Informationsblätter zur Fortbildung
von Lehrern an höheren Schulen

Wissenschaftliche Nachrichten

ZENTRALBIBLIOTHEK FÜR PHYSIK WIEN · 8 ·

Herausgegeben vom Bundesministerium für Unterricht und Kunst

Nr. 66 – September 1984

Das Informationsblatt „Wissenschaftliche Nachrichten erscheint im September, im Jänner und im April jedes Schuljahres. Es geht auf Grund des Erl. der BMfU vom 18. 11. 65, Z. 120.712-V/4a/65 über die zuständigen Schulbehörden (LSR bzw. SSR) den Direktionen der allgemeinbildenden und der berufsbildenden höheren Schulen Österreichs zur kostenlosen Verteilung an alle Lehrer zu, welche in den genannten Schulkategorien **Philosophie, Mathematik,** ein **naturwissenschaftliches Fach, Geographie** und **Wirtschaftskunde** unterrichten. Schulen, die dem BMfU unterstehen, werden direkt von der Druckerei beliefert. Es wird gebeten, bei Anfragen das Rückporto in Form von Marken beizulegen.

Neuer CERN-Triumph:

Gerade noch rechtzeitig vor der Fertigstellung dieser Ausgabe wurde bekannt, daß die **CERN-Physiker** das

Top-Quark

nachgewiesen haben. Damit haben sich die auf Seite 30 dieses Heftes geäußeren Erwartungen bezüglich neuer physikalischer Forschungsergebnisse glänzend erfüllt! (Juli 1984.)

Zur Beachtung!

Ersuchen um eine höhere Zuteilungsrate der Wissenschaftlichen Nachrichten sind von den einzelnen Schuldirektionen an die zuständigen Landesschulräte zu richten.

INHALT:

Seite

GRUNDWISSENSCHAFTLICHE PROBLEME

Buchbesprechungen ... 2

BIOLOGIE, GEOWISSENSCHAFTEN

Das Mendeljahr 1984 ... 3
Die Ethologie des Menschen ... 3
Kurznachrichten ... 6
Buchbesprechungen ... 14

CHEMIE

Erfahrungen mit einem chemischen Praktikum (II) ... 14
Kurznachrichten ... 19
Buchbesprechungen ... 19

EXPERIMENTALPHYSIK

Versuche zur Frequenzmodulation (II) ... 20
Ein neues Drehimpulsgerät ... 21
Strömungsversuche – rasch und sicher ... 22

MATHEMATIK

Ein großer Fortschritt in der Fermat-Problematik ... 24
Elementarer Beweis der Formel $e^{ix} = \cos x + i \cdot \sin x$ ... 24
Die 29. Mersennesche Primzahl ... 25
Vierecke mit rationalen Maßzahlen der Seiten, Diagonalabschnitte und des Inhalts ... 25
Über die Datumsgrenze ... 28
Aufgabenecke ... 28

PHYSIK, ASTRONOMIE

Vor Überraschungen? ... 30
Element Z=108 entdeckt ... 30
Technische Probleme der kontrollierten Kernfusion ... 30
Erstmals Lawson-Schranke überschritten ... 33
Ein ungewöhnlicher Fall von natürlicher Radioaktivität ... 34
Ein gigantischer Vulkanausbruch vor 1400 Jahren ... 34
Plutoniumisotope aussortiert ... 35
Lichtleitertelefon Washington–New York ... 35
Gasspektroskopie bei weniger als 1 Kelvin ... 35
Röntgenlaser in Sicht ... 36
Die Vulkane auf Io ... 37
Der dritte Millisekunden-Pulsar ... 38
Genauere Erdmasse ... 38
10^{-5} Bogensekunden optischer Auflösung? ... 38
Zwei spektakuläre Röntgensterne ... 39
Erdbewegung und Eiszeiten ... 39
Das Pfannkuchenmodell des heutigen Universums ... 41
Mitteilungen der ÖPG ... 43
Kurznachrichten ... 43

WIRTSCHAFTS- UND SOZIALGEOGRAPHIE, WIRTSCHAFTSINFORMATIONEN

Welternährungsproblem und Bodenressourcen ... 46
Die Klimagliederung Österreichs in neuer Sicht und die Folgen für die Wasserbilanztypen ... 48
Empfehlenswerte Neuerscheinungen ... 52

GRUNDWISSENSCHAFTLICHE PROBLEME

Dr. Franz Anton

Buchbesprechungen

Grundkurs Philosophie, 10 Bde., Vlg. W. Kohlhammer. Bisher ersch. Bde. 1, 2, 4, 5.

Die zunehmende Flut wissenschaftlicher Publikationen und namentlich die Spezialisierung der Problemdeutungen haben auch vor der Philosophie nicht Halt gemacht. Dies hat zur Folge, daß eine umfassende Darstellung der Philosophiegeschichte und ihrer systematischen Entfaltung immer größere Schwierigkeiten mit sich bringt.

Zur Zeit vermögen wohl nur W. Totok (Vlg. Klostermann), dessen auf reine Literatursichtung reduzierte Arbeit freilich eher im Bereich der Wissenschaft und Forschung Aufnahme findet, und der nun neu erscheinende F. Überweg, das gediegene, aber umfangreiche und spezielle Standardwerk, ihren Stellenwert unangefochten zu behaupten. Um so mehr muß man den Mut des Kohlhammer-Verlages würdigen, eine zehnbändige Taschenbuchreihe über Philosophiegeschichte und ausgewählte systematische Problemstellungen (Anthropologie, Erkenntnistheorie, Ontologie, Ethik, Gotteslehre) vorzulegen. Das Werk, das die Philosophie gleichsam in verdaulichen „Brocken" vermittelt, hat einen einführenden Charakter, der Grundkurs soll „den Einstieg in die Philosophie erleichtern und zu kritischem Denken anregen, die philosophischen Auffassungen verständlich darlegen, den behandelten Stoff klar gliedern und auf weiterführende Literatur verweisen" (Klapptext).

Diese Zusammenstellung scheint insofern besonders geschickt gewählt, als sich die Möglichkeit böte, die systematischen Probleme aus der Schärfung einer philosophiegeschichtlichen Grundlage zu behandeln. Damit gewänne der „Grundkurs" ein hohes Maß von pädagogischer Aktualität.

Es stellt sich also die Frage, ob sich das Werk als Hilfe für den Philosophielehrer oder den interessierten Fachkollegen eignet, der einen kompakten Überblick über den heutigen Diskussionsstand sucht oder Hilfestellung in der Vermittlung von Philosophie in der Schule erwartet. Darüber hinaus bleibt zu fragen, ob sich die Anschaffung dieser preiswerten Bände als einführende oder begleitende Lektüre für interessierte Schüler lohnt.

Bernhard Braun

Haeffner Gerd, Philosophische Anthropologie (Grundkurs Philosophie I). Urban-TB 345, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 1982. 180 S., kart., DM 18,–.

Was der der christlichen Heideggerschule nahestehende H. hier vorlegt, ist der Wunsch, das legitime Anliegen einer Konstitution von Person über eine eigenwillige Symbiose Heideggerschen Vollzugsdenkens und sprachphilosophischen Ansätzen zu verwirklichen. Dies ist kein geringeres Unterfangen, als den griechischen Geist, der sich bei Martin Heidegger in gewisser Weise in seine radikalste Gestalt bringt, gegen sich selbst auszuspielen. Daß der Autor diesem hohen Anspruch nicht gerecht werden kann, mag vielleicht weniger überraschen. Die Gründlichkeit dieses Mißlingens macht jedoch das Büchlein geradezu zu einer interessanten Lektüre. Innerhalb einer gepflegten Atmosphäre von (Schön)Geistigkeit, wo zudem durch das Abschieben des Geschehens auf eine sprachphilosophische Ebene jede ontologische Verbindlichkeit beseitigt ist, trägt sich in allen relevanten Fragen das Scheitern zu: H. vermag keine Übergeschichtlichkeit in der Geschichte zu begründen (74 ff.), das Leib-Seele-Problem findet nicht einmal Eingang in das Register, das Problem des Todes mündet nach mühsamen Erörterungen ausgerechnet in Platons „Phaidon" und damit in jene Beleuchtung griechischer All- und Weltseele, die personalem Selbststand in einer kulturgeschichtlichen Dimension diametral entgegensteht (166 ff.). Die Gedanken zur Gottesvorstellung, in H.s Worten zur „Wolke des Nicht-Wißbaren" (sic!) geraten überhaupt zum Fiasko. Was Wunder, daß für H. Person zum Schluß tatsächlich „Maske" bleibt (155), austauschbares Element modernen Funktionärswesens. Dem Leser, dem freilich Grundkenntnisse von Martin Heidegger nicht fehlen dürfen, zeigt H. unbeabsichtigt die notwendige Unzulänglichkeit einer versuchten (und von Heidegger immer abgelehnten) christlichen Interpretation seines Denkens. Der Anfänger wird wohl kaum mehr als einige beeindruckende, das eigene Lebensgefühl verbalisierende Überlegungen finden.

Bernhard Braun

Keller Albert, Allgemeine Erkenntnistheorie (GK Phil. II). Urban-TB 346, Vlg. W. Kohlh. Stuttgart, 1982. 184 S., kart., DM 18,–.

Geschickt und sorgsam skizziert der Autor mit einem geradezu spannenden Erzählstil, aus der Fülle philosophiegeschichtlicher Zusammenhänge schöpfend, ein Problemfeld, dessen nähere Behandlung man interessiert erwartet. Bei aller Beugung, die Denker wie Heidegger und Hegel erleiden müssen, um eine Hinführung zum Thema zu ermöglichen, kommt es zu keiner Vergewaltigung deren Denkens. K. schreibt neutral, übersichtlich – sogar mit einer gewissen Relativierung des eigenen Standes, was man bei Autoren analytischer Herkunft kaum erlebt (vgl. 45, 75 ff., 95 u. a.) – ein mit philosophiegeschichtlichen Details garniertes „gebildetes Buch". Die aus zwei Teilen bestehende Monographie (Anfragen an die Erkenntnistheorie und die Antworten darauf) motiviert den Leser für die Probleme der Erkenntnistheorie und bietet in verblüffend klarer Sprache „verblüffend vernünftige Lösungen", so etwa zur Frage der Voraussetzungslosigkeit der Wissenschaft oder zum Problem metaphysischen Sprechens. Auch die entscheidende Wahrheitsfrage grenzt K. explizit auf den erkenntnistheoretischen Rahmen ein (112) und präjudiziert dadurch in keiner Weise eine umfassendere ontologische Fundierung. Die Verständlichkeit des Textes erfordert natürlich eine bewußte Einschränkung im Absehen von Wissenschaftstheorie und Sprachphilosophie, obwohl immer wieder Bezüge dazu hergestellt werden. – Ein Büchlein, das – durchaus am Stand der Diskussion – dem Lehrer viele nützliche Anregungen bieten kann und dem Schüler eine verständliche und spannende Einführung in die einschlägigen Probleme gibt.

Bernhard Braun

Ricken Frido, Allgemeine Ethik (GK Phil. IV). Urban-TB 348, Vlg. W. Kohlh., Stuttgart, 1983. 172 S., kart., DM 18,–.

Obwohl im Vorwort einige brennende Probleme heutiger und wohl auch zukünftiger Welt wie Friedenssicherung, Verantwortung für Umwelt, gerechte Wirtschafts- und Sozialordnung genannt werden, kehrt der Autor doch sogleich diese Exposition unter den Teppich einer allgemeinen „Klärung der Grundbegriffe" und „der Diskussion über die Möglichkeit sittlicher Erkenntnis und moralischer Urteile". Damit erübrigt sich nach Auskunft des Sachregisters, auf den folgenden 150 Seiten Probleme wie Natur, Naturrecht, Technik, Friede auch nur zu erwähnen. Vielmehr windet sich der Text in mühsamer und komplizierter Ausdrucksweise durch die Themenpalette: Nonkognitive und Kognitive Theorien, Begriff moralischer Handlung mit handlungstheoretischen Überlegungen, Problem der Universalisierung und transzendentaler Normenbegründung, um schließlich – etwas überraschend – in die gute alte Güterabwägung und die Frage des Gewissens zu münden. Das vorliegende Werk mag dem an Ethik besonders interessierten Leser zwischendurch ein interessantes Nachschlagewerk sein, das – bei Ausschluß traditioneller Themen oder historischer Strömungen der Ethik (eine Einführung hat dies zumindest zu berücksichtigen) – Auskunft über Probleme der modernen analytischen Ethik gibt. Für den Schüler, ja selbst für den beginnenden Studenten ist dieser Band jedoch völlig ungeeignet und in der vorliegenden Reihe fehl am Platz.

Bernhard Braun

BIOLOGIE, GEOWISSENSCHAFTEN

Prof. F. Mückenhuber

Korrektur zum Artikel „SCHMERZ und SUCHT" aus Heft Nr. 65, Seite 6 und 7.

Die Beschreibung Abb. 3: „Schmerzgeschehen, dargestellt als Blockdiagramm mit Sender, Übermittler und Empfänger sowie den jeweiligen Wirksubstanzen, die den Schmerz an verschiedenen Stellen bekämpfen", gehört zu Abb. 4 auf Seite 7, dagegen gehört der erste Satz unter der Überschrift „Schmerzleitung und Substanz P" zu Abb. 3 auf Seite 6.

Wir bitten, den Fehler zu entschuldigen.

Gerhard Czihak*)

Das Mendeljahr 1984

Wer heute ein Lehrbuch der Biologie aufschlägt – ganz gleich, in welcher Sprache geschrieben – wird vieles über Mendel und seine revolutionären Entdeckungen lesen. Selbst in Schulbüchern wird seiner zusammen mit Darwin als des bedeutendsten Biologen des 19. Jahrhunderts gedacht, die ähnlich wie Kopernikus, Galilei oder Newton unser Verständnis natürlicher Geschehnisse wesentlich erweitert haben.

Das international bedeutendste Nachschlagewerk für Humangenetik heißt „Mendelian Inheritance in Man". Es belegt die Bedeutung der Mendelschen Experimente weit über die Pflanzenzüchtung hinaus, und die Wissenschaftler sind heute noch erstaunt und fragen sich, wie es einem Klostermönch möglich gewesen ist, über viele Jahre intensiv zu experimentieren.

Heute, da die wenig erhaltenen Dokumente über Mendel durch Studien der Universitäts- und Klostergeschichte seiner Zeit ergänzt sind, ist klar, daß die Brünner Augustiner keineswegs in Weltabgeschiedenheit lebten, sondern – sie waren fast alle bedeutende Gelehrte – in Schulen, wissenschaftlichen Gesellschaften oder an Universitäten wirkten.

Mendel trat in dieses Kloster auf Empfehlung seines Mathematik- und Physiklehrers der Olmützer Universität ein; er wurde durch seine ganze Jugend mit Empfehlungen von Lehrern geführt, die zusammen mit den Pfarrern es als ihre Pflicht betrachteten, junge Talente zu fördern. Der Abt des Klosters, C. F. Napp, zählt ja auch zu diesen, denn er orientierte sich an Mendels Begabung, die er in jeder Weise fördern wollte, schickte ihn zunächst als Hilfslehrer in ein Gymnasium und dann zum Studium nach Wien.

Mendels Versagen bei der Lehramtsprüfung ist darauf zurückzuführen, daß er zunächst angetreten war, ohne je eine Universitätsausbildung absolviert zu haben, daß er beim zweiten Versuch wegen eines epileptischen Anfalles die Prüfung abbrechen mußte, und daß schließlich die antiklerikale Haltung der Wiener Universitätsprofessoren nach dem Revolutionsjahr 1848 auch einen Teil dazu beigetragen haben mag. Im übrigen war die Epilepsie wohl der Anlaß, daß seine Eltern den Gedanken aufgaben, ihn einmal als Bauern das kleine Anwesen übernehmen zu lassen, aus dem nicht viel mehr zu holen war, als den Hungertod gerade vermeiden zu können.

Trotz der beiden „Versager" fiel er weder bei den lokalen Schulbehörden, die ihn weiter als Supplenten beschäftigten und ihm wohlwollende Inspektionsbegutachtungsschreiben schickten, noch bei seinem Abt in Ungnade: Napp ließ ihn im Gegenteil einen Versuchsgarten einrichten und erlaubte ihm, neben seinem Schuldienst 9 Jahre lang zu experimentieren.

Die Sorgfalt, mit der Mendel seine Versuche durchführte, zwingt jedem modernen Experimentator Bewunderung ab. Dies ist nicht Frucht seines Biologiestudiums, sondern seiner Ausbildung in Physik und Mathematik, die er an der Wiener Universität erhielt. Im Physikpraktikum lernte er Versuche planen, durchführen und auswerten.

Neue Rassen züchten und kreuzen konnten Mitte des vorigen Jahrhunderts viele. So hat Mendel auch mit einem erfolgreichen Ziergärtner in Brünn, z. B. bei der Zucht von Fuchsien, zusammengearbeitet. Aber die Regeln der Vererbung waren nicht bekannt, eine Wissenschaft mit klaren Aussagen hatte sich aus dem Probieren noch nicht entwickelt.

Mendel fand als Ergebnis seiner umfangreichen Versuche, daß sorgfältig ausgewählte klar unterscheidbare Merkmale durch zwei frei kombinierbare Elemente (heute Gene genannt) bedingt sein müssen, und daß eines dieser Elemente dominant, das andere rezessiv sein muß. Diese Erkenntnis wurde seither tausende Male bestätigt und daran ändert auch die Tatsache nichts, daß manche Merkmale durch viele Gene geprägt sein können oder daß die Dominanz nicht immer ausgeprägt sein muß.

Mendel starb vor 100 Jahren. Deshalb gedenkt man weltweit auch in der Öffentlichkeit seines Lebensweges und seiner Leistungen. Ihm zu Ehren wurde eine umfangreiche Ausstellung in den Landeshauptstädten Österreichs gezeigt.

Anschließend wird sie noch in Heidelberg, Zürich, Rom und Mailand gezeigt und auch in überseeische Länder gebracht.

*) Professor an der Abteilung für Genetik und Entwicklungsbiologie der Universität Salzburg, E.-Klotz-Str. 11, Salzburg.

Irenäus Eibl-Eibesfeldt

Die Ethologie des Menschen

Die Humanethologie wird als Biologie menschlichen Verhaltens definiert, und entsprechend ihrer biologischen Fragestellung sucht sie einerseits die Funktionsweise des Organismus Mensch zu ergründen; darüber hinaus stellt sie andererseits die Frage nach dem Gewordensein der beobachteten Verhaltensweisen. Im ersten Fall geht es gewissermaßen um die Aufklärung der unmittelbaren Ursachen eines Verhaltens, um die Erforschung der Funktionsweisen der physiologischen Maschinerie. Wir wollen wissen, was ein Verhalten in Gang setzt und dergleichen mehr. Das ist der Aufgabenbereich der Verhaltensphysiologie. Die Frage nach dem Gewordensein bemüht sich dagegen um Einsicht in die Ursachen, die ein bestimmtes Verhalten im Laufe der Stammesgeschichte, Kulturgeschichte oder Individualgeschichte entstehen ließen. Die Frage nach diesen „letzten Ursachen" ist eng mit der Frage nach der Funktion verknüpft. Erst wenn man herausfindet, welche Aufgabe im Dienste der Eignung eine Verhaltensweise erfüllt, in welcher Weise sie also zum Überleben des Merkmalsträgers in Nachkommen beiträgt, weiß ich, welcher Selektionsdruck ihr Zustandekommen bewirkte. Es leuchtet ein, daß die Beantwortung dieser Fragen ganz andere Methoden erfordert als die Verhaltensphysiologie. So spielt die vergleichende Methode bei der Rekonstruktion stammesgeschichtlicher Zusammenhänge und beim Aufspüren von Universalien im menschlichen Verhalten eine große Rolle. Ferner bedingt die Frage nach der Angepaßtheit eine ökologische Ausrichtung. Es gibt jedoch Bereiche, in denen die Methoden beider Richtungen eingesetzt werden, so bei der experimentellen Erforschung von Säuglingen und von Kindern, die unter bestimmten Bedingungen des Erfahrungsentzuges heranwachsen.

Die Humanethologie beschränkt sich keineswegs, wie gelegentlich angenommen wird, nur auf die Erforschung des biologischen Erbes im menschlichen Verhalten. Die biologische Fragestellung nach den verursachenden Selektionsfaktoren erweist sich auch für kulturell entwickelte Verhaltensmuster als sinnvoll.

Ein Schwerpunkt der Humanethologie liegt jedoch sicher bei der Erforschung des stammesgeschichtlichen Erbes. Das hat seine guten Gründe. Die Verhaltenswissenschaften vom Menschen wurden nämlich, seit Pawlow die bedingten Reflexe ent-

*) Univ.-Prof. Dr. Irenäus Eibl-Eibesfeldt, Leiter der Forschungsstelle für Humanethologie, Seewiesen.

**) Der Artikel entspricht einem Vortrag des Verfassers anäßlich des Internationalen Konrad-Lorenz-Symposions vom 28. bis 30. September 1983 im Kongreßzentrum Laxenburg. Er wurde vom ORF, Landesstudio Niederösterreich, im Rahmen einer Dokumentation herausgegeben und der Abdruck gestattet.

deckte, von dem Glauben beherrscht, man könne alles Verhalten aus diesen Bausteinen konstruieren. Man glaubte, die Elemente des Verhaltens entdeckt zu haben und hoffte, nach dem Vorbild der Physik, den Aufbau des Verhaltens aus diesen Bausteinen experimentell erforschen zu können. Einer objektiven Verhaltensforschung schien sich in der Tat der Weg zu öffnen, und diese Möglichkeit griff man begeistert auf, zumal die biologischen „Instinktivisten" der damaligen Zeit mit einem oft mystischen Instinktbegriff operierten. Darwins Ansatz war noch nicht zum Durchbruch gekommen. Es traf sich ferner, daß die Milieutheorie in der Reflexlehre eine wissenschaftliche Begründung zu finden meinte. Watson, der Begründer des Behaviorismus, war der festen Überzeugung, der Mensch würde einzig durch die Umwelt geformt. Das bestimmte in der Folge den zum Teil radikal milieutheoretisch ausgerichteten antigenetischen und antibiologischen Kurs des Behaviorismus, der im kulturellen Relativismus der Völkerkunde eine Entsprechung fand, und blockierte in Teilbereichen den Erkenntnisfortschritt der Verhaltensforschung. Es ist das Verdienst von Konrad Lorenz und Niko Tinbergen, die Verhaltensforschung aus dieser Sackgasse herausgeholt zu haben. Mit den von ihnen entwickelten Konzepten der Ethologie gaben sie der Verhaltensforschung neue Impulse. Insbesondere die Klärung des Begriffes „angeboren" im Sinne von stammesgeschichtlich angepaßt verhalf der biologischen Richtung zum Durchbruch. Lorenz zeigte zunächst an Tieren, daß deren Verhalten in genau definierbarer Weise durch stammesgeschichtliche Anpassungen quasi vorprogrammiert ist. Tiere verfügen über ein Repertoire von Bewegungsweisen, die sich auch dann entwikkeln, wenn relevante, die spezifische Passung betreffende Information während der Ontegenese vorenthalten wird. Die den Bewegungen zugrunde liegenden Neuronennetze wachsen demnach in einem Prozeß der Selbstdifferenzierung auf Grund der im Erbgut festgelegten Entwicklungsanweisungen bis zur Funktionsreife. In einer vielleicht nicht ganz präzisen, aber doch zweckmäßigen Kurzbeschreibung pflegt man von angeborenen Bewegungsweisen zu sprechen. Neben diesem angeborenen Können zeigen Tiere die Fähigkeit, bestimmte Reizsituationen wiederum vor relevanter, individueller Erfahrung, in arterhaltend sinnvoller Weise zu beantworten. Man kann von einer Fähigkeit angeborenen Erkennens sprechen. Sie beruht auf Apparaten der Wahrnehmung, die in einem Prozeß der Selbstdifferenzierung heranwachsen. Unter ihnen spielen die von Lorenz und Tinbergen erforschten „angeborenen Auslösemechanismen" eine besondere Rolle. Sie sind auf spezifische Reizmuster abgestimmt und so mit der Motorik verschaltet, daß beim Eintreffen bestimmter Schlüsselreize bestimmte Verhaltensweisen ausgelöst werden.

Auf die Vielzahl der Einrichtungen, die als Sollmuster z. B. über Rückmeldung ein Verhalten steuern oder Erwartungen bestimmen, kann hier nur hingewiesen werden, ebenso auf die Tatsache, daß Organismen nicht passiv als Groschenautomaten auf Reize warten, sondern von einer Vielzahl von motivierenden Mechanismen angetrieben, im Appetenzverhalten nach auslösenden Reizsituationen suchen, die es erlauben, ein Verhalten abzureagieren. Neurogene Motivation spielt dabei eine besondere Rolle. Sie wurde zum ersten Mal von Erich von Holst für Bewegungsweisen der Lokomotion nachgewiesen. Entscheidende Durchbrüche der neueren Zeit verdanken wir der Erforschung der physiologischen Chemie des Hirns. Wir kennen mittlerweile eine Fülle von Überträgersubstanzen und Hirnhormonen, die als Modulatoren die Hirntätigkeit regional in spezifischer Weise beeinflussen. Bleibt noch der Hinweis, daß auch das Lernen durch stammesgeschichtliche Anpassungen bestimmt wird, die artspezifische Lernbegabungen bewirken. Eine solche ist die von Lorenz entdeckte Objektprägung.

Die biologische Verhaltensforschung erblühte nach dem Zweiten Weltkrieg. Die Tatsache, daß in den letzten zehn Jahren sechs Vertreter dieser Richtung mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurden, unter ihnen unser Jubilar, belegt die Bedeutung dieser Disziplin.

In den angeborenen Formen möglicher Erfahrung zeigte Lorenz bereits auf, in welchem Ausmaß wohl auch die menschliche Wahrnehmung durch stammesgeschichtliche Anpassungen vorprogrammiert sein dürfte. Und 1951 bezeichnete er es als die wichtigste Aufgabe der von ihm begründeten neuen Forschungsrichtung, im einzelnen zu prüfen, wie weit die von ihm durch Forschungen an Tieren entwickelten Hypothesen auch zum Verständnis menschlichen Verhaltens beitragen können, und zwar durch Forschung am Menschen. Nun, das ist mittlerweile geschehen. In den frühen sechziger Jahren begann man von verschiedenen Seiten mit humanethologischer Forschung. Ich beschränke mich darauf, auf Blurton Jones, McGrew, Hutt und Brannigan hinzuweisen. Die Anstöße gingen wohl von Bowlby und Ainsworth aus, die, auf Lorenz basierend, eine biologische Attachment-Theorie entwickelten. Die Kinderethologie ist bis heute ein blühendes Fach. In Deutschland wären die Arbeiten von Hassenstein und seinen Mitarbeitern zu nennen, ferner Grossmann und viele andere. Zahlreiche experimentelle Untersuchungen belegen, daß bereits Neugeborene sehr differenziert wahrnehmen. Projiziert man fünfzehn Tage alten Säuglingen einen sich symmetrisch ausdehnenden Fleck, dann reagieren sie mit Abwehrbewegungen und blinzeln, so als würde ein Objekt in Kollisionskurs auf sie zukommen. Sie verbinden also mit dem visuellen Eindruck taktile Erwartungen – ein netter Nachweis für einen angeborenen Auslösemechanismus (AAM). Asymmetrisch sich ausdehnende Flecken bewirken keine Erregung, offenbar interpretiert sie der Säugling als vorbeiziehend (Ball und Tronick 1971. Bower 1970). Meltzoff und Moore (1983) wiesen nach, daß Neugeborene bestimmte Gesichtsausdrücke, zum Beispiel des Erstaunens und der Freude, nachahmen, was vorgegebene Projektionsbahnen von der Wahrnehmung zur Motorik erfordert.

Ich selbst begann in den frühen sechziger Jahren mit Untersuchungen an Taub- und Blindgeborenen. Obgleich diese Kinder in ewiger Nacht und Stille heranwachsen und demnach keinerlei Vorbild nachahmen können, zeigen sie eine Reihe der typischen Gesichtsbewegungen wie Lächeln und Weinen. Der Nachweis stammesgeschichtlich angepaßter Verhaltensmuster beim Menschen war damit erbracht, doch ist die Information, die man von Taubblinden erhalten kann, natürlich begrenzt, da viele der komplizierten Verhaltensweisen über das Auge und das Gehör ausgelöst werden – über Kanäle, die bei Taubblinden verschlossen sind. Ich begann daher 1964 zusammen mit meinem langjährigen Freund Hans Hass mit der Dokumentation ungestellter sozialer Interaktionen im Kulturvergleich. Kulturen verfolgen verschiedene Sozialisationspraktiken, und sie entwickelten sich in sehr verschiedenen Umwelten. Verhaltensmuster, die sich dennoch und sogar gegen den erzieherischen Druck ausbilden, weisen auf angeborene Dispositionen hin. So entwickeln sich geschlechtstypische Verhaltensweisen im Kibbuz auch gegen den auf Egalität ausgerichteten erzieherischen Druck (Spiro 1979). Da kulturell Tradiertes ferner einem schnellen Wandel unterliegt – man denke an die rasche Evolution der Sprachen – weisen Universalien im Verhalten auf stammesgeschichtliche Anpassungen hin, mit der Einschränkung natürlich, daß gleichsinnig formende Umwelteinflüsse ausgeschlossen werden können. Aus diesen Anfängen erwuchs ein umfangreiches Dokumentationsprogramm, das seit 1969 in Longitudinalstudien eine Reihe von Kulturen erfaßt, die im Modell verschiedene Entwicklungsstufen der kulturellen Evolution vorführen. Es handelt sich um die Buschleute aus Kalahari, die als Jäger und Sammler den altsteinzeitlichen Typus repräsentieren, die Yanomami des oberen Orinoko als beginnende Pflanzer, die Eipo West-Neuguineas als neusteinzeitliche Pflanzer, die Himba des Kaokolandes als Hirtenvolk, die Trobriander als Gärtner der Südsee und die Balinesen als Bauernkultur nichtwestlicher Prägung. Dann erhob ich Stichproben bei vielen anderen Kulturen. Wir haben mittlerweile an die 200 km 16-mm-Filme von ungestellten sozialen Interaktionen und Ritualen in unserem humanethologischen Filmarchiv der Max-Planck-Gesellschaft. In Gemeinschaftsproduktion mit dem Institut für den wissenschaftlichen Film in Göttingen werden daraus Filmpublikationen hergestellt. Das Original bleibt allerdings unangetastet.

Als Bezugsbasis für den Vergleich läuft ferner seit 1970 ein Kindergartenprojekt. Über Jahre werden mit Hilfe von Videoaufnahmen die sozialen Interaktionen der Kinder registriert und statistisch ausgewertet. Meine Mitarbeiterin Barbara Hold (1976) wies dabei unter anderem nach, daß das von Chance und Larsen (1976) erarbeitete Kriterium für Ranghöhe auch für Kinder gilt. Ranghoch sind jene, die von den Kindern am meisten angeschaut werden, die also im Zentrum der Aufmerksamkeit stehen oder, wie das im Deutschen schön zum Ausdruck kommt, die „Ansehen" genießen.

Die kulturenvergleichende Dokumentation belegt nun eine Reihe von bemerkenswerten Gemeinsamkeiten. Ich möchte die Eltern-Kind-Beziehung als Beispiel bringen. Vergleicht man die Filmaufnahmen aus verschiedenen Kulturen, dann fällt einem die weitgehende Übereinstimmung der Interaktionsmuster auf. Die Mutter bemüht sich überall sehr früh um Blickkontakt mit dem Kind, und das Kind richtet seine Augen zunächst nach der Mutter. Die Mutter interpretiert dies als Zuwendung. Interessanterweise fixieren auch Blindgeborene die Mutter bzw. die Schallquelle, offenbar auf Grund eines zentralen Fixierprogramms. In allen Kulturen fanden wir, daß Mütter ihre Säuglinge in typischer Babysprache zum Spiel ermuntern. Die Sprechlage ist um eine Oktave gegenüber der Normalsprache

erhöht, und zwar nicht nur bei Personen weiblichen Geschlechts. Auch Männer sprechen um eine Oktave höher. Beim Sprechen und Scherzen nähern und entfernen die Mütter rhythmisch ihr Gesicht dem des Kindes. Sie heben den Kopf kurz an, heben dabei die Augenbrauen mit einem Ausdruck gespielter Überraschung, nicken dann dem Säugling zu und berühren oft sein Gesicht mit Lippen oder Nase, reiben sich am Gesicht des Säuglings oder küssen ihn. Der Kuß gehört zu den Universalien und leitet sich von der Kußfütterung ab.

In der älteren Literatur wird nun gelegentlich behauptet, es gäbe Kulturen, in denen das Kind keine bevorzugte Bindung an die Mutter oder an eine andere Bezugsperson habe. Das Kind, so wurde behauptet, sei in diesen Fällen auf die Gruppe sozialisiert. Bekannt ist der Ausspruch von Margret Mead, demzufolge das Kind auf Samoa keine besondere emotionelle Bindung an Vater oder Mutter habe („In Samoa the child owes no emotional allegiance to its mother or father." M. Mead, 1939). Ich erinnere mich noch genau daran, als ich 1967 bei Derek Freeman in dem Dorf Saanapu auf Samoa zu Gast war. Derek las mir die Stelle vor und sagte mir: „Paß auf, was sich jetzt abspielt." Und ich sah eine Mutter, die zur Küste lief, um mit dem Boot zum Fischfang auszuziehen, und ich sah, wie zwei Personen einen aus Herzensgrund schreienden Säugling zurückhielten, der seiner Mutter folgen wollte. Und es blieb nicht nur bei dieser einen Beobachtung. In allen Kulturen, die wir besuchten, fanden wir, daß die Mutter, meist aber auch der Vater, ausgesuchte Bezugspersonen waren.

Und in allen Kulturen beobachtete ich einen weiteren bemerkenswerten Verhaltenszug – die Fremdenscheu. Ab dem Alter von 6 bis 8 Monaten zeigten Kinder überall ein deutlich ambivalentes Verhalten Mitmenschen gegenüber. Während sie bis dahin jede Person freundlich anstrahlten, beginnen sie nunmehr deutlich, zwischen ihnen bekannten und fremden Personen zu differenzieren. Bekannte Personen werden weiterhin freundlich angelächelt, fremde Personen lösen dagegen ein Pendeln zwischen Zuneigung und Abwehr aus. Das Kind lächelt den Fremden an, dann quillt Scheu in ihm auf, und es birgt sein Gesicht an der Mutter, um sich nach einer kurzen Pause wieder dem Fremden freundlich zuzuwenden. Bleibt der Fremde auf Distanz, dann kann sich das Kind allmählich mit ihm vertraut machen und anfreunden, nähert er sich jedoch, dann schlägt die Scheu des Kindes in deutliche Furcht um, das Kind weint, es wehrt sich aktiv oder gerät in Panik, wenn der Fremde es aufnehmen möchte. Diese Reaktion des Kindes beobachteten wir, wie gesagt, in allen Kulturen, und zwar auch gegenüber fremden Angehörigen der eigenen ethnischen Gruppe. Schlechte Erfahrungen mit Fremden sind dazu keineswegs Voraussetzung. Auch Kinder, die nachweislich nie von Fremden Böses erfuhren, die nie beraubt oder mißhandelt wurden, zeigen diese Fremdenscheu. Wir müssen also annehmen, daß zu diesem Zeitpunkt Signale des Mitmenschen, die Flucht und Abwehr auslösen, wirksam werden, und zwar auf Grund von Reifungsprozessen im Wahrnehmungsapparat des Kindes. Gleichzeitig wirken jedoch auch Signale auf das Kind ein, die freundliche Zuwendung bewirken, und es kommt zu einer Überlagerung der einander widersprechenden Tendenzen. Bei simultaner Überlagerung kommt es zum Beispiel zum Blickkontakt bei gleichzeitiger Abwendung des Oberkörpers. In anderen Fällen pendelt das Kind zwischen Zuwendung und Abkehr, ja Verteidigung. Die Fluchtkomponente überwiegt zwar im allgemeinen, bei älteren Kindern kann man jedoch auch aggressive Verhaltensweisen der Abwehr, die sich zum Beispiel im Aufstampfen mit dem Fuß, aber auch in Nägelbeißen, Lippenbeißen und anderen gegen den eigenen Körper gerichteten Verhaltensweisen äußert. Auf welche Signale des Mitmenschen das Kind mit Scheu reagiert, ist nur zum Teil bekannt. Wir wissen aber, daß wir bis ins hohe Erwachsenenalter den Blickkontakt mit Ambivalenz wahrnehmen. Wir müssen zwar den Menschen anblikken, um ihm zu signalisieren, daß wir zur Kommunikation bereit sind, der Augenkontakt darf aber nicht zu lange gehalten werden, sonst empfindet der Partner den Blickkontakt als bedrohliches dominierendes Starren. Eine solche Eskalation wird normalerweise dadurch vermieden, daß der Redende immer wieder den Blickkontakt abbricht. Der Zuhörer dagegen darf den Blickkontakt halten. Nun ist natürlich jeder Mitmensch Träger von Signalen, die Angst auslösen, auch die Mutter des Kindes. Dennoch wissen wir, daß sie keine, oder genauer gesagt, fast keine Furcht auslöst. Das System ist nämlich offenbar so gebaut, daß persönliche Bekanntheit die Angst auslösende Wirkung bestimmter zwischenmenschlicher Signale stark abschwächt, so daß die freundlichen Zuwendungsreaktionen überwiegen. Man kann sagen, daß das Verhalten des Menschen durch persönliche Bekanntheit in Richtung auf Vertrauen verschoben wird, während im Umgang mit Fremden zunächst Mißtrauen dominiert. Dieses recht einfache, aber tief verwurzelte Reaktionsschema beeinflußt unser soziales Verhalten in ganz entscheidendem Ausmaß. Unter anderem führt es dazu, daß wir Menschen Geborgenheit im kleinen Kreis der uns Vertrauten suchen und den Kontakt mit Fremden bis zu einem gewissen Grad vermeiden. Und über die längste Zeit unserer Geschichte lebten wir auch in geschlossenen Kleinverbänden, die Fremden im allgemeinen abweisend gegenübertraten oder ihnen zumindest mit einem gewissen Mißtrauen begegneten. Das hat sich mit der Bildung der anonymen Großgesellschaft ganz entscheidend geändert. Heute haben wir es im Alltag vor allem mit Menschen zu tun, die wir nicht kennen. Der dauernde Kontakt mit Fremden aktiviert unser agonistisches System und damit unsere Abwehrbereitschaft, was sich im Verhalten deutlich äußert. Bornstein und Bornstein (1976) haben die Gehgeschwindigkeit von Menschen in Großstädten verschiedener Bevölkerungsdichte untersucht und festgestellt, daß die Gehgeschwindigkeit mit der Größe der Städte linear zunimmt, so als wären die Leute dauernd voreinander auf der Flucht. Des weiteren maskieren wir in der anonymen Gesellschaft unseren Ausdruck. Wir vermeiden es vor allem, Schwäche zu zeigen, die den anderen einladen könnte, Kontakt aufzunehmen. Wir vermeiden es ferner, selbst Blickkontakte herzustellen, wie jeder feststellen kann, der in einem Hotelaufzug mit Fremden fährt. Die Leute schauen auf ihre Fußspitzen und auf die Anzeigertafel. Aber es gehört sich nicht, daß man einander ansieht. Goffman sprach von einer „polite inattention". Sie ist nicht immer so „polite". Wir wissen, daß die Kontaktmeidung so weit geht, daß Leute an Personen vorbeihasten, die auf dem Gehsteig zusammenbrechen und eigentlich der Hilfe bedürfen.

In diesem Sinn wirkt die anonyme Gesellschaft deutlich dehumanisierend. Der Mitmensch wird zum Stressor. Man beklagt die Dichte, paradoxerweise aber auch die Einsamkeit in der Masse. Denn zur gleichen Zeit fehlt uns die Geborgenheit eines individuellen Verbandes des Personenkreises, den wir gut kennen, denn unsere Familien sind zerrissen und auch unser Freundeskreis dank der heute so gepriesenen Mobilität, die in Wirklichkeit Entwurzelung bedeutet, über einen weiten Raum verstreut. Nun ist der Mensch im Grunde ein sehr freundliches und geselliges Wesen, und er würde sicher auch in der anonymen Gesellschaft den Kontakt mit Mitmenschen suchen. Dies setzt aber voraus, daß eine allmähliche Annäherung erfolgen kann, daß man allmählich miteinander bekannt wird. Der Mensch ist scheu und muß sich langsam und vorsichtig an den anderen herantasten können, um seine Sozialscheu zu überwinden. Aber hat er dazu Gelegenheit, dann freundet er sich auch mit dem Fremden an. Das geht ja sogar so weit, daß in Stellungskriegen einander gegenüberliegende Truppen zuletzt aufeinander zu schießen aufhören und Zigaretten tauschen. Da dies dem Konzept der kriegsführenden Parteien im Wege steht, spricht man bekanntlich von einer Demoralisierung der Truppen durch Stellungskrieg. Für eine solche vorsichtige Annäherung an den fremden Mitmenschen sind unsere Städte nicht eingerichtet. Straßen und Plätze sind vom Verkehr zerstört. Man muß sich auf den Gehsteigen drängen, und die Wohnblökke sind im allgemeinen im Kasernenstil so konstruiert, als wäre jeder des Nachbarn größter Feind. Die einzelnen Familien sind in ihren Wohnzellen wirksam isoliert. Es gibt allerdings Ansätze für einen humanen Massenwohnungsbau. Gerade in Wien wurde hier, an gute Traditionen anknüpfend, Bahnbrechendes auf dem Wege eines humanen Massenwohnbaus geleistet. Hier waren vor allem die Ideen des Architekten Harry Glück richtungweisend. Die Wohnanlage Alt-Erlaa ist dafür ein gutes Beispiel. In vorangegangenen Versuchen hat man sich ja bereits verschiedenenorts darum bemüht, die Leute in den Wohnblökken dazu zu bringen, sich mit dieser Gemeinschaft und ihrem Bau zu identifizieren – unter anderem, weil gegen die kommunalen Einrichtungen gerichtete Aggressionen, der sogenannte Vandalismus, sehr viel Schaden anrichten. Man begann Hobbyräume einzurichten, in der Meinung, die Leute würden diese auch aufsuchen und benützen. Das war aber nicht der Fall: die Räume blieben unbenutzt. Offenbar bedeutet es eine Überwindung, in einen Raum, in dem vielleicht schon ein anderer sitzt, den man nicht kennt, hineinzugehen.

Auf den in Alt-Erlaa errichteten Wohnblöcken hat man nun großzügig Bäder mit dem Blick über das Land eingerichtet. Diese werden von über 80% der Bewohner besucht, und hier haben die Bewohner der Wohnblöcke Gelegenheit, einander ungezwungen kennenzulernen. Sie brauchen es nicht, aber da die Leute immer wieder kommen, lernen sie einander automatisch kennen. In diesen Wohnanlagen bildeten sich sehr schnell Gemeinschaften, die sich mit ihrer Wohnsiedlung identifizierten. Es gibt heute bereits eine eigene Zeitschrift, es gibt an die

20 verschiedene Vereine und Klubs. Die Hobbyräume werden hier benutzt, und Vandalismus spielt nur eine untergeordnete Rolle.

Humaner Massenwohnungsbau kostet zwar geringfügig mehr, auf lange Sicht machen sich jedoch die Investitionen bezahlt. Ich halte die Anonymität der zwischenmenschlichen Beziehungen in der Großgesellschaft für gefährlich, da sie ein Angstsyndrom bewirkt. Kommen dann Krisenzeiten verstärkend dazu, dann weckt dies die Bereitschaft der Menschen, sich bei Angst stark an Führungspersönlichkeiten oder auch an alternative Ideologien, die Sicherheit anbieten, anzuschließen. Angst infantilisiert den Menschen und weckt archaische Tendenzen der Schutzsuche bei Ranghohen. Die Wurzel liegt sicher ursprünglich in der Mutter-Kind-Beziehung. Die Mutter ist für viele Säuger und nestflüchtende Vögel Fluchtziel bei Gefahr, und sie bleibt es interessanterweise auch dann, wenn man im Experiment das Junge für sein Nachfolgen bestraft. Dann wird die Bindung nur noch stärker. Dieser interessante Verhaltenszug ist uns Menschen ebenfalls angeboren.

Unsere kulturvergleichende Untersuchung menschlichen Verhaltens deckte viele Universalien auf, zum Beispiel im Repertoire der Ausdrucksbewegungen, die bis ins feinste Detail kulturübergreifende Übereinstimmungen zeigen. Ein Beispiel, das ich gerne erwähne, ist der Augengruß, der freundliche Zuwendung ausdrückt und den man als ritualisierten Ausdruck freudiger Überraschung deuten kann. Die Brauen werden dabei für ein Sechstel einer Sekunde schnell angehoben, das Verhalten ist in einem charakteristischen Ablauf anderer Verhaltensmuster eingebettet. Die Person, die so grüßt, hebt zuerst ruckartig den Kopf hoch, dann die Brauen, gleichzeitig breitet sich ein Lächeln aus. Die Computerauswertung von über 140 ungestellt aufgenommenen Augengrüßen der Eipo und Yanomami ergab keinerlei kulturspezifische Ausprägung. Die Bewegung ist sehr stereotyp. Wir fanden jedoch nicht nur Übereinstimmungen in einzelnen Bewegungsabläufen, wir stellten darüber hinaus fest, daß es eine Reihe elementarer Interaktionsstrategien gibt, die in allen Kulturen in gleicher Weise auftreten. Wie man es anstellt, um sich vor anderen positiv darzustellen, wie man einen freundlichen Kontakt herstellt, wie man eine Aggression abblockt, einen Partner herausfordert oder beschwichtigt, wie man es erreicht, daß einem etwas gegeben wird. Für all dies gibt es nur eine beschränkte Anzahl von Möglichkeiten. Die beim Kulturvergleich beobachteten Strategien erwiesen sich als im Prinzip gleich. So wird in Ritualien freundlicher Kontakteröffnung zwischen Partnern etwa gleichen Ranges stets Selbstdarstellung in Antithese mit freundlicher Beschwichtigung kombiniert. Ein Waika-Indianer, der als Festgast das Dorf seiner Gastgeber betritt, stellt sich zunächst durch recht aggressives Gebaren zur Schau. Pfeil und Bogen schwenkend, tanzt er eine Runde. Diese Selbstdarstellung verbindet er jedoch mit einem beschwichtigenden Appell, ein kleines Kind tanzt neben ihm und schwenkt grüne Palmwedel. Auch in seiner Körperdekoration verbindet er aggressive und beschwichtigende Ausdrucksmittel. Er trägt Kriegsbemalung, schmückt aber seine Haare mit weißen Daunenfedern, ein Zeichen des Friedens. Die Selbstdarstellung ist wohl von dem Bestreben motiviert, sich sicher zu geben und damit jeden Versuch des Partners, eine Dominanzbeziehung herzustellen, abzublocken. Wir Menschen neigen ja dazu, Schwächen des Partners zur Herstellung einer solchen Beziehung zu nützen, weshalb wir im Alltag stets bestrebt sind, das Gesicht zu wahren. Der Appell über das Kind dagegen drückt die freundliche Intention, die Bereitschaft zum Kontakt aus. Das Kind beschwichtigt ja über seine freundlichen Signale, über das Kindchenschema, das Konrad Lorenz beschrieben hat.

Vergleichen wir nun andere Rituale freundlicher Kontaktanbahnung, dann werden uns diese auf den ersten Blick wohl ganz anders erscheinen. Unsereins tanzt bei dieser Gelegenheit keinen Kriegstanz. Wenn wir aber die zugrundeliegenden Prinzipien ins Auge fassen, dann erkennen wir eine prinzipielle Gleichheit. Die antithetische Kombination von Selbstdarstellung und Beschwichtigung ist zwar in verschiedene kulturelle Formen gekleidet, aber doch immer nachweisbar. Wenn in unserer Kultur ein Staatsgast zu Besuch kommt, wird er zunächst mit militärischem Gepränge empfangen. Man schießt auch Salut, alles ritualisierte Formen aggressiver Selbstdarstellung. Zugleich läßt man aber dem Besucher durch ein kleines Mädchen Blumen überreichen. Wenn anläßlich eines Trauerrituals der Medlpa des Hochlandes von Neuguinea Gäste ankommen, dann werden diese von den anwesenden Männern zunächst mit einer Art Scheinangriff empfangen. Speere schwingend, stürzen die Männer auf die Besucher los und umkreisen sie. Aber hinter ihnen tanzen Frauen heran, die grüne Cordylinenzweige schwenken. Wieder verbinden sich die beiden antithetischen Appelle. Wenn in Bayern die Schützenkompanien der verschiedenen Dörfer mit paramilitärischem Gepränge ins Gastgeberdorf marschieren, dann gehen neben dem Fahnenträger Ehrenjungfern oder Kinder. Und wenn zwei Personen einander begrüßen, dann tun sie es mit festem Händedruck, ein fast turnierartiges Abschätzen des Partners. Zugleich lächeln sie und sagen freundliche Worte. Selbst ein Vortrag folgt häufig diesem Schema, indem der Sprecher sich für seinen Auftritt quasi vorher entschuldigt. Das erlesene Publikum wäre ja so gescheit, daß er nur mit Scheu auftrete. Aber – und dann kommt die Selbstdarstellung –, indem die eigene Kompetenz mehr oder weniger dezent hervorgestrichen wird.

Äußerlich sieht das alles sehr verschieden aus, und in der Tat hat die kulturelle Vielfalt der Sitten und Gebräuche uns zunächst daran gehindert zu sehen, daß die Regeln, nach denen diese Vorgänge gestaltet werden, die gleichen sind. Es gibt ein universales Regelsystem, das unsere sozialen Interaktionen kontrolliert, eine universale Grammatik menschlichen Sozialverhaltens. Innerhalb dieses Regelsystems können Verhaltensweisen verschiedenen Ursprungs einander als funktionelle Äquivalente vertreten, auch Worte und Sätze. Mit dieser Entdeckung wurde die Kluft zwischen verbalem und nichtverbalem Verhalten überbrückt und der Weg zur Erforschung einer Grammatik menschlichen Sozialverhaltens eröffnet.

Auch der Abschied hat natürlich seine Struktur. Hier gilt die Regel, daß er nicht zu abrupt erfolgen darf, sonst wird er als Kontaktabbruch, als Abbruch der Beziehungen interpretiert. Man bereitet ihn vor, indem man etwa, wenn nur zwei sprechen, durch Stellungsänderung die Dyade eröffnet und so nichtverbal die Intention zu gehen ausdrückt. Man festigt außerdem das Band für die Zukunft, zum Beispiel durch Geschenke, die auch verbal als gute Wünsche gegeben werden können. Dieser Regel entsprechend, möchte ich dem Jubilar Gesundheit und Glück wünschen, auf daß unsere Bindung weiterhin stark im Gefühl und reich im Austausch der Erfahrung bleibe.

Kurznachrichten

Der **Treibstoffverbrauch für Personenautos** kann mit Hilfe heute bereits bekannter und rentabler Verbesserungen von gegenwärtig durchschnittlich 10 l pro 100 km auf etwa 2,5 Liter gesenkt werden. Weitere erhebliche Einsparungen könnten durch teilweises Ersetzen von nicht ausgelasteten vier- oder fünfsitzigen Pkws durch Zweisitzer erzielt werden.

(Naturwiss. Rundschau 1/83)

In den letzten Jahren ist das Bewußtsein gewachsen, daß Umweltprobleme nicht isoliert betrachtet werden dürfen, sondern daß sie Teil einer umfassenden ökologischen, ökonomischen und sozial-kulturellen Krise der hochindustrialisierten Gesellschaften sind. Es beginnt sich auch die Einsicht zu verbreiten, daß zur Deckung menschlicher Bedürfnisse relativ einfache, „sanfte" Strategien (Eindämmung von Energieverschwendung, Abbau von sinnloser oder schädlicher Güterproduktion, Sonnenenergie u. a. „mittlere" Technologien) weit wirkungsvoller wären als die heute propagierten „harten" Energie-Supertechnologien und der rein technisch verstandene „Umweltschutz", z. B. Verlärmung ganzer Landstriche durch eine Autobahn mit nachfolgendem Bau von Lärmschutzmauern und/oder neuen Krankenhäusern.

Man spottet in gewissen Kreisen gern über die Utopisten, weltfremden Idealisten, die von freiwilliger Einschränkung sprechen. Die Fortschrittsbesessenen zwingen aber allen Mitmenschen ohne Bedenken den Verzicht auf elementare Bedürfnisse wie Ruhe, Gesundheit, unverseuchte Nahrung, saubere Luft, sauberes Wasser u. a. auf.

Von Insekten, die unter der Baumrinde leben, ernähren sich bekanntlich vor allem die Spechte. Auf den Galapagos gibt es keine Spechte; dort wird diese Rolle von Finken übernommen, die es gelernt haben, Bauminsekten mit einem Kakteenstachel zu erbeuten. Auf Hawaii hat ein Vertreter der Familie der Honiganzeiger einen Spechtschnabel entwickelt. (Den Namen „Honiganzeiger" haben diese Tiere, weil sie vielfach durch aufgeregtes Verhalten Menschen zu Wildbienenvölkern leiten; sie heißen aber auch Honigkuckucke, weil sie auch Brutschmarotzer sind.)

Als Therapie gegen Immissionsschädigungen empfiehlt sich die Förderung der wertvollen Futtergräser durch Intensivdüngung, die Kompensierung der Bodenversauerung durch Kalkung, wodurch auch die Aufnahme von Schwermetallen vermindert wird; die Anlage von Rauchriegeln aus relativ schadstoffresistenten Bäumen.

In der Nähe schadstoffemittierender Werke (z. B. Arnoldstein, SO_2, Blei und Zink) beobachtet man gelegentlich merklich widerstandsfähige offenbar resistente Fichtenpflanzen, die sich durch Stecklinge und durch Pfropfung vermehren lassen.
(Prof. Dr. Halbwachs, Univ. f. Bodenkultur)

Unter **„Favismus"** versteht man eine Erbkrankheit, die im östlichen Mittelmeerraum (Syrien u. östl. Türkei) zu finden ist, zwar selten, aber für den Träger tödlich. Wenn diese Menschen Saubohnen (Vicia faba) verzehren, kommt es zu einer Zersetzung ihres Blutes, zu einer Haemolyse.
(Naturwiss. Rundschau 5/83)

Wer unter Verdauungsbeschwerden leidet und Milchprodukte sowie Fleisch oder anderes, auch pflanzliches Eiweiß, nicht verträgt, schafft Abhilfe, wenn er als Vorspeise vor den Hauptmahlzeiten einige Scheiben Ananas ißt oder ein Gläschen Ananassaft trinkt. Die Ananas enthält Bromelin, ein eiweißspaltendes, milchausflockendes Enzym, das die gestörte Eiweißverdauung normalisiert – ein beliebtes Hausmittel, dessen Wirkung wissenschaftlich untermauert wurde.
(Naturwiss. Rundschau 5/83)

In einer Dissertation an der Salzburger Universität wurde im Konrad-Lorenz-Forschungsinstitut in Grünau, Almtal, das **Geburts- und Frischlingsverhalten** von Wildschweinen untersucht. Der Dissertant war zur „Ersatzmutter" der Frischlinge geworden und wird noch heute als erste „Bezugsperson" von seinen Pfleglingen erkannt. Damit wurde nachgewiesen, daß auch bei diesen Tieren eine „Prägung" wie bei den Graugänsen (Lorenz) vorkommt. Es konnte auch gezeigt werden, daß schon nach kurzer Zeit sich eine Rangfolge („Hackordnung") entwickelt. Die Hautdrüsen geben sehr verschiedene Duftstoffe ab, an denen die übrigen Tiere den „psychischen Zustand" (Abneigung, Aggression, Zuwendung usw.) des anderen erkennen.
(Zool. Institut der Univ. Salzburg, VII/82)

Die fleischfressenden Säugetiere („Raubtiere") fressen von der geschlagenen Beute zuerst die vitaminreichen Innereien und dann erst das Muskelfleisch.

Der Zustand der **Desynchronisation** macht uns vielleicht bei Interkontinentalflügen zu schaffen, wenn wir etwa das erste Mal in einer anderen als der gewohnten Zeitzone aufwachen. Die „innere Uhr" in uns läuft mit der äußeren nicht mehr synchron. Die Konzentrations- und Reaktionsfähigkeit kann weit unter das notwendige Ausmaß absinken, aber nach kurzer Zeit spielt sich alles wieder ohne dauernden Schaden ein. Die Zirbeldrüse (Epiphyse), etwa erbsengroß und 70 bis 160 mg schwer, bekanntlich ein rückgebildetes Auge, derzeit an der Gehirnbasis gelegen, ist als Taktgeber und Koordinator zwischen Innen- und Außenwelt vielleicht an die Sehnerven gebunden; sie kann vielleicht auch Photonen, die durch das Schädeldach dringen, direkt wahrnehmen. In dieser Hormondrüse wird vor allem nachts Melatonin gebildet. Aus 25 000 Rinderhypophysen wurden im Jahre 1958 in Amerika einige Milligramm Melatonin gewonnen. Dieses ist das „Zeithormon". Durch die Entwicklung des Radioimmun-Assays, eines Verfahrens, das Methoden der Immunologie und der Isotopentechnik kombiniert, wurde es möglich, Melatonin von einigen Picogramm pro Milliliter nachzuweisen und die täglichen Schwankungen, den Um- und Abbau des Hormons im Körper zu verfolgen. Unter Laborbedingungen ist es möglich, den Tag-Nacht-Rhythmus der Enzymaktivität in zirka 8 Tagen vollständig umzupolen. Derzeit testet man Melatonin als Schlafmittel.
(Bild der Wissenschaft XI/1982)

Unter homosexuellen Männern grassiert an verschiedenen Orten der Erde (z. B. in Kopenhagen, in Amerika) eine gefährliche, häufig tödlich verlaufende Krankheit. Sie äußert sich entweder in einer knotenbildenden Hautkrankheit (dem Kaposi-Syndrom) oder in einer sonst seltenen Form einer Lungenentzündung.

Geothermische Energie. Das Ansteigen der Temperaturen in der Erdkruste bei zunehmender Tiefe ist natürlich bekannt. (Mittlere geothermische Tiefenstufe 3°/100 m). In Bergwerken machen sich die daraus resultierenden hohen Temperaturen so unangenehm bemerkbar, daß in größeren Tiefen überhaupt nur noch mit Hilfe von kälteerzeugenden Klimaanlagen gearbeitet werden kann. Ursache für diese Temperaturerhöhung ist nicht etwa die Annäherung an das „glutflüssige Erdinnere". Die Erdkruste hat so schlechte Wärmeleiteigenschaften, daß dies kaum eine Rolle spielt. Die Wärme stammt vom Zerfall radioaktiver Isotope im Gestein. An gewissen Stellen treten Dampf und Heißwasser aus der Erde. In 16 Ländern wird diese geothermische Energie schon genutzt: In den USA, Italien, Island, Neuseeland, Japan, Philippinen usw. Mit dem Hot-Dry-Rock-Verfahren will man nun diese Energie unabhängig von Standortvorteilen gewinnen. Man teuft eine Bohrung in Tiefen, in denen Temperaturen von mindestens 150–200 Grad herrschen. Mittels hydraulischen Druckes wird dort ein millimeterbreiter Spalt von mehreren Quadratkilometern Ausdehnung erzeugt. Dann muß es gelingen, eine zweite Bohrung niederzubringen, genau durch diesen Spalt hindurch. In eines der beiden Bohrlöcher wird kaltes Wasser injiziert, das sich dann am heißen Gestein erwärmt und als Dampf durch das zweite Bohrloch an die Oberfläche kommt. Pro Quadratkilometer Wärmeaustauschfläche im Spalt beträgt der Energiegewinn etwa 10 Megawatt thermisch oder rund 3 Megawatt elektrisch. Natürlich ist es schwierig, mit der zweiten Bohrung den Spalt im Gestein zu treffen. Zweitens verlangt die Wirtschaftlichkeit, daß das Wasser mit geringem Druck durch das enge Spaltsystem gepreßt wird. Wo schließlich Dampf austritt, muß verhindert werden, daß ökologische Schäden durch mitgeführte Gase und Salze verursacht werden.
(Umschau, Wissenschaftsmagazin, I/82)

Eine winzige **Fledermaus** (Craseonycteris thonglongyai), Gewicht 2 g, Kopf-Rumpf-Länge knapp 3 cm, das kleinste bekannte Säugetier, wurde jetzt in Thailand entdeckt. Die Ohren sind verhältnismäßig groß, die Flügel lang und breit. Die Flugleistungen sind beachtlich; die Tiere können im Flug auf der Stelle bleiben. Die Nahrung der Mini-Fledermaus besteht aus winzigen Fluginsekten und Rinderläusen. (Bild der Wiss. XI/82)

Auf der Tagung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte in Mannheim 19.–22. September 1982 wurde festgestellt, daß heute der Wissenschaft nicht mehr die gleiche **Fortschrittsgläubigkeit** entgegengebracht wird wie noch vor wenigen Jahrzehnten. Die Möglichkeiten der Forschung waren für den Außenstehenden noch nie so undurchschaubar und in ihrer Maßlosigkeit noch nie so erschreckend wie heute. Die in den westlichen Demokratien garantierte Freiheit der Forschung ist ein im Interesse des Ganzen sinnvolles und für die Wissenschafter großzügiges Privileg. Aber diese werden in Situationen besonderer Gefährdung im Sinne einer Selbstbeschränkung der Forschung zu handeln haben.

