Informationsblätter zur Fortbildung
von Lehrern an höheren Schulen

Wissenschaftliche Nachrichten

Gewidmet vom
HAUPTVERBAND DER ÖSTERREICHISCHEN SPARKASSEN
Subventioniert vom BMfUuK

Nr. 47 — April 1978

Zentral-Bibliothek Universität Wien

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.

Achtung Physiker!

Vom 21. bis 25. Juni 1978 findet in Klagenfurt eine Lehrmittelausstellung, die **Multimedia** statt. Die physikalischen Schulversuche, die dort in dieser Form überhaupt das erstemal gezeigt werden, sind nur Beispiele einer Demonstrationstechnik, für die nicht mehr die Horizontalebene des Experimentiertisches, sondern die Vertikale der Schreibtafel Grundlage ist.
Als Ergebnis von 40 Jahren intensivster, aber kritischer und konstruktiver Beschäftigung mit der experimentellen Schulphysik bietet sie dem Schüler (auch der letzten Bank) ein Optimum an Sichtbarkeit, Einfachheit und Anschaulichkeit, dem Lehrer ein Maximum an Gestaltungs- und Bewegungsfreiheit, Bequemlichkeit und Eleganz der Versuchsanordnungen, dem Geldgeber eine Minimalisierung der Kosten durch eine enorme Vereinfachung der Physiksaalausrüstung. Auch außerschulische Möglichkeiten eröffnen sich damit.

Beachten Sie, bitte, neue Redaktionsadresse

Schriftleitung: Dr. Walter Kranzer
II. Phys. Inst. d. Univ. Wien
Boltzmanngasse 5
1090 Wien

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

Kritische Betrachtung des Ausdruckes „Hinterfragen" im philosophischen Gebrauch . . . 2
Aktuelle Hinweise . . . 3

BIOLOGIE, GEOWISSENSCHAFT

Aus der Arbeit der Pflanzenzüchter . . . 3
Methoden und Probleme des Ackerbaus . . . 4
Nitrosamine . . . 5
Tupaias — eine neue Versuchstierart für medizinische Forschungen . . . 5
Vergiftungen durch Muschelfleisch . . . 5
Leserbrief: Tierisches Eiweiß und Welthunger . . . 6
Kurznachrichten . . . 6
Buchbesprechungen . . . 10

CHEMIE

Experimentelle Elektrochemie in Unterricht und Praktikum 10
Reaktionsmechanismen II . . . 12
Buchbesprechungen . . . 18

EXPERIMENTALPHYSIK

Bewegungslehre mit einem Zeitmarkengeber (II) . . . 18
Halbleiter-Bausteine — rationell eingesetzt . . . 20

MATHEMATIK

Mathematische Olympiaden — Abenteuer des Denkens . . 21
Zwei Extremwertaufgaben aus der Dreiecksgeometrie . . 23
„Räume" mit gebrochener Dimensionszahl . . . 25
Buchbesprechung . . . 31

PHYSIK, ASTRONOMIE

Ein Objekt umkreist zwischen Saturn- und Uranus-Bahn die Sonne! . . . 31
Neutronen in der „Flasche" . . . 31
Die Masse des Krebsnebelpulsars . . . 32
Hologramme und „Bilder" von Molekülen . . . 33
Das Sonnensystem bewegt sich im Ruhsystem der kosmischen 2,7 K-Strahlung . . . 33
Kein Einfluß der Bewegung einer Lichtquelle auf die Lichtgeschwindigkeit . . . 34
Wieviel Erdwärme dringt an die Oberfläche? . . . 35
Es wird ernst mit dem Kommunikationsträger Licht . . . 36
Ein Indiz für nichteuklidische Raummetrik . . . 38
Photonen-Helizität als mögliches Indiz für Antimaterie im Weltraum . . . 39
Quasare und Radio-Galaxien . . . 40
Fissionsspuren als absolute Datierungsmarken . . . 40
Ein entstehendes, ein existierendes Planetensystem und die Geburt eines Sterns? . . . 42
Synchrotronstrahlung . . . 43
Superblitze . . . 44
Kurznachrichten . . . 45

WIRTSCHAFTS- UND SOZIALGEOGRAPHIE, WIRTSCHAFTSINFORMATIONEN

Die Stadterneuerung in den USA, am Beispiel von San Antonio, Texas . . . 46
Jimmy Carters Wirtschaftspolitik . . . 49
Buchbesprechungen . . . 51

GRUNDWISSENSCHAFTLICHE PROBLEME

Dr. Franz Anton

Kritische Betrachtung des Ausdruckes „Hinterfragen" im philosophischen Gebrauch

> ... der Philosoph, der neue Ausdrücke prägt, ist mitunter das Opfer einer Illusion; die ungewohnte Wirkung, die das neue Wort übt, täuscht ihn darüber hinweg, daß der Gedanke keineswegs neu ist. G. Marcel *)

Man hat von der „Schwellenangst vor dem Fachchinesischen" gesprochen [1]). Noch schlimmer scheint es mir zu sein, wenn man mit H. Schelsky sagen könnte: „Der neue Teufel, das ist vor allem der unfaßbare Sprachverderber, der dadurch herrscht, daß er die Menschen sprachlos macht" [2]). Gesichert aber ist die Einsicht, daß mittels der Sprache jeweils ganz bestimmte Ziele einzelner Menschengruppen durchgesetzt werden können. Jüngst sagten Terroristen, sie erkennten einander an der Sprache.

