für die Antworten zur Schicht- wie Nachtarbeit eine signifikant unter-

schiedliche Meinung zwischen der Arbeitgeber- und Betriebsratsseite aus.

**Gemeinsamkeiten und Gegensätze**

Wie die Ergebnisse zu den neuen Möglichkeiten der Arbeitsgestaltung gezeigt haben, besteht bei den Betriebspartnern vor allem bei Fragen der Schicht- und Nachtarbeit eine erhebliche Diskrepanz, während eine große Gemeinsamkeit hinsichtlich der Beurteilung künftiger arbeitsorganisatorischer Vorhaben vorhanden ist.

Zur Arbeitszeitproblematik bleibt festzuhalten, daß in der Praxis kaum Modellrechnungen durchgeführt wurden, um die Vorteile einzelner Arbeitszeitmodelle zu quantifizieren. Starke Divergenzen gibt es hinsichtlich der Beurteilung von Schichtarbeit

und Nachtarbeit. Schichtarbeit wie Nachtarbeit werden von den Betriebsräten als in hohem Maße inhuman empfunden. Die Arbeitgeberseite sieht einen Abbau von Schicht- oder Nachtarbeit dagegen eher als unwichtig an. Dies scheint seine Gründe darin zu haben, daß Arbeitgeber diese Organisationsformen als betriebswirtschaftlich notwendig erachten.

Besonders interessant erscheint das Ergebnis, daß bei keiner der erhobenen vier Maßnahmen zur Arbeitsgestaltung signifikante Unterschiede in den Antworten zwischen Arbeitgebern und Betriebsräten feststellbar waren. Bei den Praktikern scheint ein hoher Konsens zu bestehen, wenn es um die Beurteilung neuer Formen der Arbeitsorganisation geht. Wie die Antworten zum Job Enlargement und Job Enrichment zeigen, erkannten sie, daß mit stark arbeitsteiligen und taktgebundenen Organisationsformen die "Zukunft der Arbeit" nicht bewältigt werden kann. Diese Einstellung korrespondiert mit anderen empirischen Untersuchungsergebnissen zur Arbeitszufriedenheit oder Arbeitsmoral. Dort wurde u.a. festgestellt, daß das heutige materielle Niveau und die Wertestruktur in unserer "post-materiellen" Gesellschaft gehobene Ansprüche an die Arbeitsgestaltung hervorbringt. Die Arbeitnehmer sind offensichtlich nicht mehr bereit, Unzulänglichkeiten am Arbeitsplatz zu tolerieren, und reagieren mit Leistungsabbau, Demotivation und Fluktuation. Hier schließt sich der Kreis wieder: Eine humane Arbeitsgestaltung führt letztlich auch zu ökonomischen Vorteilen.

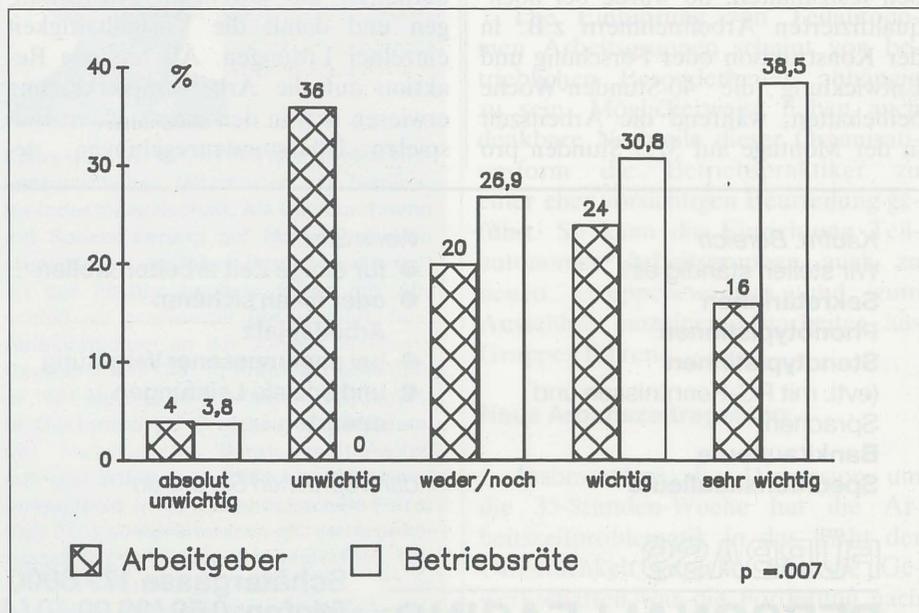


Abb. 6: Beurteilung der Zielsetzung "Abbau von Nachtarbeit"