Drei **„Reagenzglasbabys"** kamen bisher in der Universitäts-Frauenklinik Erlangen zur Welt. Die dort tätigen Forscher erklären, daß in den deutschen Kliniken alle Reagenzglasembryonen (oft 2–3), die nach einer medikamentös angeregten Ovulation und extrakorporal durchgeführten Befruchtung entstehen, in die Gebärmutter der Frau transferiert werden und daß alle Versuche an überzähligen Embryonen abgelehnt werden. Man erklärt, daß sich Antworten auf Fragen der Krebsforschung und der Beeinflussung genetischer Faktoren genausogut im Tierversuch gewinnen lassen. (Umschau 21/82)

Das Skelett einer Frau aus der Art **Homo erectus** – zirka 1,6 Mio. Jahre alt, das man kürzlich in Kenia in sehr gutem Erhaltungszustand bergen konnte, zeigt einwandfrei Zeichen einer Vit.-A-Übervitaminosis, die sehr selten beobachtet wird. Man nimmt an, daß das seinen Grund in der Aufnahme von Leber fleischfressender Tiere habe. Die Leber von Fleischfressern enthält 40mal soviel Vit. A wie die von Pflanzenfressern und ist für den Menschen giftig. (Rundschau 5/83)

Trotz der großen Erfolge, die in den siebziger Jahren in der **Malaria-Bekämpfung** verzeichnet wurden, ist die Krankheit nun wieder im Vormarsch. Forscher fanden, daß schon eine einmalige Behandlung größerer Landstriche mit DDT oder verwandten Insektiziden gegen Ernteschädlinge, die Resistenz der Mücken, welche die Malaria übertragen, um 80 Prozent erhöhen kann. In El Salvador konnte eine quantitative Beziehung festgestellt werden, nämlich, daß für jedes Kilogramm verbrauchtes DDT 105 Neuerkrankungen an Malaria auftreten. Dieser Zusammenhang wirkt sich umso verheerender aus, da auch die Ernteschädlinge gegen Insektizide zunehmend resistent werden. Genügte es vor 10 Jahren noch, in Guatemala, Nicaragua und Salvador die Felder für jede Fruchtfolge 8- bis 9mal zu besprühen, so sind heute bis zu 50 (!) Anwendungen erforderlich. (Naturwiss. Rundschau 4/83)

Der **Knoblauch** (Allium sativum) zählt zu den ältesten Kulturpflanzen – 5000–7000 Jahre. Ein Rezept eines Knoblauchgerichtes (in Keilschrift) wurde aus Babylon bekannt. Aus dem Jahre 1600 v. Chr. berichtet ein Papyrus von einem Streit der

Arbeiter an einer Pyramide um die vorenthaltene Knoblauchration. Die Pflanze kann wegen ihres sterilen Pollens nur vegetativ vermehrt werden. In den „Knoblauchzehen" = kollaterale Knospen, finden sich versch. Enzyme, die Vitamine A, B_1, B_2, C u. a. dazu als Spurenelemente Mg, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Co, Ca, Mo, die z. T. wichtige Biokatalysatoren darstellen und schließlich die geruchstragenden ätherischen Öle, die als Produkte einer Fermentation entstehen. Es ist nicht anzunehmen, daß nur diese ätherischen Öle Träger einer medizinischen Wirkung sind. Bei einer großen Anzahl von bakteriellen Darmerkrankungen, gegen Wurmparasiten, aber auch pilzlichen Infekten der Oberhaut ist eine besondere medizinische Wirkung bewiesen. Im Jahre 1948 wurde in Brasilien das Antibiotikum „Garlicin" aus den Knoblauchzehen isoliert und erprobt. Ferner ist eine antisklerotische und antikarzinogene Wirkung der Pflanze nachgewiesen. Die beobachtete Mitosehemmung ist in ihrer Bedeutung für eine Karzinomhemmung beim Menschen noch genauer zu erforschen. Für den Geruch ist der Gehalt an Schwefelverbindungen verantwortlich; dieser hat aber für die antibiotische Wirkung keinerlei Bedeutung. Das antibiotisch wirksame Allicin riecht sogar angenehm, und Garlicin ist für das menschliche Empfinden völlig geruchsfrei.

(Naturwiss. Rundschau 5/83)

Es gibt kein irdisches Gestein, das bis zum Zeitpunkt der Bildung des Planeten zurückdatiert werden kann, alle sind wesentlich jünger oder vollständig umgewandelt. Einzig und allein die **Kometen** sind Zeugen, die uns über die Verhältnisse, den Druck, die Temperatur und den Zustand der Materie, auf die Frage nach dem Urzustand der „Ursuppe" und nach den zeitlichen Abläufen bei der Bildung des Sonnensystems Antworten geben können. Die meisten Meteoriten werden im Eise der Antarktis gefunden. Auf das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland fällt nur etwa alle 5 Jahre ein Meteorit, und auch von diesen wird nur selten einer geborgen.

Die Weltproduktion an **Zellstoff** (chem. aufgeschlossenes Holz) belief sich 1979 auf 97 Mio. Tonnen, was einem Holzverbrauch von fast 400 Mio. m^3 entspricht. Die Produktion von Holzschliff (mechan. aufgeschlossenes Holz) betrug 15 Mio. Tonnen, entsprechend einem Holzverbrauch von etwa 60 Mio. m^3. Der dritte wichtige Papierhalbstoff Altpapier (wiederaufbereitetes Papier) wird mit etwa 44 Mio. Tonnen angegeben. (Naturwiss. Rundschau 4/83)

Mit **Embryo-Transplantationen** will man nun Säugetierarten vermehren, die vom Aussterben bedroht sind. Der Gaur (Bos gaurus, auch Indischer Bison oder Dschungelrind genannt), gilt mit einer Widerristhöhe von 1,90 m als drittgrößtes Landsäugetier. Er findet sich in den bewaldeten Gebirgsländern südlich des Himalaya. Der Versuch, ein Gaurbaby von einem Hausrind gebären zu lassen, gelang im August 1981. Drei weitere befruchtete Eizellen, die man anderen Kühen eingeführt hatte, erbrachten leider keinen Erfolg. Es müßte aber mit Hilfe dieser Technik möglich sein, von einer Gaur-Kuh 6–8 Kälber zu gewinnen. (Naturwiss. Rundschau 4/83)

Die erste **DNA-Sequenzbibliothek** wurde im Jahre 1982 in Heidelberg (European Molecular Biology Laboratory – EMBL) eingerichtet. Die Sequenzierung von DNA, die technisch erst durchführbar wurde, nachdem die Eigenschaft der Restriktionsbasen erkannt worden war, DNA an bestimmten, durch die Basensequenz vorgegebenen Stellen zu schneiden, und unmittelbar anschließend die Verfahren der DNA-Rekombination und DNA-Klonierung in Plasmiden entwickelt worden waren, ist in den Jahren ihres Bestehens sehr rasch zu einer weit verbreitet eingesetzten Routinemethode geworden. So wurden 1977 nur erst etwa 15 DNA-Sequenzen publiziert, 1980 schon 280. Die Heidelberger Bibliothek umfaßte bis Anfang 1982 schon 565 DNA-Sequenzen mit insgesamt 600 000 Nucleotiden auf Magnetband gespeichert und mit Computer jederzeit abrufbar. Allein 18 Sequenzen sind länger als 5000 Nucleotide. Den Größenrekord hält die Sequenz des menschlichen Mitochondrions mit 16 569 Nukleotiden. (Naturwiss. Rundschau 4/83)

Riffkorallen finden sich bekanntlich nur in marinen Gewässern, deren Temperatur niemals unter 20 Grad Celsius sinkt. Mehr als 1000 Meter ragen manche Korallenatolle vom Meeresboden auf und erreichen die bewegte Zone der Wasseroberfläche. Bei einem Wachstum von etwa 1 bis 2 cm jährlich brauchen diese Tiere für 1000 m Höhe mindestens 50 000 Jahre ungestörter Bautätigkeit. Bohrungen auf Atollen im Pazifik zeigten, daß in 1300 m Tiefe immer noch Korallenkalk lag. Man kann also mit Sicherheit behaupten, daß die Korallen dort bereits in der Kreidezeit ununterbrochen lebten. Heute aber ist die Zukunft vieler Korallenbauten schon für die nächsten Jahrzehnte nicht mehr gesichert. Die Tiere stellen hohe Ansprüche an die chemische, physikalische und biologische Stabilität der Umwelt. Außer der Temperatur (möglichst 23–25 °C) muß das Wasser klar und lichtdurchflutet sein, dabei aber möglichst viele Nährstoffe enthalten. Es soll keine starke Sedimentation geben, wohl aber eine Strömung für die Versorgung mit Kalkmaterial. Unterhalb einer Tiefe von 50 m gibt es keine lebenden Korallenpolypen; ihre Symbionten (Grünalgen und Zooxanthellen) können dort nicht mehr assimilieren.

Es wäre natürlich ein Wunder, wenn man diese formenreichen und farbenfrohen Tierparadiese nicht schon kommerziell nutzbar gemacht hätte. Man fängt millionenfach die farbenprächtigen Korallenfische, die sich in der Gefangenschaft kaum vermehren und zumeist bereits auf dem Transport eingehen. Der Andenkenhandel wird mit Meißel, Hammer und Dynamit kräftigst versorgt. Mit Chemikalien werden (zwar verbotenerweise) gewisse Tiere aus ihren Schlupfwinkeln herausgetrieben. Als Souvenir werden gewisse Schnecken (Cassis u. a.) sehr geschätzt. Vielleicht ist dadurch das ökologische Gefüge so gestört worden, daß der Stachelseestern (Acanthaster) sich so vermehrte, daß von ihm die Korallenpolypen bereits abgeweidet und schon vor Jahren 8 Prozent der Korallenpolypen abgetötet wurden.

(H. Stern: Natur, Umweltmagazin, Dez. 1982)

Zu den **Zeugen eines urzeitlichen Lebens** gehören neben Mikrofossilien, Stromatolithen auch indirekte Lebensspuren: bestimmte chem. Verbindungen und Isotopenverhältnisse, wie sie typischerweise bei lebender Materie vorkommen. Mikrofossilien sind die erhalten gebliebenen Reste ehemals lebender Zellen – meist nur Zellwände. Sie lassen sich aus dem Sedimentgestein isolieren, wenn man die kieseligen, karbonatischen oder sulfidischen Mineralien auflöst. Übrig bleibt dann ein kohliger Rückstand, der die Mikrofossilien enthält. Man fand solche winzigen kohligen Objekte bei einigen frühen präkambrischen Sedimenten, insbes. bei denen von Issua (Grönland) – Alter etwa 3,8 Md., Swaziland (Südafrika) – zirka 3,5 Md. J. Ob diese Objekte tatsächlich biologischen Ursprungs sind, ist noch umstritten. Mikrofossilien können nämlich Temperaturen über 250 °C kaum überstehen, weil Kohlenstoff dabei in Graphit übergeht. Die Issua-Gesteine wurden aber noch höher erhitzt. Anders bei der Schichtfolge von North-Pole in Nordwestaustralien, die erst im Jahre 1976 entdeckt wurde und die ein Alter von etwa 3,5 Mden J. haben und in einer praktisch noch sauerstofffreien Umwelt abgelagert wurden. Diese Sedimente zwischen vulkanischen Ablagerungen wurden nur wenig metamorphisiert und lieferten bis jetzt bakterienartige Strukturen, kohlige Kügelchen mit einem Durchmesser von 1 bis 12 Tausendstel Millimeter, z. T. paarweise, z. T. kettenförmig oder tetraederförmig angeordnet. Die kompliziertesten und größten Strukturen zeigen feine Schichten, Kuppeln filzig aussehender Lagen von Kalkstein, Hornstein und Schwerspat, die mitunter Reste von autotrophen Bakterien und Blaualgen (?) erkennen lassen. Man spricht von Stromatolithen (nach „stroma" = Bettdecke).

Bakterien gewinnen Energie, indem sie z. B. Sulfat-Ionen reduzieren; dabei ändern sie auch die Verteilung der Schwefelisotope.) (Spektrum d. Wiss. 1982)

Die Hoffnungen, die man an die Kultur von Mikroalgen setzte, wurden bis jetzt noch nicht erfüllt. 1966 konzentrierten sich die Pläne zur Erschließung unkonventioneller Proteinquellen unter dem Begriff „Single Cell Protein". Am einfachsten erschien die Großkultur von Algen, die Freilandkultur von Scenedesmus, Chlorella u. dgl. Versuche der deutschen Entwicklungshilfe in Indien, Thailand u. Peru haben für Scenedesmus tägliche Zuwachsraten an Trockenmasse von bis zu 20 Gramm pro Quadratmeter Kulturfläche ergeben. Umgerechnet auf eine Erntezeit von 300 Tagen ergeben sich Erträge von gegen 60 Tonnen Trockenmasse pro Hektar (mit einem Proteingehalt von zirka 30 t). Wenn wir konventionelle Nutzpflanzen damit vergleichen, liefern Weizen, Reis etwa 0,4 t, Soja 1,2 t und Kartoffel 0,8 t. Zur Erzielung der hohen Wachstumsraten ist eine zusätzliche Versorgung der Algen mit CO_2 erforderlich. Das bereitet gewisse Schwierigkeiten, ebenso die Ernte der Einzeller. Deren Zellhaut muß weiters für Nichtwiederkäuer aufgeschlossen werden (durch Erhitzen auf 120 °C). Günstiger ist in dieser Hinsicht natürlich die Blaualge Spirulina, die aber wesentlich geringere Erträge liefert. Der ernährungsphysiologische Wert der beiden Algen ist unbestritten. Ein hoher Gehalt an Nukleinsäuren könnte bei einseitiger Ernährung zu einer Gefährdung durch erhöhte Harnsäurekonzentrationen führen. Da Algen zu einer Schadstoffkumulation neigen, muß bei der Kultur auf die-

sen Umstand besonderes Augenmerk gelenkt werden. Bei der Vermarktung der Produkte bereitet natürlich der Konservativismus der Ernährungsgewohnheiten große Schwierigkeiten. Dazu sind die Produktionskosten relativ hoch. Aus diesen Gründen ist bisher ein wirklicher Erfolg beim Einsatz als Nahrungsmittel ausgeblieben. Man beschäftigt sich daher heute wieder mehr mit dem Einsatz von Mikroorganismen bei der biologischen Reinigung von Abwässern und für die Produktion von Energie.

(Die Umschau, Wissenschaftsmagazin, 16/82)

Im Jahre 1975 entdeckte man im Brackwasser von amerikanischen Marschen Bakterien, die in ihrer Bewegung von den erdmagnetischen Feldlinien geleitet wurden. In den Zellen dieser **magnetotaktischen Bakterien** fand man kettenförmig angeordnete Magnetitkriställchen (Magnetosomen). Auf der Nordhalbkugel bewegen sich diese Lebewesen schräg nach unten und gelangen in den Bodenschlamm, den von ihnen bevorzugten sauerstofffreien Lebensraum. Bis jetzt sind aus Schlammsedimenten, von Mooren und Klärbecken mehr als ein Dutzend morphologisch unterscheidbarer Bakterien bekannt geworden. Auf der Südhalbkugel finden sich entsprechende südsuchende. In den letzten Jahren entdeckte man, daß Magnetit auch in anderen Lebewesen (Käferschnecken, Bienen, Tagfaltern, Haustauben und Delphinen) vorkommt.

Das menschliche Nervensystem ist in der Lage, Funktionsstörungen, die infolge von Verletzungen, Schlaganfällen u. ä. aufgetreten sind, zu beheben. Wie die Wiederherstellungsprozesse, die z. B. zu einer allmählichen **Rückbildung von Lähmungserscheinungen** u. Sprachstörungen führen, im einzelnen ablaufen, ist derzeit noch wenig geklärt. Im Dezember 1981 befaßte man sich bei dem Dahlemer Workshop „Regeneration und Wiederherstellung" damit, den Stand des Wissens auf diesem eminent wichtigen Gebiet festzustellen und weiterzuentwickeln. Besondere Fragen stellten dar: Wie es möglich sei, daß eine Gruppe von Nervenzellen Funktionen übernimmt, die vorher von anderen Zellen ausgeführt wurden. Ob seit je schon schwache Nervenverbindungen vorhanden waren, die dann verstärkt oder ob solche völlig neu gebildet werden.

(Spektrum der Wissenschaft II/82)

Stein- und Betonhäuser sind für viele Entwicklungsländer völlig ungeeignet, sie verwandeln sich in der heißen Wüstensonne in Backöfen und sind nachts empfindlich kalt. In Kuwait werden allein 66 Prozent des Stromes für die Klimaanlagen verbraucht. Lehm ist nach dem Zeugnis der indischen Regierungschefin ein ideales Baumaterial. Sie ist selbst in einem Lehmhaus zur Welt gekommen. Nur dort, wo es viel regnet, ist natürlich Lehm fehl am Platz. Jetzt wurde Lehm sogar in den angelsächsischen Ländern als Baustoff wiederentdeckt. Durch Zugaben von geschnittenem Stroh und gebrauchtem Motorenöl wird das Material widerstandsfähiger. (Spektrum II/82)

Die Ursache für das endgültige **Aussterben der Dinosaurier** bleibt ein Geheimnis, aber irgendwie scheint es mit der Veränderung wichtiger Umweltfaktoren am Ende der Kreidezeit zusammenzuhängen. Nur kleine Tiere mit einem Gewicht von weniger als zehn Kilogramm überlebten das große Sterben der Landtiere am Ende der Kreidezeit; alle Säugetiere kamen durch. (Spektrum d. Wiss., Evolution, 1982)

Einschläge von größeren Meteoriten waren möglicherweise die Ursachen für das merkwürdige Aussterben verschiedener Tier- und Pflanzenarten. Es spricht z. B. eine ganze Reihe von Indizien für ein derartiges Geschehen in der Kreidezeit. Dramatische Klimaänderungen verbanden sich mit dem Aussterben von fünf Hauptgruppen, gleichzeitig lagerten sich Milliarden von Tonnen verglasten Gesteins als unregelmäßig geformte Tektiten ab. In Sedimenten der Karibik finden sich mit diesen Spritzern von verflüssigtem Gestein relativ hohe Konzentrationen von Iridium, Nickel und Kobalt. (Umschau 16/82)

Radioaktiver Müll in über 60 000 Fässern von je 200 bis 400 Liter Inhalt wartet derzeit in der Bundesrepublik Deutschland auf eine Endlagerung. („Die ich rief, die Geister, . . .) Auch in unserer Heimat geistert Zwentendorf schon wieder. Dabei hat sich in der Entsorgungssituation gar nichts geändert, und der Energieverbrauch ist seit einiger Zeit stark rückläufig.

Von **Insekten, die unter der Baumrinde leben,** ernähren sich bekanntlich vor allem die Spechte. Auf den Galapagos, wo es keine Spechte gibt, besorgen diese Aufgaben Finken, die es gelernt haben, Bauminsekten mit einem Kakteenstachel zu erbeuten. Auf Hawaii hat ein Vertreter der Familie der Honiganzeiger (auch Honigkuckucke genannt) einen Spechtschnabel entwickelt. (Diese Vögel zeigen durch ihr aufgeregtes Gebaren Wildbienen an; sie sind auch Brutschmarotzer). Auf Neuguinea finden sich wiederum andere Vogelarten – aber auch das gestreifte Opossum –, welche die Rolle der Spechte übernommen haben. Auf Madagaskar hat sich ein Primat, der Aye-Aye (Makiartige) auf diese Insektenjagd spezialisiert; er benutzt dabei seinen verlängerten dritten Finger, der sehr dünn und lang ist. (Spektrum d. Wiss., Evolution, 1982)

Nach vorsichtigen Schätzungen sind in Österreich mindestens 120 000 ha Forstfläche von **Luftverunreinigungen** zumindest in dem Maße beeinflußt, daß Verluste an Zuwachs eintreten. Die hauptsächlichsten Schadstoffe sind Schwefeldioxid und Fluorwasserstoff.

Durch Einsatz der Falschfarbenfotografie zur Übersichtskartierung lassen sich vor allem diese Rauchschäden wesentlich besser erfassen.

Eine Verminderung des Wildbestandes in unseren Ländern ist unbedingt notwendig. Rehe und Hirsche äsen besonders gern die Wipfel der Jungbäume; Hirsche schälen darüber hinaus die Stämme.

Borkenkäfer und andere Schadinsekten, der Wurzelschwamm und andere Pilzschädlinge bedrohen insbesondere ungepflegte Wälder. Moderne Bekämpfungsmethoden (biologische Maßnahmen, Lockstoffe usw.) helfen, das ökologische Gleichgewicht zu bewahren.

Auf dem Meeresboden liegen in Tiefen von mehreren 1000 Metern ganz **große Mengen von Manganknollen** mit einem beachtlichen Gehalt an Buntmetallen. Die Weltvorräte an Kupfer, Nickel, Mangan und anderem werden – nach Berechnungen der amerikanischen Umweltstudie Global 2000 auf der Basis des Verbrauchs von 1976 – in den nächsten 50 bis 100 Jahren erschöpft sein. Wohl könnte man jetzt schon bald an die Gewinnung der Schätze auf dem Meeresboden denken; vorher gilt es aber noch ernste ökologische Probleme zu klären. Die Manganknollen finden sich in festlandsfernen Zonen mit stark herabgesetzter Produktion an Biomasse, sehr geringer Organismentätigkeit und ausgeglichenem Sauerstoffgehalt. Bei einer Anreicherung von organischer Substanz kommt es zu Sauerstoffmangel und dann zu einer mikrobiellen Auflösung der Ferri- und Mangan-IV-Oxide. Das zeigt die Risken einer intensiven Gewinnung dieser Manganknollen. Durch Aufwirbeln des Bodenschlammes, Induktion einer starken Wasserblüte kann es zu starkem Sauerstoffschwund kommen, was kräftige Reduktionsprozesse zur Folge hätte; die Mangan-(II-)Knollen würden sich auflösen. Der Meeresbergbau stellt also nicht nur ein technologisches Problem dar, es müssen auch schwerwiegende ökologische Aspekte und Erkenntnisse berücksichtigt werden. (Umschau 10/82)

„Seehundsfahrten" im Bereich der nordfriesischen Inseln können zu einem besonderen Erlebnis werden, sie können aber für die Jungtiere auch den Beginn einer Katastrophe bedeuten. Mit den Bemühungen der Tiere zur Aufzucht der Jungen fällt der Beginn der sommerlichen Reisezeit zusammen. Nur zweimal am Tage erlaubt der Wasserstand ein Säugen der Jungen. Durch wiederholte Störung des Säugegeschäfts kann es zu einer Unterversorgung der Jungtiere kommen. Zahlreiche Verletzungen durch Verunreinigungen der Sandstrände, denen die Tiere nur geringe Abwehrkräfte entgegensetzen können, bringen es mit sich, daß nur etwa 40 Prozent der Jungen das erste Lebensjahr vollenden. (Umschau 10/82)

Rübennematoden sind gefährliche Wurzelparasiten der Zuckerrübe. Für eine erfolgreiche Bekämpfung ohne chemische Mittel dürfte sich der Anbau von Ölrettich (Raphanus oleiformis) anbieten. Diese Pflanze regt, wie die Zuckerrübe, die Wurmlarven zum Schlüpfen an; diese können sich aber nach dem Einbohren in die Wurzeln nicht normal weiterentwickeln und sterben ab. Zudem entstehen fast nur Männchen.

(Naturwiss. Rundschau 1/82)

Im Jahre 1981 starben in Österreich 30 Personen durch Drogenvergiftung. Auf sechs Milliarden Schilling beläuft sich bei uns der jährliche Umsatz der Rauschgifthändler, die vor allem türkischen Untergrundorganisationen angehören.

(Furche, 30. 6. 1982)

Das Flimmerepithel, der Reinigungsapparat unserer Bronchien, wird durch chronische Infekte und vor allem durch das Rauchen zerstört. Der Patient produziert immer mehr Schleim,

auf dem sich Bakterien ansiedeln. Durch das Einnehmen von Hustenbonbons, Asthmamittel werden die Symptome der anstehenden Krankheiten und diese nur z. T. kaschiert. Der eigentliche Prozeß aber ist nicht mehr voll reparabel.

(Prof. Dr. H. Marx, Mediz. Klinik, Stuttgart)

Es ist ein Zeichen unseres Jahrhunderts, daß die religiöse Einstellung, die **Frage nach dem Sinn des Lebens,** sich ganz in den persönlichen Bereich zurückgezogen hat.

Albert Schweitzer verlangte „Ehrfurcht vor dem Leben". Das ungute Wort vom „Machbaren" muß ersetzt werden durch das ethisch viel höher stehende des „Verantwortbaren".

Die Verantwortung des Naturwissenschafters ist schon dem jungen Menschen nahezubringen. Die Biologie ist einmalig geeignet, den jungen Menschen die Schönheit dieser unserer Welt nahezubringen und sie die Ehrfurcht vor dem Leben zu lehren. (Naturwiss. Rundschau 2/82)

Dauerhafte Organpräparate. Menschliche und tierische Organe können neuerdings erstmalig naturgetreu und dauerhaft zu Anschauungszwecken konserviert werden, berichtet „medizin heute". Dr. Gunther von Hagens hat am Anatomischen Institut der Universität Heidelberg dieses Konservierungsverfahren entwickelt.

Er wäscht die Organe zunächst mit Aceton aus, wodurch aus ihnen Fett und Wasser herausgespült werden. Die so behandelten Präparate taucht er in ein Gefäß mit einer Kunststofflösung, aus dem unter Vakuum das Aceton wieder abgepumpt werden kann. Die durch das abdampfende Aceton freigewordenen Plätze werden durch flüssigen Kunststoff besetzt, der dort spannungsfrei erhärtet.

Auf diese Weise hat von Hagens nicht nur Organe präpariert, sondern auch Enten, Igel, Fische, Lurche, Kakteen, Pilze, Schildkröten und sogar Kuchen. Auf Wunsch lassen sich die Stücke auch einfärben. Das neue Präparationsverfahren dürfte für Anschauungsstücke zur Biologie im Schulunterricht geeignet sein.

Quelle: „medizin heute", 1/83, S. 29–31.

Petra Schulz

Phytoalexine. Pflanzen haben verschiedene Möglichkeiten, den Befall durch Schadorganismen abzuwehren. Faktoren dieser Abwehr sind die Kutikula, die Zellwand und präformierte Verteidigungsmechanismen in der Zelle.

Neuerdings kennt man auch Verteidigungsmechanismen, die erst durch den Eindringling induziert werden.

Phytoalexine sind antimikrobiell wirksame Substanzen, die nach einer Infektion von der Pflanze gebildet werden. Zur Zeit kennt man zirka 100 Verbindungen, für die der Begriff „Phytoalexin" zutrifft. In welchem Maße Phytoalexine zur Resistenz beitragen, ist noch ungeklärt. Aus den bisher vorliegenden Untersuchungen läßt sich schließen, daß Phytoalexine an der Abwehr von Mikroorganismen durch Pflanzen beteiligt sind.

Es ist ferner denkbar, die Phytoalexinbildung im Pflanzenschutz zu nutzen.

(Biologie in unserer Zeit 5/1983)

Chemische Waffen der Termiten. Es gibt kaum eine andere Insektengruppe, die über ein derartig umfangreiches Repertoire an Verteidigungsmechanismen verfügt, wie die Termiten.

Soldaten der Gattung Macrotermes sondern aus der Stirndrüse ein öliges Sekret ab, dieses gelangt mit dem Biß der Soldaten in die verletzten Kutikulastellen des Feindes, beeinträchtigt dort die Gerinnung der Hämolymphe und verhindert die Resklerotisierung der Kutikula.

Die Soldaten der Gattung Cubitermes haben säbelförmige Mandibel und sondern als chemische Waffe ein Diterpen ab.

Die Gattung Armitermes ist eine weitere „Biß-Injektions-Gattung". Die Soldaten produzieren ein öliges Sekret, das aus Fettsäurederivaten besteht, es verhindert ebenfalls die Kutikulaheilung.

Die Termitenfamilie Rhynotermitidae verfügt über Soldaten, die Kontaktgifte einsetzen. Eindringlinge werden mit Hilfe des pinselförmigen Labrum beschmiert. Diese Kontaktgifte vermögen die Kutikula des Opfers zu durchdringen.

Die Soldaten der Nasutitermitinae bespritzen Nesträuber mit einem klebrigen Reizstoff. Als Spritze verwenden sie die trichterförmige Stirn, die in einer schnauzenförmigen Röhre endet. Das verspritzte Sekret ähnelt dem Terpentin.

(Spektrum der Wissenschaft 10/1983)

Arbeit und Umwelt. 44 Möglichkeiten von Berufskrankheiten werden im ASVG angeführt. Einige davon haben heute praktisch keine Bedeutung mehr, andere wieder haben stark zugenommen.

Von den jährlich 2000 registrierten Fällen von Berufskrankheiten entfallen 51% auf Lärmschwerhörigkeit, 23% auf Hauterkrankungen, 7% auf Infektionen, 6% auf Staublungenerkrankungen und 13% auf sonstige Erkrankungen.

In Österreich sind zirka 20 000 Arbeiter besonders staubexponiert, 300 000 Arbeitnehmer gelten als „Lärmarbeiter", rund 30 000 teilen ihren Arbeitsplatz mit radioaktiven Strahlen.

Ein Großteil der Arbeiter ist mit einem oder mehreren Stoffen der MAK-Liste konfrontiert.

Auf der MAK-Liste (Maximale-Arbeitsplatz-Konzentration gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe) umfaßt bereits 450 gefährliche Stoffe.

(Umweltschutz /1983)

Dioxin alias 2,3,7,8-Tetrachlordibenzo-p-dioxin (TCDD) hat wie kaum eine andere organisch-chemische Substanz traurige Popularität erlangt. Trotz aller Publicity gab es bis vor kurzem bemerkenswerterweise keine plausible Erklärung für die physiologische Wirkungsweise dieses außergewöhnlich starken Giftes.

Licht ins Dunkel brachten jetzt die amerikanischen Biochemiker S. J. Stohs, M. Q. Hassan und W. J. Murray von der University of Nebraska in Omaha. Die Wissenschafter stellten bei Versuchen an Ratten fest, daß das Dioxin die „oxidative Denaturierung" von Fettstoffen in der Leber zeit- und dosisabhängig beschleunigt. In Verbindung mit dem sehr langsamen Abbau des Dioxins im Körper (Halbwertszeit: ein Monat) resultierte aus dieser Stoffwechselentgleisung letztlich der Exitus: Membranschädigung der Leberzellen mit tödlicher Folge.

(Bild der Wissenschaft 9/1983)

Älteste Mineralien. Australische Geologen haben Mineralien entdeckt, die als die bisher älteste feste Erdmaterie gelten. Im Sedimentgestein des Mt. Narrayer wurde Zirkonsilikat festgestellt, das mit der Radioisotopen-Methode auf 4,2 Milliarden Jahre datiert wurde. Bisher war der älteste Fund das 1971 auf Westgrönland entdeckte Isua-Material, das von einer Geologengruppe der Universität Oxford untersucht wurde.

Die neue Entdeckung der australischen Wissenschafter ist von entscheidender Bedeutung für die Kenntnis der Entwicklung unseres Sonnensystems. Sie zeigt nämlich, daß relativ kurz nach der Entstehung der Planeten schon feste Mineralien auf der Erde gebildet waren. Außerdem wird die Annahme, daß Erde und Mond gleich alt sind, gestützt durch Mondproben, die ebenfalls 4,5 Milliarden altes Gestein enthielten.

(Bild des Wissenschaft 9/1983)

Solarien stören die Immunabwehr. Ein Bericht von Ärzten des Sidney-Hospitals in Australien zeigt, daß gesundes Aussehen nicht unbedingt Gesundsein bedeutet. Demnach wird die Immunabwehr des Menschen durch Solarium-Bestrahlung zumindest reduziert. Sowohl direkt nach Abschluß der Bräunungsbehandlung als auch zwei Wochen später wiesen die Testpersonen in Hauttests herabgesetzte Empfindlichkeitsreaktionen auf und deutliche Veränderungen der Lymphozytenzahl. Sicher scheint das Solarium-UV-Licht gefährlicher als der UV-Anteil im Sonnenlicht. Die künstlichen Sonnenquellen haben bereits vor allem UV-A-Licht anstelle des UV-B-Lichtes, von dem man karzinogene Effekte kennt; allerdings ist ein Anteil von 0,04% UV-B darin enthalten.

(Bild der Wissenschaft 9/1983)

Blutströmungsmessungen mit Laser. In Stockholm wurde ein Laser-Doppler-Strömungsmesser entwickelt, der es möglich macht, den Blutkreislauf völlig schmerzlos, direkt, kontinuierlich und schnell ablesbar messen zu können. Das Gerät, Periflux genannt, reduziert bei Messungen in der Haut die Vorbereitungszeit des Patienten auf ein Minimum, Injektionen erübrigen sich und das Strahlungsrisiko entfällt. Der Meßkopf des Gerätes wird an einem Stück Gewebe angebracht, worauf umgehend die Strömungsanzeige auf dem Instrument und auf einem Recorder erscheint. Schnelle Perfusionsänderungen können auch akustisch bemerkbar gemacht werden.

(ibf-Report Nr.: 938)

Beton – Flüsse vertreiben Fische. Flußregulierungen, die in erster Linie dem Schutz vor Hochwässern dienen, führen zu tiefgreifenden und radikalen ökologischen Veränderungen und wirken sich katastrophal auf den Fischbestand aus. 34 naturbelassene beziehungsweise unterschiedlich stark verbaute Strecken von sieben Flüssen (Ferschnitz, Melk, Mank, Kamp, Raab, Pinka, Pram) wurden untersucht. Alle fünf Meter wurde in den Flüssen ein Querprofil angelegt, an dem Wassertiefe, Strömungsgeschwindigkeit, Ablagerungen an der Flußsohle, Ufervegetation und Sonneneinstrahlung untersucht wurden. Bei

den Fischen wurden die Arten, Gesamtzahl sowie das Gewicht bestimmt. Die Forschungsergebnisse sind alarmierend:

In der Raab z. B. wurden in den wenigen noch naturbelassenen Abschnitten 18 verschiedene Fischarten registriert, während in den „hart" regulierten Flußstrecken nur noch fünf Arten gefunden werden konnten. In den naturbelassenen Abschnitten der Pinka leben 11 326 Fische pro Hektar, während es in hart verbauten Strecken nur 3417 sind.

Das Gesamtgewicht der Fische pro Hektar sank in Extremfällen um über 90 Prozent.

Die Untersuchungen ergaben, daß die entscheidende Komponente die Wassertiefe ist. Ein Fluß mit monotonem Bett (ohne unterschiedliche Tiefen) bietet weder Jungfischen geeignete Seichtstellen noch älteren Fischen Unterschlupf und Schutz. Fehlen diese Kleinlebensräume, wandern die Fische aus.

(ibf-Report Nr.: 937)

Phenolverbindungen. Bei Regen gelangen auf einer stark befahrenen Straße pro Liter abfließenden Wassers 0,2 Milligramm giftiger Phenolverbindungen in die Umwelt. Dies ergaben Messungen des Innsbrucker Hygieneinstitutes. Schäden sind oft erst nach Jahren zu erwarten.

(Presse vom 5. 11. 1983)

Bakterien, die sowohl Zellulose spalten als auch Stickstoff binden können, sind von Forschern der Oceanographic Institution in Woods Hole/Massachusetts aus Drüsen von Meeresmuscheln isoliert worden.

(Presse vom 5. 11. 1983)

Enzymhemmer und Kalziumblocker bewähren sich in der Therapie von Bluthochdruck. Das bestätigte Prof. Stumpe von der Medizinischen Poliklinik der Universität Bonn.

(Presse vom 5. 11. 1983)

Antibabypillen können das Risiko von Brust- und Unterleibskrebs erhöhen. Dies ergaben Langzeitstudien englischer und amerikanischer Wissenschafterteams.

(Presse vom 5. 11. 1983)

Innere Uhr im Embryo. Tiere haben eine eingebaute körpereigene „Uhr", durch die sie befähigt sind, ihre Körperfunktionen entsprechend der Tageszeit zu regulieren. Wie S. Reppert und W. Schwartz von der Harvard Medical School bei Experimenten mit Ratten feststellten, setzt diese biologische Uhr nicht erst mit der Geburt ein, sondern schon lange vorher im Bauch der Mutter.

Die körpereigene Uhr („suprachiasmatischer Kern", SCN) hat ihren Sitz im Hypothalamus und wird durch die Tag- und Nachtperiode gesteuert, wobei es eine direkte Verbindung zwischen Augennetzhaut und SCN gibt. Die Wissenschafter wiesen bei Rattenexperimenten nach, daß beim Fetus ebenso wie bei der Mutter der SCN tagsüber aktiv und nachts inaktiv war. Wurde der Tag- und Nachtrhythmus geändert, so richteten Mutter und Kind ihren Ablauf wiederum entsprechend synchron ein.

Die Forscher nehmen an, daß dieses „Einüben" des Fetus erforderlich ist, um zum Zeitpunkt der Geburt über die Mechanismen zu verfügen, die zum Überleben nötig sind.

(Bild der Wissenschaft 10/1983)

Atemlose Tintenfische. Riesentintenfische wurden bisher nur tot geborgen oder an Küsten gespült. Ihre Verhaltensweisen blieben weitgehend unbekannt.

Ein Zoologe der Universität Bergen – Ole Brix – konnte nun an Norwegens Küste einen verendeten, zehn Meter langen Tintenfisch wissenschaftlich untersuchen. Dabei konnte er eine Erklärung finden, warum Riesentintenfische nicht mehr am Leben sind, wenn sie angeschwemmt werden: Anstelle des Hämoglobins besitzen diese Tiere Hämocyanin als Blutfarbstoff, an dem sich Atem-Sauerstoff anlagert. Dieser Blutfarbstoff kann aber nur wenig Sauerstoff binden, am meisten noch bei tiefen Temperaturen. Wenn die Umgebungstemperatur von 6 °C auf 15 °C steigt, sinkt die Sauerstoff-Aufnahmefähigkeit auf ein Viertel und kann bei körperlicher Anstrengung noch weiter reduziert werden. Wenn nun Riesentintenfische aus den kalten und tiefen Gewässern des Nordens in eine warme Meeresströmung kommen, führt der damit verbundene Sauerstoffmangel zum Tod.

(Bild der Wissenschaft 10/1983)

Erdgeschichte im Bohrkern. Die Wissenschafter Singh, Opdyke und Bowler analysierten einen Bohrkern aus dem Lake George im australischen Neu-Süd-Wales.

Dabei erhielten sie eine lückenlose Chronologie von Erdgeschichte, Vegetation und Klima der letzten drei Millionen Jahre. Das Alter des Seebeckens wird aber weit über 15 Millionen Jahre geschätzt, weil bis zu einer Tiefe von 135 m unter dem See nachweislich noch Sedimentschichten existieren.

Damit würde Lake George die bisher längste kontinuierliche Sediment-Sequenz zumindest in Australien darstellen. Damit ergeben sich viele Möglichkeiten, aus den Funden die entsprechenden erdgeschichtlichen Daten in Zusammenhang zu bringen und zu interpretieren.

(Bild der Wissenschaft 11/1983)

Gletscher-Skilauf. Der letzte Sommer „fraß" in den österreichischen Alpen außergewöhnliche Mengen Gletschereis. Außerdem war zu bemerken, daß die Feriengäste äußerst straff kalkulieren und auch jene Groschen zählen, die jeder Tag in einem Gletscher-Skizirkus kostet.

Auf den geschrumpften österreichischen Gletscher-Skipisten ging die Besucherfrequenz zwischen 15 und 30 Prozent zurück. Sogar berühmte Gletscherpisten wie am Kitzsteinhorn bei Kaprun verloren an Zugkraft, so daß die dortigen Gletscherbahnen in die roten Zahlen gerieten.

(ÖAV-Nachrichten 4/1983)

Konstruktionsfehler im Greifvogelohr. Spielt man von einiger Entfernung einem in einem Käfig gehaltenen Greifvogel Scheltrufe von Singvögeln vor, so dreht dieser den Kopf in Richtung der Tonquelle. Gibt das Tonbandgerät aber die hohen, kurzen Warnrufe der Singvögel wieder, so kann der Greifvogel die Richtung nicht zuverlässig feststellen. C. Brown von der University of Missouri, der dementsprechende Versuche mit Habichten und Eulen durchführte, bietet dafür folgende Erklärung: Bei Vögeln sind die beiden Innenohren durch einen Gang verbunden, so daß die Schallwellen von innen und außen zum Ort der Wahrnehmung gelangen. Es läßt sich zeigen, daß dadurch bei einer bestimmten Größe des Vogelkopfes und bei bestimmten Tonfrequenzen akustische Täuschungen entstehen, die es dem Greifvogel nicht erlauben, die Schallquelle mit seinen Ohren zu lokalisieren. Tatsächlich nützen verschiedene Singvogelarten diesen „Konstruktionsfehler" im Greifvogelohr aus, indem ihre kurzen hohen Warnrufe in diesem Frequenzbereich liegen.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 10/1983)

Quallenplage im Mittelmeer. Nach Ansicht von Wissenschaftern ist die zunehmende Wasserverschmutzung verantwortlich für das Massenauftreten von Quallen in den Küstengewässern des Mittelmeeres. Zum einen, weil sich Quallen von Abwässern ernähren, zum anderen, weil ihre natürlichen Feinde, die Schildkröten, mehr und mehr dem ins Meer geworfenen Müll zum Opfer fallen – sie halten durchsichtige Plastiksäcke für ihr Lieblingsfutter Qualle und ersticken daran.

Auch Experten wissen nicht, wie die zwei Millionen Touristen, die jährlich ans Mittelmeer kommen, vor Quallen geschützt werden können. Dies gestanden Wissenschafter aus den USA und von 16 europäischen Staaten bei einer von den Vereinten Nationen veranstalteten Konferenz ein. Gearbeitet wird an einer Sonnencreme, die das Gift der Quallen abhalten soll.

Gedacht sei auch an eine Wasserblasenbarriere vor den Stränden, um das Vordringen der Quallen ins Küstengewässer zu verhindern.

(Presse vom 12. 11. 1983)

Diphterie wird durch Bakterien hervorgerufen. Daß diese die Krankheit jedoch erst auslösen, wenn sie ihrerseits von bestimmten Viren befallen werden, haben kürzlich A. M. Pappenheimer und J. R. Murphy von der Havard University bzw. Medical School nach molekulargenetischen Untersuchungen festgestellt.

(Presse vom 12. 11. 1983)

Großforaminiferen zu züchten ist bisher nur am Institut für Allgemeine Mikrobiologie der Universität Kiel gelungen. Die bis zu drei Zentimetern großen Tiere beherbergen, in den Weltmeeren lebend, oft Tausende Kieselalgen, die mittels Photosynthese die Wirtszelle ernähren.

(Presse vom 12. 11. 1983)

Umweltgefahren durch Metalle. Eine Reihe von Metallen, wie Kobalt, Molybdän und Kupfer, werden von den Organismen als „Spurelemente" zur Herstellung bestimmter Enzyme benötigt, sind aber trotzdem in höherer Konzentration giftig. Von anderen, wie Blei oder Kadmium, ist keine Verbindung bekannt,

die auch nur in Spuren lebensnotwendig wäre. Für die Konzentration solcher Metalle gibt es vermutlich keinen Schwellenwert, unterhalb dessen sie völlig ungefährlich wären.

Manche Metalle sind in „unnatürlichen" im technischen Gebrauch geschaffenen Oxidationszuständen oder in bestimmten Wertigkeiten besonders gefährlich, andere – wie etwa Quecksilber – in organischen Verbindungen. Methyliertes Quecksilber entsteht offenbar durch natürliche Prozesse und wird von manchen großen Meerestieren, wie den Thunfischen, stark angereichert. Trotzdem treten bei Fischern, die lange Zeit fast nur Thunfisch essen, keine Vergiftungserscheinungen auf, denn die Fische haben laut Angaben von M. Bernhard vom Institut für Meeresökologie in La Spezia einen auf Selenverbindungen beruhenden, nicht genau bekannten Schutzstoff gegen das Quecksilber, der mit dem Thunfischfleisch aufgenommen wird. Füttert man Hühner mit Thunfisch, kommt es zu keinen Schäden. Setzt man jedoch die im Thunfischfleisch enthaltenen Mengen von methyliertem Quecksilber einer anderen Nahrung ohne den Schutzfaktor des Thunfisches zu, zeigen sich bei den Hühnern Vergiftungserscheinungen.

Bei einigen Metallen, wie Vanadium oder Beryllium, hat der technische Gebrauch stark zugenommen, ohne daß bisher gründlich erforscht wurde, ob damit größere Umweltrisken verbunden sind. Die Produktion von Zement ist laut H. Heinrichs vom Geochemischen Institut der Universität Göttingen eine Quelle für Umweltbelastung durch hochgiftiges Thallium.

Das wachsende Umweltbewußtsein in hochindustrialisierten Ländern hat dazu geführt, daß stark kontaminierte Rohstoffe, wie etwa kadmiumhältige Phosphate oder bleireiche Kohle, von europäischen Ländern kaum mehr gekauft werden. Die Folge ist, daß solche Rohstoffe zu Schleuderpreisen an Länder der dritten Welt, wie etwa Indien, verkauft werden, wo man noch viel weniger imstande ist, die Umweltschäden einzuschätzen oder zu beseitigen.

(Presse vom 12. 11. 1983)

Gestörtes Gedächtnis. Die Insektizide aus chlorierten Kohlenwasserstoffen, wie DDT oder Endrin, werden immer mehr abgelöst durch Schädlingsbekämpfungsmittel aus organischen Phosphorverbindungen. Britische Wissenschafter entdeckten nun, daß diese als weniger gefährlich geltenden Gifte bisher ungeahnte Wirkungen haben und schon weit unterhalb der tödlichen Dosis – zum Beispiel bei Vögeln – schwere Verhaltensstörungen hervorrufen. In den USA stellte man fest, daß sich weibliche Stare nach Gaben des Insektizides Dicrotophos – einer Phosphorverbindung – nicht mehr um ihre Brut kümmerte. Man nimmt an, daß das Gift schon in sehr geringen Mengen das Kurzzeitgedächtnis der Vögel stört.

Wie organische Phosphorverbindungen wirken, ist bekannt, da sie ursprünglich als Kampfgase entwickelt wurden: Sie hemmen die Nervenfunktion, indem sie das für die Reizübertragung wichtige Enzym Cholesterase blockieren. Dies führt nicht nur bei Schadinsekten zum Tode, sondern oft auch bei Vögeln, die auf den behandelten Feldern ihr Futter suchen.

(Natur 11/1983)

Cadmiumbelastung. Das Institut für angewandte physikalische Chemie an der Kernforschungsanlage Jülich betreibt seit vier Jahren an zwanzig repräsentativen Standorten ein automatisches Meßsystem über schwermetallhaltige Niederschläge. Die Hochrechnung ergab: 1982 sind in der Bundesrepublik Deutschland allein mit den Niederschlägen 79 Tonnen Cadmium auf den Boden gelangt. Die bisher übliche Art der Berechnung der gesamten Cadmiumbelastung für diesen Zeitraum, gestützt auf Produktionszahlen der einschlägigen Industrie und angenommene Emissionen von Cadmium-Quellen, wie Erzhalden oder Kamine und Filter, hatte nur rund 40 Tonnen ergeben. Offensichtlich war bei der Berechnung von einer zu günstigen Wirkung neuer Filteranlagen ausgegangen worden.

(Natur 11/1983)

Zell-Hybridisierung durch elektrische Impulse. Durch starke elektrische Felder können Zellmembranen kurzfristig so durchlässig gemacht werden, daß Fremdstoffe eingeschleust werden können. Mit dieser Methode gelang es, in Mäusezellen ohne Thymidinkinase dieses Enzym aus einem Plasmid des Herpes-simplex-Virus einzuschleusen und dauerhaft zu verankern. Dazu wurden drei exponentiell abklingende Pulse von 8 kV/cm und 3 Mikrosekunden Dauer angewendet. Diese Methode erspart der Gen-Technologie die ungezielte Behandlung von Zellkulturen mit Plasmiden oder die Einbringung des Materials mit dem Mikromanipulator.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 8/1983)

Mit Ultraschall gegen Taubenplage. Tauben lassen sich mit Ultraschall vertreiben. Diese Erfahrung wurde an mehreren Bahnhöfen (z. B. Zürich, Stuttgart) gemacht, nachdem ein in der Schweiz entwickeltes Gerät über mehrere Jahre ausprobiert worden war. Das Ultraschallgerät gibt für andere Tiere und für den Menschen nicht wahrnehmbare Töne im Bereich zwischen 25 und 100 kHz ab und wirkt im Umkreis von etwa 70 Metern. Die Tauben empfinden die hohen Töne als unangenehm und suchen das Weite. Daß nicht alle Tauben die Bahnhofshalle verlassen, führen die Experten darauf zurück, daß es auch unter den Vögeln „Schwerhörige" gibt.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 8/1983)

Körpertemperatur als biologischer Wecker. Das Erwachen wird durch einen Mechanismus ausgelöst, der fest an den Tagesrhythmus der Körpertemperatur gebunden ist. C. A. Czeisler von der Harvard University hat diese Verhältnisse genauer erforscht und gefunden, daß der Zeitpunkt der Schlafbeendigung auch nicht an die vorhergehende Dauer des Wachseins oder Ausgeschlafenheit gebunden ist. Damit werden die Klagen der Schichtarbeiter untermauert, die unausgeschlafen erwachen. Die Schlafdauer hängt demnach mehr von der Zeit des Einschlafens ab als von der vorausgehenden Periode des Wachseins.

Bei Menschen, deren Biorhythmus frei läuft, das heißt nicht durch Beleuchtung und andere Zeitgeber beeinflußt wird, laufen einzelne Zyklen im Rhythmus auseinander. Bei fünf Personen, die über sechs Monate lang „frei liefen", ging der Schlafzyklus von 24 Stunden zu einem Zyklus von 30, 40 oder 50 Stunden über, während die Temperatur des Körperinneren einen Zyklus von 24 bis 25 Stunden aufrecht erhielt. Die beobachteten Personen schliefen nun zu beliebigen Zeiten ein, gleich ob ihre Körpertemperatur sich gerade nach oben oder unten bewegte. Dagegen wachten sie regelmäßig auf, sobald die Körpertemperatur anstieg, unabhängig davon, ob sie nun 4, 8 oder 12 Stunden geschlafen hatten. Es gibt zwar typische „Morgenmuffel" und „Nachtmenschen", bei denen leichte Abweichungen auftreten, aber bei allen Menschen ist die natürliche Schlafdauer eng an den Zyklus der Körpertemperatur gebunden.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 8/1983)

Nervenschäden durch Alkohol. Bei Alkoholikern entwikkeln sich nach einigen Jahren meist Herz- und Leberschäden, wobei die Zirrhose und die Leberverfettung an erster Stelle zu nennen sind. Nicht weniger gefährlich sind aber die nervlichen Schäden, keineswegs nur am ZNS, sondern auch im peripheren Bereich. Etwa ein Fünftel der chronischen Alkoholiker bildet derartige Polyneuropathien aus.

Kausale Zusammenhänge zwischen Alkoholkonsum und Nervenschäden sind nicht bekannt. Die Anamnese gestaltet sich für den Arzt deshalb schwierig, weil nur wenige Alkoholiker bereit sind, den erhöhten Konsum einzugestehen. Die ersten Symptome sind meist unauffällig: Mißempfindungen, Schmerzen in den Extremitäten, Brennen oder Kribbeln in den Füßen und Waden sind die ersten Alarmzeichen.

Die Beschwerden steigern sich und schreiten von distal nach proximal fort. Der Arzt wird den Ausfall des Vibrationsempfindens registrieren, ferner Störungen der 2-Punkt-Diskrimination, der Schmerz- und Berührungsempfindlichkeit. Am wichtigsten für die Diagnose ist jedoch die Abschwächung oder das Erlöschen des Patellar- und Achillessehnenreflexes. Erst dann folgen zur Bestätigung der Diagnose apparativ aufwendigere Methoden, wie Messung der Nervenleitfähigkeit und biochemische Bestimmung des Enzymmusters. Der Methionin-Belastungstest zeitigt ebenfalls gute Ergebnisse: Patienten mit alkoholbedingter Polyneuropathie scheiden nach einer Methioningabe von 3 g signifikant vermehrt Cystathionin und Methionin im Harn aus.

Die Frage nach der Therapie nervlicher Schäden ist nicht einfach zu beantworten. Neben Alkoholkarenz hat sich eine Kombination von B-Vitaminen als sehr wirksam erwiesen: Thiamin (B_1), Pyridoxin (B_6) und Cyanocobalamin (B_{12}) lindern in hoher Dosierung die Schmerzen. Die Veränderungen an den Myelinscheiden und die Schäden am Axon bleiben jedoch irreparabel. Im allgemeinen ist nach 10 bis 15 Jahren exzessiven Trinkens mit Polyneuropathien zu rechnen.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 9/1983)

Schlaffaktor S. Vor zwanzig Jahren fand Pappenheimer (Harvard University), daß Ziegen beim Schlafentzug Stoffe in den Liquor abgeben, die bei Labortieren Schlaf mit niederfrequentem EEG (traumlos) hervorrufen. Nun gelang es dem Wissenschafter, aus dem menschlichen Urin ein Peptid zu isolie-

ren, das dieselbe Wirkung hervorruft. Nach der Analyse dieses menschlichen Schlaffaktors konnten französische Wissenschafter eine ähnliche Substanz als Arzneimittel herausbringen. Dieser Faktor S hält zum Unterschied von anderen Schlaf-Peptiden mehrere Stunden lang an. Die Sequenz des Peptids zeigt keine Ähnlichkeit mit einem anderen Mittel, das man gegen Schlaflosigkeit einsetzt, wohl aber mit einem Bakterien-Peptid. Obwohl eine Synthese durch den menschlichen Stoffwechsel nicht auszuschließen ist, glauben die Autoren eher an eine Resorption aus dem Darm, wie es für Vitamine und Tryptophan bekannt ist, das ebenfalls für den Schlaf benötigt wird.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 9/1983)

Quecksilber. Knopfzellen oder Minibatterien sind heute allgemein verbreitet, ihre gefährlichen Inhaltstoffe, wie Hg, Cd, Zn, können zu einer Zeitbombe im Müll werden. Üblicherweise landen diese Knopfzellen mit dem Hausmüll auf einer Deponie, in einer Müllverbrennungs- oder Kompostierungsanlage. Damit tauchen diese toxischen Stoffe zeitlich verzögert in der Luft, im Boden oder im Wasser wieder auf.

In der BRD gelangen jährlich zirka 25 t Hg in die Umwelt, weitere 144 t landen auf Deponien. Eine mögliche Lösung dieses Problems könnte so aussehen:

- Hg-Batterien nicht in den Hausmüll geben, sie sollten gesondert gesammelt werden.
- Rücknahme der Batterien durch die Herstellerfirma, Wiedergewinnung des Hg aus den gebrauchten Batterien.

In der Schweiz werden bereits jetzt 4 von 5 Hg-Batterien zurückgebracht. Es wird dabei jedoch nur ein Drittel des Hg aus Batterien rückgewonnen, da auch Trockenbatterien Hg, wenn auch in geringer Konzentration, enthalten.

1982 hat man auch in Wien mit einer Altbatterie-Testsammlung begonnen. Bei der VOEST ist zur Zeit eine Pilotanlage im Bau, die nicht nur die Rückgewinnung von Hg, sondern auch von anderen Schwermetallen möglich machen soll. Hg wird vom Menschen über die Haut und die Schleimhäute aufgenommen. Bakterien können das Hg in das Methylquecksilber umwandeln, dieses ist weitaus gefährlicher als elementares Hg, es wird auch hundertfach stärker im Körper gespeichert als das Quecksilberchlorid.

Das Cd schädigt die Nieren und beeinträchtigt das Zentral-Nervensystem, kann lange im Körper gespeichert werden und dann plötzlich seine Wirkung entfalten. Reihenuntersuchungen ergaben, daß Cd auch Mißbildungen bei Embryos verursacht.

(Kosmos 11/1983)

Saurer Regen – Gefährdung der alpinen Rasenstufe. Daß Nadelbäume und in jüngerer Zeit auch Laubbäume als Todeskandidaten infolge sauren Regens gelten, ist hinlänglich bekannt.

Neuerdings beobachtet man auch Auswirkungen des sauren Regens auf die alpine Rasenstufe. Erst innerhalb der letzten fünf Jahre werden immer größer werdende Erosionsflächen, besonders im Bereich der Waldgrenze, festgestellt. Zunächst sah man als Ursache für diese Schäden den rutschenden Schnee.

Dr. Spiegler nennt als wichtigsten Faktor für das Entstehen dieser alarmierenden Schäden den sauren Regen. Hanglage, Hangneigung und Bewirtschaftung spielen dabei eine wesentliche Rolle.

Es wird auch vermutet, daß der Schnee als Säurespeicher fungieren kann und daß, dort wo der Schnee in großen Mengen sehr lange liegen bleibt, eine nachhaltige Säureeinwirkung auf die zur Zeit der Schneeschmelze „startende" Vegetation erfolgen kann.

(Kosmos 10/1983)

Anämie in Entwicklungsländern. Nach einem Bericht der Weltgesundheitsorganisation leiden insgesamt 230 Millionen Frauen in den Entwicklungsländern unter „Blutarmut" (Anämie). In vielen dieser Länder ist das über die Hälfte der erwachsenen weiblichen Bevölkerung. Die Ursache ist mangelhafte Eisenversorgung, vor allem dort, wo vorwiegend pflanzliche Nahrung gegessen wird. Frauen sind für Anämie besonders anfällig, aufgrund der monatlichen Blutverluste bei der Menstruation sowie wegen des erhöhten Eisenbedarfes während der Schwangerschaft und der Stillperiode. Die Folge des Eisenmangels ist eine herabgesetzte Hämoglobinkonzentration im Blut und ein verringerter Sauerstofftransport, was zu leichter Ermüdung und erhöhter Anfälligkeit für Krankheiten führt. Bei anämischen Frauen ist das Risiko des Todes bei der Geburt eines Kindes stark erhöht. In manchen Gebieten werden bis zu 80 Prozent aller Todesfälle bei Geburten auf diese Krankheit zurückgeführt.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 11/1983)

Schimpansen als Aasfresser. Seit einiger Zeit ist bekannt, daß Schimpansen – entgegen früherer Annahmen – nicht reine Vegetarier, sondern Allesfresser sind, die auch Jungtiere jagen. Nun haben japanische Forscher im Maheligebirge in Tansania mehrere Fälle beobachtet, in denen die Affen Überreste von Antilopen fraßen, die von Raubtieren getötet worden waren. Solche Beobachtungen geben den Spekulationen neue Nahrung, daß auch unsere halbmenschlichen und frühmenschlichen Vorfahren sich vielleicht – bevor sie große Tiere jagen konnten – von Raubtieren erlegtes Wild „aneigneten" und verzehrten.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 11/1983)

Gletscherweg Pasterze. Der Gletscherweg Pasterze wurde am 14. August 1983 feierlich eröffnet. Dieser Naturlehrpfad, der von der Abteilung Raumplanung/Naturschutz des Österreichischen Alpenvereines projektiert und in Zusammenarbeit mit der Gemeinde Heiligenblut gebaut wurde, konnte aus Mitteln der „AV-Aktion Patenschaft Nationalpark Hohe Tauern" finanziert werden.

