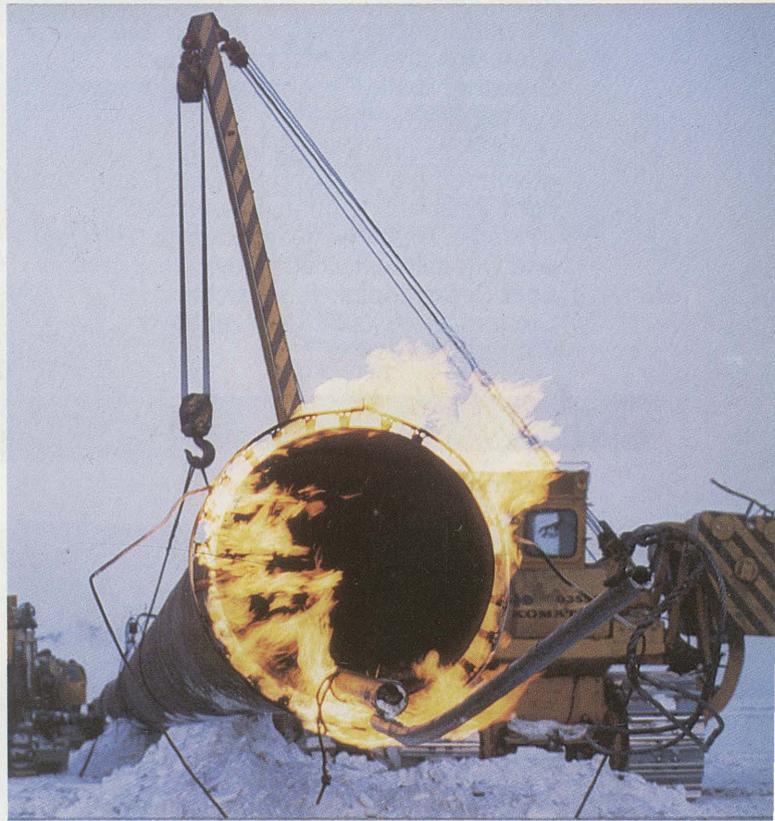


1408

Forschung Frankfurt



Die erste Herztransplantation im Frankfurter Uni-
versitätsklinikum · Osteuropäische Energiepolitik
und Ost-West-Zusammenarbeit · Geschichte
und Aktualität launischer mathematischer Objekte ·
Leben an der Grenze · Überlebensstrategien
indianischer Kulturen · Tschernobyl - Langzeit-
folgen für unsere Ernährung?

3

1986

- 3. 10. 86

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

Unser Service für Examenskandidatinnen und -kandidaten.



Auf dem Weg in den Beruf können wir Ihnen helfen:

Mit nützlichen Informationen, die Sie kostenlos und unverbindlich in jeder Dresdner Bank-Geschäftsstelle erhalten.

Die neue Broschüre „Examen – und was dann?“ gibt Ihnen u.a. Tips und Hinweise über richtige Berufsplanung, Bewerbungsstrategie, Berufswege in Industrie, Handel und Öffentlichem Dienst sowie Ratschläge über Selbständigkeit, Versicherung, Steuern, Geld, außerdem zahlreiche wichtige Adressen.

Spezielle Informationsdienste für Berufsanfänger mit weiteren Informationen können zusätzlich bei uns angefordert werden.

Für Ihr erstes Einkommen: das Dresdner Bank-Privatkonto.

Mit einem Privatkonto bei einer großen, international tätigen Bank haben Sie Zugang zu allen Serviceleistungen: z.B. eurocheques + eurocheque-Karte, bargeldloser Zahlungsverkehr, Geldanlage, Dispositionskredit, Privatdarlehen, Reiseservice. Über die Einzelheiten wird man Sie in jeder unserer mehr als 1.000 Geschäftsstellen gern informieren.

Wir sind Ihr Partner – heute und morgen.

281

Dresdner Bank



Viele Frankfurter machen sich das Leben leichter – mit einem Girokonto bei uns.

Das kommt immer mal vor, daß man mehr Geld braucht, als man gerade zur Verfügung hat. Mit einem Girokonto bei uns ist das kein Problem für Sie. Unsere Kunden zahlen bargeldlos. Mit eurocheque und ec-Karte. Und ein Dispositionskredit auf dem Girokonto sorgt für finanziellen Spielraum. Bargeld gibt es rund um die Uhr an zahlreichen Geldautomaten, und viele Geldgeschäfte erledigen wir automatisch für Sie – per Dauerauftrag oder Abbuchungsauftrag. Mit einem Girokonto bei uns gewinnt man auch Freizeit.

Sprechen Sie mit unseren Kundenberatern über die Vorteile Ihres Girokontos bei uns.

*Rundum-
Bankservice*



Stadtsparkasse Frankfurt



Kann die indianische Minderheit in Nordamerika ihre kulturelle Identität bewahren und ihre Forderung nach Selbstbestimmung verwirklichen? Wie wird sie mit den Assimilationstendenzen der dominanten anglo-amerikanischen Gesellschaft fertig? Ein Bericht über die Oglala-Sioux. (S. 2)

Der neueste Fünfjahrplan der Sowjetunion läßt keine energiepolitischen Konsequenzen aus dem Tschernobyl-Unfall erkennen. Warum wird trotz gewaltiger Kohle-, Erdöl- und Erdgasvorräte die Kernenergie ausgebaut? Kann eine verstärkte Ost-West-Zusammenarbeit zur Lösung der Energieprobleme beitragen? (S. 16)

Die launischen „divergenten Reihen“ versuchte schon der berühmte Mathematiker Leonhard Euler zu bändigen. Seine Tricks waren allerdings späteren Mathematiker- generationen suspekt. Heute sind die ungeliebten Reihen wieder aktuell. (S. 22)

Um die Strahlenbelastung durch den Reaktorunfall in Tschernobyl ging es schon in FORSCHUNG FRANKFURT 1/2-1986: W. Pohlit und E. Werner schätzten Belastung und gesundheitliche Folgen ab und berichteten über erste Messungen, vor allem von Jod-131. Inwieweit auch Cäsium-137 mit der Nahrung aufgenommen wurde bzw. wird und im menschlichen Körper zurückbleibt, ist inzwischen über einen längeren Zeitraum gemessen worden. Die Autoren setzen deshalb ihren Bericht fort: Hat Tschernobyl Langzeitfolgen für unsere Ernährung? (S. 8)



Forschung Frankfurt

Wissenschaftsmagazin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität

Inhalt

Ethnische Identität und kultureller Widerstand – Überlebensstrategien indianischer Kulturen in einer dominanten Gesellschaft
von Peter Bolz 2

Tschernobyl – Langzeitfolgen für unsere Ernährung?
von Eckhard Werner und Wolfgang Pohlit 8

Osteuropäische Energiepolitik und Ost-West-Zusammenarbeit
von Waldemar Pelz 16

Die divergenten Reihen der Störungstheorie – Zur Geschichte und Aktualität launischer mathematischer Objekte
von Florin Constantinescu 22

Leben an der Grenze – Regionale Kultur an der saarländisch-lothringischen Grenze
von Heinz Schilling 28

Die erste Herztransplantation im Frankfurter Universitätsklinikum
von Egon Krause 34

Kurz berichtet 39

Impressum 40

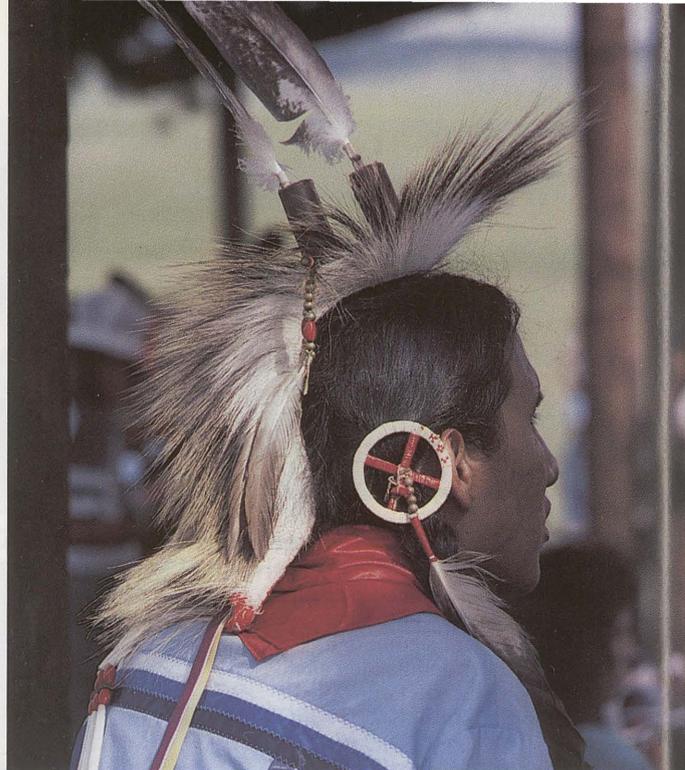
Abbildungsnachweis 40

3 Bitte beachten Sie das beiliegende FORSCHUNG FRANKFURT extra zur Buchmesse 1986
1986

Kann die indianische Minderheit in Nordamerika ihre kulturelle Identität aufrechterhalten und ihre Forderung nach Selbstbestimmung verwirklichen? Auf welche Weise leistet sie Widerstand gegen die von der dominanten anglo-amerikanischen Gesellschaft ausgehenden Assimilationstendenzen?

Ein Team von Ethnologen am Zentrum für Nordamerikaforschung (ZENAF) der Frankfurter Universität unter Leitung von Prof. Wolfgang Lindig ist dieser Frage mit Unterstützung der Stiftung Volkswagenwerk nachgegangen. In vier Fallstudien wird der seit den sechziger Jahren zu beobachtende kulturelle Widerstand untersucht, den einzelne indianische Gruppen in immer stärkerem Maße der amerikanischen Gesellschaft entgegensetzen. Bei mehrmonatigen Feldforschungen auf Indianerreservationen und bei städtischen Indianergruppen in den USA wurde umfangreiches Material zusammengetragen. Die Untersuchungen wurden auf der Uintah-Ouray-Reservation der Northern Ute in Utah, auf der Pine Ridge-Reservation der Oglala-Sioux in South Dakota, unter den Papago und Yaqui in Tucson, Arizona, sowie in einer indianischen Erziehungseinrichtung, der D-O University bei Davis, Kalifornien, durchgeführt. Über die Ergebnisse meiner Studien bei den Oglala-Sioux möchte ich hier berichten.

Powwow-Tänzer mit einem „Medicine Wheel“ im Haar, dem traditionellen Symbol des Erdkreises und der vier Himmelsrichtungen.



Wichtigste Ursache für die Widerstandsbewegung einzelner Indianergruppen war die restriktive Indianerpolitik der US-Regierung, die in den fünfziger Jahren das „Indianerproblem“ durch Abschaffung des Reservationssystems zu lösen versuchte, um auf diese Weise die Indianer schneller in den „Schmelztiegel“ der amerikanischen Gesellschaft zu integrieren. Die dadurch ausgelöste Protestbewegung, meist als „New Indian Movement“ bezeichnet, stellt die kulturellen Werte der weißen Gesellschaft grundsätzlich in Frage und propagiert die Wiederbelebung der eigenen traditionellen Kulturformen. In einer selektiven Akkulturation werden allerdings Elemente aus der amerikanischen Kultur bewußt verwendet und im Sinne der Indianer „umfunktioniert“.

Die bewußte Abgrenzung gegenüber der dominanten Gesellschaft ist ein wesentliches Merkmal von *ethnischer Identität*. Der zunehmende Widerstand indianischer Gruppen gegen ihre Assimilation an das herrschende Gesellschaftssystem wird als *kultureller Widerstand* bezeichnet, um ihn vom militanten Widerstand einiger Aktivistengruppen unter den Indianern zu unterscheiden. Zu den zentralen Forderungen der „Neuen Indianer“ gehört die nach *Selbstbestimmung* über ihre eigenen Angelegenheiten, um damit die anhaltende Bevormundung durch die US-Regierung zu überwinden.

Fallbeispiel Pine Ridge-Reservation

Die Pine Ridge-Reservation ist heute die größte Sioux-Reservation in den USA. Sie liegt in der südwestlichen Ecke des Staates South Dakota im Gebiet der Great Plains, in dem die Oglala als Untergruppe der Teton-Sioux (Eigenbezeichnung: Lakota) bis in die siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts ein nomadisches Leben als Bisonjäger führten.

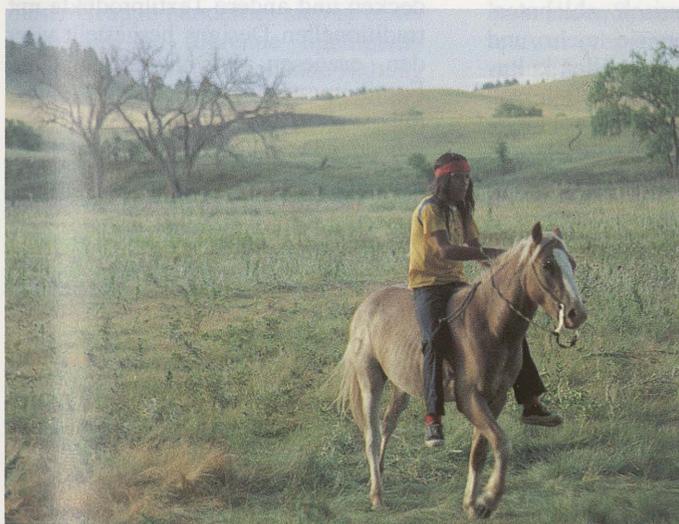
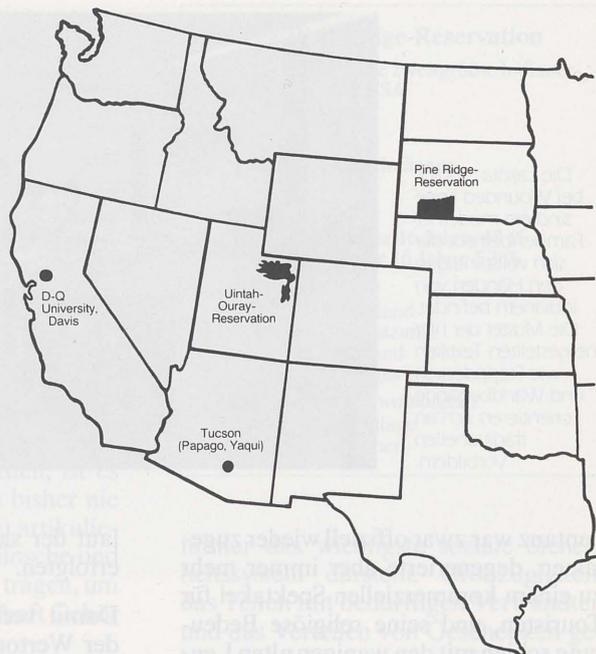
Mit ihrer militärischen Unterwerfung und der fast völligen Ausrottung der Bisons begann ihr Reservationsdasein, das von Anfang an durch extreme Armut und ökonomische Abhängigkeit von der US-Regierung gekennzeichnet war. Die Entmachtung der traditionellen Führerpersönlichkeiten und die Einsetzung einer nach demokratischem Muster gewählten Stammesregierung führte zu einem ausgeprägten Rivalitätsdenken, bei dem sich die beiden Gruppen der „Traditionalisten“ und der „Progressiven“ nahezu unversöhnlich gegenüberstanden.

Mit dem zunehmenden Zerfall der Großfamilien schwand auch die soziale Kontrolle über die einzelnen Gruppenmitglieder, so daß Alkoholismus, Diebstähle und andere Delikte und die Selbstmordrate in erschreckendem Maße zunahm. Die Erziehung der Indianerkinder in den Regierungs- und Missionsschulen wurde in erster Linie als ein Instrument der „Zivilisierung“

Ethnische Identität und kultureller Widerstand

Überlebensstrategien indianischer Kulturen
innerhalb einer dominanten Gesellschaft

Von Peter Bolz

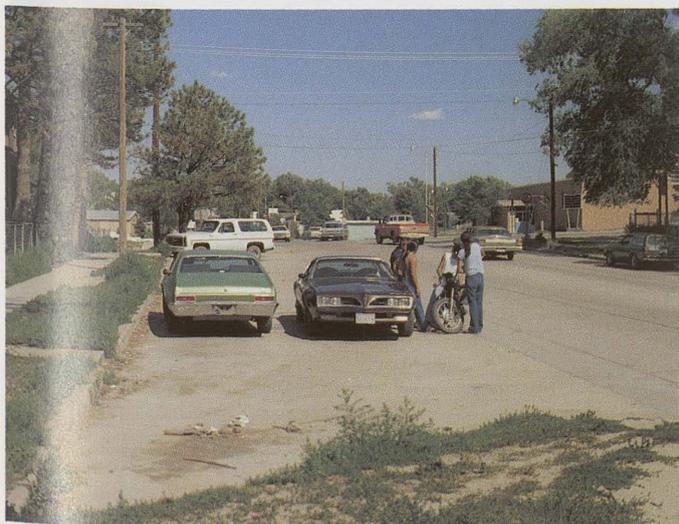


Obwohl Pferde als Transportmittel längst vom Auto abgelöst wurden, halten sich die meisten Oglala-Familien mehrere Pferde – Symbole ihrer einstmaligen unabhängigen Lebensweise als Pferdennomaden. Das Landschaftsbild der Pine Ridge-Reservation wird durch hügeliges Grasland und einzeln stehende Holzhäuser geprägt.

gehandhabt, um die Kinder ihrer Sprache und ihrer traditionellen Kultur zu entfremden und damit leichter in das herrschende Gesellschaftssystem integrieren zu können.

Selbst die religiösen Zeremonien wurden verboten. Bei den Oglala betraf dies in erster Linie den Sonnentanz, ihre große integrierende Stammeszeremonie, die einmal jährlich im Hochsommer aufgeführt wurde.

Mit Einrichtung des Reservationssystems verloren die Oglala den größten Teil ihres ursprünglichen Stammes Territoriums, in dessen Zentrum sich die „Black Hills“ befanden. Dieses Bergmassiv, das sie in einem von den Weißen diktierten Abkommen abtreten mußten, hatte für sie nicht nur eine große ökonomische Bedeutung. Es wurde im Verlauf der Reservationszeit immer mehr zu einem religiösen Symbol, so daß die Oglala es heute als ihr „Heiliges Land“ ansehen.



Indianische Jugendliche auf der Hauptstraße von Pine Ridge Village, dem größten Ort und Verwaltungssitz der Reservation. In ihrem Interesse für Motorräder und Autos unterscheiden sie sich nicht von weißen Jugendlichen.

Die „Neuen Indianer“

Noch zu Beginn der sechziger Jahre zeichneten Beobachter ein recht düsteres Bild vom Leben auf der Pine Ridge-Reservation, das von Arbeitslosigkeit, Armut, Apathie, Alkoholismus, kriminellen Delikten, dem Zerfall sozialer Strukturen und einem generellen Gefühl der Abhängigkeit geprägt war, das sich vor allem in einem Mangel an Initiative bemerkbar machte. Der Son-

Die Lakota Studios bei Wounded Knee sind ein moderner Familienbetrieb, der sich vollständig in den Händen von Indianern befindet. Die Muster der hier hergestellten Textilien wie Steppdecken und Wandbehänge orientieren sich an traditionellen Vorbildern.



nantanz war zwar offiziell wieder zugelassen, degenerierte aber immer mehr zu einem kommerziellen Spektakel für Touristen, und seine religiöse Bedeutung schien mit den wenigen alten Leuten, die ihn noch praktizierten, auszusterben.

Zur Beseitigung der hohen Arbeitslosigkeit auf den Reservationen wurden zahlreiche Indianer mit Hilfe von Regierungsunterstützung in amerikanische Großstädte umgesiedelt, wodurch in kurzer Zeit ein indianisches Stadtproletariat entstand, das die Diskriminierung durch die weiße Gesellschaft hautnah zu spüren bekam. Die sich daraus entwickelnde Protestbewegung wirkte wiederum auf die Reservationen zurück, so daß sich die US-Regierung in immer stärkerem Maße mit Forderungen der Indianer nach Erfüllung von Vertragsrechten, Landrückgabe oder Entschädigungszahlungen konfrontiert sah. Hinzu kamen verschiedene Protestaktionen militanter Gruppen, vor allem des *American Indian Movement (AIM)*, die ihren Höhepunkt 1973 mit der Besetzung des Ortes Wounded Knee auf der Pine Ridge-Reservation erreichten.

Unter den Oglala war die Oppositionshaltung gegenüber der Bevormundung durch die amerikanische Regierung besonders ausgeprägt und zeigte sich in einem zunehmenden Abgrenzungsverhalten gegenüber der weißen Gesellschaft und einer Stärkung ihres Identitätssystems, was schließlich zu dem Phänomen führte, das eingangs als *kultureller Widerstand* bezeichnet wurde. Dieser Widerstand schlug sich in zahlreichen Veränderungen innerhalb der Reservationskultur nieder, die im Ver-

lauf der siebziger und achtziger Jahre erfolgten.

Damit verbunden war ein Wandel in der Wertorientierung, weg vom Wertsystem der weißen Gesellschaft, das die Indianer als materialistisch, korrupt, inhuman und zerstörerisch ablehnten. Statt dessen betonten sie mehr und mehr ihre eigenen traditionellen kulturellen Werte, bei denen Großzügigkeit, Gastfreundschaft, gegenseitige Unterstützung und Fürsorge, die Pflege von Verwandtschaftsbeziehungen, gemeinsame Festlichkeiten und religiöse Erfahrungen im Mittelpunkt standen.

Bei meinen Untersuchungen auf der Pine Ridge-Reservation, die ich jeweils in den Sommermonaten der Jahre 1980, 1982 und 1984 durchführte, war der Prozeß der fortschreitenden Veränderungen in Richtung auf eine ethnische Konsolidierung der Oglala deutlich zu beobachten. Die Ausdehnung der Reservation (sie ist mit 11277 km² mehr als viermal so groß wie das Saarland) und die relativ hohe Zahl von rund 16000 Bewohnern machten es von Anfang an notwendig, bestimmte Schwerpunkte zu setzen, wie sie im folgenden dargestellt werden.

Wirtschaft

Die wirtschaftlichen Verhältnisse haben sich trotz aufwendiger Entwicklungsprogramme von Seiten der Indianerbehörde nur wenig verändert. Den größten Anteil am wirtschaftlichen Geschehen besitzt nach wie vor die sogenannte Dienstleistungsökonomie, die im wesentlichen aus den Dienstleistungen der Indianerbehörde wie kostenloser Gesundheitsfürsorge und Schulausbildung, Lebensmittelgutscheinen, Wohlfahrts-

unterstützung und Wohnprogrammen besteht. Diese Form der Wirtschaft hält die Indianer in einem permanenten Zustand der Abhängigkeit, da ihnen dadurch die Verantwortung für wichtige Bereiche ihres Lebens entzogen wird und sie keinerlei Möglichkeiten besitzen, eigene Initiativen zu ergreifen. Außerdem ist durch die Sparmaßnahmen der Reagan-Administration die hohe Arbeitslosenquote weiter angestiegen und beträgt heute über 77 %, so daß sich die Armut der Oglala in den achtziger Jahren nicht verringert hat, sondern weiter angestiegen ist.

Lediglich im Bereich der Kleinindustrie sind einige bescheidene Erfolge zu verzeichnen. So entwickelte sich die Mokkasinfabrik, die seit 1979 ein stammeseigenes Unternehmen darstellt, mit etwa 300 Beschäftigten nach der US-Regierung zum zweitgrößten Arbeitgeber auf der Reservation. Die Lakota Studios, eine Manufaktur, in der Steppdecken und andere Textilprodukte mit traditionellen Designs hergestellt werden, erwiesen sich als erfolgreiches Familienunternehmen, das eine hoffnungsvolle Alternative zu der vorherrschenden Dienstleistungsökonomie darstellt.

Die Oglala haben heute erkannt, daß zur Überwindung ihrer schlechten Lebensbedingungen auf der Reservation eine gute Schulausbildung unabdingbar ist. Damit einher muß die Schaffung qualifizierter Arbeitsplätze gehen, um zu verhindern, daß die am besten ausgebildeten Indianer auf der Suche nach einem Job die Reservation verlassen. Gefordert sind somit Investitionen, die den Indianern nicht in paternalistischer Weise ein weiteres Entwicklungsprogramm aufdrängen, sondern Eigeninitiative und Eigenverantwortlichkeit fördern.

Politische Struktur

Im Bereich der Reservationspolitik sind die großen Gegensätze zwischen *Traditionalisten* und *Progressiven* zwar noch immer vorhanden, doch im Zuge der „Neuen Indianerbewegung“ traten zwei neue politische Gruppierungen in den Vordergrund, die die Entwicklung auf der Reservation wesentlich beeinflussen haben: die *Neotraditionalisten* und die *Gemäßigten*.

Die Neotraditionalisten bestehen vorwiegend aus Anhängern des 1968 ge-

gründeten „American Indian Movement“, das durch die Durchführung spektakulärer Protestaktionen weltweit bekannt wurde. Mit ihrem Anspruch auf spirituelle Erneuerung der indianischen Kulturen gelang es ihnen anfangs, einige einflußreiche traditionelle Führer auf ihre Seite zu ziehen, um dadurch ihren Führungsanspruch auf der Reservation zu legitimieren. Wegen ihrer radikalen Ziele und Aktionen und einer aggressiven Haltung denen gegenüber, die sich nicht auf ihre Seite schlugen, wurde diese Gruppe jedoch von der Mehrheit der Reservationsbevölkerung in zunehmendem Maße abgelehnt, und ihr Einfluß sank ebenso schnell wieder, wie er anfangs gestiegen war.

Daher sind nach meinen Beobachtungen nicht die *Neotraditionalisten*, sondern die *Gemäßigten* die eigentlichen Träger des kulturellen Widerstandes auf der Pine Ridge-Reservation. Bei dieser Gruppe handelt es sich in erster Linie um die führende Intelligenzschicht, die eine ausgleichende Haltung zwischen den extremen Positionen der *Traditionalisten* und der *Progressiven* einnimmt. Diese *Gemäßigten* treten zwar nicht als geschlossene politische Gruppierung auf, doch aufgrund ihrer guten Ausbildung nehmen sie wichtige Schlüsselpositionen in allen Bereichen der Reservationspolitik ein. Die bisher bedeutendste Leistung dieser Gruppe ist der Aufbau eines neuen Erziehungssystems auf der Reservation, das es den Oglala ermöglicht, ihre kulturellen Ideale in die Schul- und Berufsausbildung ihrer Kinder mit einzubeziehen.

Durch dieses Hervortreten einer neuen politischen Gruppierung kam es zu einer Veränderung der politischen Kräfteverhältnisse auf der Reservation. Das bis dahin vorherrschende Rivalitätsdenken wich zumindest in wichtigen Bereichen der Reservationspolitik einer konstruktiven Zusammenarbeit, ohne die die Schaffung neuer Kommunikationssysteme, wie sie die 1981 gegründete Wochenzeitung „Lakota Times“ oder die 1983 ins Leben gerufene KILI-Radiostation darstellen, nicht möglich gewesen wäre. Durch die Vermittlung kulturell relevanter Informationen, die von der Radiostation auch in der Lakota-Sprache ausgestrahlt werden, ist es den Oglala möglich, sich in bisher nie gekanntem Umfang selbst zu artikulieren und ihre Meinungen, Wünsche und Forderungen nach außen zu tragen, um ihnen in der weißen Gesellschaft Gehör zu verschaffen.

Sozialsystem

Im sozialen System der Oglala sind heute zwei sehr unterschiedliche Tendenzen zu beobachten. Auf der einen Seite löst sich die traditionelle Großfamilie zugunsten der Kleinfamilie nach weibem Muster immer mehr auf. Damit einher geht ein ökonomisch bedingter Prestigeverlust der Männer und ein immer größer werdender Einfluß der Frauen in der Oglala-Gesellschaft, die somit im Verlauf der Reservationszeit einen Wandel von der *Patrifikalität* zur *Matrifokalität* durchgemacht hat. Auf der anderen Seite bewirken die nach wie vor bestehenden traditionellen Wertvorstellungen auf der Reservation, daß das Verwandtschaftssystem noch

Die Pine Ridge-Reservation

ist mit 11277 km² die zweitgrößte Indianerreservation in den USA

Bevölkerungszahlen

12025 Oglala
475 andere Indianer
3210 Weiße

Bevölkerungsstruktur

Bewohner unter 16 Jahre: 48 %
Bewohner über 16 Jahre: 52 %

Art der Landnutzung

80 % Weideland
13,2 % Holznutzung
4,6 % Farmland
2,2 % Sonstiges

Größter Ort und Verwaltungssitz

Pine Ridge Village
3800 Einwohner

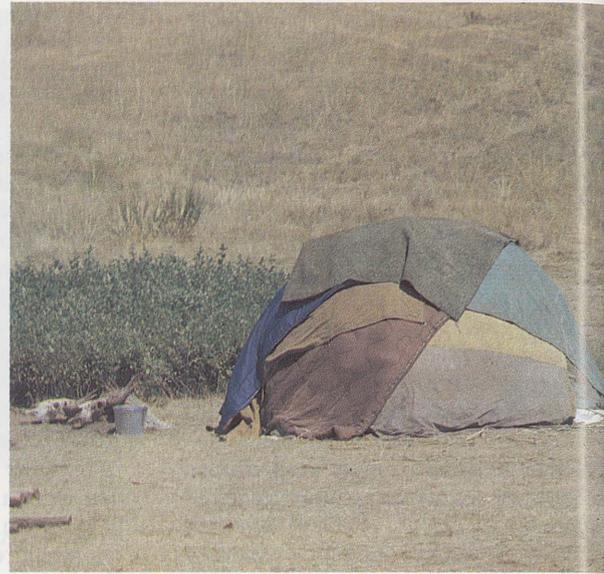
immer das wichtigste soziale Sicherheitssystem darstellt. Großzügigkeit, das Teilen mit bedürftigen Verwandten und das Verteilen von Geschenken gehören auch heute noch zu den grundlegenden Wertkategorien der Oglala. Dies kommt vor allem in einem aktiven Gemeindeleben zum Ausdruck. Beispielhaft dafür sind *Powwow* und *Giveaway*, „traditionelle“ Aktivitäten, die auch heute noch mit großer Regelmäßigkeit stattfinden.

Das *Powwow* ist nicht nur ein Tanzfest, bei dem die Teilnehmer in ihren nach traditionellen Vorbildern weiterentwickelten Tanzkostümen Preise gewinnen können, sondern stellt auch ein Forum für zahlreiche soziale Aktivitäten dar. Am wichtigsten dabei sind die öffentlichen Ehrungen für besondere Verdienste, sei es ein guter Schulabschluß oder eine herausragende sportliche Leistung. Ebenso wichtig dabei ist nach meinen Beobachtungen die Tatsache, daß hier „traditionelle“ Aktivitäten von allen Generationen gemeinsam durchgeführt werden, was den indianischen Kindern und Jugendlichen die Möglichkeit bietet, sich in besonderem Maße mit ihrer Kultur zu identifizieren.

Das *Giveaway* stellt ein besonders wichtiges Symbol für die kulturelle Kontinuität auf der Reservation dar. Es handelt sich dabei um ein Geschenkverteilungsfest, das zu Ehren eines Verstorbenen jeweils ein Jahr nach dem Tode von seiner Familie veranstaltet wird. Das Verteilen von Geschenken, die speziell zu diesem Anlaß hergestellt wurden, an Verwandte und Freunde, die dem Verstorbenen besonders nahe standen, stärkt die innere Solidarität der Gruppe und schafft ein festes Netz von



Tänzer bei einem lokalen Powwow in dem Ort Porcupine. Die Tanzkostüme sind moderne Weiterentwicklungen von traditionellen Kleidungs- und Schmuckformen.



sozialen Beziehungen, die in Notzeiten als eine Art „indianischer Versicherung“ in Anspruch genommen werden.