Auch im philosophischen Bereich gibt es Modewörter, deren Häufung manchmal zur Qual der Lektüre und ein Hindernis des Mitdenkens werden kann [3]). Könnte man dabei vielleicht auch Bedenkliches feststellen?

Der so harmlos sich anhörende Ausdruck „hinterfragen" sei herausgegriffen. Er soll in seinem Sachgehalt auf Nietzsche zurückgehen [4]). Mit Nietzsche beginnt der Anbruch der modernsten Form des Nihilismus; bei einem Blick zur Kultursituation hin könnte also eine Untersuchung des Wortes „hinterfragen" interessant sein.

Die sprachliche Durchleuchtung des Wortes im grammatischen und stilistischen Gebrauch und nach seiner etymologischen Struktur im Gefüge der deutschen Sprache ergibt: Das Wort „fragen" wird transitiv und refelexiv gebraucht, d. i. jemanden nach, um, über, wegen etwas fragen; daher kann man sich selbst auch befragen. Es ist urverwandt mit „forschen" (auch bitten, richten). — „Hinter" wird konkret örtlich und im übertragenen Sinn verwendet, wobei im letzteren Fall verstanden wird, daß ein unmittelbar Gegebenes das Eigentliche nicht ganz zeigt.

Die sprachliche Bildung „hinterfragen" ist daher berechtigt, obwohl etwas gewaltsam dann, wenn das Verbum intransitiv gebraucht wird, denn immer müßte man im Fortgang des Hinterfragens auch mitdenken können, wonach und was befragt wird.

Nun ist man es wissenschaftlich (insbesondere naturwissenschaftlich) gewohnt, die Fragestellung so eindeutig als möglich auf den zu untersuchenden Gegenstand zu richten, und wenn die gestellte Frage zu keiner befriedigenden Antwort führt, diese durch eine andere, bessere Frage zu ersetzen. Die eindeutige Stoßrichtung bleibt jedenfalls erhalten, aber die Frage selbst wird nicht wieder befragt. In diesem Bereich gibt es also keine intransitive Möglichkeit des „Hinterfragens".

Da aber nun die Zahl der Gegenstände, nach denen gefragt werden kann, a priori nicht bestimmbar ist, so ist es durchaus berechtigt, wenn die Fragemöglichkeiten von der Aufhellung irgend eines alltäglichen Vorfalles bis einschließlich der Frage nach dem Metaphysischen reichen. H.-G. Gadamer sagt im Anschluß an Heidegger: „Das Wesen der Frage ist das Offenlegen und Offenhalten von Möglichkeiten" [5]). Diese Aussage ist sachlich richtig und braucht weder existentiell noch hermeneutisch, wie es der Urheber meint, ausgedeutet zu werden. In gleicher Berechtigung gibt es daher ein maieutisches Fragen (Sokrates/Platon), die Quaestio des pro und contra (Scholastik) und die essentiale Frage. (Der letztere Ausdruck stammt von R. Ingarden, gedacht ist hier an M. Heidegger, K. Rahner, E. Coreth). In diesen drei Formen ist das Fragen auch im Laufe der philosophiegeschichtlichen Entwicklung aufgefaßt worden. Das ist aber in diesem Zusammenhang in den Einzelheiten von keiner Bedeutung. Betrachtet man die Sachlage systematisch, so würde sich ergeben: Fragen dient zur Auffindung einer präzisen Antwort, oder der Erkenntnisfindung (vor allem im Sinne R. Carnaps durch W-Fragen = was, wer, wann, warum usw.), und dem Sichzurechtfinden im „Sein", wie immer man dies auch bestimmen mag.

Die Frage selbst zum Problem zu machen fällt durchaus in die Möglichkeit des Aufsuchens eines zu befragenden „Gegenstandes"; „hinterfragen" aber wird im anderen Sinn gebraucht. Es ist dies das Unterfangen, das Etwas, nach dem gefragt werden soll, selbst zu problematisieren, d. i. die Frage in Frage zu stellen. Und hier besteht die Gefahr jedweden Problematisierens, wenn darunter nicht die Aufhellung eines widersprüchlichen Sachverhalts verstanden wird, sondern mittels Fragen nur Probleme konstruiert werden. Es kann nämlich die Problemstellung so erfolgen, daß dadurch erst Widersprüchlichkeit bis zu einer Absurdität hin entsteht, oder besser, scheinbar entsteht.

Es gibt also ein Hinterfragen als Konstruktion von Problemen, die in einem zu untersuchenden Gegenstand gar nicht vorhanden sind. Das Hinterfragen in diesem Sinn weist dann nicht auf den Sachverhalt, den es zu erforschen gibt, hin, sondern inspiriert dazu, die Sachverhalte zu „verändern".

Damit ist der Sachverhalt über das Fragen und Hinterfragen abgeschritten. Überblickt man das Durchdachte, so ergeben sich Parallelen zu grammatischen Unterscheidungen. Das ist gar nicht so erstaunlich, denn die Struktur der Sprachen entspricht, entgegen manchen Behauptungen der Linguisten, doch im wesentlichen dem, was die Welt sachlich anbietet. Die Grammatik unterscheidet Entscheidungsfragen, Ergänzungsfragen, rhetorische Fragen [6]). Und nun die aufschlußreiche Parallelität:

Entscheidungsfragen wollen ein Urteil herausfordern (Ja/nein); dazu parallel, daß ein Fragen ohne einsinnige Antwort nicht ergiebig ist.