**Literatur**

Kreikebaum, Hartmut/Herbert, Klaus-J., Humanisierung der Arbeit Arbeitsgestaltung im Spannungsfeld ökonomischer, technologischer und humanitärer Ziele, Wiesbaden 1988.  
 Kreikebaum, Hartmut/Brandau, Wolf, Möglichkeiten der Arbeitszeitgestaltung - Eine betriebswirtschaftliche Betrachtung anhand ausgewählter Arbeitszeitmodelle, Frankfurt 1989.

## Gesamtregister der bisher erschienenen Artikel in FORSCHUNG FRANKFURT

## 01 Rechtswissenschaft

- Feuerbach - ein liberaler Strafrechtler?**  
von Wolfgang Naucke 1/83
- Rehabilitationshilfen für entlassene Strafgefangene - ein interdisziplinäres Forschungs- und Therapieprojekt**  
von Klaus Lüderssen 2/84
- Von der Konzession zur Kooperation - Vertragspraxis internationaler Bergbauprojekte in Entwicklungsländern**  
von Erich Schanze 3/84
- Aus der Geschichte der Universität: Frankfurter Strafrechtslehrer**  
von Helga Müller 1/85
- Die japanische Umweltpolitik - Vorbild für uns?**  
von Eckard Rehbinder 1/85
- Rentenmodell 2000 - Sozialpolitische Vorschläge und Rolle des Sozialrechts**  
von Michael Stolleis 4/85
- Telekommunikationsrecht und Telekommunikationspolitik im Zeichen der "Telematik"**  
von Joachim Scherer 4/85
- Aus der Geschichte der Universität: Rechtsgeschichte in Frankfurt**  
von Reiner Schulze 1-2/86
- Nationale und europäische Perspektiven des Telekommunikationsrechts**  
von Joachim Scherer 2-3/87
- Quotenregelung für Frauen im Einklang mit der Verfassung - Über die Dissertation von Elisabeth-Selbert-Preisträgerin Vera Slupik**  
von Ulrike Jaspers 4/88

## 02 Wirtschaftswissenschaften

- Modellrechnungen zur Arbeitszeitverkürzung**  
von Helmut Knepel und Gert Wagner 1/84
- Das "sowjetische Modell" - ein Weg aus der Unterentwicklung?**  
von Jiri Kosta, Peter Gey und Wolfgang Quaisser 3/84
- Private Dienstleistungen: ein Berufsfeld mit Zukunft? Über mittelfristige Perspektiven des Arbeitsmarktes**  
von Hans-Jürgen Krupp 4/84
- Kernenergie oder Sparen & Sonnenergie? Über die Sozialverträglichkeit von Energiesystemen**  
von Bertram Schefold 1-2/86
- Die agrarpolitische Diskussion im Konfliktfeld: Überschüsse - Einkommen - Umwelt**  
von Hermann Priebe 1-2/86
- Landwirtschaftliche Flächen stilllegen oder die Nutzung extensivieren? Zwei Agrarkonzepte**  
von Otmar Seibert 1-2/86
- Regionalpolitische Aspekte der EG-Süderweiterung**  
von Dieter Biehl 1-2/86
- Entwicklung durch Abwanderung oder ohne Abwanderung? Regionale Entwicklungspolitik in Randgebieten Italiens und Spaniens**  
von Heino von Meyer 1-2/86