Erziehungssystem

Die bereits in den sechziger Jahren erhobene Forderung nach Selbstbestimmung in Fragen der Schulerziehung trug zu Beginn der siebziger Jahre erste Früchte. Aber erst die Einrichtung zweier *Kontraktsschulen*, deren Finanzierung durch die Indianerbehörde vertraglich festgelegt ist, ermöglichte es den Mitgliedern der jeweiligen lokalen Gemeinde, in Form eines Schulausschusses direkten Einfluß auf die Inhalte des Lehrstoffs und auf die Anstellung von Lehrern zu nehmen. Im Mittelpunkt stehen dabei zweisprachige Lehrprogramme, in denen Sprache und Kultur der Oglala den gleichen Stellenwert besitzen wie die der weißen Gesellschaft. Sie dienen in erster Linie der Verstärkung der ethnischen Identität, wodurch es den Schülern ermöglicht wird, auf ihr kulturelles Erbe stolz zu sein und ein positives Selbstwertgefühl zu entwickeln.

Diese Maßnahmen bewirkten, daß die hohe Quote von Schulversagern, die früher als typisch für Indianerschulen galt, da die Schüler durch den ausschließlichen Gebrauch der englischen Sprache intellektuell überfordert waren, deutlich zurückging. Ziel dieser bikulturellen Ausbildung ist es, Kenntnisse zu vermitteln, die es den indianischen Schülern ermöglichen, sich in beiden kulturellen Systemen gleichermaßen zurechtzufinden.

Dies trifft auch auf das *Oglala Lakota College* zu, das den Oglala eine qualifizierte Berufsausbildung ermöglichen soll, ohne daß sie dabei die Reservation verlassen müssen. Für dieses College wurde ein dezentralisiertes Modell entwickelt, das den einzelnen Distriktzentren eine größere Mitbestimmung ermöglicht und damit die einzelnen Gemeinden, in denen sich diese Zentren befinden, aufwertet.

Darüber hinaus hat sich das Oglala Lakota College zu einem Dokumentationszentrum der Lakota-Kultur entwickelt und führt zahlreiche gemeindeorientierte Aktivitäten durch. Die wichtigste davon ist die alljährliche Graduierung der Absolventen, die mit einem zweitägigen Powwow verbunden ist. Hierin zeigt sich in besonderem Maße, daß das Aufeinandertreffen von Tradition und Moderne für die Oglala keinen Widerspruch darstellt, sondern nichts anderes ist als ein Ausdruck ihrer modernen Reservationskultur, in der sie heute leben.

Religion

Die Formen des kulturellen Widerstandes und der kulturellen Wiederbelebung zeigen sich am deutlichsten beim *Sonnentanz*, der von allen religiösen Zeremonien der Oglala den bedeutendsten Wandel durchgemacht hat und daher im Mittelpunkt meiner Untersuchungen in diesem Bereich stand. Nach Verbot und Wiederzulassung beabsichtigte die Stammesregierung der Oglala in den sechziger Jahren, ihn zur zug-

kräftigen Touristenattraktion auf der Reservation zu machen. Gleichzeitig versuchte die katholische Kirche durch das Zelebrieren der Messe beim Sonnentanz, immer mehr Einfluß auf die Zeremonie zu nehmen.

Dagegen wurde zu Beginn der siebziger Jahre von Seiten des American Indian Movement immer stärker protestiert, und ab 1975 konnte AIM den Sonnentanz vollständig kontrollieren. Alle kommerziellen Aktivitäten und christlichen Einflüsse wurden abgeschafft und der ursprüngliche religiöse Charakter der Zeremonie wiederhergestellt. Damit wurde der Sonnentanz mehr noch als jede andere Form der Religionsausübung auf der Reservation zum Symbol einer kulturellen Erneuerung. Die Teilnahme am Sonnentanz galt vor allem für eine immer größer werdende Zahl von jungen Leuten als öffentliches Bekenntnis zum Traditionalismus. Dieses Ritual erfüllt besonders für Stadtindianer, die für kurze Zeit auf die Reservation zurückkehren, die Funktion einer spirituellen Erneuerung. Der Sonnentanz wurde damit zu einem allgemeinen Symbol für „Widerstand gegen Integration“ und zu einem kulturellen Merkmal, das eine positive ethnische Identität vermittelt.

Bei meinen Beobachtungen auf der Pine Ridge-Reservation konnte ich allerdings auch feststellen, daß der Sonnentanz nicht mehr das traditionelle Ideal der Einheit unter den Oglala verkörpert. Der wachsende Einfluß des American Indian Movement bewirkte, daß einige

Foto rechts:

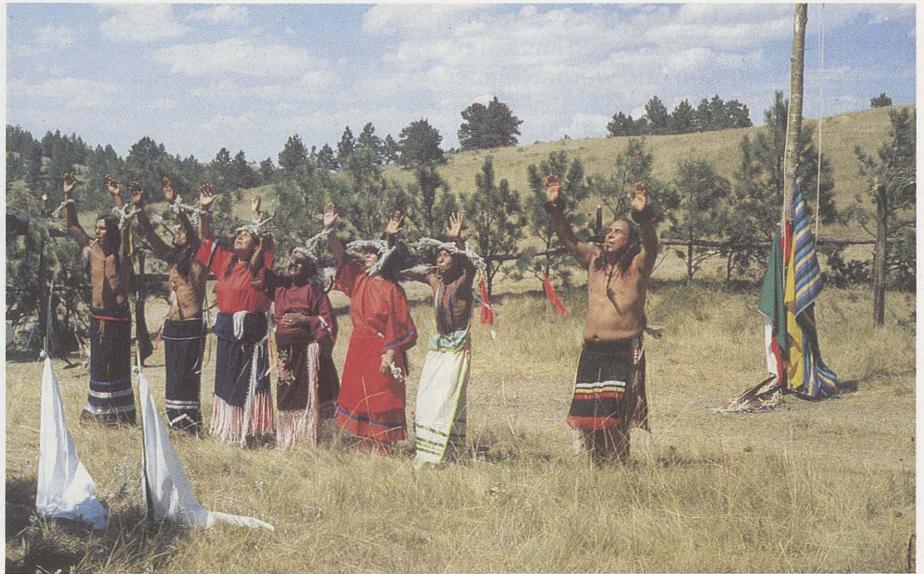
Sonnentanz der Oglala, bei dem die Tänzer das Mitleid von *Wakan Tanka* („Das große Geheimnisvolle“) erleben. Um das Fortbestehen ihres Volkes zu sichern, bringen die Tänzer ein entbehrungsreiches Opfer dar, indem sie vier Tage lang von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang in der prallen Sonne tanzen, ohne dabei Nahrung oder Flüssigkeit zu sich zu nehmen.

Foto links außen:

Die Frauen bauen die für das Giveaway vorgesehenen Geschenke zunächst in der Mitte des Festplatzes auf, bevor sie verteilt werden.

Foto links

Das Schwitzbad, das von den traditionell orientierten Oglala regelmäßig in solch einer Schwitzhütte abgehalten wird, bildet eine eigenständige religiöse Zeremonie. Dabei erfolgt durch das Schwitzen nicht nur eine körperliche, sondern durch zusätzliches Singen und Beten auch eine geistige Reinigung.



der traditionellen Führer ihre eigene Form des Sonnentanzes abhielten, um sich damit von dieser militanten Organisation zu distanzieren. Dies wird in Zukunft wahrscheinlich dazu führen, daß sich auf der Reservation die bereits bestehenden unterschiedlichen Formen des Sonnentanzes noch weiter auseinanderentwickeln.

Die Landfrage

Seit der erzwungenen Abtretung der Black Hills im Jahre 1876 versuchten die Lakota, eine finanzielle Entschädigung für den Verlust ihres Landes zu erhalten und brachten den Fall deshalb mehrfach vor Gericht. Doch mit dem in den sechziger Jahren einsetzenden Wandel in der Wertauffassung erfolgte auch hier ein Umdenken, so daß die Lakota heute eine *Rückgabe* ihrer „Heiligen Berge“ fordern. Sie lehnen daher eine 1980 vom Obersten Gerichtshof der USA zugesprochene Entschädigungssumme ab, da die Annahme des Geldes ihrer Auffassung nach einem endgültigen „Verkauf“ der Black Hills gleichkäme.

Für die heutigen Lakota ist der „Fall Black Hills“ vor allem ein Symbol des Unrechts, das ihnen von den Weißen im Verlauf ihrer Geschichte zugefügt wurde. Dieser Fall repräsentiert den Verlust

ihrer traditionellen Lebensweise ebenso wie den ihres Landes. Durch ihre öffentliche Forderung nach Rückgabe der Black Hills machen sie sich und der Welt bewußt, welch hohen Stellenwert sie ihrem traditionellen Erbe nach wie vor beimessen, das sie um keinen Preis der Welt „verkaufen“ wollen. Daher wird keine finanzielle Entschädigung jemals in der Lage sein, den hohen symbolischen Wert, den sie den Black Hills heute zumessen, zu ersetzen.

Zusammenfassung

Wie meine Untersuchungen auf der Pine Ridge-Reservation ergaben, zeigte sich der Widerstand gegen die Einflüsse des herrschenden Gesellschaftssystems in verschiedenen Bereichen der Reservationskultur sehr deutlich, in anderen war er nicht oder nur ansatzweise vorhanden. Im Bereich der Wirtschaft bestehen nach wie vor die größten Probleme, so daß hier diejenigen Indianer am erfolgreichsten sind, die sich dem System der Weißen am besten angepaßt haben.

Das Heranwachsen einer neuen Führungsschicht brachte vor allem im Erziehungsbereich wesentliche Neuerungen hervor. Noch bis in die sechziger Jahre galt das Erziehungssystem als ein Instrument zur „Zivilisierung“ der Indianer, heute wird es von ihnen dazu benutzt, den Prozeß der kulturellen Entfremdung zu stoppen und dabei die eigenen Wertmaßstäbe zu vermitteln.

Im sozialen System sorgt vor allem die Aufrechterhaltung von traditionellen

Wertkategorien für eine kulturelle Kontinuität, durch die sich die Oglala deutlich vom Gesellschaftssystem der Weißen unterscheiden.

Wichtigste Symbole für den kulturellen Widerstand der Oglala sind der Sonnentanz und der Fall Black Hills. Während sich der Sonnentanz zu Beginn der siebziger Jahre aus einer „degenerierten“ Form wieder zur bedeutendsten religiösen Zeremonie entwickelte, die vor allem für die junge Generation zu einem wesentlichen Merkmal ihrer ethnischen Identität wurde, stellt die Forderung nach Rückgabe der Black Hills bereits eine „nationale“ indianische Angelegenheit dar, die weit über die Grenzen der Sioux-Reservierungen hinauswirkt.

Die Aufrechterhaltung wesentlicher traditioneller Wertvorstellungen, ihre Sprache und die zahlreichen neu belebten kulturellen Symbole sind als Markierungen einer ethnischen Grenze anzusehen, die es den Oglala ermöglicht, wichtige kulturelle Formen zu bewahren und sie den modernen Gegebenheiten entsprechend weiterzuentwickeln. Damit wollen sie ihr Identitätssystem ganz bewußt aufrechterhalten, um als eigenständige ethnische Gruppe fortzubestehen und ein selbstbestimmtes, vom Zwang zur Anpassung befreites Leben zu führen.

Dr. Peter BOLZ

Zentrum für Nordamerika-Forschung (ZENAF) der J. W. Goethe-Universität; seit März 1986: Museum für Völkerkunde, Berlin.

Literatur

Bolz, Peter: Ethnische Identität und kultureller Widerstand. Die Oglala-Sioux der Pine Ridge-Reservation in South Dakota. Frankfurt am Main, 1986.

Fünf Monate nach dem Störfall in Tschernobyl ist die Diskussion über die Folgen und Konsequenzen noch im Gange. Messungen an den unterschiedlichsten Proben wurden und werden immer noch an vielen Stellen durchgeführt. Das Institut für Biophysik der J. W. Goethe-Universität untersucht gemeinsam mit dem Institut für Biophysikalische Strahlenforschung der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF) insbesondere die Aufnahme von Spaltprodukten in den Menschen über die Nahrungskette.

Eine Vielzahl von Meßwerten wird täglich in den Medien veröffentlicht. Es erscheint notwendig, ihre Bedeutung für die Gesundheit des Menschen zusammenfassend darzustellen. Dabei stützen sich die Aussagen dieses Artikels besonders auf direkte Messungen der Aufnahme von radioaktiven Substanzen in den Körper des Menschen. Die Ergebnisse der Messungen zeigen, daß die zusätzliche innere Strahlenbelastung, die durch Aufnahme von Spaltprodukten aus Tschernobyl verursacht wird, bei Personen in einem wenig belasteten Teil der Bundesrepublik Deutschland wie dem Rhein/Main-Gebiet noch in der Schwankungsbreite der natürlichen inneren Strahlenexposition dieser Menschen liegt.

Erinnern wir uns: am 26. April ereignete sich im Kernkraftwerkkomplex Tschernobyl der Störfall in einem der Reaktoren, bei dem dieser in Brand geriet. Nach sowjetischer Darstellung konnten am 5. Mai das Feuer gelöscht und die Kernreaktionen beendet werden. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden große Mengen von radioaktiven Substanzen (insgesamt ca. 10^{18} Bq) in die Atmosphäre freigesetzt und mit dem Wind fortgetragen.

Am Tag des Störfalls, dem 26. April, wehte in Tschernobyl der Wind aus südöstlicher Richtung, so daß die zu dieser Zeit freigesetzte Radioaktivität über Weißrußland und das Baltikum nach Südfinnland und Schweden abgetrieben wurde und dort zu ersten Alarmreaktionen führte. Im Laufe des 27. April drehte der Wind mehr auf östliche Richtung; erhebliche Radioaktivitätsmengen gelangten nun über Polen und die Tschechoslowakei – beginnend am 29. 4. 1986 – in die Bundesrepublik Deutschland und die angrenzenden Länder. Dabei waren die Radionuklidkonzentrationen der Luft über Süddeutschland erheblich höher als z. B. in Hessen. Darüberhinaus führten die Wetterbedingungen, nämlich Regen in weiten Teilen Bayerns in den ersten Maitagen, auf dem Boden zu einem Niederschlag der radioaktiven Substanzen, der dort im Mittel etwa das Zehnfache der Werte in Hessen betrug.

In Tschernobyl ist eine sehr große Anzahl von radioaktiven Substanzen freigesetzt worden, mehr als 200 verschiedene konnten bisher schon in Deutschland nachgewiesen werden. Von diesen

vielen verschiedenen Radionukliden sind dennoch bei Personen, die sich nicht in Osteuropa aufgehalten haben, nur die Isotope Jod-131, Cäsium-134 und Cäsium-137 im menschlichen Körper nachweisbar. In wenigen Einzelfällen waren außerdem Spuren von Ruthenium-103 meßbar. Das Isotop Jod-131 ist inzwischen wegen seiner physikalischen Halbwertszeit von 8 Tagen auf weniger als 1/100 000 der Ausgangsmenge abgefallen. Es ist damit im Menschen und seiner Umwelt nicht mehr nachweisbar. Im folgenden sollen die Meßergebnisse über die Jod-131-Aufnahme in den Menschen kurz dargestellt werden.

Die Jod-131-Belastung im Rückblick

Ergebnisse der Jod-131-Messungen bei Kindern

Wird Jod in elementarer Form oder als Iodid in den Körper aufgenommen, so reichert es sich praktisch vollständig in der Schilddrüse an. Das durchschnittliche Schilddrüsengewicht beträgt in Deutschland beim Erwachsenen etwa 30 g, bei Kindern entsprechend ihrem Alter z. T. nur wenige Gramm. Bei Aufnahme der gleichen Jod-131-Aktivität in den Körper ist die resultierende Strahlendosis dementsprechend beim einjährigen Kind etwa zehnfach so hoch wie beim Erwachsenen (s. Tabelle 1). Deshalb stellen Kleinkinder eine Risikogruppe hinsichtlich der Jod-131-Aufnahme dar.

Die genaue Bestimmung der Schilddrüsens dosis erfordert Verlaufsmessungen

Tschernobyl – Langzeitfolgen für unsere Ernährung?

Von Eckhard Werner
und Wolfgang Pohlitz

über den gesamten Inkorporationszeitraum. Um eine Aussage über die Schilddrüsens dosis bei Personen in einem wenig belasteten Gebiet wie in Hessen zu erhalten, wurde die Jod-131-Aktivität in der Schilddrüse bei 91 Kindern im Alter von 5 Monaten bis 16 Jahren aus dem Rhein/Main-Gebiet in Zusammenarbeit mit dem Zentrum der Kinderheilkunde des Universitätsklinikums (Dr. Friedrich Kollmann) von Anfang Mai bis Mitte Juni 1986 verfolgt. Bei 64 Kindern (70 %) lagen alle Meßwerte unter der Nachweisgrenze des eingesetzten Meßgerätes, die je nach der Meßzeit von 2 bis 5 Minuten bei 100 Bq bzw. 50 Bq Jod-131 in der Schilddrüse lag.

In Abbildung 1 a ist der Verlauf der gemessenen Werte bei dem 14-jährigen Kind mit der höchsten ermittelten Strahlendosis dargestellt. Aus den vier Meßwerten kann die angegebene Retentionsfunktion $R(t)$ und aus ihr die „kumulierte Aktivität“ \bar{A} bestimmt werden. Mit den entsprechenden Dosisfaktoren für die Beta- und Gammastrahlung des Jod-131 ergibt sich daraus eine Schilddrüsens dosis von $H = 0,54$ mSv (= 54 mrem). Der ständige Abfall der gemessenen Werte zeigt, daß wahrscheinlich der größte Teil des Jod-131 bereits während des Durchzugs der „radioaktiven Wolke“ in der Zeit vom 30. 4. bis zum 3. 5. 1986 inkorporiert wurde.

Andererseits müssen aber in der Folgezeit noch geringe Jod-131-Mengen mit der Nahrung in den Körper gelangt sein, da die Halbwertszeit des Abfalls der Jod-131-Aktivität in der Schilddrüse des



Kindes mit etwa 11 Tagen größer ist als die physikalische Halbwertszeit von 8 Tagen. Im Juni 1986 war bei keinem Kind Jod-131 in der Schilddrüse mehr nachweisbar.

Bei den untersuchten 36 Kindern unter 4 Jahren wurde überhaupt keine meßbare Jod-131-Aktivität in der Schilddrüse festgestellt. Um dennoch die Schilddrüsens dosis für die Risikogruppe der Kleinkinder abschätzen zu können, wurde die gleiche Berechnung mit den Werten der Nachweisgrenze von 100 Becquerel Jod-131 (5. 5. 1986, 2 Minuten Meßzeit) bzw. 50 Becquerel Jod-131 (13. 5. 1986, 5 Minuten Meßzeit)

für ein einjähriges Kind durchgeführt. Danach stellt die Schilddrüsens dosis von $H = 1,3 \text{ mSv} = 130 \text{ mrem}$ die mögliche Obergrenze für Kleinkinder im untersuchten Kollektiv dar. Die *tatsächliche* Strahlenexposition der Schilddrüse bei Kindern im Rhein/Main-Gebiet liegt auf jeden Fall darunter.

Berechnet man aus diesem fiktiven Maximalwert von $H = 1,3 \text{ mSv} = 130 \text{ mrem}$ Schilddrüsens dosis die effektive Äquivalentdosis, d. h. die für das Risiko durch Spätschäden wie Krebs relevante Dosisangabe (s. *Kasten S. 10*), so ergibt sich eine Zunahme der natürlichen Strahlenexposition im Jahr 1986 um

weniger als 2 %. Vergleichbare Änderungen der effektiven Äquivalentdosis ergeben sich für ein Kind aus dem Rhein/Main-Gebiet bereits durch einen einwöchigen Aufenthalt in Regionen höherer Strahlenexposition wie z. B. dem Bayerischen Wald, Südschwarzwald oder den Alpen. Auch ein Flug in ein Land am Mittelmeer hat etwa die gleiche zusätzliche Strahlenexposition zur Folge.

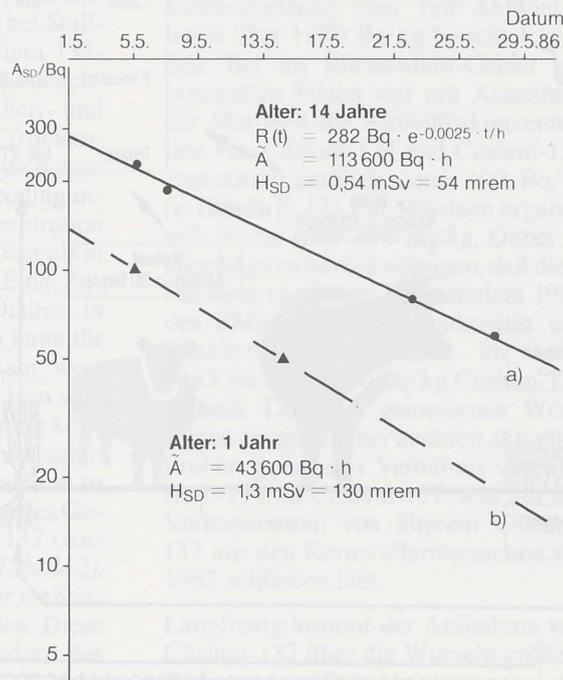
Hätten Jod-Tabletten eingenommen werden müssen?

Zur Reduktion der Jod-131-Aufnahme wurden Kindern in verschiedenen Staaten des Ostblocks Jodtabletten verabreicht. Auch in der Bundesrepublik Deutschland ist diskutiert worden, ob ein solches Vorgehen notwendig und sinnvoll ist. Hessen stellt ein Gebiet mit einem mittelschweren Jodmangel dar, d. h. nahezu alles Jod, was in den Körper aufgenommen wird, gelangt auch in die Schilddrüse. Eine langfristige, auch aus medizinischer Sicht sinnvolle Änderung dieser Situation läßt sich nur durch eine ausreichende Prophylaxe, z. B. durch Verwendung von ausreichend jodiertem Speisesalz, erreichen.

Kurzfristig kann die Jod-131-Aufnahme nur durch eine „Blockierung der Schilddrüse“ durch Gabe einer Jodmenge von 0,1 bis 1 g vor der Einwirkung des Radionuklids erreicht werden. Da hier in Hessen der größte Teil des Jod-131 durch Inhalation in den ersten Maitagen in den Körper gelangte, hätte die Einnahme der Jodtabletten am 30. April erfolgen müssen.

Die kurzfristige Zufuhr solch großer Jodmengen in den Körper kann eine Reihe von Nebenwirkungen hervorrufen, insbesondere die Auslösung einer behandlungsbedürftigen Überfunktion der Schilddrüse. Es ist damit zu rechnen, daß etwa jeder Tausendste daran erkrankt, wobei etwa 1 % der Erkrankten daran sterben. Darüberhinaus liegt das Risiko für die Auslösung einer thyreotoxischen Krise durch Jodmengen von 0,1 bis 1 g wahrscheinlich in Deutschland bei etwa 1:100000. Dabei ist mit 30 % bis 50 % Todesfällen zu rechnen. Aufgrund dieses hohen Sterblichkeitsrisikos ist eine vom Bundesinnenminister beauftragte Expertenkommission im Jahre 1981 zu der Schlußfolgerung gelangt, daß in Deutschland die Einnahme von Jodtabletten erst ab einer zu erwartenden Schilddrüsens dosis

Abbildung 1 zeigt die Jod-131-Schilddrüsenaktivität A_{SD} :
 a) gemessen in einem 14jährigen Kind;
 b) in ihrem berechneten Maximalverlauf für ein 1jähriges Kind; die tatsächliche Strahlenbelastung der Schilddrüse bei Kindern im Rhein/Main-Gebiet lag darunter. Die Abbildung wird im Text näher erläutert ($R(t)$ = Retentionsfunktion, \bar{A} = kumulierte Aktivität, H_{SD} = Schilddrüsens dosis).



Effektive Äquivalentdosis

Die effektive Äquivalentdosis ist ein von der Internationalen Kommission für Strahlenschutz (ICRP-Publikation 26, Pergamon Press 1977) eingeführter Dosisbegriff, der sowohl das Risiko genetischer wie somatischer Spätschäden in einzelnen Organen einbezieht:

$$H_{\text{eff}} = \sum_i w_i \cdot H_i$$

H_{eff} : effektive Äquivalentdosis

H_i : Äquivalentdosis

w_i : Wichtungsfaktor, der proportional zum Risiko eines Spätschadens im Gewebe ist

Organ bzw. Gewebe (i)	Wichtungsfaktor w_i
Gonaden	0,25
Brust	0,15
Rotes Knochenmark	0,12
Lunge	0,12
Knochenoberfläche	0,03
Schilddrüse	0,03
andere Gewebe, insgesamt	0,30
Gesamtkörper	$\sum w_i = 1$

Im Falle der Ganzkörperbestrahlung ist die effektive Äquivalentdosis gleich der Äquivalentdosis.

von $H = 1 \text{ Sv}$ ($= 100000 \text{ mrem}$) zu empfehlen ist. In der vorliegenden Situation war mit der oben erwähnten Schilddrüsendosis von weniger als 130 mrem diese deshalb nicht in Erwägung zu ziehen.

Langzeitfolgen durch Cäsium-137?

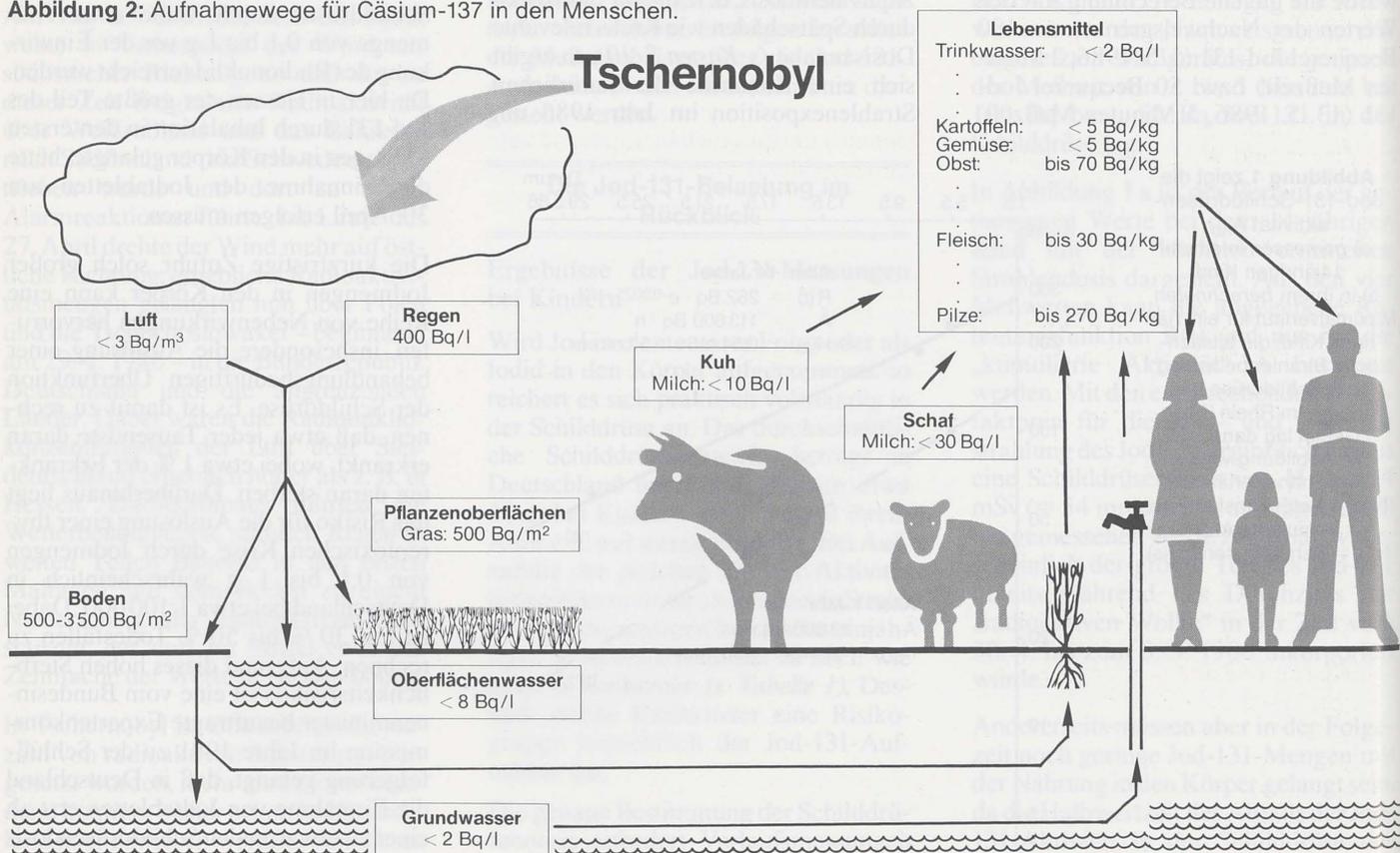
Wie der Mensch Cäsium-137 aufnimmt

Wie bereits erwähnt, ist neben Jod-131 nur noch die Aufnahme der Cäsiumisotope Cäsium-134 und Cäsium-137 in den menschlichen Körper meßbar. Cäsium-134 hat eine physikalische Halbwertszeit von 2,1 Jahren und Cäsium-137 von 30 Jahren. Das Verhältnis der Aktivitätswerte von Cäsium-134 zu Cäsium-137 in Luft- und Bodenproben betrug Anfang Mai 1986 etwa 1:2. Da es sich um chemisch identische Substanzen handelt, ist ihr Verhalten in der belebten und unbelebten Umwelt sowie im Menschen gleich. Der Übersichtlichkeit halber soll sich deshalb die folgende Darstellung auf das Radionuklid Cäsium-137 beschränken. Es ist einfach nachzuweisen, da die bei seiner radioaktiven Umwandlung in das stabile, d. h. nicht-radioaktive Isotop Ba-

rium-137 emittierte Gammastrahlung der Energie $0,662 \text{ MeV}$ leicht gemessen werden kann.

In Abbildung 2 sind die möglichen Aufnahmewege von Cäsium-137 in den Menschen schematisch dargestellt. Die Luftaktivität betrug im Rhein/Main-Gebiet am 2. Mai maximal etwa 3 Bq/m^3 . Sie gelangte zum einen durch trockenen Niederschlag (Fallout) auf die Erdoberfläche, zum anderen wurden erheblich größere Mengen mit dem Regen aus der Wolke ausgewaschen. So wurde z. B. im Regenwasser vom 4. 5. 1986 eine Cäsium-137-Konzentration von 400 Bq/l gemessen. Bedingt durch die unterschiedlichen Niederschlagsmengen, aber auch die verschiedenen Abfluß- bzw. Sammelmöglichkeiten für Regenwasser auf der Erdoberfläche ergeben sich sehr unterschiedliche Cäsium-137-Ablagerungen auf dem Boden von etwa 500 Bq/m^2 bis 3500 Bq/m^2 . Unter ungünstigen Umständen konnten an Vertiefungen ohne Abfluß, an denen Regenwasser zusammengefließen war, noch höhere Werte gemessen werden. Erheblich geringer waren die Aktivitätskonzentrationen in Oberflächenwasser: im fließenden Mainwasser lagen sie unter 2 Bq/l , in Schwimm-

Abbildung 2: Aufnahmewege für Cäsium-137 in den Menschen.



bädern wurden z. B. bis zu 8 Bq/l Cäsium-137 gemessen. Dies ist auf den stärkeren Austausch zwischen den einzelnen Schichten zurückzuführen.

Im Erdboden ist die Wanderungsgeschwindigkeit von Cäsium sehr gering, je nach Bodenart beträgt sie nur etwa 1 mm bis wenige cm pro Jahr. Dementsprechend konnten Spaltprodukte aus Tschernobyl bisher im Trinkwasser noch nicht nachgewiesen werden, und zwar weder in Flach- noch Tiefbrunnen.

Das erste Eindringen von Cäsium-137 in die Nahrungskette ergab sich durch oberflächliche Ablagerungen auf der Pflanzenoberfläche. Wie sich aus Abbildung 4 ergibt, ist offenbar kaum kontaminiertes Blattgemüse verzehrt worden. Alle Meßwerte der Cäsium-137-Inkorporation bei der Referenzgruppe gesunder Erwachsener und Kinder liegen im Mai unter 50 Bq Cäsium-137-Gesamtkörperaktivität, während bei Blattgemüse im Mai Aktivitäten von 600 Bq/kg gemessen wurden. Dabei kann auch eine Rolle gespielt haben, daß sich oberflächliche Cäsium-137-Auflagerungen etwas besser als Jod-131-Kontaminationen durch Waschen des Gemüses reduzieren lassen.