Ergänzungsfragen, die nach einer Person, einer Sache, einem Umstand fragen; dazu parallel, daß das Fragen Erkenntnisse in der Antwort darauf bringen soll.

Rhetorische Fragen, „die der Sprecher nur stellt, um den Gesprächspartner zur Anerkennung einer bereits vorhandenen Meinung zu bringen".

Bevor eine abschließende Stellungnahme versucht wird, Beispiel und Gegenbeispiel zur Veranschaulichung.

Ein Text lautet:

„Ein Charakteristikum philosophischer Reflexion ist die Radikalität des Fragens. Die Philosophie nimmt Gegenstände, Vorstellungen und Begriffe nicht als selbstverständliche Gegebenheiten hin, sondern sie fragt zurück nach deren Möglichkeit und nach den ermöglichenden Bedingungen. Dieses Fragen kann vor dem Möglichkeitsbegriff selbst als einem wichtigen begrifflichen Mittel solchen philosophischen Reflektierens nicht haltmachen. Die Philosophie deckt die Reflexionsbedürftigkeit auch noch der Frage ‚Wie ist das möglich?' auf, und sie wird in dieser Hinterfragung der Möglichkeitsfrage immer zugleich sich selbst thematisch" [7]).

*) Eingangszitat aus G. Marcel, Geheimnis des Seins, deutsch 1952, S. 84.

1) Bezug genommen ist auf eine Äußerung H.-D. Fischers, Professor für Publizistik und Kommunikation an der Ruhr-Universität Bochum.

2) H. Schelsky, Die Arbeit tun die anderen — Klassenkampf und Priesterherrschaft der Intellektuellen, 1975, S. 247.

3) Andere solche deutschen Modewörter im Umkreis von „hinterfragen" sind: einholen, unterlaufen, zurücknehmen, überfragen, übersteigen, hintergehen.

4) Historisches Wörterbuch der Philosophie, hgb. von J. Ritter, Band 3, Sp. 1130/31, 1974.

5) H. G. Gadamer, Wahrheit und Methode, 1960, S. 283. Vgl. Handbuch philosophischer Grundbegriffe, 2. Bd., S. 485 ff.

6) Siehe Duden, Grammatik, § 857.

7) Eine Quellenangabe soll nicht angeführt werden, weil sich die Kritik nicht auf den Autor bezieht und auch der Gesamtzusammenhang, in dem sich der zitierte Text findet, nicht kritisiert werden soll und braucht.

Man kann sich das Gesagte in einfacher Sprache und unter Rücksichtnahme auf das in der Philosophie bereits vorher Geleistete in folgender Weise klar machen: Das Fragen in philosophischer Haltung hört nicht eher auf, als bis es auf den Grund gekommen ist. Das ist die transzententale Methode Kants nach der Möglichkeit von . . . zu forschen, wobei nach dem, was „Möglichkeit" ist auch geforscht werden kann. — Das heißt, bezogen auf den Zusammenhang, um den es in den Überlegungen hier geht: die Fragestellungen müssen zielgerichtet und eindeutig sein, jedes Nur-bedingte ist methodisch auszuschalten. So weit stimmt der zitierte Gedankengang mit der sprachlichen und phänomenologischen Analyse überein. Jetzt aber die „Hinterfragung". Es heißt, diese Frage wird sich selbst thematisch, oder in einfacher Formulierung: das Fragen fragt sich selbst. Das bedeutet doch nichts anderes, als daß die Zielgerichtetheit der Frage aufgehoben und die Antwort von vorneherein ins Unsichere und Unbestimmte transportiert wird. Es ist dann nicht verwunderlich, daß der Autor des Textes im Verlaufe seiner weiteren Ausführungen die neue Frage stellt, ob denn historisch überhaupt ein Reflexionsfortschritt in den Fragestellungen, um die es ihm geht und die hier gar nicht betrachtet werden, gefunden worden sei. Geht es also darum letzten Endes? Die Hinterfragung ist zur Aufweichung der eigentlichen Problematik zur Sache, um die es ursprünglich ging, geworden.

Das Gegenbeispiel:

Es findet sich in einem Versuch nachzuweisen, daß die synthetischen Urteile a priori — wir haben es mit einer Nutzung des kantischen Denkens zu tun — dem „historisch notwendigen Wandel der Wissenschaftssprache" unterworfen sind; und dies deshalb, weil wegen der empirischen Begründung und Überprüfung jeweils eine neue wissenschaftliche Sprache ausgebildet werden muß, die präzise ist und ermöglicht, Prinzipielles auszudrücken. Diese Veränderungen gehen zyklisch vor sich. Man könne deshalb die synthetischen Sätze der Wissenschaftssprache entweder als synthetische Urteile a priori auffassen oder als Sätze, die sich (zumindest teilweise) aus den Vorbedingungen der Durchführbarkeit der Meßvorgänge ergeben. Es heißt dann: „Die Hintergehbarkeit der Primärsprache hat daher zur Folge, daß wenigstens einige der synthetischen Urteile a priori logisch äquivalent werden zu den empirischen Bedingungen der Möglichkeit derjenigen Meßvorgänge, mit denen die Grundbegriffe der Primärsprache operativ definiert werden können" [8]).