Der Weg nimmt den Ausgang beim Glocknerhaus und führt durch das Vorfeld des größten ostalpinen Gletschers über die Margaritzensperre, den Elisabethfelsen zum Sandersee und zur Franz-Josef-Höhe. Vorgestellt werden eine Reihe von glaziologischen, botanischen und zoologischen Raritäten inmitten des alles dominierenden Glocknermassivs. Der Österreichische Alpenverein legte eine 60 Seiten starke Broschüre auf, welche Gletscher-, Pflanzen- und Tierwelt im Vorfeld der Pasterze an 13 Haltepunkten beschreibt. Der Führer „Gletscherweg Pasterze" kann beim ÖAV, Postfach 282, 6010 Innsbruck, bestellt werden.

(ÖAV-Nachrichten 6/1983)

Nationalpark. Am 1. Juli 1983 wurde vom Kärntner Landtag das Kärntner Nationalparkgesetz beschlossen. Hiermit sind zirka 200 km² in der Schober- und Glocknergruppe gesetzlich verankerter Nationalpark.

(ÖAV-Nachrichten 6/1983)

Algen als Filter. Algen und andere Wasserpflanzen beginnt man jetzt in Schweden zur Reinigung von kommunalen Abwässern und Wiederbelebung von absterbenden Seen einzusetzen, wobei als „Nebenprodukte" entweder Energie oder Rohstoffe für die Futter- und Arzneimittelindustrie anfallen. Versuche am Ringsjön, einem See in Südschweden, haben ergeben, daß sogenannte Algenfilter bei herkömmlichen Verfahren der Abwasserreinigung durchaus chemische Mittel ersetzen können, wodurch sich viel Geld sparen läßt.

Diese „Naturfilter" nahmen dabei so viel Phosphor und Stickstoff auf, daß sie ihr Gewicht um 10 bis 30 Prozent pro Tag erhöhten.

(ibf-Report Nr. 940)

Kropf in Österreich. In Österreich, das wie alle Gebirgsländer zu den besonders kropfgefährdeten Gebieten der Erde zählt und wo noch vor wenigen Jahrzehnten zum Teil mehr als die Hälfte aller Erwachsenen an einem „dicken Hals" litt, ist die Zahl der Schilddrüsenerkrankungen in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen. Auf Grund von Untersuchungen aus jüngster Zeit leiden heute nur noch wenige Promille aller Volksschulanfänger an einer deutlich sichtbaren, wenige Prozent an einer tastbaren Schilddrüsenvergrößerung (Struma). Noch in den sechziger Jahren waren dreißig bis oft weit über fünfzig Prozent der Kinder „verkropft".

Der Grund für den erfreulichen Rückgang liegt nach Meinung der Salzburger Kropfspezialisten H. Steiner und G. Galvan in der in Österreich nunmehr seit zwanzig Jahren durchgeführten Jodsalzprophylaxe (jedem Kilogramm Speisesalz werden zur Beseitigung des Jodmangels zehn Millionen Kaliumjodid beigemengt). Jodmangel ist weltweit eine der Hauptursachen der Schilddrüsenvergrößerung. Nicht so erfolgreich war die Speisesalzjodierung bei den Österreichern über zwanzig Jahren. Entweder kommt hier die Jodsalzprophylaxe zu spät, oder die Jodzufuhr ist für die Erwachsenen zu gering. Die Ärzte plädieren daher – ähnlich wie in der Schweiz – für eine Verdoppelung der Jodmenge auf 20 Milligramm Kaliumjodid pro Kilogramm Speisesalz.

(Presse vom 26. 11. 1983)

Ameisenvölker kennen nicht nur die hierarchische Ordnung von Königin und Arbeiterinnen. Einzelne Arten haben auch „Sklavenameisen", die von Arbeiterinnen „kommandiert" werden. Innerhalb solcher Völker herrscht eine strenge Hackordnung, die von englischen und amerikanischen Biologen untersucht wurde.

(Presse vom 26. 11. 1983)

„Leichte" sind nicht besser. Daß das sogenannte Leichtrauchen keinen besonderen Schutz vor der Gefahr bietet, an Lungenkrebs zu erkranken, geht aus einer Studie hervor, die Wissenschafter der Forschungsstelle für präventive Onkologie der Universität Heidelberg an 792 Patienten durchgeführt haben, die an einem Bronchialkarzinom verstorben sind. 97,3 Prozent dieser Krebsopfer waren Raucher. Doch starben jene, die Filterzigaretten geraucht hatten, im Schnitt 1,6 Jahre früher als die Raucher filterloser Zigaretten. Und das, obwohl die Leichtraucher weniger Jahre ihres Lebens dem blauen Dunst gefrönt und auch pro Tag 4,6 Zigaretten weniger verbraucht hatten als die Anhänger der Filterlosen.

(ibf-Report Nr. 943)

Zum Lebensraum der **Seehunde** gehören bekanntlich seit je die Sandbänke des Nordfriesischen Wattenmeeres. Der Aufenthalt auf der Insel Sylt wird uns gewiß für immer in Erinnerung bleiben. Mit dem Beginn der Bemühungen der Tiere zur Aufzucht der Jungen fällt leider auch der Beginn der sommerlichen Reisezeit zusammen. Nur zweimal am Tag erlaubt der Wasserstand ein Säugen der Jungtiere. Den Touristen werden „Seehundfahrten" angeboten. Diese können den Beginn einer Tragödie bedeuten, denn durch wiederholte Störungen des Säugegeschäftes kommt es vielfach zu einer Unterversorgung der Jungtiere. Zudem gibt es zahlreiche Verletzungen durch Glassplitter und Blechbüchsen. So ist es zu erklären, daß nur etwa 40 Prozent der Tiere ihr erstes Lebensjahr vollenden können.

Bringt uns der übermäßige **Kraftfuttermittelimport** aus Überseegebieten neue Gefahren? Es ist wohl eine Tatsache, daß in vielen dieser Gebiete nach wie vor DDT u. ä. eingesetzt wird. Erdnuß-Schrott ist eine wesentliche Quelle der Aflatoxin-Belastung. Zwar inländische, aber hoffremde Futtermittel werfen ein ganz neues Problem auf: Sie werden nämlich aus Schlachthofabfällen hergestellt. Bei der Verarbeitung werden diese Abfälle mit Perchloräthylen entfettet. Dieses persistente Lösungsmittel ist in hervorragendem Maße für die großen Grundwasserprobleme verantwortlich, es ist auch jetzt im Fleisch der Schlachttiere und in den Eiern zu finden.

(Doz. Lötsch)

Buchbesprechungen

Konner M.: Die unvollkommene Gattung. 473 Seiten, Birkhäuser Verlag, Basel – Boston – Stuttgart 1983. ISBN 3-7643-1518-0.

Ausgehend von einer, auch für den Biologen nicht alltäglichen Bestandsaufnahme der menschlichen Natur, werden dem Leser die Schwachstellen im Evolutionsprodukt „Mensch" aufgezeigt. Ein Buch, das sich mit den biologischen Hintergründen des menschlichen Verhaltens und der menschlichen Gefühle auseinandersetzt und die Zukunft der Gattung Mensch kritisch betrachtet, wenn der Autor meint, daß die Beherrschung einiger elementarer physikalischer Gesetze, verglichen mit den unendlich komplizierteren Gesetzen von Biologie und Verhalten, die den menschlichen Geist beherrschen, banal ist.

„Wir sind wie ein Adler mit einer gefesselten Schwinge in einem Gewirr von Unwissenheit . . . am Boden gefangen."

„Wir müssen uns entscheiden, und zwar bald, für oder gegen die weitere Evolution des menschlichen Geistes. Es ist unsere Sache . . . das Wissen, das wir besitzen, in Demut, aber mit aller gebotenen Schnelligkeit anzuwenden und den Versuch zu unternehmen mehr zu lernen . . . es ist unsere Aufgabe, die hilflose Schwinge zu befreien."

Die ausgewogene biologische und psychologische Betrachtung des Wesens „Mensch", ohne ideologische Festlegung, zeichnet dieses Buch besonders aus, und es ist sowohl dem biologisch als auch dem psychologisch interessierten Leser zu empfehlen.

Dirnberger

Reichelt G.: Ökologie exemplarisch – Der Rhein. 96 Seiten mit 146 Abbildungen und 8 Tabellen. Cornelsen-Velhagen & Klasing Verlag, Berlin 1983. ISBN 3-464-01468-1. Bestellnummer: 14681.

Dieses Buch stellt einen außergewöhnlich gut gelungenen Versuch dar, ein ökologisches System unter verschiedenen Gesichtspunkten zu betrachten.

Es wird zunächst die historische Entwicklung des Rheins beginnend vom Jungtertiär behandelt, danach informiert eine anschaulich gestaltete Biogeographie über die grundlegenden Zusammenhänge in diesem Ökosystem.

Wie stark der Einfluß des Menschen sich auf dieses Ökosystem ausgewirkt hat und welche Einflüsse am Rhein noch geplant sind, wird exemplarisch an verschiedenen Beispielen dargestellt.

Im letzten Abschnitt werden einfache Experimente mit Arbeitsanleitungen angeboten, die jeder Biologielehrer mit seinen Schülern durchführen kann.

Das Buch kann als eine wertvolle Bereicherung der Fachliteratur bezeichnet werden und ist für den Biologielehrer und für den biologisch interessierten Schüler empfehlenswert.

Dirnberger

CHEMIE

Dr. Edith Jarisch

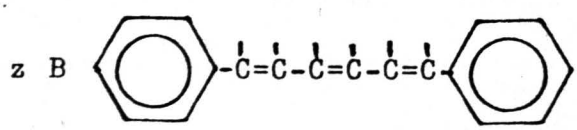
Hannes Molzer

Erfahrungen mit einem chemischen Praktikum (II)

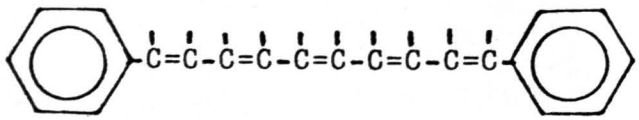
Konstitution und Lichtabsorption organischer Farbstoffe

Aufgabe: Zwischen dem Aufbau eines Farbstoffmoleküls und der Wellenlänge des von diesem Molekül absorbierten Lichtes besteht ein Zusammenhang, der wellenmechanisch interpretiert bzw. vorausgesagt werden kann. Diese wellenmechanischen Voraussagen sollen anhand besonders geeigneter Farbstoffe experimentell überprüft werden.

Prinzip: Moleküle, welche konjugierte Doppelbindungen enthalten, absorbieren Licht um so größerer Welenlänge, je länger ihr System konjugierter Doppelbindungen ist.



Molekül eines gelben Farbstoffes, welcher blaues Licht absorbiert.



Molekül eines roten Farbstoffes, welcher grünes Licht absorbiert.

Nach wellenmechanischen Überlegungen besteht zwischen der Wellenlänge des absorbierten Lichtes (λ) und der Länge des Systems konjugierter Doppelbindungen (L) folgender Zusammenhang:

$$\lambda = \frac{8\,m\,L^2\,c}{h}\,\frac{1}{Z+1}$$

m . . . Masse eines Elektrons
h . . . Planckscher Wirkungsquantum
c . . . Lichtgeschwindigkeit
Z . . . Anzahl der Pi-Elektronen im System konjugierter Doppelbindungen

Im Rahmen dieses Übungsbeispiels soll λ für einige Farbstoffe vorausberechnet und dann durch spektralphotometrische Messungen der Extinktion in Abhängigkeit von der Wellenlänge ermittelt werden.

Theorie: Die im Molekülorbital der Länge L delokalisierten Pi-Elektronen können als stehende Materiewelle aufgefaßt werden, deren Amplituden an den Enden des Molekülorbitals 0 sind. Für stehende Wellen gilt:

$$\lambda = \frac{2L}{n} \quad n \ldots \text{ganze Zahl}$$

und da es sich um eine stehende Materiewelle handelt (vereinfachte Betrachtung, die im Falle der verwendeten Farbstoffe zulässig ist!):

$$\frac{2L}{n} = \frac{h}{mv} \quad \text{(De Broglie)}$$

bzw.

$$v = \frac{h\,n}{2\,m\,L}$$

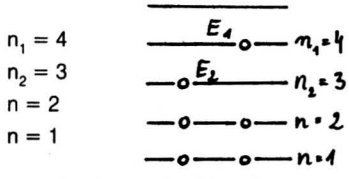
Die kinetische Energie der Elektronen ist daher:

$$E = \frac{h^2}{8 m L^2} n^2$$

(die potentielle Energie der Elektronen ist von der Länge des Molekülorbitals unabhängig).
Nach der Bohrschen Frequenzbedingung ist die Energie eines absorbierten Lichtquants

$$E_1 - E_2 = hf = \frac{h^2}{8 m L^2} (n_1^2 - n_2^2)$$

z. B. bei sechs Pi-Elektronen



bei 6 Pi-Elektronen (Z = 6)
gilt also

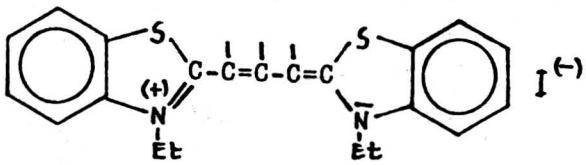
$$n_1 = \frac{Z}{2} + 1$$

$$n_2 = \frac{Z}{2}$$

$$f = \frac{h}{8 m L^2} (Z + 1); \qquad \lambda = \frac{8 m L^2 c}{h} \frac{1}{Z + 1}$$

Praktische Durchführungen:
a) Berechnung der absorbierten Wellenlänge
Rechenbeispiel anhand des Farbstoffes
3,3'-Diethylthiacarbocyaninjodid

Z = 7
j = 6



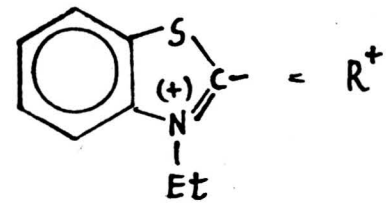
Alle verwendeten Farbstoffe, Produkte der Firma KOCH-LIGHT Lab. Ltd., Colnbrook, Buckinghamshire, England, wurden durch die Firma Dipl.-Ing. Zoltan Szabo, Wien, bezogen.

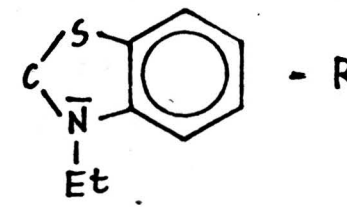
$c = 2{,}998 \cdot 10^{10}\ \mathrm{cm\ s^{-1}}$
$m = 9{,}109 \cdot 10^{-28}\ \mathrm{g}$
$h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{J\ s}$
$L = (j + 2) \cdot 1{,}40 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{cm}$ (j ... Anzahl der Bindungen im Bereich der Delokalisation)

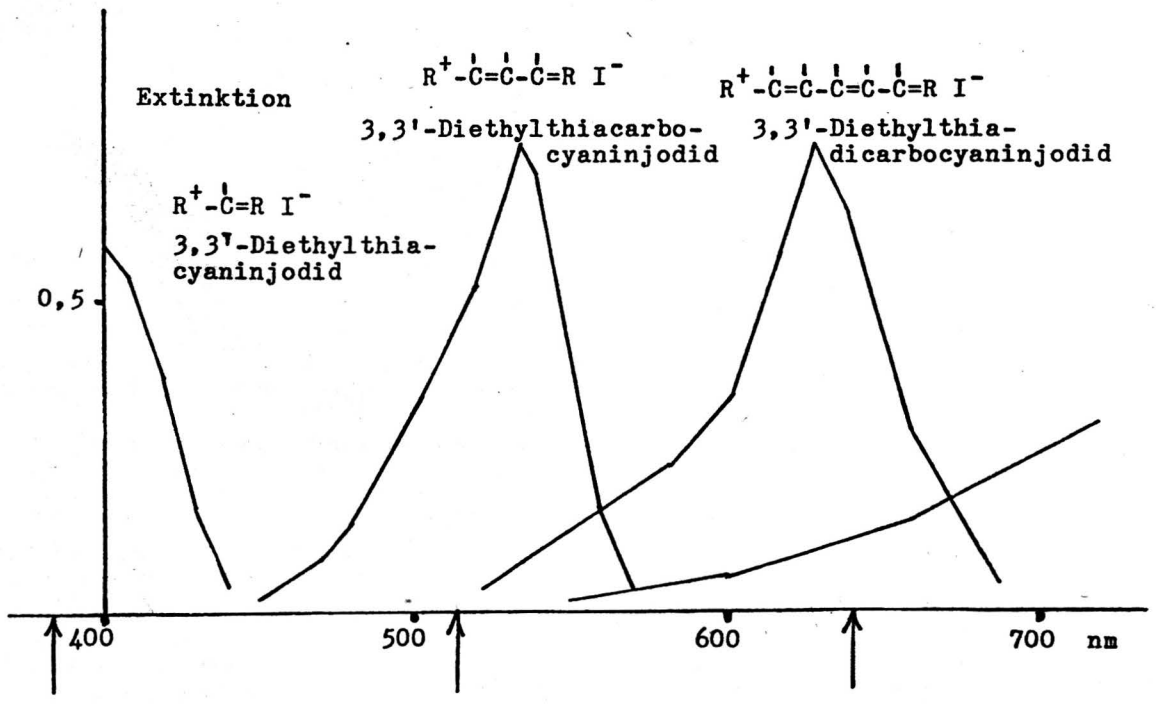
$$\frac{8 m c}{h} = 3{,}3 \cdot 10^{10}\ \mathrm{cm^{-1}}$$

$$\lambda = 3{,}3 \cdot 10^{10} \frac{L^2}{Z + 1}\ \mathrm{cm} = 51{,}48 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{cm} = 515\ \mathrm{nm}$$

b) Das Resultat von a) ist experimentell zu überprüfen, indem die Extinktionen einer gut lichtdurchlässigen methanolischen Lösung des Farbstoffes bei allen Wellenlängen (400–700 nm) gemessen werden.
Für analoge Untersuchungen stehen die Farbstoffe
3,3'-Diethylthiacyaninjodid,
3,3'-Diethylthiadicarbocyaninjodid und
3,3'-Diethylthiatricarbocyaninjodid
zur Verfügung.







berechnete Extinktionsmaxima der drei angegebenen Farbstoffe

1. Ergänzung zum Übungsbeispiel
„Konstitution und Lichtabsorption organischer Farbstoffe"

Aufgabe: Aus den theoretischen Überlegungen des oben genannten Übungsbeispiels ging hervor, daß
a) die Wellenlänge des von Molekülen mit delokalisierten Elektronen absorbierten Lichtes um so größer ist, je länger (L!) das Molekülorbital der delokalisierten Elektronen ist:

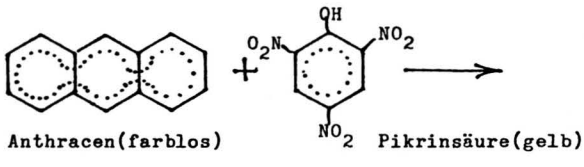
$$\lambda = \frac{8\,m\,c\,L^2}{h}\,\frac{1}{1+Z} \qquad (1)$$

b) der Energiegehalt solcher Moleküle um so kleiner ist, je länger das Molekülorbital der delokalisierten Elektronen ist:

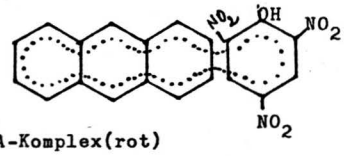
$$E = \frac{n^2 h^2}{8\,m\,L^2} \qquad (2)$$

Diese beiden Zusammenhänge sollen experimentell anhand eines „EDA-Komplexes" überprüft werden (9).

Prinzip und Theorie:
ad a) Zwischen manchen Molekülen mit delokalisierten Elektronen kann es zu einem Ladungsaustausch bzw. einer Ladungsübertragung (charge transfer) kommen, wodurch das diesen Elektronen zur Verfügung stehende Molekülorbital vergrößert wird.
So wirkt z. B. Anthracen bei einer solchen Reaktion als Elektronendonator (D), Pikrinsäure als Elektronenakzeptor (A). Durch die Entstehung eines Elektronendonator-Akzeptor-Komplexes („EDA-Komplex") aus beiden Molekülen wird das Molekülorbital der delokalisierten Elektronen vergrößert, was sich durch eine entsprechende Farbänderung bemerkbar macht:



Anthracen(farblos) Pikrinsäure(gelb)



EDA-Komplex(rot)

ad b) Wenn der EDA-Komplex einen geringeren Energieinhalt hat als der Summe der beiden Energieinhalte der Komponenten entsprechen würde, müßte bei seiner Bildung Energie frei werden. Bei Energiezufuhr müßte der Komplex zerfallen.
Eine entsprechende Beobachtung ist ein Hinweis auf die Gültigkeit von Gleichung (2).

Praktische Durchführung: Dieses Übungsbeispiel kann in kürzester Zeit qualitativ-visuell oder auch quantitativ photometrisch durchgeführt werden.
Zunächst stellt man sich eine Lösung des EDA-Komplexes her, indem man
0,09 g Anthracen in 5 ml Chloroform und
0,11 g Pikrinsäure in 5 ml Chloroform
löst und diese Lösungen vereinigt.
Soll die Temperaturabhängigkeit der Stabilität des EDA-Komplexes photometrisch verfolgt werden, so verdünnt man 5 ml dieser Mischung mit 5 ml Chloroform und mißt ihre Extinktion bei 560 nm in Abhängigkeit von der Temperatur (Zimmertemperatur und höher).

2. Ergänzung zum Übungsbeispiel
„Konstitution und Lichtabsorption organischer Farbstoffe"

Aufgabe: Die Farbänderung eines Indikators ist photometrisch zu untersuchen und theoretisch zu interpretieren.

Prinzip: Indikatoren sind Farbstoffe, welche in saurer Lösung eine andere Farbe haben als in basischer Lösung. Die Änderung des Absorptionsmaximums mit dem pH-Wert kann spektralphotometrisch untersucht werden.

Theorie: Im Sinne der Brönstedtschen Definition sind Indikatoren schwache Säuren, die eine andere Farbe haben als ihre konjugierten Basen:

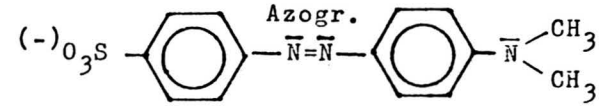
$$HInd + HOH \rightleftharpoons H_3O^+ + Ind^- \qquad (a)$$

Säure, z. B. rot — konj. Base, z. B. orange

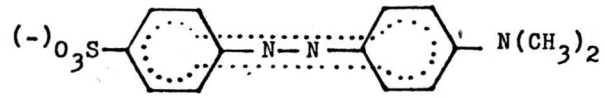
Durch Anwendung des Massenwirkungsgesetzes auf (a) und Logarithmieren (sowie mit Hilfe der Definition des pK_s-Wertes) kann man verdeutlichen, daß die Farbe des Indikators (z. B. das Mischungsverhältnis Rot/Orange) eine Funktion des pH-Wertes der Lösung ist:

$$pH = pK_s - \lg \frac{HInd}{Ind^-}$$

Die Erklärung der Farbe in Abhängigkeit von der H_3O^+-Ionen-Konzentration anhand des Indikators Methylorange: in basischer oder neutraler Lösung liegt Methylorange in folgender Form vor (24):

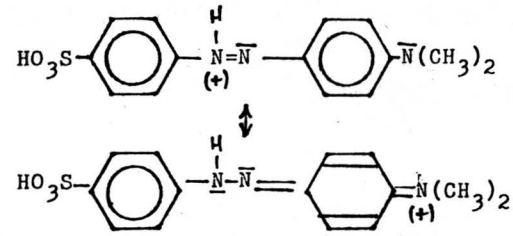


Dieses Molekül weist einen Bereich delokalisierter Elektronen auf, der für die Farbigkeit verantwortlich ist. Er ist durch die Delokalisation besonders stabilisiert (weil energiearm), so daß man ihn gleichsam als „Molekül im Molekül" auffassen kann (MIM-Konzeption):

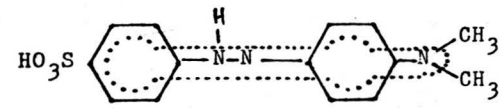


gelborange; absorbiert bei 462 nm, also im Bereich blauen Lichtes, maximal

Bei Zugabe von Säure wird zunächst die Sulfogruppe protonisiert (keine Farbänderung), schließlich bewirkt aber die Protonisierung der Azorgruppe eine Vergrößerung des Systems der delokalisierten Elektronen:



oder kürzer:



rot; absorbiert bei 503 nm, also im Bereich grünen Lichtes, maximal

Praktische Durchführung: Man stellt eine gut transparente schwach basische wäßrige Lösung von Methylorange her und nimmt die Absorptionskurve auf. Anschließend bringt man durch Zusatz von HCl den pH-Wert auf 3 und ermittelt abermals die Absorptionskurve.

Die Bestimmung der pK-Werte von Indikatoren.

Aufgabe: Indikatoren sind schwache Säuren, welchen pK-Werte ($-\lg K_s$) zugeordnet werden können. Die pK-Werte von Bromphenolblau oder von Methylorange sind mit Hilfe eines Spektralphotometers zu ermitteln.

Prinzip: Bekanntlich beruht der Farbumschlag eines Indikators darauf, daß seine undissoziierte Form HInd eine andere Farbe hat als die korrespondierende Base Ind^-. Das Verhältnis (HInd)/(Ind^-) (im folgenden stets mit „q" bezeichnet), von welchem der Farbton der Indikatorlösung abhängt, steht mit dem pH-Wert in folgendem Zusammenhang (Gleichung von Henderson und Hasselbalch):

$$pH = pK - \lg q$$

Man kann lgq bei verschiedenen pH-Werten spektralphotometrisch bestimmen und aus dem entsprechenden Graph pH = f (q) jenen pH-Wert ablesen, für welchen gilt: lgq = 0 [das heißt (HInd) = (Ind^-)]. Dieser pH-Wert ist mit dem pK-Wert des Indikators identisch.

Theorie (22): Die von einem gelösten Indikator bei einem bestimmten pH-Wert hervorgerufene Lichtextinktion, E_{ph}, setzt sich aus der von der sauren Form des Indikators hervorgerufenen Extinktion und aus der von der basischen Form hervorgerufenen Extinktion zusammen. Erstere ist durch das Produkt der Extinktion in „eindeutig saurem" (nur HInd-Moleküle enthaltenden) Milieu, E_s, und dem beim jeweiligen pH-Wert vorliegenden Prozentsatz der Indikatorform HInd gegeben [(HInd) + (Ind^-) = Gesamtkonzentration des Indikators]:

$$\text{Extinktion bezügl. HInd, } E_{HInd} = \frac{(HInd)}{(HInd) + (Ind^-)} E_s$$

$$\text{analog gilt:} \qquad E_{Ind^-} = \frac{(Ind^-)}{(HInd) + (Ind^-)} E_b$$

das heißt

$$E_{ph} = E_s \frac{(HInd)}{(HInd) + (Ind^-)} + E_b \frac{(Ind^-)}{(HInd) + (Ind^-)}$$

oder

$$q = \frac{E_b - E_{ph}}{E_{ph} - E_s} \quad \text{bzw. } lgq = lg \frac{E_b - E_{ph}}{E_{ph} - E_s} \qquad (1)$$

Man ermittelt daher die Graphs E = f (λ) mehrerer Lösungen **gleicher Indikatorkonzentration,** aber verschiedener pH-Werte (darunter auch „eindeutig sauer", d. h. nur die Spezies HInd enthaltend und „eindeutig basisch" [nur Ind^-]) und liest daraus für eine bestimmte Wellenlänge jeweils E_{ph}, E_s und E_b ab. Die berechneten Werte für lgq können sodann gegen die entsprechenden pH-Werte aufgetragen werden.

Praktische Durchführung:

a) Herstellung von Pufferlösungen (Puffer nach McIlvaine)

Man bereitet möglichst genau eine 0,1-M-Lösung von Zitronensäure und eine 0,2-M-Lösung von $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$. Durch Mischen dieser beiden Lösungen mit Hilfe von Büretten erhält man Puffer bekannter pH-Werte (Kontrolle durch Glaselektrode!):

Volumsprozente der 0,2-M-Dinatriumhydrogenphosphatlösung	pH-Wert
22,6	3,1
33,9	3,7
38,6	4,0
42,7	4,3
50,4	4,9
56,9	5,5

b) Herstellung der Meßlösungen und Messung ihrer Extinktionen bei verschiedenen Wellenlängen.

Gleiche Volumina alkoholischer Indikatorlösungen werden Pufferlösungen (z. B. pH 3,1; pH 3,7; pH 4,3) bzw. verdünnter HCl und verdünnter NaOH so zugesetzt, daß die Indikatorkonzentration in allen Lösungen gleich ist (die Extinktion der stark sauren Lösung sollte bei der Wellenlänge 430 nm den Wert 0,3 nicht übersteigen).

Man mißt die Extinktionen von 400 bis 550 nm in Abständen von 10 nm und notiert die Extinktionen aller „peaks" bei gleicher Wellenlänge

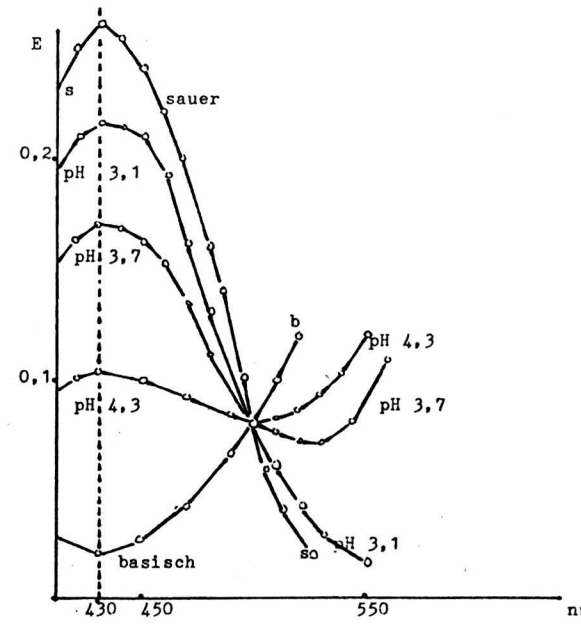
z. B. (Bromphenolblau)

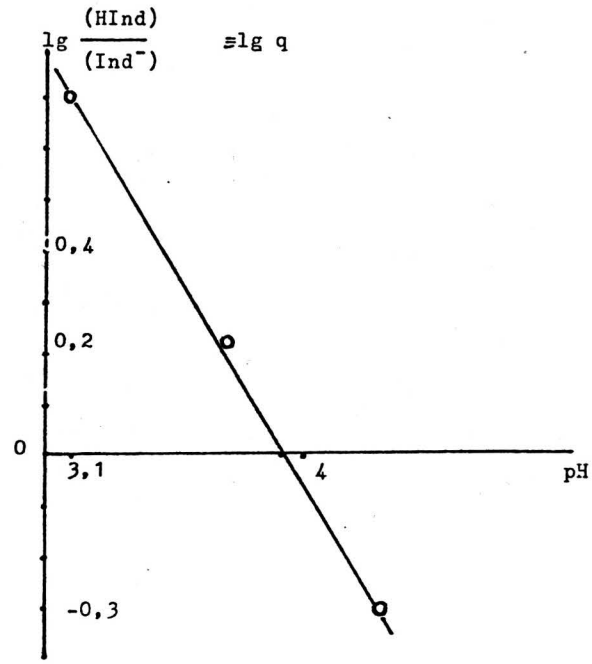
Der gemeinsame Schnittpunkt der Kurven deutet darauf hin, daß die beiden farbigen Formen des Indikators miteinander im chemischen Gleichgewicht stehen („Isosbestischer Punkt").

Die Extinktionen bei 430 nm sind im Falle des zitierten Beispiels:

	die nach Gleichung (1) daraus berechneten Werte von lgq
$E_s = 0{,}26$	
$E_b = 0{,}02$	
$E_{ph3,1} = 0{,}216$	0,70
$E_{ph3,7} = 0{,}17$	0,22
$E_{ph4,3} = 0{,}10$	—0,3

Anschließend trägt man die errechneten Werte von lgq gegen die entsprechenden pH-Werte auf und erhält eine Gerade, deren Schnittpunkt mit der Abszisse (lgq = 0) den pK-Wert ergibt:





Das Resultat der zitierten Messung:

pK von Bromphenolblau = 3,94

[in der Literatur findet man z. B. die Werte 3,85 u. 3,98

Literaturwerte bezüglich Methylorange: 3,46 u. 3,7

Die photometrische Ermittlung eines Löslichkeitsproduktes.

Aufgabe: Das Löslichkeitsprodukt $L_p = (Sr^{2+})\,(CrO_4^{2-})$ der schwerlöslichen Verbindung Strontiumchromat ist auf photometrischem Wege zu ermitteln.

Prinzip: $L_p = (Sr^{2+})\,(CrO_4^{2-}) = (CrO_4^{2-})^2$

Man erhält L_p somit durch photometrische Ermittlung der Konzentration der gelben Chromationen in einer gesättigten $SrCrO_4$-Lösung (26).

Theorie: Massenwirkung; Löslichkeitsprodukt.

Praktische Durchführung: Zunächst muß eine Eichgerade zur quantitativen Bestimmung des CrO_4^{2-}-Ions erstellt werden. Die zu messende Konzentration wird im Bereich 10^{-3} bis 10^{-2} Mol/l erwartet.

Durch Einwaage von 1,94 g K_2CrO_4, Auflösen dieser Menge in destilliertem Wasser und Auffüllen auf 1 Liter, erhält man eine Lösung mit der Konzentration 10^{-2} Mol/l, die auch 0,01 molar an Chromationen ist.
Man pipettiert 10 ml dieser Lösung in einen 50-ml-Meßkolben und füllt mit destilliertem Wasser auf 50 ml auf: $5 \cdot 10^{-3}$ Mol CrO_4^{-2}/l.
Man pipettiert 10 ml der 0,01 molaren Lösung in einen 100-ml-Meßkolben und füllt auf 100 ml auf: 10^{-3} Mol CrO_4^{2-}/l.
Nun mißt man die Extinktion dieser drei Lösungen bei 420 nm und trägt sie gegen die Konzentrationen auf.
Die Zubereitung der Meßlösung (Überstand über einem Bodenkörper von Strontiumchromat):
Vereinige mäßig konzentrierte Lösungen von Kaliumchromat und Strontiumnitrat in einem großen Zentrifugenröhrchen und zentrifugiere den entstandenen Niederschlag von $SrCrO_4$ ab. Nach dem Abgießen des Überstandes wird der Niederschlag mit destilliertem Wasser geschüttelt, um überschüssige Chromationen auszuwaschen. Danach wird abermals zentrifugiert. Dieser Vorgang wird so lange wiederholt, bis sich die Extinktion des gelben klaren Überstandes nicht mehr ändert. Die gelbe Farbe stammt dann nur noch von Chromationen, welche aus dem gereinigten Bodenkörper in Lösung gegangen sind.
Ermittle aus der Extinktion des Überstandes mit Hilfe der Eichgeraden die Konzentration der Chromationen. Durch Quadrieren dieses Wertes erhält man $L_{p\,(SrCrO_4)}$.
Literaturwert: $L_p = 3{,}5 \cdot 10^{-5}$ Mol²/l²

Die Beobachtung der Ionenwanderung auf Indikatorpapier und im U-Rohr.

Aufgabe: Die Beweglichkeiten von H_3O^+ (Hydronium-Oxonium-Ion) und OH^- (Hydroxid-Ion) sind miteinander zu vergleichen.

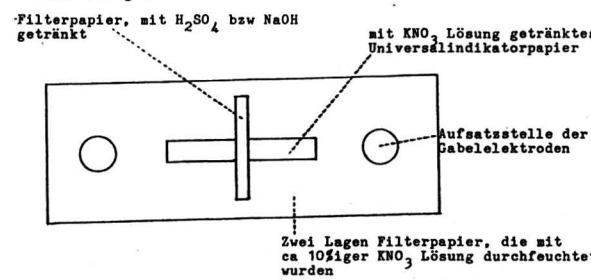
Prinzip: Wenn man auf Universalindikatorpapier, welches mit einer Elektrolytlösung durchfeuchtet wurde, H_3O^+-Ionen (Säure) oder OH^--Ionen (Lauge) aufbringt, kann man die Wanderung dieser Ionen im elektrischen Feld als Wanderung gefärbter Zonen beobachten.
Da der Weg der Ionen jedoch durch ein Netzwerk von Zellstoffkapillaren führt, mißt man keine Absolutwerte der Wanderungsgeschwindigkeiten. Diesen Absolutwerten nähert man sich, wenn man anstelle des Indikatorpapiers einen Brei aus Watte und Universalindikator-Lösung verwendet, welcher in einem U-Rohr aus Glas enthalten ist (27).

Theorie: Legt man an eine wäßrige Lösung von H_3O^+- bzw. OH^--Ionen ein elektrisches Feld der Stärke 1 V cm^{-1}, so ist ihre Wanderungsgeschwindigkeit $32{,}5 \cdot 10^{-4}$ cm s^{-1} bzw. $17{,}8 \cdot 10^{-4}$ cm s^{-1}, also wesentlich größer als die Geschwindigkeit anderer Ionen unter gleichen Bedingungen, die in der Größenordnung von $6 \cdot 10^{-4}$ cm s^{-1} liegt.
Daraus wurde der Schluß gezogen, daß nicht die Hydronium- bzw. Hydroxydionen selbst wandern, sondern ihre scheinbare Wanderung durch Protonenwanderung über benachbarte Wassermoleküle zustandekommt:

Praktische Durchführung:
a) Als Elektroden dienen zwei Grafitstäbe, die man an einer Korkplatte so befestigt, daß sie parallel im Abstand von 5 cm gehalten werden („Gabelelektrode"). Auf eine Glasplatte legt man zwei mit 10%iger KNO_3-Lösung durchtränkte Streifen Filterpapier (2,5 × 7,5 cm) übereinander und auf diese einen 3 cm langen mit der gleichen Lösung getränkten Streifen Universalindikatorpapier.

Ein rechteckiges Stück Filterpapier (0,5 × 2 cm) wird in verdünnte Schwefelsäure getaucht und an einer markierten Stelle in der Mitte senkrecht über den Indikatorstreifen gelegt, dessen bedeckter Teil sich sofort tiefrot färbt.
Man setzt nun die mit den Polen der Spannungswelle verbundenen Grafitstäbe unter leichtem Druck auf die Filterpapierunterlage, so daß der Indikatorstreifen in der Verbindungsgeraden (Feldrichtung!) der Aufsatzstellen liegt.

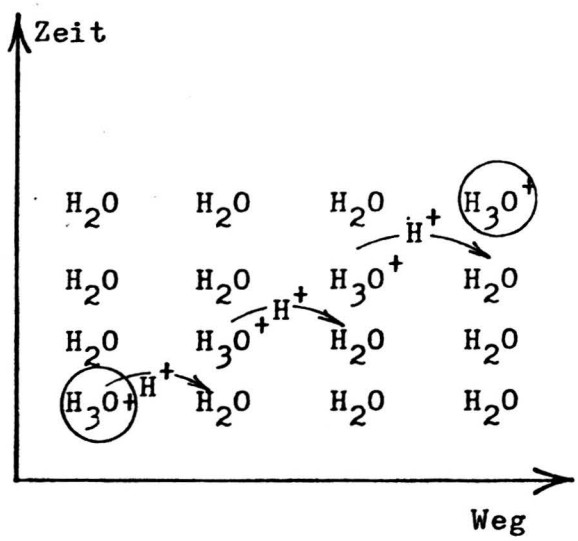
Abbildung 31

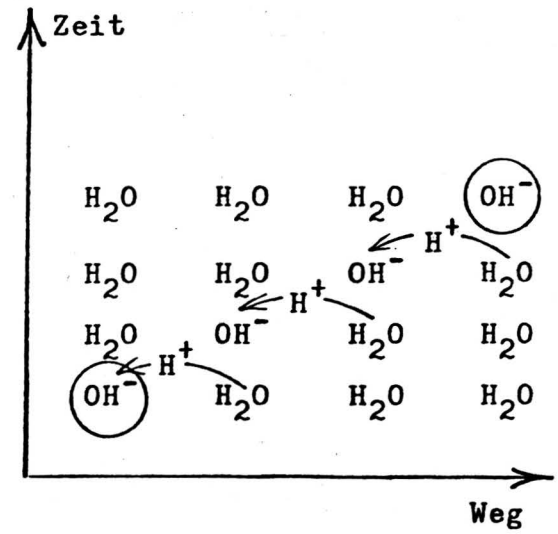


Zum Schutze gegen eine unbeabsichtigte Berührung werden die Grafitstäbe mit passenden Gummischlauchstücken umhüllt! Abschließend schaltet man ca. 90 V Gleichstrom ein. Der Versuch wird mit verdünnter Natronlauge wiederholt. In beiden Fällen wird die „Beweglichkeit" der Ionen errechnet:

$$\text{Beweglichkeit} = \frac{\text{Weg der Farbfront (cm)} \times \text{Elektrodenabstand (cm)}}{\text{Laufzeit (s)} \times \text{Spannung (V)}}$$

b) Man füllt ein U-Rohr aus Glas möglichst gleichmäßig zu etwa zwei Drittel mit Wattebäuschchen, die man mit einem Draht einführt und nicht zu fest aufeinanderpreßt. Man gießt eine Mischung aus ca. 5%iger KNO_3-Lösung und flüssigem Indikator in das U-Rohr, so daß die Flüssigkeit etwa 2–3 cm über der Wattefüllung in beiden Schenkeln steht.
Nach einigen Minuten gießt man die über der Watte stehende Flüssigkeit ab, legt in jeden Schenkel auf die Watte ein Scheibchen Filterpapier und läßt in den einen Schenkel aus einer Pipette ca. 5 ml ca. 0,1 M H_2SO_4 und gleichzeitig mit der gleichen Geschwindigkeit in den anderen Schenkel die gleiche Menge ca. 0,1 M NaOH fließen.
Nun taucht man zwei Platinspiralen in die Säure (Anode) bzw. Lauge (Kathode) und legt eine Spannung von ca. 60 V an. Das U-Rohr steht zur Kühlung in einem großen Becherglas mit Wasser.





Kurznachrichten

Lysinschutz ist ein Verfahren, bei welchem verhindert werden soll, daß die essentielle Aminosäure Lysin bei üblichen Back- und Kochprozessen zu 50 bis 100% zerstört wird. Lysin ist besonders reichlich in Casein, Sojaprotein, aber auch in der Molke enthalten. Beim Verarbeitungsprozeß dieser Produkte kann ein für die Niere sogar schädliches Dipeptid, das Lysinoalanin, gebildet werden. Um diese Veränderung zu verhindern, kann dem zu verarbeitenden Protein Glycin zugegeben werden, wobei sich in einem technischen Verfahren Glycin mit Lysin zu einem im Darm abbaufähigen Produkt verbindet, das auch keinerlei Toxizität aufweist. Damit ist die Zufuhr an essentiellem Lysin beim Verzehr dieser Nahrungsmittel sichergestellt.

(Umschau, 1984/8/232)

Wolframcarbid zeichnet sich durch besondere Härte und chemische Resistenz aus. Es ist nunmehr gelungen (Sulzer AG, Schweiz), ein Verfahren zu entwickeln, bei dem Oberflächen für Präzisionsbauteile mit einer dünnen Schicht aus Wolframcarbid geschützt werden. Dabei wird aus der Gasphase bei 300 °C die Schutzschicht aufgebracht. Die Schicht ist zehnmal härter als Maschinenbaustahl und kann in Dicken von 1 bis 15 µm aufgetragen werden. Zur besseren Haftung werden die Maschinenteile vorher noch vernickelt.

(Umschau 1984/8/233)

Effiziente Verbrennung von Kohle ist im Rahmen der Energieeinsparung gefragt. Einem Ingenieur des Georgia Institute of Technology (Atlanta) ist es gelungen, durch Einsparung von zugeführter Verbrennungsluft dieses Ziel zu erreichen. Üblicherweise muß für eine gut ablaufende Verbrennung ein Luftüberschuß bis zu etwa 50% zugeführt werden, damit Ruß- und Rauchbildung verhindert werden. Aber das Aufheizen dieser Verbrennungsluft ist selbst wieder ein energieverbrauchender Vorgang. In dem neuartigen Verbrennungsofen, der aus einem etwa 3 m langen Rohr mit einem Durchmesser von etwa 18 cm besteht, trifft der (flüssige) Brennstoff (Kohleaufschlämmung, Heizöl) zunächst längs der Wand auf einen porösen Metallrost, während die Verbrennungsluft vom unteren Rohrende eingeführt wird. Während des Verbrennungsprozesses bilden sich akustische Wellen aus, deren Frequenz von den Rohrdimensionen, so wie bei einer Orgelpfeife, abhängen. Durch das Resonanzphänomen wird erreicht, daß Brennstoff und Luft besser gemischt werden, aber vor allem wird eine viel bessere Wärmeübertragung auf die Wände des Verbrennungsrohres erreicht. Damit wird der Luftüberschuß auf etwa 6 bis 7% verringert und die Wärmenutzung auf etwa 97% gesteigert.

(Science News 1984/125/278)

Polysilane können bald andere Photoinitiatoren bei Polymerisationsreaktionen ersetzen. Es zeigte sich, daß bereits außerordentlich geringe Mengen an Polysilan höchst wirksam sind, wenn UV zur Auslösung der Polymerisation verwendet wird. Dies führt nicht allein zu wesentlich reineren und einheitlicheren Polymeren, sondern durch maßgeschneiderte Polysilane können die Polymerisationen auch zu ganz bestimmten Typen führen. Außerdem sind Polysilane auch bei Anwesenheit von Sauerstoff wirksam, während bei anderen Radikalbildnern ja bekanntlich auf möglichsten Ausschluß von Sauerstoff geachtet werden muß, da das O_2-Molekül als Diradikal einen typischen Inhibitor darstellt. Daher wird bei Polysilanen das kostspielige Arbeiten unter einer Schutzatmosphäre nicht mehr notwendig.

(Science News 1894/125/249)

Welchen Einfluß hat die Ernährung auf die Hirnfunktion? Mit diesen Problemen beschäftigen sich einige Arbeitsgruppen von Neuroendokrinologen und Ernährungswissenschaftlern. Ausgehend von den Zusammenhängen zwischen der Struktur von Aminosäuren und Neurotransmittern bestimmter Hirnpartien, erscheint die Frage nicht mehr ganz absurd. So ist die sehr seltene Aminosäure Tryptophan der Vorläufer des Neurotransmitters Serotonin, der z. B. schlafauslösend wirkt. Die Aminosäure Tyrosin ist der Vorläufer von Dopamin, Norepinephrin und Epinephrin, und das Lecithin, ein Phosphatidylcholin, der Vorläufer des Neurotransmitters Acetylcholin. Die Arbeitsgruppe um Richard Wurtman, MIT in Cambridge, stellte jedoch bei Fütterungsversuchen mit Ratten paradoxerweise fest, daß bei tryptophanreicher Ernährung kein Serotonin neu gebildet wird, sondern im Gegenteil nur bei Tryptophanmangel. Dies wird darauf zurückgeführt, daß Tryptophan bei reichlichem Angebot an Aminosäuren aus dem Verdauungsbrei gar nicht mehr in den Blutstrom transportiert werden kann, da es in der Konkurrenz zu dem reichen Aminosäurenangebot unterliegt. Wird daher eine Diät nur aus Kohlenhydraten angeboten, so bewirkt die starke Insulinausschüttung, daß alle Aminosäuren des Blutes bis auf Tryptophan, welches an Albumin gebunden ist, rasch aus dem Blutstrom verschwinden. Daher besteht für Tryptophan gute Chance, in das Hirn zu gelangen. Ähnliche Untersuchungen über die Aufnahme von Neurotransmitter-Vorläufern mit der Ernährung lassen bereits jetzt erkennen, daß bestimmte biochemisch wichtige Katecholamine, aber auch Acetylcholin, die für die Hirnfunktion von grundlegender Bedeutung sind, durch eine geeignete Diät vielleicht beeinflußbar sind. Dies ist besonders bei Störungen der Hirnfunktionen von ganz besonders großer Bedeutung, da eine Ernährungsumstellung sicher weniger Störungen zur Folge haben kann als die Gabe verschiedener Medikamente. Bei folgenden Teilproblemen lassen sich bereits Resultate erkennen:

Kohlenhydrate: Der Zusammenhang zwischen Tryptophanaufnahme und Serotoninbildung ist bereits genannt worden. Es erscheint durchaus möglich, daß die Vorliebe mancher Personen für den Verzehr von Zucker und stärkehaltigen Nahrungsmitteln, besonders am späten Abend, mit der schlaffördernden Wirkung von Serotonin zusammenhängt. Es ließ sich sogar zeigen, daß die Tendenz, Süßigkeiten am Abend zu verzehren, nachläßt, wenn Versuchspersonen ein den Serotoninspiegel erhöhendes Medikament erhalten. Diese Befunde zeigen, daß bestimmte Abmagerungskuren, die hohen Protein- und sehr geringen Kohlenhydratgehalt aufweisen, sich auch auf eventuelle Schlaflosigkeit oder andere Symptome auswirken könnten.

Depressionen: Man nimmt an, daß bestimmte Formen der Depression auf einen Mangel an Serotonin und Katecholaminen zurückzuführen ist. Klinische Studien zeigten nunmehr, daß tatsächlich Tyrosin als Antidepressionsmittel wirksam sein könnte. Auch das totale Meiden von Kohlenhydraten scheint sich ungünstig auf Depressionen auszuwirken.

Altern und Gedächtnisschwund: Auch hier konnten klinische Studien zeigen, daß bei großen Lecithingaben eine Besserung der senilen Demenz zu beobachten ist. Normalerweise bildet Lecithin als Phosphatid einen wesentlichen Bestandteil der Zell- und Organellenmembranen. Wird zuwenig Lecithin bzw. die für seine Synthese notwendigen Bausteine (Fettsäure, Glycerin, Phosphorsäure, Cholin) angeboten oder ist infolge einer ungünstigen Stoffwechsellage die Synthese gestört, so scheinen die Hirnzellen in geradezu selbstzerstörerischer Weise die eigenen Membransubstanzen abzubauen, um genügend Neurotransmitter Acetylcholin zu erhalten. Daher sind offenbar gerade die altersbedingten Gehirnschäden auf einen solchen Prozeß zurückzuführen, wobei ganze Zellverbände abgebaut werden.

Blutdruck: Bei den verschiedenen Fütterungsversuchen an Ratten konnte auch festgestellt werden, daß Tyrosin auf den Blutdruck regelnd einwirkt. So wird ein zu hoher Blutdruck abgesenkt, ein zu niedriger wieder normalisiert. Dies ist offenbar darauf zurückzuführen, daß die Hirnzellen nicht nur die Frequenz der feuernden Neuronen regulieren können, sondern auch die Empfindlichkeit bestimmter Neuronen durch die Anwesenheit des Neurotransmitter-Vorläufers geändert wird. So werden bei Tieren mit Bluthochdruck die Norepiphedrin ausschüttenden Neuronen im Hirnstamm in ihrer Frequenz erhöht, weil in diesem Hirnbereich das Norepiphedrin blutdrucksenkend wirkt. Andererseits werden bei Tieren mit zu niedrigem Blutdruck die auf Norepiphedrin ansprechenden Zellen, die außerhalb des Hirns im sympathetischen Nervensystem liegen und auf erhöhtes Tyrosinangebot blutdrucksteigernd wirken, angeregt. Sobald sich der Blutdruck normalisiert hat, sprechen keine der beiden Zelltypen mehr auf Tyrosin an. Diese Studien zeigen, daß gerade durch diätetische Maßnahmen sich Möglichkeiten zur Behandlung erkennen lassen, sobald die Biochemie dieser Stoffe besser durchschaubar geworden sein wird.

(Science News 1984/125/216)

Buchbesprechung

Statische Biochemie, Roland Meleofski/Horst Rauchfuß; Aulis-Verlag Deubner & Co. KG, Köln; Lehrerband: Best.-Nr. 335-00594, DIN A5, 168 Seiten, DM 16,80; Schülerband: Best.-Nr. 335-00593, DIN A5, 104 Seiten, DM 10,80.

Unter diesem etwas ungewöhnlichen Titel verbirgt sich eine vor allem an Experimenten orientierte Einführung in die Biochemie. Daß bei einem Schulkurs über Biochemie keine dynamischen Aspekte der Biochemie behandelt werden können, ist durch die zur Verfügung stehenden Unterrichtsstunden vorgegeben. Auf der Seite der Schüler sollten als Voraussetzungen grundlegende Kenntnisse der organischen Chemie bereits verfügbar sein, obwohl auch hier in kurzen theoretischen Kapiteln Wiederholungen angeboten werden. Dieses Buch gibt es in zwei Ausführungen: der

Lehrerausgabe, die zusätzliche Informationen auf getöntem Papier enthält und daher um etwa 60 Seiten umfangreicher als die im übrigen gleiche Schülerausgabe ist. Bei der Auswahl von Experimenten gehen die Autoren davon aus, daß doch eine Laborausrüstung vorhanden ist, die die Durchführungen chromatographischer Verfahren, spektroskopischer Verfahren im visuellen und UV-Bereich und auch die Durchführung einer Elektrophorese ermöglicht. Der Inhalt des Buches ist in zwei Teile gegliedert: 1. Einige wichtige einfach gebaute Verbindungen; 2. einige polymere Naturstoffe. Im ersten Teil werden Aminosäuren behandelt (z. B. Synthesen, Desaminierung neben Nachweisreaktionen), dann folgen einige Peptide. Anschließend folgen Kapitel über einfache Kohlenhydrate (Zucker) und Fette, ein Kapitel über Zitronensäure und Vitamin C. Der zweite Teil befaßt sich zunächst mit Proteinen, ihrer Trennung (Elektrophoresen), ihrer Hydrolyse und die Auftrennung des Aminosäuregemisches aus einem Hydrolysat durch DC. Dann folgt ein Kapitel über Nucleinsäuren und ihre Hydrolyseprodukte einschließlich ihrer Isolierung und Identifizierung. Als letzter hochmolekularer Naturstoff wird Stärke behandelt.

Dieses Büchlein stellt sicher nur eine sehr subjektive Auswahl aus dem großen Bereich der Biochemie dar. Man vermißt wohl manche Versuche und quantitative Auswertungen. Andererseits gibt es auch recht praktische Arbeitsanleitungen, wie z. B. die Bestimmung des Fettgehaltes einer Wurst. Der Aufbau der Einzelkapitel läßt den Schüler zunächst die Lernziele des Kapitels erkennen, so daß die Aufstellung eines Arbeitsplanes einsichtig wird und der Schüler damit erfährt, daß nur sehr zielbewußtes Experimentieren zum gewünschten Erfolg führen kann, dagegen blindlings nachvollzogene „Kochrezepte" keinen Zugang zu wissenschaftlichem Arbeiten ermöglichen. Es gibt auch zu jedem Kapitel Fragen, die sich vor allem mit der kritischen Bewertung des Experiments befassen, und Aufgaben, die den theoretischen Aspekt berücksichtigen. In dieser Hinsicht ist die Gesamtkonzeption dieser „Biochemie" sehr zu begrüßen, da alle Kapitel didaktisch bestens durchdacht sind. Wem jedoch der Inhalt zu stark eingeschränkt erscheint, kann sicher an Hand der im Lehrerband gebotenen Hinweise seinen Biochemie-Kurs ausweiten und sicher auch ergänzende Experimente so gestalten, daß sie sich den gebotenen Arbeitsweisen anpassen. Im ganzen gesehen, ist dieser Band eine begrüßenswerte Bereicherung des Angebotes an biochemischen Experimenten für den Bereich der AHS-Oberstufe. (Dr. E. J.)

Kunststoff-Recycling, Hans Joachim Bader; Praxis-Schriftenreihe Band 40; Aulis-Verlag Deubner & Co. KG, Köln; DIN A5, 160 Seiten, DM 24,–.

Das in den letzten Jahren immer wieder auch in der Öffentlichkeit viel besprochene Problem der Wiederverwertung von Altmaterialien ist bisher in der Schulbuchliteratur kaum angesprochen worden. Diese Lücke zu schließen, aber auch zugleich den Schülern und künftigen Konsumenten erkennen zu lassen, daß Recycling kein Schlagwort bleiben soll, ist das besondere Anliegen des Autors. So müssen vielfältige physikalische und chemische Verfahren zum Einsatz kommen, um Altstoffe auch wirtschaftlich sinnvoll wiederzuverwerten. Infolge der Vielfalt von Altmaterialien beschränkt sich der Autor auf das Recycling von Kunststoffen und Gummi, die aus dem Hausmüll bzw. Autoschrott stammen. Das Buch ist in insgesamt fünf Abschnitte gegliedert und enthält zum Schluß noch ein kleines Literaturverzeichnis. Die Einführung soll vor allem mit der Problematik des Recyclings vertraut machen, behandelt Fragen der Rohstoffgewinnung, des Energieeinsatzes bei der Erzeugung von Kunststoffen und die Belastung der Umwelt durch Abfallprodukte. Der zweite Teil befaßt sich vor allem mit Trennproblemen und bietet daher bereits einfache Versuche an, die auf sehr allgemein anwendbaren Trennmethoden beruhen (z. B. Ausnützung unterschiedlicher Dichten). Im dritten Teil wird die Energiegewinnung aus der Verbrennung von Kunststoffen behandelt; Experimente sind qualitativ und quantitativ zur Bestimmung von Verbrennungswärmen angegeben. Das vierte Kapitel befaßt sich mit geschlossenen Stoffkreisläufen, die ohne Stoffumwandlung ablaufen. So wird z. B. gezeigt, wie aus einem alten Autoreifen ein neues Produkt, ein Schuppenband, hergestellt werden kann. Das fünfte Kapitel ist der eigentlichen Kunststoffchemie gewidmet und behandelt daher Stoffkreisläufe, bei denen chemische Umwandlungen eingesetzt werden müssen: Pyrolysen und Hydrolysen und die Wiederverwertung der erhaltenen Spaltprodukte. Das sechste Kapitel beschreibt ineinandergreifende Stoffsysteme, wobei es vor allem um Auftrennungsmethoden für Pyrolyseprodukte geht, oder auch Verfahren, wie z. B. Umesterungen, angesprochen werden.

Zu jedem Kapitel gibt es einfache sowie auch aufwendigere Versuche, die davon ausgehen, daß der Schüler Grundlagen aus organischer Chemie bereits beherrscht. Wieweit diese doch nur als Ansätze zu großen Recyclingverfahren beschriebenen Versuche wirklich in die Technik übertragbar sein werden oder sein können, wird leider etwas zuwenig behandelt. Aber die Recyclingverfahren stehen ja heute erst am Beginn ihrer Entwicklung, und so kann dieses Buch viele Anregungen einem zukünftigen technischen Chemiker oder Verfahrenstechniker für die Berufswahl und seine weitere Laufbahn bieten. (Dr. E. J.)

Sicherheit im Chemieunterricht, Januschewsky-Krainer; herausgegeben von A. Lorber PHYWE-Ges. m. b. H., Wien; DIN A4, 111 Seiten.