Erheblich größere Bedeutung kommt der Aufnahme von Cäsium-137 in den Menschen über den Pfad „Pflanze → Tier → Milch/Fleisch → Mensch“ zu. So wurden in Tieren, die sich unkontrolliert von Pflanzen ernähren, wie Schafen, Ziegen und Wild, höhere Cäsium-137-Aktivitäten gemessen als bei Stallvieh. Hinsichtlich der Cäsium-137-Konzentration im Fleisch ist zu beachten, daß Schlachtvieh (Bullen und Schweine) überwiegend mit Trockenfutter ernährt wird. Bedingt durch zum Teil unterschiedliche Weidebedingungen ist die Cäsium-137-Konzentration in Schafsmilch in der Regel höher als in Kuhmilch (s. Abbildung 2). Eine Zunahme des Cäsium-137-Gehaltes in Milch und Fleisch von Kühen kann für die Winterperiode vorhergesagt werden, wenn im Mai geerntetes Heu verfüttert wird. Die Flächenbelegung kontaminierter Pflanzenoberflächen nahm infolge des Wachstums im Mai/Juni so erheblich ab, daß ab Juli erntereifes Gemüse praktisch kein Cäsium-137 (weniger als 5 Bq/kg) enthielt (s. Tabelle 2). In Obst wurden demgegenüber meßbare Cäsium-137-Werte gefunden. Diese Werte streuen je nach Standort der Bäume und Büsche erheblich, jedoch ist

Radionuklid	Aufnahme im Darm (intestinale Absorption)	Dosisfaktor (Sv/Bq)	
		Erwachsene	Kind, 1 Jahr
natürlich radioaktive Isotope			
Kalium-40	1	$5,0 \cdot 10^{-9}$	$3,9 \cdot 10^{-8}$
Radon-226	0,2	$3,6 \cdot 10^{-7}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$
Thorium-232	0,0002	$7,4 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Uran-238	0,002	$6,4 \cdot 10^{-9}$	$4,2 \cdot 10^{-8}$
künstlich radioaktive Isotope			
Strontium-90	0,3	$3,5 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
Ruthenium-103	0,05	$8,2 \cdot 10^{-10}$	$3,5 \cdot 10^{-9}$
Jod-131	1	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$
Cäsium-134	1	$2,0 \cdot 10^{-8}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$
Cäsium-137	1	$1,4 \cdot 10^{-8}$	$9,3 \cdot 10^{-9}$
Plutonium-239	0,0001	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$3,6 \cdot 10^{-7}$

im allgemeinen die Aktivität in Beerenobst größer als in Kernobst. Verglichen mit den für Bayern und das südliche Baden-Württemberg gemessenen Werten sind die Cäsium-137-Aktivitätskonzentrationen im Rhein/Main-Gebiet, die immer unter 100 Bq/kg lagen (Tabelle 2), allerdings erheblich niedriger. Wahrscheinlich wurden beim Obst die radioaktiven Spaltprodukte bereits während der Blütezeit aus der Luft in Blätter und Blüten aufgenommen und dann in die Früchte eingelagert. Dem entsprechen auch die Cäsium-137-Aktivitätskonzentrationen von 12 bis 22 Bq/kg in Honig, der im Juli 1986 in Hessen geerntet wurde.

Eine interessante Sonderstellung nehmen Pilze ein, weil sie Radioaktivität durch ihr großes Bodengeflecht aufnehmen können. Auch für Pilze sind aus Süddeutschland zum Teil Aktivitätswerte über 1000 Bq/kg berichtet worden. Bei im Rhein/Main-Gebiet gesammelten Pilzen war mit Ausnahme der Maronen die Aktivitätskonzentration von Cäsium-134 und Cäsium-137 zusammen deutlich unter 100 Bq/kg (s. Tabelle S. 12). Für Maronen ergaben sich Werte über 200 Bq/kg. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß diese Pilzsorte nach dem Jahresbericht 1983 des BMI („Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“) auch im Jahre 1983 im Mittel 170 Bq/kg Cäsium-137 enthielt. Die jetzt gemessenen Werte zeigen ein gegenüber anderen aktuellen Proben geringeres Verhältnis von Cäsium-134 zu Cäsium-137, was auf das Vorhandensein von älterem Cäsium-137 aus den Kernwaffenversuchen von 1962 schließen läßt.

Langfristig kommt der Aufnahme von Cäsium-137 über die Wurzeln größere Bedeutung zu. Dabei kann es wegen der

Tabelle 1 zeigt die Werte der (fraktionellen) intestinalen Absorption (f_i) nach der ICRP-Publikation 30 und Dosisfaktoren der 50-Jahre-Folgedosis (effektive Äquivalentdosis) für ausgewählte Isotope.

Tabelle 2 zeigt die von uns im Juli 1986 gemessenen Cäsium-137-Aktivitätskonzentrationen in verschiedenen Lebensmitteln im Rhein/Main-Gebiet.

Lebensmittel	Cäsium-137-Aktivität (Bq/kg)
Gemüse:	
Kartoffeln	
Zwiebel	
Gurken	
Zucchini	
Tomaten	
Kohlrabi	< 5
Rettich	
Radieschen	
Karotten	
Kopfsalat	
Bohnen	
Erbsen	
Obst:	
Stachelbeeren	8 - 34
Himbeeren	10 - 12
Waldhimbeeren	33
Brombeeren	13
Erdbeeren	< 5
Johannisbeeren	< 5 - 73
Süßkirschen	11 - 49
Sauerkirschen	15 - 23
Aprikosen	15
Äpfel	11
Birnen	5
Fleisch:	
Rindfleisch	11
Schweinefleisch	5
Schafffleisch	17
Rehfleisch	50
Fisch:	
	25
Sonstiges:	
Honig	12 - 22
Pilze	< 5 - 270

Radioaktivität in Pilzen

(Cäsium-134 und Cäsium-137 in Bq/kg)

Mischpilze (Odenwald)	9
Mischpilze (Seligenstadt)	37
Mischpilze (Taunus)	37
Sommersteinpilz	53
Riesensporling	< 5
Ziegenlippe	60
Täublinge	< 5
Flockenstieliger Hexenröhrling	31
Perlpilz	21
Maronenröhrling	240-270

geringen Migrationsgeschwindigkeit von Cäsium im Boden sehr lange dauern, bis in tief wurzelnden Pflanzen, wie z. B. Weinreben, Cäsium-137 nachweisbar ist. Der Bruchteil des Cäsiums, der aus dem Boden in die Pflanzen aufgenommen wird, der sogenannte Transferfaktor Boden → Pflanze, ist mit durchschnittlich 5 % relativ gering. Deshalb ist auch in den kommenden Jahren nur mit geringen Cäsium-137-Aktivitätskonzentrationen in pflanzlicher Nahrung zu rechnen.

Messung der Cäsium-137-Aktivität im Menschen

Messungen der Radioaktivität von Lebensmitteln werden jetzt an vielen Stellen der Bundesrepublik Deutschland in großer Zahl durchgeführt. Dennoch ist es wegen der regional sehr unterschiedlichen Werte und der Verbreitung dieser Lebensmittel über größere oder auch nur sehr begrenzte Gebiete nicht möglich, im Individualfall aus diesen Werten eine Bilanz der Cäsium-137-Aufnahme aufzustellen. Die tatsächliche Strahlenexposition ist auch für dieses Nuklid nur aus dem gemessenen Aktivitätsverlauf im Körper des Menschen zu ermitteln. Tatsächlich läßt sich die Aktivität der im Menschen vorhandenen Radionuklide Cäsium-134 und Cäsium-137, aber auch von Jod-131 und Ruthenium-103, durch Messung im Ganzkörperzähler bestimmen. Dabei handelt es sich um ein nicht-invasives Untersuchungsverfahren, ein Eingriff in den Körper ist also nicht erforderlich. In speziell abgeschirmten Räumen mit sehr niedrigem Strahlenpegel wird lediglich die Gammastrahlung mit hochempfindlichen Detektoren gemessen, die bei der radioaktiven Umwandlung dieser Radionuklide im Körper des Menschen emittiert wird und zum größten Teil aus dem Körper austritt.

In Abbildung 3 ist das Anfang September 1986 mit dem Ganzkörperzähler

gemessene Gammastrahlenspektrum eines Mannes dargestellt. Die Gammastrahlenlinien von Cäsium-134, Cäsium-137 und vom natürlichen Kalium-40 sind als sogenannte „Peaks“ zu erkennen. Im unteren Teil ist das komplexe Spektrum in die Anteile der drei genannten Radioisotope aufgeteilt, wobei sich folgende Aktivitätswerte im Gesamtkörper ergeben:

Cäsium-134:	210 Bq
Cäsium-137:	530 Bq
Kalium-40 (natürlich):	4520 Bq.

Die Werte für die beiden Cäsiumisotope liegen im oberen Bereich eines Referenzkollektivs von gesunden Personen aus dem Rhein/Main-Gebiet. Der Verlauf der Cäsium-137-Aktivität im Gesamtkörper bei dieser Gruppe von 22 Personen ist in Abbildung 4 dargestellt. In der Zeit von Januar bis April lagen die gemessenen Cäsium-137-Aktivitäten überwiegend im Bereich der Nachweisgrenze von etwa 30 Bq Gesamtkörperaktivität, eine merkliche Zunahme wird erst ab Anfang Juni 1986 beobachtet. Danach ergibt sich allerdings ein immer größerer Streubereich, der Anfang September Cäsium-137-Aktivitätswerte im Körper von 80 bis 600 Bq einschließt. Für die Monate Juni, Juli und August bewegt sich die durchschnittliche Aufnahme von Cäsium-137 zwischen 0,5 Bq und 5 Bq Cäsium-137 pro Tag. Dieses weite Auseinanderstreben der Aktivitätswerte muß auf unterschiedliche Ernährungsgewohnheiten zurückgeführt werden. Eine genaue Analyse, welche Nahrungsmittel in besonderem Maße bei diesen Personen dazu beigetragen haben, steht noch aus.

Die in Abbildung 4 dargestellten Meßwerte betreffen ein Kollektiv von gesunden Personen, die sich seit April 1986 nahezu ausschließlich im Rhein/Main-Gebiet aufgehalten haben, aber unterschiedliche Lebensgewohnheiten aufweisen. Sie können daher als Referenzgruppe für die allgemeine Bevölkerung in diesem Gebiet angesehen werden. Weitere Untersuchungen aus anderen Teilen Hessens, der Bundesrepublik Deutschland bzw. den angrenzenden Ländern sind notwendig, um ein vollständiges Bild über die Aufnahme von Spaltprodukten aus Tschernobyl in den Menschen zu gewinnen. Solche Messungen werden bereits an anderen Ganzkörperzählern durchgeführt.

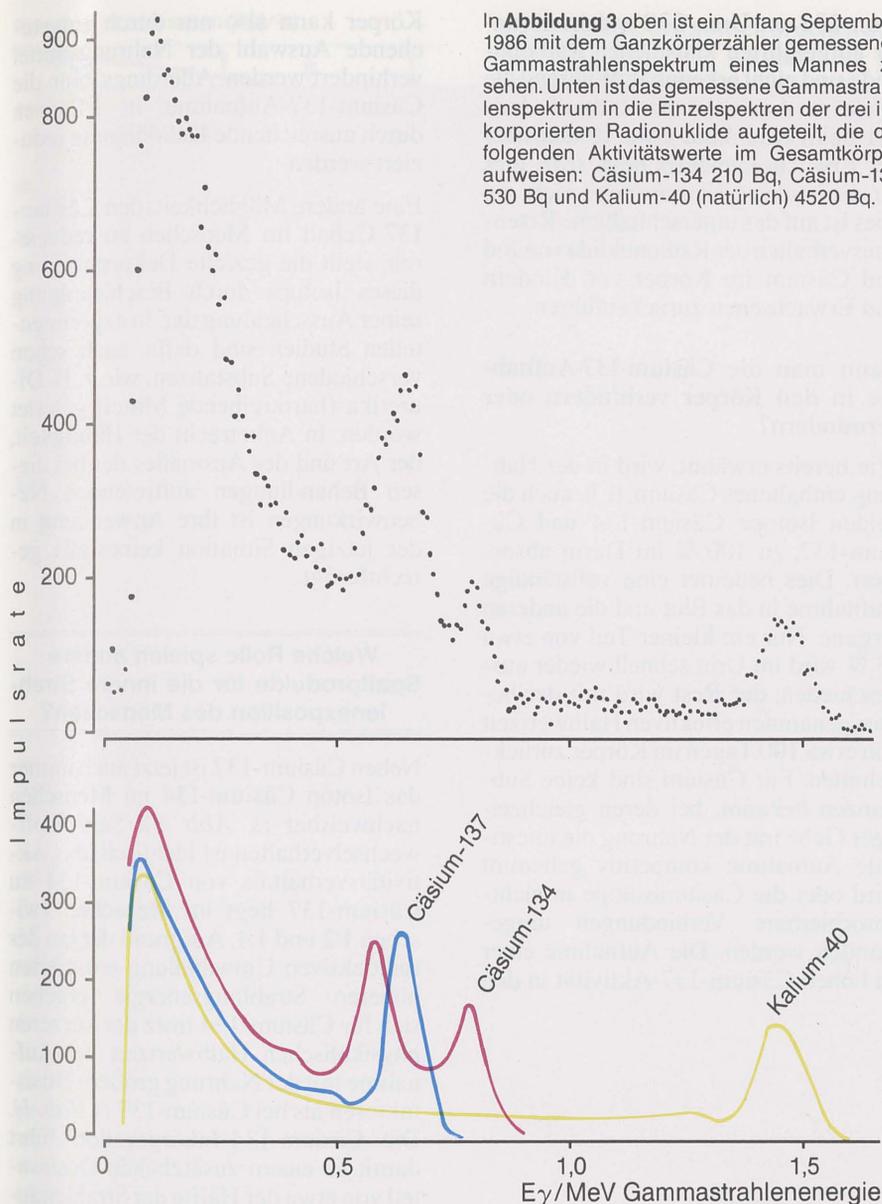
Verteilung und Stoffwechsel von Cäsium-137 im Menschen

Wird ein Stoff, in diesem Fall ein Element, in den menschlichen Körper aufgenommen, so wird davon im Laufe der Zeit ein immer größerer Teil ausgeschieden. Der verbliebene Rest im Körper läßt sich durch eine Retentionsfunktion angeben, die häufig durch eine Exponentialfunktion dargestellt werden kann. In diesem Fall kann die Zeit, nach der jeweils noch die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Substanz im Körper verblieben ist, in einfacher Weise ermittelt werden. Sie wird als „biologische Halbwertszeit“ T_{biol} der betreffenden Substanz im Körper bezeichnet (vgl. die schematische Darstellung der verschiedenen, häufig zitierten Halbwertszeiten in Abbildung 5). Die Abnahme der Menge eines Radionuklids durch die naturgegebene konstante Umwandlung in eine andere Substanz wird durch die „physikalische Halbwertszeit“ T_{phys} des betreffenden Radionuklids gekennzeichnet. Bringt man nun ein Radionuklid einmalig in den menschlichen Körper, so wird die Aktivitätsabnahme durch eine Überlagerung von physikalischer Umwandlung und biologisch bedingter Ausscheidung bestimmt und durch die „effektive Halbwertszeit“ für einmalige Aufnahme $T_{\text{eff, einmal}}$ charakterisiert. Kommt es dagegen zu einer Daueraufnahme des Radionuklids mit der Nahrung wie in der jetzt gegebenen Situation nach Tschernobyl, so kann das Verhalten des Radionuklids im Körper nach Überschreiten des Maximalwertes durch eine weitere effektive Halbwertszeit bei Daueraufnahme $T_{\text{eff, Dauer}}$ bestimmt werden.

Über die Verteilung und das Verhalten von Cäsium-137 im Körper des Menschen sind nach den großen Kernwaffenversuchen viele Publikationen erschienen. Sie zeigen unter anderem, daß sich Cäsium im Körper des Menschen fast so wie der lebenswichtige Mineralstoff Kalium verhält: Beides sind Alkalimetalle, die im Organismus in der Form von einwertigen Kationen vorliegen. Kalium und Cäsium werden vorwiegend im Intrazellularraum angereichert, wobei die höchsten Konzentrationen in den inneren Organen und der Muskulatur auftreten.

Im Gegensatz zur Verteilung im Körper ergeben sich für das zeitliche Verhalten von Kalium und Cäsium im Körper deutliche Unterschiede. Einmal verab-

In **Abbildung 3** oben ist ein Anfang September 1986 mit dem Ganzkörperzähler gemessenes Gammastrahlenspektrum eines Mannes zu sehen. Unten ist das gemessene Gammastrahlenspektrum in die Einzelspektren der drei inkorporierten Radionuklide aufgeteilt, die die folgenden Aktivitätswerte im Gesamtkörper aufweisen: Cäsium-134 210 Bq, Cäsium-137 530 Bq und Kalium-40 (natürlich) 4520 Bq.



meinbevölkerung nach der Strahlenschutzverordnung maximal zulässige zusätzliche Strahlendosis beim Normalbetrieb von kerntechnischen Anlagen beträgt $H = 0,3 \text{ mSv/a}$ ($= 30 \text{ mrem}$ pro Jahr). Sie wird erreicht, wenn über das ganze Jahr 10 000 Bq Cäsium-137 dauernd im Körper enthalten sind oder wenn 27 000 Bq Cäsium-137 einmalig aufgenommen werden. Demgegenüber rufen die höchsten bisher gemessenen Cäsium-137-Inkorporationen im Rhein/Main-Gebiet von 600 Bq allenfalls eine Strahlenexposition von wenigen Millirem pro Jahr hervor. Bei Personen in Bayern, dem südlichen Baden-Württemberg, der Schweiz und Österreich sind zum Teil höhere Cäsium-137-Inkorporationen festgestellt worden. Allerdings ist die dadurch bedingte Strahlenexposition immer noch gering im Vergleich zu der durch natürlich radioaktive Substanzen bedingten inneren Strahlenbelastung.

Für eine Beurteilung der durch Cäsium-137 und Cäsium-134 bedingten inneren Strahlenexposition kann auch die vom natürlichen Kalium hervorgerufene Strahlendosis herangezogen werden, da sich ja, wie oben gezeigt, beide Minerale gleichartig im Körper verteilen. Im natürlichen Kalium ist überall auf der Erde das radioaktive Isotop Kalium-40 mit einem Anteil von 0,012 % enthalten. Dieses Isotop wandelt sich mit einer physikalischen Halbwertszeit von 1,4 Milliarden Jahren entweder in Argon-40 oder Kalzium-40 um. 1 g Kalium enthält 28 Bq Kalium-40.

Ein gesunder junger Mann weist einen Kaliumgehalt von durchschnittlich 160 g auf, dies entspricht 4500 Bq Kalium-40. Bei Frauen liegt der Kaliumgehalt etwa 40 % darunter. Nur bei 11 % der Umwandlungen des Kalium-40 wird ein Gammaquant emittiert. Dennoch „strahlt“ der junge Mann in jeder Minute etwa 30 000 Gammaquanten in die Umgebung ab. Dieser Kaliumgehalt bedingt eine Strahlenexposition von etwa $0,2 \text{ mSv/a}$ ($= 20 \text{ mrem}$ pro Jahr) beim Mann. Die durch inkorporiertes Kalium-40 verursachte Strahlendosis pro Becquerel liegt aufgrund der Strahlungseigenschaften etwa 40 % höher als die vom Cäsium-137 verursachte. Die Strahlendosis, die aus den bis jetzt gemessenen Cäsium-137-Aktivitätswerten in den Referenzpersonen folgt, ist also geringer als der Unterschied in der natürlichen inneren Strahlenbelastung von Mann und Frau. Auch kann der Ka-

reiches Kalium tauscht sich mit dem gesamten, im Körper vorhandenen Kalium innerhalb von 2 Tagen vollständig aus. Seine biologische Halbwertszeit beträgt etwa 40 Tage. Cäsium hat hingegen eine biologische Halbwertszeit von 120 Tagen. Für Cäsium-137 beträgt die physikalische Halbwertszeit 30 Jahre, so daß die effektive Halbwertszeit bei einmaliger Aufnahme von Cäsium-137 in den Körper etwa 100 Tage beträgt. Als effektive Halbwertszeit bei dauernder Aufnahme von Cäsium-137 wurde nach der Beendigung der großen oberirdischen Serien von Kernwaffen-Testexplosionen im Jahre 1962 die Zeit von etwa ein bis zwei Jahren bestimmt (s. FORSCHUNG FRANKFURT 1/2-1986). Es kann davon ausgegangen werden, daß das Radionuklid Cäsium-

137 nach Überschreiten des Maximums ab etwa 1987 mit dieser Halbwertszeit wieder aus der Biosphäre und dem Menschen verschwindet.

Strahlenexposition durch Cäsium-137 im Vergleich zu natürlichem Kalium-40 und anderen Radionukliden

Eine genaue Berechnung der durch Cäsium-137-Aufnahme in den Menschen bedingten Strahlenexposition ist noch nicht möglich, da der weitere Verlauf der Cäsium-137-Aktivität im Körper nicht exakt vorhergesagt werden kann. Damit lassen sich auch die kumulierten Aktivitätswerte nicht ermitteln, die für die Dosisbestimmung erforderlich sind. Dennoch kann eine Abschätzung vorgenommen werden. Die für die Allge-

lium-40-Gehalt bei einem Leistungssportler bis zu doppelt so hoch sein wie bei einem völlig Untrainierten. Eine Änderung des Gesamtkörper-Kaliums um 10 %, die eine gleiche Strahlendosis wie die Dauerinkorporation von 600 Bq Cäsium-137 hervorruft, ist bereits durch leichtes Training zu erzielen.

Um aus einer aufgenommenen Aktivitätsmenge die sich daraus ergebende Strahlenbelastung des ganzen Körpers in den folgenden 50 Jahren bestimmen zu können, hat man sogenannte Dosisfaktoren berechnet, die von Radionuklid zu Radionuklid verschieden sind. Sie berücksichtigen die unterschiedlichen Arten der Aufnahme der Aktivität in den Körper, die verschiedenen Strahlungseigenschaften der Radionuklide und die entsprechende Retention im Menschen. In Tabelle 1 sind die Dosisfaktoren der effektiven Äquivalentdosis für einige Radionuklide bei einer Zufuhr von 1 Bq des betreffenden Nuklids mit der Nahrung angegeben. Die Aufnahme der Nuklide im Darm-Trakt schwankt zwischen 100 %iger Aufnahme ($f_1 = 1$) bei Kalium-40, Jod-131, Cäsium-134 und -137 und 0,01 %iger ($f_1 = 0,0001$) im Fall von Plutonium-239.

Gravierende Unterschiede in den Dosisfaktoren der natürlich radioaktiven Isotope Kalium-40, Radium-226, Tho-

rium-232 und Uran-238 und der darunter aufgeführten künstlichen Radionuklide sind nicht erkennbar. Während die effektive Äquivalentdosis durch Jod-131 beim Kleinkind etwa 10fach über der Erwachsenendosis liegt, trifft dies für die beiden Cäsiumisotope nicht zu. Dies ist auf das unterschiedliche Retentionsverhalten der Radionuklide von Jod und Cäsium im Körper von Kindern und Erwachsenen zurückzuführen.

Kann man die Cäsium-137-Aufnahme in den Körper verhindern oder vermindern?

Wie bereits erwähnt, wird in der Nahrung enthaltenes Cäsium, d. h. auch die beiden Isotope Cäsium-134 und Cäsium-137, zu 100 % im Darm absorbiert. Dies bedeutet eine vollständige Aufnahme in das Blut und die anderen Organe. Nur ein kleiner Teil von etwa 13 % wird im Urin schnell wieder ausgeschieden, der Rest wird mit der bereits genannten effektiven Halbwertzeit von etwa 100 Tagen im Körper zurückgehalten. Für Cäsium sind keine Substanzen bekannt, bei deren gleichzeitiger Gabe mit der Nahrung die intestinale Aufnahme kompetitiv gehemmt wird oder die Cäsiumisotope in nicht-absorbierbare Verbindungen umgewandelt werden. Die Aufnahme einer zu hohen Cäsium-137-Aktivität in den

Körper kann also nur durch entsprechende Auswahl der Nahrungsmittel verhindert werden. Allerdings kann die Cäsium-137-Aufnahme in Pflanzen durch ausreichende Kalidüngung reduziert werden.

Eine andere Möglichkeit, den Cäsium-137-Gehalt im Menschen zu reduzieren, stellt die gezielte Dekorporierung dieses Isotops durch Beschleunigung seiner Ausscheidung dar. In experimentellen Studien sind dafür auch schon verschiedene Substanzen, wie z. B. Diuretika (harntreibende Mittel) getestet worden. In Anbetracht der Häufigkeit, der Art und des Ausmaßes der bei diesen Behandlungen auftretenden Nebenwirkungen ist ihre Anwendung in der jetzigen Situation keinesfalls gerechtfertigt.

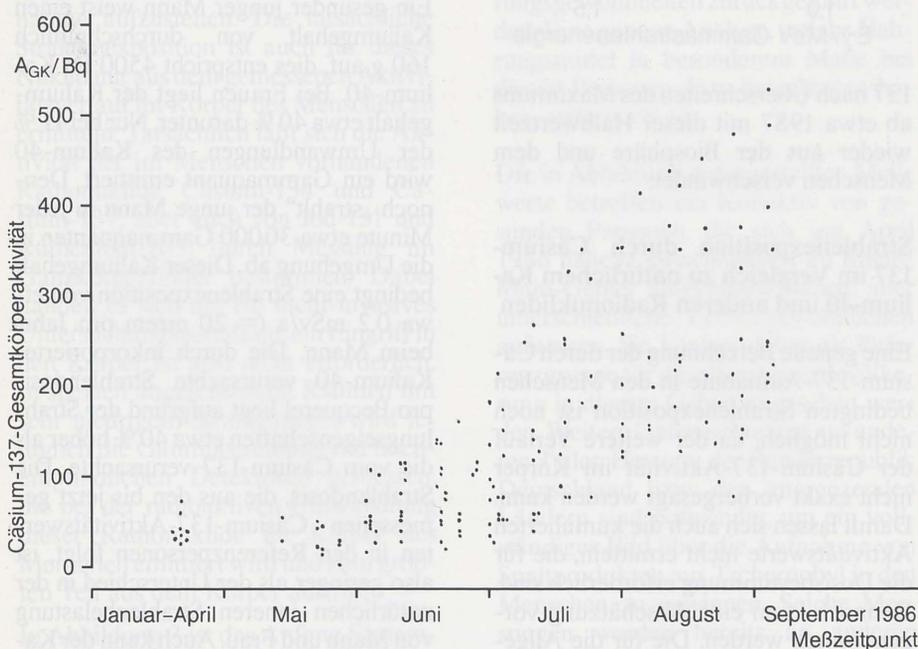
Welche Rolle spielen andere Spaltprodukte für die innere Strahlenexposition des Menschen?

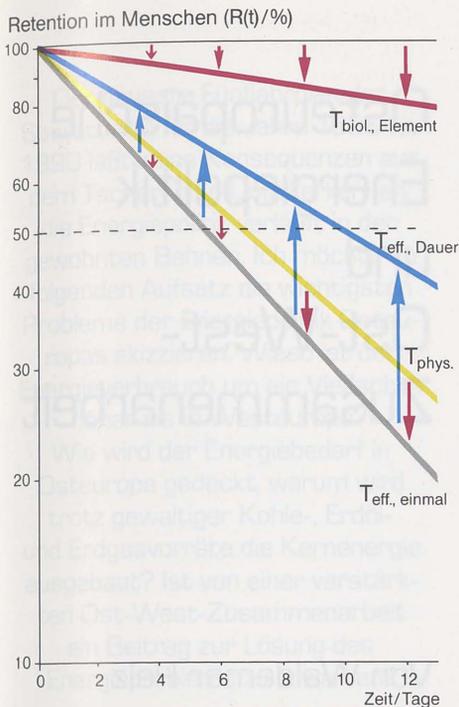
Neben Cäsium-137 ist jetzt auch immer das Isotop Cäsium-134 im Menschen nachweisbar (s. Abb. 3). Sein Stoffwechselverhalten ist identisch, das Aktivitätsverhältnis von Cäsium-134 zu Cäsium-137 liegt im Menschen zwischen 1:2 und 1:4. Aufgrund der bei der radioaktiven Umwandlung emittierten höheren Strahlungsenergie ergeben sich für Cäsium-134 trotz der kürzeren physikalischen Halbwertzeit bei Aufnahme mit der Nahrung größere Dosisfaktoren als bei Cäsium-137 (s. Tab. 1). Die Cäsium-134-Inkorporation führt damit zu einem zusätzlichen Dosisanteil von etwa der Hälfte der Strahlendosis durch Cäsium-137.

Eine Inkorporation des Ruthenium-103 (physikalische Halbwertzeit 39 Tage) konnte eindeutig nur bei Personen nachgewiesen werden, die sich zur Zeit des Störfalles in Staaten des Ostblocks aufgehalten haben. Bei Personen in Hessen wurde es praktisch nicht gefunden. Darüberhinaus sind die Dosisfaktoren so niedrig, daß sein Anteil an der zusätzlichen inneren Strahlenexposition durch Spaltprodukte vernachlässigbar ist.

Ein anderes langlebiges Radionuklid, das in die Nahrungskette eindringt, ist Strontium-90 mit einer physikalischen Halbwertzeit von 29 Jahren. Es war im Fallout von Kernwaffenversuchen im 1960 mit erheblichem Anteil enthalten. Bei Messungen der im Mai auf dem Bo-

Abbildung 4 zeigt die Meßwerte der Cäsium-137-Gesamtkörperaktivität bei einem Kollektiv von 22 gesunden Personen in der Zeit von April bis September 1986.





In **Abbildung 5** sind die Begriffe der verschiedenen Halbwertszeiten der Retention eines Elements bzw. Radionuklids im Körper des Menschen schematisch dargestellt.

den abgeschiedenen Aktivität ergab sich das Verhältnis Strontium-90:Cäsium-137 zu 1:100, d. h. im Vergleich zum Cäsium-137 ist nur wenig Strontium-90-Aktivität bis in die Bundesrepublik Deutschland gelangt. Strontium ist ein Erdalkalimetall, das sich bei Inkorporation in hohem Maße im Skelett anreichert. Seine Inkorporation im Menschen ist nur indirekt über Ausscheidungsmessungen im Urin zu ermitteln, da bei seiner Umwandlung in Yttrium-90 und anschließend in das stabile Zirkon-90 keine Gammastrahlung emittiert wird. Solange keine wesentliche Anreicherung von Strontium-90 gegenüber Cäsium-137 in der Nahrung stattfindet, ist der durch dieses Isotop hervorgerufene Anteil an der zusätzlichen inneren Strahlenbelastung durch Spaltprodukte aus Tschernobyl gering.

Im Gegensatz zum Cäsium ist die intestinale Strontiumaufnahme beim Menschen in gewissen Grenzen zu beeinflussen, da eine kompetitive Hemmung des Transports von Kalzium und Strontium durch die Darmwand in das Blut besteht. Durch ein vermehrtes Angebot von Kalzium in der Nahrung könnte die Strontiumaufnahme reduziert werden. Leider ist Nahrungskalzium überwiegend in Milch und Milchprodukten ent-

halten, d. h. Lebensmittel, in denen auch Strontium-90 sowie Cäsium-134 und Cäsium-137 vermehrt gefunden werden. Eine Verminderung der Strontium-90-Aufnahme in den Menschen durch Verwendung kalziumreicher Nahrungsmittel scheint deshalb nicht möglich, sondern das Kalzium müßte den Speisen als Salz in Form von Tabletten oder Pulver zugesetzt werden. In Hinblick auf Nebenwirkungen und nachteilige Folgen einer zu kalziumreichen Ernährung ist die Verwendung solcher Kalziumsalze bei der vorliegenden Situation nicht gerechtfertigt.

Besondere Aufmerksamkeit in den Medien ist der Meldung zuteil geworden, daß im Fallout von Tschernobyl auch Plutonium nachgewiesen wurde. Das Isotop **Plutonium-239** führt bei Inhalation zu einer im Vergleich zu anderen Radioisotopen hohen effektiven Äquivalentdosis, d. h. es stellt eine sehr radiotoxische Substanz dar. Die im Fallout gefundene Plutonium-239-Aktivität war jedoch mit etwa 1/500000stel der Cäsium-137-Aktivität so gering, daß inhaledes Plutonium nicht nennenswert zur inneren Strahlenexposition beigetragen hat. Die Aufnahme von Plutonium-239 mit der Nahrung kann völlig vernachlässigt werden, da sich für die Ingestion dieses Isotops nur eine minimale effektive Äquivalentdosis ergibt. Dies beruht auf der geringen intestinalen Absorption von Plutonium im Darm und den deshalb mit anderen Spaltprodukten vergleichbaren Dosisfaktoren.