Der Ausdruck „hintergehen" in solchem Zusammenhang wird regional gebraucht, er ist nur für Sprechende außerhalb dieser Regionen fremd; er bedeutet „hinter eine Sache gehn", wobei die Sachwelt durchaus erhalten bleibt. Und das stimmt auch für die oben skizzierte Überlegung; die Struktur der „hintergehenden" Fragestellung wird vom Ziel her verständlich (Erkenntnisse a priori und Ereignisse der Physikbetrachtung im Zueinander zu bestimmen), der Gegenstand Physik ist nicht verlassen oder verunsichert.

Beispiel und Gegenbeispiel zeigen, daß gefragt werden kann um des Fragens willen oder um des Forschens willen. Es ist dies der Unterschied und Gegensatz zwischen Auflösen und Erforschen des wissenschaftlichen Gegenstandes. Wenn „hinterfragen" so gehandhabt wird, daß es das erstere bewirkt, ist es abzulehnen; die Methode in anderer Richtung ist geboten.

Es sei zu H. Schelsky zurückgekehrt, man braucht ihm nicht darin zu folgen, daß er die Intellektuellen unserer Zeit dafür verantwortlich macht, Handlanger der Zerstörung unserer Kultur zu sein, darin aber hat er, wozu auch die vorstehenden Gedankengänge führen, recht, daß radikales Fragen nicht hinterfragen im Sinne, alles in Frage zu stellen, ist [9]). Dies führt zur Aufweichnung, Auflösung, Zerstörung auch im soziologischen Sinn.

Daher ein sehr beachtenswertes Wort M. Heideggers: „Besinnung braucht es als ein Entsprechen, das sich in der Klarheit unablässigen Fragens an das Unerschöpfliche des Fragwürdigen vergißt, von dem her das Entsprechen im geeigneten Augenblick den Charakter des Fragens verliert und zum einfachen Sagen wird" [10]).

Wenn Lehrer, die durch den Unterrichtsgegenstand Philosophie dabei mitwirken, daß bei jungen Menschen unserer Epoche die Besinnung nicht untergehe, sich bewußt sind, daß auch das Hinterfragen snobbistisch oder gar zerstörend sein kann, so müßten sie sich selbst Modewörtern gegenüber sehr kritisch verhalten und mit jungen Menschen aus ihren Kenntnissen heraus sehr klar und ausschließlich über die Gegenstände, die erforscht werden sollen, reden. Ein Stehenlassen eines Jugendlichen in der Unbestimmtheit und Unsicherheit ist sogar schlimm für diesen als individuelle Person, die er wird [11]).

Bibliothek

Aktuelle Hinweise

Der Verlag V. Klostermann versendet eine Anzeige über den Stand (vom März 1978) einer Gesamtausgabe der **Werke M. Heideggers.** Die Ausgabe ist nicht historisch-kritisch, sondern eine der letzten Hand. Die Broschüre gibt Aufschluß auch über die Vorlesungen und unveröffentlichten Schriften. Man kann sich somit gut darüber informieren, mit welchen Themen sich der Philosoph im einzelnen beschäftigt hat. Ersuchen um Zusendung des Prospektes bei Verlag: Frankfurt am Main, Frauenlobstr. 22, **Postfach 900601.**

✲

Als Band 46 ist in der Reihe „opuscula", mit der der Verlag Neske in unregelmäßiger Folge schwer erreichbare Texte auch philosophischer Art zugänglich macht, ein Vortrag von Rudolf Kassner unter dem Titel „Der Einzelne und der Kollektivmensch" erschienen. Der Vortrag wurde 1931 in Zürich gehalten. Er ist eine Auseinandersetzung mit dem politischen Kollektivismus, der marxistischen Doktrin, dem Sowjetsystem, dem amerikanischen Pragmatismus, der Psychoanalyse und dem Rationalismus im allgemeinen. Der Vortrag informiert nicht über die angeführten Erscheinungen, ist aber wegen seiner Eigenwilligkeit der Zusammenschau gerade heute interessant und anregend.

8) Aus: P. Mittelstädt, Erfahrung und Erkenntnis a priori in der Physik, in R. Haller/J. Götschl, Hrsg. Philosophie und Physik, 1975, S. 140. Das Thema ist auch sachlich bemerkenswert, daher auch der Name des Autors und die Quelle.

9) H. Schelsky, a. a. O., S. 93.

10) M. Heidegger, Wissenschaft und Besinnung, in Vorträge und Aufsätze, 1967, Teil I, S. 62.

11) Man lese die Warnungen C. G. Jungs in seinen Abhandlungen „Gegenwart und Zukunft", 1957, in Bd. X der Gesammelten Werke, 1974.

Das Thema „Frage" ist umfassend behandelt bei H. Rombach, Über Ursprung und Wesen der Frage, in Symposion, Jahrbuch für Philosophie, Bd. III, 1952.