- Osteuropäische Energiepolitik und Ost-West-Zusammenarbeit**  
von Waldemar Pelz 3/86
- Umweltökonomie: Entwicklung und Perspektiven**  
von Werner Meißner 4/87
- Steuerreform im Test der Mikrosimulation**  
von P. Bernd Spahn 3/88
- Der Mensch als Maßstab für neue Arbeitsformen**  
von Hartmut Kreikebaum und Klaus-Jürgen Herbert 1/89

## 03 Gesellschaftswissenschaften

- Leistungspolitik und Arbeitsbedingungen in Ungarn**  
von Rainer Deppe und Dietrich Hob 1/84
- Integration von Gastarbeitern: Was deutsche und ausländische Jugendliche meinen**  
von Klaus Allerbeck und Wendy Hoag 2/84
- Ursprünge des zeitgenössischen Fortschrittsbegriffs**  
von Iring Fetscher 2-3/85
- Die unterschätzten Haushalte - Das Leistungspotential der privaten Haushalte und informellen sozialen Netzwerke**  
von Wolfgang Glatzer und Regina Berger-Schmitt 4/86
- "Wenn ich zu bestimmen hätte" Wie sehen Kinder die Erwachsenenwelt**  
von Klaus Sochatzy 3/88
- Eigenverantwortung im Kollektiv - Selbstverwaltete Betriebe in Hessen**  
von Frank Heider, Margreth Mevissen, Burkhard Bluem 4/88
- Politische Mythen - Das Nibelungen-schicksal und die deutsche Nation**  
von Herfried Münkler 1/89

## 04 Erziehungswissenschaften

- Zur Lebenssituation von Müttern und ihren Kindern nach dem Aufenthalt in einem Mutter-Kind-Heim**  
von Wilma Grossmann und Claudia Bier-Fleiter 4/87
- Integration behinderter Kinder in Kindergarten und Grundschule**  
von Helmut Reiser 4/87
- Mensch und Technik: Interdisziplinäre Technikfolgenforschung als soziale Wirkungsforschung**  
von Ingrid B. Lisop 1-2/88

## 05 Psychologie

- Aus der Geschichte der Universität: Max Wertheimers Frankfurter Arbeiten zum Bewegungssehen - Die experimentelle Begründung der Gestaltpsychologie**  
von Viktor Sarris 1/87
- Sind persönliche Konflikte meßbar? Konfliktuntersuchungen am Beispiel von Schwangeren und Spitzensportlern**  
von Wolf Lauterbach 2-3/87
- Geschlechtsunterschiede in der Streßverarbeitung**  
von Fritz Süllwold 1-2/88

## 06 Religionswissenschaften

- Luthers Auslegung der Bergpredigt**  
von Hans-Georg Geyer 1/83
- Aus der Geschichte der Universität: Martin Buber an der Frankfurter Universität**  
von Willy Schottroff 2-3/85
- Gott in Frankfurt? Theologische Spuren in einer Metropole**  
von Matthias Benad 1/87
- Der ketzerische Pfarrer von Montailou - Religiosität und Weltverhältnis eines Anhängers der Katharer**  
von Matthias Benad 2-3/87

## 07 Philosophie

- Der Funktionswandel der Moral - Ist die klassische Ethik zeitgemäß?**  
von Werner Becker 2-3/85
- Wider die Selbstzerstörung der Vernunft - Zum Beginn der Edition von Max Horkheimers Gesammelten Schriften**  
von Gunzelin Schmid Noerr 4/85
- Analyse und Engagement - Zur Philosophie George Berkeley**  
von Arend Kulenkampff 2-3/87

## 08 Geschichtswissenschaften

- Mensch und Umwelt in der Steinzeit**  
von Jens Lüning 1/83
- Eine Fernhandelswährung der Antike - Die Elektronprägung von Kyzikos**  
von Maria Regina Kaiser-Raß 1/84
- Süd-Äthiopien - Geschichtsforschung ohne schriftliche Quellen**  
von Eike Haberland 3/84
- Frankfurt als deutsche Hauptstadt? Ein historischer Rückblick**  
von Lothar Gall 1/87
- Hochmittelalterliche Herrscherbilder - Methode und Problematik historischer Bildanalyse**  
von Johannes Fried 4/87
- Die ersten Öko-Bauer? Archäobotanische Untersuchung einer 7500 Jahre alten Siedlung in der Wetterau**  
von Angela Kreuz 1-2/88
- Afrika - Schwarzer Kontinent im Licht der Forschung**  
von Eike Haberland 3/88
- Sprachforschung in Afrika - Wege und Ziele**  
von Herrmann Jungraithmayr 4/88
- Wohltätige Spenden von Machthabern in der Ferne - Stifter von Bauwerken im alten Griechenland**  
von Klaus Bringmann und Hans von Steuben 4/88