Mit diesem Buch ist endlich dem Lehrer, der Chemie an der AHS, aber auch ebenso an der HS unterrichtet, eine sorgfältig zusammengestellte und tragfähige Unterlage zur Gestaltung des experimentellen Chemieunterrichts zugänglich geworden. Die Einführung bringt einen Beitrag von Dir. Dr. Rosa Hagenauer und Prof. P. Schwarzmann, der bereits früher in „Erziehung und Unterricht" erschienen ist und die drei wesentlichen Voraussetzungen zur Sicherheit im experimentellen Unterricht, nämlich die baulich-technischen, die organisatorischen und personellen anführt. Dann folgt ein wichtiges Kapitel, das sich mit den Chemikalien, ihrer Lagerung und ihrem Umgang befaßt, aber auch die Kennzeichnung und die Beseitigung von Abfällen beschreibt. Dann wird der Umgang mit komprimierten Gasen, insbesondere das Handhaben von Druckminderventilen, genau erläutert. Ein großer Abschnitt ist den Geräten gewidmet, wobei wieder über die Aufbewahrung, die Handhabung und ihre Behandlung genaue Anweisungen zu finden sind. Dabei werden sowohl elektrische Meßgeräte als auch Normschliffgeräte und auch einige besondere Geräte (z. B. Kolbenprober) genau beschrieben. Auch das Reinigen dieser Geräte wird in einem eigenen Abschnitt behandelt. Das fünfte Kapitel beschäftigt sich mit den Sicherheitsvorkehrungen für Ausstattung und Arbeit im Labor, dann folgt ein Kapitel über wichtigste Maßnahmen zur Ersten Hilfe. Auch für die Durchführung von Schülerübungen enthält dieses Buch wichtige Sicherheitshinweise. Besonders begrüßenswert ist, daß das neunte Kapitel auch Auszüge aus den wichtigsten gesetzlichen Vorschriften enthält und im Abschluß auch die Sicherheitshinweise und die Kennzeichnung von Chemikalien (R- und S-Sätze) samt Informationen über ihren Transport zu finden sind, die von der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt in Form von Plakaten zur Verfügung gestellt wurden. Damit ist den Autoren ein ganz wichtiges Buch gelungen, das jedem Lehrer, aber insbesondere auch dem noch wenig erfahrenen Junglehrer, viele Unsicherheiten ausräumen hilft. Deshalb sollte dieses Buch eigentlich eine Pflichtlektüre für jeden darstellen, der Chemie experimentell betreibt, und müßte auch in jeder Lehrerbibliothek enthalten sein. (Dr. E. J.)

EXPERIMENTALPHYSIK

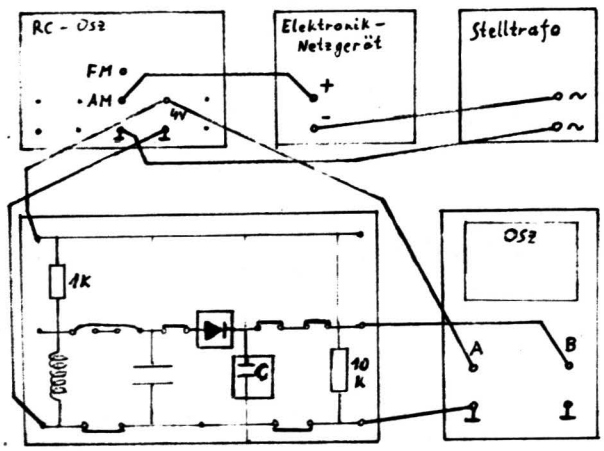
Prof. Richard Lederer

Gustav Taschners Versuche zur Frequenzmodulation (II)

Demodulation

Mit einer bei Verwendung von HF als Trägerschwingung niemals erreichbaren Anschaulichkeit und Präzision kann nun die Demodulation gezeigt werden.

Dazu bauen wir den üblichen LC-Resonanzkreis mit einer 1200-Wdg-Spule und einem 1-µF-Kondensator auf, schalten aber davor einen Widerstand 1 kOhm (Bild!). Um die vom LC-Kreis aufgenommene Spannung zu sehen, schalten wir die vorher vom Pluspol zum Kanal B kommende Verbindungsleitung auf den Ausgang des Resonanzkreises um (siehe Bild).



Auf diese Weise sehen wir die einlangende modulierte Trägerfrequenz und das jeweilige Ergebnis des Demodulationsvorgangs. Es folgen nun die üblichen und sicher bereits bekannten Schritte der Demodulation.

1. Durch feinfühliges Einschieben eines Eisenkerns in die Spule mit 1200 Wdg ändern wir die Eigenfrequenz des „Empfangskreises" und erreichen Abstimmung auf die maximale Amplitude, angezeigt von Kanal B.

2. Die Verbindungsbrücke V wird durch eine Diode (es kann sogar notfalls eine Siliziumdiode sein, besser ist aber eine Germaniumdiode!) ersetzt. Es wird jeden Nachvollziehenden überraschen, wie exakt die eine Hälfte der Trägerfrequenz abgeschnitten wird!

3. Der Kondensator C mit 0,1 µF wird eingesteckt. Er soll die Trägerfrequenz kurzschließen, die Modulationsfrequenz dagegen nicht schwächen. Um das ideal zu können, sind nun die Frequenzen 600 Hz und 50 Hz zu nahe beisammen. Das unvollkommene Bild kann dazu anregen, darüber nachzudenken, warum der Kondensator weder zu groß noch zu klein sein darf. Wer darüber aber nicht diskutieren will, schalte die Trägerfrequenz auf 3000 Hz hoch. Ideal wird das Herausfiltern der Trägerfrequenz zwar nicht (Abweichung von der Sinusform), aber doch wesentlich schöner.

FM-Modulation mit 50 Hz

Überraschend einfach ist der Umbau auf Frequenzmodulation: Die Verbindungsleitung in der AM-Buchse wird auf die FM-Buchse umgesteckt, und an Kanal B wird der nicht geerdete Anschluß am Stelltrafo geführt. Die erste Änderung ist ja selbstverständlich. Die zweite Änderung dient dazu, um die Triggerung von Kanal B her (Triggerung auf Kanal B oder CH 2 stellen!) nicht durch die überlagerte Gleichspannung unmöglich zu machen.

Einstellungen: Wechselspannung 5 V effektiv, Gleichspannung 7 Volt, Zeitablenkung 2 ms/cm, modulierte Trägerschwingung und Wechselspannung 50 Hz untereinander am Bildschirm darstellen, eventuell auf zwei Perioden der 50-Hz-Spannung einstellen.

Um sich nicht sklavisch an einen Zettel halten zu müssen, sollte man die Einstellungen logisch verstehen. Man betrachte nochmals die Frequenzmessungen in Kapitel „FM-Buchse". Wenn wir die positive Seite der FM verwenden wollen, muß die Modulationsspannung im Bereich −3 V bis +16 V liegen. 5 Volt effektiv sind etwa 7 Volt Spitzenwert, und wenn wir 7 Volt Gleichspannung überlagern, bewegen wir uns zwischen Null und +14 Volt.

Es ist wunderschön zu sehen, wie die positive Halbperiode der Wechselspannung eine Frequenzverminderung (Dehnung der Kurven) bewirkt, die negative Halbperiode dagegen eine Frequenzerhöhung (Zusammendrängen der Kurven).

Eine Beruhigung der frequenzmodulierten Spannung am Bildschirm ist durch feinfühlige Betätigung der Frequenzeinstellung um 600 Hz herum zu erreichen.

Demodulation der FM

Jeden neugierigen Menschen (hoffentlich auch manche unserer Schüler) müßte es interessieren, wie man beim Empfänger aus dieser schwankenden Frequenz wieder die ursprüngliche Modulationsfrequenz herausholen kann.

Dazu geben wir zwei Verfahren an, von dem das erste primitiv, aber leicht verständlich, das zweite technisch eleganter, aber wesentlich schwieriger verständlich zu machen ist.

Flanke eines Resonanzkreises

Wie eine Resonanzkurve aussieht, braucht hier nicht geschildert zu werden. Wenn man z. B. die ansteigende Flanke betrachtet, erkennt man, daß die vom Resonanzkreis abgegebene Spannung mit höherer Frequenz wächst, mit sinkender Frequenz abnimmt. Jenseits des Maximums auf der abfallenden Flanke ist es umgekehrt.

Daraus ergibt sich ein einfaches Rezept: Wenn man die frequenzmodulierte Schwingung der einen Flanke eines Resonanzkreises zuführt, macht dieser daraus eine Amplitudenmodulation. Nachteil dieses Verfahrens: Weil die Flanke keine Gerade ist, kommt es zu Verzerrungen. Für unsere Demonstration ist das aber sicher nicht von Bedeutung.

Wir brauchen gegenüber den von den früheren Versuchen vorhandenen Schaltungen gar nicht viel zu ändern. Damit wir auf der Flanke bleiben, setzen wir die Stärke der Modulation herab: Wechselspannung auf 3 V effektiv, Gleichspannung auf 2 V.

Die Schaltung gleicht genau der von Bild 2 (Amplitudendemodulation). Nur ist jetzt klarerweise die FM-Buchse (anstatt AM) beschaltet. Den Eisenkern lassen wir weg. Wir stimmen ja jetzt nicht auf Resonanz ab, sondern müssen auf einer der beiden Flanken bleiben. Mit diesen primitiven Mitteln wissen wir nur ungefähr, auf welcher Flanke wir landen. Bei 2 V Gleichspannung (als Mittelwert der noch überlagerten Wechselspannung) sind etwa 1200 Hz zu erwarten, also liegen wir, weil unser Resonanzkreis auf 600 Hz abgestimmt war, auch ohne Eisenkern sicher jenseits des Maximums auf der abfallenden Flanke. Im Experiment erkennen wir das später am Demodulationsbild.

Durch feinfühliges Betätigen des Gleichspannungsstellknopfes, der Zeitablenkung und der Frequenzeinstellung am RC-Oszillator müssen wir ein halbwegs ruhendes Bild am Oszilloskop erzeugen. Und, oh Wunder, wir erhalten über Kanal B das Bild einer amplitudenmodulierten Trägerfrequenz! Und so wie früher bei AM holen wir mit Diode und Kondensator die 50 Hz wieder heraus.

Wir sollten am Bildschirm also zwei Kurvenzüge sehen: Von Kanal A die frequenzmodulierte Trägerfrequenz (zwar schwächer als bei der Modulation frequenzgeändert, aber immer noch deutlich erkennbar!) und von Kanal B die an der Flanke daraus gewonnene Amplitudenmodulation.

Daß wir an der abfallenden Flanke arbeiten, erkennt man daran, daß bei den gedehnten Sinusperioden der FM die großen Amplituden des Signals an Kanal B auftreten. Wenn wir ganz roh durch Vergrößern der Gleichspannung bis 12 oder 15 Volt die Frequenzen herunterdrücken, erkennen wir schließlich leicht, daß wir an der ansteigenden Flanke landen.

(wird fortgesetzt)

Ein neues Drehimpulsgerät

Drehbewegungen und der damit verbundene Drehimpuls spielen in Natur und Technik eine wichtige Rolle.

Der grundlegende physikalische Inhalt dieser Bewegungsart wird durch die Gleichung

$$\vec{L} = J \times \vec{\omega}$$

beschrieben oder, in Worten: Unter dem Drehimpuls L eines rotierenden Körpers versteht man das Produkt aus seinem Massenträgheitsmoment J und seiner Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$. Da die Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$ proportional zur Drehzahl n des rotierenden Körpers ist, läßt sich obige Gleichung durch folgende Proportionalität ersetzen:

$$\vec{L} \sim J \times n$$

Auf dieser Proportionalität beruht die Auswertung der nachfolgend beschriebenen Versuche, da dort alle quantitativen Aussagen durch den visuellen Vergleich ganzzahliger Drehzahlverhältnisse gewonnen werden.

Um die physikalischen Gesetzmäßigkeiten, die im Zusammenhang mit dem Drehimpuls gelten, sowohl quantitativ als auch auf sehr anschauliche Weise experimentell im Unterricht erarbeiten zu können, hat PHYWE – in Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Müller, Essen – ein neuartiges Gerät auf den Markt gebracht, das als Aufsatz zu einem Tageslichtprojektor konzipiert ist.

Mit Hilfe des Gerätes lassen sich folgende physikalische Gesetzmäßigkeiten erarbeiten:

- Das Gesetz von der Erhaltung des Drehimpulses.
- Der Zusammenhang zwischen Masse und Massenträgheitsmoment homogener Kreisscheiben.
- Der Zusammenhang zwischen Radius und Massenträgheitsmoment homogener Kreisscheiben.
- Der elastische Drehstoß und der inelastische Drehstoß.

Durch die völlig neuartige Konzeption des Gerätes und seinen Einsatz auf dem Tageslichtprojektor ergeben sich im Unterricht folgende Vorteile:

- Äußerst einfache Handhabung, da zur Vorbereitung und Durchführung der Experimente wenige Handgriffe genügen.
- Zusätzliche Meßgeräte müssen nur dann eingesetzt werden, wenn die Winkelgeschwindigkeiten (Drehzahlen) der einzelnen Probekörper gemessen werden sollen.
- Sehr gute Demonstrierbarkeit des Versuchsablaufs. Der Schüler kann die experimentell wichtigen Größen während des Versuches verfolgen und die physikalisch relevanten Zusammenhänge selbst herstellen.

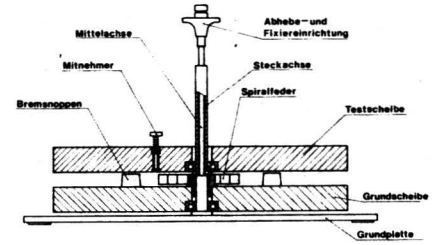


Abb. 2: Schnitt durch das Drehimpulsgerät

Die Abbildung zeigt einen Schnitt durch das aus Plexiglas gefertigte Gerät. Es besteht aus einer Grundplatte mit integrierter, drehbar gelagerter Grundkreisscheibe, an der eine Stoßvorrichtung befestigt ist. Außerdem ist an ihr eine Spiralfeder befestigt. Diese Spiralfeder wird mit einem Mitnehmer an eine von drei auswechselbaren Testscheiben gekoppelt und überträgt auf diese und die Scheibe des Grundgerätes ein Antriebsmoment. Von den auswechselbaren Testscheiben ist eine identisch mit der Scheibe des Grundgerätes, während eine zweite Scheibe den gleichen Durchmesser, aber die halbe Masse besitzt. Die dritte Testscheibe ist mit der Grundscheibe massengleich, besitzt jedoch nur den halben Durchmesser wie diese. Je nach Versuch wird eine der drei Testscheiben mittels Steckachse auf der Mittelachse befestigt. Die Steckachse beinhaltet eine Abhebeeinrichtung. Im abgesenkten Zustand liegt die Testscheibe auf den Bremsnoppen der Grundscheibe, so daß beide Scheiben fest miteinander gekoppelt sind.

Zur Durchführung der Experimente stellt man das Drehimpulsgerät auf einen Tageslichtprojektor und legt eine der Testscheiben auf das Grundgerät. Nun wird mit der Abhebeeinrichtung die Testscheibe angehoben und der Mitnehmer nach unten gedrückt. Werden nun Grundscheibe und Testscheibe gegenläufig gedreht, so greift der Mitnehmer in die Spiralfeder und spannt diese. Die Scheiben werden solange gedreht, bis sich alle auf den Scheiben angebrachten Markierungen decken. Ist dieses der Fall, dann wird die obere Testscheibe abgesenkt und mit der unteren durch die Bremsnoppen gekoppelt.

Anschließend dreht man beide Scheiben gemeinsam, bis sich die Markierungsmarken der Scheiben auch mit dem Markierungsstrich auf der Gerätegrundplatte decken. Diese Ausgangsstellung ist für alle Versuche gleich. Durch erneutes Betätigen der Abhebevorrichtung werden die Scheiben entkoppelt und durch die gespannte Feder in gegenläufige Rotation versetzt. Anhand der angebrachten Markierungen kann das Verhältnis der Drehzahlen n in beiden Scheiben problemlos bestimmt werden.

Versuch 1:

Das Gesetz von der Erhaltung des Drehimpulses.

Auf das Grundgerät wird nacheinander jede der beiden Testscheiben aufgesetzt. Dann werden die Scheiben, wie oben beschrieben, durch die Spiralfeder in gegenläufige Drehung versetzt. Nach einigen Umdrehungen koppelt man die Testscheibe durch Absenken wieder mit der Grundscheibe.

Dabei macht man folgende Beobachtungen:

- Vor dem Abheben der Testscheibe ist das System in Ruhe ($L = 0$).
- Nach dem Abheben führen beide Scheiben gegenläufige Drehbewegungen aus. Das Drehzahlverhältnis, bezogen auf die Grundscheibe, ist für jede der Testscheiben unterschiedlich.
- Nach dem Absenken stehen beide Scheiben sofort wieder still ($L = 0$).

Dieses Experiment bestätigt in eindrucksvoller Weise, daß der Gesamtdrehimpuls eines Systems, auf das keine äußeren Kräfte einwirken, konstant bleibt.

Versuch 2:

Masse und Massenträgheitsmoment homogener Kreisscheiben.

In diesem Versuch wird der Zusammenhang zwischen der Masse und dem Massenträgheitsmoment zweier Drehscheiben mit gleichem Radius untersucht.

Die Masse der Grundscheibe ist in diesem Fall m und die Massen der Testscheiben sind m und 0,5 m.

Die Drehzahlmessung ergibt folgendes:

Tab. 1:

n_D/n_G	m_D/m_G	$\vec{L}_D/\vec{L}_G$	J_D/J_G
1	1,0	1	1,0
2	0,5	1	0,5

Die Meßergebnisse zeigen in diesem Fall:

Das Massenträgheitsmoment ist proportional zur Masse der Scheibe.

Versuch 3:

Radius und Massenträgheitsmoment homogener Kreisscheiben.

In diesem Versuch wird der Zusammenhang zwischen dem Radius und dem Massenträgheitsmoment zweier Testscheiben untersucht, deren Massenverhältnis 1 : 1 ist und für deren Radien gilt: $r_{D1} = r_G$ und $r_{D2} = ½\ r_G$

Tab. 2:

$\vec{L}_D/\vec{L}_G$	r_D/r_G	n_D/n_G	J_D/J_G
1	1,0	1	1,00
1	0,5	4	0,25

Erkenntnis: Das Massenträgheitsmoment einer homogenen Kreisscheibe ist bei konstanter Masse dem Quadrat ihres Radius proportional.

In den folgenden Versuchen wird das Antriebsmoment nicht von der Spiralfeder, sondern von Hand erzeugt. Dazu wird die obere Scheibe von der unteren mechanisch gekoppelt und mit der Hand angestoßen.

Versuch 4:

Der elastische Drehstoß bei zwei Scheiben mit gleicher Masse und gleichem Radius.

In diesem Experiment bewegt sich die obere Testscheibe mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega_1 = \chi$ und die untere Grundscheibe mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega_2 = 0$. Dabei stößt der Mitnehmer auf ein vorher angebrachtes Gummiband und beide Drehscheiben stoßen elastisch miteinander, so daß nach dem Stoß die Testscheibe die Winkelgeschwindigkeit $\omega_1 = 0$ und die Grundscheibe die Winkelgeschwindigkeit $\omega_2 = \chi$ hat. Dieser Austausch von Rotationsenergie setzt sich in einer Folge von Drehstößen fort.

Versuch 5:

Der unelastische Drehstoß von 2 Scheiben mit dem gleichen Massenträgheitsmoment.

Die obere Testscheibe mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega_1 = \chi$ wird abgesenkt und stößt unelastisch die untere Grundscheibe mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega_2 = 0$ an. Danach bewegen sich beide Scheiben gemeinsam mit der halben Winkelgeschwindigkeit $\omega_{1,2} = \chi/2$ weiter.

Ein weiteres, hier nicht beschriebenes Experiment zeigt den Einfluß der Massenverteilung auf das Massenträgheitsmoment. Für diesen Versuch wird der in der Geräteliste aufgeführte Testring benutzt und gezeigt, daß für ihn $J = mr^2$ ist. Wie obige Experimente zeigen, ist es mit dem Drehimpulsgerät möglich, die Gesetze der Drehbewegung anschaulich und ohne großen mathematischen Aufwand darzustellen.

Geräteliste:
Drehimpulsgerät
(Grundgerät mit einer Testscheibe)
Testscheibe 550 g mit Testring 275 g
Testscheibe 1100 g

Gustav Taschner

Strömungsversuche — rasch und sicher

Unter den anläßlich der DIDACTA 1984 in Basel mit Preisen ausgezeichneten Lehrmitteln befand sich ein Gerätesatz zur Strömungslehre, der durch die Eindringlichkeit der Darstellung und die Einfachheit des Aufbaus helle Begeisterung erweckte. Da auch die Verkaufspreise sehr einnehmend waren, wurde ein Mustersatz ausführlich erprobt und möge nun mit der gebotenen Kürze beschrieben werden.

Einsatz des Tageslichtprojektors

Die Eindringlichkeit der Darstellung wird durch farbige Gestaltung der Diapaneele und die Verwendung des Tageslichtprojektors erreicht. Weil die Schwerkraft bei der Druckmessung eine nicht zu vermeidende Rolle spielt, müssen die Versuche in lotrechter Anordnung ablaufen. Dazu benötigt man eine geeignete Projektionsvorrichtung, die den lotrechten Aufbau auf dem Tageslichtprojektor gestattet. Nun gibt es für chemische Versuche von mehreren Firmen solche Projektionseinrichtungen, die sich mehr oder weniger gut bewähren. Klagen über mangelhafte Qualität dieser Vertikalprojektionszusätze sind aber weniger auf mangelnde Qualität der Zusätze als vielmehr auf die sehr unterschiedlichen Eigenschaften der Tageslichtprojektoren zurückzuführen.

An unserer Anstalt sind Tageslichtprojektoren von drei verschiedenen Firmen im Einsatz. Um ein Aufheulen der diversen Vertretungen zu vermeiden, mögen hier keine Namen angeführt werden. Es soll vielmehr allgemein aufgezeigt werden, welche Eigenschaften für unseren Einsatz wichtig sind. Eine vollständige Kenntnis aller auf dem Markt befindlichen Typen gehört auch nicht zu meinen Pflichten.

Der geeignete Tageslichtprojektor soll eine sehr große Projektionsfläche (etwa 30 × 30 cm) besitzen und einen sehr großen Schärfebereich aufweisen. Es gibt Geräte, die Objekte bei fünf Zentimeter Abstand von der Auflagefläche nicht mehr scharf abbilden können. Aber auch bei diesen Geräten braucht man für unseren Zweck nicht zu verzweifeln.

Zwei Projektionsmöglichkeiten

Die Hersteller die Diapaneele für Strömungsversuche haben zwei ganz verschiedene Projektionszusätze geschaffen, um mit allen Projektoren gute Erfolge erzielen zu können.

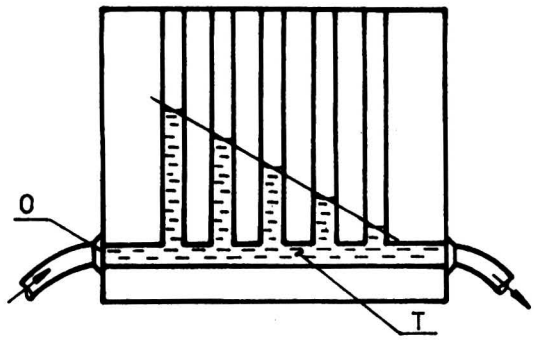
Für Besitzer von in unserem Sinne „guten" Projektoren gibt es eine Projektionseinrichtung, die ganz einfach auf die Arbeitsfläche des Tageslichtprojektors gestellt wird. Die Diapaneele werden auf vorhandene Bolzen aufgesetzt, und schon kann das Experiment ablaufen.

Wenn der verwendete Projektor in unserem Sinne nicht „gut" genug ist, kann der Projektor um 90 Grad gekippt werden, die Versuche laufen vor der jetzt lotrecht stehenden Arbeitsfläche des Projektors ab und werden mit Hilfe eines beigegebenen Umkehrspiegels auf die gewünschte Projektionsfläche abgebildet.

Die Experimente laufen ansonsten in gleicher Weise ab. Bequemer ist die erste Projektionsmethode, für alle Projektoren universell geeignet ist die zweite Methode.

Druck und Strömungsgeschwindigkeit

Die Diapaneele 1, 2 und 3 werden in die Projektionseinrichtung gestellt. Eine preiswert erhältliche Wasserpumpe treibt Wasser zuerst durch ein Rohr mit konstantem Querschnitt (Diapaneel 1).



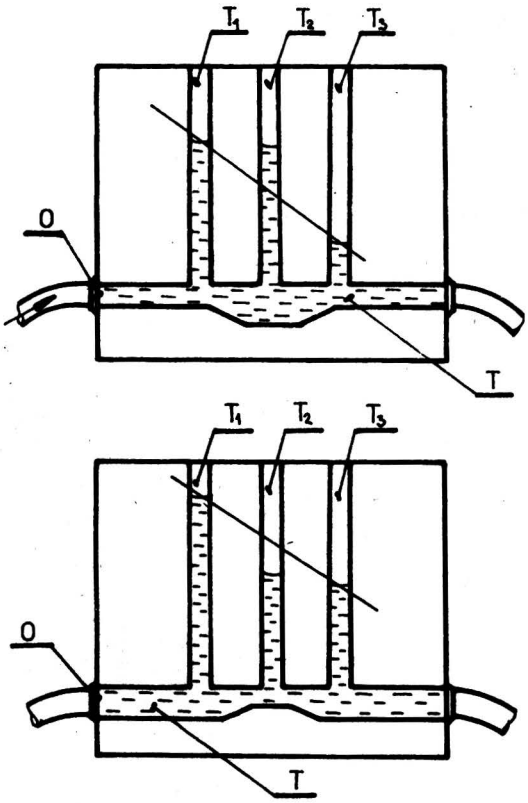
Ergebnis: Es zeigt sich ein geringer und linearer Druckabfall proportional zur Rohrlänge. Er wird von der Reibung der Flüssigkeit verursacht.

Das Diapaneel 2 zeigt eine Verengung in der Mitte des horizontalen Rohrs.

Ergebnis: Der Druck ist an dieser Stelle geringer.

Diapaneel 3 zeigt eine Erweiterung in der Mitte des horizontalen Rohres.

Ergebnis: An dieser Stelle höherer Druck.



Wie können wir dieses Ergebnis begründen? Hoffentlich ist die Neugier auf eine theoretische Begründung geweckt und wir können hurtig die Ableitung der Bernoulli-Gleichung in Angriff nehmen.

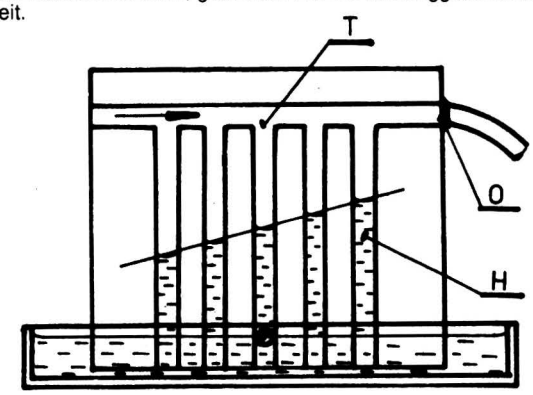
Bequemer Aufbau des Wassergefäßes

Wer nun fürchtet, sich mit Wasserschläuchen herumschlagen zu müssen, möge schnell getröstet werden. Die Projektionseinrichtung besitzt zwei Stativstangen, an deren einer im Nu ein Wasserbehälter befestigt wird, der das Wasser an die Pumpe abgibt und vom Diapaneel wieder aufnimmt. Auch der Wechsel der Diapaneele ist unkompliziert: Die Schläuche werden abgeklemmt und in eine Ausnehmung an den Plexihalterungen an den Stativstangen eingeführt, damit das Wasser nicht ausrinnt. Dann kommt die neue Versuchsplatte in die Projektionseinrichtung, und das Spiel kann fortgesetzt werden.

Verhalten sich Gase ebenso?

Anzunehmen ist es ja nicht, weil ein wesentliches Element der Ableitung die Inkompressibilität der Flüssigkeiten ist. Aber der Versuch soll zeigen, ob Abweichungen merkbar sind.

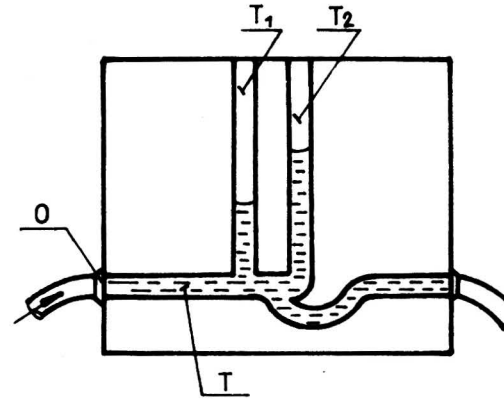
Dieselben drei Diapaneele werden um 180 Grad gedreht, so daß die Druckmeßröhren nach unten zeigen. Sie werden in einen Behälter mit gefärbtem Wasser gestellt. Durch die horizontale Röhre wird jetzt Luft bewegt, indem an einem Ende mittels Luftpumpe Luft abgesaugt wird. Die Flüssigkeit steigt in den Meßrohren hoch, gesteuert von der Absauggeschwindigkeit.



Ergebnis: Die Drucke zeigen sich genau so wie bei Flüssigkeiten. Die Bernoulli-Gleichung ist also auch bei Gasen anwendbar.

Pitot-Rohr und Prandtl-Rohr

Das Pitot-Rohr (Abbildung 5) ermöglicht die Messung des statischen Drucks und des Gesamtdrucks und damit die Berechnung der Strömungsgeschwindigkeit aus der Bernoulli-Gleichung. Das Prandtl-Rohr gibt es ebenfalls als Diapaneel.



Für eine quantitative Auswertung gibt es eine Platte mit Millimeterraster, die auf die Paneele aufgehängt werden kann und eine für die ganze Klasse gut sichtbare Höhenmessung der Flüssigkeitssäulen ermöglicht.

Venturirohr

Auch das Venturirohr ist in zwei Ausführungen vertreten und ist mit Flüssigkeit und Luft demonstrierbar. Eines der Paneele ist mit zwei Manometersäulen ausgerüstet und besser für Flüssigkeit geeignet, das andere besitzt ein Differenzmanometer und ist besser für Luftströmung geeignet.

Strömungslinien und Wirbelbildung

Sechs Diapaneele sind für die Demonstration von Strömungslinien und Wirbelbildung an verschiedenen Hindernissen verfügbar: Platte, Halbkugel, Stromlinienkörper. Um die Strömungslinien zu erkennen, wird nicht, wie allgemein empfohlen, Aluminiumpulver dem Wasser zugesetzt, denn das wäre der Flüssigkeitspumpe sehr unangenehm, sondern Paprika!

Vertretung?

In diesem kurzen Bericht konnte nur von einigen Paneelen berichtet werden. Es gibt insgesamt 48 Diapaneele zu den Gebieten Hydrostatik und Strömungslehre, von denen die meisten sehr wertvoll und erstrebenswert sind.

Während der Didacta war eine österreichische Vertretung seitens der Herstellerfirma noch nicht bekannt, sollte aber bis zum Herbst vorhanden sein (Auskunft bei der Redaktion).

MATHEMATIK

Dr. Walter Kranzer

Ein großer Fortschritt in der Fermat-Problematik

Die von **P. Fermat (1601–1653)** vermutete Unlösbarkeit der diophantischen Gleichung

$$(1) \qquad a^n + b^n = c^n \,,\ a, b, c, n \in N,\ n > 2 \,,$$

beschäftigt seit 300 Jahren die Creme der Mathematiker, ohne daß es ihnen gelungen wäre, eine Entscheidung über die Richtigkeit der Vermutung herbeizuführen. Zwar konnte die Unlösbarkeit der Gleichung für eine große Anzahl konkreter Exponenten nachgewiesen werden, ja, es gibt sogar eine unendliche Menge solcher Exponenten, aber doch nicht für die unendlich vielen anderen, die nicht darunter fallen. **E. Kummer (1810–1893)** schuf eine eigene Theorie zur Bewältigung des Problems, in der er u. a. den Begriff der **Idealzahl** einführte. Dank der Unterstützung leistungsfähiger Computer gelang es sogar 1976, im Rahmen der Kummerschen Theorie zu beweisen, daß die Glg. (1) für keinen Exponenten, der kleiner als 125000 ist, mittels natürlicher Zahlen gelöst werden kann. Für Exponenten, über 125000 erscheint auch die Computerhilfe unzulänglich. Existieren nämlich in diesem Bereich Lösungen, dann hätte selbst für die kleinstmögliche Basiszahl 2 der Potenzen auf der linken Seite von (1) die Potenz von 2 einen Wert größer als 2^{125000}, d. i. eine Zahl von 37629 Ziffern!

Äquivalent mit (1) ist die Gleichung $(a/c)^n + (b/c)^n = 1$, wenn nach ihren **rationalen Lösungen** gefragt wird. Geometrisch gedeutet, handelt es sich darum, zu entscheiden, ob die Bildkurve von

$$(2) \qquad x^n + y^n = 1 \,,\ n > 2 \,,\ n \in N \,,$$

rationale Punkte (damit sind Punkte mit rationalen Koordinaten gemeint) enthält.

Der britische Mathematiker **L. J. Mordell (1888–1972)** beschäftigte sich mit algebraischen Kurven (ihre Gleichungen sind gleich Null gesetzte Polynome in den Variablen x , y), zu denen die „Fermatkurve" mit der Glg. (2) als Spezialfall gehört. Die Gleichungen haben die Gestalt

$$(3) \qquad \sum_{i,j=o}^{n} a_{ij} x^i y^j = 0 \,,\ a_{ij} \in Z \,,$$

Die größte in einem Summanden auftretende Exponentensumme $(i + j)_{max} = g$ heißt **Grad)** der Glg. (3).

Die **linearen** Gleichungen vom Typ (3) sind stets auf unendlich viele Weisen rational lösbar. Bei den **Kegelschnitten** (C_2 , Kurven zweiten Grades) liegen die Dinge schon anders. Entweder besitzt C_2 keine rationale Lösung oder, wenn es eine gibt, dann gleich unendlich viele. Das ist leicht zu beweisen. Sei

$$(4) \qquad ax^2 + 2bxy + cy^2 + 2dx + 2ey + f = 0$$

die Gleichung der C_2 und $P_o(x_o , y_o)$ ein rationaler Punkt der C_2. Das Geradenbüschel durch P_o hat die Parameterdarstellung

$$x = x_o + u \,.\, t$$

$$y = y_o + v \,.\, t \,.$$

Eingesetzt in (4) ergibt sich für t eine Gleichung der Form

$$(5) \qquad A(u , v) \,.\, t^2 + B(u , v) \,.\, t = 0 \,,\ A \neq 0 \,,$$

in der A , B rational von u , v abhängen. Das konstante Glied fehlt, weil sich der Summand f in (4) gegen $ax_o^2 + 2bx_oy_o + + \ldots + 2ey_o$ weghebt, denn dieser Ausdruck ist gleich $-f$, weil P_o auf der C_2 liegt. (5) hat die Lösungen $t_1 = 0$ und $t_2 = -B/A$. t_1 entspricht der Punkt P_o , t_2 der zweite Schnittpunkt der Büschelgeraden mit der C_2 . A und B enthalten ein willkürlich aus der unendlichen Menge rationaler Paare (u , v) herausgegriffenes Paar, also ergeben sich auf diese Weise stets unendlich viele rationale Lösungen von (3), wenn wenigstens eine existiert, wzbw.

Von den **kubischen** Gleichungen des Typs (3) ist bekannt, daß es welche mit unendlich vielen, aber auch welche mit endlich vielen rationalen Punkten gibt. Das ist für das Fermatproblem bedeutungslos, die Unlösbarkeit für den Exponenten 3 ist ja längst für sich nachgewiesen worden.

Mordell äußerte im Jahre 1922 die Vermutung, daß auf keiner der gegenständlichen Kurven unendlich viele rationale Punkte liegen können, falls der Grad $g > 3$ ist, sondern höchstens endlich viele. Der korrekte Wortlaut der Vermutung ist:

Algebraische Kurven mit lauter ganzzahligen Koeffizienten besitzen höchstens endlich viele rationele Punkte, falls ihr Geschlecht $\gamma > 1$ ist.

Das **Geschlecht** γ ergibt sich aus dem Grad g und der Anzahl s der Singularitäten (Spitzen, isolierte und mehrfache Punkte) nach der Formel

$$\gamma = \frac{(g-1)(g-2)}{2} - s \,.$$

Gerade ($g = 1$) und Kegelschnitte ($g = 2$) sind singularitätenfrei, haben also das Geschlecht Null. Kubiken können das Geschlecht 1 haben, falls $s = 0$ gilt.

Nach 60 Jahren angestrengten, aber vergeblichen Bemühens hat nun **Gerd Faltings** die Mordellsche Vermutung in einer 40 Seiten umfassenden Arbeit als richtig nachgewiesen. Faltings ist, obwohl erst 28jährig, als Professor an der Universität Wuppertal tätig. (Die Forderung $\gamma > 1$ schließt zwar die Kubiken aus, doch ist das hinsichtlich der Fermatschen Vermutung unerheblich, weil diese ja für den Grad 3 selbständig als richtig längst bewiesen ist.)

C. L. Siegel (1896–1981), einer der größten Mathematiker unseres Jahrhunderts, hatte die Richtigkeit der Mordellschen Vermutung schon im Jahre 1929 für ganzzahlige Lösungen bewiesen. Andere Mathematiker aus der SU, BRD und Frankreich verfeinerten die von Siegel benützten und erdachten Beweismethoden. Gestützt auf die Kummersche Theorie und die letztgenannten Arbeiten hat nunmehr Faltings den nächsten großen Durchbruch geschafft, indem er die Gültigkeit des Theorems auf rationale Lösungen in algebraischen Zahlkörpern ausdehnte.

Nun fehlt „nur" noch der letzte Schritt, der zeigen soll, daß die betreffenden Gleichungen nicht nur höchstens endlich viele sondern überhaupt keine rationalen Lösungen besitzen können. Dann wäre das Fermat-Problem in denkbar umfassender Weise geklärt.

Ob und wann das wohl getan werden wird?

Lit.: Phys. Bl., Dez. 1983, S. 408, F. Fricker, Die Mordellsche Vermutung.

Elementarer Beweis der Formel $e^{ix} = \cos x + i.\sin x$

Die im Titel angeführte **Eulersche Formel** hat so fundamentale Bedeutung, daß es bedauerlich ist, sie wegen Beweisnotstandes den Schülern an höheren Schulen vorenthalten zu müssen, zumal im Anschluß an sie die **Moivreschen Gleichungen** mühelos angeschrieben werden können! Der gängige

Beweis stützt sich auf die Potenzreihenentwicklungen von Exponential-, Sinus- und Kosinusfunktion, also auf mathematische Objekte, die im Unterricht bestenfalls ohne jegliche Herleitung in Form einer dürren Mitteilung eingeführt werden müßten. Fehlen doch die Voraussetzungen für die korrekte Handhabung der erforderlichen Mittel im Schulbetrieb.

Glücklicherweise existiert jedoch ein einfacher, in der Oberstufe didaktisch bedenkenlos beschreitbarer Weg, ohne Verzichte auf Strenge die Eulersche Gleichung zu vermitteln. Zum Verständnis des nachstehend ausgeführten Beweises genügt die Kenntnis der Ableitungen von e^{ax}, cos x und sin x, sowie der Quotientenregel der Differentialrechnung.

Nun der **Beweis:**

$$y_1 = e^{ix}\,,\ y_1' = i \,.\, e^{ix}\,,\ y_1' = i \,.\, y_1\,;$$

$$y_2 = \cos x + i \,.\, \sin x\,,\ y_2' = \sin x + i \,.\, \cos x =$$
$$= i \,.\, (\cos x + i \,.\, \sin x) = i \,.\, y_2'\,.$$

$$\left.\begin{array}{l} y_1' = i \,.\, y_1 \\ \underline{y_2' = i \,.\, y_2} \end{array}\right| \begin{array}{l} \cdot\, y_2 \\ \cdot\, (-y_1) \end{array}$$

Summe: $$y_1' \,.\, y_2 - y_1 y_2' = 0\,,$$

also auch

$$\frac{y_1' \,.\, y_2 - y_1 \,.\, y_2'}{y_2^2} = \left(\frac{y_1}{y_2}\right)' = 0\,.$$

Daraus folgt

$$y_1 / y_2 = cx\,,\ c \in C$$

oder

$$e^{ix} = c \,.\, (\cos x + i \,.\, \sin x)\,.$$

Für $x = 0$ erhält man $c = 1$, denn $1 = c \,.\, (1 + 0)$ und damit die Eulersche Gleichung

$$\underline{e^{ix} = \cos x + i \,.\, \sin x.}$$

Die Moivreschen Formel gewinnt man nun im Handumdrehen:

$$e^{i(nx)} = \cos(nx) + i \,.\, \sin(nx)\,,$$

$$e^{(ix)n} = (\cos x + i \,.\, \sin x)^n$$

also

$$\underline{\cos nx + i \,.\, \sin nx = (\cos x + i \,.\, \sin x)^n\,,\ n \in R\,.}$$

Der minimale Beweisaufwand sollte die Lehrplangestalter veranlassen, beide Gleichungen als verpflichtend ins Lehrstoffgefüge einzubauen. Dafür ist neben der mathematischen Reichweite beider Theoreme vor allem der positive emotionelle Effekt auf die Jugendlichen zu bedenken, denen die Umwelt noch nicht das Staunenkönnen geraubt hat!

Walter Kranzer

Die 29. Mersennesche Primzahl

In nur 65 Minuten Rechenzeit konnte mit Hilfe der Computeranlage in Chippewa Falls die Zahl

$$M_{29} = 2^{132\,049} - 1$$

als Primzahl ausgewiesen werden. Sie hat, angeschrieben im dekadischen System, nicht weniger als

39 751 Stellen.

Das ist nun das 29. Glied in der Gliedergröße nach geordneter Folge der Mersenneschen Primzahlen.

Vor der Entdeckung von M_{28} und M_{29} war

$$M_{27} = 2^{44\,497} - 1$$

mit 13 395 Stellen der Rekordhalter, ermittelt im Jahre 1979.

Vierecke mit rationalen Maßzahlen der Seiten, Diagonalabschnitte und des Inhalts

Vorbemerkung

Die Erstellung von geeigneten Rechenbeispielen und -aufgaben aus der Geometrie fordert dem Lehrer mitunter erheblichen Zeitaufwand ab, insbesondere beim Einstieg in neue Themenkreise. Denn zunächst geht es darum, an solchen Beispielen das Verständnis zu wecken, in denen die numerischen Aspekte zugunsten der inhaltlich-mathematischen zurücktreten. Deshalb wird der Lehrer bemüht sein, zuerst mit ganzzahligen und/oder rationalen Maßzahlen zu operieren. Erst wenn der mathematische Kern eines neuen Sachgebietes ordentlich begriffen ist, tritt die numerische Seite in den Vordergrund. Der zunehmende Gebrauch von Taschenrechnern im Unterricht darf nicht daran hindern, vorher den Jugendlichen ein solides Zahlengefühl einzupflanzen. Dazu eignen sich in besonderem Maße Aufgaben, deren numerische Elemente aus dem Bereich der natürlichen und der rationalen Zahlen stammen, weil dabei auch das Kopfrechnen betrieben werden kann.

Nicht zu übersehen sind ferner die bei der Entwicklung von Verfahren zur Gewinnung rationaler Größen benützten zahlentheoretischen Mittel, die an sich Interesse verdienen.

In den Feldvermessungsaufgaben spielen häufig unregelmäßige Vierecke die tragende Rolle. Deshalb stellen Verfahren zur Gewinnung von Vierecken mit möglichst vielen rationalwertigen Bestimmungsstücken eine wertvolle Hilfe für den Lehrer dar. Das nachstehend vorgelegte Verfahren bietet überdies den Vorteil, der Lösung diophantischer Gleichungen zu entraten, vielmehr direkt auf die gewünschten Werte zuzusteuern.

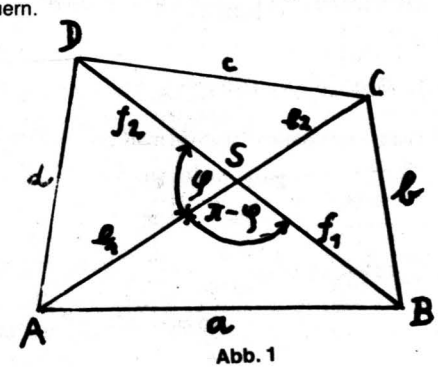


Abb. 1

Wie Abb. 1 zeigt, zerlegt die Diagonale AC das Viereck ABCD in die beiden Dreiecke $\triangle = ACD$, $\triangle' = ACB$. Die Abschnitte SD, SB der Diagonale BD sind Transversalen von $\triangle$ und $\triangle'$.

Kennt man zwei Dreiecke $\triangle$, $\triangle'$ mit natürlichen oder rationalen Maßzahlen der betrachteten Bestimmungsstücke – sie mögen künftig kurz als sp-Dreiecke (spezielle Dreiecke) bezeichnet werden – mit übereinstimmendem Verhältnis $\lambda = e_1 / e_2$ sowie den Winkeln φ bzw. $\pi = \varphi$ zwischen Basis und Transversale, dann genügt eine rationalwertige Streckung, um die Basislängen einander anzugleichen. Das Zusammenlegen der aus $\triangle$, $\triangle'$ hervorgegangenen Dreiecke $\triangle^*$, $\triangle'^*$ im obigen Sinne liefert ein (wie wir analog sagen wollen) sp-Viereck mit den im Titel geforderten Eigenschaften.

Bilden außerdem die natürlichen Zahlen p, q, r ein pythagoräiches Tripel mit

$$p / r = \cos\varphi\,,\ q / r = \sin\varphi\,,$$

dann ist auch der Viereckinhalt $A = (e \,.\, f / 2) \,.\, \sin\varphi$ rational.

Man findet geeigente Dreiecke $\triangle$, $\triangle'$, indem man ein sp-Dreieck nach einer Methode berechnet und danach mittels einer anderen Methode ein zweites sp-Dreieck mit demselben Abschnittsverhältnis λ ermittelt. Die Verschiedenheit der Basislängen von $\triangle$, $\triangle'$ kann durch eine rationalwertige Streckung beseitigt werden. Damit ist das Viereckproblem nichttrivial gelöst.

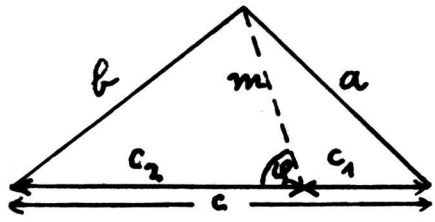


Abb. 2

Die Parametermethode

Nach Abb. 2 gelten die Gleichungen

(1a) $$a^2 = m^2 + 2c_1mp/r + c_1^2$$

(1b) $$b^2 = m^2 - 2c_2mp/r + c_2^2$$

mit $\cos\varphi = p/r$, $\sin\varphi = q/r$, p , q , $r \in N$.
φ darf o.B.d.A. als spitzer Winkel angenommen werden. Wählt man für m , c_1 , c_2 beliebige rationale Zahlen m , x , y und setzt sie in (1a , b) ein, so fallen i.a. a , b nicht rational aus. Dem Übelstand wird abgeholfen, wenn man den Umstand benützt, daß sich die quadratische Form $x^2 + \alpha xy + y^2$ bei Quadrieren reproduziert, denn es gilt

(2) $$(x^2 \pm \alpha xy + y^2)^2 = (x^2 - y^2)^2 \pm \alpha \,.\, (x^2 - y^2) \,.\, (2xy \pm \alpha y^2) + (2xy \pm \alpha y^2)^2$$

Also bildet das Gleichungssystem (3) eine rationale Parameterdarstellung der linearen Bestimmungsstücke des Dreiecks in Abb. 2:

(3)
$$m = x^2 - y^2 \qquad c = 4xy$$
$$c_1 = 2xy + (2p/r) \,.\, y^2 \qquad a = x^2 + y^2 + (2pxy/r)$$
$$c_2 = 2xy - (2p/r) \,.\, y^2 \qquad b = x^2 + y^2 - (2pxy/r)$$

Beispiel 1: Geg.: $p = 4$, $q = 3$, $r = 5$; $x = 2$, $y = 1$, also $\cos\varphi = 0{,}8$.

Nach dem Gleichungssystem (3) erhält man

$$a = 4 + 1 + \frac{2 \,.\, 4 \,.\, 2 \,.\, 1}{5} = \frac{41}{5} ,$$

$$b = 4 + 1 - \frac{2 \,.\, 4 \,.\, 2 \,.\, 1}{5} = \frac{9}{5} ,$$

$$c = 4 \,.\, 2 \,.\, 1 = \frac{40}{5} ,$$

$$c_1 = 2 \,.\, 2 \,.\, 1 + \frac{2 \,.\, 4 \,.\, 1^2}{5} = \frac{28}{5} ,$$

$$c_2 = 2 \,.\, 2 \,.\, 1 - \frac{2 \,.\, 4 \,.\, 1^2}{5} = \frac{12}{5} ,$$

$$m = 2^2 - 1^2 = \frac{15}{5} .$$

Mit dem Faktor 5 ähnlich vergrößert, werden alle Größen zu natürlichen Zahlen:

$$a^* = 41 \,,\; b^* = 9 \,,\; c^* = 40 \,,\; c_1^* = 28 \,,\; c_2^* = 12 \,,\; m^* = 15 .$$

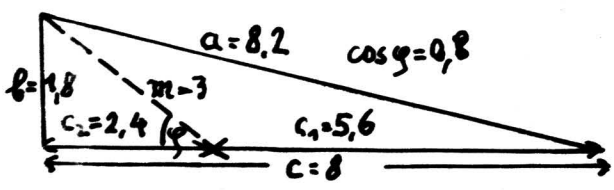


Abb. 3

Abb. 3 gibt das Dreieck fünffach verkleinert wieder.

Die Teilermethode

Aus (1b) folgt wegen $r^2 - p^2 = q^2$

$$b^2r^2 = m^2r^2 - 2c_2mpr + c_2^2r^2 = m^2q^2 + (c_2r - mp)^2$$

oder

$$m^2q^2 = (br + c_2r - mp)\,(br - c_2r + mp) = t \,.\, t' .$$

Sollen alle auftretenden Größen natürliche Zahlen sein, dann müssen die beiden Klammerausdrücke komplementäre Teiler $t \geq t'$ der Zahl m^2q^2 darstellen.

Aus den Gleichungen

(4) $$br + c_2r - mp = t$$

$$br - c_2r + mp = t'$$

ergeben sich b und c_2

(5a) $$b = (t + t')/2r$$

(5b) $$c_2 = (t - t' + 2mp)/2r .$$

Die analoge Behandlung von (1a) führt aufgrund einer anderen Zerlegung in komplementäre Faktoren $m^2q^2 = \tau \cdot \tau'$, $\tau \geq \tau'$ zu a und c_1

(6a) $$a = (\tau + \tau')/2r$$

$$c_1 = (\tau - \tau' - 2mp)/2r .$$

Werden p, q, r und die Transversale m als natürliche Zahlen vorgegeben, so liefern (5a , b), (6a , b) sämtliche Bestimmungsstücke eines sp-Dreiecks. Man beachte, daß m nur dann im Inneren des Dreiecks liegt, wenn $\tau - \tau' > 2mp$ gilt. Deshalb ist es zweckmäßig, t, t', τ, τ' so zu wählen, daß $\tau - \tau' > t - t'$ ausfällt.

Beispiel 2: Geg.: $p = 3$, $q = 4$, $r = 5$, $m = 4$.

Die Zerlegungen von $m^2q^2 = 256$ in komplementäre Faktoren T , T' mit den Differenzen T – T' lauten

$$T \,.\, T' = 256.1 = 128.2 = 64.4 = 32.8 = 16.16 ,$$
$$T - T' = 255 \;,\; 126 \;,\; 60 \;,\; 24 \;,\; 0 \;.$$

Wegen $2mp = 24$ dürfen die Zerlegungen

$$\tau = 64 \,,\; \tau' = 4 \,,\; \tau - \tau' = 60 > 24 = 2mp ,$$
$$t = 32 \,,\; t' = 8 \,,\; t - t' = 24$$

gewählt werden. Man erhält (s. Abb. 4)

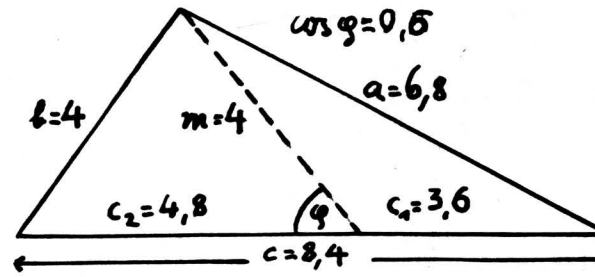


Abb. 4

$$a = (\tau + \tau')/2r = 6{,}8 \,;\; b = (t + t')/2r = 4 \,;\; c = c_1 + c_2 = 8{,}4 \,;$$

$$c_1 = (64 - 4 - 24)/10 = 3{,}6 \,;\; c_2 = (32 - 8 + 24)/10 = 4{,}8 \,;\; m = 4$$

(vorgeg.).

Beispiel 3: Geg.: $p = 4$, $q = 3$, $r = 5$, $m = 4$.
Wie in Bsp. 2 erhält man (s. Abb. 5)

$$T \,.\, T' = 144.1 = 72.2 = 48.3 = 36.4 = 24.6 = 18.8 = 16.9 = 12.12 ,$$
$$T - T' = 143 \;,\; 70 \;,\; 45 \;,\; 32 \;,\; 18 \;,\; 10 \;,\; 7 \;,\; 0 \;,$$

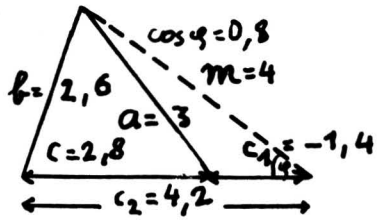


Abb. 5

also

$$\tau = 24\ ,\ \tau' = 6\ ,\ \tau - \tau' = 18 < 2mp = 32\ ,$$

$$t = 18\ ,\ t' = 8\ ,$$

$$a = \frac{24+6}{10} = 3\ ,\ b = \frac{18+8}{10} = 2{,}6\ ,\ c = c_1 + c_2 = 2{,}8\ ,$$

$$c_1 = \frac{24-6-32}{10} = -1{,}4\ ,\ c_2 = \frac{18-8+32}{10} = 4{,}2\ ,$$

$$m = 4 \text{ (vorgeg.)}\ .$$

In diesem Falle liegt die Transversale außerhalb des Dreiecks, was am negativen Vorzeichen c_1 zu erkennen ist.

Kombination von Parameter- und Teilermethode

Um ein sp-Viereck zu erhalten, berechnet man zunächst ein sp-Dreieck nach der Teilermethode und ermittelt dazu ganze rationale Zahlen x', y', welche nach der Parametermethode ein sp-Dreieck $\triangle'$ mit demselben Abschnittsverhältnis λ erzeugen, wie es das erste Dreieck $\triangle$ besitzt, jedoch das Supplement φ' von φ zum Winkel zwischen Transversale und Basis hat. Es soll also

$$\lambda = c_1 / c_2 = c_1' / c_2'\ ,\ \varphi' = \pi - \varphi$$

gelten, was $p' = -p$ nach sich zieht. (Die gestrichenen Größen gehören zu $\triangle'$.)

Bringt man überdies die Basislängen $c = c_1 + c_2$, $c' = c_1' + c_2'$ durch eine geeignete Streckung mit rationalem Ähnlichkeitsfaktor in Übereinstimmung, dann gehen $\triangle$, $\triangle'$ bzw. über die neuen Dreiecke $\triangle^*$, $\triangle'^*$. Die Vereinigung $\triangle^* \cup \triangle'^*$ bildet ein sp-Viereck, falls sich der Durchschnitt $\triangle^* \cap \triangle'^*$ auf die gemeinsame Basis $c^* = c_1^* + c_2^*$ beschränkt. (Die mit Stern bezeichneten Größen sind den ähnlich verformten Dreiecken zugeordnet.)

Die Zahlen x', y' werden mittels (3) und der Forderung $\varphi' = \pi - \varphi$, also $p \to -p$ bestimmt.

$$\lambda = c_1 / c_2 = \frac{2x'y' - (2py'^2/r)}{2x'y' + (2py'^2/r)} = (rx' - py')/(rx' + py')\ ,$$

$$x'/y' = \frac{c_1 + c_2}{c_1 - c_2} \cdot \frac{p}{r}\ . \tag{7}$$

Sind $x' = (c_1 + c_2)\cdot p$, $y' = (c_1 - c_2)\cdot r$ nicht teilerfremd, dann dividiert man beide durch ihren ggT. Mit den so gewonnenen Werten x, y erhält man nach der Parametermethode $\triangle'$ und weiter das sp-Viereck.

Der Flächeninhalt des Vierecks ist stets rational, weil $\sin\varphi = q/r$ rational ist

$$A = (e \,.\, f/2) \,.\, \sin\varphi\ . \tag{8}$$

Beispiel 4: Geg.: $p = 4$, $q = 3$, $r = 5$, $m = 2$.

Aus dem Produkt $m^2q^2 = 36$ wählen wir die beiden Zerlegungen

$$\tau \cdot \tau' = 36.1\ ,\ t \cdot t' = 12.3\ ,\ 2mp = 16\ ,$$

und erhalten

$$a = (36+1)/10 = 3{,}7\ ,\ b = (12+3)/10 = 1{,}5\ ,$$

$$c_1 = (36 - 1 - 16)/10 = 1{,}9\ ,\ c_2 = (12 - 3 + 16)/10 = 2{,}5\ ,$$

$$c = 4{,}4\ ,\ m = 2 \text{ (vorgeg.)}\ .$$

Das ist das sp-Dreieck $\triangle$. $\triangle'$ erhalten wir nach der Parametermethode. Zu diesem Zweck wird zuerst λ, dann x'/y' bestimmt.

$$\lambda = c_1/c_2 = 19/25\ ,\ x'/y' = \frac{19+25}{19-25} \cdot 0{,}8 = -88/15\ .$$

Nun werden $x' = -88$, $y' = 15$ in die Gleichungen (3) eingesetzt. Die Bestimmungsstücke des Dreiecks $\triangle'$ haben die Längen

$$m' = 7517\ ,\ a' = 5857\ ,\ b' = 10081\ ,\ c' = 5280\ ,$$

$$c_1' = -2280\ ,\ c_2' = -3500\ .$$

c_1', c_2' haben gleiches Vorzeichen, d. h., m' liegt innerhalb $\triangle'$. Abb. 6 zeigt $\triangle$ in wahrer Größe, $\triangle'$ im Verhältnis 1 : 1000 verkleinert.