BIOLOGIE, GEOWISSENSCHAFTEN

Prof. F. Muckenhuber

Aus der Arbeit der Pflanzenzüchter

Im 19. Jh. erlebte die Landwirtschaft ihre ersten Erfolge in der Pflanzenzüchtung. Ertragreichere Sorten mit guter ökologischer Anpassungsfähigkeit wurden geschaffen, viel wurde bereits zur Ausweitung des Agrarraumes beigetragen. Durch Züchtung von Sommergerstensorten mit kurzen Vegetationszeiten konnte z. B. die Grenze des Trockenfeldbaues in den südlichen Mittelmeerrandgebieten immer weiter gegen die Sahara vorgeschoben werden. Die Regenzeiten sind dort vielfach von so kurzer Dauer, daß die Gerste- und Hirsesorten nicht ausreifen konnten. Durch neugezüchtete Gerstesorten und den Einsatz motorisierter Bodenbearbeitungsmaschinen konnten bereits wesentliche Erfolge erzielt werden. Auch im hohen Norden

wurde der Anbau von Sommergerste polwärts verschoben. Der Hybridmais hat in den letzten zwei Jahrzehnten Mitteleuropa erobert. Vor dem letzten Kriege wurde Mais in der Po-Ebene und in Südfrankreich gebaut. Heute ist das Pariser Becken die größte Anbauregion der Europäischen Gemeinschaft. Selbst in Schleswig-Holstein sind bereits etwa 600 ha mit Körnermais bebaut. Wichtiger war noch seinerzeit das Vordringen neuer Sommerweizensorten in Kanada durch die schrittweise Erzüchtung von mehr Frühreife. 1763 war Weizenbau nur längs des Lorenz-Stromes möglich. 1880 bis 1890 drang die Sorte Red Fife von Osten nach Westen vor. Ab 1909 wurde der Marquis-Weizen angebaut, der bei einer um 6 bis 10 Tage kürzeren Vegetationszeit in 120 Tagen reifte und die Polargrenze des Weizenbaues um 300 km nach Norden vorschob. Ab 1926 stand der Garnet-Weizen zur Verfügung, der nochmals 5 bis 7 Tage früher reifte und die Polargrenze um weitere 200 km hinausschob. Heute gibt es bereits Sorten, die in weit weniger als 100 Tagen reifen. Insgesamt arbeiten heute 9 internationale landwirtschaftliche Forschungszentren an der „grünen Revolution"; das bekannteste ist das von Borlaug geführte Institut „CIMMYT" in Mexiko. Die Züchtung von ertragreichem Kurzstroh-Weizen mit hoher Resistenz gegen Getreiderost war ein besonderer Erfolg. Seither ist in verschiedenen Entwicklungsländern eine Steigerung der Erträge beim Getreide auf das Doppelte bis Dreifache erreicht worden. Doch sind auch neue und unerfreuliche Probleme aufgetaucht. Für die neuen Hochzuchtsorten ist eine intensivere Düngung notwendig, die natürlich viel Geld kostet. Auch die Vergrößerung der Anbauflächen erreicht natürlich bald ihre Grenzen. Chancen bieten noch Verbesserung der Sorten und Anbauverfahren. Zuchtziele sind Steigerung der Ertragsmenge, der Ertragssicherheit durch vermehrte Standfestigkeit, Winterfestigkeit, Dürretoleranz, Verbesserung der Qualität und Resistenz gegen Krankheiten und anderes. Die Pflanzenzüchtung ist zunächst angewandte Genetik. Von einer zureichenden Beherrschung der vier Evolutionsfaktoren: Isolation, Selektion, Mutation und Rekombination ist man heute noch weit entfernt. In der genannten Reihenfolge der Faktoren nimmt ihre genetisch-züchterische Wirksamkeit zu, gleichzeitig aber die Manipulierbarkeit durch den Züchter ab. Eine genetische Isolation läßt sich leicht durch Eintüten der Blüten erreichen, eine Manipulation der Rekombination ist bis heute unmöglich. Aber auch die heute schon mögliche gerichtete Einflußnahme auf die verschiedenen Faktoren hat außerordentliche wirtschaftliche Bedeutung.

Durch Crossing-over wurde beim Weizen Resistenz gegen Gelbrost bei einer Kreuzung mit dem resistenten Gras Aegilops comosa eingezüchtet. Dabei wurde ein resistenztragendes Segment eines comosa-Chromosoms in ein Weizenchromosom (das ursprünglich von einer Aegilops-Art stammt, deren alloploider Bastard der Weizen ist) durch Crossing-Over eingebaut.

Für die Züchtung sind Mutationen von überaus großer Bedeutung. Da deren Auftreten aber doch relativ selten ist und die Mutanten meist rezessiv sind, erfordern die züchterischen Auslesearbeiten viel Zeit und ein großes Areal. Die Aufzucht von Protoplasten auf geeigneten Agar-Nährböden wird bereits seit längerer Zeit durchgeführt. Bei pflanzlichem Material wird zunächst enzymatisch die Zellwand abgebaut; aus den so gewonnenen nackten Zellen konnte auf geeigneten Nährböden über die Kallusbildung bereits bei einer ganzen Reihe von Arten wieder die intakte Pflanze gewonnen werden. Dagegen ist die Regeneration von Tieren bisher nicht gelungen. Eine züchterische Auslese wäre bei haploiden Material gänzlich problemlos. Bei den höheren Lebewesen ist die Hoploidphase allerdings bekanntlich auf die Fortpflanzungszellen beschränkt. Ausgehend von den Pollenzellen ist bei manchen Arten eine Züchtung von haploiden Pflanzen bereits gelungen. Durch den Einsatz von Colchizin kann wieder eine Diploidisierung durchgeführt werden. Bei den so gewonnenen Pflanzen handelt es sich natürlich um vollständig homozygotes Material. Manche Arten setzen allerdings derartigen Versuchen große Schwierigkeiten entgegen. Derzeit laufen im Max-Planck-Institut für Pflanzengenetik umfangreiche Arbeiten zur Verbesserung der Haploidengewinnung. Nach dem Einwirken von Mutagenen kann die züchterische Auslese durchgeführt werden. Auch die Fusion von somatischen Zellen (z. B. aus Blättern) wird in Laboratorien bereits seit Jahren durchgeführt. In alkalischen Lösungen mit Ca-Ionen gelingen solche Fusionen von somatischen Protoplasten. Durch diese Ionen werden offenbar die negativen Oberflächenladungen der Protoplasten neutralisiert, so daß sie sich einander nähern. Als Fusionsmittel sind außerdem Polyäthylenglykole und gewisse Phospholipide in Gebrauch. Auf diese Art konnten z. B. bei Tabakpflanzen über Fusionsprotoplasten und Kallusbildung schließlich somatische Hybridpflanzen hergestellt werden. Manche dieser Mischlingspflanzen entsprachen ganz den sexuell gewonnenen, andere aber waren von ganz anderer Art. Fusionen sind auch zwischen Protoplasten nur entfernt verwandter Pflanzenarten (z. B. Sojabohne und Tabak, Petunia und Tabak) durchgeführt worden. Es gelang aber dabei bisher nicht, daraus Hybridepflanzen herzustellen.