Von den anderen im Fallout enthaltenen Radioisotopen ist die große Zahl der kurzlebigen Nuklide inzwischen vollständig abgeklungen, so daß sie auch nicht mehr in die Nahrungskette eindringen können. Von den bisher noch nicht erwähnten längerlebigen Radionukliden wie z. B. Ruthenium-106 (physikalische Halbwertszeit 1 Jahr), Strontium-89 (HWZ 50 Tage), Cäsium-136 (HWZ 13 Tage) und Barium-140 (HWZ 13 Tage) geht ebenfalls keine Gefahr aus, da sie entweder im Fallout nur mit sehr geringem Anteil vorhanden waren oder nicht in die Nahrungskette eindringen.

Gibt es Langzeitfolgen für unsere Ernährung?

In diesem Beitrag wird nur die durch die Aufnahme von Spaltprodukten mit der Nahrung bedingte Zunahme der inter-

nen Strahlenexposition betrachtet. Die anderen Komponenten, die zu der gesamten durch den Störfall in Tschernobyl erhöhten Strahlenbelastung beitragen, sind bereits in dem Artikel in Forschung Frankfurt, Heft 1/2-1986, ausführlich dargestellt. Wesentliche neue Informationen sind nicht hinzugekommen.

Die vorliegenden Messungen und Berechnungen der inneren Strahlenbelastung zeigen, daß durch die Aufnahme von Cäsium-137 in den Körper für Personen im Rhein/Main-Gebiet mit einer Erhöhung der effektiven Äquivalentdosis um 10 bis 100 $\mu\text{Sv} = 1$ bis 10 mrem im ersten Jahr nach Tschernobyl zu rechnen ist. Alle anderen Spaltprodukte zusammen erbringen noch einmal etwa den gleichen Betrag, wobei zwischen Erwachsenen und Kleinkindern nur hinsichtlich des Jod-131-Anteils ein Unterschied besteht. In den folgenden 50 Jahren wird insgesamt noch einmal die gleiche Dosis akkumuliert.

Eine Bewertung dieser Dosiswerte zeigt, daß die durch Spaltprodukte aus Tschernobyl zusätzlich hervorgerufene innere Strahlenexposition von Menschen in Hessen noch innerhalb des Schwankungsbereichs der durch inkorporierte natürlich radioaktive Isotope hervorgerufenen effektiven Äquivalentdosis liegt. Deshalb sind in der gegebenen Situation keine Maßnahmen hinsichtlich einer Beschränkung des Lebensmittelverbrauchs erforderlich. Allerdings erscheinen weitere Stichprobenuntersuchungen an Lebensmitteln und Personen zur Überprüfung der aktuellen Situation angezeigt.

In der Ernährung jetzt weitgehend auf Frischprodukte zu verzichten, ist nicht sinnvoll. Personen, die weder Milch noch Obst zu sich nehmen, können eher einen Vitaminmangel erleiden als andere, die eine normale Mischkost essen. Für die Vorbeugung vor Krebserkrankungen im Magen-Darm-Trakt spielt eine ausreichend ballaststoffreiche Nahrung eine große Rolle. Man sollte deshalb den von der Ernährungswissenschaft erarbeiteten Richtlinien für eine gesunde Kost folgen, ohne große Abweichungen wegen vermuteter Kontaminationen mit Radionukliden vorzunehmen.

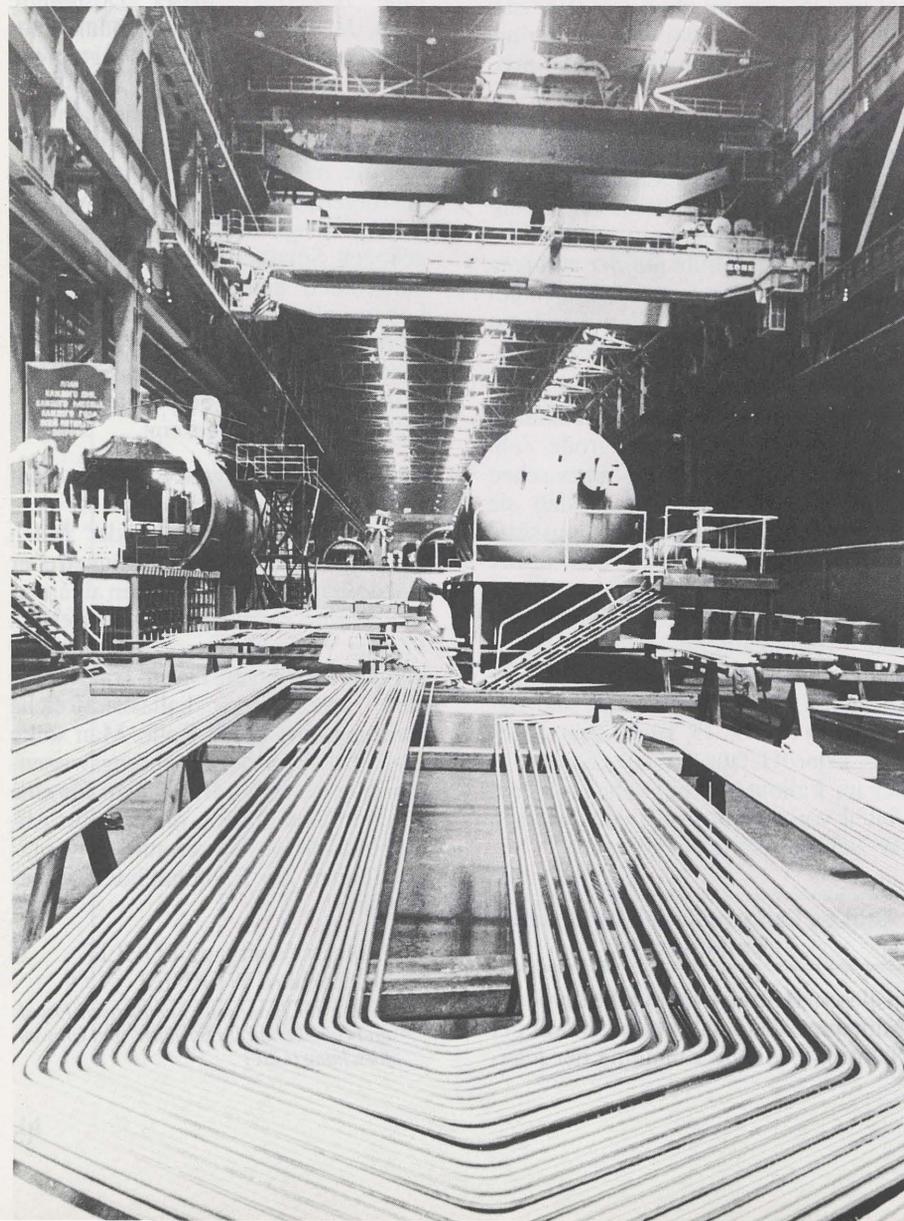
Prof. Dr. Wolfgang POHLIT
Dr. Eckhard WERNER

Institut für Biophysik, Fachbereich Physik,
und Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung (GSF)

Die Zukunft der Energiesysteme in Ost und West: Ansatzpunkte der Kooperation

Osteuropa gilt als kapitalarm und rohstoffreich. In Westeuropa ist das Gegenteil der Fall. Die Basis für eine Zusammenarbeit erscheint daher ideal. Ist aber eine solche Vorstellung angesichts weltweit begrenzter Ressourcen und des enormen Energiebedarfs noch angemessen? Ich meine ja. Auch wenn bereits heute verschiedene alternative Energiequellen sinnvoll erscheinen, dürfte das Hauptgewicht der Energieversorgung in absehbarer Zukunft bei den fossilen Energien liegen. Zwei Gründe sprechen dafür: Zum einen sind die Vorräte der Energierohstoffe wesentlich weniger begrenzt als bislang angenommen; zum anderen werden die derzeitigen Einsatzmöglichkeiten neuer Energiequellen oft weit überschätzt. Das zweite Argument stützt sich auf

folgende Tatsachen: Man muß bei jeder Energiequelle und Spartechnologie erst Energie einsetzen, damit diese über eine gewisse Zeitspanne Energie abgibt bzw. einspart. Beispielsweise sind im Falle eines Wind- oder Solarkraftwerks ca. 500 kg Stahl notwendig, um nur ein Kilowatt Leistung bereitzustellen. Dieser Stahl wie auch andere Materialien werden wiederum in sehr energieintensiven Prozessen produziert. Hinzu kommt, daß jede Energiequelle über eine ausgedehnte, mit Energieeinsatz erstellte Infrastruktur verfügt. Beim Erdöl erstreckt sich diese von der geologischen Landkarte über die Bohrinsel und Raffinerie bis zum Benzintank im Auto und Ölofen im Haushalt. Wird eine solche Infrastruktur vorzeitig aufgegeben, wobei gleichzeitig (unter Energieeinsatz) ein „Ersatz“ zu schaffen ist, kommt es zu einer gewaltigen Energieverschwendung. Aus diesem Grunde kann der Übergang auf neue Energiequellen nur



Osteuropäische Energiepolitik und Ost-West-Zusammenarbeit

Von Waldemar Pelz

sehr langsam erfolgen, falls Energie nicht sinnlos verbraucht werden soll.

Wie langsam der Übergang erfolgen kann und welche alternativen Quellen einen größeren Energieertrag als Energieeinsatz aufweisen, ist weitgehend ungeklärt. Vermutlich ist die wirtschaftliche Rentabilität der sinnvollste Indikator. Es scheint eine Entsprechung in der Weise zu geben, daß die wirtschaftliche Rentabilität auch auf ein günstiges Verhältnis von Energieeinsatz und -ertrag hindeutet. Deshalb sollte man die jeweils billigste Energiequelle nutzen, bis Alternativen rentabel bzw. konkurrenzfähig werden.

Diese Überlegungen bilden das erste Argument für gute Aussichten der Ost-West-Kooperation bei den fossilen Energien. Hinzu kommt das zweite Argument: Die Energieforschung der letzten Jahre macht zunehmend deutlich, daß die Angst vor einer zu schnellen Erschöpfung der Ressourcen unbegründet

Links ein Blick in das Werk „Atommasch“ in Wolgodonsk, das Kernkraftwerke „am Fließband“ produzieren soll. Der Plan, pro Jahr acht Druckwasser-Reaktoren mit je 1000 MW Leistung fertigzustellen, konnte noch nicht verwirklicht werden.

Das Foto auf Seite 17 zeigt den Bau der sowjetischen Erdgasleitung: das letzte Teilstück im Projekt Urengoi-Uzghorod wird zusammengesweißt.

* SKE = Steinkohleeinheiten (1 SKE = energetischer Inhalt einer Tonne Steinkohle = 4130 kWh)

Der neueste Fünfjahrplan der Sowjetunion für die Jahre 1986 bis 1990 läßt keine Konsequenzen aus dem Tschernobyl-Unfall erkennen: die Energiepolitik verläuft in den gewohnten Bahnen. Ich möchte im folgenden Aufsatz die wichtigsten Probleme der Energiepolitik Osteuropas skizzieren. Wieso ist der Energieverbrauch um ein Vielfaches höher als in Westeuropa?

Wie wird der Energiebedarf in Osteuropa gedeckt, warum wird trotz gewaltiger Kohle-, Erdöl- und Erdgasvorräte die Kernenergie ausgebaut? Ist von einer verstärkten Ost-West-Zusammenarbeit ein Beitrag zur Lösung des Energieproblems zu erwarten?

ist. Nach den Ergebnissen der Weltenergiekonferenzen in München und Neu Delhi sind die Vorräte wesentlich größer als vielfach angenommen. Ferner muß man sich von der Alltagsvorstellung freimachen, die Reserven an Energierohstoffen seien eine Art Vorrat wie etwa der Heizöltank für den Winter, der im nächsten Frühjahr leer ist, oder der Lebensmittel- und Geldvorrat für eine ungewisse Zukunft. Solche Denkwesen sind zwar naheliegend, auf eine Volkswirtschaft aber nicht übertragbar.

Nach allen Erfahrungen mit erschöpfbaren Rohstoffen kann man davon ausgehen, daß ein Rohstoff so lange genutzt wird, wie die Förderkosten niedriger sind als die Kosten eines „Ersatzstoffes“. Die Erschöpfung erfolgt allmählich, weil die Aufsuchung immer aufwendiger und die neuen Lagerstätten immer kleiner und weniger rentabel werden. Dieser Prozeß ist von Preissteigerungen begleitet und hält so lange an, bis die „Ersatzstoffe“ allmählich lohnender werden und eine größere Verbreitung finden. Wegen des technischen Fortschritts sind die neuen „Ersatzstoffe“ den alten weit überlegen, so daß das gut gemeinte „Aufsparen für künftige Generationen“ nur wenig Sinn ergibt. Trotzdem sind die zur Zeit bekannten Vorräte an Energierohstoffen gewaltig (siehe Graphik 5).

Bei den Vorräten ist zu berücksichtigen, daß die Erdöl- und Erdgasvorkommen



mit den Kohlevorkommen nicht vergleichbar sind. Während die Kohle meist an einer Stelle konzentriert ist, sind die beiden anderen Energieträger oft über viele tausend Quadratkilometer verstreut und können von der Erdoberfläche aus nicht nachgewiesen werden. Das bedeutet, daß die Erdöl- und Erdgasvorkommen um ein Vielfaches höher sein können als es die derzeitigen Schätzungen vermuten lassen. Allein in den letzten zehn Jahren wurden weltweit insgesamt rund 28 Milliarden Tonnen Erdöl neu entdeckt, und niemand weiß, wie lange diese Fündigkeit anhalten wird. Über den möglichen Erschöpfungszeitpunkt zu spekulieren, hat also gar keinen Sinn.

Die Höhe der Vorräte, die wirtschaftlichen Bedingungen der Erschöpfung und die Preisvorteile der fossilen Energien lassen den Schluß zu, daß die aussichtsreichen Möglichkeiten der Ost-West-Kooperation vorwiegend bei den traditionellen Energiequellen zu suchen sind. Darüber hinaus lassen die wachsenden Umweltprobleme in Ost und West eine Zusammenarbeit bei der Energieeinsparung bzw. rationellen Energieanwendung äußerst sinnvoll erscheinen.

Der Energieverbrauch in Osteuropa

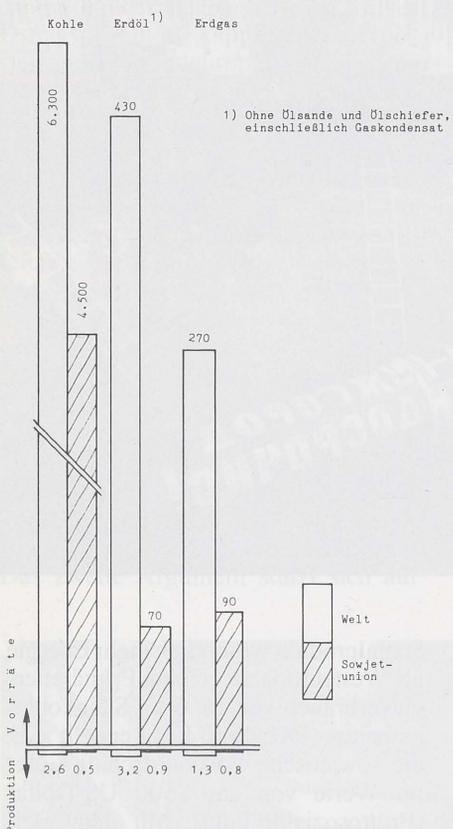
Wie man aus der Graphik 4 ersehen kann, verbrauchen die Sowjetunion und die übrigen RGW-Länder pro Einheit

Sozialprodukt wesentlich mehr Energie als Westeuropa. Bei einem Primärenergieverbrauch von ca. 6 kg Steinkohleinheiten (SKE)* pro Kopf erstellt z. B. die sowjetische Volkswirtschaft Güter im Werte von ca. 4500 US-Dollar (Bruttosozialprodukt). Mit dem gleichen Einsatz an Energie wird in der Bundesrepublik in etwa die drei- bis vierfache Leistung (Bruttosozialprodukt pro Kopf) erstellt. Das wirft die Frage auf, warum der Energiebedarf in Osteuropa so hoch ist.

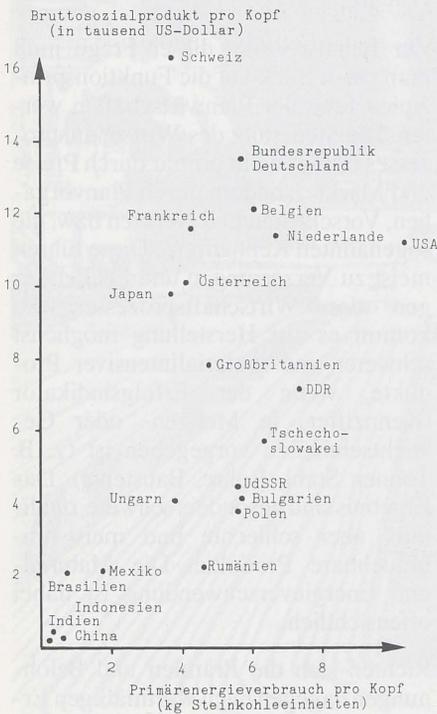
Zur Beantwortung dieser Frage muß man einen Blick auf die Funktionsprinzipien zentraler Planwirtschaften werfen. Die Steuerung des Wirtschaftsprozesses erfolgt nicht primär durch Preise und Märkte, sondern durch Planvorgaben, Vorschriften und Normen bzw. die sogenannten Kennziffern. Diese führen meist zu Verzerrungen und Fehlleitungen des Wirtschaftsprozesses. So kommt es zur Herstellung möglichst schwerer und materialintensiver Produkte, wenn der Erfolgsindikator (Kennziffer) in Mengen- oder Gewichtseinheiten vorgegeben ist (z. B. Tonnen Stahl, Rohre, Bausteine). Das Ergebnis sind besonders schwere, qualitativ aber schlechte und meist unbrauchbare Produkte. Die Material- und Energieverschwendung ist dabei offensichtlich.

Richten sich die Prämien und Belohnungen dagegen nach wertmäßigen Er-

1 Bekannte und vermutete Energievorräte und Energieproduktion im Jahre 1984 (in Milliarden Tonnen Steinkohleeinheiten)



2 Bruttosozialprodukt pro Kopf und Primärenergieverbrauch pro Kopf in ausgewählten Ländern



folgsindikatoren wie z. B. Umsatz, Gewinn, werden möglichst teure und wertvolle Produkte hergestellt. Das geht wiederum zu Lasten der Quantitäten. Es kommt zu Engpässen und Versorgungslücken. Ähnliche Probleme ergeben sich bei Planvorgaben in Form von Wachstumsraten. Die Betriebe weisen dann ein zu niedriges Leistungs-niveau aus, um ein kleineres, leicht erfüllbares Plansoll zu bekommen („weiche Pläne“). Gleichzeitig horten die Betriebe Material, Maschinen und Personal (ohne diese Produktionsfaktoren aber zu nutzen), um sich gegen alle Engpässe und Risiken der Planverfehlung abzusichern. Auch in solchen Fällen ist die Energie- und Materialverschwendung offensichtlich. Der Abnehmerbetrieb hat kaum Einfluß auf den Herstellerbetrieb, weil auch er unter der Kontrolle der zentralen Planbehörde steht. Diese kann in einer arbeitsteiligen und zunehmend komplizierten Wirtschaft die vielen Einzelheiten und zwischenbetrieblichen Prozesse gar nicht überwachen und kontrollieren. Eine „vernünftige“ Planung ist also gar nicht möglich. Deswegen bleiben auch die zahlreichen Programme zur Energieeinsparung ohne nennenswerten Erfolg. Die zentrale Planungsbürokratie ist überlastet und kann die unzähligen Vorschriften, Normen und Regelungen zur Energieeinsparung gar nicht rechtsverbindlich überwachen.

Die Koordinationsprobleme, Material- und Kapitalverluste sowie die Fehlsteuerungen des Wirtschaftsprozesses sind die wichtigste Ursache der Energieverschwendung. Aus diesem Grunde entfallen auf die Industrie etwa zwei Drittel des gesamten Energieverbrauchs, während die Haushalte ca. 22 Prozent und der Verkehrssektor nur 15 Prozent beanspruchen. Auf die westeuropäische Industrie entfallen zum Vergleich nur 38 Prozent des Energieverbrauchs. Den Hauptverbrauchsposten bilden im Westen dagegen die Haushalte mit etwa 41 Prozent (siehe Graphik 3). Neben den genannten Problemen der Unwirtschaftlichkeit der Systeme und der Wirkungslosigkeit von Sparprogrammen führt noch der sehr hohe Anteil der Schwerindustrie sowie der hohe Bestand veralteter, extrem energieintensiver Produktionsprozesse und Materialien zu dem übermäßigen Energiebedarf. Als Fazit können wir festhalten, daß die Verletzung des Ökonomie-Prinzips in der Regel zur Energieverschwendung führt.

Wie wird der Energiebedarf in Osteuropa gedeckt?

Der sowjetische Energieverbrauch hat in den zehn Jahren seit 1974 um 43 Prozent zugenommen. In Westeuropa und in den USA blieb er in dem genannten Zeitraum dagegen konstant. Auf die Sowjetunion entfällt inzwischen rund ein Fünftel des Weltenergiebedarfs. Trotz gewisser Einsparungserfolge ist nicht abzusehen, daß der Energieverbrauch bei wachsendem Sozialprodukt sinken könnte (wie es in Westeuropa und den USA der Fall war). Gedeckt wird dieser enorme Bedarf aus eigenen Quellen. Darüber hinaus kann die Sowjetunion rund 16 Prozent der Primärenergieproduktion exportieren. Dieses Exportvolumen entspricht dem gesamten Primärenergiebedarf der Bundesrepublik Deutschland.

Die kleineren osteuropäischen RGW-Länder stehen dagegen vor ähnlichen Problemen wie Westeuropa. Sie erreichen im Durchschnitt einen Selbstversorgungsgrad von 75 Prozent. Ihren Importbedarf deckt die Sowjetunion, und zwar zu einem Preis, der an den Weltmarktpreis gekoppelt ist. In den kleineren RGW-Ländern entstanden aufgrund der enormen Energieverteilung ähnliche Probleme wie auch in Westeuropa. Die daraus resultierende Verschuldung führte zu den bekannten Problemen, wie sie z. B. in Polen besonders deutlich zutage traten.

Die Sowjetunion deckt ihren inländischen Bedarf zum größten Teil durch Erdöl, nämlich zu 34 Prozent. An zweiter Stelle kommt das Erdgas mit 33 Prozent, gefolgt von der Kohle mit 27 Prozent. Die Wasserkraft deckt 4 Prozent des Primärenergiebedarfs und die Kernenergie kommt auf nur 2 Prozent.

Die weitere Entwicklung der Bedarfsdeckung dürfte in erheblichem Maße von der wirtschaftlichen und geologischen Verfügbarkeit der Ressourcen abhängig sein. Diese sind gewaltig: Die Sowjetunion verfügt über die größten Kohle-, Gas- und vermutlich auch Ölvorkommen der Welt (siehe Graphik 5). Die Vorräte stellen jedenfalls in absehbarer Zukunft keine Begrenzung für die Produktionsmöglichkeiten dar. Die UdSSR ist zur Zeit vor Saudi-Arabien der größte Erdöl- und Erdgasproduzent und nach den USA und China der drittgrößte Kohleproduzent der Welt. Problematisch ist allerdings die Tatsache,

3 Endenergieverbrauch in Ost und West nach volkswirtschaftlichen Sektoren (Millionen Tonnen Rohöleinheiten)



daß bis zu 80 Prozent der sowjetischen Erdgas-, Kohle- und Ölförderung inzwischen aus den unwegsamen Gebieten Sibiriens stammen (siehe Graphik 2). Das erfordert ein Höchstmaß an Kapital-, Technologie- und Energieeinsatz. Die Folge ist, daß die Energiewirtschaft inzwischen fast ein Fünftel aller volkswirtschaftlichen Investitionsaufwendungen verschlingt.

Aufgrund des gewaltigen Exportvolumens konnte die Sowjetunion beträchtliche Deviseneinnahmen erzielen, die erheblich zur Senkung des volkswirtschaftlichen Aufwandes beigetragen haben. Über die Hälfte der sowjetischen Exporterlöse stammt inzwischen aus Energieträger-Exporten (vor allem Erdöl). Bei sinkenden Weltmarktpreisen wird es für die Sowjetunion immer schwieriger, die notwendigen Mittel für die Energieproduktion aufzubringen. Diese Entwicklung in Verbindung mit der zunehmenden Verteuerung (wegen der Verlagerung der Förderung in den asiatischen Landesteil) läßt die Kernenergie als idealen Ausweg erscheinen.

Die Rolle der Kernenergie

Die Verteuerung der fossilen Energieträger ist nur ein Grund für den geplanten Ausbau der Kernenergie. Sowjetische Ingenieure wurden von einem Journalisten einmal gefragt, warum die UdSSR die Kernenergie ausbaue, wenn doch das Land über die größten Vorkommen fossiler Energieträger der Welt verfüge. Die Antwort war einfach und trifft den Kern des Problems: „Die Amerikaner verfügen ebenfalls über große Kohlereserven und bauen trotzdem die Kernenergie aus“. In dieser Aussage kommen mehrere Aspekte

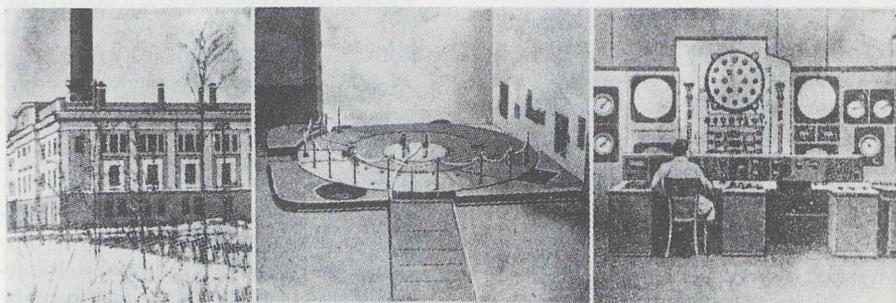
zum Ausdruck. In einem relativ rückständigen Land spielt die Industrialisierung eine wesentlich größere Rolle als in einem hochentwickelten Land. Das Sozialprodukt ist nicht nur ein Indikator für Fortschritt und Wohlstand, sondern zugleich in Geldeinheiten ausgedrückte Macht des jeweiligen Landes. Darüber hinaus gilt der technische Fortschritt der westlichen Industrieländer als ein wichtiger Maßstab der eigenen Entwicklung. Deswegen ist es nicht erstaunlich, daß der Ausbau der Kernenergie in der Sowjetunion und auch in den anderen RGW-Ländern mit ähnlichen Hoffnungen verbunden ist, wie in den 60er Jahren in Westeuropa.

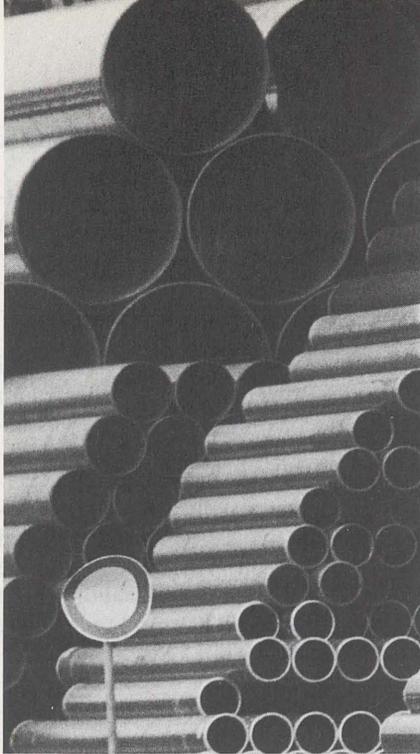
Neben dem Fortschrittsaspekt strebte die Sowjetunion mit dem Kernenergie-Programm im wesentlichen zwei Ziele an. Zum einen war die Entlastung der teuren Brennstoffproduktion vorgesehen. Zum anderen sollten Kernreaktoren zu einem Exportartikel in alle Welt avancieren und somit die sowjetische Handelsbilanz verbessern. Die Ausbaupläne wurden auf westlicher Seite oft als Gigantomanie bezeichnet: Ca. 130000 Megawatt sollten im Jahre 1990 im gesamten RGW installiert sein

(zum Vergleich: in der Bundesrepublik sind es z. Z. rund 12 000 Megawatt). Die Sowjetunion produziert im wesentlichen drei Reaktortypen. Zum einen die Druckröhren-Reaktoren (Tschernobyl) und zum anderen Druckwasser-Reaktoren. Diese Reaktortypen machen den Hauptteil der gesamten Kapazität aus. Hinzu kommen noch drei Schnelle Brüter, die bislang aber kaum ins Gewicht fallen. Die Druckwasser-Reaktoren werden in dem eigens errichteten gigantischen Werk (ATOM-MASCH) hergestellt, das 1000-MW-Reaktoren sozusagen am Fließband produzieren soll. Vorgesehen war die Bereitstellung von acht Reaktoren pro Jahr ab Ende der 70er Jahre. Bislang kam es aber zu ständigen Verzögerungen. Die Druckröhren-Reaktoren werden in der ähnlich großen Produktionsvereinigung „Ishurski Sawod“ bei Leningrad hergestellt. Zur Zeit sind 29 Einheiten dieses Typs und 17 Blöcke des Druckwasser-Reaktors in Betrieb.

Insgesamt blieb die Realisierung des sowjetischen Kernenergie-Programms weit hinter den Plänen zurück. Probleme der Technik, der Sicherheit und der Kostensteigerungen sind die Ursache. Trotz einiger Störfälle und zahlreicher Maßnahmen zur Verbesserung der Betriebssicherheit bestand — ähnlich wie im Westen — ein ungetrübter Glaube an die Sicherheit der Anlagen. Der Unfall von Tschernobyl dürfte dennoch zu keiner grundsätzlichen Revision der Ausbaupläne führen. Mit einer Verbesserung der Betriebssicherheit ist jedoch zu rechnen, zumal die Kernkraftwerke vorwiegend in dem dichter besiedelten europäischen Landesteil eingesetzt werden sollen.

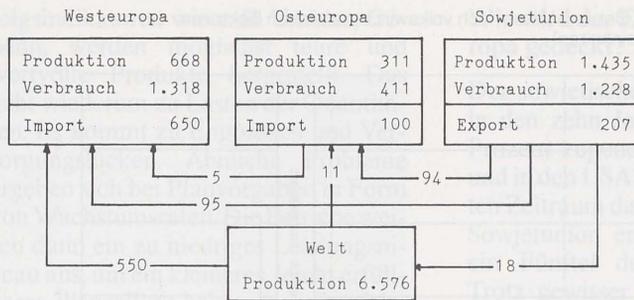
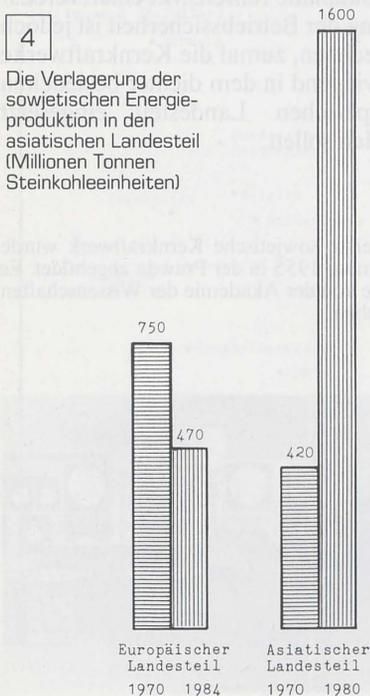
Das erste sowjetische Kernkraftwerk wurde im Januar 1955 in der Prawda abgebildet. Es wurde von der Akademie der Wissenschaften betrieben.