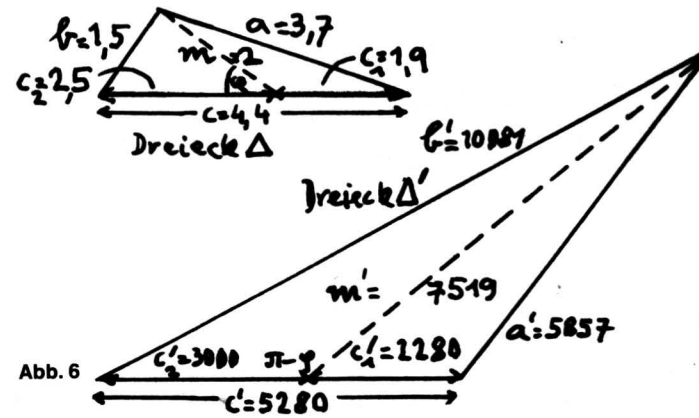


Abb. 6

Die Gleichheit der Basislängen von $\triangle$ und $\triangle'$ wird durch Vergrößerung von $\triangle$, etwa mit dem Faktor $c_2'/c_2 = 1200$, erreicht. Die Maßzahlen der Längen in $\triangle^*$, dem vergrößerten $\triangle$, sind

$$a^* = 4440\ ,\ b^* = 1800\ ,\ c^* = 5280\ ,$$

$$c_1^* = 3000\ ,\ c_2^* = 2280\ ,\ m^* = 2400\ .$$

Fügt man nun $\triangle^*$ und $\triangle' = \triangle'^*$, wie früher gesagt, zusammen, so entsteht ein sp-Viereck, das, 1000fach verkleinert in der Abb. 7 wiedergegeben ist. Die Maßzahlen der Bestimmungsstücke des Vierecks ABCD sind

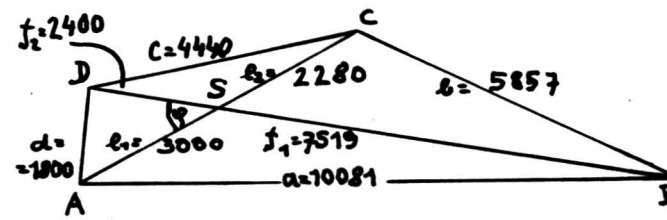


Abb. 7

a = 10081 , b = 5857 , c = 4440 , d = 1800 ;
$e_1 = 3000$, $e_2 = 2280$, e = 5280 ,
$f_1 = 7519$, $f_2 = 2400$, f = 9919 ; A = 31 423 392 .

Walter Kranzer

Peter Kis (BG in BRG Wien 21)

Über die Datumsgrenze

Im Physikunterricht der Oberstufe erzähle ich kurz über die Orientierung auf der Erde – speziell über die Bestimmung von Längen- und Breitengraden. Auch der Begriff der Datumsgrenze (DG) kommt dabei zur Sprache, der, obwohl allgemein bekannt, doch immer wieder zu Meinungsdifferenzen Anlaß gibt. Einfache Fragen können Ausgangspunkte lebhafter Diskussionen werden:

a) Heute ist der 1. April. Haben derzeit alle Menschen auf der Erde das gleiche Datum?
b) Antonio Pigafetta, der Autor eines spannenden Augenzeugenberichtes der ersten Weltumseglung, erwähnte, daß er bei seiner Ankunft im Jahre 1522 ein falsches Datum in seinem Tagebuch führte. Das war ihm unverständlich, da er doch nie krank gewesen war und täglich das Datum vermerkt hatte. Pigafetta war Mitreisender auf einem der fünf Schiffe, die unter Generalkapitän Fernando Magellan 1519 von Sevilla aus in Richtung Amerika ausgelaufen waren.
c) Angenommen, eine Rakete würde in 23 Stunden siebenmal um die Welt fliegen. Wie oft müßte ein Astronaut das Datum seiner Uhr verstellen, wenn sie stets das Datum des überflogenen Gebietes anzeigen soll.
d) In Wien sei der 23. März, 18.00 Uhr. Gleichzeitig erscheine in der Redaktion am Südpol die „Amundsen-Presse". Zu welchem Datum und um wieviel Uhr geschieht das?

Für die Beantwortung von Fragen bezüglich der DG ist die Verwendung anschaulicher Hilfsmittel günstig. Beispielsweise dient dazu eine durchsichtige Overheadfolie („Lokalzeitfolie"), auf der eine zweite, kreisförmige Folie drehbar angebracht ist (siehe Abbildung). Metalldruckknöpfe, wie sie in der Bekleidungsbranche verwendet werden, erweisen sich als billige Befestigungsmittel für die bewegliche, runde Folie. Sie symbolisiert die Erde, weshalb einige Orte (Greenwich, Lhasa und Chikago) und die Beringstraße (DG) darauf eingezeichnet sind. Die Lokalzeiten lassen sich neben den Orten auf der ruhenden Folie ablesen.

Beginnen wir beispielsweise in der Stellung: Greenwich – 12^{00} die Folie zu betrachten, so sieht man, daß auf der Erde nur ein Datum herrscht, weil die DG mit der Mitternachtslinie („bewegliche DG") zusammenfällt. In Wirklichkeit ist die Aussage allerdings falsch, weil die international vereinbarte DG nicht genau mit dem 180. Längengrad übereinstimmt.

Dreht man die runde Folie (Erde) langsam, so erkennt man, daß durch die Wanderung der Mitternachtslinie ein immer größer werdender Bereich auf der Erde ein neues Datum annimmt.

Um die Bedeutung der DG zu veranschaulichen, nehmen wir an, in Greenwich sei der 23. März, 8^{00}. Könnte jemand augenblicklich nach Osten zum 180. Längengrad reisen, so wäre dort der 23. März, 20^{00}. Bewegt sich ein anderer gleichzeitig nach Westen, so käme er am selben Ort am 22. März, 20^{00}, an. Beide hätten also bei ihrem Treffen eine Zeitdifferenz von 24 Stunden. Also muß ein Schiffsreisender, wie es Pigafetta war, der die DG westwärts überfährt, einen Tag überspringen. Ein Reisender, der sie ostwärts überfährt, muß das gleiche Datum zwei Tage benutzen.

Bezüglich der historischen Entwicklung sei gesagt, daß die DG ursprünglich durch die ersten Siedler festgelegt wurde. Einige kamen aus dem Osten, andere aus dem Westen – und jeder folgte seinem Schiffstagebuch. So entstand eine willkürliche, „historische DG". Sie hatte eine weite Ausbiegung bis über die Philippinen. Durch Änderung der politischen und wirtschaftlichen Verhältnisse entschloß man sich auf den Philippinen und Marianen, auf den 30. Dezember 1844 gleich den 1. Jänner 1845 folgen zu lassen. Andere Inselgruppen (z. B. die Samoainseln) änderten später ebenfalls ihr Datum. So entwickelte sich mit der Zeit die heutige international vereinbarte DG. Wegen der nationalen Unterschiede folgt sie allerdings nicht genau dem 180. Längengrad. Auf den Aleuten gilt das amerikanische Datum, die Ostspitze der Sowjetunion hat asiatisches Datum.

Die Scherzfrage nach dem Zeitpunkt des Erscheinens der Amundsen-Presse ist deshalb angeführt, weil mir auffiel, daß verschiedene Lexika das Datum, an dem der hervorragende Polarforscher Roald Amundsen erstmals den Südpol erreichte, unterschiedlich angeben:
Bertelsmann-Lexikon (1972): 15. Dezember 1911.
Der Große Herder (1952): 16. Dezember 1911.
The Encyclopedia Britannica (1955): 14. Dezember 1911.
The Encyclopedia Americana (1948): 14. Dezember 1911, um 15 Uhr.
Collier's Encyclopedia (1976): 11. Dezember 1911.
Die Encyclopedia Americana liefert also sogar eine Zeitangabe!

Neugierig, wie ich bin, habe ich in Amundsens zweibändigem Werk „Die Eroberung des Südpols" (1912) nachgelesen, um ein etwaig zu feierndes Amundsenjubiläum auch **zeitgerecht** feiern zu können. Aus seinem spannenden Buch geht hervor, daß sich die Forscher knapp vor dem 18. Dezember dicht neben dem Pol befanden. Jedenfalls schenkte einer von ihnen nach dem Mittagessen des 18. Dezember 1911 (12 Uhr) Amundsen eine Zigarrentasche mit den Worten: „Und diese übergebe ich dir zur Erinnerung an den Pol."

Amundsen weist in seinem Buch darauf hin, daß alle seine Zeitangaben nach dem Meridian von Framheim (Ankerplatz des Forschungsschiffes, rund 165° westliche Länge) gezählt sind.

An anderer Stelle des Buches findet man den Hinweis, alle Tagebuchdaten Amundsens seien um einen Tag zu verringern, da er am 7. Jänner den 180. Längengrad überschritt und sich nachher immer auf westlicher Länge dem Pol näherte! Berücksichtigt man das, so folgt, daß der 18. Dezember 1911 (12 Uhr) in Wien dem 18. Dezember, 0 Uhr, entspricht.

Insgesamt zeigt diese kleine Recherche, daß Zeitangaben, die sich auf den Südpol beziehen, stets mit Vorsicht zu übernehmen sind.

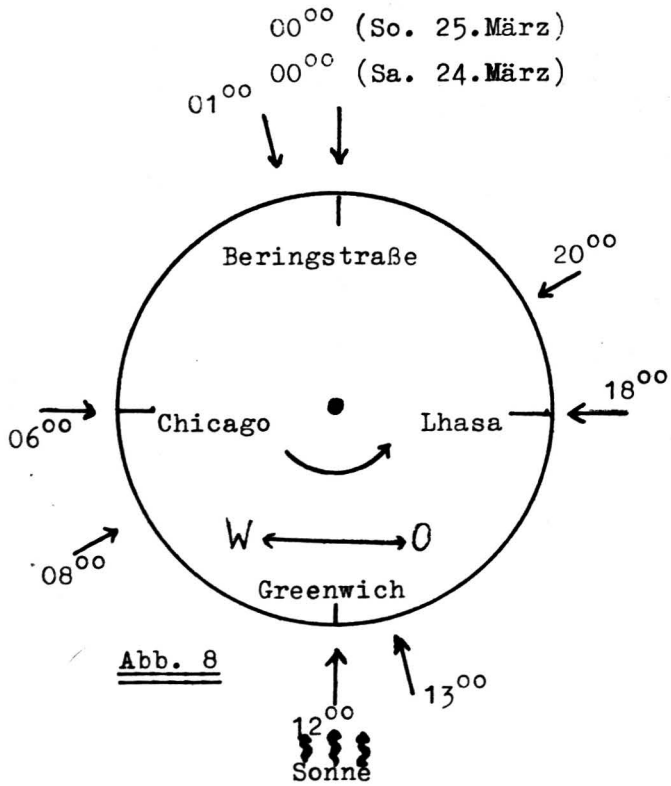


Abb. 8

Aufgabenecke,
Wilhelm Körperth

Aufgabe Nr. 3

a) Für welchen reellen Koeffizienten a_0 hat die Gleichung $x^4 + 8x^3 + 18x^2 - 12x + a_0 = 0$ zwei reelle und zwei nichtreelle Lösungen, so daß die Bildpunkte der vier Lösungen in der Gaußschen Zahlenebene auf einer Kreislinie liegen?

b) Eine algebraische Gleichung vierten Grades mit reellen Koeffizienten habe zwei reelle und zwei nichtreelle Lösungen. Man ermittle die notwendige und hinreichende Bedingung, die zwischen den Koeffizienten einer solchen Gleichung bestehen muß, damit die Bildpunkte der vier Lösungen in der Gaußschen Zahlenebene einer Kreislinie angehören.

Um Zusendung der Lösungen von Aufgabe 3, an den Bearbeiter der Aufgabenecke, Herrn **OStR. Wilhelm Körperth,** 1070 Wien, Neustiftgasse 111/14 bis 1. November 1984 wird gebeten. Die Namen der Zusender richtiger Lösungen werden samt Andeutung von Lösungsgedanken in Nr. 68, April 1985, der Wissenschaftlichen Nachrichten erscheinen.

Lösung von Aufgabe 1:

Über den Seiten eines Dreiecks ABC werden nach außen hin Quadrate CBDE, ACFG und BAHK errichtet, L , M , N seien die Halbierungspunkte der Strecken GH, KD, EF. Man beweise:

(1) Die Trägergeraden der Strecken LA, MB, CN schneiden einander in einem Punkt X. (2) Die Normalen von A auf GH, von B auf KD und von C auf EF schneiden einander in einem Punkt Y. (3) Welche merkwürdigen Punkte des Dreiecks ABC sind die Punkte X und Y? (4) Man gebe weitere Eigenschaften der Gesamtfigur an! (5) Man beweise: Die Aussage (2) gilt auch, wenn über den Seiten des Dreiecks ABC beliebige Rechtecke errichtet werden. Welche merkwürdigen Dreieckspunkte von ABC kann man auf diese Weise als Normalschnittpunkte erhalten?

Einsender von richtigen Lösungen: Mag. Ingeborg FIALA, BRG XVIII, Wien; Mag. Wolfgang HEINRICH, BG u. BRG XXI, Wien; Mag. Walter HOFMANN, Wien; Mag. Walther JANOUS, WRG, Innsbruck; Dr. Gerhard PILLWEIN, BG III, Wien; Mag. Jörg RAUBAL, BG Graz; Dr. Johanna TIBAUDO, BORG, Innsbruck; Mag. Otto VOGL, BGfB, Linz; Dr. Herbert VOHLA, BG u. BRG XIV, Wien; OStR Mag. Kurt WAGNER, BG Klagenfurt; OStR. Dr. Wolfgang WEIHS, BG V, Wien.

Einsender von Lösungen zu (1), (2), (3): Clemens AIGNER, 8. B, BG III, Wien; Christian BIESTER, 8. D, BORG III, Wien; Heinrich FISCHER, 7. A, BG III, Wien; Gerald REHLING, 7. B, BG u. BRG XXI, Wien.

Bezeichnungen: $\overrightarrow{OA} = \vec{v}_1$, $\overrightarrow{OB} = \vec{v}_2$, $\overrightarrow{OC} = \vec{v}_3$; $\overrightarrow{BC} = \vec{w}_1$, $\overrightarrow{CA} = \vec{w}_2$, $\overrightarrow{AB} = \vec{w}_3$; $\overrightarrow{BD} = \vec{u}_1$, $\overrightarrow{CF} = \vec{u}_2$, $\overrightarrow{AH} = \vec{u}_3$; M_1 , M_2 , M_3 Mittelpunkte der Quadrate CBDE , ACFG , BAHK ; H_1 , H_2 , H_3 Halbierungspunkte der Seiten; F_1 , F_2 , F_3 Fußpunkte der Höhen h_1 , h_2 , h_3 ; s_1 , s_2 , s_3 Schwerlinien; n_1 , n_2 , n_3 Normalen von A auf GH, von B auf KD, von C auf EF; T_1 , T_2 , T_3 Schnittpunkte der Normalen mit den Seiten; U_1 , U_2 , U_3 Fußpunkte der Normalen auf GH , KD , EF .

Lösungshinweise zu (1), (2), (3):

1) Drehung von △ AGH um A mit $-90°$. AL′ ∥ BC, daher AL ⊥ BC. X ist der Höhenschnittpunkt von △ ABC. $AH_1 \parallel H'C$, daher $AH_1 \perp HG$. Y ist der Schwerpunkt von △ ABC. (Janous, Pillwein, Vohla, Weihs)

2) Drehung von △ AF_3C um C mit $-90°$ und Drehung von △ BF_3C um C mit $+90°$. Wegen CN ∥ F'_3F , $F'_3F \perp AB$ folgt CN ⊥ AB. (Aigner)

3) Die Drehung von △ ABC und M_2 mit $+90°$ liefert △ FCB′ mit B′C ⊥ AB und $\overline{B'C} = \overline{AB}$. Die Drehung von △ ABC um M_1 mit $-90°$ liefert △ CEA″ mit A″C ⊥ AB und $\overline{A''C} = \overline{AB}$. Somit A″ = B′. FCEB′ ist ein Parallelogramm mit N als Mittelpunkt. Es folgt CN ⊥ AB und $CH_3 \perp EF$. (Janous, Weihs)

4) Die Drehung von △ AH_3C um M_2 mit $+90°$ liefert △ CNF, die Drehung von △ BH_3C um M_1 mit $-90°$ liefert △ CNE. Daher CN ⊥ AB und $CH_3 \perp EF$. (Hofmann)

5) $\overrightarrow{AL} = (\vec{w}_2 + \vec{w}_3)/2 = -\vec{w}_1/2$, folglich $\overrightarrow{AL} \perp \overrightarrow{BC}$.
$\overrightarrow{GH} = \vec{w}_3 - \vec{w}_2$, $\overrightarrow{AH_1} = \vec{w}_3 + \vec{w}_1/2 = (\vec{w}_3 - \vec{w}_2)/2$;
$\overrightarrow{GH} \cdot \overrightarrow{AH_1} = 0$, $\overrightarrow{AH_1} \perp \overrightarrow{GH}$. (Vogl, Wagner)

6) △ AGH wird zum Parallelogramm AGXH ergänzt. L ist sein Mittelpunkt. ∢ XHA = α , △ HAX ≅ △ ABC. Wegen AH ⊥ AB ist auch AX ⊥ BC. Weiters folgt $AH_1 \perp HG$. (Tibaudo)

7) Aus $|\vec{w}_1 + \vec{w}_2|/2 = c/2$ folgt $|\vec{w}_1 + \vec{w}_2|/2 = c/2$, also $\overline{CN} = c/2$ und A(△ CEN) = ac sin(∢ NCE)/4 . A(△ CEN = = A(△ ABC)/2 = ac sinβ/4 , also ∢ NCE = β und CN ⊥ AB. Ist R der Schnittpunkt von n_3 mit AB, so ist △ ARC ≅ △ CNF , also $\overline{AR} = c/2$; n_3 ist die Trägergerade von s_3 . (Fiala)

8) Es sei M* der Schnittpunkt der Trägergeraden von h_2 mit KD und φ = ∢ BM*D . Aus den Dreiecken KM*B bzw. M*DB ergibt sich $\overline{KM^*} = c \sin\alpha/\sin\varphi$, $\overline{DM^*} = \sin\gamma/\sin\varphi = \overline{KM^*}$, also M* = M . (Biester)

9) In der Gaußschen Zahlenebene: A(0) , B(c) , C(b) ; b , c∈C ; $\overrightarrow{AG} = bi$, $\overrightarrow{AH} = -ci$; $2\overrightarrow{AL} = (b-c)i$, $\overrightarrow{BC} = b-c$, $\overrightarrow{AL} \perp \overrightarrow{BC}$. $2\overrightarrow{AH_1} = b+c$, $\overrightarrow{HG} = (b+c)i$, $\overrightarrow{AH_1} \perp \overrightarrow{HG}$. (Heinrich, Weihs)

10) Orthogonales Koordinatensystem: A(0 | 0) , B(1 | 0) , C(p | q) . H(0 | −1) , G(−q | p) ; $2\overrightarrow{AL} = (-q , p-1)$, $\overrightarrow{BC} = (p-1 , q)$; $\overrightarrow{AL} \perp \overrightarrow{BC}$. $2\overrightarrow{AH_1} = (p+1 , q)$, $\overrightarrow{GH} = (q , -p-1)$; $\overrightarrow{AH_1} \perp \overrightarrow{GH}$. (Raubal, Weihs)

Die Gleichungen der Trägergeraden von LA, MB, NC sind $(p-1)x + qy = 0$, $-px - qy = -p$, $x = p$. Da die Summe dieser Gleichungen Null ist, gehen die Trägergeraden durch einen Punkt (Tibaudo). Die Koordinaten des Schnittpunkts stimmen mit den Koordinaten des Höhenschnittpunkts überein (Rehling).

Für A(−p | 0) , B(q | 0) , C(0 | h) findet man: $\overrightarrow{OE} = (h , h+q)$, $\overrightarrow{OF} = (-h , h+p)$, $2\overrightarrow{ON} = (0 , 2h+p+q)$; N liegt auf h_3 . (Fischer)

Lösungshinweise zu (5):

1) Über den Seiten BC , CA , AB werden Rechtecke mit den Breiten x , y , z errichtet. Der Schnittpunkt von n_1 und n_2 sei Y. Die Fußpunkte der Lote von Y auf die Dreiecksseiten seien Y_1 , Y_2 , Y_3 , die Längen der Lote seien y_1 , y_2 , y_3 . Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke AU_1H und YY_3A usw. folgen die Proportionen $z : \overline{AU_1} = \overline{AY} : y_3$, $y : \overline{AU_1} = \overline{AY} : y_2$, usw. Daraus ergibt sich $y_1 : y_2 : y_3 = 1/x : 1/y : 1/z$. Für den Schnittpunkt von n_1 und n_3 ergibt sich das gleiche Resultat. Die drei Normalen schneiden einander in einem Punkt Y. Für gleich breite Rechtecke ist Y der Inkreismittelpunkt. (Hofmann, Raubal)

2) Sind R , S die Fußpunkte der Lote von B, C auf n_1 , so folgt aus den ähnlichen Dreiecken AHU_1 und BAR bzw. AGU_1 und CAS und Anwendung des Strahlensatzes: Teilverhältnis $(BCT_1) = -cy/bz$. Analog findet man $(CAT_2) = -az/cx$, $(ABT_3) = -bx/ay$. Da das Produkt der drei Teilverhältnisse -1 ist, folgt die Behauptung nach der Umkehrung des Satzes von CEVA. (Pillwein, Tibaudo, Vohla)

3) Der Schnittpunkt von n_1 und n_2 sei Y. Aus $\overrightarrow{AY} \cdot (\overrightarrow{AG} - \overrightarrow{AH}) = 0$ $\overrightarrow{BY} \cdot (\overrightarrow{BD} - \overrightarrow{BK}) = 0$, $\overrightarrow{AY} = \overrightarrow{AC} + \overrightarrow{CY}$, $\overrightarrow{BY} = \overrightarrow{BC} + \overrightarrow{CY}$ läßt sich herleiten: $\overrightarrow{CY} \cdot \overrightarrow{EF} = 0$, also $g(C , Y) = n_3$. (Vogl)

4) Orthogonales Koordinatensystem: A(0 | 0) , B(1 | 0) , C(p | q) . Man berechnet die Koordinaten des Schnittpunkts P der Normalen n_1 , n_2 und zeigt, daß P auf n_3 liegt bzw. $\overrightarrow{CP} \cdot \overrightarrow{EF} = 0$ gilt. (Fiala, Janous)

5) Orthogonales Koordinatensystem aus 4) und Einführung baryzentrischer Koordinaten. Werden die über den Dreiecksseiten errichteten Rechtecke durch die Seitenverhältnisse $\lambda = \overline{BC} : \overline{BD}$, $\mu = \overline{CA} : \overline{CF}$, $\gamma = \overline{AB} : \overline{AH}$ festgelegt, so hat der fragliche Punkt Y die homogenen baryzentrischen Koordinaten (λ , μ , ν), wenn als Fundamentalpunkte dieses Koordinatensystems die drei Punkte A , B , C gewählt werden. D. h.: Y ergibt sich als Schwerpunkt, wenn man die Punkte A , B , C mit Massen belegt, die im Verhältnis $\lambda : \mu : \nu$ stehen. Ist nämlich T der Schwerpunkt von B und C, so folgt: $(\mu + \nu)T = \mu B + \nu C = (\mu + \nu p , \nu q)$. Weiters ist $\mu\nu\overrightarrow{GH} = \mu\nu(H - G) = (\nu q , -\mu - \nu p)$. (Weihs)

6) Räumliche Lösung. Das Dreieck ABC liege in π_1 und sei der Grundriß eines parallel zu π_1 liegenden Dreiecks A*B*C* . Die Rechtecke BAHK , CBDE , ACFG seien die Grundrisse der Rechtecke B*A*HK , C*B*DE , A*C*FG . n^*_A , n^*_B , n^*_C seien die Normalen durch A* , B* , C* auf die Ebenen GHA* , KDB* , EFC* . Ihre Grundrisse n_A , n_B , n_C stehen normal auf GH , KD , EF . n^*_A ist Schnittlinie der Normalebene γ auf A*B*KH durch A*B* und der Normalebene β auf A*C*FG durch A*C* . Ebenso ist n^*_B Schnittlinie von γ und α (Normalebene auf B*C*EF durch B*C*) und n^*_C Schnittlinie von α und β. Also schneiden n^*_A , n^*_B , n^*_C einander in einem Punkt, und daher auch n_A , n_B , n_C . (Pillwein)

7) P($\mathfrak{P}$) sei ein beliebiger Punkt im Innern von △ ABC. Die $\vec{w}_i$ werden durch $\lambda_i\vec{w}_i$ ersetzt. Aus $\overrightarrow{PC} \perp \overrightarrow{FE}$ ergibt sich $\lambda_1[\vec{w}_1 \cdot (\vec{v}_3 - \vec{\mathfrak{P}})] + \lambda_2[-\vec{w}_2 \cdot (\vec{v}_3 - \vec{\mathfrak{P}})] = 0$. Analog zwei weitere Gleichungen. Man erhält somit ein lineares homogenes Gleichungssystem für die λ_i , dessen Determinate Null ist. Es gibt daher immer eine nichttriviale Lösung für die λ_i . (Wagner)

8) Orthogonales Koordinatensystem: A(0 | 0) , B(1 | 0) , C(p | q) . Man zeigt: Der fragliche Punkt Y hat die homogenen baryzentrischen Koordinaten $(1/\lambda_1 , 1/\lambda_2 , 1/\lambda_3)$, wenn man als Fundamentalpunkte dieses Koordinatensystems die drei Punkte A , B , C wählt. D. h.: Y ergibt sich als Schwerpunkt, wenn man die Punkte A , B , C mit Massen belegt, die im Verhältnis $1/\lambda_1 : 1/\lambda_2 : 1/\lambda_3$ stehen. (Weihs)

Man kann auch die Gleichungen der Normalen ermitteln und feststellen, daß ihre Summe Null ist. (Tibaudo)

Die Koordinaten des Schnittpunkts Y sind $(\lambda_1\lambda_2 p + \lambda_1\lambda_3)/N$ und $\lambda_1\lambda_2 q/N$ mit $N = \lambda_1\lambda_2 + \lambda_1\lambda_3 + \lambda_2\lambda_3$. (Fiala, Janous)

9) In der Gaußschen Zahlenebene: A(0) , B(c) , C(b) ; b , c∈C . Analog zur Lösung 5 (Weihs) oder mit Hilfe der Gleichungen der Normalen (Heinrich).

Ergebnis: Werden die Rechtecke nur nach außen errichtet, so ist jeder Punkt im Innern des Dreiecks als Normalenschnittpunkt zu erreichen. Nachstehend wird das Verhältnis der Rechtecksbreiten x : y : z angegeben, um merkwürdige Dreieckspunkte als Normalenschnittpunkte zu erhalten.

S $x:y:z = \sin\alpha : \sin\beta : \sin\gamma = a:b:c$
U $x:y:z = 1/\cos\alpha : 1/\cos\beta : 1/\cos\gamma = \overline{HF_1} : \overline{HF_2} : \overline{HF_3}$
H $x:y:z = \cos\alpha : \cos\beta : \cos\gamma = \overline{HA} : \overline{HB} : \overline{HC}$
ι $x:y:z = 1:1:1$
L $x:y:z = 1/\sin\alpha : 1/\sin\beta : 1/\sin\gamma = h_1 : h_2 : h_3$
N $x:y:z = (1-\cos\alpha) : (1-\cos\beta) : 1-\cos\gamma)$
G $x:y:z = (1+\cos\alpha) : (1+\cos\beta) : (1+\cos\gamma)$
F $x:y:z = 1/\cos(\beta-\gamma) : 1/\cos(\gamma-\alpha) : 1/\cos(\alpha-\beta)$
(L . . . Lemoinescher Punkt, N . . . Nagelscher Punkt, G . . . Gergonnescher Punkt, F . . . Mittelpunkt des Feuerbachkreises.)
(Wagner, Fiala, Tibaudo, Weihs)

Hinweise zu (4):

Wegen Platzmangels können nur wenige Eigenschaften der Gesamtfigur (Dreieck mit aufgesetzten Quadraten) angegeben werden.

(1) Der Umfang des Sechsecks DEFGHK ist $a+b+c+2(s_1+s_2+s_3)$, sein Flächeninhalt ist $a^2+b^2+c^2+4A(\triangle ABC)$.

(2) $\overline{EF}^2+\overline{GH}^2+\overline{KD}^2 = 3(a^2+b^2+c^2)$

(3) $LM_3H_1M_2$, $MM_1H_2M_3$, $NM_2H_3M_1$ sind Quadrate.
$M_1M_2 \perp M_3C$, $\overline{M_1M_2} = \overline{M_3C}$, usw.

(4) Der Schwerpunkt des △ ABC ist auch der Schwerpunkt der Dreiecke LMN, $M_1M_2M_3$ und gleich dem Schwerpunkt der mit gleichen Massen belegten sechs Punkte D, E, F, G, H, K.

(5) Die Mittelpunkte der Seiten des △ LMN liegen auf den Streckensymmetralen der Seiten von △ ABC und zwar im Abstand von einem Viertel der Länge der Dreiecksseite.

(6) Die Normalen in N auf GH, in M auf KD, in N auf EF schneiden einander in einem Punkt.

(7) Die Trägergeraden von EF, GH, KD bestimmen ein Dreieck $A_1B_1C_1$. Die Normalen von A_1 auf BC, von B_1 auf CA, con C_1 auf AB schneiden einander im Schwerpunkt des Dreiecks $A_1B_1C_1$. Dieser liegt auf der Eulerschen Geraden von △ ABC und ist das Spiegelbild von H an S.

(8) Die Trägergeraden von DE, FG, HK bestimmen ein Dreieck $A_2B_2C_2$. Die Normalen von A_2 auf GH, von B_2 auf KD, von C_2 auf EF schneiden einander im Schwerpunkt des △ $A_2B_2C_2$.

(9) Die Trägergeraden von AD, BG, h_3, von BF, CK, h_1, von CH, AE, h_2 schneiden einander in je einem Punkt.

(10) AM_1, BM_2, CM_3 schneiden einander in einem Punkt.

PHYSIK, ASTRONOMIE

Dr. Walter Kranzer

Teilchenphysik:

Vor Überraschungen?

Im Zuge der Experimente, die zur Entdeckung der intermediären Bosonen W, Z geführt hatten, beobachtete man ein paar Ereignisse, die aus dem Rahmen der geltenden Modellvorstellungen fallen. Dies teilten J. Ellis, C. Rubbia, A. Roussarie und J. Hanson beim Workshop über $p\bar{p}$-Kollisionsphysik in Bern, März 1984, mit.

Beim nächsten Lauf der $p\bar{p}$-Colliders von CERN ab September 1984 wird man sehr genau darauf achten, ob und in welcher Form diese Ereignisse wieder auftreten.

In einem Falle gab es einen Zerfall, den ein transversales – also quer zum Colliderstrahl – austretendes 53-GeV-Photon begleitete, ohne daß etwas (dem Impulssatz gemäß) auf der anderen Strahlseite erschienen wäre. 47 GeV fehlten in der Energiebilanz.

Dann sah man Ereignisse, bei denen ein Hadronen-Jet gleichfalls nur nach einer Seite austrat. Andere, aus W- bzw. Z-Zerfällen stammende $(e^-\nu)$-Paare waren massenreicher, als daß sie von schwachen Bosonen (Masse 81 GeV/c^2) herrühren hätten können.

Schließlich traten Multijet-Ereignisse auf, und zwar mit mehr als 10 GeV pro Jet, was auch ungewöhnlich ist. Einmal betrug die Gesamtenergie sogar 150 GeV.

Man darf den Ergebnissen des nächsten Colliderlaufs mit Spannung entgegensehen!

LITERATUR:
CERN Courier, Mai 1984, S. 139, Hints of New Physics?

Element Z = 108 entdeckt

Knapp vor Redaktionsschluß für diese Ausgabe erreichte uns die Nachricht, daß die am Schwerionenbeschleuniger der **Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI)** in **Darmstadt** tätigen Physiker im März 1984 Atomkerne des Elements mit der Kernladungszahl Z = 108 erzeugt und identifiziert haben.

Damit ist die einzige noch vorhanden gewesene Lücke bei den Transuranen bis einschließlich Z = 109 geschlossen. Die Nuklide Z = 107 und Z = 109 wurden ebenfalls mit dem Schwerionenbeschleuniger der GSI produziert. (Im Falle Z = 107 hatte zwar schon die Dubna-Gruppe um Flerow das Element mit einiger Wahrscheinlichkeit erzeugt, aber der einwandfreie Nachweis konnte von ihnen noch nicht erbracht werden. Die GSI hat das dann nachgeholt). Die Anzahl der künstlich hergestellten Transurane beträgt jetzt 17.

Die Erzeugungsreaktion lautet

$$^{58}_{26}Fe + {}^{208}_{82}Pb \rightarrow {}^{266}108^* \rightarrow {}^{265}108 + n.$$

(Der Stern im dritten Term zeigt an, daß der Kern angeregt ist. Er geht in den Grundzustand durch Emission eines Neutrons über.)

Wir hoffen, Näheres über die stolze Leistung der Darmstädter Physiker in der nächsten Ausgabe der „Wiss. Nachr." (Nr. 67, Jänner 1985) berichten zu können.

Quelle: Persönliche Mitteilung seitens der GSI.

Technische Probleme der kontrollierten Kernfusion

Ist die Energieversorgung der Welt schon jetzt in ein kritisches Stadium getreten, so sind die Zukunftsaussichten ganz düster. In den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts lernte man in den Schulen von 2 Milliarden Menschen, welche die Erde bevölkern. 60 Jahre später sind daraus bereits 4 Mrd. geworden, und wenn das Wachstum exponentiell in gleichen Schritten weitergeht, könnte uns die Extrapolation schwindelig machen. Nur in wenigen Ländern weicht der Trend nach unten ab. Außerdem rangiert der Energiebedarf des größeren Teiles der Menschheit noch weit hinter dem der hochentwickelten Industriestaaten, zwei Drittel der Weltbevölkerung leiden unter permanentem Hunger, dem ganze Armeen von Kindern zum Opfer fallen. Es ist zu erwarten, daß die augenblicklich unterentwickelten Länder in vielleicht 100 oder mehr Jahren den Vorsprung der jetzt voll entwickelten Regionen eingeholt haben werden. Das heißt, der heutige Energiekonsum wird in absehbarer Zukunft mindestens auf das Dreifache ansteigen, selbst wenn sich die Menschheit nicht wie gegenwärtig vermehrt, was gewiß nicht eintreten wird.

Daraus resultiert die Frage nach den potentiellen erschließbaren Energiequellen, sollen nicht gewaltige Schwierigkeiten in der Versorgung der Menschen mit materiellen Gütern eintreten. Überdies: Wo Mangel herrscht, erheben Neid und Eigensucht ihr Haupt. Übertragen auf die Ebene zwischenstaatlicher Beziehungen bedeutet das die virulente Steigerung der Kriegsgefahr. Schon heute wird die Anwendung militärischer Gewalt angedroht, falls die Versorgung mit Erdöl unterbrochen würde.

Daher ist es voll gerechtfertigt, schon jetzt große Mittel für die Entwicklung zukunftsträchtiger Methoden zum Freisetzen latenter Energie einzusetzen.

Das vorläufig als besonders ertragreich anzusehende Energiedepot sind die Atomkerne. Jenseits der Eisengruppe geht ein Teil der Kernmasse beim **Zerbrechen** des Kerns **(Kernfission),** bei den Elementen bis zur Eisengruppe durch **Zusammenfügen** zweier „leichter" Kerne **(Kernfusion)** zu einem massiveren in Energie über (Freiwerden von Bindungsenergie).

Die kommerziellen **Fissionsreaktoren** (Uran-, Plutonium-, Thoriumspaltung) sind an relativ seltene Rohstoffe in begrenzten Lagerstätten gebunden, werden also einmal erschöpft sein. Außerdem dürfen die von ihnen ausgehenden Gefahren nicht bestritten werden, wenn auch die Wahrscheinlichkeit katastrophaler oder anhaltend schleichender Schadensereignisse dank der erarbeiteten und angewandten Sicherheitsmaßnahmen sehr gering ist. Natürlich sind menschliche Sorglosigkeit und Schlamperei Gefahrenquellen, die man nirgends total ausschalten kann. Sie sind imstande, bei der Kernspaltung verheerendere Wirkungen hervorzurufen, als dies bei den Fusionsreaktoren möglich ist.

Das Rohstofflager für die Fusionstechnik ist das Weltmeer, das schier unerschöpfliche Mengen an schwerem Wasser D_2O enthält. In Fusionsreaktoren werden Deuteronen (D = ^{2}H) und Tritonen (T = ^{3}H) zu ^{4}He-Kernen zusammengefügt. Nur Tritium (T_2) ist instabil. Seine kurze Halbwertzeit von 12 Jahren, 4 Monaten schließt langfristige Speicherung sowohl in der Natur als auch in künstlich angelegten Depots aus, Tritium muß **ständig** neu erzeugt werden.

Die kontrollierte Kernfusion ist eine mit Abstand geringere Ursache ionisierender Strahlung, als es Spaltprozesse sind. Außer Tritium entstehen primär keinerlei instabile Kerne. Neben der Wärmeenergie sind nur Neutronen und Gamma-Quanten Träger der freigesetzten Energie. Sie können zwar bei unerwünschter Absorption in Materie künstliche Radioaktivität induzieren, jedoch erheblich weniger als der radioaktive Fallout bei Spaltprozessen.

Die in den letzten Jahrzehnten gesammelten Erfahrungen mit Spaltreaktoren haben diese Technik reifen lassen, indem Gefahren auffielen, die nicht vorherzusehen waren und Methoden zu ihrer Vermeidung oder Verminderung entstanden. Die menschen- und umweltfreundlicheren Fusionsreaktoren werden davon großen Nutzen ziehen.

Obwohl die Fusionsforschung auf mehrere Jahrzehnte zurückblickt, hat sie noch keinen kommerziellen Reaktortyp kreiert. Man hofft zwar begründet, den Durchbruch zu erzielen, aber ob das wirklich einmal so weit sein wird, kann noch niemand sagen. Der springende Punkt ist die genügend lange Konfinierung eines genügend dichten D-T-Plasmas im Reaktor, damit die freigesetzte Energie E_f größer ist als die zur Stabilisierung des Brennzustandes aufzuwendende Energie E_b. Das Verhältnis

$$Q = E_f/E_b$$

ist der sogenannte **Q-Faktor.** Die Bedingung für das Einsetzen der Fusion drückt das **Lawson-Kriterium** in der Ungleichung

$$n \cdot \tau \geq 10^{-14}$$

aus. n bedeutet die Anzahl der Plasmapartikeln je cm^3, τ die erreichbare Einschlußzeit des Plasmas in Sekunden.

Derzeit (Ende 1983) stehen sechs Reaktoren vor der baldigen Erprobung im praktischen Betrieb. („Bald" erstreckt sich bis 1988!) Von ihnen haben zwei die Arbeit schon aufgenommen, aber noch nicht in vollem Umfang. Die vier anderen befinden sich im Bauzustand.

1. **TFTR** = **T**okamak **F**usion **T**est **R**eactor nahm Ende 1982 den Betrieb am Plasmaphysik-Labor von Princeton, USA, auf. Die Baukosten betrugen 314 Mio. Dollar.

2. **JET** = **J**oint **E**uropean **T**okamak befindet sich in Culham, Großbritannien. JET ist, wie der Name verrät, in enger Zusammenarbeit mehrerer europäischer Staaten in der **EEC** = **E**uropean **E**conomic **C**ommunity entstanden. Die ersten Probeläufe erfolgten Mitte 1983.

3. Die japanische Anlage **JT-60** befindet sich im Bau, sie ist mit JET vergleichbar. Der Betrieb soll 1985 aufgenommen werden. Die Kernreaktionen erfolgen in einem H-T-Plasma.

Für die drei genannten Anlagen wendet man ungefähr 2 Mrd. Dollar auf. Der Entschluß dazu fiel in den siebziger Jahren infolge der Ölkrise.

Das „richtige" Brennen des D-T-Gemisches ist von TFTR und JET für 1986 vorgesehen. Dann wird sich entscheiden, ob der eingeschlagene Weg zum ersehnten Ziel führt.

4. Am **LLL** = **L**awrence **L**ivermore National **L**aboratory in Kalifornien entsteht kein toroidaler Tokamak, sondern die **Spiegelmaschine MFTR-B** = **M**irror **F**usion **T**est **F**acility. Die zylindrische Plasmasäule wird von magnetischen und elektrischen Feldern an ihren Enden am Entweichen behindert, natürlich auch durch magnetische Felder vom Kontakt mit der zylindrischen Kammerwand abgehalten. Der MFTR-B soll 209 Dollar kosten und ab 1986 einsatzbereit sein. Man will sehen, ob das Spiegelprinzip realisierbar ist. Neben konventionellen Magneten werden supraleitende eingebaut werden, um die elektrisch bedingten Betriebskosten zu reduzieren.

5. Die Sowjetunion, in der man schon große Erfahrung mit Tokamaks erworben hat, will den großen **Tokamak 15** im Jahre 1986 in Betrieb nehmen. Auch hierfür sind supraleitende Magnete vorgesehen.

6. Letzteres gilt auch für den in Frankreich entstehenden **TORE-SUPRA,** der im Jahre 1988 fertiggestellt sein soll.

Im Jahre 1988 wird man also spätestens wissen, ob die beschrittenen Wege – wenigstens wissenschaftlich – die angestrebten Ziele verwirklichen lassen. Offen bleibt dann noch immer, ob der erhoffte grundsätzliche Durchbruch auch technisch-kommerziell sowie hinsichtlich der Sicherheitsauflagen verwertbar sein wird!

In den „Wiss. Nachr." wurde schon mehrmals über die Kernfusionsforschung berichtet (zuletzt in Nr. 53, April 1980, S. 38, Wie steht es um die kontrollierte Kernfusion?), wobei das Gewicht stärker auf rein physikalischem Gebiet lag. Jetzt mögen mehr die technischen Gesichtspunkte zur Geltung kommen.

Damit die wechselseitige elektrische Abstoßung der gleich geladenen Plasmaionen deren Annäherung auf Distanzen von nur einigen fm (1 fm = 10^{-15} m), in denen erst die Kernkräfte wirksam, also Kernreaktionen möglich sind, vereitelt, muß das Plasma heiß genug sein, damit die kinetische Energie der Ionen erst in unmittelbarer Nähe eines Stoßpartners aufgebraucht ist. Die dafür erforderliche kinetische Energie beträgt zwar rund 100 keV, doch genügen 5 keV Plasmatemperatur (entsprechend 58 Mio. K), damit eine ausreichende Anzahl Ionen mit der höheren Energie ausgestattet ist (Maxwell-Verteilung!).

Im 58-Mio.-K-Plasma haben die mittels Fusion gebildeten He-Kerne = α-Teilchen 3,520 MeV, eine Energie, die sie in zahlreichen Stößen an die Plasmaionen abgeben. Das Magnetfeld verhindert ihr Entweichen, nicht aber das der ungeladenen Neutronen. Die Wärmezufuhr beim Abbremsen der He-Kerne genügt, um die Plasmatemperatur ohne zusätzliche Zufuhr von außen aufrechtzuerhalten. In diesem Falle ist der Q-Faktor unendlich, denn $E_b = 0$.

Werden 58 Mio. K nicht erreicht, muß das Plasma Fremdenergie erhalten, Q nimmt endliche Werte an. Die Energiezufuhr in Form von Radiowellen könnte, so glaubt man, Q-Werte von 10 bis 20 ergeben. Für kommerzielle toroidale Reaktoren **(Tokamaks)** dürfte Q = 20 die untere Schranke des Brauchbaren darstellen.

Im Tokamak umschlingen die magnetischen Feldlinien den Plasmastrom etwa schraubenförmig, doch so, daß jede in sich geschlossen ist. Die Ladungsträger werden dadurch auf helikale Bahnen gezwungen, welche die Feldlinien (nach Art einer Wendeltreppe) umschrauben und so nicht entweichen können.

Anders bei den **Spiegelmaschinen.** Die hohen Feldstärken befinden sich an den Enden des Plasmazylinders, das bewirkt die Reflexion der dort ankommenden Ionen. Leider ist die Reflexion unvollständig, insbesondere bei den Elektronen, weil die Feldlinien nicht geschlossen sind, sich vielmehr an dem Zylinderende nur wie in einem Flaschenhals zusammendrängen, durch den aber trotzdem einige Teilchen entwischen können.

Die Ionendichte im Plasma erhält man durch Injektion neutraler 200-keV-Atome aufrecht. Die Atome gelangen, da ungeladen, ohne Wechselwirkung mit dem Magnetfeld ins Plasma, verlieren alsbald die Elektronenhülle und bleiben dort magnetisch gefangen. Bedauerlich ist nur der errechnete kleine Q-Wert.

Die magnetische Koppelung zweier Spiegelmaschinen führt zum **Tandem-Betrieb** bei Heizung des Elektronengases mit 30 bis 100 GHz Radiowellen. Dies wurde neulich am LLL als durchführbar in Experimenten bestätigt. Man schätzt das erzielbare Q mit 10 bis 30 ein. Auch läßt sich die Energie der entwichenen Teilchen in Vorrichtungen teilweise zurückgewinnen, deren Funktionsweise als Umkehrung der Vorgänge in Beschleunigern anzusehen ist. Das ergänzt die Fusionsleistung, indem elektrische Energie auf direktem Wege, also ohne den Umweg über Dampfturbinen, gewonnen wird.

Ein vordringliches Ingenieurproblem betrifft die möglichst ökonomische Erzeugung der einschließenden Magnetfelder durch den Einsatz **supraleitender Magnete.** Es sollen Flußdichten von 5 Tesla in Raumteilen von 3 000 bis 10 000 m^3 herrschen. Ohne supraleitende (sl.) Magnete wäre dafür allein mehr Leistung erforderlich, als der Fusionsprozeß abgibt. In langer, mühevoller, von entmutigenden Rückschlägen be-

gleiteter Forschung ist es schließlich doch gelungen, sl-Magnete zu bauen. Eine Schwierigkeit bestand darin, die große Sprödigkeit der in Betracht kommenden Legierungen von Nb und Ti (im Verhältnis 1 : 1) bzw. von Nb und Sn (im Verhältnis 3 : 1) zu bändigen. Die Kabel aus solchen Stoffen können nämlich nicht gezogen werden, so daß neue Techniken zu entwikkeln waren, ehe sl. Wicklungen im Großmaßstab produzierbar wurden. Feine Fäden des sl.-fähigen Materials werden zu Zöpfen verdrillt und in eine Kupfermatrix eingebettet. Das schützt den Draht gegen unerwarteten Verlust der sl.-Fähigkeit. Das Kupfer übernimmt in solchen Fällen die Stromleitung ohne katastrophale Erwärmung, weil der Cu-Querschnitt für derartige Ereignisse von Haus aus groß genug ausgelegt ist. (Im sl. Betrieb wirkt das bei **jeder** Temperatur normalleitende Cu gegenüber dem widerstandslosen Supraleiter wie ein Isolator!) Zugelassen sind Stromdichten bis zu 40 kA/cm^2. Die Leiter werden lageweise von rostfreien Stahlträgern gestützt, zwischen denen Isolatoren eingefügt sind. Die Zwischenlagen befinden sich in Dewar-Gefäßen aus rostfreiem Stahl, sie dienen der Kühlung. Die Kühlung erfolgt durch flüssiges He von 4,2 K, das den Leiter umgibt und die unerwünschte Erwärmung ableitet. Um 1 W an Wärmeleistung abzuführen, sind 0,5 kW Leistung aufzuwenden. Für einen GW-Reaktor schätzt man, mit 10 MW für den Entzug der schädlichen Wärme auszukommen.

Ein weiteres Ingenieurproblem ist die Sicherung der Windungen gegen die auftretenden starken magnetischen Kräfte. Das Feld repräsentiert im Einschlußbereich eine Gesamtenergie von $5 \cdot 10^{10}$ bis 10^{11} J. Die parallel und senkrecht zu den Windungsebenen von der gespeicherten Feldenergie ausgeübten Kräfte sind sehr groß. Radial belasten sie jede Kabelwindung von innen her mit bis zu 1,2 kbar auf Zug, während die außerhalb der Windungsebene wirkenden Kräfte die Windung zu kippen streben. Die Techniker sind sicher, zum Zeitpunkt der endgültigen Betriebsaufnahme die geometrische Position jeder Windungsschleife mechanisch stabilisiert zu haben.

Die gleichfalls vorhandenen magnetischen Wechselfelder verursachen a) periodisch variierende Kräfte und rufen b) in den metallischen Wandteilen, welche die Windungen umgeben, Wirbelströme hervor. Diese führen dem Helium Wärme zu, die ebenfalls abzuleiten ist. Die so erforderliche höhere Kühlleistung verursacht höhere Kosten. Der Tokamakbetrieb kann nicht auf Wechselfelder verzichten, wohl aber Tandemmaschinen. Leider haben sie einen unökonomischen Q-Wert.

Die Bewältigung der angeführten Schwierigkeiten ist unumgänglich nötig, sollen industriell nutzbare, auf magnetischem Einschluß beruhende Fusionsreaktoren entstehen.

Der zusätzliche Wärmebedarf des Plasmas zum Herstellen der Fusionsbedingungen ist a) durch **Absorption eingestrahlter Radiowellen** im Plasma oder b) durch **Injektion von neutralen Atomen** ins Plasma möglich.

Zu a): Dafür bieten sich drei Spektralabschnitte an, und zwar die **Synchrotronfrequenz der Ionen** (Grund- und Oberschwingungen) von 50 bis 100 MHz; die Frequenz der Dichteschwankungen, d. s. 1 bis 3 GHz; die (schon früher erwähnte) **Synchrotronfrequenz der Elektronen** von 50 bis 100 GHz.

Dazu braucht man Sender, Verstärker, Wellenleiter und die Antenne zum Einspeisen der Radiowellen ins Plasma. Letztere befindet sich entweder im Plasmaraum oder an der Wand des Plasma-Behälters. Die Antenne muß dem ununterbrochenen Einwirken aller Formen der Radioaktivität gewachsen sein. Außerdem ist ein dielektrisches Fenster anzubringen, damit kein (instabiles) Tritium entweichen kann.

Zu b): Injiziert werden neutrale H-, D-, T-Atome, es ist dafür zu sorgen, daß sie sich einigermaßen parallel und mit möglichst einheitlicher Geschwindigkeit bewegen. Ihre Energie soll 0,1 bis 0,2 keV, die Heizleistung 100 MW betragen. Das entspricht einem Gesamtstrom von 500 A mit der Stromdichte von 1 A/cm^2. Bedenkt man, daß in 200-keV-Beschleunigern die Stromdichte der beschleunigten Partikeln in der Größenordnung von mA/cm^2 liegen, dann wird das Ausmaß der noch zu meisternden Schwierigkeiten deutlich!

Gegenwärtig halten die Versuche bei 10 MW injizierter Leistung, 100 keV Partikelenergie und Injektionsperioden von ca. 30 s Dauer.

Der Reaktor gibt natürlich an die Umgebung Wärme ab, was Teile der Anlage in Mitleidenschaft zieht. Diese Wärmeverluste ergeben sich aus der vom Plasma emittierten Röntgen- und Gammastrahlung. Sie gehen von Verunreinigungen des Plasmas durch Kerne mit Massenzahlen über 4 besonders intensiv aus. Die artfremden Ionen sind entweder von Haus aus im schlecht gereinigten Plasma enthalten oder sie gelangen durch Erosion der Einschließungswände ins Plasma. Bildet das Plasma einen Torus, dann rühren die Verluste größtenteils von den gegen die Kammerwände entweichenden Ionen. Das verhindert teilweise ein sogenannter **Limiter,** der innerhalb der Plasmakammer die seitlich wegfliegenden Ionen auffängt. Er ist imstande, 10 MW/m^2 Wärme abzuführen.

Man zwingt auch mittels geeigneter Magnetfelder die in falsche Richtung fliegenden Partikeln in Ablenkzonen, wo die Überschußwärme samt Verunreinigungen von Sammelplatten oder rückströmendem Gas aufgenommen wird.

Der Wandverluste erwehrt man sich erfolgreich durch Limiter aus besonders für diesen Zweck entwickeltem Material mit niedriger Massenzahl. (Dies, weil die Verluste mit wachsender Kernmasse zunehmen.) Graphit hat sich wegen der chemischen Wechselwirkung mit Wasserstoff entgegen der ursprünglichen Annahme innerhalb der ersten Kammerwand als unbrauchbar erwiesen. An seine Stelle treten die Karbide von Si und Ti als Ummantelungen von Geräteteilen, die sowohl intensiven Wärmeflüssen als auch ständigem Ionenbeschuß gewachsen sein müssen.

Die Fusion der H-, D-, T-Kerne zu He-Kernen entkoppelt 17,5 MeV pro Reaktion. Davon entfallen 3,5 MeV auf die kinetische Energie der erzeugten α-Teilchen, 14 MeV auf die Neutronen. Die He-Kerne geben in Stößen ihren Überschuß an kinetischer Energie an die Plasmapartikeln ab. Anders die 14-MeV-Neutronen, die bei der Fusion entstehen. In der 60 bis 80 cm starken Schutzschicht (Blanket) hinter der ersten Wand der Einschlußkammer geben die Neutronen – ebenfalls in zahlreichen Stößen – ihre Energie ab. Die so dem Blanket zugeführte Wärme verteilt sich auf die in Rohren strömende Kühlflüssigkeit (H_2O oder flüssiges Metall). Wärmeaustauscher besorgen den Antrieb von Dampfturbinen, die ihrerseits Generatoren in Bewegung setzen, womit die freigewordene Kernenergie in technisch nutzbare elektrische Energie umgewandelt ist. Diese letzte Phase unterscheidet sich kaum von den analogen Vorgängen in Spaltreaktoren.

Ein Teil der Neutronen tritt mit Kernen der 1. Wand in starke Wechselwirkung, wobei Kerne des Wandmaterials in andere – stabile oder instabile – Kerne übergehen, also die Wand schädigen. Ein anderer Teil der Neutronen tritt aus der Rückseite des Blanket aus. Die Neutronen werden von einer Schutzschicht daran gehindert, die äußeren Teile des Einschließungssystems, nämlich die sl. Windungen, zu schädigen.

Das Blanket übt noch eine andere wichtige Funktion aus. In ihm wird das dem Plasma beizumischende **Tritium erbrütet.** Die Natur stellt uns wegen der relativ kurzen Halbwertzeit von T (12,35 a) keine nennenswerten Mengen des Isotops zur Verfügung. Dem Blanket sind Stoffe beigefügt, mit denen Neutronen unter T-Bildung möglichst ergiebig reagieren. Rostfreier Stahl, Mn-Stähle und V-Legierungen eignen sich gut für den Zweck, am besten schneiden jedoch im Materialwettbewerb die Isotope ^{6}Li, ^{7}Li ab. ^{6}Li-Kerne fangen Neutronen beliebiger Energie ein, ^{7}Li-Kerne reagieren mit Neutronen von mehr als 2,87 MeV. Aus ^{6}Li + n entsteht T und ^{4}He, ^{7}Li produziert dazu noch ein Neutron geringerer Energie. Man darf damit rechnen, pro n-Einfang bis zu 1,5 Tritonen zu erhalten. Der die Tritonen in Form von LiT enthaltende Li-Teilstrom wird mit volumsgleichem schmelzflüssigem LiF, LiCl, LiBr in Berührung gebracht; Stoffe, in die LiH mit Vorliebe diffundiert und aus denen es infolge seiner geringen Dichte leicht abzutrennen ist. Schließlich wird elementares T elektrolytisch abgeschieden.

Außer geschmolzenen Li-Halogensalzen sind auch keramische Stoffe mit $LiAlO_2$- und $LiSiO_2$-Gehalt brauchbar. Ihr Vorteil liegt in der wesentlich geringeren hiezu benötigten Li-Menge sowie in der chemischen Stabilität jeder Keramik. Anderseits dürfte die höchste Brutrate den Wert 1 T pro Einfang nicht übersteigen.

Diesen Nachteil könnte ein Neutronenvervielfacher wie Be oder Pb hinter der 1. Wand ausgleichen, der aus einem schnellen Neutron via Kernreaktion zwei langsame Neutronen produziert. Das ist ein Ausweg, doch löste auch er nicht alle Schwierigkeiten des T-Brütens. Keramik gestattet als Festkörper dem Tritium den Austritt nur durch Diffusion. Die sehr mäßige Diffusionsrate läßt sich dadurch erhöhen, daß die Keramik nicht als einheitliche Masse, sondern in Form von etwa µm großen Körnchen eingebracht ist. Wegen der Erwärmung, die u. U. mehr als 1000 °C erreichen kann, besteht die Gefahr des Sinterns der Körnchen. Wie das alles dann doch gut funktionieren soll, wird sich erst bei der praktischen Erprobung herausstellen. Das wegdiffundierte Tritium wird vom He-Gasstrom mitgenommen, der das Lager der Keramikkörnchen passiert.

Die Techniker stehen noch vor einem anderen, besonders gravierenden Problem, nämlich dem des Schutzes der bestrahlten Reaktorteile vor schweren Schädigungen, die in den Metallkomponenten als Versprödung, Quellung, Einbuße an

Duktibilität und durch Entstehen radioaktiver Atome erscheinen.

Der Fluß von $4 \cdot 10^{17}$ Neutronen pro s und m^2 belastet die Wand mit 1 MW/m^2, dürfte aber in der Praxis noch bis zu fünfmal höher ausfallen. Das heißt, jedes Stahlatom wechselt 10- bis 20mal pro Jahr seinen Platz im Kristallgefüge. Gleichzeitig entstehen 0,05% H-Atome und 0,015% He-Atome pro Jahr, gemessen an der Anzahl der Fe-Atome. Diese Gase erfüllen die entstandenen Leerstellen, das Wandmaterial quillt, seine Oberfläche wird rauh. Untersuchungen am Hochflußreaktor von Oak Ridge ergaben nur eine 3 bis 6 Jahre währende Widerstandsfähigkeit der Wand. Dann kann sie nicht mehr ihre Aufgabe erfüllen. Also muß für möglichst glatt ablaufende Maßnahmen zur Erneuerung unbrauchbar gewordener Wände schon bei der Konstruktion der Einschlußkammer vorgesorgt werden. Überflüssig zu sagen, daß die Suche nach widerstandsfähigeren Stoffen auf Hochtouren läuft. Westeuropa, die USA und Japan kooperieren in der Sache.

Der Ausnützungsgrad der nuklearen Brennstoffe beträgt 5 bis 10%. Es ist daher aller Anstrengungen wert, die ungenützten Komponenten wiederzugewinnen. Der Druck im Reaktionsraum wird von Kryopumpen und mit von flüssigem Helium gekühlten Molekularsieben auf etwa 100 Nanobarn gehalten. H, D, T kondensieren an den Sieben. Schädliche Beimengungen von O_2, N_2, CH_4 werden von den mit flüssigem Stickstoff auf 77 K gehaltenen, die Siebe umgebenden Hüllen (Chevrons) adsorbiert. He wird beim Einspritzen von flüssigem Ar gesammelt, weil es sich dem Argon anlagert. Die Pumpen müssen fähig sein, pro Sekunde jede beliebige Menge zwischen 1 bis 10^7 Liter abzusaugen.

H_2, HD, D_2, HT, DT, T_2 haben unterschiedliche Siedepunkte, erlauben also das Abtrennen von D_2, T_2 durch fraktionierte Destillation in ca. 60 (!) Stufen. H_2 siedet unter Normalbedingungen am frühesten, nämlich bei 20,39 K, T_2 am spätesten, nämlich bei 25,04 K.

Die Injektion der Deuteronen und Tritonen ins Plasma erfolgt besonders günstig in Form auf 2 km/s beschleunigter gefrorener Kügelchen, deren Durchmesser 2 bis 4 mm beträgt. (D, T gefrieren bei 18,73 K bzw. 20,62 K.) Als Einschußrate werden 10 bis 20 Kügelchen pro Sekunde angepeilt.

Es gelang am MPI in Garching und in der Oak-Ridge-Anlage, den Kügelchen die hohe Geschwindigkeit von 290 m/s zu erteilen. Sie werden aus rasch rotierenden Scheiben tangential ins Plasma geschleudert. Die erzielten 290 m/s sind natürlich erst ein Anfang.

In Oak Ridge verwendete man auch eine Gaskanone, in der 30 bar Druck die Kügelchen auf 1 km/s brachten. Das „Kanonenrohr" war 16 cm lang. Durch Rohrverlängerung läßt sich die Geschwindigkeit steigern.

Alle diese Maßnahmen sind von der Radioaktivität des Tritiums überschattet, das Isotop darf nicht in die Umgebung des Reaktors gelangen! Das Plasma dürfte an die 10 kg Tritium enthalten, dessen Radioaktivität ungefähr 10^8 Curie beträgt. (1 Curie = $3 \cdot 10^{10}$ Zerfälle/s.) Ziel ist, den Austritt von T-bedingter Radioaktivität auf 1 bis 10 Curie pro Tag zu beschränken. D. h., von 10^8 T-Atomen darf nur ein einziges während eines Tages in die Umgebung gelangen.