(Naturw. Rdsch. 11/76, 3/77)

Methoden und Probleme des Ackerbaus

Der Ackerbau mußte sich von allem Anfang mit den konkurrierenden „Unkräutern" auseinandersetzen. Durch das Eggen wurde vor allem versucht, die „Pflanzen am falschen Standort" zurückzudrängen; auch der Fruchtwechsel diente zum Teil dieser Aufgabe. Heute steht die Landwirtschaft vor der schwerwiegenden Frage, wie trotz fehlender Arbeitskräfte dieser Kampf durchgeführt werden kann. Über 70% der Ackerfläche macht heute der Getreidebau aus. Auf mehr als 90% der Fläche werden ein- oder mehrmals im Jahr Herbicide ausgebracht. Das bedeutet Herbicide auf mehr als zwei Dritteln der Ackerfläche. Ein Getreidebaubetrieb von 100 ha. und noch mehr könnte heute bei entsprechendem Einsatz aller technischen und chemischen Möglichkeiten von einem einzelnen Mann bewirtschaftet werden. Die wesentlichen Voraussetzungen sind durch Maschinenanwendung und durch Herbicide geschaffen worden. Die ersten Herbicide waren die von der β-Indolyl-Essigsäure sich herleitenden sogenannten Wuchsstoffherbicide und andere Phenoxyverbindungen. Da diese Herbicide nahezu vollständig selektiv auf zweikeimblättrige Unkräuter wirken, wurden Arten wie die Ackerdistel, der Hohlzahn, der Hederich, Ackersenf, Klatschmohn, Knöterich und Kornblume erheblich zurückgedrängt. Andere Arten, wie die Vogelmiere und die Kamille, die auf einige Wuchsstoffherbicide weniger gut ansprechen, nahmen relativ zu. Vor allem aber wurde durch die Ausschaltung der zweikeimblättrigen Pflanzen eine ökologische Nische geschaffen, die zu einer erheblichen Zunahme der Unkrautgräser, wie Ackerfuchsschwanz, Flughafer, Windhalm und Quecke führte. Die Ausschaltung der dikotylen Unkrautarten hat die Ungräser geradezu herausselektioniert. Aber es liegt hier eine Wechselwirkung vor. Der Mähdrescher verlangt weitgehend unkrautfreie Bestände, da das Getreide beim Erntevorgang dreschtrocken sein muß und ein starker Unkrautbesatz die Feuchtigkeit in den Schlägen hält. Ein dichter Bodenbewuchs behindert die Ernte: die Unkräuter verfilzen sich im Mähbalken, der dadurch blokkiert wird. Andererseits wirkt der Mähdrescher für manche Ungräser geradezu als Aussaatmaschine: Die Notwendigkeit, die Getreidekörner bis zur Trockenheit gelangen zu lassen, führt zu einer Verzögerung des Erntetermins, was bedeutet, daß auch die Ungräser voll ausreifen können und damit an Keimfähigkeit zunehmen. Die Samen werden vom Mähdrescher wieder fast vollzählig auf das Feld ausgestreut, was zu entsprechender Unkrautverseuchung der Felder führen muß. Der Mähdrescher erfordert einen weitgehend unkrautfreien Bestand, begünstigt aber gleichzeitig ökologisch und technisch die Unkrautverbreitung.

Die Ausschaltung der gesamten Unkrautflora durch Herbicide hatte zur Folge, daß sich die mineralische Düngung, namentlich die Stickstoffgabe, voll im Getreideertrag auswirken konnte, ohne dem Boden durch Unkraut entzogen zu werden. Da aber eine der Grenzen der Stickstoffdüngung in der Standfestigkeit der Halme liegt, führten die erhöhten Erträge verstärkt zum Umknicken des Getreides. Diesem Übel wird vorgebeugt durch Spritzungen mit Chlorcholinchlorid (CCC), das zu einer Verkürzung und Verdickung der Getreidehalme führt. Dadurch erhöhen sich die Möglichkeiten der Ertragssteigerung durch Zufuhr von Nährstoffen.