## 09 Klassische Philosophie und Kunstwissenschaften

- Die hellenistische Plastik von Kos**  
von Renate Preishofen und Hans von Steuben 1/85
- Leben an der Grenze - Regionale Kultur an der saarländisch-lothringischen Grenze**  
von Heinz Schilling 3/86
- Kunst und Technik: Analysen römischer Bronzebildnisse**  
von Götz Lahusen und Edilberto Formigli 2-3/87
- Künstler malen Szenen nach Legenden - Das Leben Mariens und Jesu in der alten christlichen Kunst**  
von Wolfram Prinz und Iris Marzik 3/88
- Wohltätige Spenden von Machthabern in der Ferne - Stifter von Bauwerken im alten Griechenland**  
von Hans von Steuben und Klaus Bringmann 4/88

## 10 Neuere Philologien

- Die Zeichensprache des Theaters**  
von Erika Fischer-Lichte 1/83
- Von Rotkäppchen bis Super-Spider - 20 Jahre Institut für Jugendbuchforschung**  
von Gisela Rietbrock 1/83
- Wie Lateinamerikaner heute erzählen**  
von Karsten Garscha 1/84
- Das Handwerk des Schreibens - Das Uwe Johnson-Archiv an der J. W. Goethe-Universität**  
von Eberhard Fahlke 1/85
- Ein Spiel von Spiegeln - Katalanische Lyrik des 20. Jahrhunderts**  
von Tilbert D. Stegmann 2-3/85
- Robert Walser - die allmähliche Entdeckung eines Poeten**  
von Hans Dieter Zimmermann 2-3/85
- Karikatur zwischen Zensur und Republik - Eine Sprache des Widerstands im Frankreich des 19. Jahrhunderts**  
von Raimund Rütten, Gerhard Schneider et al. 1-2/86
- Bild und Zeichen in mündlichen Kulturen - Beispiele traditioneller Medien in Lateinamerika**  
von Mark Münzel und Birgit Scharlau 4/86
- Indische Kultur zwischen Tradition und Moderne**  
von Dieter Riemenschneider 1-2/88
- Stoff für Kinderträume zwischen Trümmern und Wohlstand - Jugendliteratur nach 1945**  
von Klaus Doderer 3/88
- Perestrojka auf deutsch - Über deutschsprachige Zeitungen in der Sowjetunion**  
von Horst Dieter Schlosser 3/88

## 11 Ost- und Außereuropäische Sprach- und Kulturwissenschaften

- Erzählen durch Illustrieren - Chagalls Radierungen zu Gogols Roman "Die toten Seelen"**  
von Bodo Zelinsky 2-3/87
- Modulare Sprachsignalanalyse mit dem PC - Entwicklung neuer Untersuchungsmethoden in der Phonetik**  
von Fred Englert und Hans-Walter Wodarz 1-2/88

## 12 Mathematik

- Die divergenten Reihen der Störungstheorie - Zur Geschichte und Aktualität launischer mathematischer Objekte**  
von Florin Constantinescu 3/86