Erdöl- und Erdgasröhren für die Sowjetunion im Bremer Hafen

Eine Prognose über die weitere Entwicklung der Kernenergie ist zur Zeit äußerst schwierig. Eine Analyse der Parteiprogramme und offizieller Verlautbarungen führt zu keinen sinnvollen Aussagen über die künftige Energiepolitik. Man sollte zwar vermuten, daß die Energiepolitik in einer Planwirtschaft einem langfristigen Konzept folgt. Tatsächlich findet man aber Elemente kurzfristiger Schwerpunktverlagerungen und ad hoc-Entscheidungen. So wechselte der Schwerpunkt mehrfach



Der Verbrauch enthält jeweils die Bunkerungen, die Pfeile geben die Lieferungen an.

von der Kohle zum Erdöl, dann zum Gas und nach dem neuesten Fünfjahrplan wieder zum Erdöl. Solche Entscheidungen sind meist das Ergebnis bürokratischer Auseinandersetzungen im polyzentrischen Energiesystem der UdSSR. Es fehlen vor allem Entscheidungskriterien darüber, welche Energiequellen wirtschaftlich und energetisch sinnvoll sind. Hinzu kommt eine Vermischung wirtschaftlicher und politischer Interessen. Praktisch jede Energiequelle hat eine Lobby, deren Einfluß in den obersten Planungsorganen ständig wechselt. Manche Autoren vermuten daher, daß Aussagen über die künftige Energiepolitik eher mit Mitteln der Kreml-Astrologie möglich sind als mit ökonomischer Analyse.

Perspektiven der Ost-West-Zusammenarbeit

Zu Beginn der 70er Jahre nahm der Osthandel einen bedeutenden Aufschwung. Der Westen hoffte auf große neue Märkte, während der Osten die Hoffnung hatte, mit Hilfe westlicher Technologien die eigene Volkswirtschaft zu modernisieren. Diese Erwartungen wurden nur äußerst selten realisiert. Es kam vielmehr zu erheblichen Problemen, die besonders in der enormen Verschuldung der meisten osteuropäischen Länder zum Ausdruck kommen. Überschüsse zeigt lediglich die sowjetische Handelsbilanz, die aber in erster Linie auf die enorme Ölverteuerung zurückzuführen sind. Bei sinkenden Ölpreisen dürften sich die sowjetischen Exporterlöse drastisch reduzieren. Angesichts einer solchen Situation des Osthandels stellt sich die Frage, ob eine Ausweitung der Zusammenarbeit überhaupt noch sinnvoll bzw. möglich ist.

Betrachtet man die vergangene Entwicklung, gelten die genannten Probleme für den Energiebereich nur eingeschränkt. Wie die Graphik 1 verdeutlicht, bestand bereits Mitte der 70er Jah-

re eine beachtliche Lieferverflechtung im Energiebereich. Außerdem zeigt die Graphik 1 vereinfachte Energiebilanzen und versucht durch die Pfeile anzudeuten, wohin der Exportüberschuß jeweils ging bzw. wie der Importbedarf der jeweiligen Wirtschaftsräume gedeckt wurde.

Bei der Analyse der Ost-West-Kooperation braucht man allerdings nicht nur an die reine Lieferung von Energieträgern zu denken. Darüber hinaus eröffnet sich ein breites Feld weiterer Möglichkeiten der Zusammenarbeit. Dazu müssen Kooperationsprojekte gewissen Kriterien gerecht werden: Sie sollten markterweiternd bzw. rentabel sein, was im wesentlichen Selbstfinanzierung der Projekte bedeutet. An einer Ausweitung des Subventionswesens ist nämlich keine Seite interessiert (wenn man von den Subventionsempfängern absieht). Es müssen devisensparende und entwicklungsfördernde Kooperationsformen zum Zuge kommen, bei denen es auf beiden Seiten zu wirtschaftlichen und technologischen Vorteilen kommt.

Die Dynamik des Weltenergiesystems bietet eine Fülle interessanter Marktlücken, so daß man jeweils die günstigste Energiequelle zu beiderseitigem Vorteil nutzen kann. Eine solche Marktlücke ist z. B. dann gegeben, wenn die OPEC etwa 30 Dollar für ein Faß Öl verlangt, in einem Kooperationsprojekt mit Rumänien oder der Sowjetunion das Erdöl aber zu 5 Dollar pro Faß produziert werden kann.

Als konkretes Beispiel sei die Zusammenarbeit zwischen Japan und der UdSSR im Erdöl- und Erdgasbereich genannt. Beide Länder erschließen arbeitsteilig mehrere Öl- und Gasfelder vor der Insel Sachalin. Bei hohen Energiepreisen kann eine solche Zusammenarbeit äußerst lohnend sein. Das Risiko ist erwünscht, damit die beteiligten Unternehmen verantwortungsbe-



Die Bausparkasse mit Ideen

BHW DISPO 2000

Die neue Freiheit beim Sparen und Bauen.

Welche Vorteile Ihnen diese neue Freiheit bringt, steht im neuen *BHW-Bauspar-Buch*.
BHW Bausparkasse für den öffentl. Dienst, Postf. 10 13 22, 3250 Hameln 1, Btx *55 255 #

Beratungsstelle: 6000 Frankfurt am Main, Goetheplatz 7, Fernruf (0 69) Sa.-Nr. 29 90 40.

Am besten, Sie sprechen einmal mit Ihrem zuständigen BHW-Berater

Beraterin Helga Fromm, Hindemithstr. 29, 6457 Maintal-Wachenbuchen,

Fernruf (0 61 81) 8 28 18, und Vertrauensmann

Heinz Latka, Feldbergstr. 46, 6000 Frankfurt am Main, Fernruf (0 69) 72 82 34.

wußt mit den Mitteln umgehen. Ein weiterer entscheidender Vorteil eines solchen Kooperationsprojektes besteht darin, daß beide Seiten einen Einstieg in neue Technologien und neue, aussichtsreiche Märkte wie z. B. Offshore-Förderanlagen (Bohrinseln) oder die Gasverflüssigung gewinnen. Bei der weiteren Ölsuche fallen Gasfunde fast zwangsläufig an. Durch die Verflüssigung besteht auch die Möglichkeit der Streuung der Bezugsquellen und somit der Ausnutzung des jeweils billigsten Angebotes. Außerdem vermindert sich das politische Risiko eines Lieferboykotts im Falle politischer Spannungen. Insgesamt sehe ich gute Chancen für einen Ausbau der Zusammenarbeit. Das Möglichkeitsfeld umfaßt die gesamte Energiewirtschaft — von der Exploration über gänzlich neue Quellen oder neue Transporttechnologien bis zur Endanwendung der Energie. Zahlreiche Beispiele findet man im Bereich neuer, energiesparender Produktionsprozesse in der besonders energieintensiven Grundstoffindustrie. Sehr große Vorteile dürfte Osteuropa aus einer Zusammenarbeit im Bereich der Energieeinsparung erwarten. Das wird deutlich, wenn man sich die Tatsache in

Erinnerung ruft, daß gerade im industriellen Bereich der Energieverbrauch um ein Vielfaches höher ist und durch neuere Technologien drastisch reduziert werden könnte. Vorbildlich in dieser Hinsicht ist der energiesparende technische Fortschritt der deutschen Industrie seit Anfang der 60er Jahre. Jede eingesparte Energieeinheit bedeutet zugleich eine deutliche Verringerung des volkswirtschaftlichen Aufwandes zur Förderung von Energieträgern und schon die Umwelt.

Im Bereich der Erschließung neuer Energiequellen erregte das sowjetisch/europäische Gas-Röhren-Geschäft großes Aufsehen. Es ist ein Beispiel für eine beiderseits vorteilhafte Kooperation. Hierbei lieferten westliche Unternehmen u. a. Rohre und Kompressoren, die das Gas aus dem Norden Sibiriens nach Westeuropa befördern. „Bezahlt“ wird (devisensparend) mit Gas. Auch bei neueren Transporttechnologien, wie z. B. hydraulischen Fernleitungen für die Beförderung feingekörnter Kohle in

Literatur:

Pelz, W., Perspektiven der Energiepolitik Osteuropas unter dem Gesichtspunkt einer Zusammenarbeit zwischen Ost- und Westeuropa auf dem Energiesektor, Düsseldorf, 1986.

aufgeschlammter Form oder Ausrüstungen für den Tagebau von Kohle, kommt eine Zusammenarbeit in Frage. Von besonderem Interesse dürfte indes die Kooperation beim Erdöl sein. Es ist nach wie vor die effizienteste Energiequelle und somit äußerst sparsam im Verbrauch. Die sowjetischen Ölvorräte sind gewaltig. Ein Gegengewicht zur Macht des OPEC-Kartells ist außerdem erwünscht.

Eine verstärkte Ost-West-Zusammenarbeit kann also mehrere Beiträge zur Lösung des Energieproblems leisten. Neben der Verringerung der Abhängigkeit vom OPEC-Öl erhielte der Westen Zugang zu wirtschaftlich sinnvollen und somit auch sparsamen Energiequellen. Westliche Technologie kann zur umweltentlastenden Reduzierung des Energieeinsatzes beitragen. Der international anerkannte, hohe Stand der sowjetischen Wissenschaft legt außerdem die Zusammenarbeit bei der Erforschung neuer Energiequellen nahe, so daß diese nicht zu früh und somit energieschwendend eingesetzt werden.

Dr. Waldemar PELZ

Institut für Markt und Plan, Fachbereich
Wirtschaftswissenschaften

Die divergenten Reihen der Störungstheorie

Zur Geschichte und Aktualität launischer mathematischer Objekte

Von Florin Constantinescu

Die Mathematik hat viele Entwicklungsphasen durchlaufen. Moderne mathematische Ideen sind nicht nur durch Faktoren wie innere Konsistenz, Schönheit, Eleganz usw. beeinflusst worden, sondern ganz entscheidend auch durch Anwendungsmöglichkeiten in anderen Gebieten der Naturwissenschaften. Der vorliegende Beitrag handelt von einem klassischen mathematischen Problem, das mindestens so alt ist, wie die von Leibniz und Newton Ende des 17. Jahrhunderts begründete Infinitesimalrechnung. Es wurde durch ganz unterschiedliche Anwendungen immer wieder aufgegriffen und hat nichts an Aktualität eingebüßt.

Bekanntlich ist es schwierig, moderne Forschungsthemen der Mathematik für den interessierten, aber nicht speziell mathematisch ausgebildeten Leser darzustellen. Definitionen, Sätze, Lemmata und Korollare in Verbindung mit der stark formalisierten Sprache des Mathematikers bilden eine unüberwindbare Barriere, die das „Lesen“ einer mathematischen Arbeit für den Außenseiter unmöglich macht.

Im Rahmen dieses Beitrages möchte ich dennoch versuchen, eine verständliche Beschreibung einiger Ideen und Forschungsergebnisse über divergente Reihen zu vermitteln. Meine Aufgabe wird dadurch begünstigt, daß die Problemstellung ausgesprochen klassisch ist und schon seit Beginn der modernen Entwicklung der Mathematik eine besondere Rolle spielt. Um schnell „zur Sache“ zu kommen, betrachten wir eine sogenannte unendliche Reihe der Form

$$a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots \quad (1)$$

Die Punkte nach dem letzten Pluszeichen zeigen an, daß die Summation ohne aufzuhören fortgesetzt wird (die nächsten Summanden heißen a_4x^4 , a_5x^5 , etc.). a_0 , a_1 , a_2 , u.s.w. sind feste Zahlen, während x , die sogenannte Variable, beliebige Zahlenwerte annehmen kann. Im Fall $x = 1$ hat die Reihe (1) diese einfache Form:

$$a_0 + a_1 + a_2 + a_3 + \dots \quad (2)$$

Obwohl die Reihen (1) und (2) *unendlich* viele Summanden besitzen, ist es dennoch in vielen Fällen möglich, als Ergebnis der Summation eine *endliche* Zahl zu gewinnen. Das bekannteste Beispiel aus den Schulbüchern der Gymnasiasten ist die „geometrische Reihe“

$$1 + x + x^2 + \dots = \frac{1}{1-x} \text{ für } -1 < x < 1.$$

Für $x = \frac{1}{2}$ hat die geometrische Reihe die Summe Zwei:

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \dots = 2. \quad (3)$$

Solche (unendlichen) Reihen, die endliche Summen besitzen, heißen *konvergent*. Die Reihe (3) ist konvergent. Per Definition heißt eine Reihe *divergent*, wenn sie nicht konvergent ist. Ein sehr einfaches Beispiel einer divergenten Reihe erhalten wir aus der geometrischen Reihe für $x = 1$:

$$1 + 1 + 1 + \dots \quad (4)$$

Offensichtlich ist diese Reihe nicht konvergent. Auch für $x = -1$ entsteht

eine Reihe, die ebenfalls divergent ist, auch wenn dies vielleicht dem Nichtmathematiker nicht so offensichtlich erscheint:

$$1 - 1 + 1 - 1 + \dots$$

Diese Beispiele erschöpfen nicht die Vielfalt divergenter Reihen — aber dies soll uns jetzt nicht beschäftigen. Die konvergenten Reihen sind die Bausteine der Differential- und Integralrechnung. Unsere Studenten lernen das Rechnen mit konvergenten (unendlichen) Reihen am Anfang des Studiums.

Im ersten Moment kann man den Eindruck gewinnen, daß die Aufteilung der unendlichen Reihen in konvergente und divergente Reihen eigentlich der Aufteilung der Reihen in „nützliche“ und „nichtnützliche“ gleichbedeutend ist. Denn wie soll man unendlichen Reihen, wie etwa $1 + 1 + 1 + \dots$, wie

$1 - 1 + 1 - 1 + 1 - 1 + \dots$ oder allgemein $1 + x + x^2 + x^3 + \dots$, $|x| > 1$ einen Sinn geben?

Für das Verständnis dieses Problems ist ein Exkurs in die Geschichte der Mathematik außerordentlich aufschlußreich. Gehen wir zurück in die Zeit um 1760. Etwa 50 Jahre vorher ist die Differential- und Integralrechnung entdeckt worden. Der unangefochtene Ma-

thematiker dieser Zeit heißt Leonhard Euler (1707–1783). Wir verdanken ihm große mathematische Leistungen. Es ist interessant, daß Euler die Unterschiede zwischen konvergenten und divergenten Reihen nicht allzu ernst nimmt. Für ihn gehören alle Reihen zum großen Garten der Mathematik. Für Euler treten unendliche Reihen immer im Rahmen eines konkreten Problems, oft in den Anwendungen auf. Die Tatsache, daß dabei einige Reihen divergent geraten sind, betrachtet Euler mehr als einen Zufall. Divergente Reihen haben bei Euler in der Regel eine „Summe“, die man ermitteln kann, wenn man diese Reihen nur „richtig behandelt“. Euler verwendet sogar einige „Tricks“, die dazu bestimmt sind, divergente in konvergente Reihen umzuwandeln. Solche Tricks heißen Summationsmethoden, und Euler gelingt es, eine ganze Menge divergenter Reihen durch Summationsmethoden „aufzusummieren“. Wir wissen heute allerdings, daß solche Summationsmethoden nicht unbedingt ein *eindeutiges* Ergebnis liefern und daher im allgemeinen von zweifelhafter Bedeutung sind. Aber in den Händen von Euler führen sie zu vielen neuen Ergebnissen. Euler geht so weit, perfekt konvergente Reihen durch Tricks in divergente umzuwandeln, die er dann wiederum aufsummiert. Die so aufsummierten Reihen lassen sich numerisch oft viel besser behandeln als die ursprünglich konvergenten Reihen.

Das Euler'sche Zauberwerk war der nach ihm kommenden Mathematikergeneration suspekt. Ende des achtzehnten Jahrhunderts wollte man die Mathematik als Sinnbild von Strenge, Exaktheit und Zuverlässigkeit sehen. Mit zweideutigen und unpräzisen Formulierungen war man nicht mehr einverstanden. Eine Ära der mathematischen Genauigkeit bis ins letzte Detail war angebrochen. In dem Versuch, die Mathematik unangreifbar zu gestalten, haben Abel (1802–1829) und Cauchy (1789–1857), zwei der bedeutendsten Mathematiker, die divergenten Reihen und die Euler'schen Tricks aus der Mathematik vertrieben. Sie taten dies nur schweren Herzens und der Mathematik zuliebe. Wir zitieren Cauchy (1821): „J'ai été forcé d'admettre diverses propositions qui paraîtront peut-être un peu dures: par exemple, qu'une série divergente n'a pas de somme“.

Plötzlich gehörten divergente Reihen *per Definition* nicht mehr zur Mathematik. Die daraus resultierende Exaktheit und Schönheit der Mathematik sowie das unangefochtene Prestige von Abel und Cauchy haben dazu geführt, daß ganze Generationen von Mathematikern den divergenten Reihen keine Aufmerksamkeit schenkten, mit Ausnahme des englischen Mathematikers G. G. Stokes (1819–1903).

Diese Haltung dauerte bis 1886. Im Jahre 1886, also genau vor einem Jahrhundert, hat der große französische Mathematiker Henri Poincaré (1854–1912) die Lage entscheidend beeinflusst. Poincaré hat einen Teil der divergenten Reihen (sogenannte asymptotische Reihen) für die Mathematik wiederentdeckt. Um zu verstehen, warum die Mathematiker auf einmal wieder gewillt waren, sich mit divergenten Reihen zu beschäftigen, muß man erwähnen, daß es zu der damaligen Zeit Anzeichen gab, daß die Reihen der sogenannten Störungstheorie in der Himmelsmechanik divergent sein könnten. Obwohl die Problematik der Störungstheorie in der

Himmelsmechanik im vorigen Jahrhundert nicht geklärt werden konnte, schien es H. Poincaré angebracht, asymptotische (divergente) Reihen zu untersuchen. Er war imstande, eine mathematisch einwandfreie Definition solcher Reihen anzugeben (siehe Kästen 'asymptotische Reihen').

Die Idee von Poincaré war, daß asymptotische Reihen die Essenz des physikalischen Problems enthalten. Sie sind imstande, wie die konvergenten Reihen das gesuchte Ergebnis zu approximieren (näherungsweise darzustellen). Der große Unterschied zwischen konvergenten und asymptotischen Reihen besteht darin, daß die konvergenten das Ergebnis mit beliebiger Genauigkeit (im Konvergenzintervall) approximieren, während die asymptotischen eine nur schwer kontrollierbare und nicht unbedingt sehr gute Approximation liefern. Genauer gesagt, bei konvergenten Reihen verbessert sich die Güte der Ap-

Leonhard Euler
(1707–1783)



Asymptotische Reihen

Sei $f(x)$ eine Funktion definiert für positive Werte der unabhängigen Variablen x . Wir sagen nach Poincaré, daß die Reihe

$$\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \dots$$

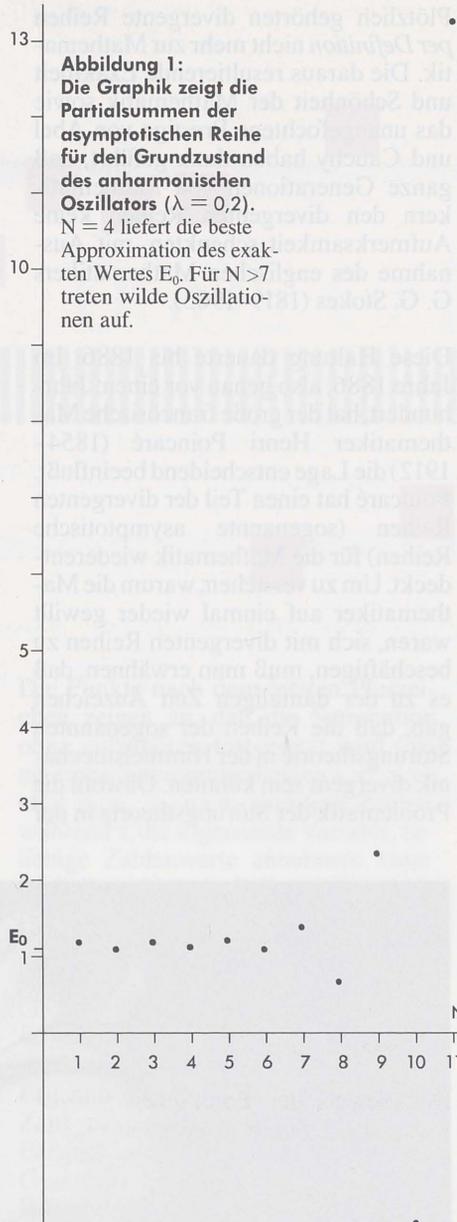
zu $f(x)$ für $x \rightarrow 0$ (x positiv) *asymptotisch* ist, falls für jede gegebene ganze Zahl N die folgende Beziehung gilt:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x) - \sum_{n=0}^N a_n x^n}{x^N} = 0. \quad (A)$$

$\sum_{n=0}^N a_n x^n$ ist eine sog. Partialsumme (der Ordnung N) der (unendlichen) Reihe $a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \dots$, d. h. die Summation in der unendlichen Reihe wird nach dem Summanden $a_n x^n$ abgebrochen. Die Beziehung (A) bedeutet, daß die Partialsumme $\sum_{n=0}^N a_n x^n$ für

kleine Werte von x die Funktion $f(x)$ in der Approximationsordnung x^N approximiert, und dies geschieht für alle $N = 0, 1, 2, \dots$. *Scheinbar* hat man es mit einer besser werdenden Approximation zu tun (mit wachsendem N). Aber der Schein trügt: im allgemeinen ist dies nicht der Fall (s. Abb. 1 und Tabelle). Konvergente (analytische) Taylor-Reihen genügen natürlich der Bedingung (A). Die Umkehrung ist falsch: eine Reihe, die der Bedingung (A) genügt, muß nicht konvergieren; selbst wenn sie konvergiert, muß sie nicht gegen $f(x)$ konvergieren. Jede Funktion hat höchstens eine asymptotische Reihe, aber zwei verschiedene Funktionen können die gleiche asymptotische Reihe haben. Dies wird verdeutlicht durch die Tatsache, daß die Funktion $f(x) = e^{-\frac{1}{x}}$

die Null-Reihe: $0 + 0x + 0x^2 + 0x^3 + \dots$ als asymptotische Reihe hat, und beruht auf der Eigenschaft der Exponentialfunktion, im Unendlichen schneller als jede Potenz zu wachsen. Das Ergebnis („die Wahrheit“), erzeugt durch die asymptotische Reihe, ist daher nicht eindeutig! (vgl. Agatha Christie's Mord im Orientexpress in der Verdeutlichung des Mathematikers Barry Simon).



Die Tabelle unten zeigt die Energie des Grundzustandes für den anharmonischen Oszillator. Der exakte Wert ist $E_0 = 1,118292 \dots$ (nach [1]).

N	$\sum_{n=0}^N a_n(0,2)^n$	N	$\sum_{n=0}^N a_n(0,2)^n$
1	1,150000	9	2,353090
2	1,097500	10	- 2,442698
3	1,153750	11	13,253968
4	1,105372	12	- 42,333586
5	1,176999	13	168,895730
6	1,049024	14	- 796,466406
7	1,314970	15	3005,179546
8	0,686006		

proximation in höheren Ordnungen (also durch Fortschreiten in der Reihe), während die asymptotischen Reihen in niedriger Ordnung eine akzeptable (oft gute) Approximation liefern. Mit Fortschreiten in der Reihe verschlechtert sich die Approximation und die partiell aufsummierte Reihe fängt an, wild zu oszillieren. Um dem Leser dies zu verdeutlichen, wollen wir hier ein typisches Beispiel einer asymptotischen Reihe beschreiben. Das Beispiel ist allerdings nicht aus der klassischen (Himmels-) Mechanik, sondern aus der Quantenmechanik gewählt.

Die Energie eines harmonisch-oszillierenden quantenmechanischen Teilchens kann gemäß der Planck'schen Quantelungsregel nur diskrete Werte (Energieniveaus) annehmen. In der Quantenmechanik wird der *harmonische Oszillator* durch den *Schrödinger Operator*

$$H_0 = p^2 + \frac{1}{4} x^2$$

beschrieben, wobei x der Koordinaten- und p der Impulsoperator ist. Durch eine Störung des quadratischen Potentials $\frac{1}{4} x^2$, die wir als proportional zu x^4 annehmen, verwandelt sich der harmonische in einen *anharmonischen Oszillator*, beschrieben durch den neuen (gestörten) Schrödingeroperator

$$H = p^2 + \frac{1}{4} x^2 + \lambda x^4.$$

Die Kopplungskonstante λ mißt die Strenge der Störung (Anharmonizität). Die sogenannte Störungstheorie, eine der wichtigsten Untersuchungsmethoden der klassischen Physik und der Quantenphysik, ermittelt nun physikalische Größen des gestörten Operators H als (unendliche) Reihe der Form (1) in Potenzen der Kopplungskonstante:

$$a_0 + a_1 \lambda + a_2 \lambda^2 + \dots$$

Hierbei werden die Koeffizienten a_0, a_1, a_2, \dots aus H_0 und der Störung x^4 gewonnen. Es ist bekannt, daß die Störungsreihe des anharmonischen Oszillators (divergent) asymptotisch ist. Aus der Tabelle und aus der Abbildung 1 kann man das Verhalten der asymptotischen Störungsreihe in verschiedenen Ordnungen ablesen. Es wurde $\lambda = 0,2$ gewählt. Der exakte Wert des niedrigsten Energiezustandes (Grundzustand) des anharmonischen Oszillators (ermit-

telt mit Methoden, auf die hier nicht eingegangen werden kann) ist $E_0 = 1,118292 \dots$. In Abbildung 1 sind die Tabellenwerte graphisch dargestellt.

Aus der Tabelle bzw. Abb. 1 ist ersichtlich, daß für kleine N (etwa kleiner oder gleich 6) die Störungsreihe eine annehmbare Approximation für den exakten Wert $E_0 = 1,118292 \dots$ liefert. Die beste Approximation wird bei $N = 4$ erreicht. Wenn man dagegen N groß wählt, liefert die Reihe völlig falsche Ergebnisse und wird unbrauchbar (die vorliegende Beschreibung des anharmonischen Oszillators ist dem Buch [1] entnommen).

Nun sind wir an einem Punkt angelangt, an dem natürlicherweise die wichtigste Fragestellung auf diesem Gebiet unumgänglich geworden ist: Wie kann man aus diesen launischen asymptotischen Reihen, die anscheinend nur bereit sind, uns einen Hauch der Wahrheit preiszugeben, mehr Information herausholen? Ist die „Wahrheit“, die sie vermitteln, eindeutig?

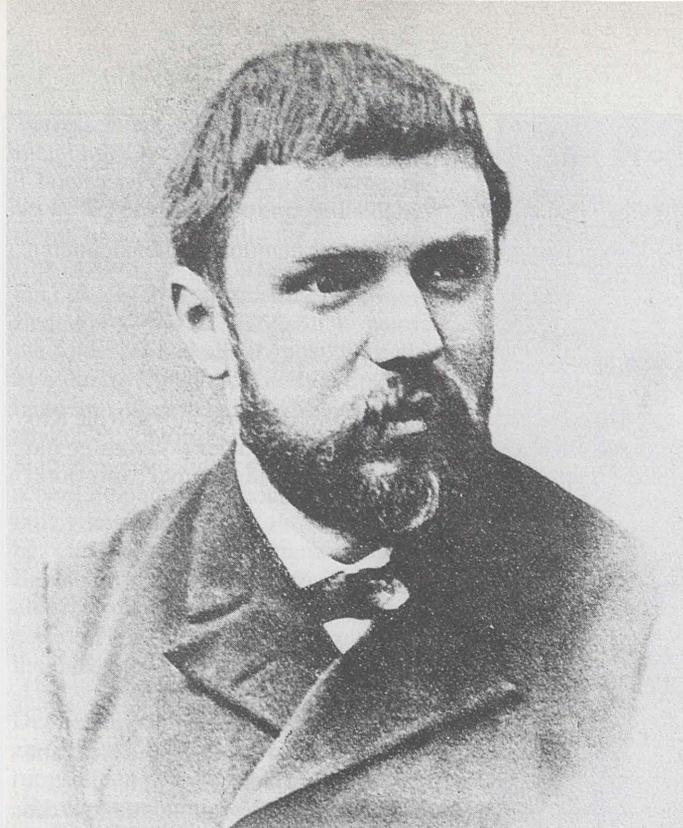
Der amerikanische Mathematiker Barry Simon vergleicht diese Fragestellung mit Agatha Christie's „annehmbarer und unannehmbarer Wahrheit“ aus dem Kriminalroman „Mord im Orientexpress“. In der Tat, im allgemeinen (siehe Kasten) liefern asymptotische Reihen kein eindeutiges Ergebnis, also keine „eindeutige Wahrheit“. So etwa sah die Lage aus, als 1899 der junge französische Mathematiker Émile Borel (1871–1956), der sich intensiv mit dem Studium divergenter Reihen beschäftigte, eine sehr nützliche Formel zur vollständigen Lösung des Problems vorschlug. Die „Wunderformel“ von Borel lautet (siehe Kasten 'Borel Summation')

$$f(x) = \frac{1}{x} \int_0^{\infty} e^{-\frac{t}{x}} B(t) dt. \quad (5)$$

Für $B(t)$ gilt hierbei

$$B(t) = a_0 + \frac{a_1}{1!} t + \frac{a_2}{2!} t^2 + \frac{a_3}{3!} t^3 + \dots \quad (6)$$

Die Funktion $B(t)$, die offensichtlich aus der divergenten Störungsreihe des anharmonischen Oszillators $a_0 + a_1\lambda + a_2\lambda^2 + \dots$ gewonnen werden kann, heißt Borel-Transformierte. Ist $B(t)$ bekannt, so wird mit Hilfe von (5) das „exakte“ Ergebnis $f(x)$ ohne Mühe berechnet.



Henri Poincaré
(1854–1912)

É. Borel konnte seine Wunderformel nicht „beweisen“. Er wollte allerdings die Meinung anderer Mathematiker hören. Die Geschichte sagt, daß der große schwedische Mathematiker Mittag-Leffler (1846–1927) die Untersuchungen des jungen Borel glatt ablehnte mit dem Hinweis auf Weierstrass (1815–1897), der für divergente Reihen in der Mathematik keinen Platz sah.

Der Beweis der Borel'schen Formel wurde 1912 durch G. Watson und in endgültiger Form von F. Nevanlinna in seiner Göttinger Doktorarbeit im Jahre 1916 geliefert, aber bis zur Entdeckung und mathematischen Vertiefung der Quantenphysik (insbesondere Quantenfeldtheorie) blieben divergente Reihen ein exzentrisches Forschungsgebiet, zumindest für Forscher, die anwendungsorientiert arbeiteten. Mit der Quantenphysik kam es zu einer regelrechten „Invasion“ divergenter Reihen. Die Störungsreihen in der Quantenphysik (insbesondere der Quantenfeldtheorie) lieferten Divergenzen und Unendlichkeiten. Es verging lange Zeit, bis man imstande war, sauberer zwischen Divergenzen in *jeder Ordnung* der Störungstheorie (sog. Renormierungsproblem) und Divergenz der Störungsreihe selbst (bekannt als thermodynamischer Grenzwert) zu unterscheiden. Zwischenzeitlich war die Verwirrung in der quantenfeldtheoretischen Störungstheo-

rie so groß, daß kaum ein Mathematiker imstande war, die Problematik auf dem Gebiet zu verstehen. Die Physiker entwickelten eine eigene Mathematik, die vom Züricher Professor R. Jost in den sechziger Jahren zutreffend beschrieben wurde: „In den dreißiger Jahren, unter dem demoralisierenden Einfluß der quantenmechanischen Störungstheorie, reduzierte sich die Mathematik, die von einem theoretischen Physiker verlangt wurde, auf eine rudimentäre Kenntnis des lateinischen und griechischen Alphabets“.

Im Jahre 1965 gelingt es Arthur Jaffe, damals Doktorand in Princeton, mathematisch zu beweisen, daß die Störungsreihe der Quantenfeldtheorie divergent ist. In späteren Jahren bekommen asymptotische Reihen und speziell die Formel von Borel eine wichtige Bedeutung in der mathematischen Physik, bedingt durch Arbeiten auf den Gebieten der Quantenfeldtheorie, der statistischen Mechanik und neuerdings der Differentialgleichungen und dynamischen Systeme.