Da durch weitgehende Vernichtung der Unkrautflora die Wirtspflanzen für viele Insekten ausfallen, ist eine deutliche Zunahme von Blattschädlingen (Blattläusen u. ä.) am Getreide selbst festzustellen. Verstärkter Blattlausbefall

des Getreides ist auch eine Folge des ausgeweiteten Getreidebaues, der damit verbundenen verengten Fruchtfolgen, vielleicht auch des heutigen Sortenspektrums und der üppigen Versorgung mit Nährstoffen. Diese Faktoren sind auch als ökologische Ursachen für die Zunahme verschiedener Blatt-, Ähren- und Halmkrankheiten, voran des Mehltaus, anzusprechen. Die gegenüber früher wesentlich erhöhte Bestandsdichte begünstigt die Entwicklung parasitärer Pilze zusätzlich kleinklimatisch. Der Schutz des Getreides mit Blattfungiziden gehört deshalb im intensiven Getreidebau zu den Standardmaßnahmen. Nematoden und andere Bodenschädlinge könnten durch die verengte Fruchtfolge und das Fehlen von anderen möglichen Befallsobjekten im Getreidebau zunehmend Bedeutung gewinnen. Untersuchungen der letzten Jahre zeigen, daß die Mikroorganismen des Bodens sich in einem starken Ausmaß selektionistisch auf den jeweils verwendeten Herbicidtyp einstellen. Sie können die Metabolisierung dieser Chemikalien innerhalb des für die Kulturpflanzen verträglichen Anwendungsrahmens adaptiv bewältigen. Es ist ein bemerkenswertes Phänomen, daß der gleiche Selektionsmechanismus, der bei kontinuierlicher Anwendung von Insektiziden und Akariziden Resistenzen bewirkt, auf der anderen Seite das Pufferungsvermögen der Ackerbögen gegen vermehrte Herbizidanwendung bewirkt. Die Anwendung von Herbiziden ist in der hochentwickelten Landwirtschaft wirtschaftlich zwingend notwendig. Für die Entwicklungsländer allerdings besteht das Problem in der Verbindung von Nahrungsmangel und Arbeitslosigkeit.

(Naturw. Rdsch. 77)

Nitrosamine

Bei den heutigen Ernährungsgewohnheiten und -bedingungen kommen für das Krebsrisiko aus dem Verzehr von Lebensmitteln im wesentlichen drei Wirkstoffgruppen in Frage, das sind die Mykotoxine (speziell das Aflatoxin), die polyzyklischen Kohlenwasserstoffverbindungen (speziell 3,4 Benzpyren) und die Nitrosamine. Zwischen diesen Stoffen sind additive, synergistische oder potenzierende Wirkungen möglich; darüber ist aber noch wenig bekannt. Vorwiegender Fundort der berüchtigten Nitrosamine sind gepökelte Fleischerzeugnisse, die im Laufe ihrer Verarbeitung mit Nitrit behandelt wurden. Durch die Reaktion von salpetriger Säure mit sekundären Aminen entstehen Nitrosamine; dabei spielen sicherlich Katalysatoren eine Rolle. Als solche kommen das Rhodanid in Frage, das sich im Speichel findet, ferner die Hitze, die beim Braten des Schinkens angewendet wird. Durch Zusatz von Askorbinsäure kann diese Nitrosamin-Bildung verhindert werden. Nitrosamine können auch entstehen, wenn Mischungen von Gewürzen mit Nitrit mehrere Monate gelagert werden. Der menschliche Magensaft — mit einem p_H-Wert von 3,5 — stellt ein ideales Vehikel für die Synthese von Nitrosaminen dar. Schon lange ist bekannt, daß bei Versuchstieren Tumore auftreten, wenn ihnen sekundäre Amine und Nitrit gleichzeitig verabreicht werden. Auch in vitro konnten im menschlichen Magensaft die unter gleichen Bedingungen gebildeten Nitrosamine nachgewiesen werden. Für die weitere gesundheitliche Beurteilung stellen sich daher die Fragen nach der Menge der nitrosierenden Stoffe und nitrosierbaren Substrate. Übrigens kommt auch im Speichel etwas (giftiges) Nitrit vor, das wahrscheinlich durch Reduktion aus Nitrat entsteht und auf diesem Wege ausgeschieden wird. Mit der Intensivierung des Gemüsebaues durch starke (Stickstoff-)Düngung ist der Nitratgehalt pflanzlicher Nahrungsmittel enorm angestiegen. Bei Spinat, Häuptelsalat, Roten Rüben und Rhabarber muß man mit einem Gehalt von 1000 bis 2000 mg $-NO_{3/kg}$ rechnen; bei Rettich und Radieschen kann der Wert noch höher liegen. Nicht nur für Kleinstkinder, sondern auch für Erwachsene kann das bereits eine gewisse Gefahr bedeuten. Aber auch gewisse Pharmaka, Antibiotika, Pestizide, Herbizide u. a. Chemikalien können die Bildung von Nitrosaminen im Darmkanal fördern. Ein Beispiel dafür stellt das bekannte Analgetikum Aminophenazon dar.

Anm.: Natriumnitrit hemmt die Entwicklung von sporenbildenden Bakterien, unter denen der „Wurstvergifter" Clostridium botulinum wegen seines tödlich wirkenden Toxins besonders gefürchtet ist. Ascorbinsäure hemmt übrigens die Bildung von Nitrosaminen. Daher wird heute bereits ein beachtlicher Teil der technisch produzierten Ascorbinsäure als Pökelhilfstoff verwendet.