## 13 Physik

- Schmelzen ohne Tigel - Moderne Kristallzuchtverfahren**  
von Wolf Abmus 1/84
- Pionier gegen Krebs? Strahlenforschung zur Tumorthherapie**  
von Wolfgang Pohlitz 2-3/85
- Kernphysikalische Analysen in der Materialforschung**  
von Klaus Bethge 2-3/85
- Metalle, die sich erinnern können**  
von Manfred Müllner und Holger Tietze 4/85
- Die Strahlenbelastung durch Tschernobyl: Abschätzungen und Messungen**  
von Wolfgang Pohlitz und Eckhard Werner 1-2/86
- Tschernobyl - Langzeitfolgen für unsere Ernährung?**  
von Eckhard Werner und Wolfgang Pohlitz 3/86
- Gerd Binnig - Nobelpreis für Physik 1986**  
von Werner Martiensen und Hans Eckhardt Hoening 4/86
- Materialien nach Maß - Beschleuniger und ihre Anwendungsmöglichkeiten**  
von Klaus Bethge 4/88
- Von wohlgeordneter Kernmaterie zur Quarksuppe - Über die Forschungsarbeit von Leibnizpreisträger Reinhard Stock**  
von Ulrike Jaspers 4/88

## 14 Chemie

- Über selektive chemische Synthese**  
von Gerhard Quinkert und Helmut Baier 2/84
- Räumlicher Aufbau von Cyclosporin erforscht**  
von Horst Kessler und Hartmut Oschkinat 1/85
- Patient Stadtwald - Sensibles Ökosystem**  
von Gundolf Kohlmaier 3/88
- Patient Stadtwald - Schadensverlauf im Zeitraffer**  
von Gundolf Kohlmaier 3/88

## 15 Biochemie, Pharmazie, Lebensmittelchemie

- Signale von den Riesen des Mikrokosmos - KMR-Untersuchungen an großen biologischen Molekülen**  
von Heinz Rüterjans 1/83
- Kommunikation zwischen Zelle und Zellkern - Wie Makromoleküle durch die Zellmembran geschleust werden**  
von Hugo Fasold 1/85

## 16 Biologie

- Das sensible Skelett der Spinnen - der Vibrationssinn steuert das Verhalten**  
von Gisela Rietbrock 1/83

- Nomaden im tropischen Regenwald - eine neu entdeckte Lebensform bei Ameisen**  
von Ulrich Maschwitz und Heinz Hänel 2/84

- Das Innenohr der Säuger - vielfältig wie die akustische Umwelt**  
von Volkmar Bruns 4/84

- Vielseitige Bioindikatoren: Kieselalgen in Flüssen und Mooren**  
von Horst Lange-Bertalot und Michael Nörpel 4/84

- Zellmechanik im Ultraschallmikroskop**  
von Jürgen Bereiter-Hahn 1/85

- Bakterieller Wuchs unter Mikro-Schwerkraft - ein Experiment der Spacelab-Mission D 1**  
von Horst-Dieter Mennigmann und Martin Lange 4/85

- Umweltchemikalien und Bioakkumulationen - Am Beispiel der Rheinverschmutzung**  
von Bruno Streit und Reinhard Kissner 4/86

- Wie finden wachsende Nervenfasern ihr Ziel? Untersuchungen am Sehsystem des Frosches**  
von Kurt Brändle 4/87

- Heimkehr nach Frankfurt: Orientierung von Brieftauben**  
von Roswitha und Wolfgang Wiltschko 1-2/88

- Eine Pflanze testet den Weltraum**  
von Albert R. Kranz 1-2/88

- Patient Stadtwald - Wie vital ist die Buche?**  
von Heinz Braun, Alexander von Kuchler und Theodor Gies 3/88

- Patient Stadtwald - Fast die Hälfte der Bäume ist krank**  
von Martin Lamberty 3/88

- Peptid-Antibiotika: Wie werden sie in der Zelle hergestellt?**  
von Karl-Dieter Entian, Cortina Kaletta und Norbert Schnell 1/89

## 17 Geowissenschaften

- Fischsterben vor 18 Millionen Jahren**  
von Erlend Martini 3/84

- Der Enkenheimer Riedteich - Ein stadtnahes Naturschutzgebiet im Dauerstreß**  
von Wilhelm L. F. Brinkmann und Barbara Grüger 1/85

- Atmosphärische Spurenstoffe - Aus den Arbeiten des SFB 73**  
von Hans-Walter Georgii et al. 2-3/85

- Landschaftsformen der Antarktis - Über geomorphologische und kartographische Arbeiten während einer Antarktisexpedition**  
von Karsten Brunk 2-3/85