Nach dieser Schilderung der wichtigsten Fragestellungen und Ergebnisse auf dem Gebiet der asymptotischen Reihen und Borelsummation mit betont geschichtlichen Zügen, fragt man sich, ob es auf diesem Gebiet noch offene Probleme gibt.

Borel Summation

Sei $\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ asymptotisch zu $f(x)$ für $x \rightarrow 0$ (x positiv) (siehe Kasten „Asymptotische Reihen“). Die Borel-Transformierte in der neuen durch t bezeichneten Variablen, ist definiert durch

$$B(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{n!} t^n = a_0 + \frac{a_1}{1!} t + \frac{a_2}{2!} t^2 + \frac{a_3}{3!} t^3 + \dots$$

wobei $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$ die sog. Fakultät ist. Gewöhnlich verhalten sich die Koeffizienten a_n wie $n!$, so daß $B(t)$ einen Konvergenzkreis in der t -Variablen hat und daher eine „wohldefinierte“ Funktion ist. Die „Wunderformel“ von Borel kann man *naiv* begründen wie folgt:

$$\begin{aligned} f(x) &= \sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n = \sum_{n=0}^{\infty} n! \frac{a_n}{n!} x^n = \sum_{n=0}^{\infty} \int_0^{\infty} e^{-t} t^n dt \frac{a_n}{n!} x^n = \sum_{n=0}^{\infty} \int_0^{\infty} e^{-t} \frac{a_n}{n!} (tx)^n dt \\ &= \int_0^{\infty} e^{-t} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{n!} (tx)^n dt = \int_0^{\infty} e^{-t} B(tx) dt = \frac{1}{x} \int_0^{\infty} e^{-\frac{t}{x}} B(t) dt. \end{aligned} \quad (B)$$

Dies ist kein Beweis! Dem mathematisch ausgebildeten Leser sei die Aufgabe gestellt, die Schwachstellen der Rechnung herauszufinden.

G. Watson und F. Nevanlinna haben (unter bestimmten Voraussetzungen) die Borel-Formel (B) *bewiesen*. Die „Summe“ der divergenten Reihe (also die Funktion $f(x)$) wird durch die Integralformel (B) *exakt* bestimmt. Mehr kann man sich gewiß nicht wünschen. Dennoch ... eine gewisse Information über das Ergebnis muß bekannt sein. Um die „Wahrheit“ zu entdecken, muß man ein Stück der Wahrheit bereits kennen?!

Für den mit der wunderschönen Theorie der Funktion einer komplexen Veränderlichen vertrauten Leser wird hier die genaue Formulierung des Satzes von F. Nevanlinna aus seiner Göttinger Dissertation im Jahre 1916 gegeben. Der Satz von Nevanlinna wurde 1980 von A. Sokal, damals in Princeton, wiederentdeckt. Im Vergleich zu (B) tritt hier anstelle der reellen x die komplexe Variable z .

Satz (G. Watson - F. Nevanlinna - A. Sokal)

Sei f eine Funktion analytisch im Kreis (siehe Abbildung 5)

$$C(R) = \{ z \in \mathbb{C} : \operatorname{Re} z^{-1} > R^{-1} \}, R > 0$$

mit einer asymptotischen Reihe $\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$ und Restabschätzung

$$|f(z) - \sum_{n=0}^{N-1} a_n z^n| \leq A \sigma^N N! |z|^N, z \in C(R)$$

wobei A und σ positive Konstanten sind.

Die Boreltransformierte $B(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{a_n}{n!} t^n$ konvergiert dann

im Kreis $\{ t \in \mathbb{C} : |t| < \sigma^{-1} \}$ und besitzt eine in $S(\sigma) = \{ t : \operatorname{dist}(t, \mathbb{R}_+) < \frac{1}{\sigma} \}$

analytische Fortsetzung mit $|B(t)| \leq \operatorname{const.} e^{\frac{|t|}{R}}$ gleichmäßig in jedem Gebiet $S(\sigma')$ mit $\sigma' > \sigma$ (Abbildung 5). Die Abkürzung dist bedeutet hier: Abstand von t zu $\mathbb{R}_+ = \{x : x > 0\}$.

Darüberhinaus besitzt f die Integraldarstellung

$$f(z) = \frac{1}{z} \int_0^{\infty} e^{-\frac{t}{z}} B(t) dt, z \in C(R).$$

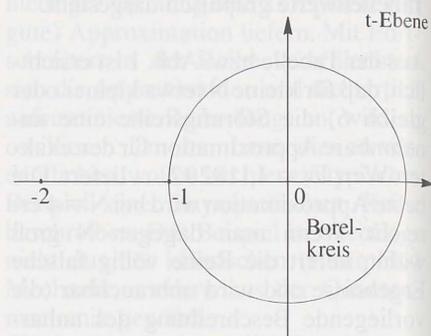
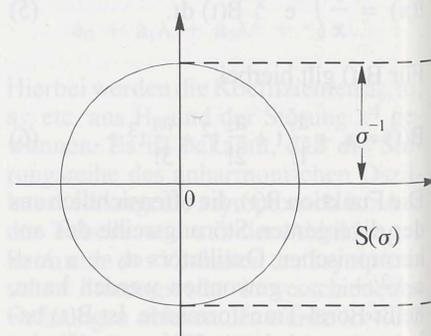
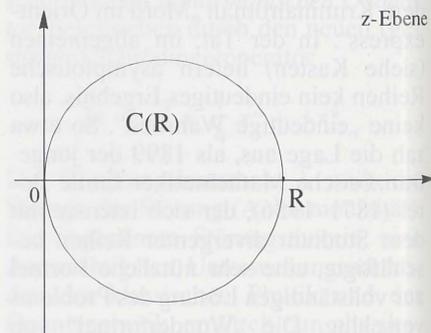


Abbildung 2: Borelkreis

Die Boreltransformierte hat Singularitäten in $-1, -2, -3$ etc. Diese Singularitäten zeichnen Instanonen ab. Die erste Singularität (in -1) ergibt wichtige Eigenschaften des Systems für hohe Energien.

Abbildung 3: Satz von Watson-Nevanlinna-Sokal

Die Funktion $f(z)$ ist analytisch in $C(R)$, und die Boreltransformierte $B(t)$ ist analytisch in $S(\sigma)$ und besitzt eine Exponentialschranke. Diese Eigenschaften von $B(t)$ gewährleisten die Existenz (Konvergenz) der Integraldarstellung (B) (s. Kasten links).



Zunächst findet es der Anwender natürlich unangenehm, daß die Borelsummation durch den Satz von Nevanlinna einige Kenntnisse über das gestörte Problem verlangt (siehe Kasten). Diese Schwierigkeit ist aber anscheinend nicht zu beheben. Darüber hinaus enthält die *Singularitäten-Struktur* der Boreltransformierten Information über höchst interessante physikalische Phänomene, die aus der Störungsreihe nicht ablesbar sind und daher nichtstörungstheoretische Erscheinungen genannt werden. Hier knüpfen einige Untersuchungen an, die vom Verfasser zusammen mit Dr. Kristof Klöcker und hauptsächlich Dipl. Math. Ulrich Scharffenberger unternommen wurden. Die Hauptidee unserer Arbeit [2] war, ein Modell zu entwerfen und zu untersuchen, bei dem die Singularitäten-Struktur der Boreltransformierten unter Kontrolle gebracht werden kann. Das Modell wurde aus der Physik ungeordneter Systeme gewählt. Ungeordnete Systeme stellen ein modernes Tätigkeitsgebiet der Physik dar. Es geht hier um die Untersuchung von Systemen mit gestörter regelmäßiger Struktur. Neben sogenannten Spingläsern werden ungeordnete Systeme in der Halbleiter-Physik untersucht.

Insbesondere hat in der letzten Zeit das sog. Anderson-Modell die Aufmerksamkeit der Forscher auf dem Gebiet der mathematischen Physik angezogen. Im Anderson-Modell betrachtet man eine gestörte Kristallstruktur H_0 , wobei die Störung (Verunreinigung) V eine zufallsbedingte Prägung hat. Das Gesamtsystem $H = H_0 + V$ wird mit Hilfe der Störungstheorie behandelt. Der

Literatur

- [1] M. Reed, B. Simon: *Methods of Modern Mathematical Physics*, Band I bis IV, Academic Press, 1978.
- [2] F. Constantinescu, U. Scharffenberger: *Commun. Math. Phys.* 106 (1986), 1-14.
- [3] F. Constantinescu, J. Fröhlich, T. Spencer: *Journal of Statistical Physics* 34 (1984), 571-596.

Für den auf dem Gebiet der divergenten Reihen interessierten Leser verweisen wir auf die atemberaubende, für den Nichtspezialisten verfasste Darstellung in Ch. Houzel, J. L. Ovaert, P. Raymond et J. J. Sansue, *Philosophie et Calcul de l'infini* (Masperu, Paris 1976).

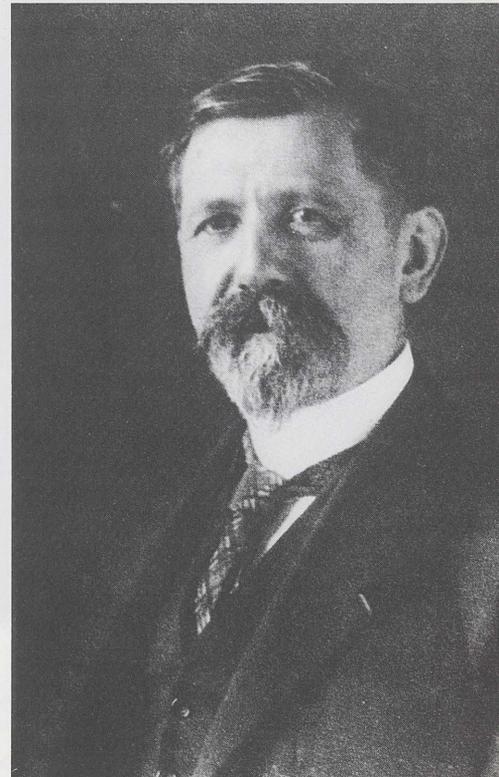
Neuere grundlegende mathematische Ergebnisse über asymptotische Reihen mit einer regulären Struktur der Singularitäten in der Boreltransformierten (resurgente Funktionen) findet man in einer monumentalen (schwer lesbaren) Arbeit von J. Ecalle: *Les fonctions resurgents*, *Publications d'Orsay* No 81-05, 06, 07 (1981).

Verfasser hat schon 1983/84 zusammen mit J. Fröhlich (Zürich) und T. Spencer (Princeton) einige mathematische Ergebnisse über ungeordnete Systeme bewiesen [3], die für die weitere Entwicklung des zentralen sogenannten Lokalisierungsproblems von einiger Bedeutung waren. Schließlich wurde die Anderson Lokalisierung hauptsächlich durch J. Fröhlich und T. Spencer bewiesen. Es geht hier um höchst nichttriviale Spektraleigenschaften von Schrödingeroperatoren mit stochastischem Potential, die Isolator- oder Metalleigenschaften einer Festkörperprobe entsprechen. Der mathematische Beweis der Anderson Lokalisierung gilt als eines der wichtigsten neuen Ergebnisse auf dem Gebiet der modernen mathematischen Physik.

Der Frankfurter Gruppe ist es gelungen zu zeigen, daß die divergenten Störungsreihen der ungeordneten Systeme „Borel summierbar“ sind. Im Anschluß an diese Arbeit wurde für den Fall der sogenannten exponentiellen Unordnung gezeigt, daß die Borel Transformierte eine sehr einfache Struktur in der komplexen Ebene hat. Auf der anderen Seite wußte man, daß fiktive Teilchen der Quantenfeldtheorie, sogenannte Instantonen, sich als Singularitäten der Boreltransformierten bemerkbar machen.

Instantonen sind keine physikalischen Teilchen wie etwa Elektronen, Neutronen, Protonen etc. Es sind auch keine Quasiteilchen, die die Mehrteilchenphysik verwendet. Instantonen sind mathematische Erscheinungen (Lösungen) im Rahmen von nichtlinearen Phänomenen. Merkwürdigerweise treten manchmal Instantonen als *reelle* Lösungen nichtlinearer Differentialgleichungen (Solitonen) in *imaginärer* Zeit auf. Man kann also sagen, daß mit Instantonen die Physik ein Stadium der Abstraktion erreicht hat, das nur mit modernen mathematischen Methoden angegangen werden kann. Auf dem Gebiet der Instantonen gibt es z. Z. eine rege mathematische Tätigkeit.

In unserer Arbeit [2] konnten wir zeigen, daß in der Tat die Instantonen für das von uns betrachtete Modell eine regelmäßige Struktur der Singularitäten erzeugen. Die genaue Kenntnis der Instanton-Singularitäten (siehe Abbildung 2) hat auch einige Anwendungen. So liefert z. B. die Stärke der ersten In-



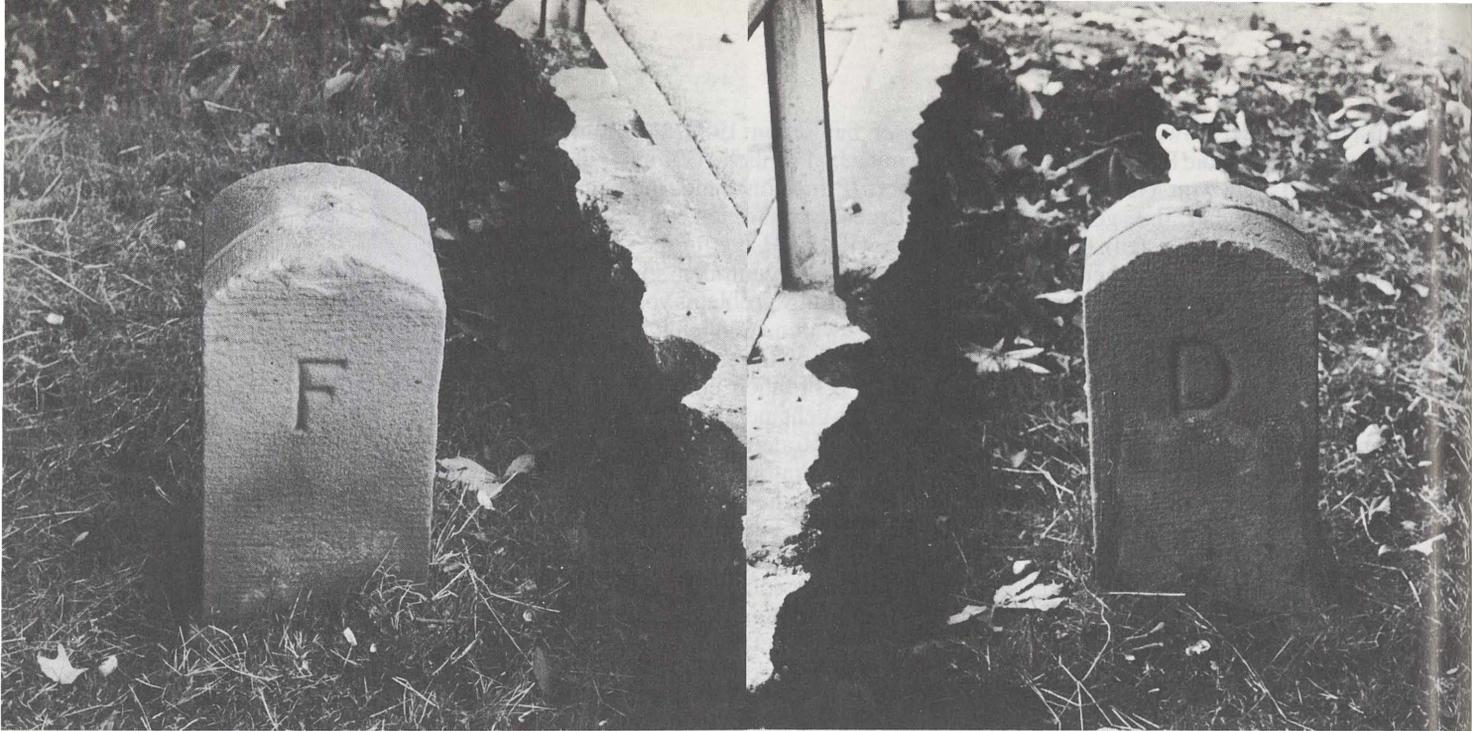
Emile Borel (1871 - 1956)

stantonsingularität (siehe Abbildung 2) das Verhalten des ungeordneten Systems für große Energiewerte.

Außerdem hat der Verfasser zusammen mit Ulrich Scharffenberger und Wolfram Boenkost einige modell-unabhängige Eigenschaften der Instantonenstruktur untersucht. Wir sind z. Z. dabei, die angesprochenen Ergebnisse weiter zu vervollständigen.

Die Frankfurter Gruppe hat unter dem Gesichtspunkt asymptotischer (divergenter) Reihen ein Modell untersucht, das den Reichtum an Informationen über die „Summe“ der divergenten Reihe, die sich in der Boreltransformierten verstecken, hervorhebt. Leider können wir nur ein diskretes Modell (d. h. ein gestörtes Gittermodell) behandeln. Um weitere interessante Eigenschaften des Systems ans Tageslicht zu bringen, müßten die Instantonenuntersuchungen im Raum-Kontinuum geführt werden. Delikate Erscheinungen der sogenannten Renormierungsgruppe scheinen allerdings die Anwendbarkeit unserer Methode im Kontinuum zu verhindern.

Prof. Dr. Florin CONSTANTINESCU
Fachbereich Mathematik



Leben an der Grenze

Von Heinz Schilling

Als die alte Frau gefragt wird, was sich denn ändern würde, wenn die Grenze da plötzlich weg wäre, sagt sie: „*Tja. Wo kämen ma dann dahin?*“ Das ist Irritation aus alltagsweltlicher Substanz. Was so doppelsinnig klingt, ist eindeutig gefühlt, ist Lebenserfahrung in Leidungen, wo die Grenze mitten durch das Dorf geht. Es gibt einige Dörfer, deren eine Hälfte deutsch, deren andere französisch ist, die von 1870 bis 1918 deutsch waren, dann geteilt wurden. Problematisch sei es erst nach der Völkerbundszeit geworden: *1935 ist die Grenze zugegangen, der Hitler hat sie zugemacht*, sagen die Leute. Von da an: Grenzlandmythos auf beiden Seiten, die Grenze dient tatsächlich der Abgrenzung. Die Menschen in den Dörfern werden – mehr als eine Straßenbreite – auseinandergerückt und rücken selbst auseinander. Die französischen Leidinger wollen nicht länger in die gemeinsame Kirche gehen wegen der Hitlerfahnen. Paris baut schnell ein eigenes Gotteshaus; die Jeanne d'Arc aus Beton blickt noch heute, zur Verteidigung der Grande Nation entschlossen, aufs deutsche Leidingen.

Zur Lebenserfahrung der alten Frau gehört die Grenzerfahrung, und zur Alltagsicherheit gehört längst das Vor-

handensein nationaler Unterscheidungen. Die Grenze wurde ihr „plausibel“ gemacht; das ist historisch, und mit dieser Art von Grenze, die auf der Gasse verläuft, geht sie seit einem halben Jahrhundert um. Merkwürdig: Niemand in Leidungen fordert heute die Aufhebung der Grenze. Das muß keine Bestätigung dieser Grenze sein, ist wohl eher die Vermeidung von Änderungen in der individuellen und kollektiven Plausibilitätsstruktur, ist Sicherung von Verhaltenssicherheiten. Von den Grenzfällen ist Leidingen der Grenzfall. So spektakulär wie hier verläuft die staatliche Abmarkung selten im deutsch-französischen Grenzgebiet. Doch der historische Fonds zur Erklärung der eigenen Lebenssituation ist allgegenwärtig dies- und jenseits der Saar. Immer sind die individuellen Lebensgeschichten älterer Menschen eingebettet in die Geschichte der staatlichen Grenzurückungen.

Vielleicht nirgendwo sonst ist das Gestern so sehr Erklärungsmuster für das Heute wie im deutsch-französischen Grenzsaum, wo die Grenzverschiebungen (1870, 1918, 1939, 1944, 1959) meist folgenreicher waren als die Grenze selbst. Jede territoriale Änderung bedeutet Umorientierung auf eine neue

Herrschaft und auf neue Herrschaften, ist direkte Konfrontation mit einem anderen Normen- und Wertesystem, mit der anderen Kultur, bedeutet entweder „Entwelschungskur“ oder „Französisierungskampagne“. Ohne den Wohnort zu wechseln, leben die Menschen von einem auf den anderen Tag in einem anderen Staat: viermal in nicht einmal hundert Jahren. Und wenn von den Kriegen an der Grenze erzählt wird, stößt man auf das regionale Spezifikum einer anderen als der geopolitischen Struktur: die Verwandtschaftssysteme haben die Grenzverschiebungen überlebt, ihre Wirkungen gemildert – aber auch unmenschlich verschärft: „*Wenn Krieg war, hat Cousin gegen Cousin gekämpft. Das war schlimm!*“ Im historischen Alltagsbewußtsein ist die „Erzfeind“-Metapher nicht verankert, scheint Konstrukt von Berlin und Paris. Das habe, erzählt man dem Wißbegierigen aus Frankfurt (noch heute heißt es: „aus dem Reich“), sowieso nie ge-griffen, wegen der Verwandtschaftsbeziehungen, wegen der Heiraterei *rüw-
wer un nüw-
wer*, und überhaupt: eine lothringisch-saarländische Grenze gebe es nicht, hören wir in Metz, wohl aber eine zwischen Frankreich und Deutschland.

Der Raum gilt als einer der konstituierenden Faktoren der humanen Existenz. Kulturanthropologie — Wissenschaft vom Menschen als Kulturwesen — untersucht Räume und Sphären, die sich der Mensch aneignet, die er gestaltet und verändert. Wie werden dabei geographische, soziale und geistige Räume definiert, wie grenzt man sich gegenüber anderen Individuen und Gruppen ab und wie werden Grenzziehungen im kulturellen Prozeß gestaltet? Eine territoriale Grenze als Ort exponierter Raumbedingungen kann wichtige Aufschlüsse über den Menschen als „grenzziehendes Wesen“ (Ina-Maria Greverus) erbringen. Im Projekt „Leben an der Grenze“* haben Wissenschaftler und Studenten des Instituts für Kulturanthropologie der J. W. Goethe-Universität regionale Kultur an der saarländisch-lothringischen Grenze untersucht: eine relativ „offene“ Grenze, aber trotzdem eine Staatsgrenze zwischen Frankreich und der Bundesrepublik. Eines unserer Forschungsergebnisse: die Wirkung der Grenze wird hier nicht von ihrer Durchlässigkeit, sondern von ihrer Geschichte und den alltäglichen individuellen Abgrenzungen bestimmt.



Ein eiserner Steg über die Grenze. Zwischen Kleinblittersdorf und Grosblierstroff verläuft die Grenze in der Mitte der Saar. Im „Kleinen Grenzverkehr“ kommen täglich Hunderte von Passanten vom einen ins andere Land. In Frankreich holen die Deutschen die Zigaretten, in Deutschland gehen die Franzosen zum Friseur oder zum Kinderarzt. Grenzüberschreitungen haben in erster Linie einen ökonomischen Grund: Man nutzt das, was auf der je anderen Seite günstiger scheint. Morgens kommen die ersten Lothringer aus Grosblierstroff über den Steg, der offiziell „Brücke der Freundschaft“ heißt. Es sind Grenzgänger, die auf der „autre côté schaffen“.

Mentaler Bedeutungsverlust, struktureller Bedeutungsgewinn für die Grenze

Die Geschichte der Grenzverschiebungen verleiht dieser deutsch-französischen Grenze einen besonderen Charakter. Und was die Relevanz betrifft, werden wichtige Unterscheidungen gemacht. Ihre Bedeutung wird unterschiedlich beurteilt: *Unsere Familie ist schon seit 200 Jahren hier ansässig. Also: wir haben das in dem Sinn nie als Grenze gesehen, höchstens bedauert, daß es eine war*“; notieren wir im Gespräch mit einem fünfzigjährigen Handwerker. Die Institution Grenze ist selbstverständlich; ihre Bewertung wird individuell relativiert. Auf der saarländischen Seite

hört man oft: *Die Grenze ist nutzlos, die Grenze ist überflüssig. Die Grenze stört. In Lothringen hören wir: Die Grenze stört uns doch nicht.* Die Einschätzung dieser deutsch-französischen Grenze zwischen dem Saarland und Lothringen, die in Alltagsgesprächen bekundeten Bewertungen und der daraus resultierende Umgang mit der Grenze sind zeitspezifisch. Es deutet einiges darauf hin, daß – entgegen vielen Äußerungen des Typs „Die Grenze ist (eigentlich) keine mehr“ – die Bedeutung dieser Grenze nun doch wieder wächst und abermals ihren Charakter verändert. Jahrzehnte sind seit der letzten Grenzverschiebung vergangen. Die ökonomische Krise – nicht monokausal Folge der Grenzlage – verändert die Bevölkerung demografisch hüben wie drüben; besonders junge lothringische Facharbeiterfamilien wandern ab in wirtschaftlich verheißungsvollere Regionen Frankreichs.

Zweisprachigkeit, sowieso (aus deutscher Sicht) stets nur für die lothringische Seite reklamiert, nimmt dort tendenziell ab: Zehn Meter hinter der Grenze im lothringischen Stiring-Wendel spielen Kinder auf dem Spielplatz, die kein Wort Deutsch verstehen. Und der kleine Philippe erzählt uns, daß nur

ein Drittel der Schüler seiner Klasse im Forbacher Gymnasium (noch) Deutsch spricht und versteht. Im europäischen Vergleich sind wir hier an einer „weichen“, flexiblen Grenze. Politiker plädieren für ihre Aufhebung auf dem Weg zu einem grenzenlosen Europa.

Gemeinsamkeiten trotz/mit Grenze

Es ist viel von Gemeinsamkeiten die Rede in dieser Grenzregion. Und die größte Gemeinsamkeit sei die Stahl- und Kohlenkrise, „auf diesem Gebiet, da ist ja keine Grenze gesetzt“, sagt uns eine französische Journalistin, mit Blick auf die Fakten: Die Region gehört zu Europas Krisengürteln. Die Indikatoren der Strukturschwäche heißen veraltete Technologie, Absatzdefizite, Dauerarbeitslosigkeit, negative Bevölkerungsbilanz. Das saarländisch-lothringische Platt als Gemeinsamkeit erfährt seine Begrenzung nicht nur geografisch, sondern auch strukturell. In Schulen, bei Behörden und – nahezu vollständig – in den Medien wird diese Gemeinsamkeit aufgehoben. Die Verständigungswirkung des Französischen ist auf Lothringen beschränkt. Hochdeutsch reduziert sich auf der französischen Seite mehr und mehr auf einen passiven Gebrauch, und die aktive Sprachkompetenz

* Das Projekt wurde nach dem Prinzip des forschenden Lernens mit 20 Studenten durchgeführt. Die Recherchen vor Ort umfaßten Expertengespräche, vor allem mit „meinungsleitenden“ Personen, Zufallsinterviews auf der Straße, teilnehmende Beobachtung am Leben im Grenzbereich und die kontinuierliche Auswertung von Regionalmedien und Dokumenten. Die Ergebnisse des Projekts sind dokumentiert in: Heinz Schilling (Hg.), *Leben an der Grenze*, Recherchen in der Region Saarland/Lorraine. Frankfurt 1986. Institut für Kulturanthropologie und Europäische Ethnologie. NOTIZEN, Band 25.



Großstadtkultur in Saarbrücken — ländliche Kulturarbeit in der lothringischen Provinz.

Die Grenze schneidet die Einzugsbereiche der Kultureinrichtungen. Publikum aus Lothringen ist für das Saarländische Staatstheater kein Planungsfaktor. Und zu Veranstaltungen lokaler Kulturinitiativen in Lothringen kommen höchstens ein paar gezielt eingeladene „Insider der deutsch-französischen Freundschaft“. Unwirksam dagegen ist die Grenze, wenn die lothringische Bevölke-

rung in die Kaufhäuser der Saarbrücker City zum Einkaufen kommt ... Aufnahmen:

links das Staatstheater Saarbrücken mit über 1000 Plätzen, als „Grenzlandtheater“ von Hitler anlässlich des Anschlusses des Saarlandes an das Reich 1935 gebaut.

Rechts das „Centre d'Administration Culturelle“ in Freyming-Merlebach, eine Einrichtung nach dem kulturpolitischen Konzept von André Malraux, der unter de Gaulle Kulturminister war.

schwindet am augenfälligsten in der in Deutsch erscheinenden Tageszeitung „France Journal“ mit ihren uns unbeholfen erscheinenden Neologismen. Die Auflage (10000) sinkt täglich („Jede Todesanzeige bedeutet einen Leser weniger“).

Ähnlich scheint es auch um die grenzüberschreitenden Verwandtschaften bestellt zu sein. Das „Rüwwer-un-Nüwwer-Geheirate“ ist seit 2 Jahrzehnten deutlich reduziert, sagt die Erfahrung, amtliche Zentraldaten darüber existieren nicht.

So verringern sich die Gemeinsamkeiten, die traditionellerweise auch Zusammenhalt konstituieren. Zusammenhalt kann vom beiderseitigen Bewußtsein der Randständigkeit und vom Krisengefühl noch weniger erwartet werden, auch nicht von den durchaus zu registrierenden Beispielen grenzüberschreitender Wirtschaftsbeziehungen, Wissenschafts- und administrativer Kontakte. Der Regionalgeograf François Reitel nennt als Grund dafür: „Die nationalen Strukturen haben sich an den Grenzen festgefahren“. Deshalb funktioniert die Grenze nach wie vor als „Spiegelbild der nationalen Unterschiede“.

Als durchaus noch gültige Gemeinsamkeit der Menschen an der Grenze wirkt jedoch noch immer die Gemeinsamkeit der historischen Grenzerfahrung, die – je nach Staatsangehörigkeit – zwar unterschiedlich verlief, im Kern jedoch identisch ist, denn unabhängig von politischen Regimen wirkt das Durchleben einer existentiell bedrohlichen Zeit (Okkupation, Kampfhand-

lungen, Evakuierung, Niemandsländerfahrten) prägend auf die Menschen und erweist sich als dauerhaftes Motiv der regionalen Identität.

Das Anpassungsvermögen an sich wechselnde Gegebenheiten und Herrschaften, das sich Durchschlagen im Vertrauen auf die Verwandtschaft als die stabilere Struktur bis hin zum Opportunismus-Training – das sei die eigentliche Gemeinsamkeit von Saarländern und Lothringern: „In dem Punkt gleichen wir wahrscheinlich den Lothringern, weil wir von der Geschichte gezwungen wurden, die Fahne mal hierhin, mal dorthin zu hängen“, sagt uns ein Schulbuchautor in Türkismühle.

So trifft man denn nicht selten auf Bekundungen eines gemeinsamen Verständnisses der an der Grenze (und wegen ihr) manifest gewordenen historischen Erfahrungen: „Die meiste Saarlänner, also die Arbeiter, die han sich mit den Franzosen un mit jedem, die verstehn sich mit jedem. Weil mir jo auch an de Grenz wohne. Mir wisse, wie des is“, hören wir während des lebensgeschichtlichen Interviews von einer 65jährigen Saarbrückerin.

Grenzüberschreitungen

An der „Brücke der Freundschaft“ in Kleinblittersdorf: Leute kommen aus Frankreich vom Bäcker, kommen aus Deutschland vom Frisör. Alltäglich praktizierte Grenzmodifikation: Man nimmt die persönlich so erfahrenen und bewerteten Vorteile des je anderen Landes wahr.