Eine wirksame Abschirmung der Außenwelt bestünde im Einschluß der T-behafteten Reaktorteile in ein Rohr, das seinerseits in einem zweiten Rohr liegt. Die dritte Sperre ist die Reaktorhalle selbst. In den zwei Zwischenzonen sind Geräte zu installieren, welche die betreffenden Volumina von Tritium säubern.

Der Schutz gegen die von den Neutronen induzierte künstliche Radioaktivität hat sich an der **biologisch zumutbaren Dosis** zu orientieren. Es dürfen 10% dieser Dosis nicht überschritten werden, man will sogar nur 1% zulassen.

Auch der Fusionsreaktor liefert radioaktiven Abfall, wenn auch um Größenordnungen weniger als die Spaltreaktoren. Trotzdem muß für die sichere Lagerung gesorgt werden. Ein Lagerplatz in der Erdkruste wird als zulässig definiert, wenn eine ständig darüber auf dem Erdboden verharrende Person **im Laufe eines Jahres** höchstens das Fünffache der natürlichen Radioaktivität empfängt. Danach sind drei Deponiearten zu unterscheiden.

Kategorie A: Material, das nach 10 Jahren Lagerung in geringer Tiefe nach außen höchstens die zulässige Radioaktivität abgibt.

Kategorie B: Der strahlende Abfall wird chemisch gebunden und so gelagert, daß die zulässige Kontamination nach maximal 100 Jahren abgegeben wird.

Kategorie C: Dasselbe wie in B, aber mit der Auflage 500 Jahre statt 100 Jahre. Die Deponie muß mindestens 5 m tief gelagert und von Erde bedeckt sein. Außerdem haben natürliche oder künstlich errichtete Barrieren den Zugang zum Areal über dem Depot unmöglich zu machen.

Mit instabilen Kernen belastete Ni-, Mo-, Mn-, Cr-Stähle gehören in die Kategorie C. Al-, V-, Ti-Legierungen sowie Keramik sind der Kategorie B einzuordnen. Für das wirtschaftlich tragbare Isolieren der verschiedenen Radioisotope ist noch keine annehmbare Lösung gefunden worden.

Abschließend noch einige Angaben über die vorgesehenen Abmessungen von Fusionsreaktoren. Die in zweijähriger Studienarbeit erstellten Pläne für einen 12-GW-Tokamak sehen für den großen Torusdurchmesser 14 m, für den inneren Durchmesser 4,2 m vor. 12 Magnete umfassen wie Faßreifen das Plasmavolumen und erzeugen im Torus 11,1 Tesla Flußdichte. Dadurch sind $5 \cdot 10^{10}$ J Feldenergie im Torus gespeichert. Im Plasma fließt ein 10 MA starker Strom.

Den **Tandembetrieb** durchleuchtete die am LLL in Kooperation mit zwei Firmen und der Universität von Wisconsin erarbeitete Studie. Danach soll der linear gestaltete Reaktor eine 129 m lange zentrale Spiegelzelle enthalten, an die sich je 24 m lange Zellen an den Enden schließen. Die Leistung ist mit 2,575 GW angesetzt. Daneben bemühen sich noch andere Gruppen um Entwürfe für Fusionsreaktoren.

Die konkrete Prüfung in den erwähnten Testanlagen wird erst klarstellen, inwieweit die bisher entwickelten Modelle die industrielle Nutzung der Kernverschmelzung zum Wohle der Menschheit ermöglichen. Man sieht: Auch wenn der wissenschaftliche Durchbruch zur kontrollierten Fusion glückt, sind noch gewaltige Ingenieurarbeiten und technische Forschung nötig, um sagen zu können: „Es ist geschafft!"

LITERATUR:
Scient. Am., Okt. 1983, S. 44, R. W. Conn, The Engineering of Magnetic Fusion Reactors.

Kernfusion:

Erstmals Lawson-Schranke überschritten

Seit 1957 ist dank der Arbeiten von **J. Lawson** (Harwell) bekannt, daß die Fusion eines Deuterium-Tritium-Plasma zu He erst dann einen Überschuß der freigesetzten zur eingespeisten Energie zeitigt, wenn der sogenannte **Lawson-Parameter** $\mathbf{L = n \cdot \tau}$ den kritischen Wert $L_{kr} = 6 \cdot 10^{13}\ s \cdot cm^{-3}$ übersteigt. n ist die Anzahl der Plasmaionen pro cm^3 (also die Plasmadichte),

Obwohl mit größter Zähigkeit während vieler Jahre angestrebt, blieb der kritische L-Wert eine in weite Ferne gerückte Traumschranke, die allen Attacken mit Spiegelmaschinen, Tokamaks u. a. hartnäckig widerstand. Nun aber ist es geschafft, im November 1983 kam man zum ersten Mal in der Geschichte der kontrollierten Kernfusion am MIT über L_{kr} hinaus. Die am Tokamak namens **Alcator C** tätige Forschergruppe unter der Leitung von **R. Parker** erreichte $L = 8 \cdot 10^{13}$, also einen Wert, der den kritischen um ein Drittel übersteigt. Der Bau des Alcator C entsprang von Haus aus der Absicht, ein solches Ziel zu verwirklichen.

Der Erfolg ist dem Übergang zu einer neuen Heiztechnik für das Plasma zu verdanken. Beim Vorgänger Alcator A erfolgte das Aufheizen durch stoßweise Zufuhr des Brennstoffs D_2 in Gasform. An die Stelle dieser Injektionsart trat das Einschießen kleiner Teilchen von gefrorenem D_2 direkt ins Zentrum des Plasmas, und so konnte man – ohne bisher über die Gründe Bescheid zu wissen – die Einschußzeit erhöhen.

Der äußere (R) und der innere (r) Torusradius betragen 64 cm und 16,5 cm. (Bei Alcator A betrug r nur 10 cm.) Die Vergrößerung von r bei der Variante C erfolgte, weil sich (allerdings wie man später sah, nur in einem Teilbereich) τ und r^2 als proportional erwiesen hatten.

Der verlustbringende Wärmetransport nach außen sollte gemäß den klassischen Vorstellungen mit wachsender Plasmadichte die Einschlußzeit τ verringern. Da jedoch im Tokamakplasma neben Ionen auch Elektronen als Wärmeübertrager fungieren und der Transport nicht nach den üblichen Wärmeleitungsbedingungen abläuft, tritt das Gegenteil ein: Dichte und τ wachsen proportional. Man nützte diese neue Erfahrung mit Erfolg aus, erfuhr jedoch, daß die Proportionalität bei größeren Dichten nicht mehr aufrecht bleibt.

Trotz vieler Variationen von n, R, r hielt das Team 1982 erst bei $\tau = 35$ ms, $L = 4 \cdot 10^{13}\ s \cdot cm^{-3}$. Ab Frühjahr 1983 jagte man in Kooperation mit dem Oak-Ridge-Team unter **St. Milora** die festen D_2-Teilchen pneumatisch direkt ins Plasmacore. Die

Teilchen waren ca. 1 mm lang, die Einschußgeschwindigkeit lag bei 1 km/s. Das genügte, mit $\mathbf{L = 8 \cdot 10^{13}\ s \cdot cm^{-3}}$ war der große Wurf geglückt. Es waren $n = 1{,}5 \cdot 10^{15}$ Ionen/cm^3 und $\tau = 50$ ms. Der bei Teilcheninjektionen in der Umgebung des Plasmacore sehr steile Dichtegradient scheint die Wärmeabfuhr ausreichend einzuschränken.

Der Name Alcator stammt aus den lateinischen Wörtern „altus campus" = hohes Feld, auf die Intensität des Magnetfeldes hinweisend. In der C-Variante ist B = 14 Tesla der Höchstwert gewesen, wurde aber aus anderen Gründen auf 11 T reduziert.

Festes Tritium wurde nicht verwendet. Es hätte keine anderen Informationen erbracht, wohl aber – da instabil – Vorsorge gegen die ionisierende Strahlung verlangt.

Eine stolze Stufe im Streben nach kontrollierter Kernfusion ist erstiegen!

LITERATUR:
Physics Today, Februar 1984, S. 20, MIT Tokamak Alcator C Exceeds Lawson Criterion.

Ein ungewöhnlicher Fall von natürlicher Radioaktivität

Nachdem sich die Liste der natürlichen Arten des radioaktiven Zerfalls durch viele Jahrzehnte auf drei Posten (α-, β- und γ-Zerfall) beschränkt hatte, mußte ihr vor einigen Jahren eine vierte Möglichkeit hinzugefügt werden, nämlich der spontane Proton-Zerfall. Nun haben H. J. Rose und G. A. Jones im Laufe ebenso scharfsinniger wie mühevoller Experimente – sie dauerten 6 Monate – einen fünften Zerfallsmodus entdeckt. Sie fanden, daß ^{223}Ra unter ^{14}C-Emission spontan in ^{209}Pb übergehen kann. Zwar sind solche Ereignisse ungemein selten – auf 10^9 α-Zerfälle kommt lediglich ein einziger ^{14}C-Zerfall –, aber er findet statt. (Genauer: Er ist mit der Wahrscheinlichkeit $(8{,}5 \pm 2{,}5) \cdot 10^{-10}$ zu erwarten.)

Die Physiker benützten zur Ladungsbestimmung der ausgeschleuderten Partikel ein Festkörper-Zählteleskop. Die große Schwierigkeit bestand darin, festzustellen, ob tatsächlich ein ^{14}C-Kern den Ra-Kern verläßt oder ob nicht etwa drei in raschester Folge austretende α-Teilchen das andere Ereignis bloß vortäuschen. Die Zeitauflösung der Zählanlage betrug 100 ns, was entscheidend zur Analyse des Vorgangs beitrug. Das fast simultane Ausschleudern dreier He-Kerne mit der Zerfallskaskade

$$^{223}\mathrm{Ra} \xrightarrow{\alpha} {}^{219}\mathrm{Rn} \xrightarrow{\alpha} {}^{215}\mathrm{Po} \xrightarrow{\alpha} {}^{211}\mathrm{Pb} \xrightarrow{e^-} {}^{211}\mathrm{Bi}$$

hätte mit ^{211}Bi und nicht nach dem Schema

$$^{223}\mathrm{Ra} \longrightarrow {}^{209}\mathrm{Pb}$$

mit ^{209}Pb enden dürfen.

Ein sehr wichtiges Unterscheidungskriterium ist das Verhältnis der Ionisierung, die das emittierte Teilchen in den Zählern Z_1, Z_2 hervorruft. Z_1 ist ein dünner Zähler, in dem die Partikel einen gewissen Energieverlust ΔE erleidet, wodurch Z_1 eine bestimmte Ionisierung erfährt. Der andere Zähler Z_2 ist dick, der, ebenfalls unter Ionisation, die verbleibende Energie $E - \Delta E$ aufnimmt. Das Verhältnis der zwei Ionisationsraten ist bei 3 α-Ereignissen ein anderes als bei ^{14}C-Ereignissen, so daß daraus auf die Natur des wegfliegenden Kerns geschlossen werden kann.

Der Tunneleffekt ist für den natürlichen radioaktiven Zerfall verantwortlich. Quantenmechanisch besteht nämlich für Ladungsträger eine endliche Wahrscheinlichkeit, einen höheren Potentialwall zu „durchtunneln", als seine kinetische Energie erlauben dürfte. Gamow hat schon vor etlichen Jahrzehnten die Berechnung der Wahrscheinlichkeit für das Durchtunneln durchgeführt. In jüngster Zeit sind die betreffenden Rechnungen verfeinert worden.

Natürlich sind noch andere Arten spontaner exotischer Zerfallsarten denkbar, doch wird es schwerfallen, diese noch selteneren Ereignisse experimentell nachzuweisen. Am ehesten erwartet man sie bei künstlich geschaffenen Transuranen.

LITERATUR:
Nature, 19. 1. 1984, a) S. 207, J. Maddox, Exotic Nuclear Decay Discovered; b) S. 245, H. J. Rose, G. A. Jones, A New Kind of Natural Radioactivity.

Ein gigantischer Vulkanausbruch vor 1400 Jahren?

Vulkanische Aktivitäten sind relativ häufige Vorgänge, von denen die Tagespresse fast in jedem Jahr berichtet. Zum Glück bleibt die Welt in unserer Phase der Erdentwicklung von ganz großen Katastrophen dieser Art durch längere Zeitintervalle verschont. Die letzte, die wohl nie mehr in Vergessenheit geraten wird, war der Ausbruch der Vulkaninsel Krakatau zwischen Java und Sumatra am 27. August 1883. Dabei kamen 36 000 Menschen ums Leben, eine Flutwelle von 36 m Höhe begrub alles unter sich, was sich ihr hindernd in den Weg stellte.

In Europa war es der Vesuv, der völlig unerwartet, da für erloschen gehalten, vom 24. bis zum 28. August des Jahres 79 v. Chr. tätig wurde und die Städte Pompeji, Herculanum und Stabiae vernichtete. Auch dieses Ereignis bleibt wegen seines Ausmaßes unvergessen.

Der Ätna auf Sizilien verbreitet ebenfalls immer wieder Furcht und Schrecken, aber ebenso wie die sich in „kurzen" Abständen wiederholenden Eruptionen auf den Hawaiischen Inseln und vor wenigen Jahren in Island, nahmen dabei wenigstens die dort lebenden Menschen keinen allzugroßen Schaden.

Die Silikatasche-Teilchen, die sich nach Vulkanausbrüchen in der Atmosphäre verteilen, halten sich dort u. U. viele Monate lang in Schwebe, ehe sie auf dem Erdboden endgültig zur Ruhe kommen. Sie beeinträchtigen durch Streuung und Absorption des Sonnenlichtes im Effekt in ähnlicher Weise die Sicht wie der in der Atmosphäre enthaltene Wasserdampf, allerdings mit dem Unterschied, daß der vulkanische „Dunst" **trocken** ist.

Neben den festen Stoffen gelangen noch schwefelhaltige Gase aus den Vulkanschlünden ins Freie. Sie sind gleichfalls trocken und mindern die Transparenz der Luft.

Will man von ungewöhnlich starken Vulkanausbrüchen in früherer Zeit erfahren, ist man auf die Geschichtsschreibung angewiesen. Haben jedoch derartige Ereignisse in Gebieten oder zu Zeiten stattgefunden, in denen keine Geschichtsschreibung möglich war, welche die direkten Eindrücke hätte überliefern können, dann muß man mit weit unsichereren Quellen vorlieb nehmen. Das sind aus dem abend- und morgenländischen Raum stammende Berichte über lang anhaltenden **trockenen Dunst**, die aber keinerlei Hinweise auf die Ursachen der Erscheinung zu geben in der Lage waren. Das Studium der einschlägigen Schriften setzt uns jedoch in den Stand, gewaltige Vulkankatastrophen in Gebieten der südlichen Erdhalbkugel zu vermuten und sie der ewigen Vergessenheit zu entreißen. Das Ausmaß der Vorgänge bedingt, daß sie nur in Abständen von etlichen Jahrhunderten stattfinden.

Der dichteste „trockene Dunst", von dem man auf diese Weise bislang Kenntnis erhielt, machte sich im Mittelmeerraum und im mittleren Osten in den Jahren 536 und 537 unserer Zeitrechnung mit unübersehbarer Deutlichkeit bemerkbar. Die diesbezüglichen Meldungen wurden analysiert und verglichen. Sie stützen die Vermutung, die Ursache des trockenen Dunstes wäre in der Eruption des **Vulkans Rabaul** auf der Insel Neubritannien, Neuguinea, zu suchen. Nun die Berichte:

1. Der byzantinische Historiker **Prokopius** lebte in der kritischen Zeit in Rom. Er berichtet, daß die Sonne durch ein volles Jahr hindurch nur so schwach wie bei einer Finsternis geschienen habe. Dasselbe galt vom Mondlicht.
2. Der Byzantiner **Lydus** schreibt ebenfalls, die Sonne wäre während eines ganzen Jahres nur sehr trüb zu sehen gewesen.
3. Ein **unbekannter Chronist** meldet, die Sonne sei untertags und der Mond in der Nacht vom 24. März 536 bis zum 24. Juni 537 „verdunkelt" gewesen.
4. Ein **Zeuge aus Mesopotamien** stellt fest, daß die Sonne 18 Monate lang nur während 4 Tagesstunden, und da nur schwach, wahrzunehmen gewesen sei. Das erlaubt den Schluß, die Sonne war nur zu sehen, wenn sie mindestens 30° über dem Horizont stand.
5. Nach der Radiokarbon-Datierung hat der Rabaul-Ausbruch im Zeitraum 540 ± 90 n. Chr. stattgefunden.
6. Von Vulkanen aus dem Mittelmeerraum und dem vorderen Osten liegen aus dieser Zeit keine Meldungen über nennenswerte Vulkanaktivitäten vor. All das spricht zugunsten der Rabaul-Hypothese.

LITERATUR:
Nature, 26. 1. 1984, S. 344, R. B. Stothers, Mystery Cloud of A. D. 536.

Plutoniumisotope aussortiert

Normalerweise bestehen Elemente aus verschiedenen schweren Atomen (Isotopen), weil sie als Ballast unterschiedliche Mengen an Neutronen (neutralen Kernteilchen) mit sich herumschleppen. Es ist äußerst schwierig, aus diesem uneinheitlichen Atomgewimmel eine bestimmte Atomsorte herauszupicken. In der Medizin und in der Kerntechnik werden wegen ihrer besonderen physikalischen Eigenschaften gerade ganz spezielle Isotope benötigt.

Amerikanischen Forschern vom Los Alamos National Laboratory in New Mexico ist es kürzlich gelungen, einheitliche Plutoniumisotope zu erzeugen, berichtete die Zeitschrift Industrial Research & Development. Die Wissenschaftler bombardierten das radioaktive Metall Plutonium mit hochenergetischen Atomrümpfen und Elektronen, bis es gasförmig zerstob, seine Elektronen verlor und so ein reines Plasma bildete, also ein Gas wie in einer Flamme aus lauter elektrisch geladenen Teilchen. Das Plutoniumplasma wurde in einem starken Magnetfeld gefangen gehalten. Zusätzliche elektrische Felder dirigierten ausgewählte Plutoniumisotope auf eine immer größer werdende Spiralbahn, von der sie abgeführt und eingesammelt werden konnten. Da die Versuche so gut geklappt haben, sollen als nächstes bestimmte Uranisotope abgetrennt werden. Die Meßanordnung macht es prinzipiell möglich, Isotope beliebiger Elemente auszusortieren.

Ausgewählte Uran- und Plutoniumisotope werden in Kernkraftwerken gebraucht, leider auch in Atombomben.

Petra Schulz

LITERATUR:
Industrial Research & Development, Oktober 1983, S. 63–64.

Lichtleitertelefon Washington–New York

Infolge der höheren Frequenz von Licht gegenüber Radiowellen besitzt Licht eine entsprechend höhere Übertragungskapazität. Die Fortleitung der modulierten Lichtwellen geschieht in Glasfasern von nur wenigen Mikrometern Stärke. Daß die schon seit geraumer Zeit betriebenen Forschungen erfolgreich sind, geht aus der Tatsache hervor, daß in den USA bereits 60% von 300 000 km Lichtleitern für Telefonverbindungen installiert sind. Auf einem einzigen Paar von Glasfäden (zur Hin- und Rückleitung) können simultan etwa 1400 Telefongespräche vermittelt und 60 Mio. bits pro Sekunde übertragen werden. Im Telefonnetz der USA sind beispielsweise Washington mit New York sowie Sacramento mit San Jose (Kalifornien) durch Lichtleiter verbunden.

Obwohl das Problem des Fortleitens modulierten Lichtes im Prinzip gelöst ist, treten dennoch gewisse störende Schwierigkeiten auf, deren Überwindung zwar mit Ach und Krach gelang, aber, abgesehen von der Schwerfälligkeit der erforderlichen Maßnahmen, erhebliche Kosten verursacht.

Der eine Übelstand besteht in der Pulsverbreiterung beim Fortleiten über größere Distanzen. Jeder Puls ist eine Überlagerung verschiedener Frequenzen, welche mit unterschiedlichen Phasengeschwindigkeiten entlang der Faser laufen. Das bewirkt eine mit der Distanz anwachsende Pulsverbreiterung, die, wird nichts dagegen unternommen, die Nachricht verschmiert und für den Empfänger unverständlich macht. Ist die Pulsfolge zu rasch, dann überlappen sich die einzelnen Pulse zur Unkenntlichkeit.

Die unvermeidlichen Energieverluste bewirken ferner eine mit der Entfernung zunehmende Signalschwächung. Das bisher angewandte Gegenmittel ist der Einbau von sogenannten „Repeatern" in die Lichtleitung in Abständen von 150 km. (Die Faser schwächt die Pulsamplituden um 5% pro km, an sich eine hervorragende Transparenzleistung!) Im Repeater werden die eintreffenden Lichtpulse in elektrische Pulse umgesetzt, die nach Verstärkung wieder in Lichtpulse zurückverwandelt werden, ohne die Pulsform zu verändern. Repeater sind leider sehr teuer, ihre Kosten belaufen sich auf die Hälfte der Ausgaben für das Hardware. Auch darf die Pulslänge 0,1 ns nicht unterschreiten, soll sich das Signal merkbar vom Rauschpegel abheben.

Mit Hilfe nichtlinearer optischer Prozesse ist es Physikern der Bell Labs. gelungen, die Mängel auf elegantere und billigere Art zu beheben. **A. Hasegewa** benützt die Superposition von Wellen zum Bekämpfen der Pulsverbreiterung. Überlagert man der Signalfrequenz f die doppelte Frequenz 2.f, so resultiert daraus die Summenfrequenz 3.f und die Differenzfrequenz f, die mit der eintreffenden Frequenz übereinstimmt, sie also verstärkt. Die Differenzfrequenz pumpt also Energie in die Leitung und verstärkt das Signal. Gepumpt wird natürlich mit Licht. Diese Wechselwirkung ist nichtlinear.

Ferner stellte sich heraus, daß das gegenseitige Beeinflussen der nichtlinearen Vorgänge und die oben erwähnte Geschwindigkeitsdispersion der Pulsverbreiterung entgegenwirken. Bei richtiger Anpassung der Pulsenergie an die Pulsform kompensieren die gegensätzlich wirkenden Störarten einander, der Puls pflanzt sich ohne Veränderungen im Lichtleiter fort. Man spricht in diesem Zusammenhang von einem **Soliton** oder einer **solitären Welle.** Die solitären Pulse dürfen sehr kurz sein, was eine hohe Übertragungsgeschwindigkeit gestattet. Die Abnahme der Pulsstärke entlang dem Lichtleiter wird durch Energiezufuhr via Raman-Effekt (Lichtstreuung an Molekeln in transparenten Medien) entgegengesteuert. Periodische Raman-Verstärkung erlaubt Übertragungsraten von 10^{10} bis 10^{11} bits/s.

Nichtlineare Effekte treten bei extremen Feldstärken im Bereich der Lichtwelle auf. Der winzige Querschnitt einer Glasfaser konzentriert das Licht derart, daß die erforderlichen Feldstärken entstehen.

LITERATUR:
Scient. Am., Februar 1984, S. 53, Sharpened Bits.

Gasspektroskopie bei weniger als 1 Kelvin

Der Leser der Artikelüberschrift assoziiert natürlich sofort die Tatsache, daß selbst ^{4}He, das am schwersten zu verflüssigende Gas, unter Normalbedingungen bei 4,2 K kondensiert. Er fragt sich, wie denn andere, erheblich flüchtigere Stoffe, etwa Stickoxide, auf weniger als 1 K ohne Verluste des gasförmigen Zustandes abgekühlt werden können. Dennoch geschieht das Kunststück seit einigen Jahren im James-Franck-Institut der Universität Chicago am laufenden Band, tiefe Einblicke in Struktur und Dynamik mehratomiger Gasmoleküle gewährend. Die Lebensdauer superkalter Gase beträgt zwar lediglich Bruchteile einer Sekunde, doch genügt das für die Aufnahme hochaufgelöster Spektrogramme, die anderweitig nicht zu gewinnen sind. Die Forscher gingen in Chicago folgendermaßen zu Werk.

In einem Behälter befinden sich He als Träger und das zu untersuchende Gas bei Raumtemperatur in hochkomprimiertem Zustand ($\approx$ 100 bar). Durch eine winzige Düse (Durchmesser $\approx$ 0,05 mm) entweicht es nach Wunsch in die anschließende, hochevakuierte Kammer, aus der es eine Pumpe ständig entfernt. (Das war das am schwersten zu lösende technische Problem!) Das interessierende Gas ist nur in sehr geringem Anteil dem Trägergas He beigemengt.

Im austretenden Gasstrahl sind die Abstände zwischen den Molekülen zunächst noch so groß, daß die Van-der-Waals-Kräfte nicht imstande sind, die Kondensation herbeizuführen, also die Gasphase trotz der durch den Austritt ins Vakuum erfolgten drastischen Abkühlung erhalten bleibt. Die Ausströmungsgeschwindigkeit ist höher als die Schallgeschwindigkeit im Gas, was ebenso für kurze Zeit dem Kondensationsbestreben entgegenwirkt. Die Temperatur des Gases im Strahl hängt von der mittleren Geschwindigkeit der Moleküle $\bar{v}_r$ relativ zur Strahlgeschwindigkeit ab. Wegen der Reduktion der transversalen Geschwindigkeitskomponenten beim Austritt aus der engen Düse ist $\bar{v}_r$ so klein, daß ein mit dem Strahl mitbewegter Beobachter nur eine Gastemperatur in der Nähe von 1 K oder darunter messen würde. Außerdem sinkt die Temperatur strahlabwärts bis zu einer bestimmten kleinen Distanz von der Düse. Konkret wurden Temperaturen bis hinunter zu 0,05 K gemessen, obwohl der Materiestrahl noch als Gas anzusprechen war. In diesem Strahlabschnitt ist es daher durchaus möglich, das Gas zu spektroskopieren, und zwar so:

Ein **abstimmbarer** Laserstrahl fällt senkrecht zur Strahlachse ein. Er ist genau auf den Strahlabschnitt fokussiert, in dem das Gas am kältesten ist. Er regt je nach eingestellter Frequenz gewisse Quantenzustände der Gasmoleküle an, aus denen die betroffenen Moleküle unter Emission ihrer Anregungsenergie wieder in den Grundzustand zurückkehren (in dem sie sich vorher wegen der extrem tiefen Temperatur fast ausnahmslos befunden hatten). Die Emission erscheint als **Fluoreszenzstrahlung,** welche sehr sensible Detektoren registrieren. Die Ver-

weilzeit im angeregten Zustand liegt bei 10^{-9} bis 10^{-8}s. Schaltet man den Laser ab, so nehmen die Detektoren (die sogar die Emission **einzelner** Photonen „sehen") nur die Fluoreszenzstrahlung aus dem vom Laser jeweils angeregten Spektralabschnitt wahr. Durch Variation der Laserfrequenz wird immer nur einer engen Auswahl von Niveaus die Möglichkeit geboten, die für sie „brauchbaren" Photonen zu absorbieren und anschließend in Form von Fluoreszenz den Detektoren zuzuführen. Bildlich beschrieben ist der Brennpunkt der Ursprung eines kartesischen Koordinatensystems, in dem die Richtungen von Gas-, Laser- und Fluoreszenzstrahl wie die drei Koordinatenachsen zusammentreffen.

Auf diese Weise läßt sich ein größerer Spektralbereich schrittweise abtasten und darin alle Linien vermessen, die wegen ihrer eng gedrängten Anordnung für übliche Verfahren unidentifizierbar sind. Abb. 1 zeigt das Spektrogramm von NO_2 im Abschnitt $590{,}3\ \text{nm} \leqslant \lambda \leqslant 600\ \text{nm}$, aufgenommen bei 300 K = +27 °C mit konventionellen Methoden. In Abb. 2 sieht man das Spektrogramm desselben Gases im gleichen Frequenzbereich, aufgenommen bei 3 K. (Die beiden Diagramme sind dem unten genannten Artikel im Scient. Am. entnommen. Dort sind die Linien durch ihre Wellenzahl $k = 1/\lambda$ pro m gekennzeichnet.) Der Unterschied zwischen beiden Diagrammen ist eklatant. In Abb. 2 treten Linien klar hervor, die bei Raumtemperatur nur als kaum entwirrbares Amplitudengebirge erscheinen. (Im letzten Drittel des Spektrums in Abb. 2 sind die Amplituden 10fach überhöht eingetragen.)

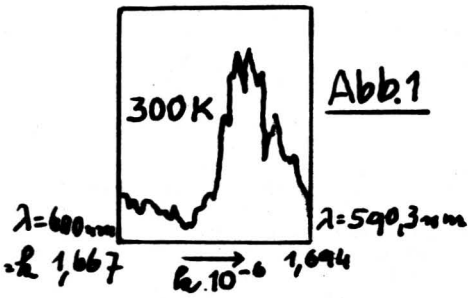


Abb.1

Worauf beruht der nunmehr festgestellte Linienreichtum? In mehratomigen Molekülen setzt sich die kinetische Gesamtenergie einer Molekel aus drei Anteilen zusammen, nämlich aus der Energie der Hüllenelektronen, der Vibrations- und der Rotationsenergie der Atomkerne. Die Energiedifferenzen zwischen den betreffenden Quantenniveaus sind für die Elektronen am größten, für Vibrationen schon viel kleiner und für Rotationen am kleinsten. Dementsprechend spaltet jedes Elektronenniveau in mehrere Vibrations-Unterniveaus auf, von denen jedes obendrein auch noch in eine Reihe von Rotationsniveaus zerfällt. Die Rückkehr aus einem höheren Elektronenniveau in den Grundzustand erfolgt daher unter Abgabe von sichtbarem oder UV- oder Röntgenlicht. Die Rückkehr aus einem angeregten Vibrationsniveau ist von IR- oder Mikrowellenphotonen, die Rückkehr aus einem Rotationsniveau von Mikrowellenemission begleitet. (Natürlich treten da auch Überlappungen auf, was aber hier unbesprochen bleiben darf.)

Bei Temperaturen ganz nahe dem absoluten Nullpunkt befinden sich die Gasmoleküle – wie schon erwähnt – nahezu restlos im Grundzustand. Werden die einzelnen Niveaugruppen gezielt von dem auf ihr Frequenzband abgestimmten Laser angeregt, dann entsteht nur jene Fluoreszenzstrahlung, die der Rückkehr aus den im angesprochenen Spektralbereich befindlichen Anregungszuständen zuzuschreiben ist. Die Vielzahl der außerhalb des eingestellten Abschnittes auftretenden Linien kann nicht erscheinen. Das begründet die unglaublich hohe spektrale Auflösungskraft des neuen Verfahrens zum Spektroskopieren superkalter Gase.

Die große Bedeutung der Methode liegt darin, aus den nunmehr in sämtlichen Details zugänglichen Spektren die innere Struktur mehratomiger Gase gründlich erforschen zu können.

Für die Intensitäten der einzelnen Linien ist bestimmend, in welchem Maße die jeweils angeregten Niveaus besetzt sind. M. a. W., die Amplitude der Rückkehrstrahlung ist der Besetzungswahrscheinlichkeit proportional, woraus weitere informative Schlüsse zu ziehen sind.

In den Abb. 1, 2 entsprechen der Wellenzahl

$k = 1{,}667 \cdot 10^6\ \text{m}^{-1}$ die Wellenlänge $\lambda = 600$ nm,
$k = 1{,}694 \cdot 10^6\ \text{m}^{-1}$ die Wellenlänge $\lambda = 590{,}3$ nm.

LITERATUR:
Scient. Am., Februar 1984, S. 68. D. H. Levy, The Spectroscopy of Supercooled Gases.

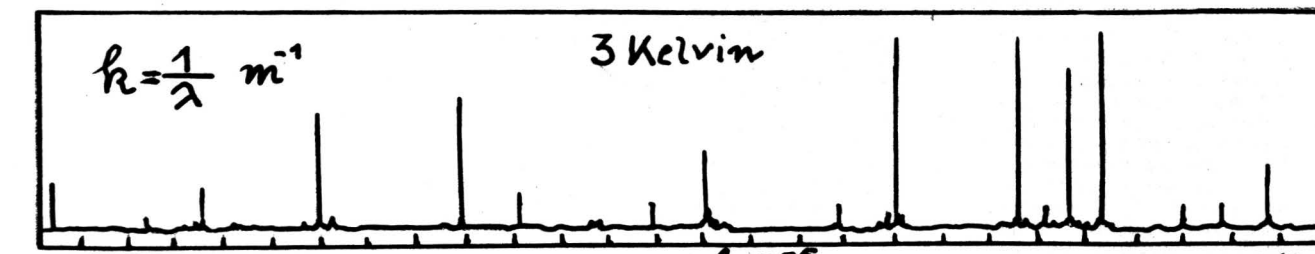


Abb.2

Röntgenlaser in Sicht

Heute ist man bereits imstande, Laser zu erzeugen, die UV-Licht abgeben. Dem Vordringen zu den Röntgenfrequenzen schienen jedoch schier unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenzustehen. Die Methoden, mit deren Hilfe man den UV-Bereich zugänglich machte, sind an gewisse Kristalle gebunden, die aber für kleinere als dem UV zugehörige Wellenlängen versagen.

Im Jahre 1961 bemerkte das von **Franken** geleitete Forschungsteam, daß in einer Quarzplatte Laserlicht einer bestimmten Frequenz zu geringen Teilen in Licht von doppelter Frequenz umgewandelt wird. Im Brennbereich der von sich aus schon sehr kräftigen Laserstrahlung entstehen extrem hohe Intensitäten des elektromagnetischen Feldes des Strahls, welche nichtlineare optische Effekte hervorrufen. Dazu gehört die Frequenzverdopplung. Diese Beobachtungen samt den aus ihnen abgeleiteten theoretischen Folgerungen erlaubten, Laseraktion im Ultravioletten zu realisieren. Leider funktioniert das Verfahren nicht mehr, wenn das Grenzgebiet zwischen UV und weicher Röntgenstrahlung betreten wird. Die hiefür – an Stelle von Quarz – einzusetzenden Kristalle von K- oder NH_4-Hydrophosphat sind nämlich unterhalb $\lambda = 200$ nm opak. Edelgas- sowie Metalldampflaser böten zwar einen Ersatz, doch ist der mit ihnen erzielte Wirkungsgrad völlig unzureichend.

Nun scheint sich dennoch ein Durchbruch anzubahnen. **J. Bokor, P. Bucksbaum und R. Freeman** (Bell Labs. in New Jersey) schufen jüngst eine Quelle kohärenter Strahlung von 35,5 nm Wellenlänge. Damit ist der oben genannte Grenzbereich betreten, der zwischen 20 und 40 nm liegt. Ihr Verfahren stützt sich auf die Wechselwirkung zwischen einem **Excimer-Laser** und einem hochfrequent gepulsten Gasstrom. **Excimer-Moleküle** sind Moleküle, die nur in einem angeregten Zustand existieren können. (Das Wort Excimer ist aus den Wörtern excited = angeregt und Dimer entstanden. Excimer ist ein Molekülkomplex, in dem unangeregte und angeregte Moleküle aneinander gebunden sind.)

Der Zerfall eines Excimer-Komplexes ist mit der Emission von Strahlung verbunden, die entsprechend kurzwellig ist. So werden beim Zerfall von Kryptonfluorid beispielsweise UV-Quanten von $\lambda = 248$ nm frei. Unnötig zu betonen, daß auch wirkungsvolle Verstärker am Erfolg beteiligt waren.

Es ist anzunehmen, daß der neue Weg den Zugang ins Gebiet der weichen Röntgenstrahlung von $10 \leqslant \lambda \leqslant 20$ nm ebnen wird.

LITERATUR:
Umschau i. W. u. T., 17. 2. 1984, S. 100, Auf dem Weg zum Röntgenlaser.

Die Vulkane auf Io

Die Raummissionen haben unsere Kenntnis des Planetensystems ungemein bereichert. Sie stießen auf Fakten, die der bodengebundenen Forschung wohl für immer verschlossen geblieben wären. Zu den spektakulärsten Ergebnissen dieser Art gehört wohl die Beobachtung von 9 aktiven Vulkanen auf dem Jupitermond Io durch die Raumsonden Voyager 1 und 2. Es ist klar, daß die Analyse der über Funk übermittelten Fotos von Vertretern aller in Betracht kommenden Wissenschaften, wie Geologie, Geodynamik, Chemie usw., seither eifrig betrieben und über die Ursachen dieser Vorgänge nachgedacht wird!

Io ist der jupiternächste unter den vier galileischen Monden (Io, Europa, Ganymed, Kallisto). Io umrundet Jupiter (J) auf fast exakter Kreisbahn im Abstand von 350 000 km. Das ist etwas weniger als die Distanz Erde–Mond. Wegen der 1000mal größeren J-Masse im Vergleich zur Erde muß sich der Einfluß des J auf Io ganz entscheidend auf die Entwicklung und das Verhalten von Io auswirken. Daß dabei auch Io auf J zurückwirkt, folgt aus mehreren Indizien. So wird die Radioemission des J von Io moduliert, ferner injiziert Io Ionen und neutrale Atome in die jovianische Magnetosphäre. Auch stammt der spektroskopisch nachgewiesene Schwefelring um J von den heftigen, schwefelreichen Eruptionen der Io-Vulkane, die das ausgeworfene Material bis zu 280 km hochschleudern.

Io wendet J stets dieselbe Seite zu, weil die Winkelgeschwindigkeit der Bahnbewegung und der Eigenrotation der Io übereinstimmen (wie bei unserem Mond). Zudem liegt die Io-Bahn nahezu genau in der Äquatorebene des J. Daraus ergibt sich eine maximale Gezeitenwirkung auf das nicht feste Innere von Io, durch die kinetische Energie in Reibungswärme übergeht. Demgemäß schreibt man den Io-Vulkanismus einhellig der Gezeitenreibung zu. Dazu kommt noch folgendes: Europa, Ios unmittelbarer galileischer Nachbar, benötigt für einen J-Umlauf genau die doppelte Zeit wie Io. Infolge gravitativer Resonanz verändert sich ihre (minimale) Bahnexzentrizität mit jedem Umlauf in entgegengesetztem Sinne als beim vorangehenden und dem nachfolgenden Umlauf. Io führt eine winzige Librationsbewegung aus, der J-nächste Punkt der Io schwankt periodisch um einen Mittelwert, was die Gezeitenwirkung erhöht. (Interessanterweise erschien einige Tage, ehe Voyager 1 die ersten Io-Fotos zur Erde funkte, eine Publikation, die den Io-Vulkanismus auf Grund der abgeschätzten Gezeitenreibung voraussagte!)

Io und Europa haben etwa 3,5 bzw. 3 g/cm^3 mittlere Dichte, während die entsprechenden Werte von Ganymed und Kallisto, den distanteren „Galileern", um 2 g/cm^3 liegen. Das erlaubt den Schluß, daß die Wärmeabstrahlung des jugendlich heißen J die am leichtesten verflüchtigbaren Stoffe, wie H_2 und H_2O-Dampf, wohl den Gashüllen von Io und Europa, nicht aber jenen von Ganymed und Kallisto entzog. Während die beiden letztgenannten Monde reich an Wasser (in Form von Eis, eventuell vermischt mit CO_2) sind, fehlt Wasser sowohl auf Io als auch auf Europa. Die Gesteinsmassen der vier Monde dürften ziemlich gleich sein. Außerdem empfängt Io von J doppelt soviel IR-Strahlung als von der Sonne.

Der thermische Einfluß des J auf seine Umgebung, also auch auf Io, war in der Frühzeit des Sonnensystems natürlich stärker als heute. Infolge seiner Größe kühlt J langsam ab und dominierte in der Energiebilanz von Io durch mehrere hundert Mio. Jahre. Schließlich trug der bis vor 1 Mrd. Jahre anhaltende heftige Meteoriteneinfall das Seine zum Entweichen flüchtiger Substanzen in den Weltraum bei.

Daß der Erdmond im Gegensatz zu Io vulkanisch inaktiv ist, geht auf die unterschiedliche Wechselwirkung zwischen diesen Monden und ihren Mutterplaneten zurück. Die aufgenommenen Spektrogramme erweisen die Io-Oberfläche als trokken. Auf ihr findet sich jedoch Schwefel in Verbindungen und in elementarer Form. So enthielt das Spektrogramm eines Io-Vulkans die 4,1-µm-Linie von SO_2. (Dazu wäre zu bemerken, daß S im Universum relativ häufig auftritt, O ist 40mal häufiger als S.) Die Erdkruste ist zwar arm an S, offenbar ist der Hauptanteil im Erdkern als FeS an Eisen gebunden vorhanden. Möglicherweise hatte Io einst eine Temperatur, bei der wohl Wasser, aber nicht mehr S oder SO_2 flüchtig werden konnten.

Die Vulkane

Auf Io scheinen **zwei Kategorien von Vulkanen** zu existieren.

Von den 9 aktiven von Voyager 1 gesicherten Vulkanen waren beim um Wochen späteren Voyager-2-Vorbeiflug nur noch 8 tätig. Der mächtigste der 9 namens **Pele** hatte inzwischen seine Eruption eingestellt. Ihre Auswurfhöhe betrug 280 km, der Auswurf selbst besaß die Form eines aufgespannten Schirms, das ausgeschleuderte Material lagerte sich in einem Ring von 700 km Radius ab. Die Schirmform deutet auf parabolische Bahnen der festen Ejekta, die mit Geschwindigkeiten von 500 bis 1000 m/s die „Düse" verlassen, zu der das Material aus der Tiefe gelangt. Wirbelartige Bewegungsdetails in der ausgeschleuderten Materie verraten das simultane Vorhandensein einer gasförmigen Komponente, die mit den festen Teilen in kinematische Wechselwirkung tritt.

In der Nähe eines dunklen Flecks, genannt **Loki,** befindet sich ein 200 km langer dunkler Riß, an dessen Enden Eruptionen stattfinden, deren Intensität **während** der beiden Voyager-Vorbeiflüge wechselte und sich auch beim Vergleich der Fotos der beiden Sonden als verändert erwies.

Auf den Bildern sind ferner zwei dunkle rötliche Ablagerungsringe von 700 km Radius zu sehen, aber keine zugehörige Eruption. Offenbar hat diese früher stattgefunden. Im Ringmittelpunkt befinden sich die Caldera **Surt** und **Aten Patera,** die das abgelagerte Material auswarfen. Daraus schließt man, daß es sich bei Pele, in der Loki-Umgebung, bei Surt und Aten Patera um gleichartige Vorgänge handelt, nämlich um **sehr heftige, aber kurzfristige Ausbrüche.** Pele war ja beim Vorbeiflug von Voyager 2 nicht mehr tätig, die lokinahen Vulkane sind variabel, und die Ablagerungsringe um Surt und Aten Patera sind ungefähr gleichgroß wie der Ring um Pele. Vielleicht nehmen die Loki-Vulkane eine Zwischenstellung zwischen der Pelekategorie und der langlebigeren, energieärmeren zweiten Art der Io-Vulkane ein.

Große Hilfe bei der Deutung der vulkanischen Strukturen leistet die Temperaturabhängigkeit von Färbung und Viskosität des flüssigen Schwefels. Die nach dem Aufschmelzen zunächst gelbe S-Flüssigkeit wird bei ca. 130 °C orangefarben, nach Überschreiten von etwa 160 °C rosa. Die bis dahin leicht bewegliche Flüssigkeit rötet sich bei weiterem Erwärmen und wird zunehmend zäher. Bei 230 °C gleicht sie in Farbe und Viskosität Teer. Ab 330 °C beginnt die Zähigkeit abzunehmen, und S verwandelt sich wieder in eine „richtige" Flüssigkeit. Schließlich verdampft die Flüssigkeit.

Aus den Farbtönungen erhält man also rohe Temperaturschätzungen. Danach weiß man, daß der Pele-Schwefel bei rund 380 °C an die Oberfläche der Io gelangte.

Die Eruptionen lassen sich aus dem Zusammentreffen von flüssigem S und flüssigem SO_2 in den durch die Gezeitenreibung stark erhitzten tieferen Schichten der Io-Kruste verstehen. Der verdampfte S erzeugt den zum Auswerfen des Materials erforderlichen Druck und beschleunigt die Partikeln bis zur lokalen Schallgeschwindigkeit.

Der Vulkan **Prometheus** in 5° südl. Breite ist ein typischer Vertreter des **zweiten Vulkantyps.** Die auftretenden Eruptionen dürften einige Jahre hindurch anhalten (beim Pele-Typ dauern sie nur einige Tage), haben doch ihre Aktivitäten zwischen den Passagen der zwei Voyagersonden keinerlei Veränderungen erfahren. Die Ablagerungsringe haben nur 150 km Radius, die Ejekte fliegen nur ca. 100 km hoch (das ist ein Drittel der Höhe des Pele-Schirms), sie verlassen die Io-Kruste bei 130 °C und befinden sich in Äquatornähe. Sie heben sich gegen weißliches Bodenmaterial ab, das man für festes SO_2 hält. Auch die Ablagerungen sind eher weißlich. Die Prometheus-Eruptionen dürften durch den Kontakt von rotem flüssigem S mit flüssigem SO_2 zustande kommen, Kontakte, die beim Pele-Typ im Temperaturbereich von 430 °C bis 900 °C stattfinden, so daß das Verdampfen erheblich stürmischer verläuft.

Die größere Lebensdauer der energieärmeren Ereignisse erklärt sich aus der kleineren Zähigkeit der rosafarbenen Phase, die in größere Teile der Kruste leicht eindringen und zur Oberfläche vorstoßen kann. Hingegen wird der sehr heiße Pele-Schwefel beim Unterschreiten der 380 °C-Schranke sehr zähe und verhindert bald nach dem Beginn des Ausbruchs dessen Andauern.

Die Ansammlung der Prometheus-Vulkane in Äquatornähe dürfte den Führungskräften im Zuge der Eigendrehung von Io zuzuschreiben sein.

Neben den aktiven Vulkanen sieht man – auch in hohen Breiten (die Pele-Vulkane befinden sich zwischen den Breitenkreisen von ±30°) – zahlreiche Caldera vulkanischer Herkunft. Sie unterscheiden sich nur durch den größeren Durchmesser (≈20 km) von den gleichartigen irdischen Gebilden (≈15 km). Ihre Herkunft versuchen zwei Modelle zu erklären: a) das **„Schwefel-Modell (S-M)"** und b) das **„Silikat-Modell (Si-M)".**

Das **S-M** deutet die Ausflüsse rund um die Caldera als erstarrte Seen einst flüssiger S-Lava. Dafür spricht das reichliche Vorkommen von S und S-Verbindungen auf der Io-Oberfläche. Ebenso decken sich die Farbtönungen je nach dem radialen Abstand vom Quellgebiet mit den dort zu erwartenden S-Phasen.

Das **Si-M** interpretiert die Vorgänge als Aufschmelzen von Silikaten. Es stützt sich auf die Helligkeitsverteilung in der Io-Oberfläche. Io hat 5 bis 10 km hohe Berge und 2 bis 3 km tiefe Caldera, was einer Kruste mit namhaften S-Einschlüssen widerspricht. Das Gewicht der Berge wäre für die Festigkeit ihres Baustoffes zu groß. Außerdem bestehen starke Ähnlichkeiten mit den Vulkanen auf Erde und Mars. Aber das ist noch keineswegs geklärt.

Außer den Vulkanen fallen noch dunkle Gebiete auf, die mit +30 °C um 170 °C wärmer als ihre Umgebung sind. Es scheinen Seen erstarrter Lava zu sein, zumal die genauere Inspektion der Fotos eingestreutes helles Material und Sprünge erkennen läßt. Der größte dieser warmen Flecken ist 250 km lang. Ob es sich um S- oder um Silikat-Lava handelt, kann derzeit nicht gesagt werden.

Auf Io finden sich keine Einsturzkrater. Das spricht für eine sehr junge Oberfläche. Die sicher stattgehabten Meteoritenstürze sind eben durch den Auswurf von Material aus den Vulkanen überdeckt worden. Immerhin regnen aus den Vulkanen in jeder Sekunde einige 1000 m^3 auf die Oberfläche des Mondes.

Noch eine überraschende Tatsache. IR-Beobachtungen haben schon vor ca. 15 Jahren, ausgeführt von irdischen Observatorien, ergeben, daß die Temperatur der Io nach dem Eintritt in den J-Schatten deutlich weniger sinkt als zu erwarten wäre. Ferner fand man, daß die Io-Temperatur, je nachdem, bei welcher IR-Wellenlänge sie bestimmt wird, verschieden ausfällt. Die Erklärung: Auf der Oberfläche existiert eine Reihe **„heißer Flecken"**, welche die Abkühlung im J-Schatten mildern. Nach neueren Messungen beträgt der (vorwiegend konvektive) Wärmefluß aus dem Inneren der Io zur Oberfläche (1,5 ± 0,5) W/m^2. Insgesamt empfängt die Oberfläche auf diese Weise 10^{13} bis 10^{14} W. Die entspechenden Werte für Erde und Erdmond sind 0,08 bzw. 0,03 W/m^2. Io gibt doppelt soviel 5-µm-Strahlung ab, als sie von der Sonne empfängt. Danach weisen 0,01% der Io-Oberfläche Temperaturen um 320 °C auf.

Trotz den überreichen von den Voyagersonden eingebrachten Daten bleibt eine Fülle von Fragen unbeantwortet. Einen Teil davon wird hoffentlich die **Galileo-Mission** (geplanter Start 1986) beantworten, wenn die Sonde 1988 in nur 1000 km Abstand an Io vorbeifliegen wird.

LITERATUR:
Scient. Am., Dez. 1983, S. 60, T. V. Johnson, L. A. Soenderblom, Io.

Der dritte Millisekunden-Pulsar

Mit PSR 1953+29 kennt man nun bereits den dritten Pulsar, der während einer Sekunde viele Umdrehungen um die eigene Achse ausführt. Seine Periode P beträgt

6,13369 ms.

Er scheint einem Binärsystem anzugehören, in dem er die Bahnperiode T = 120 ± 4 d besitzt. Sein Abstand ist ca. 3,5 kpc, die Eigendrehperiode nimmt nach ersten vorläufigen Messungen um $5{,}8 \cdot 10^{-16}$ s pro s ab.

PSR 1953+29 wurde mit dem 300-m-Radioteleskop der Puerto-Rico-Anlage in Arebico von V. S. Boriakoff et al. entdeckt.

LITERATUR:
1. New Scientist, 19. 5. 1983, S. 437, New Spinning Pulsar Found.
2. Nature, 8. 12. 1983, S. 568, H. Pedersen et al., CCD Image of the 6,1 ms Pulsar Field.

Genauere Erdmasse

Verfeinerte Messungen haben die Kenntnis der Größe M der Erdmasse verbessert. Sie beträgt

$$M = (5{,}9737 \pm 0{,}0004) \cdot 10^{24} \text{ kg}.$$

Der Rechnung wurde für die Gravitationskonstante G der Wert

$$G = (6{,}6726 \pm 0{,}0005) \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$$

zugrunde gelegt, den vor zwei Jahren G. G. Luther und W. R. Towler in Phys. Rev. Lett., Bd. 48, S. 121, im Jahre 1982 mitgeteilt hatten.

LITERATUR:
1. Nature, Bd. 302, S. 11, 1983
2. Nature, Bd. 306, 1. 12. 1983, S. 428, Zdenek Horak, A Better Value of Earth's Mass.

10^{-5} Bogensekunden optischer Auflösung?

In Nr. 61 (Jänner 1981) der „Wiss. Nachr." erschien auf S. 36 der Artikel „Fernrohr als optisches Interferometer", der die betreffende Anlage in den französischen Südalpen schildert. Die Anlage besteht aus zwei Coudé-Teleskopen von 25 cm Spiegeldurchmesser, die in variierbaren Abständen von maximal 67 m das jeweilige Objekt betrachten. Die zwei von den Fernrohren kommenden Lichtbündel interferieren kohärent in dem dafür vorgesehenen Detektor. Die Anlage benützt dasselbe Prinzip, das bei den großen Radiointerferometern zur Anwendung kommt. Nur betragen die Distanzen der Komponenten von Radiointerferometern bis zu etlichen 1000 km, denn die benützten Radiowellen haben eine ca. 10 000mal größere Wellenlänge als das Licht. (Das Auflösungsvermögen bestimmt sich aus dem Verhältnis Spiegeldurchmesser = Apertur zur Wellenlänge. Als Spiegeldurchmesser eines Interferometers ist der Abstand der Fernrohre anzusehen.)

Das optische Analogon in Frankreich, geschaffen von der **CERGA-Gruppe** (= **C**entre d'**E**tudes et des **R**echerches **G**eodynamiques et **A**stronomiques) unter der Leitung von **Labeyrie** konnte trotz der kleinen Spiegeldurchmesser die scheinbaren Größen einiger heller Sterne auf 0,01" genau bestimmen!

Das Raumteleskop, das (infolge unerwartet aufgetretener technischer Schwierigkeiten um ein Jahr verzögert) 1986 in die Umlaufbahn geschickt werden soll, wird, unbeeinträchtigt durch die Lufthülle, eine Fülle anderswie unzugänglicher Informationen über die Himmelskörper erbringen. Was Wunder, wenn man bereits jetzt an den Aufbau eines optischen Interferometers auf Erdumlaufbahn denkt, dessen Richtungsauflösung 10^{-5} Bogensekunden betragen soll? (Das bedeutet die Unterscheidbarkeit zweier nur 2 cm voneinander entfernter Punkte auf dem Mond von der Erde aus!)

Tatsächlich beschäftigen sich in Europa (**ESA** = **E**uropean **S**pace **A**gency) und in den USA **(NASA)** Wissenschaftler mit Konstruktionsplänen für ein solches System. Allerdings dürften – nicht zuletzt aus Kostengründen – noch einige Jahrzehnte vergehen, ehe die Pläne in die Wirklichkeit umgesetzt werden können.

Die größte zu überwindende Schwierigkeit besteht darin, die gegenseitigen Abstände der Spiegel der beteiligten Fernrohre und der Zentralstation auf Bruchteile einer Lichtwellenlänge während der Beobachtung ohne starre Basisverankerung konstant zu halten, zumal die Absicht besteht, diese Abstände je nach Bedarf zwischen 0 und 10 km einzustellen!

Man denkt an zwei Raumteleskope (u. U. an drei, ev. in einem Lagrangeschen Punkt des Systems Sonne-Mond befindliche, um die gravitativen Einflüsse dieser Körper zu minimieren). In der Zentralstation vereinigen sich die Lichtbündel und geben das Interferenzmuster. Die Anlage soll in etwa 1000 km Höhe die Erde fast in deren Äquatorebene umkreisen. Natürlich müssen die drei Bahnen um ein Winziges gegeneinander geneigt sein. Das bewirkt die automatische völlig erschütterungsfreie Veränderung der Spiegelabstände während jedes gemeinsamen Erdumlaufes. Die Kollision in den beiden diametralen Schnittpunkten der drei Bahnen wird durch geeignet gerichtete Rückstoßimpulse von gezielt ausströmendem Stickstoff vor und nach der Annäherung an die kritischen Positionen vermieden. Die Korrekturen bzw. Regelungen der Winkeleinstellungen können u. a. durch Vorsorge für kontrolliertes Verstellen der Spiegelorientierungen vorgenommen werden.

Es wäre verfrüht, schon jetzt an dieser Stelle über nähere Details zu berichten, da noch gar nicht feststeht, ob diese Pläne zur Ausführung gelangen werden. (Wer sich für Näheres interessiert, möge es in dem unten zitierten Artikel von „Sky and Telescope" nachlesen.) Wohl aber ist zu bemerken, daß das Projekt von der europäischen Forschergruppe den Namen **TRIO** (da **drei** unabhängige Komponenten vorgesehen sind) und vom US-Team die Bezeichnung **SAMSI** (**S**pacecraft **A**rray for **M**ichelson **S**patial **I**nterferometry) erhielt.

Soll von der Beobachtung eines Himmelskörpers zu einem anderen übergegangen werden oder ist die Lage der Zentralstation geänderten Bedingungen anzupassen oder sind Korrekturen anderer Art erforderlich, dann kann dies auf zwei Arten geschehen. Entweder durch Ausnützen des vom Sonnenlicht ausgeübten Strahlungsdruckes auf verstellbare Sonnensegel oder durch Veränderungen der Teildrehimpulse mittels Gyroskopen und zu diesem Zweck in Bewegung gesetzten Rädern. TRIO sieht den Strahlungsdruck vor, weil die dabei bewegten Massen bedeutend kleiner sind, also Erschütterungen der

Komponenten nur ganz geringfügig ausfallen. Als Sonnensegel könnten dünne reflektierende Platten dienen, mit denen die Oberflächen-Anlageteile bedeckt sind. Ihre Drehung in die gewünschte Richtung wäre elektrostatisch zu bewerkstelligen. Der Nachteil: Die Umorientierung von einem zu einem anderen Beobachtungsziel ginge nur sehr langsam vor sich. Die SAMSI-Gruppe hat sich für die zweite der oben genannten Möglichkeiten entschieden. Sie nimmt die stärkeren Erschütterungen in Kauf, ist dafür aber in der Lage, binnen zwei Stunden das Beobachtungsziel zu wechseln. Natürlich ziehen die Planungsteams noch andere Möglichkeiten in Erwägung.

Was betrachtet werden könnte

Das ist wahrhaft atemberaubend! Mit 10 km Teleskopabstand beträgt die Winkelauflösung 10^{-5} Bogensekunden. Dieser Beobachtung sind vermutlich Objekte der scheinbaren Größe 15^m bis 20^m zugänglich, maßgebliche Persönlichkeiten glauben sogar, mit neu zu entwickelnden Geräten bis 26^m vorstoßen zu können.

10^{-5}-Bogensekunden-Auflösung ließen die Scheiben von bis zu 100 Lj. distanten Weißen Zwergen (von Jupitergröße), ebenso die Scheiben von sonnenähnlichen Sternen in Abständen von mehr als 2000 Lj. als solche erkennen. Überriesen in Nachbargalaxien würden gleichfalls als Scheiben erscheinen. Also wären die Winkeldurchmesser zahlreicher Objekte direkt meßbar. Astronomen erwarten ferner davon, genauere Kenntnis des Zusammenhangs zwischen Sterndurchmessern und Spektral- bzw. Leuchtkrafttyp mittels Bestimmungen an sonnennahen Sternen zu verbessern und so bessere Entfernungsindikatoren für entlegene Objekte zu gewinnen. Die Scheiben naher Überriesen wie Beteigeuze (α-Orionis) wären sogar in Bildelemente aufzulösen.

Vermutlich könnte man in einigen Fällen die Wechselwirkungen zwischen Akkretionsscheibe und Neutronenstern, zwischen engen Doppelsternen sowie die Expansionsvorgänge in den Hüllen von Novae und Supernovae verfolgen, insbesondere, wenn die Expansion in Abständen von wenigen Stunden laufend beobachtet wird.

Große Hoffnungen bestehen bezüglich neuer Erkenntnisse über Quasare, Gravitationslinsen, Eigenbewegungen von Galaxien, andere Planetensysteme von Nachbarsternen (vielleicht wären diese Planeten – falls vorhanden – selbst zu sehen). Es könnte sogar sein, daß die Ablenkung ganz nahe an einem Schwarzen Loch vorbeigehender Lichtstrahlen gemessen wird und so Hinweise auf dessen Existenz liefert.

Noch ist das ferne Zukunftsmusik. Aber, sind nicht schon öfter in der Geschichte der Naturwissenschaften Visionen zu Realitäten geworden?

LITERATUR:
Sky and Tel., März 1984, S. 205, A. Labbeyrie (CERGA, Frankr.), R. Stachnik (Harvard), Astronomy from Satellite Clusters.