- Auf dem Dach der Welt: Spuren des ehemaligen Tethys-Meeres - Geowissenschaftliche Untersuchungen im Tibet-Himalaya**  
von Helmut Willems 4/86

- Wird es wärmer? Der Einfluß des Menschen auf das Klima - Klimadaten der vergangenen 100 Jahre ausgewertet**  
von Christian-D. Schönwiese 1/87

- Bodenbewegungen im Rhein-Main-Gebiet: Ursachen und Auswirkungen**  
von Arno Semmel 2-3/87

- GEISHA 1987/88: Geologische Expedition in die Shackleton Range**  
von Georg Kleinschmidt und Hans-Martin Braun 1-2/88

**18 Geographie**

- Mittelpunktsiedlungen und Regionalentwicklung in Kenya**  
von Karl Vorlauffer 4/85
- Umwelterziehung - Handeln für die Zukunft**  
von Rudolf R. Knirsch 4/87

**19 Humanmedizin**

- Brustkrebs - Fortschritte in Diagnostik und Therapie durch monoklonale Antikörper**  
von Sepp Kaul, Gunther Bastert et al. 1/84
- Chronische Nierenerkrankungen - ihre Erforschung und Therapie im Frankfurter Universitätsklinikum**  
von Wilhelm Schoeppe 2/84
- Die Steuerung der Genaktivität und das Entstehen von Krebs**  
von Thomas Boehm, Sepp Kaul, Dusan Drahovsky 2/84
- Alkohol und Leber**  
von Hartmut Hauk 3/84
- "Hören" für Gehörlose - Untersuchungen über die elektrische Reizbarkeit des Hörnerven**  
von Rainer Klinke 4/84
- Nach dem Bauplan der Natur - Von der biologischen Membran zur technischen Hyperfiltrationsmembran**  
von Klaus Ring 4/85
- Die Digitale Subtraktionsangiographie - eine neue Methode, Blutgefäße sichtbar zu machen**  
von Jürgen Kollath und Helmut E. Riemann 1-2/86
- Die erste Herztransplantation im Frankfurter Universitätsklinikum**  
von Egon Krause 3/86

- Fortschritte in der Krebsdiagnostik - Immunszintigraphische Tumorlokalisation mit monoklonalen Antikörpern**  
von Gustav Hör und Richard P. Baum 4/86
- Eisenüberladung: Eine schleichende Erkrankung mit schweren Folgen**  
von Peter Kaltwasser und Eckhard Werner 2-3/87
- Der Schlaf und seine Störungen**  
von Stephan Volk und Lothar Demisch 4/87
- Energiewandlung in der Atmungskette**  
von Gebhard von Jagow 1/89
- Ursachen und Entstehung geistiger Behinderung**  
von Ulrich Langenbeck 1/89

**20 Informatik**

- ARAM - Ein neuer leistungsfähiger Assoziativspeicher**  
von Georg Roll, Djamshid Tavangarian und Klaus Waldschmidt 1/87

**21 Sportwissenschaften und Arbeitslehre**

- Neue Aufgaben der technischen Normung**  
von Günther Kopohl 4/84
- Biomechanik im Leistungssport**  
von Rainer Ballreich und Dietmar Schmidtbleicher 1-2/88
- Sport - Spiel - Spaß  
Freizeitsport - ein Weg zu mehr Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit**  
von Klaus Bös und Jürgen Renzland 1/89

**Nordamerika-Forschung**

- Amerikanischer Konservatismus - Grundlage für eine neue Mehrheitskoalition?**  
von Kurt L. Shell und Klaus D. Frankenberger 3/84
- Ethnische Identität und kultureller Widerstand - Überlebenstrategien indianischer Kulturen in einer dominanten Gesellschaft**  
von Peter Bolz 3/86
- 200 Jahre amerikanische Verfassung - Politische Funktion des Supreme Court**  
von Kurt L. Shell 1/87

**Frobenius-Institut**

- Umweltverhalten von Bergvölkern in Thailand und Neuguinea**  
von Thomas Michel und Roland Mischung 4/84
- Afrika - Handwerk als Schlüssel zur Kultur**  
von Klaus Schneider 4/88