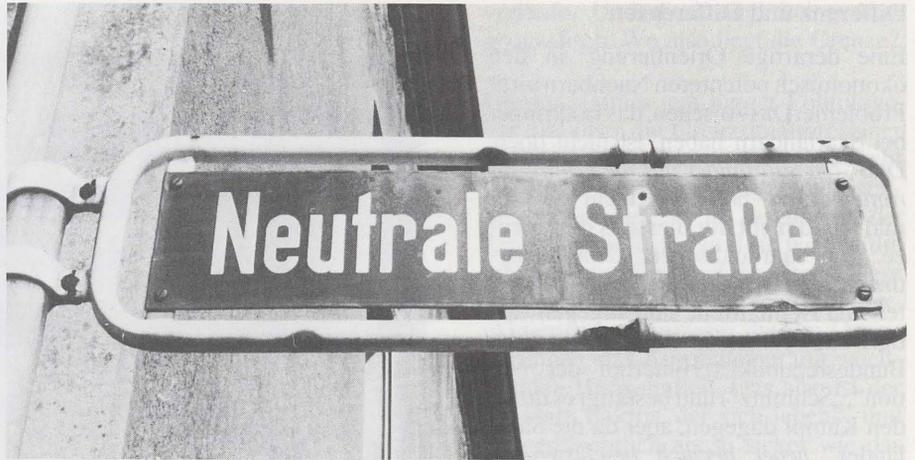
Daß vom Ausland inlandsmäßig Gebrauch gemacht wird, deutet darauf hin, daß Heimat jenseits der Grenze weitergeht, daß die lebensweltlichen Orientierungen nach der Nutzenperspektive über die staatliche Limitierung hinweg ausgedehnt werden. Ausgehend von einem Modell konzentrischer Welterschließung wird Heimat als Handlungslandschaft von einer Grenze nicht nur geografisch beschnitten, auch kollektive Symbole oder die Strukturen des modernen Versorgungsstaates hören plötzlich auf. Daß Frankreich in dieser Gegend „ausklingt“, wie Madame de Staël dies in einem Brief 1803 bemerkt, trifft für viele Lebensbereiche längst nicht mehr zu, wenn man beispielsweise bedenkt, daß für einen Franzosen in Forbach das Sozialversicherungssystem abrupt endet. obwohl diese Grenze prinzipiell als „offen“ gilt, wird sie lebensweltlich als nur teilweise durchlässig gehandhabt. Auf den ersten Blick scheinen die Klischees vom grenzüberschreitenden Nutzen ein symmetrisches Nachbarschaftsverhältnis zu belegen: Die Deutschen holen sich Zigaretten und Baguettes in Frankreich, die Franzosen tanken in Deutschland. Für nicht wenige der Beweis: Die Grenze gibt es nur noch im Portemonnaie.

Bei näherem Hinsehen jedoch ist die Balance gestört: Lothringer kommen vor allem zu Zwecken der Existenzsicherung und Versorgung ins Saarland. Die Saarländer hingegen kommen zum Konsumieren und Regenerieren nach Lothringen, und sie eignen sich Lothringen Stück für Stück an in einem ganz

wörtlichen Sinn. Der grenzüberschreitende Freizeitverkehr „dringt immer tiefer in den lothringischen Raum“, resümiert François Reitel die deutsche Attitüde, sich an den lothringischen Weihern mit Segelboot und Wochenendhaus anzusiedeln. Reitels Invasions-Assoziationen haben ökonomische Hintergründe: Ab 1959, also etwa seit der Eingliederung des Saarlandes ins Wirtschaftswunderland, hat die französische Währung gegenüber der D-Mark kontinuierlich an Wert verloren. Folge: „Die DM übt auf diese Weise einen Druck aus, der sich durch deutsche Industrieansiedlungen, Käufe von Grundstücken usw. auch räumlich auswirken kann“. Für diese Einschätzung kann man im Saarland hinter vorgehaltener Hand den Ausdruck *Ré-Occupation* hören.

Diese *Wiederbesetzung* ist nicht auf den Freizeitsektor beschränkt. Im Gegensatz zur französischen Regionalplanung beinhaltet die saarländische durchaus grenzüberschreitende Vorstellungen. Warum sollte man den deutschen Verdichtungsraum nicht über die Grenze hinweg ins – ökonomisch gesehen – tendenzielle Vakuum Lothringen hinein funktionieren lassen? Die sich andeutende Entwicklung wird von der einzigen saarländischen Tageszeitung publizistisch mit einer penetranten Nachbarschaftsvertraulichkeit begleitet, die Unterschiede hinwegredet und den Nachbarn dessen beraubt, was konstitutiv ist für ihn, der Fremdheit. Die Überlagerung beginnt mit der Projektion, daß Lothringen ohnehin nur eine Fortsetzung des Saarlandes bedeute, daß fast alles ja ziemlich gleich sei. Die Asymmetrie des Nachbarschaftsverhältnisses wird gesteigert durch die rund 10000 Grenzgänger aus Lothringen, die vor allem in saarländischen Großbetrieben wie Halberger und Dillinger Hütte und Ford arbeiten. Statistisch unerfaßt sind die lothringischen Putzfrauen, die sich auf der „autre côté“ für niedrige Stundenlöhne ein Zubrot verdienen. Das Pendeln über die Grenze scheint attraktiv: Derartige Grenzmodifikationen folgen der Grundüberlegung „Lohn in DM, die Miete in Francs“.

Der Bürgermeister einer lothringischen Gemeinde mit vielen Grenzgängern sagt uns ohne Umschweife, daß somit das wirtschaftliche Rückgrat seiner Mitbürger im Ausland liege. Deutlicher läßt sich die ökonomische Abhängigkeit der französischen von der deutschen Region kaum benennen.



Dieselbe Straße hat zwei Namen: Mitten auf der Leidinger Dorfstraße verläuft die Grenze. Deutscherseits ist die Straße als „Neutrale Straße“ gedacht. Französisch heißt sie jedoch „Rue de la Frontière“. Abgrenzungen wie diese geben einer Idee von Niemandsland keine Chance. Sie machen aus einer bloß gedachten Linie eine Grenze.

Der Wahrnehmungsspaziergang (unten) gehört zu den kulturalanthropologisch-ethnologischen Erhebungstechniken. Es handelt sich um ein ambulantes Interview, bei dem der Befragte seine Umwelt zeigt. Dokumentiert werden so die Orientierungen der Menschen im Raum, den sie zur Sicherung der Existenz, ferner politisch-kontrollierend, sozial-kulturell und ästhetisch-symbolisch „besetzen“. Im Rahmen des Frankfurter Grenzprojekts wurden derartige Wahrnehmungsspaziergänge vor allem bei Recherchen in Grenzdörfern sowie in Stadtbezirken des saarländischen Ballungsraumes durchgeführt.



Differenz und Differenzen

Eine derartige Orientierung an den ökonomisch potenteren Nachbarn birgt Probleme: Das Ansehen, das Lothringer bei Saarländern haben, ist nicht hoch. Daß „die Saarländer auf die Lothringer runtergucken“ hören wir nicht nur einmal – und nicht nur diesseits der Grenze. Die saarländischen Identitätsmythen Selbstbescheidung, Zusammenhalten und Heimmattreue sind allgegenwärtig. Man weiß um das Saar-Image in der Bundesrepublik („Hinterhof der Nation“, „Schmutz“) und bestätigt es durch den Kampf dagegen, aber da die Saarländer „lieber herzlich beschissen als nüchtern aufgeklärt sind“ (Rainer Petto), sind sie – nicht zuletzt dank ihrer sinnstiftenden Medien – so unglücklich nicht. Und außerdem: „So schlecht wie dene drüwwe“ gehe es den Saarländern ja nun doch nicht. Und außerdem: „Locker“ seien die drüben ja, von der Mentalität her schon ein bißchen französisch, „aber eben doch keine richtigen Franzosen“.

Kollektivbewertung wie diese machen den Lothringern zu schaffen. Nicht wenige fühlen sich als „nachgemachte Franzosen“, von Paris zurückgesetzt und von den Deutschen nicht ausreichend respektiert. Diesen Respekt, die Achtung der eigenen Sphäre, reklamieren Lothringer, die sich einem Überlagerungsprozeß durch die deutschen Nachbarn ausgesetzt sehen. Ein Beispiel liefert das „französisch Essengehen“ der Deutschen nach Lothringen, worüber sich sogar deutsche Stimmen mokieren („Gastro-Snobismus“, „Freßmeute aus Deutschland“), und das in Lothringen selbst zuweilen so bewertet wird: „Wenn ein Restaurant viele deutsche Kunden hat, dann geht man nicht mehr hin. Das heißt: wenn die viele deutsche Kunden haben, dann ist die Küche langsam am Untergehen“. Für diesen Gesprächspartner, einen 40jährigen Deutschlehrer aus Behren-lès-Forbach wirkt – vor dem Hintergrund einer globalen Kulturvereinheitlichung – die Grenze sowieso nur noch sehr spezialisiert: „Was wirklich Differenz macht mit der Grenze: Was man trinkt und was man ißt“. Und darauf möchte der Lehrer beharren.

Das Beispiel verdeutlicht, wie eine grenzenlose Nutzung der offenen Grenze Abgrenzungsmomente bei denen hervorrufen kann, die sich allzusehr



Eine Grenzregion, die auch Krisenregion ist ... Bei einem konstant hohen Level an Arbeitslosigkeit (um 18 %) gehört Lothringen zu den abwanderungsstärksten Regionen in ganz Frankreich. Hier zahlt man auch landesweit die niedrigsten Mieten.

Die Arbeitslosenquote im Saarland liegt derzeit bei 13,2 %.

Die sprichwörtliche Bodenständigkeit der Saarländer wird auf den hohen Eigenheimbestand zurückgeführt. Dies hat bisher einen spürbaren Exodus aus der Region verhindert. Die Bereitschaft zum Umzug in wirtschaftsgünstigere Gebiete ist bei Arbeitslosen nicht sehr hoch.

genutzt oder konsumiert sehen. Die meisten Wirte überhören wohl, da die D-Mark in der Kasse klingelt, die Klage ihrer französischen Gäste, über den Wandel eines spezifischen Kulturstils: in Ruhe genußvoll zu speisen. Deutsche Gäste, die eine lothringische Aubege okkupieren, verändern nicht nur Gäste-frequenz und Atmosphäre, sondern auch Speisekarte und Preise. Wenn sie im Essengehen vielleicht noch einen Kulturkontakt erblicken – den Kulturkonflikt nehmen sie nicht mehr wahr.

Für wen ist die Grenze wichtig?

Im Verlauf der Recherchen in der saarländisch-lothringischen Grenzregion haben wir den Eindruck gewonnen, daß man auf der französischen Seite deutlicher Wert legt auf Existenz und Wirkungen der Grenze. Illustriert wird dieser eher atmosphärische Befund durch das Beispiel einer ländlichen Kulturinitiative, der Action Culturelle du Bassin

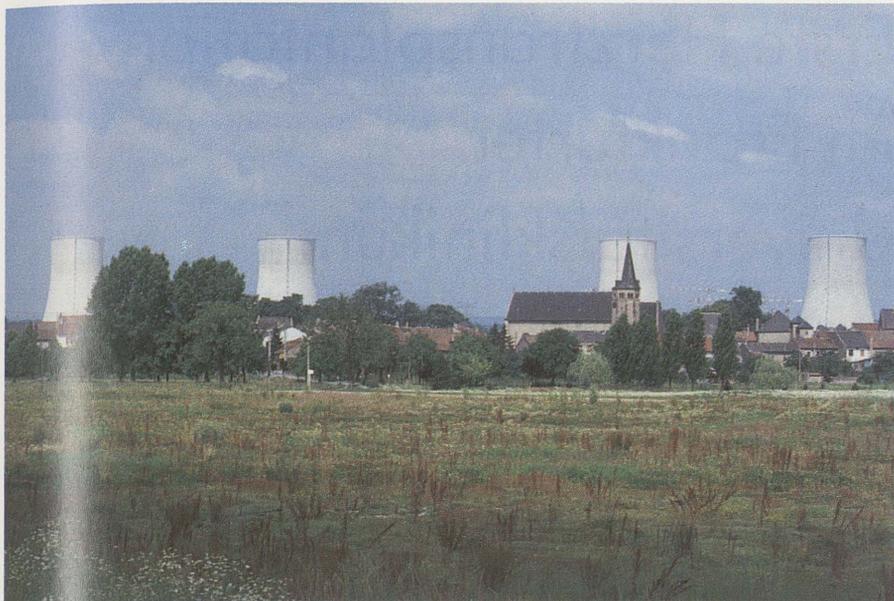
Einfach abhauen aus der Krisenregion? Wenn es keine verheißungsvolleren Ziele gibt als Saarbrücken oder Metz, macht man sich welche ...

*

Rechtes Foto: Eine sehr spezifische Kontaktmöglichkeit mit dem Nachbarn erwächst daraus, den eigenen Unrat oder gefährliche Dinge an den Rand des eigenen Territoriums zu plazieren und die Grenze gleichzeitig dazu zu nutzen, dieses Handeln faktisch unangreifbar zu machen. Die oft als „unproblematisch“ gehandelten Grenzen Europas werden

Houiller Lorrain. Diese AC mit einem Jahresetat von 3 Millionen Francs thematisiert die Grenze nicht nur und macht sie zum Teil ihres Programms, sie bestätigt sie eben auch in ihrer Relevanz, wenn etwa die Zeitschrift „Frontières“ publiziert wird, Grenzfeste (Fêtes frontalières) stattfinden, die Grenze als Thema von Theaterstücken bearbeitet oder ein Grenzkulturhaus geplant wird.

Ein Pedant für eine derartige Grenzaufwertung bietet auf deutscher Seite keine Kulturinstitution zu einer Zeit, da die Grenze vorwiegend übersehen und übersritten werden soll. Grenze als Thema bedeutet sowohl ein Ernstnehmen der geopolitischen Situation als auch ein Aufarbeiten der eigenen Geschichte, darüber hinaus auch ein pfiffiges Exponieren im nationalen Maßstab: In der parisiernen Region versucht man, das Stigma der Provinzialität zur peripheren Exotik umzumünzen. Pro-



in einer Zeit zunehmenden Umweltbewußtseins in einer ganz neuen Weise problematisiert. Das Prinzip der Externalisierung von Schäden und der Internalisierung von Nutzen und Gewinn wird gerade von den grenzüberschreitenden Protestbewegungen (z. B. gegen Cattenom und Wackersdorf) in Frage gestellt. Die nach diesem Prinzip handelnden Staaten bedürfen immer nachdrücklicher ihrer Grenzen als hoheitsrechtlicher Institution, um den Protest nicht eindringen zu lassen, den Widerstand materiell nicht auf das Territorium überschreiten zu lassen, in dem — meist auf „verdünnter Siedlungsfläche“ oder in wirtschafts-

grammphilosophie und -praxis der AC zielen nicht auf Ein- und Ausgrenzung, sondern sind Strategie zur Verteidigung der Unterschiede vor der Kulisse historischer Gemeinsamkeiten und aktueller Überlagerungstendenzen, ebenso aber auch zur Wahrung der Gemeinsamkeit namens Bergarbeiterkultur zu einer Zeit, da zentrale Medien örtliche Erinnerung kappen. Die Sprache der Initiative ist — natürlich — französisch; das Platt und das Hochdeutsche, für die dokumentarische Arbeit unumgänglich, gerinnt zu einem musealen Verständigungsmittel.

„Die Grenze — das ist die Sprache“, das haben wir vielfach erfahren, obwohl wir mit der Versicherung, auf der anderen Seite werde „doch überall deutsch gesprochen“, von Frankfurt aus zu den Feldrecherchen aufgebrochen waren. Besonders im Amtsmilieu ist es die Sprache, welche Grenze stellvertretend aktualisiert. „Damit Sie wissen, daß Sie

schwachen Regionen — die verdächtigen Objekte gebaut werden oder arbeiten sollen.

Im Grenzgebiet an der Saar hat das Saarland seine größte Mülldeponie in unmittelbarer Grenznähe eingerichtet. Frankreich hat in den letzten Jahren dort noch große Problem-Projekte installiert: außer der Atomanlage Cattenom (Foto oben) ein Bleiakkumulatorenwerk in Sarreguemines; ein großes petrochemisches Kombinat (Marienau/Carling) wurde ausgebaut. Der Abtransport der Schadstoffe erfolgt durch die Luft (vorherrschend: Westwind) oder durch die „Nasale Grenze“ (Rossel, Saar, Mosel).

hier in Frankreich sind“, sagt dann der Polizeichef im charmantesten Französisch. Geld hatten wir zwar getauscht, aber die Sprache zu wechseln, waren wir kaum bereit. Deutsche Feldforschermertalität?

Grenze wozu?

Zu den Nachbarschaftsbedingungen gehört, daß im Repertoire der Kontaktmöglichkeiten sowohl strukturelle Trenneffekte als auch alltagsweltliche Abgrenzungsmöglichkeiten enthalten sind. Eine Grenze vom Charakter der deutsch-französischen bedeutet zwar nicht den hermetischen Abschluß aller Raumorientierungen, aber auch nicht automatisch den Startpunkt für den Aufbruch zu unbegrenzten Horizonten. Die erstrebenswerte Horizonterweiterung im Kulturkontakt glückt — unter der Voraussetzung einer annähernd egalitären Austauschbereitschaft — am ehesten wohl noch in Kenntnis der Grenz-

verläufe. Und diese sind keineswegs geografisch. Wo also liegt die Grenze?

Gregor Halmes, ein junger Politologe, der viel über die Grenzsituation seiner saarländischen Heimat nachgedacht hat, kommt zum Schluß, daß die Grenze „immer noch tief im Bewußtsein der Leute“ verlaufe. Da sind sie wieder, die historischen Grenzerfahrungen, diese auf immer demselben Territorium exekutierten Lernprozesse, die Um-Orientierungen, das Arrangement mit wechselnden Herrschaften. Das also ist der instabile Faktor, der sich lebens- und zeitgeschichtlich als so sicher wie das Amen in der Kirche erwiesen hat. Die Unsicherheit der Grenze ist zur lebensweltlichen Gewißheit geworden. Die schöne Wendung von der „Grenze im Kopf“; auf die wir verschiedentlich in diesem Projekt stoßen, verweist eigentlich zurück auf ein kulturanthropologisches Theorem vom Menschen als einem „grenzziehenden Wesen“ (Ina-Maria Greverus), für das es existentiell wesentlich ist, sich zu definieren, indem es sich selbst — und einem definierten anderen — Grenzen setzt. Diese Positionsfixierungen sind wichtig für den Identitätsprozeß sowohl von Individuen, als auch von Gruppen. So gesehen erscheint eine staatliche Grenze als territoriale Limitierung, über die zwei große Kollektive eine Konvention getroffen haben.

An einer Grenze wie derjenigen zwischen Frankreich und der Bundesrepublik erfolgt die staatliche Definition über ein Konglomerat von Symbolen, von Bundesadlern und Trikoloren, von Grenzsteinen und Zollschildern. Die so geschaffene symbolische Linie garantiert den Bestand an wünschenswerten Unterschiedlichkeiten (als Voraussetzungen kollektiver Individualität und Unverwechselbarkeit). Sie schützt auch den zum Teil irrational gepflegten Bereich der nationalen und regionalen Vorurteile. Diese wiederum kann Auswirkungen haben auf die realen Prozesse harter Raumkonkurrenz. Dabei scheinen die Chancen Lothringens für eine Positionsverbesserung in diesem Kulturkonflikt angesichts der ökonomisch drängenden Deutschen im Moment gering.

Dr. Heinz SCHILLING

Institut für Kulturanthropologie und Europäische Ethnologie, Fachbereich Klassische Philologie und Kunstwissenschaften

Am 4. 7. 1986 wurde in der von Prof. Satter geleiteten Abteilung für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums zum ersten Mal einem Patienten ein fremdes Herz implantiert.

An der Operation, die von Prof. Dr. Egon Krause durchgeführt wurde, waren Herzchirurgen, Mediziner und Pflegekräfte aus dem Zentrum der Chirurgie und dem Zentrum der Inneren Medizin beteiligt. Die langjährigen Erfahrungen der Abteilung, für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie mit Operationen am offenen Herzen und der Abteilung für Nephrologie mit der Transplantation von Nieren kamen dem erfolgreichen Verlauf des Eingriffs und der Nachbehandlung zugute: Zweieinhalb Monate nach der Operation geht es dem 44jährigen Patienten gut. Er ist aus dem Klinikum entlassen worden und fühlt sich körperlich wohl. Vor der Operation hatte er nur noch eine Lebenserwartung von wenigen Stunden. Drei Monate lang wird sein Gesundheitszustand jetzt intensiv überwacht.

Das Frankfurter Universitätsklinikum ist das erste Krankenhaus in der „Mitte“ der Bundesrepublik, das ein menschliches Herz transplantiert hat. Derartige Operationen wurden bisher nur in Berlin, Hamburg, Hannover, Kiel und München durchgeführt. Eine Herztransplantation ist trotz der zahlreichen Erfahrungen, die gerade in den vergangenen fünf, sechs Jahren gemacht wurden, immer noch ein großer Eingriff, der viele Probleme aufwirft und natürlich auch viel Geld kostet. Bei welchen Patienten ist diese Operation dennoch angezeigt? Wie läßt sich die Hauptgefahr der Transplantation, daß die Immunabwehr des Patienten das Spenderherz abstößt, beherrschen? Welche organisatorischen Voraussetzungen sind für Herztransplantationen erforderlich? Prof. Dr. Krause berichtet für FORSCHUNG FRANKFURT.

Erste Herztransplantation im Frankfurter Universitätsklinikum

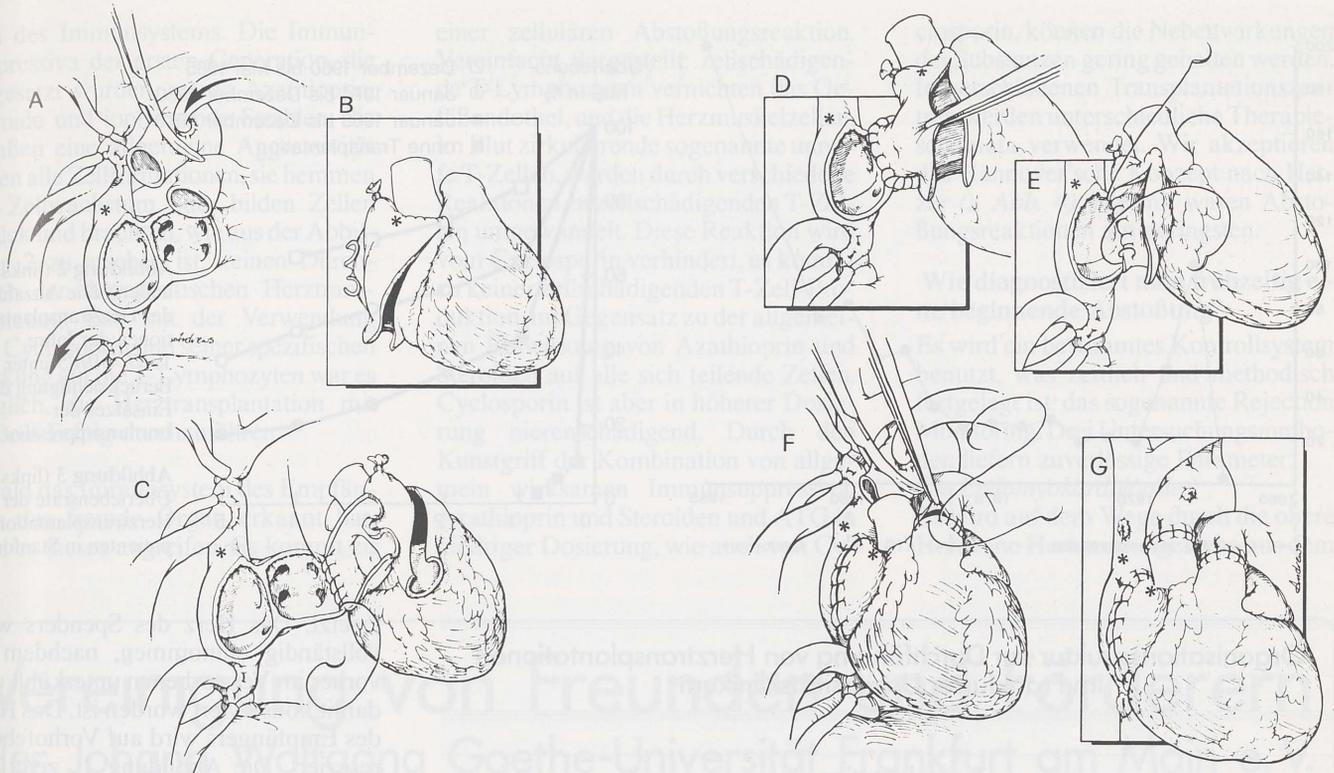
Von Egon Krause

Die erste experimentelle Herztransplantation wurde 1905 von den Amerikanern Carrel und Guthrie durchgeführt. Sie schlossen ein Hundeherz *am Hals* eines anderen Hundes an. Die Operation war technisch gelungen, und das Herz schlug zwei Stunden lang. In der Folgezeit diente diese Operationstechnik physiologischen Studien. 1955 wurde in Moskau von Demikhov zum ersten Mal einem Hund ein Herz *in den Brustkorb* eingepflanzt. Seine Funktionsdauer betrug 15,5 Stunden, eine Herz-Lungen-Maschine wurde nicht verwendet. Lower und Shumway aus Stanford *ersetzen* 1960 die ersten Herzen an Hunden. Sie verwendeten eine Herz-Lungen-Maschine und die Methode der Unterkühlung – die heute noch übliche Operationstechnik. Die Hunde überlebten 6 bis 21 Tage. Dabei wurde untersucht, wie der Herzmuskel bei fehlender Durchblutung mit Hilfe von Unterkühlung geschützt werden kann, welche Abstoßungsreaktionen erfolgen und wie sie durch Medikamente, die die Immunabwehr herabsetzen (Immunsuppressiva), verhindert werden können.

1964 übertrug Hardy, USA, erstmalig einem Menschen das Herz eines Schimpansen, jedoch ohne Erfolg. Barnard implantierte Louis Washkansky 1969 das erste menschliche Herz. Er

überlebte 17 Tage und starb an einer Lungenentzündung. 110 Herztransplantationen wurden in den folgenden 12 Monaten von 64 Arbeitsgruppen ausgeführt; wegen der nicht befriedigenden Langzeitergebnisse sank in den 70er Jahren die Anzahl auf 30 Transplantationen. Drei Gründe waren dafür ausschlaggebend: man war noch nicht in der Lage, die Abstoßung des neuen Herzens frühzeitig zu erkennen; außerdem konnte die Abstoßung nicht ausreichend verhindert werden, da potente spezifische Immunsuppressiva noch nicht verfügbar waren; zum dritten ließen sich die Infektionen unter der Immunsuppression nicht beherrschen.

Seit 1974 besserten sich die Überlebenschancen: die regelmäßige Entnahme von Herzmuskelgewebe (Myokardbiopsie) zur Erkennung der Abstoßungsreaktion wurde eingeführt; zusätzlich zur bisherigen Behandlung mit den Immunsuppressiva Azathioprin und Cortison wurde ATG (Antithymozyten Globulin) verwendet, eine Substanz gegen die Entwicklung von Lymphozyten, die aus dem Thymus stammen. Die Verwendung von Cyclosporin seit 1980 hat zu einer weiteren Verbesserung geführt. Repräsentativ für diese Entwicklung ist die Überlebensstatistik von Stanford (s. Abb. 3). Heute gleichen sich die Statistiken aller Herztransplan-



tationszentren hinsichtlich der Überlebensrate. Man kann mit einer 5 Jahres-Überlebenszeit in 70 - 80 % rechnen.

Indikation zur Herztransplantation

Die Indikation zur Herztransplantation besteht bei Untergang von Herzmuskelgewebe entweder aufgrund von Durchblutungsstörungen oder bei angeborener, vererbbarer oder viral bedingter Genese oder bei Frauen nach Geburten. Außerdem bei Klappenerkrankungen und Tumoren, die im Herzen entstanden sind.

Bei der Auswahl von potentiellen Herztransplantationskandidaten sind folgende allgemeine Kriterien zu beachten: Es muß der objektive Beweis eines fortschreitenden physischen Verfalls aufgrund einer dokumentierten isolierten Herzerkrankung vorliegen; die Lebenserwartung, geschätzt auf Wochen oder Monate, muß begrenzt sein; es muß die objektive Feststellung getroffen werden, daß die bisherige konservative Therapie optimal war und daß kein anderer chirurgischer Eingriff als eine Transplantation die Funktion bessern und das Leben verlängern kann; eine starke familiäre Unterstützung muß gesichert sein, die dem Patienten in der prä- und postoperativen Periode und für den Rest seines Lebens hilft.

Außerdem muß noch eine Reihe von speziellen Kriterien erfüllt sein: Es muß das Endstadium der Klasse IV der New York Heart Association vorliegen, d. h. eine physische Aktivität ohne Beschwerden ist nicht mehr möglich, der Patient hat Symptome der Herz(muskel)schwäche oder der Angina pectoris in Ruhe, die sich bei Belastung verstärken. Der Lungengefäßwiderstand sollte nicht wesentlich erhöht und Lungengewebe nicht untergegangen sein, der Patient sollte keine Infekte oder bösartigen Erkrankungen und kein akutes Magengeschwür haben. Eine normale Funktion oder eine reversible Dysfunktion aller anderen Organe wie Lungen, Nieren, Leber, zentralnervöses System ist erforderlich. Auch Gefäßerkrankungen, insbesondere im Gehirn, und Zuckerkrankheit sollten nicht vorliegen. Der Empfänger sollte 50 Jahre oder jünger sein. Er muß – wie seine Familienangehörigen – ein normales psychisches Verhalten zeigen und in der Lage sein, sich der Medikation und den nachfolgenden Verordnungen zu fügen. Alkohol- oder Drogenabhängigkeit darf – auch in der Vorgeschichte – nicht vorliegen.

Voraussetzung zur therapeutischen Herztransplantation ist das Vorhandensein eines gewebeverträglichen (histocompatiblen) Spenders. In der Regel muß er blutgruppenverträglich nach

Abbildung 1: Die Operationstechnik.
A: Situs des Empfängers, B: Spenderherz,
C: Nahtbeginn am linken Vorhof,
D und E: Naht des rechten Vorhofs,
F und G: Nähte der großen Gefäße.

dem ABO-System sein. Das eigentliche Histocompatibilitäts-System HLA (Human Leucocyte-Antigen) findet keine Berücksichtigung, die Faktoren sind in einer angemessenen Zeit nicht einmal zum Teil bestimmbar (evtl. kann man HLA-A bestimmen). Im Augenblick sind 124 HLA-Spezifitäten bekannt, außer bei eineiigen Zwillingen differieren die Faktoren zwischen den Individuen. In der sogenannten Kreuzprobe kann noch weiter die Immun-Compatibilität beurteilt werden: Lymphozyten des Spenders werden mit dem Serum des Empfängers gekreuzt, um aktive Antikörper gegen sie auszuschließen.

Beim Spender müssen die legalen Zeichen des Hirntodes vorliegen, die von Ärzten festgestellt werden, die nicht zum Transplantationsteam gehören. Der Spender sollte unter 30 Jahre alt sein, im Gewicht nicht mehr als $\pm 20\%$ vom Empfänger abweichen und keine entzündlichen Erkrankungen haben.

Operationstechniken

Normalerweise wird das Herz *orthotop* implantiert, d. h. an der gleichen Stelle

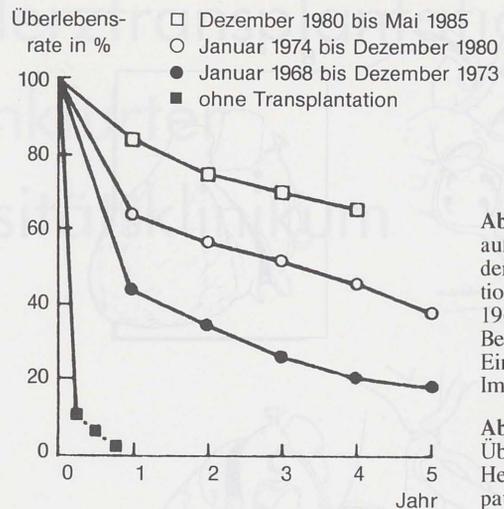
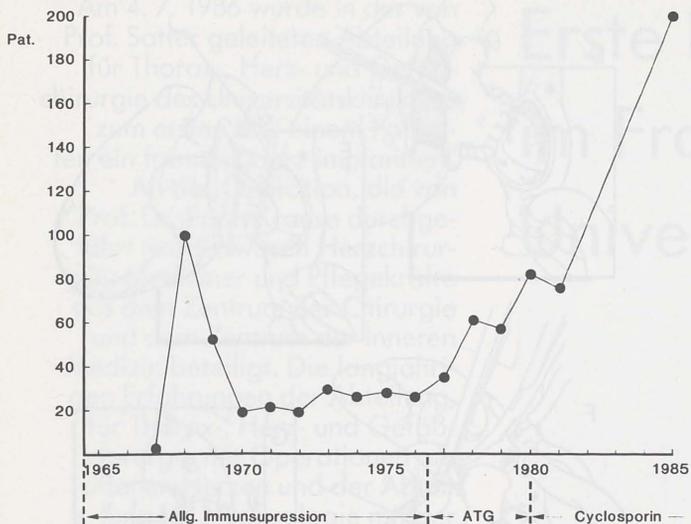


Abbildung 2 (links außen): Die Anzahl der Herztransplantationen der Jahre 1967 - 1985 unter Berücksichtigung des Einsatzes der Immunsuppressiva.