Zwei spektakuläre Röntgensterne

1. Die Quelle A 0538-66 ist ein Binärsystem und die stärkste Röntgenquelle, die man heute kennt. Sie hat aber noch weitere Eigenschaften, die sie von anderen Objekten ähnlicher Art deutlich abheben. Wie sich herausstellte, ist das im Jahre 1977 vom britischen Röntgensatelliten Ariel 5 durch G. Carpenter (Univ. Birmingham) entdeckte Objekt schon 50 Jahre als sichtbarer Himmelskörper bekannt. Die Röntgenposition vermochte erst der HEAO-Satellit (= **H**igh **E**nergy **A**stron. **O**bs.) mit weniger als 1' Fehler auszumachen, Ariel 5 konnte das nicht. Die Suche nach dem optischen Widerpart erleichterte die Variabilität des Röntgensterns, der alle 16,6 Tage einen Ausbruch erleidet. MIT-Astronomen fanden bei der Inspektion des Fehlerrechtecks auf den Fotos aus dem Plattenarchiv von Harvard, die in den letzten 50 Jahren aufgenommen worden waren, einen veränderlichen Stern mit der Periode 16,6 d. Dem Stern hatte man bisher mangels besonderer Merkmale keine Aufmerksamkeit geschenkt. Jetzt erst fiel auf, daß die Ausbrüche auf mehreren Platten fehlten und daß die Helligkeitsschwankung zwischen der 13. und der 15. Größenklasse weit stärker sind als bei Doppelsternen mit Akkretionsscheibe ($\Delta m \approx 0{,}1$ bis 0,2), ausgenommen Zwergnovae.

Das im Jahre 1980 aufgenommene Spektrum verwies den Stern in die Spektralklasse B. Erst die genaueren Untersuchungen an der Sternwarte von Cerro Tololo (S-Amerika) sowie am Anglo-Australischen Observatorium offenbarten starke Veränderungen des Spektrums bei den Ausbrüchen. In der **Ruhephase** des Systems verrät die Rotverschiebung der Absorptionslinien, daß sich das System mit 270 km/s von uns entfernt. Das ist dieselbe Fluchtgeschwindigkeit, wie sie die **Große Magellansche Wolke** besitzt. Da auch der Sternort im Feld der Gr. Mag. W. liegt, gehört der Stern zu ihr, ist also, wie sie, 50 kpc = 160 000 Lj. von uns entfernt. Im **Maximum der Emission** drängen sich H- und He-Linien im Spektrum, aus deren Lage die Expansion der Hülle mit 3000 km/s abzulesen ist.

Die Masse der Sonne könnte ihr höchstens das 25 000fache der beobachteten Leuchtkraft verleihen. Unser Stern besitzt aber eine zehnmal höhere, nämlich die 250 000fache Sonnenleuchtkraft. Es erscheint unwahrscheinlich, daß eine entsprechend größere Masse dafür verantwortlich wäre. Der Energieoutput übertrifft auch die Emission der stärksten bekannten Röntgenquellen um den Faktor 10.

Eine andere Besonderheit, die A 0538-66 von den übrigen Röntgensternen unterscheidet: Röterwerden und Helligkeitszunahme haben denselben Gang. Danach dehnt sich die Oberfläche auf das 16fache aus, während sich die optische Helligkeit nur vervierfacht. Als Erklärung wird angenommen, daß A 0538-66 ein kompaktes Objekt ist (Neutronenstern?), das zeitweilig vom mächtigen Massenfluß tw. eingehüllt ist, der vom anderen Partner, einem Riesenstern, überströmt. Die Bahn des kompakten Partners ist sehr exzentrisch ($e \approx 0{,}7$), er durcheilt sie mit mehr als 500 km/s. Diese Bewegung ist derart rasch, daß der Massenstrom abreißt und erst wieder beim nachfolgenden Umlauf den kompakten Stern erreicht. Das heißt, die volle Periodizität stellt sich immer erst nach je zwei Umläufen ein.

Mögen die angegebenen Deutungen auch manches klären, so bleiben doch etliche Fragen unbeantwortet, vor allem jene nach der Ursache der hohen Energieleistung.

2. Cygnus X-3 emittiert die energiereichsten Gamma-Photonen. Auch diese Quelle, sie wurde im Jahre 1967 entdeckt, ist ein Binärsystem. Zunächst verhielt sie sich im Bereich der Mikrowellen durchaus normal. Das änderte sich im September 1972 drastisch. Ein plötzlich auftretender Radio-Flare (kein Gamma-Flare!) machte sie zu einer der mächstigsten Radioquellen. Als man den Himmel auch nach Gammaquellen abtastete, erwies sich Cyg X-3 als Emitter von 100 MeV-Quanten, ja sogar von Photonen mit 10^{12} eV. Im September 1982 ereignete sich wieder ein Radio-Flare. Die Ausbreitung der Quellgebiete erfolgte jet-artig und relativistisch, so daß fast Überlichtgeschwindigkeiten zu beobachten waren. (S. Wiss. Nachr., Nr. 16, Jänner 1983, S. 35, Die scheinbaren Überlichtgeschwindigkeiten.) In Kiel hat man vor kurzem (Sommer 1983) entdeckt, daß Cyg X-3 sogar **Gamma-Quanten von $2 \cdot 10^{15}$ eV** kräftig aussendet!

Den Gamma-Ausbruch im 10^{12}-eV-Bereich hatten Stepanian et al. durch den von den Photonen in der Erdatmosphäre hervorgerufenen Cerenkow-Effekt entdeckt. Das veränderliche Signal hat die Periode 4,8 h. Das konnte auch der SAS-2-Satellit bestätigen, nur bemerkte er die Periode im Energieabschnitt von 30 MeV bis 100 MeV.

Dieselben Wahrnehmungen machte man bei der Himmelsbeobachtung durch hochfliegende Ballone, nicht aber bei allen.

Die Energie der emittierten Photonen befolgt ein Potenzgesetz, d. h. die Intensität der Abstrahlung ist eine Potenz der Energie. Der Exponent ist konstant und mit etwa 1,1 zu veranschlagen. Das Spektrum ist also flach und das über einen Gamma-Bereich von 11 Dekaden!

Der Abstand des Objekts dürfte 11 kpc betragen.

LITERATUR:
Ad 1.: Sky and Tel., Juni 1983, S. 497, Ph. Charles, The Most Powerful X-Ray Star; ad 2.: Nature, 15. 9. 1983, S. 179, N. Porter, Ultra-High-Energy Gamma-Rays from Cygnus X-3.

Erdbewegung und Eiszeiten

Die Erde hat, wie aus den unverkennbar zurückgelassenen Spuren früherer Vergletscherungen ausgedehnter Gebiete bis zu den mittleren Breiten hervorgeht, eine ganze Reihe von sogenannten **Eiszeiten** erlebt. Die Frage nach den Ursachen derart tiefgreifender Klimaänderungen bewegt seit je die Forschung. Die Komplexität der klimabestimmenden Faktoren verhindert, klare Antworten geben zu können.

Für den Wärmehaushalt der Erde sind der aus ihrem Inneren an die Oberfläche dringende Wärmestrom und das Ausmaß der absorbierten Sonneneinstrahlung (Insolation) maßgeblich. In der letzten Jahrmillion, in der an die 10 Eiszeiten mit wärmeren Klimaperioden abwechselten – die letzte Vergletscherung ereignete sich vor etwa 18 000 Jahren –, darf der Wärmefluß aus

dem Erdinneren als zeitlich konstant und im Vergleich zur Insolation als geringfügig betrachtet werden. Bleibt also die Sonnenstrahlung primo laco als treibender Faktor übrig.

Die von der Erde (Erdkörper und Lufthülle) aufgenommene Strahlungsenergie hängt von mehreren Umständen ab:

1. Von der Bruttoemission der Sonne, die ja im Laufe der Zeit variieren könnte.
2. Von dem Anteil der Einstrahlung, der nicht wieder in den Weltraum reflektiert wird.
3. Vom Abstand Erde–Sonne.
4. Von der Exzentrizität der Erdbahn.
5. Von der Orientierung der präzedierenden Erdachse.

Die Energieleistung der Sonne dürfte in der letzten Zeit kaum nennenswerten Schwankungen unterworfen gewesen sein, so daß davon in dieser Diskussion abgesehen werden darf. Hingegen spielt der CO_2-Gehalt der Atmosphäre eine sehr bedeutsame Rolle, da er weitergehend über das Ausmaß der Absorption der Sonnenstrahlung entscheidet. Außerdem existieren schwerwiegende Anzeichen für stattgehabte größere Veränderungen der CO_2-Konzentration in der Luft im Laufe des genannten Zeitraums, was namentlich in letzter Zeit Gegenstand eingehender Untersuchungen war und noch immer ist.

An dieser Stelle mögen aber lediglich die meteorologischen Implikationen der in den Punkten 3., 4., 5. genannten Bewegungsparameter der Erde zur Diskussion stehen. Der jugoslawische Astronom **Milutin Milankowitsch** hat sich in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts in der von ihm entwickelten und nach ihm benannten Theorie mit den Zusammenhängen von Erdbewegung und Eiszeiten befaßt. Anfänglich wenig oder nur skeptisch beachtet, haben seine Vorstellungen in den letzten Jahren stark an Boden gewonnen.

Die Erdbahn ist eine nur wenig von der Kreisform abweichende Ellipse. Ihre numerische Exzentrizität beträgt 0,0167. Das bedeutet: In größter Sonnennähe (im Perihel) ist die Erde der Sonne um ca. 2,5 Mio. km näher als in größter Sonnenentfernung (im Aphel). Derzeit erreicht die Erde das Perihel kurz nach Neujahr. Daher sind die Winter auf der nördlichen Halbkugel etwas milder als die Winter auf der südlichen, während bei den Sommern das Umgekehrte eintritt.

Abgesehen davon, daß die relativistisch begründete Perihelddrehung der Erdbahn – wie bei Merkur, nur wegen der geringeren Bahngeschwindigkeit entsprechend kleiner – den Zeitpunkt von Perihel und Aphel im Laufe jedes Jahres allmählich verschiebt, variiert überdies die Bahnexzentrizität der Erde zwischen 0,005 und 0,06. Das allein bedeutet wechselnde Isolation der nördlichen und der südlichen Halbkugel, die sich in unterschiedlichen Schneesammlungen während der Winter und verschieden starkem Abschmelzen bzw. Verdunsten während der Sommer auswirkt. Dazu kommt, daß der Nordteil der Erdoberfläche erheblich größere Landmassen als der südliche aufweist. Über Land ist die Schneeansammlung begünstigt.

Die Schwankungen der Bahnexzentrizität sind Folgen der gravitativen Einflüsse des Mondes und der Planeten auf die Erdbewegung. Zudem hängt die Länge des Präzessionszyklus der Erdachse von der jeweiligen Bahnexzentrizität ab.

Aus den gleichen Gründen bleibt die Neigung der Erdachse zur Bahnebene nicht konstant. Dzt. beträgt sie 23° 30', pendelt jedoch im Laufe von ca. 40 000 Jahren einmal zwischen den Schranken 22,1° und 24,5°.

Schließlich präzediert der Kreisel Erde. Die Erdachse beschreibt während eines sogenannten „Platonischen Jahres", d. s. 26 000 Jahre, einen Kegelmantel, so daß in jeder solchen Periode der Frühlingspunkt einmal den gesamten Tierkreis durchläuft. Gegenwärtig zeigt die Erdachse zum Polarstern, in 12 000 Jahren wird sie zur Wega weisen.

Alle diese Veränderungen der Bewegungsparameter haben einen periodischen Gang. Die Periodenlängen betragen hinsichtlich

der Exzentrizität an die 100 000 Jahre,
der Neigung der Erdachse zur Bahnebene ca. 40 000 Jahre,
der Präzision 26 000 Jahre und
des jährlichen Periheldurchgangs etwa 20 000 Jahre.

Der kontinuierliche Wechsel der betrachteten Größen, der von den Astronomen mit höchster Genauigkeit lange Zeiten zurück rechnerisch verfolgt werden kann, hat natürlich merkliche klimatische Folgen. Gelingt es der Forschung, gewisse Übereinstimmungen zwischen den Perioden der Bewegung und der Abfolge von Warm- und Kaltzeiten nachzuweisen, dann ist dies als wichtige, wenn auch keineswegs einzige Ursache der stattgehabten globalen Vergletscherungen anzusehen.

Natürlich kann das nur geschehen, wenn die Zeitdaten der Kälteperioden hinreichend gut bekannt sind. Der Außenstehende fragt daher mit Recht, vielleicht sogar mit Skepsis, wie es denn möglich sein mag, verläßliche Datierungen zu erhalten, zumal es ja nicht nur um eine einzige, sondern um eine recht ansehnliche Abfolge von Kältezeiten geht, deren Spuren in den dazwischen liegenden Warmzeiten teilweise verwischt wurden.

Ein weitab vom gegenständlichen liegendes Gebiet der Naturwissenschaften stellt die Mittel bereit, zu brauchbaren Datierungsergebnissen zu gelangen. Es ist die Atomphysik, was wieder einmal klar herausstreicht, wie wichtig jegliche Art der Grundlagenforschung ist, mag man in ihrem ersten Verlauf auch noch nicht erkennen, wozu sie „gut sein kann".

Wie jedes chemische Element besitzt auch der Sauerstoff mehrere Isotope, die in den Baustoffen der Erde auf natürliche Weise vorkommen. Die erdrückende Überzahl der Sauerstoffkerne gehört dem Isotop ^{16}O (8 Protonen und 8 Neutronen) an. (Auch das Meerwasser enthält in Analogie einen geringen Anteil von D_2-Molekülen – D = Deuterium ist das H-Isotop mit 1 Proton und zwei Neutronen –, obwohl H_2O gewaltig überwiegt.) Im Meerwasser sind neben den „normalen" Wassermolekülen $H_2{}^{16}O$ in Promillebruchteilen auch Moleküle der Art $H_2{}^{18}O$ (^{18}O besitzt 8 Protonen und 10 Neutronen) vorhanden. Die Moleküle der seltenen Art verfügen daher über eine um 11% größere Masse als die weit verbreiteten. Obwohl chemisch völlig gleichartig, entweichen die massiveren Wassermoleküle langsamer beim Verdunsten als ihre leichteren Brüder.

Während der Wärmeperioden mit ihrem stärkeren Verdunsten reichert sich somit das Meerwasser ein wenig mit $H_2{}^{18}O$ an, während die Niederschläge über den Landmassen davon etwas weniger enthalten. Die Kalkskelette der lebenden Ozeanbewohner entstehen während deren Lebenszeit, sie beziehen den Sauerstoff im $CaCO_3$ aus dem Meerwasser. Nach dem Tode sinken sie zu Boden und bleiben als Skelette in den Sedimenten der Nachwelt erhalten. Die Überprüfung der verschiedenen Sedimentschichten hat ergeben, daß die ^{18}O-Anteile abwechselnd höher bzw. niedriger als die zu erwartenden Werte sind. Das wird als deutliches Indiz für eine Sukzession wärmerer und kälterer Klimaphasen anerkannt. Je höher der ^{18}O-Gehalt ist, desto kälter war es über Land zu Lebzeiten der im jeweiligen Sediment vorgefundenen Organismen. In der Datierung der Sedimente haben die Geologen schon reiche Erfahrung gesammelt, aber erst nach Erarbeitung von Methoden im Bestimmen der Isotopenverhältnisse in Fällen, da ein radioaktives Isotop beigemengt ist, gelingt die zuverlässige absolute Datierung.

Hinsichtlich der Altersbestimmung abgestorbener Organismen ist das bekannteste Beispiel die Datierung mittels des ^{14}C-Gehaltes, die sogenannte C14- oder Radiocarbonmethode. (Für ihre Entwicklung erhielt Libby den Nobelpreis.) Natürlich sind es andere Isotope in den Sedimenten der Meere (aber auch großer Seen), die zur Datierung der Ablagerungen heranzuziehen sind. Keinesfalls ^{18}O, weil dieser Kern stabil ist.

Heute ist man in der Lage, sowohl die Anzahl der Eiszeiten während der letzten 100 000 Jahre mit Sicherheit anzugeben, als auch sie zeitmäßig absolut und relativ einzuordnen. Letzteres u. a. anhand der Mächtigkeit der Sedimentschichten mit unterschiedlichem ^{18}O-Gehalt.

Das ^{18}O-Verfahren ist mit gewissen Unsicherheiten behaftet. So hängt das Ausmaß der Isotopentrennung von der Höhe ab, in die der verdunstete Wasserdampf steigt, ehe als er Niederschlag zur Erdoberfläche gelangt. Ebenso hängt die Isotopentrennung im Kalk der Meeresbewohner von der Wassertemperatur während ihres Lebens ab. Beide Einflüsse sind schwer zu bestimmen, weil man weder über die atmosphärische Zirkulation noch über die Temperaturverhältnisse vor vielen 10 000 Jahren gut Bescheid weiß. Der ^{18}O-Anteil in den Kalkhüllen steigt, wenn die Meerestemperatur abnimmt. Deshalb dürfte die Trennrate $^{16}O/^{18}O$ um 30% variieren.

Interessanterweise hatte die Änderung der Gesamtinsolation infolge des mit der Bahnexzentrizität variierenden Abstandes Erde–Sonne weit geringere klimatische Konsequenzen als die Schwankungen der übrigen Bewegungsparameter. Die Einstrahlung der Sonne hat nämlich während der letzten 10^6 Jahre um höchstens 0,3% variiert, was aber die mittlere Jahrestemperatur nur um wenige Zehntelgrade beeinflussen konnte.

Die Tatsache, daß Periheldrehung, Achsenneigung und Präzession maßgeblich für großräumige Vergletscherungen verantwortlich sind (auch wenn die Erddistanz zur Sonne konstant bliebe), ist überraschend. Man könnte doch denken, dadurch würden lediglich nördliche und südliche Halbkugel abwechselnd thermisch begünstigt, wobei die globale thermische Brut-

tobilanz ausgeglichen bliebe. Daß die Dinge anders liegen, hat folgende gewichtigen Gründe.

In der Milankowitsch-Theorie ist das Ausmaß des festen winterlichen Niederschlages in den hohen nördlichen Breiten, ebenso die dortigen Schnee- und Eisverluste während des Sommers für die Vorstöße bzw. für den Rückgang des kontinentalen Eisschildes maßgeblich. In den Polargebieten kann der Unterschied zwischen Winter- und Sommerzustrahlung bis zu 20% betragen! In den Perioden unterdurchschnittlicher Insolation sammelt sich im hohen Norden während des Winters mehr Schnee an, als im Sommer durch Schmelzen und Verdunsten wieder verloren geht. Da solche Perioden durch viele Jahre anhalten, hat das Eis Gelegenheit, immer weiter nach Süden vorzurücken und ausgedehnte Festlandregionen zu vergletschern.

Der Einwand, dasselbe gelte auch für die hohen südlichen Breiten, ist an sich berechtigt, aber die wesentlich größeren Landmassen der Nordhalbkugel gegenüber jenen der Südhalbkugel sind der Vergletscherung zugänglicher als die Ozeane im tiefen Süden, wo nur auf dem antarktischen Kontinent Gletscher begünstigt entstehen konnten und auch entstanden sind.

Wenn die Milankowitsch-Theorie mit dem klimatischen Geschehen in Einklang steht, müssen sich die Periodizitäten der Bewegungsparameter der Erde in den Periodizitäten der Eiszeiten widerspiegeln. Das ist an den Periodizitäten der ^{18}O-Anteile in den Sedimenten tatsächlich ablesbar. Unterwirft man nämlich das Diagramm, in dem die Abweichungen Δ_{18} der ^{18}O-Konzentration vom Mittelwert gegen die Zeit aufgetragen sind, der Fourieranalyse, so werden gewisse Frequenzen mit besonders großer Amplitude offenbar. Dabei stellte sich heraus, daß die diesen Perioden entsprechenden Zeiten tatsächlich die Längen von 100 000, 40 000 und 20 000 Jahren haben. Nicht weniger als 60% der Diagrammordinaten gehören zu den genannten drei Frequenzen. Das spricht deutlich zugunsten der Auffassungen von Milankowitsch.

Natürlich existieren noch etliche Fragen, die ungelöst sind, vor allem, weil man nicht sagen kann, welches von den bestehenden Klimamodellen die Wirklichkeit am besten annähert. Ebenso liegt der Grund für das Vorherrschen der 100 000 Jahrperiode im dunkeln, hat doch die Schwankung der Exzentrizität nur geringen Einfluß auf die irdischen Temperaturen. Möglicherweise treten gewisse Resonanzen zwischen den Wirkungen der Bewegungsparameter auf, die hiefür die Verantwortung tragen.

Ferner ist noch auf einen Umstand hinzuweisen, der das Geschehen mitgestaltet. Je mehr Eis sich auf einem Kontinent ansammelt, desto schwerer wird er und sinkt in der Erdkruste tiefer. Nach dem Abschmelzen steigt er dann wieder – sehr, sehr langsam – in die Höhe. Die verschiedenen Geschwindigkeiten beider Vorgänge beeinflussen gleichfalls die Ver- und Entgletscherungen. Je tiefer das kontinentale Substrat unter der Eislast absinkt, in desto geringere Höhen gelangt die Oberfläche des Eisschildes. In geringerer Höhe ist es wärmer (vertikaler Temperaturgradient!) und die Schmelzverluste verstärken sich. Beim Emporsteigen der vereisten Gebiete tritt der umgekehrte Effekt ein.

Auch die Verfeinerung der Rechnungen durch Zugrundelegen einer weniger groben Massenverteilung auf der Nordhalbkugel als der anfänglich angesetzten hat die Ergebnisse zugunsten der Milankowitsch-Theorie verbessert.

Um die Bemerkung am Anfang dieses Beitrages zu wiederholen: Es wäre grundfalsch zu glauben, nun sei alles über die Ursachen der Eiszeiten bekannt und die damit verbundenen Probleme wären gelöst! Sicher leistet die Milankowitsch-Theorie einen fundamentalen Beitrag zum gegenständlichen Fragenkreis. Aber es gibt noch eine Reihe anderer schwerwiegender Einflüsse, etwa die Auswirkungen des wechselnden CO_2-Gehaltes in der Lufthülle, die in Betracht gezogen werden müssen. Ebenso spielen die von den Vulkanen emittierten Aerosole eine nicht zu übersehende Rolle. Man denke nur an die globalen Nachwirkungen des katastrophalen Ausbruchs des Krakatau am 27. 8. 1883, der eine 36 m hohe Flutwelle auslöste, dessen Aschenteilchen viele Monate hindurch in der Atmosphäre schwebten und so die Absorption sowie die Reflexion des Sonnenlichtes mit nachweisbaren Konsequenzen für das irdische Klima veränderten.

LITERATUR:
Scient. Am., Jänner 1984, S. 42, C. Covey, The Earth's Orbit an the Ice Ages.

Das Pfannkuchenmodell des heutigen Universums

Die Probleme um das Entstehen und Sosein der kosmischen Strukturen zerfallen – grob gesprochen – in drei Klassen:

Sternentwicklung, Galaxienbildung, kosmische Strukturen im Großen. Im Verständnis des Werdens und Lebens von Sternen ist man am weitesten gekommen. Zwar sind die einschlägigen Theorien noch durch das Defizit des beobachteten Neutrinoflusses von der Sonne zu uns bedroht, doch stimmen Theorie und Beobachtung in den anderen Belangen so gut überein, daß zu hoffen ist, bei der Klärung des Neutrinoproblems ohne grundlegende Änderung des bestehenden Konzeptes das Auslangen zu finden.

Hinsichtlich der Galaxien liegen die Dinge jedoch sehr im argen. Wohl besteht eine Reihe hypothetischer Ansätze, aber keiner ist vorläufig befriedigend.

Was schließlich die kosmischen Strukturen im großen betrifft, so nimmt das Wissen über sie eine Mittelstellung ein. Man weiß darüber viel weniger als über die Sterne, aber doch mehr als über die Galaxien. In den Wiss. Nachr. (Nr. 51, Sept. 1979, S. 34, Die Hierarchie der Galaxien im Universum) wurde bereits über statistische Untersuchungen und Befunde berichtet, die am intensivsten Shane und Wirtanen betrieben haben. Ein sehr wichtiges Ergebnis der Forscher war die Feststellung, daß die Hierarchie der räumlichen Strukturen: Sterne, Sternhaufen, Galaxien, Staub-, Gaswolken, Galaxienhaufen und Superhaufen, bei den Superhaufen endet. Haufen von Galaxienhaufen (d. s. die Superhaufen) sind die umfassendsten Systeme, denen physikalische Zusammengehörigkeit zugesprochen werden darf.

In jüngster Zeit beginnt ein Modell der räumlichen Gliederung im Universum Gestalt anzunehmen, dem vorläufig gleichfalls nur hypothetischer Charakter zuzubilligen ist, das aber doch gewisse Indizien unterstützen, so daß die darin eingeschlagene Richtung als zukunftsträchtig im Sinne eines weiteren theoretischen und observatorischen Ausbaus gelten kann. Es ist das **Pfannkuchen-Modell** (PM) des Universums, wie es seine Vertreter nennen.

Schon vor der näheren Behandlung des PM wollen wir die Gründe für eine vorläufig noch abwartende Haltung vorbringen, indem wir die Schwachstellen des Konzepts beim Namen nennen. Das Modell setzt voraus,

a) daß das Neutrino eine von Null verschiedene Ruhmasse besitzt,

b) daß die GUT (**G**reat **U**nifying **T**heory) richtig ist, d. h., daß Elektroschwache und Starke Wechselwirkung eine gemeinsame Wurzel haben, in dem Sinne, daß diese beiden Wechselwirkungen im Energieregime oberhalb 10^{23} eV ununterscheidbar sind (für die Coulombsche und die Schwache Wechselwirkung ist die Unterscheidbarkeit oberhalb etwa 100 GeV in jüngster Zeit bereits eindrucksvoll bestätigt worden!). Das erfordert u. a. die Existenz einer Partikel X [als Analogon zum Photon bzw. Weakon (dieser Name taucht neuerdings für $W^{\pm}$ und Z° auf) bzw. Gluon], welche den gegenseitigen Übergang von Leptonen und Quarks vermittelt. Das X-Teilchen besäße eine Ruhmasse in der Größenordnung 10^{23} eV/c^2, wird also nie im Labor erzeugt werden können. Wohl aber müßte es in der allerersten Zeit nach dem Urknall – gemeint sind 10^{-35} s (!!) –, da Dichte und Energie noch unvorstellbar hoch waren, eine wichtige Rolle für die Entwicklung des Kosmos gespielt haben.

Zu a): Trotz überaus aufwendiger Versuche konnte bisher noch keine Neutrino-Ruhmasse m_ν direkt gemessen werden. Die einzigen Hinweise zugunsten der Annahme sind indirekter Art. Aus Messungen des ^{3}He-Zerfalls glauben V. Lubimow, E. Tretya et. al. (Inst. f. Theor. u. Exp. Physik, Moskau), auf 14 eV/c^2<m_ν<460 eV/c^2 schließen zu dürfen. E. Fiorini (Univ. Mailand) schloß (unter der Voraussetzung der Identität von Neutrino und Antineutrino) aus dem doppelten Beta-Zerfall von ^{76}Ge auf 10 bis 20 eV/c^2 als Massenschranken. Schließlich zeigte B. M. Pontecorvo (Kernforschungsinst. Dubna, SU), daß die drei Neutrinoarten oszillieren müßten, falls ihre Ruhmasse endlich, ihre Erscheinungswahrscheinlichkeiten variabel wären. Bisher gelang es jedoch noch nicht, Neutrino-Oszillationen nachzuweisen.

Zu b): Eine wesentliche Konsequenz der GUT ist die Instabilität des Protons. Sie ergibt sich, weil die GUT den Leptonen und Quarks eine gegenseitige Umwandlungsfähigkeit zubilligt, also auch die drei Quarks des Protons spontan zu Leptonen werden können. Allerdings ist die Übergangswahrscheinlichkeit extrem gering, und zwar so klein, daß die Halbwertzeit des

Protons mit (sehr ungefähr) 10^{31} Jahren beziffert werden müßte. Auch der Protonzerfall wurde noch nicht beobachtet, sieht man von zwei Ergebnissen ab, die neben anderen Interpretationen auch als p-Zerfälle gedeutet werden können, was aber noch großer Skepsis begegnet.

Wie man sieht, sind – wie bei anderen Modellen – auch beim PM Kosmologie und Elementarteilchentheorie eng verknüpft. Während die großen Makrosysteme des PM Größenordnungen von 10^{23} (Lj.)^3 (entsprechend Durchmessern von Dutzenden Mpc) aufweisen, gehen in diese Theorie Mikrosysteme der Hochenergiephysik ein, die um etwa 80 Größenordnungen kleiner sind. Die Existenz der Makrosysteme wurde bereits – wie oben angedeutet – bestätigt, der Einfluß der elementaren Partikeln auf die Vorgänge im frühesten Universum steht ebenfalls außer Zweifel.

So wurden die Distanzen einiger 1000 Galaxien aus deren Rotverschiebungen nach der Hubble-Beziehung bestimmt und daraus ihre dreidimensionale Verteilung kartiert. Die Galaxien ordnen sich in flachen Lagen (sheets) von ca. 10^8 Lj. Durchmesser sowie in Form von Filamenten an. Die kleine Achse der einzelnen schichtartigen Ansammlungen von Galaxien ist etwa zehmal kürzer als die große Achse. Eine derartige Großstruktur umfaßt sehr ungleichmäßig verteilte Galaxien von insgesamt ca. 10^{16} Sonnenmassen. Neben klumpen- und fadenartigen Ansammlungen bestehen große blasenförmige „Löcher", die fast völlig frei von Galaxien sind. Die Löcher erstrecken sich über Distanzen von 10^8 bis $4 \cdot 10^8$ Lj.

Die Konzentration von Galaxien, die als Filamente erscheinen, liegen meist dort, wo zwei flache Lagen einander durchdringen. Das hat vor allem der estländische Astronom Jean Einasto (Tortu Obs.) festgestellt.

Das heutige Niveau der Elementarteilchenphysik erlaubt, den Zustand des expandierenden Universums bis weniger als 1 ms, ja sogar – soferne die GUT als gültig vorausgesetzt wird – bis zur Zeit 10^{-35} s nach dem Urknall zurückzuverfolgen. D. h. bis zu dem Zeitpunkt, da die zum Entkoppeln der Starken und der Elektroschwachen Wechselwirkung maßgebliche Schwellenenergie von ca. 10^{23} eV/Teilchen infolge der expansiv bedingten Abkühlung des Weltalls unterschritten wird.

Die hochenergetischen Stöße im frühesten Universum zerstörten fast alle hadronischen Strukturen, die Ursuppe setzte sich daher vorwiegend aus Photonen, Elektronen, Neutrinos zusammen, Protonen und Neutronen bildeten einen nur sehr geringfügigen Anteil. Es herrschte thermisches Gleichgewicht im Sinne eines ständigen Zerfalls und Aufbaus der in engstem Kontakt stehenden Energieträger γ, e, ν.

Die Vorgänge während der ersten Millisekunden spielten sich unter den Energiebedingungen ab, die in kleineren Beschleunigern herrschen, sind uns daher gut bekannt. (Diese Bemerkung möge allfällig aufkommender Skepsis des Lesers begegnen.)

Es ist berechtigt, an der vollkommenen Homogenität des Urzustandes zu zweifeln, vielmehr darf man Dichtefluktuationen annehmen. Doch muß stets die Konstanz des Dichteverhältnisses von Strahlung und Materie im Auge behalten werden, denn im thermischen Gleichgewicht steht jeder Paarerzeugung eine Paarvernichtung gegenüber.

Die Auswirkungen solcher Dichtefluktuationen auf die Raum-Zeit-Geometrie des Weltalls – die auftretenden Riesenenergien am Anfang machen die Allg. Rel.-Theorie für die Behandlung zuständig – hat E. Lifschitz (Inst. f. Phys. Probleme, Moskau) schon im Jahre 1946 untersucht. Wegen der Äquivalenz von Energie und Masse bewirken die Dichteschwankungen auch Veränderungen der Raum-Zeit-Krümmung, also der im Kosmos herrschenden Schwerefelder.

Dabei ist folgendes zu bedenken: Keine Wirkung breitet sich rascher als das Licht aus. Die explosive Expansion des Universums erfolgte aber derart vehement, daß es viel größer war, als die Reichweite des Lichtes innerhalb seines Volumens. Entstanden nun zwei Galaxien G_1, G_2 in zwei Regionen R_1, R_2, deren Abstand so groß war, daß zunächst weder die Gravitationswirkung von G_1 in R_2 noch jene von G_2 in R_1 einsetzen konnte, so blieben die Dichten von G_1 bzw. G_2 unbeeinflußt. Erst die Verzögerung der Expansion (infolge der Schwereanziehung der zurückgebliebenen langsameren Materie auf die Spitzenreiter) brachte nach einer gewissen Zeit G_1 und G_2 in wechselseitigen physikalischen Kontakt.

Dort, wo die Dichte des Partikelgemisches von den einsetzenden Schwerewirkungen gestört wird, konkurriert der zerstreuende Gasdruck mit der sammelnden Schwereanziehung. Wer sich von den beiden durchsetzt, hängt von der räumlichen Ausdehnung des Verdichtungsbereiches ab. Ist er groß genug, dann siegt die Gravitation. Überwiegt nämlich in einem Zeitpunkt die Schwerkraft, beginnt also die Materie zu kollabieren, dann zwingt die auf diese Art ständig dichter werdende Materie zum Zuströmen weiterer Materie aus der Umgebung und verstärkt den Sammeleffekt, den der Gasdruck nicht mehr zu kompensieren oder gar ins Gegenteil zu verwandeln vermag. Die Ursuppe zerfällt in Regionen erhöhter und Gebiete stark verringerter Dichte, die „Löcher" entstehen.

In räumlich weniger ausgedehnten Verdichtungszonen kann wohl auch, gravitativ bedingt, die Dichte ansteigen, aber der Gasdruck wird schließlich so mächtig, daß er die Verdichtung wieder in den Raum zerstreut.

Das beste Analogon sind die Schallwellen in der Atmosphäre. Sie sind eine periodische Folge von Verdichtungen und Verdünnungen der Luft. Sie weichen aber nur so geringfügig von der mittleren Luftdichte ab, daß sie in die erhöhte allgemeine Wärmebewegung kaum einfließen.

In den ersten 300 000 Jahren nach dem Urknall befand sich die dicht gepackte Materie im ionisierten Zustand. Das Verhältnis der Elektronen zu den Ionen betrug ungefähr $10^8 : 1$. Die enge Packung erlaubte nur kleine freie Weglängen der Photonen und Elektronen, beide wurden ständig aneinander gestreut. Somit kamen gravitative Instabilitäten nicht zustande, die Dichtefluktuationen dürfen als „Schallwellen" im Teilchengemisch gelten, das damals den Kosmos erfüllte. Ausgenommen sind höchstens extrem große Gebiete.

Die Gravitation unterstützt der von der Umgebung auf eine Ansammlung ausgeübte Strahlungsdruck, allerdings nur dann, wenn die Photonen in der Zeit seit dem Urknall höchstens eine Strecke zurückgelegt haben, die kürzer als der Durchmesser der jeweiligen Verdichtungszone ist.

In der Zeitspanne, in der die Atomkerne auf Grund der Abkühlung des Weltalls fähig wurden, Elektronenhüllen aufzubauen, haben die Elektronen durch Gebiete diffundiert, die ca. 10^{14} Sonnenmassen an Materie enthalten. Nur jene Verdichtungszonen mit größerem materiellen Inhalt hatten Bestand. Sobald neutrale Atome erscheinen, sinkt die Wechselwirkung Photon– Atom drastisch ab, die „Zähigkeit" des Teilchengemisches nimmt ab, die verbliebenen Verdichtungen unterliegen nur mehr dem mächtig gewordenen Schwerezug gegen den Massenmittelpunkt der Verdichtung.

Das kräftige Absinken des Strahlungsdruckes fördert die Inhomogenität. Der Druck ist nämlich richtungsunabhängig, erzeugt beim Fehlen anderer Kräfte sphärische Kompressionsgebilde. Anders der Schwerekollaps, der anisotrop von seinen ungleichmäßig verteilten Quellen ausgeht. Sobald der Kollaps deshalb in einer Richtung schwächer als in der dazu senkrechten wirkt (so einfach ist das natürlich nicht, sei aber zur skizzenhaften Illustration des Geschehens angenommen), dann weicht die Form der Verdichtungsregion allmählich mehr und mehr von der Kugelgestalt ab. Anfänglich erfüllt die komprimierte Materie noch den Großteil des betroffenen Volumens, lediglich ein Bruchteil des Volumens enthält stark verdünnte Materie. Nach Abschluß der Kontraktion ist es umgekehrt, die auf einen nunmehr sehr kleinen Teil der ursprünglichen Ausdehnung zusammengedrängte Materie ist von vielen ausgedehnteren Gebieten stark verdünnter Materie umgeben.

Der anisotrope Kollaps benachteiligt eine Kontraktionsrichtung, fördert also das Entstehen anfänglich isolierter pfannkuchenartiger Massenansammlungen. Diese „Scheiben" verlieren im Laufe der Zeit an Dicke, zugleich wächst der Scheibenradius, benachbarte „Pfannkuchen" durchdringen einander schließlich. Die Schnittzonen stellen dann die beobachteten Filamente verdichteter Materie in Form von Galaxien dar. Der Inhalt des Weltraums hat im geschilderten Prozeß eine zellenartige Struktur erworben, in der dünne Wände und Filamente dichter Materie große Löcher umspannen.

Das ist die gegenwärtig festgestellte Massenverteilung im Universum, welche im Laufe der weiteren Entwicklung wesentlichen Umgestaltungen unterworfen sein wird. In dieser Sicht nimmt der Kosmos heute eine mittlere Stellung ein: **Er ist weder sehr jung noch sehr alt.**

So weit, so gut. Das erste PM hatte noch mit etlichen Schwierigkeiten zu kämpfen. Während es für die Verdichtungszonen, welche die zerstreuende Phase des Strahlungseinflusses überstanden, 10^{14} Sonnenmassen an Inhalt forderte, zeigt die Beobachtung Akkumulationen von nicht weniger als 10^{15} bis 10^{16} Sonnenmassen in den Superhaufen.

Ferner liefern die (ungemein winzigen) Inhomogenitäten der kosmischen 2,7-K-Hintergrundstrahlung Hinweise auf Inhomogenitäten im primordialen Universum. Nach den ersten Messungen paßten die Unterschiede im Fluß der Hintergrundstrahlung ganz gut zum PM. Da sie aber nach neueren Messungen in Wahrheit zehnmal kleiner sind ($^1/_{30\,000}$ über einen Sehwinkel von 6°), reichen die einstigen Inhomogenitäten der Dich-

te nicht aus, die heutige Dichteverteilung zu erklären. Also muß noch eine andere Ursache existieren, und zwar in Form unsichtbarer (= dunkler) Materie. Dafür sprechen übrigens die Rotationsgeschwindigkeiten der Sterne in den Galaxien. Jene müßten nach außen abnehmen, tatsächlich bleiben sie jedoch von einem bestimmten Zentralabstand an ziemlich gleich. (S. Wiss. Nachr., Nr. 64, Jänner 1984, S. 42, Unsichtbare kosmische Materie.) Man schätzt dzt., daß nur 10% der Materie im Weltall sichtbar sind.

Das PM wäre gerettet, wenn Neutrinos als die Hauptträger der dunklen Materie nachgewiesen werden könnten. Ob sie tatsächlich endliche Ruhmasse besitzen, ob sie zwischen den drei Typen Elektron-, Myon-, Tau-Neutrino oszillieren, ob sie mit subluminalen Geschwindigkeiten den Weltraum durcheilen und dabei so viel an kinetischer Energie einbüßen, daß sie gravitativ von Galaxien auf Dauer eingefangen werden können, läßt sich noch keineswegs dezitiert behaupten.

Das PM befindet sich nun in Umgestaltung, die es besser mit der Wirklichkeit zur Deckung bringen soll. Der Ausgang dieser Bemühungen ist abzuwarten. Auf jeden Fall scheint aber mit dem PM ein erfolgversprechender Ansatz geglückt zu sein, mag er auch noch starken Modifikationen unterworfen werden müssen.

LITERATUR:
Scient. Am., Okt. 1983, S. 56, J. Silk, A. S. Szalay, B. Zel'dovich, The Large-Scale Structure of the Universe.

Mitteilungen der ÖPG

Institut für Allgemeine Physik, Technische Universität Wien Karlsplatz 13, 1040 Wien

Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Franz Viehböck
Bericht von Univ.-Prof. Dr. Hannspeter Winter

Das Institut für Allgemeine Physik wurde 1966 gegründet; es hat derzeit 15 wissenschaftliche und 12 nichtwissenschaftliche Mitarbeiter sowie einige externe Dozenten; weiters wirken bei der wissenschaftlichen Arbeit Dissertanten und Diplomanden mit. Institutsvorstand ist Univ.-Prof. Dr. Franz P. Viehböck.

Die Tätigkeit des Institutes erstreckt sich gemäß den gesetzlichen Bestimmungen auf Lehr- und Forschungsaufgaben.

Im Bereich der Lehre werden jeweils im Zweijahreszyklus alternativ mit dem Institut für Experimentalphysik eine dreisemestrige Grundlagenvorlesung aus Physik mit dazu abgestimmter Arbeitsgemeinschaft (Rechen- und Laborübungen) durchgeführt, wobei in den letzten Jahren jeweils ca. 150 Studienanfänger zu betreuen waren. Weiters werden im zweiten Studienabschnitt Praktika für die Vorbereitung auf das selbständige wissenschaftliche Arbeiten sowie die abschließenden Diplomarbeiten betreut. Letztere dauern zwischen einem und zwei Semestern. In seltenen Fällen setzen die mit dem Diplom abgeschlossenen Absolventen ihr Studium im Rahmen einer Dissertation fort, welche typischerweise drei Jahre dauert und in Zusammenarbeit mit den Forschungsgebieten des Institutes (siehe unten) durchgeführt werden kann. Schließlich halten Institutsangehörige eine Reihe spezieller Vorlesungen und Praktika ab; in Zusammenarbeit mit anderen Instituten werden auch Lehrveranstaltungen für den zweiten Abschnitt des Lehramtsstudiums aus Physik angeboten.

Die Forschungstätigkeit des Institutes für Allgemeine Physik erstreckt sich schwerpunktmäßig auf die Gebiete Oberflächenphysik, Plasmaphysik und physikalische Meßtechnik sowie nichtkonventionelle Energiequellen.

Sie wird von derzeit sechs Arbeitsgruppen durchgeführt, welche die folgenden Bereiche bearbeiten:

1. **Atomare Plasmaprozesse und Plasmaspektroskopie**
   Photonenemission bei Ion-Atom-Stößen unter besonderer Bedachtnahme auf mehrfach geladene Ionen und die Anwendung für Experimente zur Kernfusionsforschung; Entwicklung von Untersuchungsmethoden für heiße Plasmen.
2. **Festkörperzerstäubung mit Anwendung der Laserspektroskopie**
   Nachweis atomarer Teilchen und Messung ihrer Geschwindigkeit mittels Dopplerverschiebungs-Laserfluoreszenzanregung, insbesondere bei der Festkörperzerstäubung; Untersuchung der Lichtemission beim Ionenbeschuß von Festkörpern.
3. **Oberflächenkinetik und -analytik**
   Elektronen-stimulierte Desorption von Metallkarbiden, quantitative chemische Analyse der Zusammensetzung an Festkörperoberflächen mittels Augerelektronen-Spektroskopie, Entwicklungsarbeiten für Verfahren zur Plasma-unterstützten Beschichtung von Werkzeugen mit Hartstoffüberzügen.
4. **Oberflächenstruktur und -elektronenzustände**
   Studien zur Elektronenemission und Ionenrückstreuung beim Ionenbeschuß mit Festkörpern im Vergleich mit etablierten Oberflächenuntersuchungsmethoden, Arbeiten in Hinblick auf Plasmawandwechselwirkung in Kernfusionsexperimenten.
5. **Physikalische Meßtechnik und Festkörperakustik**
   Ermittlung von Schwingungsmustern mechanischer Resonatoren mittels Laserstrahlabtastung, Entwicklung fortschrittlicher Schwingquarzdruckaufnehmer und Schwingquarz-Schichtdickenmeßverfahren.
6. **Energieforschung und Sonderprojekte**
   Systematische Untersuchung der Ausbeute von Sonnenkollektoren und Sonnenzellen in Kombination mit Sonnenkollektoren (sog. Hybridkollektoren) unter realistischen Umweltbedingungen, Simulationsrechnungen zur Bauphysik, insbes. Wärmeisolation von Gebäuden, Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Wärmepumpen; Anwendung der Mikrowellenellipsometrie zum Nachweis dünner Wasser- und Eisschichten.

Die Forschungstätigkeit wird von verschiedenen öffentlichen Einrichtungen unterstützt und erfolgt in enger Zusammenarbeit mit österreichischen Unternehmen und verschiedenen ausländischen Forschungsinstituten. Weitergehende Auskünfte über die Institutstätigkeit werden jederzeit gerne unter der Tel.-Nr. 56 01/33 72 bzw. der Adresse: Institut für Allgemeine Physik, Technische Universität Wien, Karlsplatz 13, 1040 Wien, erteilt. Gegen entsprechende Voranmeldung sind auch Führungen für Schulklassen möglich.

Kurznachrichten

JET – erster Lauf. Die Bemühungen um den Durchbruch in der Kernfusionsforschung haben zum Bau einer neuen Generation von Tokamak-Anlagen geführt. JET, der zweite Tokamak dieser Generation, ist zugleich der größte. Er befindet sich am **Culham Lab.** der British Atomic Energy Agency. Der Bau erforderte einen Zeitraum von 5 Jahren, der Name der Anlage lautet **JET** (= **J**oit **E**uropean **T**orus). Die Kosten von 175 Mio. Pfund Sterling trug zu großen Teilen EURATOM, dem auch die Koordinierung oblag.

Im Torus von 3 m Durchmesser wurde das Deuterium-Tritium-Plasma beim ersten Lauf im Juni 1983 für die Dauer von 0,1 s durch einen 60-kA-Strom erhitzt. Ziel sind 5 MA plus Zusatzheizung von 25 MW Leistung. Damit erhofft man den Durchbruch zu erzielen, d. h. zu erreichen, daß die freigesetzte Energie die eingespeiste übertrifft. (Lit.: Physics Today, August 1983, S. 22, JET Starts at Culham Laboratory.)

Xi-Teilchen-Spektroskopie. Ohne auf die Einzelheiten einzugehen, werde hier nur vor Augen geführt, welche Kenntnisse über die subatomaren Partikeln bereits erzielt wurden. Mit dem MPS (= **M**ulti**p**article **S**pectrometer) am Brookhaven Nat. Lab. hat man durch Beschuß eines 60-cm-Flüssig-Wasserstoff-Targets die Krümmungen der Bahnspuren der sekundär entstandenen Xi-Teilchen im 5-kG-Magnetfeld vermessen und daraus die Existenz folgender Xi-Resonanzen tw. bestätigt, tw. gesichert. Nachstehend sind die Massen der Vertreter dieser großen Familie in GeV/c^2 angegeben. Die Zahlen 1, 2, 3, 4 in Klammern hinter den einzelnen Massenangaben betreffen den Grad der Bestätigung des betreffenden Teilchens. Es bedeuten 1 = schwach nachgewiesen, 2 = besser gesichert, 3 = noch besser gesichert, 4 = gut nachgewiesen.

1324 (4), 1530 (4), 1630 (2), 1680 (2), 1820 (3), 1940 (2), 2030 (3), 2120 (1), 2250 (1, aber jüngst gut nachgewiesen), 2370 (2), 2500 (2).

Eine erstaunlich umfangreiche Kollektion! (Lit.: Phys. Rev. Lett., 12. 9. 1983, S. 951, C. R. Albright et al., Existence of Xi-Resonances above 2 GeV.)

Präzisionsmessung der Lebensdauer des Tau-Leptons. Je größer die Masse eines Leptons ist, desto schwerer ist seine mittlere Lebenserwartung zu bestimmen. Die neueste, mit großer Sorgfalt mit dem Mark II Vertex Detector am Speicherring PEP des Stanford-Linearbeschleunigers SLAC vorgenommene Messung ergab

$$T_\tau = (3{,}20 \pm 0{,}41 \pm 0{,}35) \cdot 10^{-13}\ \text{s}.$$

Der erste Fehler ist statistischer, der zweite systematischer Natur.

Gemessen wurde der Abstand zwischen dem Ort der e^+e^- = Kollision im Speicherring und der Stelle, von der die drei Spuren des zerfallenden Tau ausgehen. Wegen der Kenntnis der Strahlenenergie liefert die Proportionalität von Lebensdauer und Distanz den T-Wert. 621 Zerfallsereignisse in je drei Teilchen wurden nach bestimmten Kriterien ausgewählt und der weiteren Prozedur unterworfen. (Lit.: Phys. Rev. Lett., 12. 9. 1983, S. 955, J. A. Jaros et al., Precise Measurements of the Tau Lifetime.)

Schwierigkeiten mit dem Raum-Teleskop. Das Raum-Teleskop, das im Jahre 1985 in die Umlaufbahn gebracht hätte werden sollen (s. Nr. 61, Jänner 1983, der Wiss. Nachr., S. 38; ab 1985 umkreist ein 2,4-m-Teleskop die Erde), wird leider wohl erst 2 Jahre später die Reise ins All antreten, weil gewisse Schwierigkeiten auftraten, die nicht leicht zu beheben sind. An der Zielsetzung selbst hat sich aber nichts geändert.

Grenzen der Mikroelektronik? Sie zeichnen sich dort ab, wo die weitere Konzentration von Schaltelementen auf den sogenannten Chips ein natürliches Halt findet. Während man in den 60er Jahren noch von SSI (Small Scale Integration), in den 70er Jahren von MSI bzw. LSI (Medium bzw. Large Scale Integration) sprach, steuert diese Technik nun den VLSI-Chips zu (Very Large Scale Integration). Die Abmessungen eines einzelnen Elements sind – wenn auch erst in Sonderfertigungen – auf 1 µm gesenkt worden.

Die Spitzenfachleute auf diesem Gebiet glauben sogar, daß in Zukunft die 1-µm-Barriere unterlaufen werden könnte. A. Reisman (Microelectronic Center of N. Carolina) ist überzeugt, daß Ende der 80er Jahre die 1-µm-Größe allgemein erreicht und um die Jahrtausendwende sogar ¼-µm-Abmessungen herstellbar sein dürften, falls keine umwälzenden Methoden die Produktion verändern.

Dzt. wird mittels Photolithographie ein Schaltelement mit UV-Licht durch eine Maske auf einen Teil des Si-Chips projiziert. Der Chip wird schrittweise in Zeilen- und Spaltenrichtung verschoben, bis die gesamte Chip-Oberfläche exponiert ist. Die bestrahlten Teile werden dann entwickelt. Die unbelichteten Felder erfahren eine geeignete chemische Behandlung. So entsteht eine Einzellage.

Kleinere Dimensionen könnten durch „Beschriftung" mit einem feinen Elektronenstrahl unter Computerkontrolle oder mit Hilfe der kurzwelligeren Röntgenstrahlen entstehen, wobei den Röntgenstrahlen die Masken durch einen Elektronenstrahl vorgezeichnet werden. Die erstgenannte Methode ist vorläufig noch teuer und zeitraubend für die Massenproduktion. Maßgeblich wird natürlich die Zuverlässigkeit des jeweiligen Verfahrens sein.

Dzt. beträgt die Seitenlänge eines Chips 6 mm und das Fassungsvermögen 1 Mio. Komponenten. Damit sind 500 000 bits speicherbar. Kosten: 0,0002 Cent/bit ≈ 1 Dollar pro Chip. (Lit.: Scient. Am., Sept. 1983, S. 65, Microelectronic Projection.)

Saturngewitter? Die Voyagersonden zum Saturn vom November 1980 und August 1981 meldeten Radiopulse, ähnlich den bei den irdischen Gewittern registrierten. Ein Puls währte 15 bis 400 ms, die Frequenzen umfaßten 20 kHz bis 40 MHz, die Pulskette dauerte 7 Stunden, dann herrschte durch 3 Stunden Pulsstille, danach wieder 7 Stunden lang Pulse usf. in regelmäßiger Folge. Es bestehen Zweifel über die Ursache der Pulse. Die Quelle der verursachenden elektrischen Entladungen könnte in der Saturnatmosphäre oder aber auch im B-Ring des Planeten liegen. Man neigt eher der ersteren Version zu. Dagegen spricht allerdings die Pulsperiode von 10^h10^{min} (gemeint ist die Gesamtzeit Pulskette plus Pulsreihe), sie ist um ca. 30 min. kürzer als die Eigendrehdauer des Planeten. Da aber ein äquatorialer, rasend schneller Ost-Sturmjet die Eigendrehung überrundet, verliert das Gegenargument an Kraft.

Genauere Analysen der Voyagerdaten sprechen zugunsten der Deutung als langlebigem Sturmsystem in der Gashülle des Saturns nördlich des Äquators, das sich über 60 Längengrade erstreckt (≈ 72 000 km).

Auch wird vorgebracht, daß sich die Signale von der Nachtseite auf niedrigere Frequenzen als jene von der Tagseite ausdehnen, offenbar sind auf dieser mehr freie Elektronen vorhanden, welche die niedrigeren Frequenzen absorbieren.

Ferner dauert die Pulsstille 3 statt 2 Stunden. Die Quelle in der Atmosphäre ist nämlich auf der empfangabgewandten Seite 3 Stunden – entsprechend der Saturndrehung – verdeckt. Läge sie im B-Ring, wäre dies höchstens 2 Stunden lang der Fall.

Viele Fragen sind vorläufig noch offen:

1. Warum ist das Sturmsystem nur 60 Längengrade weit?
2. Warum existiert nichts dergleichen in anderen Breiten und auf der Südhalbkugel?
3. Warum hat Voyager 2 die Signale weniger deutlich als Voyager 1 wahrgenommen?
4. Welchen Einfluß haben die Schatten der Ringe auf die Tagseite der Gashülle und ihre Radiodurchlässigkeit? (Lit.: Sky and Tel., Juli 1983, S. 14, Lightning on Saturn.)

Der Quasar mit der höchsten Leuchtkraft, die bis jetzt beobachtet wurde, ist die Radioquelle S5 0014 + 81. Im optischen Bereich wurde sie mit einem Objekt von $16{,}5^m$ scheinbarer Helligkeit identifiziert. Die Lyman α Linie des Wasserstoffs erscheint bei 535,0 nm, statt wie im Labor bei 121,6 nm. Die Rotverschiebung ist also z = 3,4, danach befindet sich S5 0014 + 81 in sehr großer Entfernung, nur 4 andere Quasare sind dzt. bekannt, die noch weiter entfernt sind. Aus der scheinbaren Helligkeit und der Distanz folgt die absolute Leuchtkraft $L = 1{,}2 \cdot 10^{41}$ W. Um das voll zu erfassen, kann man überlegen, daß der Quasar, läge er in 200 pc Distanz (d. i. die halbe Distanz zum Orionnebel!), uns ebenso hell erschiene, wie wir die Sonne sehen! (Lit.: St. u. Weltr., August/Sept. 1983, S. 387, M. Sarcander, S5 0014 + 81: Der leuchtkräftigste Quasar.)

Raster-Tunnel-Mikroskop löst Einzelatome auf. Das RTM (dies die Abkürzung für das Gerät) dient zur Erforschung der Oberflächen fester Körper. Die Methode ist noch sehr jung, hat aber schon recht interessante Ergebnisse über den Aufbau von Kristallen in atomaren Dimensionen gezeitigt, z. B. über die Lage von Fremdatomen in Si-Oberflächen. Das Arbeitsprinzip des Instruments ist dieses:

Eine sehr feine Metallspitze wird der Oberfläche des zu untersuchenden Körpers möglichst nahe gebracht. Körper und Spitze befinden sich im Vakuum. Ist der Abstand Spitze–Oberfläche klein genug, dann fließt ein Tunnelstrom von Elektronen des Festkörpers zur Spitze, den man messen kann. Ein Rückkopplungsmechanismus sorgt dafür, daß die Spitze stets jenen Normalabstand zur Oberfläche beibehält, der jeweils für das Konstantbleiben des Tunnelstromes erforderlich ist. Es ist klar, daß diese Distanz davon abhängt, welche Gitterionen bzw. Fremdatome genau der Spitze gegenüberliegen oder ob sich gerade gar nichts in der Oberflächenebene dort befindet. Durch schrittweises Verschieben der Spitze in zwei zueinander normalen Richtungen parallel zur Oberfläche erhält man ein dreidimensionales Bild der Verteilung von Ionen bzw. Atomen in der Oberfläche der Probe, und zwar ihrer **individuellen** Verteilung.

Ein neues wirksames Werkzeug zur Erforschung der Mikrowelt! [Lit.: Phys. Bl., Juli 1983, S. 176, G. Binnig, H. Rohrer, Einzelne Atome aufgelöst mit dem Raster-Tunnel-Mikroskop (RTM)].

Laserthermometer für Plasmen. In der Plasmaphysik ist es wichtig, die Veränderungen der Temperatur und der Elektronendichte während kurzer Zeitspannen verfolgen zu können. Dies geschieht durch Messung des senkrecht zu dem durch das Plasma gesandten Laserstrahl gestreuten Lichtes (Thomson-Streuung). Das Streulicht ist 10^{-13} Teile des Laserlichtes, so daß der Laser 10 J-Pulse abgeben muß, um merkliche Effekte zu erzielen. Die hiezu seit Jahren eingesetzten Hochleistungs-Rubinlaser sind zu träge, da sie nur eine Messung während einiger Sekunden zulassen. Nun haben H. Röhr, K. H. Steuer (MPI Garching) mit K. Hirsch und H. Salzmann (U. Stuttgart) ein rasch repetierendes Hochleistungssystem entwickelt, das mit einem Nd : YAG-Laser arbeitet (YAG = Yttrium-Al-Granat). Im IR-Bereich ist eine geringere Laserleistung nötig, 1 J/Puls genügen. Bis zu 100 Messungen sind pro Sekunde möglich, der erfaßbare Temperaturbereich geht bis zu einigen Mio. Grad (5 keV Teilchenenergie). Aus der Breite der Linien des Streulichtes – sie entsteht durch die Wärmebewegung – ergibt sich die Temperatur, aus der Linienintensität die Elektronendichte. Das Streulicht geht zuerst durch den Spektrographen und fällt dann auf Si-Lawinendioden. Es werden 4 s lang 400 Pulse emittiert. (Lit.: Phys. Bl., Juni 1983, S. 156, K. H. Steuer, Neues Laserthermometer für die Kernfusionsforschung.)

Neuer radioaktiver Zerfall. Eine neue Art eines künstlichen radioaktiven Zerfalls haben amerikanische Physiker gefunden. Atomkerne, die bei Verkehrsunfällen von Teilchen erzeugt werden, können ein Positron (positives Elektron) und zwei Protonen (positive Wasserstoffkerne) wegschleudern. Das Experimentatorenteam von der University of California's Lawrence Berkeley Laboratory bombardierte Magnesium mit extra leichten Heliumatomen, wobei exotische Aluminiumkerne mit 13 Protonen und neun neutralen Neutronen entstanden. Die überschüssigen positiven Protonen machten sich gegenseitig das Leben schwer und stießen zunächst ein Positron und anschließend zwei Protonen aus. Das gleiche passierte bei künstlichen Phosphorkernen mit 26 Kernteilchen.

Die Forscher rätseln nun, ob die Protonen kurz nacheinander oder gleichzeitig als neutronenloser Heliumkern (Helium-2) abkatapultiert werden. Die Physiker planen neue Versuche, auch mit anderen Atomen, wobei Winkel und Energie der abgefeuerten Protonen vermessen werden sollen. Diese Experimente sind sehr wichtig, weil sie beitragen, das Geheimnis der Kernkraft zu entschleiern.

Petra Schulz

Laserlicht wird bunt. Laserlicht, der „Gänsemarsch" von Lichtteilchen einheitlicher Farbe (Frequenz oder Energie), läßt sich mit einem Trick in buntes Licht umwandeln. Diese Entdekkung machte Dr. Carl Otto Weiß von der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt in Braunschweig, als er in seinem Laser-Rohr einen Spiegel etwas verrückte, berichtete „Bild der Wissenschaft" (Heft 9/1983, S. 13–14). Dabei entstanden neben normalen Laserlichtteilchen auch Teilchen von halber, einem Viertel, einem Achtel Energie und so weiter, also ein ganzer Wirrwarr von Licht.