**Zentrum für Umweltforschung**

- Patient Stadtwald - Die Belastung aus der Luft**  
von Wolfgang Jaeschke 3/88

**Max-Planck-Institute**

- Leben aus dem Licht - Über die Forschungsarbeit von Nobelpreisträger Hartmut Michel**  
von Ulrike Jaspers 4/88

**Unternehmen:**

**Verbände:**

**Kommunen:**

Die Beratungsstelle für Wissenstransfer ist eine Dienstleistungseinrichtung für Sie. Ein intensiver Kontakt zu den Wissenschaftlern der Universität Frankfurt beschleunigt den Wissens- und Technologietransfer. So finden viele Probleme der Wirtschaft eine rasche Lösung.

Die Leistungen der Beratungsstelle für Wissenstransfer:

- Vermittlung qualifizierter Wissenschaftler zur Lösung von Problemen der Wirtschaftspraxis
- Information über die Forschungsbereiche der Universität
- Management von gemeinsamen Forschungsvorhaben
- Unterstützung des Personaltransfers
- Information über an der Universität entwickelte Verfahren und Produkte
- Organisation von gemeinsamen Ausstellungen und Messebeteiligungen
- Seminare mit Wissenschaftlern der Universität zu Fragestellungen der Praxis



Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Beratungsstelle für Wissenstransfer  
Senckenberganlage 31, 6000 Frankfurt/Main  
Telefon (0 69) 7 98-82 95

## Impressum

### Herausgeber

Der Präsident der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

### Redaktion und Gestaltung

Ulrike Jaspers, Referentin für Wissenschaftsberichterstattung, Senckenberganlage 31, Postfach 11 19 32, 6000 Frankfurt am Main, Raum 1057, Telefon (069) 798-3266, Telefax (069) 798-8383, Mitarbeit: Ulrike Olf.

### Vertrieb

Anke Löwenstein, Senckenberganlage 31, Postfach 11 19 32, 6000 Frankfurt am Main, Raum 1058, Telefon (069) 798-3637.

### Visuelle Konzeption

WerbeAtelier Theißen, Friedrichsstraße 17, 3500 Kassel, Telefon (0561) 779584.

### Anzeigenverwaltung und Herstellung

Anzeigenagentur Alpha, Informationsgesellschaft mbH, Bürstädter Straße 48, Postfach 14 80, 6840 Lampertheim 1, Telefon (06206) 57021, Telex 4 65 749 alpha d, Telefax (06206) 3942; Satz- und Layout-Herstellung auf CCS-Textline, mit Unterstützung der Fa. Rudolf J. Manke - Software-systeme, 6840 Lampertheim 5, Telefon (06241) 80904.

### Bezugsbedingungen

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

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

Hinweis für Bezieher von FORSCHUNG FRANKFURT (gem. 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.

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

7. Jahrgang

ISSN 0175-0992

### Abbildungen

**Titelbild:** Hans Bell, Diplom-Designer, Offenbach, Seite 1; Foto Ralph Robert, Seite 3; Foto Klaus Drinkwitz.

**Politische Mythen:** Seite 4, 8, 9, 10 und 11: Reproduktionen aus Wolfgang Storch (Hrsg.), Die Nibelungen - Bilder von Liebe, Verrat und Untergang, Prestel-Verlag, München 1987. Seite 6: Reproduktionen aus Ulrich Schulte Wülwer, Das Nibelungenlied in der deutschen Kunst des 19. und 20. Jh., Anabas Verlag Kämpf, Gießen 1980, Seite 9: Foto Ralph Robert.

**Humangenetik:** Fotos Seite 12: Ursula Zeidler, Seite 14: Georg Reichle, Seite 15: Genvo.

**Freizeitsport:** Fotos Seite 18 oben: Institut für Sportwissenschaften, unter Alfred Harder, Seite 19 oben: Deutsche PresseAgentur (dpa), unter Alfred Harder, Seite 22 und 23: Institut für Sportwissenschaften, Seite 26 und 27: Klaus Drinkwitz.