Abbildung 3 (links): Überlebensrate der Herztransplantationspatienten in Stanford.

Organisationsstruktur zur Durchführung von Herztransplantationen im Frankfurter Universitätsklinikum

Transplantation	
	Aufgabenbereich
Herztransplantations-Koordinator	Koordination aller Mitarbeiter örtlich und zeitlich zu den spezifischen Aufgaben, Dokumentation, Durchführung der Aufgaben der Transplantationsambulanz, Einberufung der Konferenzen
Kardiochirurgen	Empfängerakzeptanz Spenderauswahl Herztransplantations-OP Nachbehandlung auf der Intensivstation und der Transplantationseinheit zusammen mit Anästhesisten
Anästhesisten	Lebenswichtige Funktion Überwachung und Therapie
Transplantationsnephrologen	Immunsuppressive Therapie Infektiologie und evtl. nephrologische Therapie
Kardiologen	Myokardbiopsien, Ultraschalluntersuchungen des Herzens kardiologische Therapie

Überwachung nach der Operation

	Aufgabenbereich
Pathologe	Beurteilung der Biopate
Kardiochirurg	Ableitung des myokardialen EKG's mit Telemetriesystem und Beurteilung
Schrittmachertechnik	Ableitung des Myokard-EKG's mit Telemetriesystem
Hämatologen	Lymphozytenmonitoring

Transplantationsambulanz

Verantwortlich ist der Herztransplantationskoordinator. Koordination der Untersuchungen, Organisation evtl. stationärer Aufnahme, Einberufung der Ambulanzkonferenz mit den Kardiochirurgen, Transplantationsnephrologen, Kardiologen und Pathologen als Teilnehmern.

ersetzt. Das Herz des Spenders wird vollständig entnommen, nachdem es vorher im Verstorbenen unterkühlt und damit konserviert worden ist. Das Herz des Empfängers wird auf Vorhofebene reseziert. Die Abbildung 1 zeigt die von der Stanford-Gruppe erarbeitete Operationstechnik.

Eine *heterotope* Implantation, also eine Einpflanzung an nicht natürlicher Stelle, kann auf zwei Arten erfolgen: als Linksherzunterstützung (s. Abb. 5 a) oder parallel geschaltet (s. Abb. 5 b). Die heterotope Implantation ist indiziert bei fixiertem Lungenhochdruck. Sie gibt eine Sicherheit bei Abstoßungsreaktionen und bei Incongruenz (zu kleines Transplantat) in akuten Fällen.

Die Operationen erfolgen mit Hilfe der extrakorporalen Zirkulation, bei der die Pumpfunktion und Sauerstoffversorgung von der sogenannten Herz-Lungen-Maschine übernommen wird, die als temporärer Herz-Lungen-Ersatz fungiert und den Körper mit seinen Organen versorgt.

Die postoperative Behandlung wird in einer sterilen Einheit von speziellen Schwestern durchgeführt. Die lebenswichtigen Funktionen werden, wie bei einer routinemäßigen Operation am offenen Herzen, kontrolliert. Im Unterschied hierzu muß zur Verhinderung der Abstoßung eine immunsuppressive Therapie durchgeführt werden.

Die konventionelle immunsuppressive Therapie prä- und postoperativ

Der einzige praktikable Weg, die Abstoßung zu vermeiden, ist die Suppres-

sion des Immunsystems. Die Immunsuppressiva der ersten Generation, die eingesetzt wurden, waren Azathioprin, Steroide und ionisierende Strahlen. Sie besaßen eine allgemeine Aggressivität gegen alle Zellformationen, sie hemmen das Zellwachstum oder bilden Zellen zurück und brachten, wie aus der Abbildung 2 zu ersehen ist, keinen Durchbruch der therapeutischen Herztransplantation. Erst mit der Verwendung von Cyclosporin und seiner spezifischen Wirkung auf die T-Lymphozyten war es möglich, die Herztransplantation mit großem Erfolg durchzuführen.

Sobald das Immunsystem des Empfängers das fremde Organ erkannt hat, wird es dieses angreifen. Es kommt zu

einer zellulären Abstoßungsreaktion. Vereinfacht dargestellt: zellschädigende T-Lymphozyten vernichten das Gefäßendothel, und die Herzmuskelzellen, im Blut zirkulierende sogenannte unreife T-Zellen, werden durch verschiedene Reaktionen zu zellschädigenden T-Zellen umgewandelt. Diese Reaktion wird vom Cyclosporin verhindert, es kommt zu keiner zellschädigenden T-Zell-Produktion, im Gegensatz zu der allgemeinen Einwirkung von Azathioprin und Steroiden auf alle sich teilende Zellen. Cyclosporin ist aber in höherer Dosierung nierenschädigend. Durch den Kunstgriff der Kombination von allgemein wirksamen Immunsuppressiva, Azathioprin und Steroiden und ATG in niedriger Dosierung, wie auch von Cy-

closporin, können die Nebenwirkungen der Substanzen gering gehalten werden. In verschiedenen Transplantationszentren werden unterschiedliche Therapie-schemata verwendet. Wir akzeptieren das Hannover'sche Konzept nach Hetzer (s. Abb. 4). Hiermit waren Abstoßungsreaktionen am geringsten.

Wie diagnostiziert man frühzeitig eine beginnende Abstoßung?

Es wird ein bestimmtes Kontrollsystem benutzt, was zeitlich und methodisch festgelegt ist: das sogenannte Rejection Monitoring. Drei Untersuchungsmethoden liefern zuverlässige Parameter:

Die Endomyokardbiopsie.

Es wird auf dem Wege durch die obere Hohlvene Herzmuskelgewebe aus dem

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

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

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

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

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

Konten: Postgiroamt Ffm., Konto-Nr. 55500-608, BLZ 500 100 60 · BHF-BANK, Konto-Nr. 6932, BLZ 500 202 00

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

Beitrittserklärung

Ich bin / Wir sind bereit, die Mitgliedschaft bei der Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e.V. mit Wirkung vom 1. Januar 198__ zu erwerben und einen Jahresbeitrag von

_____ DM

zu entrichten.

(Mindestbeitrag für Einzelpersonen 50,- DM, Studenten 10,- DM, für Firmen und Körperschaften 250,- DM.)

Beiträge und Spenden sind im Rahmen der steuerlichen Vorschriften abzugsfähig.

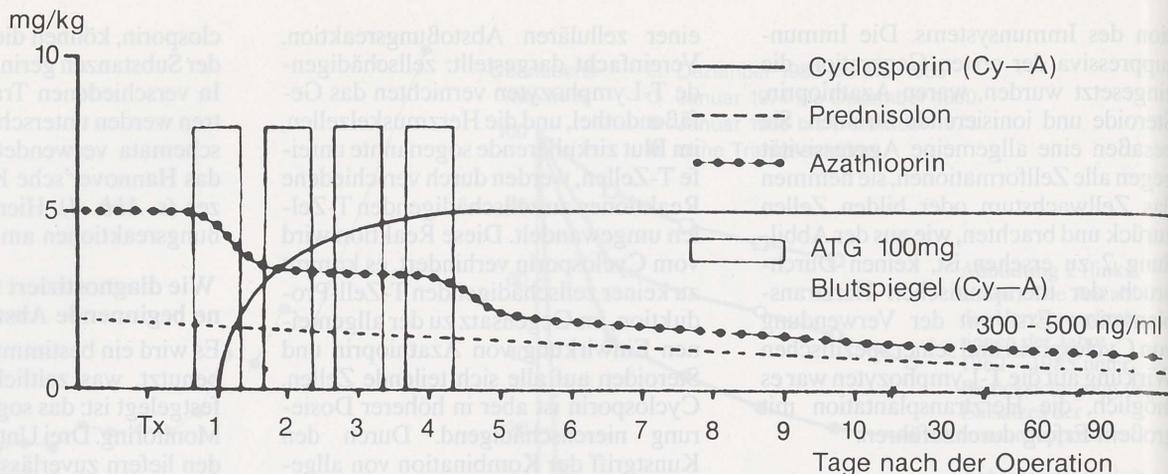
Abbuchungs-Ermächtigung

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

Nr. _____ BLZ _____ Bankinstitut _____ Ort _____
vom _____ an abgebucht wird. Datum _____ Unterschrift _____



Abbildung 4: Schema der Therapie mit Immunsuppressiva



Eigenschaften und Nebenwirkungen der Immunsuppressiva

Corticosteroide

Wirkung: entzündungshemmend, gefäßverengend und fiebersenkend, Verminderung der Freisetzung von Interleukin-1 aus Makrophagen sowie eine Hemmung der Leukozyten-Mobilisation, Abnahme der Zellteilungsrate der Lymphozyten und Abnahme der Reaktion von Lymphozyten auf verschiedene Reize sowie die Interleukin-2-Produktion.

Nebenwirkung: das sogenannte Cushing-Syndrom mit Vollmondgesicht, Muskelschwäche, Stammfettsucht, Osteoporose, arterielle Hypertonie, Verschlechterung der Zuckerstoffwechsellage.

Azathioprin

Wirkung: Es wirkt als phasenspezifisches Zytostatikum während der S-Phase des Mitosezyklus und führt zu einer Senkung der Zellteilungsrate besonders von rasch proliferierenden Zellen. Im Immunsystem sind die unreifen Lymphozyten betroffen. Weiterhin besteht eine Hemmung der T-Zellreifung und der NK-Zellen (Naturkiller-Zellen).

Nebenwirkung: Knochenmarksdepression mit verminderter Infektabwehr.

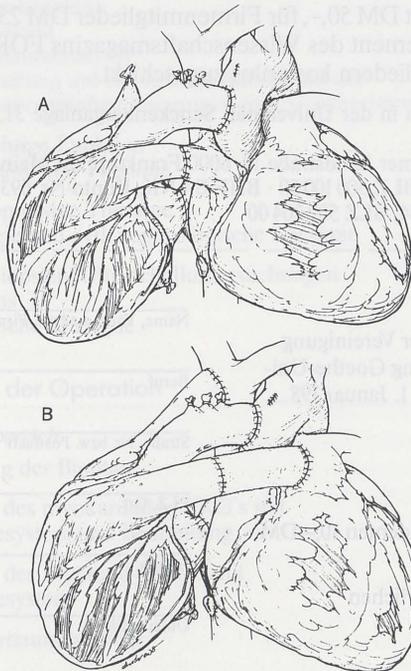
Cyclosporin

Wirkung auf das Immunsystem: Hemmung der Induktion und Ausreifung von T-Helferzellen, Suppression der Freisetzung von Monokinen einschließlich des Interleukin-1 und von Lymphokinen, insbesondere des Interleukin-2 sowie Hemmung der Synthese von Gamma-Interferon - also eine spezifische Wirkung auf bestimmte Zellformationen der Lymphozyten.

Unter den **Nebenwirkungen** ist die wichtigste die Nephrotoxizität bei hoher Dosierung. Ferner Ödembildung, arterielle Hypertonie, Hypertrichose, Gingivahyperplasie, Hepatotoxizität. Evtl. Auftreten von malignen Lymphomen. Cyclosporin wird ausschließlich nach Blutspiegelkonzentration dosiert. Diese kann mit einem Immun-Assay oder besser, mit der HPLC (high performance liquid chromatography) bestimmt werden.

rechten Ventrikel entnommen und histologisch untersucht. Der Grad der Abstoßungsreaktion ist in drei Stufen (nach Billing) zu unterscheiden, von der Einwanderung von Zellen bis hin zum Untergang von Herzmuskelgewebe. **Das myokardiale EKG, ein direkt vom Herzmuskel abgeleitetes Elektrokardiogramm.** Durch ein implantiertes Meßsystem (Telemetriesystem) kann die Höhe der Spannung des Herzleitungssystems von außen gemessen werden, ein Absinken

Abbildung 5: Heterotope Transplantation, A: als linksventrikulärer Bypass, B: totaler Bypass.



Literatur

Zusammenfassendes Schrifttum: *Advances in Cardiology - Controversial fields?* Z. f. Kardiol. 74 Suppl. 6, 1985. Cyclosporin, ED. J. F. Borel. *Progress in Allergy*. Karger, Basel, München 1986.

von mehr als 20 % zeigt eine Abstoßungsreaktion an.

Das zytologische Monitoring.

Es werden im peripheren Blut aktivierte Lymphozyten quantitativ bestimmt, beim vermehrten Auftreten liegt der Verdacht einer Abstoßungsreaktion vor. Dabei muß noch eine Virusinfektion ausgeschlossen werden, was mit weiteren Untersuchungen möglich ist.

Die Abstoßung wird mit 1 g Prednisolon pro Tag behandelt und wenn nötig, zusätzlich mit ATG.

Eine zweite Komplikation nach Herztransplantation ist die bakterielle und virale Infektion. Sie ist eine der Hauptursachen der Mortalität. Infektionen traten in 55 % bakteriell, in 22 % viral und in 13 % durch Pilze bedingt auf. Die Therapie erfolgt mit Antibiotika oder Immunglobulinen. Es kann außerdem ein Bluthochdruck auftreten. Er wird entsprechend behandelt. Entlassen werden die herztransplantierten Patienten innerhalb von drei bis vier Wochen. Sie bleiben aber in enger Kontrolle. Eine lebenslange Immunsuppression ist notwendig.

Ambulante Behandlung

Nach der Entlassung kommt der Patient in der ersten Woche dreimal wöchentlich, in der zweiten Woche zweimal wöchentlich, ab der neunten Woche einmal wöchentlich zur ambulanten Behandlung ins Klinikum; danach alle sechs Wochen, später vierteljährlich.

Die ambulante Behandlung hat folgende Aufgaben: Patientenführung hinsichtlich des körperlichen Trainings, diätetischer Maßnahmen, Einhaltung der Medikation und hygienischer Maßnahmen; Überwachung der Vermeidung

kurz berichtet

derung von Infektionen und Abstoßung mit entsprechenden Untersuchungen (Blutuntersuchung, intrakardiales EKG, evtl. Myokardbiopsien, Lymphozytenmonitoring); evtl. Änderung, d. h. Verminderung der Dosis der Immunsuppressiva.

Die Dauermedikation besteht in der Verabreichung von Cyclosporin nach Blutspiegelmessung und Nierenfunktion, Prednisolon, Azathioprin, Persantion-Aspirin, das die Blutplättchen-Aggregation vermindert und Thrombosen vermeiden soll, milden harntreibenden Mitteln und, wenn nötig, Mitteln gegen Bluthochdruck.

Motivation zur Herztransplantation im Frankfurter Universitätsklinikum

- Die Methodik der Herztransplantation ist standardisiert.
- Die immunsuppressive Therapie ist effektiv.
- Die Erfolgsquote der Herztransplantation ist excellent vom Status des Patienten aus betrachtet.
- Die Warteliste für Transplantationskandidaten wächst an bei hoher Absterbequote.
- Für die Herztransplantation besteht in der Mitte der BRD eine Lücke; das Spenderpotential in der Region ist voraussichtlich ausreichend.
- Das Vorhandensein eines excellent arbeitenden Nierentransplantationszentrums mit jahrelanger Erfahrung in der Immunsuppression und einer Transplantationseinheit und der Eurotransplant-Verbindung.
- Die gute Vorbereitung auf die Herztransplantation von chirurgischer Seite.
- Die Zukunftsaussicht: Behandlung von akut auftretenden Herzversagen, z. B. nach Herzoperationen mit temporärer Überbrückung durch künstliche Antriebe.

Das Frankfurter Universitätsklinikum ist auf ein bis zwei Herztransplantationen pro Monat eingerichtet. Aufgrund der besonderen Frankfurter Organisationsstruktur (vgl. das Strukturschema auf Seite 36) ist zumindest im Beginn kein zusätzlicher Aufwand nötig, da im Unterschied zu anderen Zentren, wo die gesamten Aufgaben allein im kardiologischen Bereich liegen, in Frankfurt die Kardiologen und Transplantationsnephrologen einbezogen sind.

Prof. Dr. Egon KRAUSE

Zentrum der Chirurgie, Fachbereich Humanmedizin

Frankfurt am Main als Druckort juristischer Literatur 1530 - 1630

Anlässlich des 26. Rechtshistorikertages dokumentiert die Stadt- und Universitätsbibliothek in einer Ausstellung die frühe juristische Drucktätigkeit in Frankfurt. Zur Ausstellung (bis 18. Oktober 1986) ist ein Begleitheft erschienen, das in der Stadt- und Universitätsbibliothek erhältlich ist.

Frankfurt spielt heute als Druck- und Verlagsort juristischer Literatur in Deutschland nur eine sehr geringe Rolle, ungeachtet seiner sonstigen Wichtigkeit als Verlagsstandort. Wenig bekannt dürfte sein, daß sich die heutige Situation von der vor rund vierhundert Jahren grundlegend unterscheidet. Seit dem Beginn des ständigen Buchdrucks in Frankfurt im Jahr 1530 wurde hier juristische Literatur verlegt, seit 1570 stand Frankfurt in der Produktion juristischer Titel an der Spitze in Deutschland, einige Jahrzehnte lang sogar in Europa.

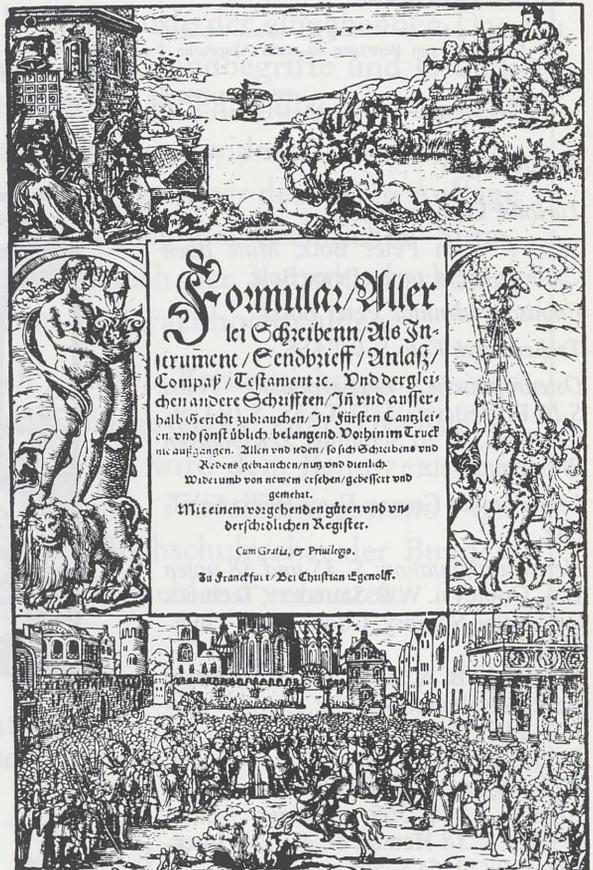
Es ist das Ziel der jetzt von der Stadt- und Universitätsbibliothek präsentierten Ausstellung, die Wichtigkeit Frankfurts für die juristische Literaturversorgung jener Zeit darzustellen. Angesichts des Umfangs und der Reichhaltigkeit rechtswissenschaftlicher Literatur, die Frankfurter Drucker und Verleger gegen Ende des 16. und zu Anfang des 17. Jahrhunderts herausbrachten, war an eine Vollständigkeit der Darbietung nicht zu denken. Es läßt sich schätzen, daß in der Zeit von 1530 bis 1630 in Frankfurt mindestens tausend juristische Titel erschienen sind - wahrscheinlich liegt die Zahl sogar noch höher. Rund 300 dieser Werke lassen sich heute noch im Bestand der Stadt- und Universitätsbibliothek ermitteln. Davon kann in der Ausstellung nur eine Aus-

wahl gezeigt werden: zum einen sind die wichtigsten Drucker und Verleger mit ihren Produkten zu sehen, zum anderen wird die große Spannbreite des in Frankfurt erschienenen juristischen Schrifttums deutlich.

Am Anfang steht der Druckerverleger Christian Egenolff, der den Buchdruck in Frankfurt etablierte. Die von ihm verlegten Titel entsprechen dem Bedarf, der durch die beginnende Rezeption des römischen gemeinen Rechts entstand: Einführungswerke in deutscher Sprache für den nicht rechtsgelehrten Laien wie Prozeßhandbücher, Formularwerke, Notariats- und Kanzleibücher, daneben auch deutsche Übersetzungen römisch-rechtlicher Quellentexte. Allmählich kommen dann wissenschaftliche Werke in lateinischer Sprache hinzu.

Der Durchbruch Frankfurts zur führenden Position auf dem Gebiet der juristischen Verlagstätigkeit beginnt um 1570 und ist eng mit der Person des Verlegers

1549



Forschung Frankfurt

Wissenschaftsmagazin
der Johann Wolfgang Goethe-Universität

Impressum

Herausgeber

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

Redaktion und Gestaltung

Dipl.-Math. Gisela Rietbrock, Referentin für Wissenschaftsberichterstattung, Senckenberganlage 31, Postfach 11 19 32, 6000 Frankfurt am Main, Tel. (069) 798-3266 und -3422, Telex 413932 unif d
Mitarbeit: Heike Schöbel.

Vertrieb

Angelika Meisel, Senckenberganlage 31, Raum 1067, Postfach 11 19 32, 6000 Frankfurt am Main, Tel. (069) 798-3422. Geschäftszeit: Mo. - Fr. 9 - 12 Uhr.

Bezugsbedingungen

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

Anzeigenverwaltung

Gisela Rietbrock, Postfach 11 19 32, 6000 Frankfurt am Main 11, Tel. (069) 798-3266 und -3422.

Herstellung

Satz: Herbert Back, 6230 Frankfurt am Main 80.
Repro und Druck: Johannes Weisbecker, 6000 Frankfurt am Main 90.

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

4. Jahrgang

ISSN 0175-0992

Abbildungen

Titelbild: Camera Press.

Seite 1: oben Peter Bolz, Mitte oben Camera Press, unten Peter Bolz.

Ethnische Identität: Peter Bolz.

Tschernobyl: Foto S. 9 TASS.

Osteuropäische Energiepolitik: Fotos S. 16 E. Nederya, S. 17 TASS, S. 19 United Press, S. 20 Schilling; Zeichnungen Waldemar Pelz.

Leben an der Grenze: Fotos Heinz Schilling.

Herztransplantation: S. 35 und 38 unten D.A. Cooley u. W.B. Saunders, Technics in Cardiac Surgery, Comp. 1984 Philadelphia;

S. 36 links B. A. Reitz u. E. B. Stimson, Herztransplantation 1982, JAMA - 02 - 213 - 215 (1983);

S. 36 rechts C. G. A. Mc Gregor, P. E. Oyer, u. N. E. Shumway, Proc. Allergy, 346-365, Karger, Basel (1986). S. 38 Hetzer, et. al., Der Internist, H 9 (1985) S. 566.

kurz berichtet

Sigismund Feyerabend verbunden. Er internationalisierte praktisch den Frankfurter juristischen Buchdruck. Unter den 125 Titeln, die er bis zu seinem Tod 1590 herausbrachte, überwiegen die Werke italienischer, französischer, spanischer und portugiesischer Juristen. Das Spektrum der Literaturarten reicht von Abhandlungen über Einzelfragen (Traktaten) über umfangreiche Gutachtensammlungen (Consilia) bis zu großen Kommentaren und Werkausgaben. Quelleneditionen der römischrechtlichen Texte gehören ebenso zu Feyerabends Verlagsprogramm wie der Druck von Entscheidungen in- und ausländischer Gerichtshöfe (Decisiones), wobei bemerkenswert ist, daß fast alle außerdeutschen Obergerichte mindestens mit einer Frankfurter Druckausgabe vertreten sind.

Neben Feyerabend druckten und verlegten im letzten Viertel des 16. Jahrhunderts in Frankfurt die Erben Christian Egenolffs rechtswissenschaftliche Titel, außerdem Nikolaus Bassée aus Tübingen und Andreas Wechsel aus Paris. Während Egenolffs Erben noch in großem Umfang populärwissenschaftliche Literatur und Werke deutscher Juristen

Christian Egenolff

*Talis evam fragili usendū: corpore forma,
Egnolphi proles, nomine Christianus.*



Getruckt zu Franckfort am Meyn/Bey
Christian Egenolffs Erben/
M. D. LXIII.



Sigismund Feyerabend

herausbrachten und erst gegen Ende des 16. Jahrhunderts einige italienische Werke verlegten, sind bei Bassée und vor allem bei Wechsel und seinen Nachfolgern die Werke ausländischer Juristen weit in der Überzahl. Wechsel hat offenbar – wie auch Feyerabend – in großem Umfang Titel nachgedruckt, die z. B. in Venedig oder Lyon erschienen waren.

Um die Jahrhundertwende nimmt die Zahl der auf juristischem Gebiet tätigen Drucker und Verleger zu. Zu nennen sind jetzt Namen wie Johann Spieß, Zacharias Palthenius, Peter Kopf, Johann Theobald Schönwetter, die Brüder Ruland und Gottfried Tampach. Nicht alle konnten in der Ausstellung berücksichtigt werden, von manchen ist auch der Anteil juristischer Literatur nicht zu ermitteln.

Der Druck juristischer Texte in Frankfurt in den ersten dreißig Jahren des 17. Jahrhunderts hält sich noch auf der Höhe der vorhergehenden Jahrzehnte, geht dann in den dreißiger Jahren stark zurück und erreicht später nie mehr die Bedeutung wie in den Jahren von 1570 bis 1630.

Reiner SCHOLZ

Universitätsbibliothekar, Stadt- und Universitätsbibliothek Frankfurt am Main

Thieme

Deutsches Hochschulrecht

Das Recht der wissenschaftlichen, künstlerischen,
Gesamt- und Fachhochschulen in der Bundesrepublik Deutschland

Von Dr. iur. Werner Thieme,
o. Professor an der Universität Hamburg

2., vollständig überarbeitete und erheblich erweiterte Auflage
1986. LXVII, 803 Seiten. Kunststoff ca. DM 240,-
ISBN 3-452-19765-4

Das Deutsche Hochschulrecht hat durch die in den sechziger Jahren einsetzende Hochschulreform grundlegende Änderungen erfahren. Von 1968 an war es kaum möglich, dieses Rechtsgebiet gründlich zu bearbeiten, ohne ständig durch neue Gesetzgebungsakte überrascht zu werden. Erst das 1976 in Kraft getretene Hochschulrahmengesetz bot die Grundlage für die Neubearbeitung des 1956 erstmals erschienenen Werkes. In den letzten Jahrzehnten erging zudem eine Fülle von juristischen und literarischen Äußerungen zum Hochschulrecht.

Dieses umfangreiche hochschulrechtliche Material im Sinne einer gezielten Orientierungshilfe für die Praxis aufzuarbeiten, ist ein erstes Anliegen dieser

Neuaufgabe. Darüber hinaus galt es, stärker als dies seinerzeit erforderlich schien, eine Hilfestellung bei der Bewältigung von Grundsatzproblemen zu bieten. Daher wurde der eingehenden Darstellung der Grundbegriffe und Grundprobleme im Hochschulrecht nunmehr breiterer Raum gewidmet. Neu einbezogen wurde gegenüber der ersten Auflage die Erläuterung der rechtlichen Situation im Bereich der Kunsthochschulen, Gesamt- und Fachhochschulen.

Durch die Berücksichtigung des 3. Änderungsgesetzes zum Hochschulrahmengesetz wird dem Benutzer somit der aktuelle Novellierungsstand des gesamten Hochschulrechts der Bundesrepublik Deutschland vermittelt.

569 6 86



Carl Heymanns Verlag
Köln Berlin Bonn München

Suhrkamp Wissenschaft

Eine Auswahl aus dem Programmschwerpunkt ›Wissenschaftsforschung‹

HANS BLUMENBERG

Die Genesis der kopernikanischen Welt
803 Seiten. Leinen. DM 78,-
stw 352. 3 Bde. in Kassette.
803 Seiten. DM 27,-

GERNOT BÖHME

Alternativen der Wissenschaft
stw 334. 271 Seiten. DM 13,-

GEORGES CANGUILHEM
Wissenschaftsgeschichte und Epistemologie

Gesammelte Aufsätze
Herausgegeben von
Wolf Lepenies
stw 286. 156 Seiten. DM 10,-

Geplante Forschung

Vergleichende Studien über den
Einfluß politischer Programme
auf die Wissenschaftsentwicklung
Herausgegeben von Wolfgang
van den Daele, Wolfgang Krohn
und Peter Weingart
stw 229. 368 Seiten. DM 16,-

YEHUDA ELKANA

Anthropologie der Erkenntnis
Die Entwicklung des Wissens als
episches Theater einer listigen
Vernunft
530 Seiten. Gebunden. DM 68,-

LUDWIK FLECK

**Entstehung und Entwicklung
einer wissenschaftlichen
Tatsache**

Einführung in die Lehre vom
Denkstil und Denkkollektiv
Mit einer Einleitung von Lothar
Schäfer und Thomas Schnelle
240 Seiten. Gebunden. DM 36,-
stw 312. 240 Seiten. DM 12,-

Erfahrung und Tatsache

Gesammelte Aufsätze
Mit einer Einleitung
herausgegeben von Lothar
Schäfer und Thomas Schnelle
stw 404. 195 Seiten. DM 16,-

GIDEON FREUDENTHAL

**Atom und Individuum im
Zeitalter Newtons**
Zur Genese der mechanistischen
Natur- und Sozialphilosophie
331 Seiten. Leinen. DM 44,-

GALILEO GALILEI

**Sidereus Nuncius (Nachricht
von neuen Sternen)**

Dialog über die Weltsysteme
(Auswahl)
Vermessung der Hölle Dantes
Marginalien zu Tasso
Herausgegeben und eingeleitet
von Hans Blumenberg
stw 337. 267 Seiten. DM 12,-

GERALD HOLTON

**Thematische Analyse der
Wissenschaft**

Die Physik Einsteins und seiner
Zeit
stw 293. 418 Seiten. DM 18,-

KARIN KNORR-CETINA

**Die Fabrikation von
Erkenntnis**
Zur Anthropologie der
Wissenschaft

Mit einem Vorwort von
Rom Harré
Theorie. 358 Seiten. Leinen.
DM 48,-

ARTHUR O. LOVEJOY

Die große Kette der Wesen
Geschichte eines Gedankens
463 Seiten. Leinen. DM 68,-

ROBERT K. MERTON

**Entwicklung und Wandel von
Forschungsinteressen**

Aufsätze zur
Wissenschaftssoziologie
Mit einer Einleitung von
Nico Stehr
414 Seiten. Gebunden. DM 68,-

JOSEPH NEEDHAM

**Wissenschaftlicher
Universalismus**
Über Bedeutung und
Besonderheit der chinesischen
Wissenschaft

Herausgegeben und übersetzt
von Tilman Spengler
412 Seiten. Leinen. DM 48,-
**Wissenschaft und
Zivilisation in China**
Band 1 der von Colin A. Ronan
bearbeiteten Ausgabe
375 Seiten. Leinen. DM 58,-

BENJAMIN NELSON

Der Ursprung der Moderne
Vergleichende Studien zum
Zivilisationsprozeß
stw 641. 232 Seiten. DM 16,-

HELGA NOWOTNY

**Kernenergie: Gefahr oder
Notwendigkeit**

Anatomie eines Konflikts
Mit einem Vorwort von
Peter Weingart
stw 290. 320 Seiten. DM 12,-

RUDOLF STICHWEH

**Zur Entstehung des modernen
Systems wissenschaftlicher
Disziplinen**

Physik in Deutschland 1740-1890
559 Seiten. Gebunden. DM 68,-

JOSEPH WEIZENBAUM

**Die Macht der Computer und
die Ohnmacht der Vernunft**
stw 274. 369 Seiten. DM 18,-

EDGAR ZILSEL

**Die sozialen Ursprünge der
neuzeitlichen Wissenschaft**
Herausgegeben und übersetzt
von Wolfgang Krohn
Mit einer biobibliographischen
Notiz von Jörn Behrmann
stw 152. 288 Seiten. DM 16,-