Dieser Versuch läßt nun die theoretischen Physiker frohlokken, denn diesen Effekt hatte bereits 1975 Hermann Haken aus Stuttgart in seiner sogenannten Chaostheorie vorausgesagt.

Petra Schulz

Der zweite Meteorit vom Mond. In Nr. 64 der „Wiss. Nachr." vom Jänner 1984 beginnt auf S. 42 der Artikel „Der Meteorit, der vom Mond kam". Nun sind wir in der Lage, von einem zweiten derartigen Fund auf den sogenannten antarktischen „Blauen Eisfeldern" zu berichten. Auf diesem reichen Depot von Meteoriten (bis jetzt hat man dort deren an die 6000 geborgen!) fanden die japanischen Forscher **Kaizo Yanai** und **Hideyasu Kojima** vom Nat. Inst. of Polar Research, Tokio, noch einen Meteoriten, der mit größter Sicherheit von unserem Mond zur Erde gelangte. Die Mitteilung an die wissenschaftliche Öffentlichkeit erfolgte im Rahmen des 9. Symposiums on Antarctic Meteorites, das in Tokio vom 22. bis 24. März 1984 ablief. Die Bezeichnung des Meteoriten lautet

Yamoto 791 197.

Er hat 25 g Masse.

Die lunare Herkunft des Objekts ist durch eine Reihe überzeugender Befunde belegt. Der Stein wurde in dünne Schichten zerschnitten, die durchscheinend sind. Jede Schicht wurde einzeln untersucht. Die größeren Ansammlungen in ihnen enthalten überwiegend Plagioklas, in geringeren Anteilen Pyroxen und Olivin. Anzeichen stattgehabter starker Stoßeinwirkung sind unübersehbare Merkmale eines Impaktes. In den kleineren Ansammlungen herrschen individuelle Bruchstücke von Mineralien vor. Auch einige wenige Glas-Sphärulen konnten festgestellt werden.

Genügen schon die angeführten Befunde als Beweis für die Herkunft vom Mond, so wird diese Auffassung noch von den auffälligen Ähnlichkeiten mit den von Raummissionen zur Erde gebrachten Mondsteinen gestützt. Das stellte man an der Universität von Neu Mexiko fest, in der die Struktur der Mondsteine sehr gut bekannt ist:

1. In den Hochländern auf dem Mond finden sich Regolith Breccien, zusammengebacken aus den Trümmern, die bei einem Impakt weggeschleudert wurden. Dieselben Breccien enthält der Meteorit.

2. Das Verhältnis der Elemente Mn : Fe in Pyroxen und Olivin stimmt ungefähr im Mondgestein mit dem im Meteoriten überein. In diesem beträgt es aber nur die Hälfte seines Wertes in anderen Meteoriten.

3. Das Verhältnis der Sauerstoffisotope im Meteoriten ist dasselbe wie in den Mondsteinen.

Wahrscheinlich hat der Impakt, der den Meteoriten – natürlich auf gravitativ bedingtem Umweg – zur Erde schleuderte, nicht in der Region stattgefunden, aus welcher der erste lunare Meteorit kam. Vielleicht stammt er sogar von der erdabgewandten Mondhälfte.

Die vorgetragenen Indizien regen zu weiteren Forschungen an. (Lit.: Science, 20. 4. 1984, S. 274, R. A. Kerr, Second Lunar Meteorite Identified.)

30 Mbar mittels Laserpulsen. Ein Vorschlag zur kontrollierten Kernfusion will die erforderlichen Temperaturen und Drükke durch laserinduzierte Implosionen von D-T-Kügelchen erreichen. In Frankreich haben in jüngster Zeit Versuche stattgefunden, bei denen hochenergetische Laserpulse auf eine winzige Fläche fokussiert werden. Ein Forschungsteam (Zusammenarbeit der Ecole Nat. Supérieure de Méchanique et d'Aérotechnique, Portier, mit der Ecole Polytechnique, Palaiseau) fokussierte u. a. Laserpulse (λ = 260 nm, Pulsdauer 0,450 ns, Zeitauflösung 0,1 ns, mittlere Leistungsdichte der Pulse $4{,}5 \cdot 10^{14}$ W/cm^2, Pulsenergie 8 W) auf einen Fleck von 0,050 mm Durchmesser dünner Al-, Cu- und Au-Folien. Das plötzliche Erhitzen bedingt ein derart stürmisches Abdampfen, daß am Brennfleck eine Stoßwelle entsteht, die den **Druck $3 \cdot 10^{12}$ Pa = 30 Mio. bar** ausübt.

Die Messung geschieht mittels einer Spezialkamera (schnelle Streakkamera), welche das Zeitprofil des Helligkeitsverlaufes auf der Rückseite der Folie verfolgt und registriert. Aus der Foliendicke d und der Durchgangsdauer t durch die Folie ergibt sich die Stoßgeschwindigkeit. Versuche mit verschieden dikken Folien und verschiedenen Laserfrequenzen ergaben die höchsten Drücke bei möglichst kurzwelligem Laserlicht und möglichst dünnen Folien. ($\bar{t}$ = mittlere Durchgangsdauer.) Diese Experimente sind für die Fusionsforschung interessant. (Lit.: Phys. Rev. Lett., 21. 5. 1984, S. 1884, F. Cottet et al. Ultrahigh-Pressure Laser-Driven Shock-Wave Experiment at 0,26 μm Wavelength.)

Folie	d (mm)	$\bar{t}$ (ns)
Al	0,020 0,027 0,053	0,2 0,4 1,53
Cu	0,016 0,0265	0,43 0,8
Au	0,020	0,89

CRAY X-MP Computer in Jülich. Im Artikel „Faktorenzerlegung großer Zahlen" in Nr. 65 (Apr. 1984, S. 27) wurden CRAY-Computer als besonders wirksame Forschungshilfen ausgewiesen. Es ist erfreulich, daß die Kernforschungsanlage (KFA) in Jülich jüngst mit dem Rechenautomaten CRAY X-MP ausgestattet wurde. Mit ihm können Vorgänge numerisch simuliert werden, die bis nun sowohl theoretisch als auch experimentell unzugänglich waren, z. B.

Strömungsvorgänge,
Züchtung ultrareiner Kristalle,
Systeme, die bei nur geringfügigen Änderungen der Parameter grundlegende Veränderungen erfahren,
Entstehen von Turbulenzen in Strömungen,
Kippen von Klimamodellen und von Ökosystemen,
Fragen der nichtlinearen Dynamik.

CRAY ist derzeit der leistungsfähigste Rechenautomat der technisch-wissenschaftlichen Forschung in Europa. (Lit.: Umschau i. W. u. T., 11. 5. 1984, S. 296, KFA Jülich, Supercomputer in Jülich.)

Der hellste Quasar. Unter den Energiequellen im Weltall stehen Quasare in vorderster Reihe. Am Stewart Obs. haben Helmut Kuhr et al. im **Quasar S 500 14+81** ein Objekt entdeckt, das bezüglich Energieemission alles bisher Bekannte schlägt. Die Lyman-α-Linie (Laborwellenlänge 121,6 nm) erscheint bei 53,50 nm, was der Rotverschiebung z = 3,4, also der Distanz von einigen Mrd. Lj. entspricht. Befände sich die Sonne in 650 Lj. Abstand von uns, erschiene sie uns ebenso hell wie in ihrer wahren Distanz!

Den Abstandsrekord hält vorläufig der Quasar PKS 2000-330 mit z = 3,78. Seine Entfernung dürfte zirka 13 Mrd. Lj. betragen. (Lit.: Umschau i. W. u. T., 11. 5. 1984, S. 223, Lichtstärkster Quasar entdeckt.)

WIRTSCHAFTS- UND SOZIALGEOGRAPHIE WIRTSCHAFTSINFORMATIONEN

Prof. W. Sitte

O. Nestroy, Wien*)

Welternährungsproblem und Bodenressourcen

Einleitung

Das Welternährungsproblem besteht, so O. Matzke (1983), keinesfalls nur im Problem der Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion, sondern beginnt bei der Schaffung der sozialen und wirtschaftlichen Voraussetzungen für eine Produktionssteigerung, umfaßt den Produktionsvorgang selbst und weiters die Lagerung und Verteilung der produzierten Nahrungsgüter. Entscheidend wird dieser Problemkreis vom Bevölkerungswachstum, speziell in den Entwicklungsländern, gesteuert. In den folgenden Ausführungen sollen deshalb die Fragen der Bevölkerungszunahme und einer möglichen Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion angesprochen werden.

Bevölkerungswachstum bis zum Jahre 2000

In zunehmendem Maße sind offizielle und offiziöse Stellen bemüht, Prognosen über die Zunahme der Erdbevölkerung bis zum Jahr 2000 und darüber zu erstellen, wobei, je nach Trendannahme, die geschätzten Zahlen in Bereichen von 6,199 Mrd. (FAO, 1981) und 6,1 bis 6,3 Mrd. (B. Andreae, 1983) liegen. Die Weltbevölkerung wird somit jährlich um 1,8% zunehmen, das bedeutet eine Zunahme von 1 Mio. Menschen in nur fünf Tagen! Aufhorchen läßt ferner die Tatsache, daß in den Industriestaaten eine jährliche Bevölkerungszunahme von nur 0,6% zu erwarten ist, während sie in der Dritten Welt, die gegenwärtig einen Weltbevölkerungsanteil von 75% ausmacht, 2% beträgt. Die Versorgung mit Nahrungsmittel ist gerade entgegengesetzt, so daß mit einer bedrohlichen Verschärfung der Ernährungsprobleme zu rechnen ist, die noch durch die geringe bzw. fehlende Kaufkraft der Menschen der Dritten Welt verstärkt wird (E. Mutert und H. Recke, 1983).

Hunger ist nach wie vor das ernsteste und tragischeste Problem der Welt. Pro Jahr sterben 13 bis 17 Mio. Kinder wegen Hunger, d. s. mehr als 3300 pro Tag (F. Rabar, 1984).

Versucht man auf Grund dieser Angaben seriöse Ansätze zur Bewältigung der anstehenden und zukünftigen Probleme herauszufiltern, dann ist bis zum Jahr 2000 mit den folgenden Werten über die Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion, Ernährung der Weltbevölkerung und Bodenressourcen zu rechnen.

Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion – Allgemeines

Für die ausreichende und harmonische Ernährung der Erdbevölkerung von rund 6,2 Mrd. Menschen, von denen rund 1,325 in den entwickelten Ländern und 4,874 in den Entwicklungsländern (FAO, 1981) leben werden, ist gegenüber 1980 ein um 50 bis 60% größerer Bedarf an Lebensmittel erforderlich, wobei in den Entwicklungsländern sogar mit einer 80%igen Steigerung bis Verdoppelung gerechnet werden muß. Diese für europäische Begriffe gigantische Steigerung ergibt sich sowohl aus der Bevölkerungsvermehrung wie auch aus der steigenden Kaufkraft – nach H. Redl (1981) zu 2/3 aus der Bevölkerungsvermehrung und zu 1/3 aus der Kaufkrafterhöhung –, die auch letztendes in einer höheren durchschnittlichen Kalorienversorgung (1978–80: 2617, 2000: 3475) ihren Niederschlag findet.

Die oben erwähnte agrare Steigerungsrate liegt für Kenner der europäischen Agrarproduktion jenseits des Machbaren, da die schon heute sich abzeichnenden und erkannten Grenzen einer Optimierung der Bodenerträge – der leichte Rückgang des Einsatzes von Handelsdünger ist ein Signal für das Erreichen des Optimums – bewußt überschritten werden und man sich auf die finanziell und ökologisch riskante Zone einer Maximierung der Erträge begeben müßte. Daß aber prinzipiell auch in der europäischen Landwirtschaft noch gewaltige Ertragssteigerungen möglich wären, expliziert O. Steineck (1979) mit den folgenden Angaben (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Mögliche Maximalerträge bei voller Ausschöpfung der eingestrahlten Sonnenenergie im gemäßigten Klima

Feldfrucht	Österreich (1978) dt/ha	Erzielbare Maximalerträge dt/ha	In Versuchen bereits erreicht dt/ha
Getreidearten	39,8	120– 150	80–110
Körnermais	65,6	160– 250	150–220
Kartoffel	246,2	800–1000	700–900
Zuckerrübe	430,1	900–1200	700–800

Quelle: O. Steineck, 1979.

Liegen die landwirtschaftlichen Erträge in vielen entwickelten Ländern schon nahe der ökonomischen Barriere, so machen sie in Entwicklungsländern oft nur ein Zehntel gegenüber den oben genannten Ländern aus. In Zahlen ausgedrückt ergibt dies für 1982 (vgl. FAO, 1983) mittlere Weizenerträge in Europa von 39,39 dt/ha, in Dänemark sogar von 67,07 dt/ha, denen mittlere Erträge in einigen Entwicklungsländern von 5 bis 6 dt/ha gegenüberstehen.

Die zur Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion eingeschlagenen Wege waren und sind sehr unterschiedliche. Dominierte zunächst die Vorstellung von einer forcierten Ausdehnung der Ackerflächen, so konnte in den späten 70er Jahren ein allgemeines Umdenken konstatiert werden. Der Drang, neue Flächen für den Ackerbau, fast ohne Rücksicht auf die Kosten und das ökologische Gefüge um jeden Preis zu gewinnen, machte der Erkenntnis Platz, daß die Zukunft vorwiegend in eine Intensivierung der bereits unter Pflug stehenden Flächen liegt, d. h., daß eine verstärkte Nutzung der Boden- und Wasserressourcen sowie eine Optimierung des Produktionsprozesses in Form von hochwertigem Saatgut, gezielten Düngungs- und Pflanzenschutzmaßnahmen und überlegter Mechanisierung auf jenen Flächen erfolgen soll, die schon heute landwirtschaftlich genutzt werden und die nachhaltige Intensivierungsmaßnahmen lohnend erscheinen lassen.

Bodenintensivierung wird in zunehmendem Maße ein Gebot der Stunde, der Boden wird zunehmend die knappste Ressource auf unserer Erde (FAO, 1981)!

Nach E. Mutert und H. Recke (1983) sind 78% der Landfläche der Erde nicht ackerfähig, da 10% eisbedeckt, 15% zu kalt, 18% zu steil, 9% zu flachgründig, 17% zu trocken, 4% zu naß und 5% zu karg sind. Von den restlichen 22% wurden 1981 et-

*) Univ.-Doz. O. Nestroy, Institut für Geographie der Universität Wien.

was weniger als die Hälfte (rd. 1370 Mio. ha) ackerbaulich genutzt. Es stehen somit noch rd. 1,8 Mrd. ha als Bodenressource auf der Erde zur Verfügung, die aber sehr ungleichmäßig verteilt sind: Sind in Südamerika, Afrika und Ozeanien noch mehr als 3/4 der potentiellen Ackerfläche ungenutzt, so werden in Asien derzeit schon über 90% des ackerfähigen Landes genutzt. Genauere Auskunft über die gegenwärtige und zukünftige Situation vermittelt die Tab. 2.

Tabelle 2: Verfügbares Ackerland in den Entwicklungsländern

	Potentielles Ackerland im Jahr 2000 in Mio. ha	Landwirtschaftlich genutzte Fläche in % der potentiellen Ackerfläche 1975	2000
90 Entwicklungsländer	1843	40	50
Afrika	676	30	39
Ferner Osten	335	79	87
Lateinamerika	693	25	39
Naher Osten	139	63	67

Quelle: FAO, 1981.

Dieser prekären Situation Rechnung tragend, sollen in der Zukunft nun verstärkte Bestrebungen in Richtung Intensivierung laufen, so daß bis zum Jahre 2000 die agrare Produktionssteigerung zu nur 26% auf Grund der Vergrößerung der Ackerflächen, jedoch zu 14% durch Anbauintensivierung und zu 60% durch Ertragssteigerung pro Flächeneinheit erzielt werden soll (E. Mutert und H. Recke, 1983). Intensivierungsmaßnahmen sollen somit einen Anteil von 74% ausmachen und einen Prozeß auslösen, der, von W. Pevetz (1981) als „Rückzug der Landwirtschaft aus der Fläche" bezeichnet, schon längst in den europäischen Industrieländern eingesetzt hat.

Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion – Spezielle Maßnahmen

Aus dem Bündel von produktionssteigernden Maßnahmen soll hier nur auf die Faktoren Bewässerung, Züchtung und Handelsdüngung eingegangen werden.

Besonderes Augenmerk muß gegenwärtig und in Zukunft der Bewässerung geschenkt werden. Stieg in den Jahren 1971 bis 1981 die Ackerfläche um nur 2,4% (d. s. 32,4 Mio. ha), so nahm die bewässerte Fläche auf der Erde um 25% (d. s. 42,4 Mio. ha) (FAO, 1981), also in weit größerem Maße als das Ackerland, zu.

In diesem Zusammenhang muß aber betont werden, daß die Probleme um die nachhaltige Bereitstellung von einwandfreiem Wasser in ausreichender Menge noch keineswegs gelöst sind, vielmehr nach Schätzungen der Welternährungsorganisation der Vereinten Nationen in den kommenden 20 Jahren rd. 3 Mio. ha Ackerland durch (sekundäre) Versalzung infolge Bewässerung für die landwirtschaftliche Nutzung verlorengehen werden.

Gegenwärtig beträgt die bewässerte Fläche 213 Mio. ha (1981), bis zum Jahre 2000 sollen diese Flächen um 57 Mio. ha zunehmen.

Bei den Bestrebungen der Ertragserhöhung muß auch der Pflanzenzüchtung ein besonderer Stellenwert eingeräumt werden.

Zwar konnte in den letzten 30 Jahren in Österreich ein durchschnittlicher Weizenertragszuwachs von rd. 1% pro Jahr erzielt werden (H. Hänsel, 1982), doch ist zu bedenken, daß es nach R. Meinx (1983) rd. 15 bis 18 Jahre dauert, bei eine neue Sorte zur Verfügung steht. Sortenbedingte Mehrerträge sind nach H. Hänsel (1982) in Österreich bis zum Jahre 2000 bei Weizen von rd. 6 bis 10 dt/ha anzunehmen.

Weiters solle der Einsatz von Handelsdünger forciert werden. Nach Prognosen der FAO (1981) soll der Düngemitteleinsatz in den Entwicklungsländern von (1980) 24 kg/ha auf 117 kg Reinnährstoffe/ha Ackerland im Jahre 2000 angehoben werden; dies entspräche einer jährlichen Steigerung von 8,5%.

Steigerung der landwirtschaftlichen Produktion – Bisherige Erfolge

Als Ergebnis der bisherigen Anstrengungen auf diesem Gebiet ist ein Produktionszuwachs von rd. 1,3% pro Jahr in den entwickelten Ländern und von 3,1 bis 3,7% in den Entwicklungsländern zu erwarten. Genauere Hinweise vermittelt Tab. 3.

Tabelle 3: Wachstum der landwirtschaftlichen Produktion

	1961 bis 1970	1971 bis 1980	1980 bis 2000
	% pro Jahr		
Entwickelte Länder	2,5	1,8	1,3
Entwicklungsländer	2,8	2,9	3,1–3,7

Quelle: FAO, 1981.

Die sinkenden Wachstumsraten in den entwickelten Ländern und die steigenden Raten in den Entwicklungsländern finden im Gesetz des abnehmenden Mehrertrages von E. Mischerlich ihre Erklärung, da das ohnehin schon hohe Ertragsniveau der entwickelten Länder (siehe oben) bei gleichem Aufwand nur mehr geringere Ertragszuwächse erwarten läßt.

Nach diesen mehr allgemein gehaltenen Abschnitten soll nun auf die oft schon erwähnte Ressource Boden näher eingegangen werden und diese anhand einer speziellen Studie dargelegt werden.

Fallstudie Afrika

Seit 1979 steht uns eine vollständige Weltbodenkarte (FAO/Unesco, 1971–79) im Maßstab 1 : 5 Mio., bestehend aus 19 Kartenblättern, zur Verfügung. Dieses auf tatsächliche Aufnahmen fundierte und mit einer einheitlichen Legende versehene Kartenwerk erlaubt nicht nur eine flächenmäßige und damit auch prozentuelle Verbreitung der Böden auf unserer Erde abzuleiten, sondern ist auch für globale Schätzungen der Bodenreserven, für mögliche Produktionssteigerungen sowie für eine exakte Erfassung der kultivierbaren Flächen ein hervorragendes Instrument (R. Dudal, 1980). So ist es möglich, nach Bonitierung und Berechnung der Produktionspotentiale der Flächen in einem Vergleich mit den Klima- und Bodenansprüchen der verschiedenen Kulturpflanzen eine realistische Abschätzung der zu erwartenden Aufwände und Erträge durchzuführen.

Eine praktische Umsetzung dieser Angaben soll am Beispiel Afrika vorgeführt werden (vgl. R. Dudal, 1980).

Der Kontinent umfaßt eine Fläche von 3011 Mio. ha, davon sind 1566 Mio. ha (52%) zu trocken, 313 Mio. ha (10,4%) exzessiv feucht oder unter zu tiefen Temperaturen und nur 1132 Mio. ha (37,6%) unter natürlichen Niederschlägen klimatisch für den Anbau von Feldfrüchten geeignet.

Bei hohem Aufwand könnten auf 376 Mio. ha Maniok oder auf 428 Mio. ha Süßkartoffel, bei geringem Aufwand auf 459 Mio. ha Mais oder 334 Mio. ha Baumwolle oder 433 Mio. ha Sojabohnen oder nur 35 Mio. ha Weizen kultiviert werden.

Diese Zahlen dürfen jedoch nicht einfach summiert werden, da sie große Flächenüberschneidungen beinhalten. Jedenfalls stehen 625 Mio. ha, die bei geringem Aufwand kultiviert werden könnten, einer durchschnittlichen jährlichen Erntefläche von nur 108 Mio. ha gegenüber, wobei noch bemerkt werden muß, daß die derzeit erzielten Erträge bei etwa einem Drittel bis einem Viertel jener Erträge liegen, die bei vertretbarem Aufwand erzielbar wären.

Die Weltbodenkarte eröffnet somit an diesem Beispiel Afrika einen Weg, der von einer standortsgerechten Interpretation bodenkundlicher Daten zu einer rationellen Flächennutzung und damit zu einer Entspannung der Ernährungskrise eines Kontinents eingeschlagen werden könnte.

Zusammenfassung

Im vorliegenden Beitrag wurde im Rahmen der Diskussion um die Welternährungsprobleme ein Aspekt, die Ressource Boden, etwas eingehender behandelt und am Beispiel Afrika über die Interpretation der Weltbodenkarte ein Lösungsansatz zur Problembewältigung vorgestellt.

Die größte potentielle Ressource unserer Erde ist aber der menschliche Geist. Seine Umsetzung als Können, Wissen und Wollen ist gerade auf dem agraren Sektor die vorrangige Aufgabe unserer Tage.

Literatur

Andreae, B.: Agrargeographie. 2. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1983.
Dudal, R.: Landreserven der Erde: Eine Weltbodenkarte. Mitt. d. Österr. Bodenkundl. Ges., H. 22, S. 7–31, Wien, 1980.
FAO/Unesco: Soil Map of the World, 1 : 5 Mio., Vol. I–X, Paris, Rome, 1971–1979.
FAO: Agriculture Toward 2000, Rome, 1981.
FAO Production Yearbook, vol 36, Rome, 1983.
Hänsel, H.: Getreidezüchtung – Erwartungen für das Jahr 2000. Wintertagung d. Österr. Ges. f. Land- u. Forstwirtschaftspolitik, Wien, 1982.
Matzke, O.: Welternährungskrise noch nicht gebannt. Agrar. Rundschau, Nr. 1, S. 35–37, Wien, 1983.
Meinx, R.: Zukunftsaspekte der Pflanzenzüchtung. Der Förderungsdienst, H. 1, S. 46–50, Wien, 1983.
Mutert E. und H. Recke: Die Bodenreserven der Erde. Kali-Briefe, 16 (6), S. 313–322, Büntehof, 1983.
Pevetz, W.: Welternährungs-Utopien. Agrar. Rundschau, H. 7, S. 6–12, Wien, 1981.
Rabar, F.: Hunger – Manifestation eines schlecht funktionierenden Systems. Der Förderungsdienst, H. 1, S. 17–21, Wien, 1984.
Redl, H.: Die zukünftige Entwicklung der Weltlandwirtschaft. Der Förderungsdienst, H. 12, S. 359–361, Wien, 1981.
Steineck, O.: Die zukünftige Entwicklung der Pflanzenproduktion. Agrar. Rundschau, Nr. 6, S. 50–60, Wien, 1979.

H. Nagl, Wien*)

Die Klimagliederung Österreichs in neuer Sicht und die Folgen für die Wasserbilanztypen

In den letzten Jahrzehnten haben zahlreiche lokalklimatische Messungen, vor allem aber auch neue Berechnungsmethoden (EDV) das Klima Österreichs, seine regionalen und lokalen Typen sowie deren Grenzen in einem neuen Licht erscheinen lassen. Viele Begriffe müssen heute als überholt angesehen werden, die Auswirkungen des Klimas auf Vegetation, Landnutzung und Mensch führen zu neuen Beurteilungen und Nutzungsmöglichkeiten. Ähnliches gilt für die Wasserbilanzen einzelner Gebiete, indem heute den nutzbaren Rücklagen (Reserven) mehr Bedeutung zukommt als den Abflüssen selbst. Im folgenden soll eine kurzgefaßte Zusammenschau und eine vereinfachte Karte das Wesentliche zeigen.

Im alpinen Teil Österreichs haben vor allem die Arbeiten von **F. Fliri** (Innsbruck) (2) neue Wege gewiesen und entscheidende Variable herangezogen, die bisher kaum Berücksichtigung gefunden haben. Er konnte deutlich zeigen, daß Mittel- und Andauerwerte die Wirkung von Großwetterlagen kaum charakterisieren und manche Werte (z. B. Niederschlagssummen) überhaupt nicht zu einer Differenzierung beitragen. Ohne auf seine einzelnen Klimatypen eingehen zu wollen, welche neben der Höhe vor allem die Lage zum Nordrand, Südrand der Alpen und im Zentrum klar unterscheiden, sollen die Kriterien, die er heranzieht, angeführt werden.

Er unterscheidet:
a) reliefparallele Strukturen, angelehnt an die Einhüllende des Großreliefs (z. B. Verteilung der Niederschlagsmenge, der relativen Sonnenscheindauer und des Gebietsabflusses),
b) invers-reliefparallele Strukturen, Isolinien senkrecht zur Einhüllenden (z. B. Globalstrahlung und Verdunstung),
c) parallel zu den Höhenschichten verlaufende Strukturen (z. B. Isothermen und Schneedeckenhäufigkeit) und vor allem
d) Vertikalstrukturen. Die Veränderungen vollziehen sich von N. nach S. ohne Abhängigkeit von der Seehöhe (z. B. Verteilung der Variabilität der Niederschlagssummen). So steigt z. B. die mittlere Variabilität der Jahressummen bei ungefähr gleichen Mengen von 14% auf über 22% von N. nach S.

Nachstehend seine Klimatypen im Raum von Tirol aus (Lit. 1), wobei A, B, C, D thermische Werte (bzw. Andauer der Schneedecke) darstellen, 1, 2, 3, 4 hygrische Werte bzw. Sonnenscheindauer (mit bes. Berücksichtigung von Ackerbau und Grünlandwirtschaft) sowie die besonders wichtigen Variablen s mit einer Variabilität der Jahresniederschläge von unter 18% bzw. s von über 18% und k für kontinentalen Einfluß (Sommermaximum des Niederschlags) bzw. m für mediterranen Einfluß mit Frühlings- oder Herbstmaximum.

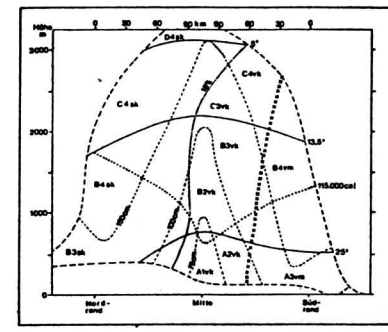


Abb. 1:
Klimatypen aus:
F. Fliri, 1975
für Tirol

Eine weitere Klimaklassifikation liegt von **H. Wakonigg** (Lit. 7) für die Steiermark und damit für alpine und voralpine Räume vor. Auch er geht von der Effizienz des Klimas für Landwirtschaft, Fremdenverkehr und Raumordnung aus und gliedert die Steiermark in „Klimalandschaften", wobei neben den bekannten Mittel- und Andauerwerten auch komplexe Größen wie die Schwüle, die Abkühlungsgröße, Nebelhäufigkeit und Inversionslagen usw. herangezogen werden.

Neben diesen neueren Arbeiten seien einige ältere auswahlweise vorgestellt, die einen Einfluß auf die Klimatypisierung oder als Grundlagenmaterial haben.

Im Rahmen der großräumigen Klimaklassifikationen geht Österreich nahezu unter, es liegt entweder zur Gänze im ozeanisch oder kontinental beeinflußten Bereich bzw. im Übergangsbereich, wohin es letztlich zu zählen ist; bestenfalls werden die Gebirgsklimate ausgenommen. Eine erste detaillierte Übersicht gibt J. V. Hann (1904), welche vor allem durch die gute Klimabeschreibung auffällt, unter den vielen anderen sei N. Končck (1957) genannt, welcher in erster Linie komplexe Größen wie die Kontinentalität und den Befeuchtungsindex heranzieht; leider ist er nie richtig zur Geltung gekommen. Er definiert in Österreich 15 Einheiten, wobei z. B. die relative Trockenheit bzw. sommerliche Erwärmung besser als je zuvor dargestellt und abgegrenzt wird.

Eine erste moderne Klimatographie von Österreich (3) erschien 1958–60 in der Österr. Akademie der Wissenschaften (herausgeg. von F. Steinhauser, O. Eckel und F. Lauscher). Die darin enthaltenen zahlreichen Tabellen und Diagramme, vor allem auch die Höhen- und Gebietsmittel, sind in erster Linie als Quellenmaterial zu betrachten, von Klima als komplexe Aussage ist selten die Rede (bis auf die Kapitel von F. Lauscher). Nachteilig ist, daß oft sehr ungünstige Stationen für weite Gebiete herangezogen werden (Zwettl u. a.) und daß zu starke Generalisierungen (Sonnenscheindauer, Nebelhäufigkeit) zu vermerken sind.

Ähnliches gilt schließlich auch für die Österreich deckende Agrarklimatologie, welche in Bodenschätzung und Bodenkartierung ihren Ausdruck findet. Zwar besitzt sie den Vorteil einheitlicher Methoden für das ganze Bundesgebiet, als Nachteil müssen jedoch wieder die oft ungünstige Stationswahl einerseits und die fixen Termine (14^h-Temp. der Vegetationszeit) andererseits erachtet werden. Hier muß auf Grund des Reliefs und der Lage zum Gebirge eine variablere Betrachtung vorgenommen werden (z. B. anstatt des 14^h-Mittels der Vegetationszeit das Mittel des täglichen Julimaximums wie bei Fliri). Nur so sind so sinnlose Vergleiche wie Tamsweg und Liebenau (je ca. 1000 m) möglich.

Die Klimakarte im „Atlas der Republik Österreich" (Karte III/9, 5. Lfg., 1971) nimmt vier Elemente zur Klimakennzeichnung: wahre Temperaturmittel des Jänner, des Juli, Jahresniederschlagssumme und mittl. Zahl der Tage mit mind. 1 mm Niederschlag. Es werden dadurch zwar extreme Trockengebiete oder hygrisch kontinentale Räume zu wenig hervorgehoben, doch

*) Univ.-Prof. Dr. Hubert Nagl, A. Ordinariat für Klima-, Hydrogeographie und Landschaftsökologie am Inst. f. Geographie d. Universität Wien

ist erstmalig die Böhmische Masse in einen ozeanischeren Teil (Mühlviertel) und einen kontinentalen Teil (Waldviertel) getrennt. In der Karte IV/5 von H. Bobek und G. Mras „Ökologische Gesamtwertung" werden noch die mittl. Zahl der Tage mit mind. 5° Tagesmittel herangezogen! Dabei zeigt sich eine noch bessere klimatische Aussage in bezug auf die Landschaftsökologie.

So zeigt es sich, daß andere Kriterien zur Klima- (und Wasserbilanz-)Typisierung herangezogen werden müssen. Im folgenden soll eine kleine Auswahl vorgestellt und anhand von Beispielen erläutert werden.

1. Parameter zur Klimatypisierung und die Klimaprovinzen Österreichs

Abweichungen vom Temperatur- oder Niederschlagshöhenmittel (Anomalien): So liegt z. B. das Jahrestemperatur-Mittel am Semmering um 2° über, auf der Rax um 1 °C unter dem jeweiligen Höhenmittel, bei den Niederschlagssummen liegt die Bucklige Welt fast 100 mm unter dem Höhenmittel! Ähnliche Werte ergeben sich für das Waldviertel, den Kärntner Raum oder die Ötztaler Alpen und das Oberinntal.

Reduzierte Werte: Bei der Temperatur allgemein üblich, sind sie auch für die Niederschlagswerte interessant: So ist der relativ trockenste Raum NÖ. nicht das Marchfeld, sondern mit nur 300 mm das nördliche Waldviertel; Vent in 1900 m SH kommt gar auf nur 210 mm und ist somit der relativ trockenste Ort Österreichs (absolut Retz mit 450 mm Mittel und 250 mm in manchen Jahren).

Häufigkeits- und Andauerwerte anstelle der Mittelwerte: So liegen beispielsweise fast alle Mittelwerte im Waldviertel unter den Normalwerten (starke nächtliche Abkühlung), die Häufigkeit von besonders warmen Tagen aber bedeutend darüber (bis 10mal mehr als in vergleichbaren Höhen der Alpen!); dies ist natürlich eine Folge der hohen Kontinentalität. Ebenso Häufigkeit und Intensität von Trockenperioden.

Komplexe Größen wie die Kontinentalität. Diese ist, will man sie genau bestimmen, kompliziert zu errechnen. Allgemein nimmt man daher für die thermische Kontinentalität eine Jahresamplitude von größer als 20 °C (Differenz Jänner-Juli-Mittel), thermisch ozeanisch wären Gebiete mit geringeren Jahresschwankungen (fast alle Höhenbereiche außer Oberinntal, Ötztaler Alpen, zentraler Kärntner Raum, weite Teile des Waldviertels).

Auf Grund der neuen Methoden kann nun Österreich in folgende **Klimagebiete (Klimaprovinzen)** eingeteilt werden:[1])

1. Alpines Klima: (therm. ozeanisch, z. T. hygr. kontinent.)	1.1. ozeanisch geprägt 1.2. kontinental geprägt 1.3. inneralpine Trockengebiete 1.4. Stauregengebiete 1.5. Gebiete mit submediterranem Einfluß 1.6. Zonen mit bes. hoher Sonnenscheindauer 1.7. Bereiche ausgeprägter hygr. Kontinentalität 1.8. Inversionsgebiete (thermisch kontinental) 1.9. Föhngassen 1.10. Gebiete mit Merkmalen des Seeklimas (Binnenseen), extrem ozeanisch
2. Atlantisch geprägtes Klima: (therm. ozean., lokal hygr. kontinent.)	2.1. atlant. Klima (süddeutsche Klimaprovinz) 2.2. atlant. gepr. Hochlandklima (Mühlviertel) 2.3. Übergangsbereich atlant.-pannon. geprägt
3. Pannonisch geprägtes Klima: (therm. kontinent., lokal hygr. ozean.)	3.1. pannonisches Klima 3.2. pannon. gepr. Hochlandklima (Waldviertel) 3.3. Sonderklimate (Thermenlinie, Neusiedler See) 3.4. Bereiche m. ausgepr. hygrischer Ozeanität in thermisch kontinentalen Gebieten
4. Illyrisch geprägtes Klima: (therm. kontinent., überw. hygr. ozean.)	4.1. illyrisches Klima 4.2. illyrisch-alpines Klima

[1]) Hinweise auf die Wasserbilanz bei der Signaturenerläuterung der Karte.

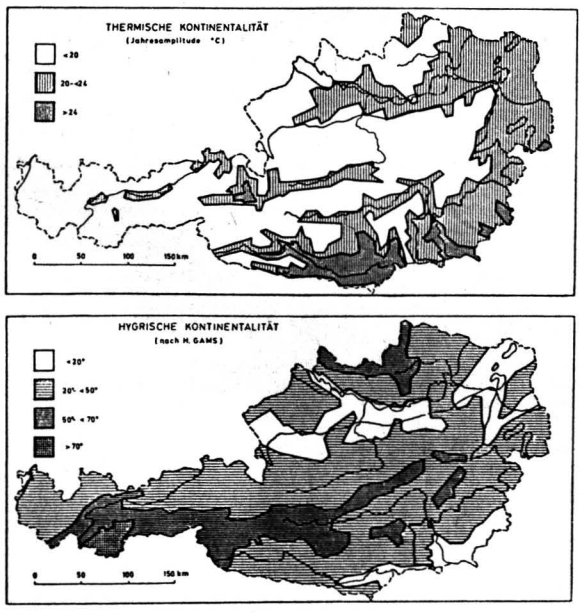


Abb. 2: Thermische und hygrische Kontinentalität, entnommen aus Lit. (5).

Mindestens gleich wichtig, ökologisch sogar entscheidender ist die hygrische Kontinentalität, die am einfachsten mit der Formel nach H. Gams zu berechnen ist:

$$\text{ctg} \cdot \alpha = \frac{SHm}{Nmm};$$

ist der Winkel über 45°, ist der Raum hygrisch kontinental, bei weniger als 45° hygrisch ozeanisch. Hier ergeben sich 4 Möglichkeiten:

a) thermisch und hygrisch kontinental (Ötztaler Alpen, zentrales Waldviertel)
b) thermisch und hygrisch ozeanisch (Kalkvoralpen)
c) thermisch kontinental, hygrisch ozeanisch (Wiener Becken, Weinviertel)
d) thermisch ozeanisch, hygrisch kontinental (Teile des Waldviertels und der östl. Zentralalpen).

Selbstverständlich sind nicht alle Klimate räumlich einheitlich, so können z. B. kontinentale Inseln im atlant. geprägten Hochlandklima des Mühlviertels auftreten (Freistädter Senke, Bad Leonfelden – Schenkenfelden) usw.

Abb. 2 zeigt den großen Unterschied zwischen thermischer und hygrischer Ozeanität bzw. Kontinentalität, welcher sich letztlich auch in den biologisch so wichtigen Tagesschwankungen niederschlägt (je ozeanischer, desto geringer! Hohe Tagesschwankungen sind jedoch sowohl für die Landwirtschaft als auch für das menschl. Bioklima günstig, einerseits weil die Dissimilationsverluste der Nacht bei den Kulturpflanzen gering sind, andererseits weil ein leichtes Reizklima für Herz und Kreislauf günstig ist).

2. Die Wasserbilanz Österreichs und ihre Elemente bzw. ihre lokale Differenzierung; Arten und Menge der Rücklagen

Nach W. Kresser (1965) ergibt sich für die österreichische Gesamtwasserbilanz folgende Gleichung: $Z + N = A_o + A_u + V + (R-B)$. (Z . . Zufluß, N . . Niederschlag, $A_{o\,u}$ . . ober- und unterird. Abfluß, V . . Gesamtverdunstung (Evapotranspiration), R . . Rücklage, B . . Aufbrauch; die beiden letzteren ergeben im langjährigen Mittel Null. Die Werte, umgerechnet auf die Bundesfläche, betragen: 400 mm + 1190 mm (Gebietsmittel d. N.) = 1080 mm + 30 mm + 480 mm, so daß ein durchschnittlicher Abflußfaktor (Anteil des Niederschlags, der zum oberird. Abfluß kommt) im Mittel ca. 57% ausmacht. In Wirklichkeit schwankt er jedoch zwischen 90% in den Hochalpen und 2% in den Trockenräumen des Ostens.

Noch viel wesentlicher aber erscheint der Wert von R und B, der sich zwar über mehrere Jahre hindurch aufhebt, der jedoch letztlich die nutzbare Wassermenge darstellt: Hierher gehören die Bodenfeuchte, die periodische Rücklage in Form von Schnee, welche die Bodenfeuchte im Frühjahr anreichert bzw. das Grundwasser erneuert, und das Grundwasser selbst. Dazu kommen die Gletscher (ca. 20 Mrd. m^3) und die Seen (Attersee beispielsweise 4 Mrd. m^3), als Vergleich: alle Wiener Wasserspeicher, samt Neusiedl am Steinfeld, nur 1,5 Mio. m^3.

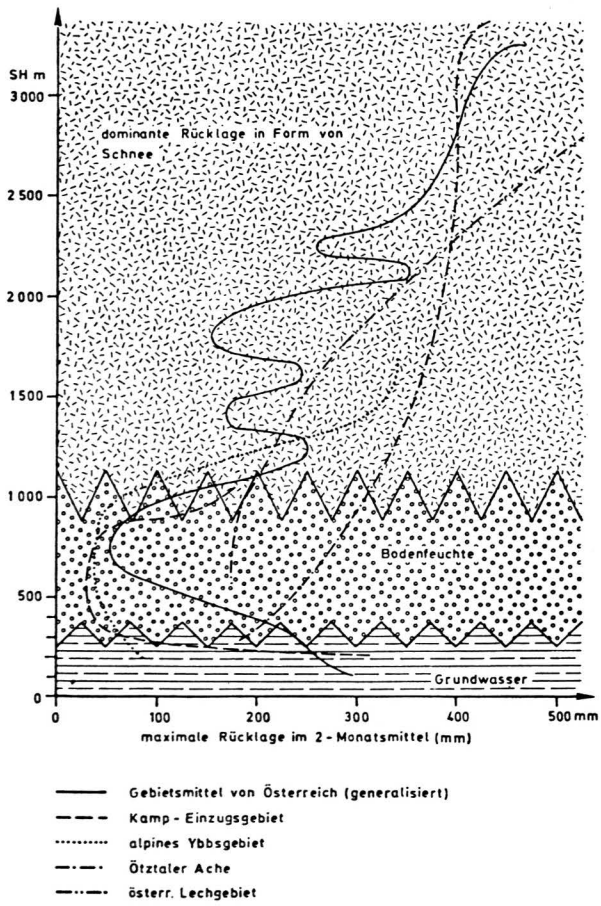


Abb. 3: Mittl. max. Wasserrücklagen (entnommen Lit. 5):

Für die Bewertung eines Raumes in hydrogeographischer Hinsicht sind folgende Werte günstige und aussagekräftige Parameter:

1. Der Abflußfaktor (eine sehr komplexe Aussage) 2 bis üb. 90%
2. Die Grundwasserspende (im Mittel zw. 4 und 8 l/sek. km^2, Extreme zwischen 1 l und 100 l/sek. km^2)
3. Der Trockenwetterabfluß (oberird. Abflußmenge nach 10 Tagen Trockenheit, Aussage über die Grundwasserreserven)
4. Mittl. maximale Wasserrücklage (gesamt), in den Tief- und Vorländern vorwiegend als Grundwasser, in den mittleren Höhen vorwiegend als Bodenfeuchte, ca. über 1000 m überwiegend als Schnee. In mm betragen die Werte zwischen 50 mm und 400 mm pro m^2, wobei eine laufende Verschiebung zeitlich und nach der Art der Rücklage eintritt. Abb. 3 zeigt einen Überblick der mittl. max. Wasserrücklage nach Art und Menge (österr. Mittel und ausgew. Gebiete).

So zeigen sich manche Räume unter neuen Gesichtspunkten, wobei aus Platzgründen nur auf einen genauer hingewiesen werden soll: Das „rauhe" Waldviertel. Der Begriff ist nirgends definiert, er geistert geradezu durch die Literatur und geht auf völlig falsche Prämissen zurück. Selbst in den neuesten Schulbüchern findet man „feucht und rauh" nach wie vor. Das ist aber völlig falsch! Wie schon angedeutet, sind es vor allem 2 Ursachen: Die ungünstige Lage der wichtigsten Station (Zwettl-Stift) in extremer Inversionslage und die Verwendung von Mittelwerten. Dadurch erscheinen alle Temperaturverhältnisse und die Sonnenscheindauer sowie die Nebelhäufigkeit in falschem Licht. Die hohe Niederschlagsmenge ist schlechthin Unsinn (Zwettl 1978: 414 mm!), s. Kap. über reduz. N-Werte und hygrische Kontinentalität. Im Gegenteil:

Die Häufigkeit und Andauer von Trockenzeiten ist im Waldviertel höher als im pannon. Weinviertel (mittl. Anzahl von Trockenzeiten von über 10 Tagen 1971–1980: Langenlois 7,5, Wien 4,5, aber Gars/Kamp 8,0 und Ottenschlag in 840 m SH 8,1 oder Vitis 8,2)! Das 14^h-Mittel liegt im Waldviertel oft höher als in Wien[2]) trotz 500–700 m Höhenunterschied, die Zahl der Tage mit über 20° Tagesmittel beträgt z. B. in Gföhl (560 m) 17,1 (1971–80) bzw. 26,3 (1951–80), in St. Ägyd hingegen (gleiche SH) nur 9,3 bzw. 13,8. Am Bärenkopf (1000 m) werden 10,7 Tage erreicht, in Neuhaus /Zellerein (1010 m) hingegen nur 1,7. Selbst im kontinentalen und sonnenscheingünstigen Lungau erreicht der Wert nur jenen von Bärenkopf. 3/4 des Waldviertels haben eine höhere Sonnenscheindauer als Wien, vor allem eine viel intensivere Strahlung: Nicht umsonst ist das Waldviertel ein landwirtschaftlich hochwertiges Gebiet: 36% der niederösterreichischen Winterroggenernte, 19% der Sommergerste, 45% der Haferernte und 54% der Kartoffelernte kommen aus dem Waldviertel (in dem lt. der meisten Schulbücher die LW zurücktritt!). Die Ernteerträge liegen in vielen Fällen über dem nö. oder österreichischen Durchschnitt (Hafer 10% bzw. 20%, Kartoffel 10% bzw. 15%!).

Literaturhinweise:

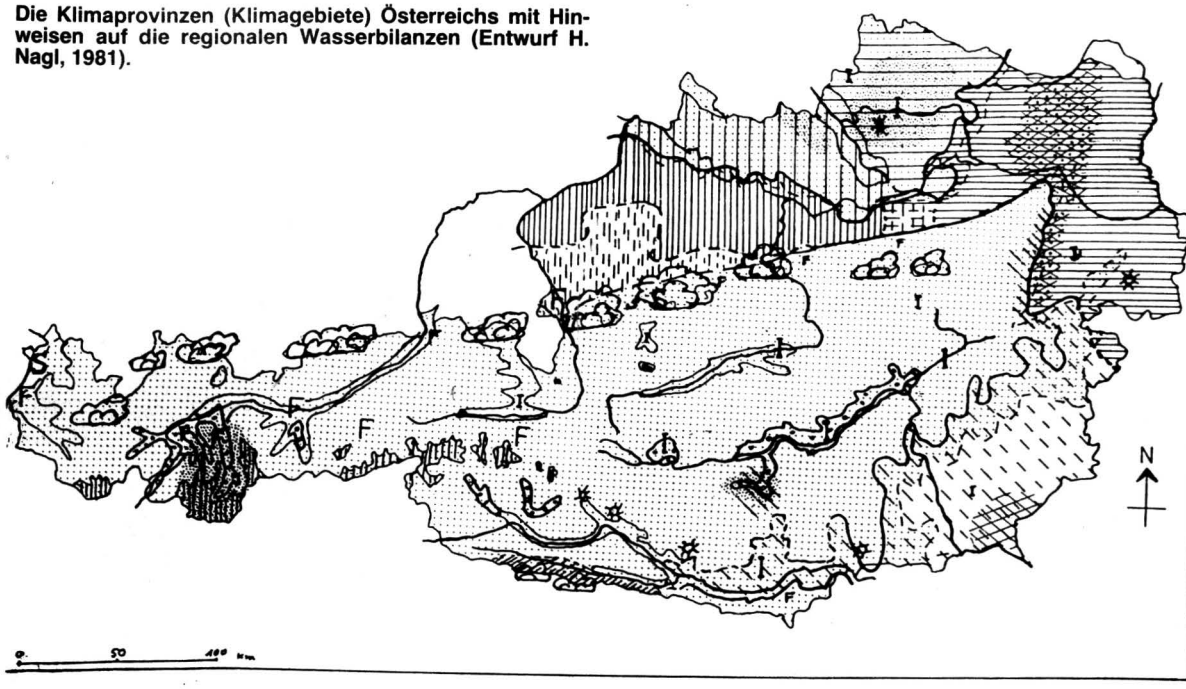
(1) Atlas der Republik Österreich, hgg. v. d. Komm. f. Raumforschung der ÖAW, Wien 1960–89, Bl. III/1–12 und IV/4–5.
(2) Fliri, F.: Das Klima der Alpen im Raum von Tirol. Monograph. zur Landeskde. Tirols, F. 1, Innsbruck–München 1975.
(3) Klimatographie von Österreich, hgg. v. ÖAW, Denkschr. d. Gesamtakademie, Bd. 3, Wien 1958 und 1960.
(4) Nagl, H.: Klima, Wasserbilanz und ökologische Differenzierung im zentralen Waldviertel. FS J. Fink-Beiträge zur Quartär- und Landschaftsforschg. Vlg. Hirt, Wien 1978
(5) Nagl, H.: Klima- und Wasserbilanztypen Österreichs. Geogr. Jber. Österr. XL, Wien 1981.
(6) Steinhäusser, H.: Der Wasservorrat aus der Wasserbilanz österr. Flußgebiete, ÖWW 20, Wien 1968.
(7) Wakonigg, H.: Witterung und Klima in der Steiermark. TU Graz 1978.
(8) Zwittkovits, F.: Klimatypen–Klimabereiche–Klimafacetten. Erl. z. Klimatypenkarte v. Österr. Vlg. ÖAW, Wien 1983.

[2]) z. B.: August 1980, 14^h-Monatsmittel (!); Wien 23,1 °C, Zwettl 24,4 °C. Jahresniederschlag: Wien 624 mm, Zwettl 590 mm! Alle Monate außer August waren in Zwettl trockener als in Wien und trotzdem waren die Mittagstemperaturen in Zwettl höher!

DIE KLIMAPROVINZEN ÖSTERREICHS

H. NAGL, 1981

Die Klimaprovinzen (Klimagebiete) Österreichs mit Hinweisen auf die regionalen Wasserbilanzen (Entwurf H. Nagl, 1981).



SIGNATURENSCHLÜSSEL: Klimatypen (Wasserbilanzhinweise)

(erste Zahl: Abflußfaktor in %,
zweite Zahl: mittl.max.Wasserrücklage in mm)

alpines Klima

1.1 ozeanisch geprägt (60-80, über 200) Talbereiche begünstigt

1.2 kontinental geprägt (10-30, über 100)

1.3 inneralpine Trockengebiete 20-60, 100-250

1.4 Stauregengebiete (60-90, bis über 300)

1.5 Geb.m.submediterr.Einfl. (50-90, über 300)

1.6 Zonen m.bes.hoher Sonnenscheindauer

1.7 Bereiche ausgeprägter hygrischer Kontinentalität

1.8 Inversionsgebiete (therm. hoch kontinental)

1.9 Föhngassen (Auswahl)

1.10 Gebiete mit Merkmalen d. Seeklimas, extr.ozeanisch

größere Gletschergebiete

atlantisch geprägtes Klima

2.1 atlant.Kl. (süddeutsche Kl.Prov.) (10-30, 100-200) subalpin

2.2 atlant.gepr.Hochlandklima (30-60, 100-200)

2.3 Übergangsbereich atl.-pannon.

pannonisch geprägtes Klima

3.1 pannon.Klima (2-20, 50-100)

3.2 pannon.gepr.Hochlandklima (30-60, 50-100)

3.3 Sonderklimate (Thermenlinie,Neus.See)

3.4 Bereiche m.ausgepr.hygrischer Ozeanität in thermisch kontinen.Gebieten

illyrisch geprägtes Klima

4.1 illyrisches Klima (10-40, 50-150)

4.2 illyrisch-alpines Klima (20-50, 100-200)

PHYSIKALISCHE BLÄTTER, 12 Hefte, DM 94,– plus Porto, Physik Verlag, D-6940 **Weinheim** / Bergstr., Postf. 1260.

STERNE UND WELTRAUM, 12 Hefte, DM 79,– plus Porto, Verlag Sterne und Weltraum, Dr. H. Vehrenberg, Postfach 140 365, D-4000 Düsseldorf 14.

CERN-COURIER (wahlweise in engl. oder franz. Sprache), 12 Hefte, kostenlos auf Verlangen interessierter Stellen, Publ. Inform. Office CERN, CH-1211 **Genf 23**

Aulis Verlag Deubner & Co. KG, 5 Köln 1, Antwerpener Straße 6–12: **PRAXIS DER NATURWISSENSCHAFTEN,** 3 Teile: Physik, Chemie, Biologie, je 12 Hefte jährlich, Preis pro Teil DM 51,60 jährlich, für Studenten und Referendare DM 46,80, jeweils zuzüglich Versandspesen, geeignet für Lehrkräfte, Dozenten und Studenten an Hauptschulen, höheren Schulen und Pädagog. Hochschulen.

NATURWISSENSCHAFTEN IM UNTERRICHT, 2 Teile: Physik/Chemie und Biologie, je 12 Hefte jährlich, Preis pro Teil DM 45,– jährlich, für Studenten DM 40,20, jeweils zuzüglich Versandspesen, geeignet für Lehrkräfte und Studenten an Haupt-, Real- und höheren Schulen (Klassen 5–10) und Dozenten an Pädagogischen Hochschulen.

GEOGRAPHIE IM UNTERRICHT, 12 Hefte jährlich, DM 54,–, Studenten DM 49,20, jeweils zuzüglich Versandspesen, geeignet für Lehrkräfte und Studenten an Haupt- und höheren Schulen (Klassen 5–10) und Dozenten an Pädagogischen Akademien.

CHEMIE IN UNSERER ZEIT, 6 Hefte, DM 34,– plus Porto, Verlag Chemie GmbH, D-6940 **Weinheim** / Bergstraße, Postfach 1260.

Österreichische Chemie-Zeitschrift, Organ der Ges. Österr. Chemiker mit Nachrichten über Kurse u. Vorträge für AHS-Lehrer. Erscheint 11mal im Jahr. Bezugspreis inkl. Porto u. MwSt. S 560,–. Für AHS- u. BHS-Lehrer S 400,–, für Studenten S 337,–.

PHYSIK IN UNSERER ZEIT, 6 Hefte, DM 34,– plus Porto, Verlag Chemie GmbH, D-6940 **Weinheim** / Bergstraße, Postfach 1260.

GEOGRAPHISCHE RUNDSCHAU, 12 Hefte, Einzelheft DM 8,– zuzüglich DM 1,– Versandkosten. Abonnementpreis DM 6,50 zuzüglich DM 1,–. **Westermann,** Braunschweig; Auslieferung in Österreich durch Morawa, Wien.

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT, internationale Ausgabe der „Scientific American" in deutscher Sprache. Erscheint monatlich zum Preis von DM 7,80 einschließlich Porto.

Empfehlenswerte Neuerscheinungen

P. Haggett: **Geographie – Eine moderne Synthese.** UTB, Große Reihe. Harper & Row, New York, 1983. 768 Seiten. Das klassische Standardwerk liegt nun auch in einer deutschen Übersetzung (und mit Beispielen aus Mitteleuropa) vor.

H. Abele, E. Nowotny, S. Schleicher, G. Winckler (Hrsgb.): **Handbuch der österreichischen Wirtschaftspolitik.** Manz, Wien, 1984 (2. Auflage). 480 Seiten. Das unentbehrliche Handbuch für Studium und Unterricht (an höheren Schulen) liegt nun in einer Neuauflage vor.

J. P. Cole: **Geography of World Affairs.** Sixth Edition. Butterworths, London, 1983. 267 Seiten. Eine thematisch aufgebaute Weltgeographie mit politisch-wirtschaftlichem Schwerpunkt.

E. F. Moran: **Human Adaptability:** An Introduction to Ecological Anthropology. Westview Press, Boulder, Colorado, 1982. 404 Seiten. Eine aus geographischer Sicht (Landschaftsgürtel) geschriebene Humanökologie.

Time-Life-Bücher „Länder der Erde": **China.** Amsterdam, 1984. 160 Seiten. Vorzüglich illustrierte Darstellung des modernen China.

W. Ludwig, K. G. Krauter, E. Schmitt: **Terra. Geographie von A bis Z.** Neue Ausgabe. Klett, Stuttgart, 1983. 300 Seiten. Taschenbuch über Grundbegriffe aus Geographie und (etwas schwächer) Wirtschaft mit angeschlossenem Länderlexikon).

H. Aebli: **Zwölf Grundformen des Lehrens.** Klett/Cotta, Stuttgart, 1983. 409 Seiten. Eine allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage, die von jedem, der unterrichtet, gelesen werden sollte.

W. Schneider (Hrsgb.): **Wirtschaftspädagogik in Österreich.** Manz, Wien, 1983. 293 Seiten. Sammlung von interessanten Aufsätzen zur Wirtschaftserziehung, teils mit theoretischen, teils aber auch mit sehr praxisbetonten Ansätzen.

W. Schramke: **Unterrichtseinheiten und Unterrichtsmaterialien im Fach Geographie 1970–1980.** Zentrum für pädagogische Berufspraxis, Universität Oldenburg, 1983. 1259 Seiten. Eine für den Fachdidaktiker unentbehrliche, aber auch für den Lehrer sehr nützliche annotierte Quellenkunde und Bibliographie, die auch auf in Österreich erschienene Publikationen eingeht.

Seger-Sitte: **Raum – Gesellschaft – Wirtschaft 3** (für die 7. Klasse der AHS). E. Hölzel, Wien, 1984. 160 Seiten. Abschlußband der neuen Lehrbuchreihe für die Oberstufe der AHS, der sich mit Österreich beschäftigt.

M. Eigner, R. Korger: **Planspiel Geographie: Fußgängerzone.** Heft 1 der von W. Sitte herausgegebenen „Beiträge zur Fachdidaktik". Verlag: Österr. Geographische Gesellschaft, Wien, 1983. 57 Seiten und 2 Folien. Für den Unterricht auf der Oberstufe entwickeltes Planspiel mit allen dazu notwendigen Unterlagen. S 40,–/60,–).

W. S.

Die Österreichische Geographische Gesellschaft unternimmt zu **Pfingsten** (9. Juni bis 12. Juni 1984) unter Leitung von Mag. P. Haßlacher eine **Exkursion** in das Gebiet des geplanten **Nationalparks Hohe Tauern.**

Das Quartier wird für alle drei Nächte in Matrei sein. Die Teilnahme steht auch Nichtmitgliedern offen. Die Teilnahmegebühr (Bahn, Bus, Maut, Halbpension) ab Wien beträgt S 1900,–. Für Teilnehmer, die nicht von Wien anreisen, ist Zell/See als Treffpunkt gewählt.

Genaues Programm bzw. Anmeldungen bitte bei der ÖGG in Wien (1071 Wien, Karl-Schweighofer-Gasse 3, Tel. 93 30 325) anfordern.

IMPRESSUM: „Wissenschaftliche Nachrichten", Fortbildungsorgan des Bundesministeriums für Unterricht und Kunst für AHS- und BHS-Lehrer. Erscheint dreimal jährlich, im Jänner, April und September. Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Eigentümer: Bundesministerium für Unterricht und Kunst, 1010 Wien, Minoritenplatz 5, Tel. 0 22 2 / 66 21. Postanschrift der Redaktion: Dr. Walter Kranzer, Institut für Festkörperphysik der Universität Wien, 1090 Wien, Boltzmanngasse 5, Telefon 0 22 2 / 34 26 30. Hersteller: Bohmann Druck und Verlag Gesellschaft m. b. H. & Co. KG., 1110 Wien, Leberstraße 122, Tel. 74 15 95.