**Atmungskette:** Seite 28 und 29: Grafik Hans Bell, Seite 36: Foto Ralph Robert.

**Antibiotika:** Seite 39: Farbdarstellung Bayer AG, Leverkusen.

**Humanere Arbeitswelt:** Seite 46: Foto Audi Ingolstadt, Seite 47: Reproduktion Kunstgeschichtliches Institut der Universität Frankfurt, Seite 49: Foto dpa.

# Forschung Frankfurt Abonnement

FORSCHUNG FRANKFURT, das Wissenschaftsmagazin der J. W. Goethe-Universität, stellt viermal im Jahr Forschungsaktivitäten der Frankfurter Universität vor. Es wendet sich an die wissenschaftlich 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 Fachkreise hinaus bekannt.

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

Name

Vorname

Straße, Nr.

PLZ, Wohnort

(nur für Universitätsangehörige:) Hauspost-Anschrift

Datum

Unterschrift

**Widerrufsrecht:** Mir ist bekannt, daß ich diese Bestellung innerhalb von 10 Tagen schriftlich beim Präsidenten der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Vertrieb FORSCHUNG FRANKFURT, widerrufen kann und zur Wahrung der Frist die rechtzeitige Absendung des Widerrufs genügt. Ich bestätige diesen Hinweis durch meine 2. Unterschrift:

Datum

Unterschrift

Gewünschte Zahlungsart bitte ankreuzen:

Ich bin damit einverstanden, daß die Abonnementsgebühren aufgrund der obigen Bestellung einmal jährlich von meinem Konto abgebucht werden:

Konto-Nr.

Bankinstitut

Bankleitzahl

Ort

Datum

Unterschrift

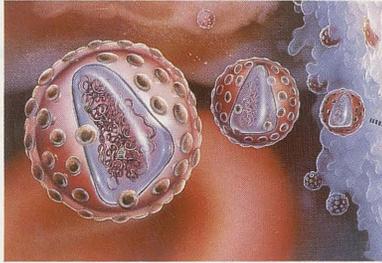
Ich zahle die Abonnementsgebühren nach Erhalt einer Rechnung per Einzahlung oder Überweisung.

Bitte richten Sie Ihre Bestellung

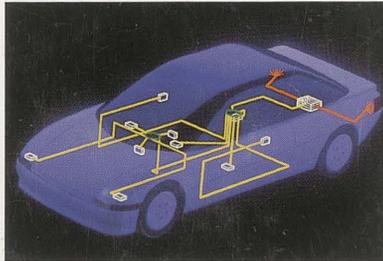
An den Präsidenten  
der Johann Wolfgang Goethe-Universität,  
„FORSCHUNG FRANKFURT“,  
Postfach 11 19 32, 6000 Frankfurt 11.



# Aids-Forschung: Wie wird man gegen Immunschwäche immun?



# Optoelektronik: Wann kommen die Photonen ins Spiel?



# Umweltschutz: Wie macht man aus Abfällen Energie und aus Schadstoffen Rohstoff?

Wird Strom bald völlig widerstandslos durch keramische Supraleiter fließen? Schützen sich Kulturpflanzen bald selbst? Über diese und weitere interessante Themen aus Medizin, Pflanzenschutz, dem Bereich neue Werkstoffe, Kommunikationstechnik und Umweltschutz berichtet auf 162 Seiten die jetzt erschienene Informationsbroschüre „Neue Wege finden“:

Für viele bedeutende Entwicklungen in wichtigen Schlüsseltechnologien konnte



Hoechst High Chem Voraussetzungen schaffen und so dem Fortschritt in Technik und Wissenschaft entscheidende Impulse geben.

Die Broschüre „Neue Wege finden“ schicken wir Ihnen gerne kostenlos zu.

Bitte schreiben Sie an  
Hoechst AG, VZW  
6230 Frankfurt am Main

Bestellung über Btx \* 684000940 #

Bitte senden Sie mir die Broschüre „Neue Wege finden“.

Name

Straße

PLZ/Ort

R 11130

**Hoechst** 