(Umschau 22/76)

Tupaias – eine neue Versuchstierart für medizinische Forschungen

Die Tupaias oder Spitzhörnchen haben sowohl zu den Primaten als auch zu den Insektenfressern Beziehungen, lassen sich aber keiner Ordnung klar einordnen. Auf Grund anatomischer und physiologischer Eigenschaften werden sie auch als eine sehr ursprüngliche Gruppe der Halbaffen angesehen. In der jüngsten Zeit sind sie bereits zu wichtigsten Objekten der Forschung geworden. Es sind rattengroße, im Aussehen an Eichhörnchen erinnernde Tiere, die in Südostasien beheimatet sind. Ihre Zucht wurde zuerst in Amerika nach mehrmaligen erfolglosen Versuchen aufgegeben; die Weibchen wurden nur selten gravid und fraßen sogleich nach der Geburt ihre Jungen auf. In Deutschland wurde eine Reihe von sehr ausführlichen Untersuchungen über das Verhalten der Tiere veröffentlicht, die die Mißerfolge der bisherigen Zuchtversuche erklärten. Die Tupaias zeigen ein sehr ausgeprägtes Territorialverhalten. Freilebend grenzen sie durch Duftmarken ein etwa 20 m^2 großes Gebiet ab, innerhalb dessen das in fester Paarbildung lebende Pärchen keinen anderen Artgenossen duldet. Bei der Zucht in der Gefangenschaft stellt der vergleichsweise kleine Raum eines Käfigs für das Tier eine große Belastung dar. Heute erfolgt die Zucht der Tupaias in reich gegliederten Spezialkäfigen von der Größe eines halben Kubikmeters, wo den Tieren genügend Verstecke sowie Betätigungs- und Fluchtmöglichkeiten geboten werden. Die Weibchen werden nun regelmäßig gravid und können im Jahr bis zu achtmal je 2 bis 3 Junge bekommen. Die Tupaias sind Allesfresser und relativ robust gegenüber infektiösen Erregern und auch gegenüber Manipulationen, Blutabnahmen und Operationen. Auf Grund ihrer systematischen Stellung und Unspezialisierung bezüglich der Ernährung eignen sich die Tiere ausgezeichnet für anatomische und physiologische Studien. Besondere Bedeutung haben sie auch in der Virusforschung erlangt. An ihnen läßt sich der Verlauf von Slow-Virus-Infektionen im Nervensystem studieren. Es handelt sich dabei um chronisch-degenerative Erkrankungen des Zentralnervensystems, die — wie man inzwischen weiß — eine sehr lange Entwicklungszeit vom Zeitpunkt der Infektion bis zum Auftreten der klinischen Symptome haben. Slow-Virus-Infektionen führen dann in einem langsamen, sich Jahre hinziehenden Prozeß zum Tode des Patienten. Die Arbeiten über Slow-Viren wurden im Jahre 1976 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet. Auch für mancherlei andere Probleme der Virusforschung, der Prüfung von Impfstoffen und Medikamenten, für Untersuchungen im Dienste der Umweltproblemforschung werden diese Tiere immer mehr zum Helfer für die Wissenschaft. Die Tiere bilden bei einer bestimmten Diät Gallensteine, die in ihrer Struktur und im Chemismus denen des Menschen entsprechen. Besonders hervorgehoben muß noch die Tatsache werden, daß Tupaias in vielen Fällen anstelle der bisherigen kostspieligen und problembeladenen Affenversuche eingesetzt werden können.

Diese bahnbrechenden Untersuchungen wurden im Battelle-Institut in Frankfurt am Main durchgeführt. Gordon Battelle (1923 gestorben) war ein amerikanischer Stahlwerksbesitzer, der in seinem Testament die Gründung von Instituten „zur Förderung von Kreativität, Forschung und der Ausbildung von Menschen zum Wohle der Allgemeinheit" verfügte. Im Jahre 1925 wurde am ehemaligen Wohnsitz der Familie Battelle in Columbus, Ohio, das Battelle-Memorial-Institute („BMI") gegründet. Heute gibt es außer dem Stamminstitut weitere Forschungsstellen in Richland (Washington), Genf und Frankfurt a. M. Die Institute arbeiten von einander weitgehend unabhängig im Dienste der Auftragsforschung. In Frankfurt sind etwa 820 Mitarbeiter tätig.

(Umsch. 13/77)

Vergiftungen durch Muschelfleisch

Nach dem Genuß von Muschelfleisch kommt es gelegentlich zu mehr oder minder aufregenden Beschwerden. Na-

türlich kann das Fleisch verdorben sein: Darmkrämpfe und Durchfall sind dann wie bei jeder Botulinus-, Staphylococcus-kontamination die auffallendsten Erscheinungen. Aus Japan wurde die toxische Anreicherung von Schwermetallen in Muscheln und anderen Meerestieren bekannt (Minamata!). Mitunter treten nach Muschelgenuß Schwellungen und Rötungen im Gesicht, Tränenfluß und auch Atemnot auf. Diese Erscheinungen sind wohl als allergische Reaktionen zu deuten. Bereits seit mehr als 200 Jahren nach Muschelfleischverzehr aber werden gelegentlich sehr auffällige Vergiftungserscheinungen registriert. Sie beginnen mit Kribbeln und Taubheitsgefühl in Lippen, Zunge, Finger- und Zehenspitzen. Dann folgt zunehmende Gefühlslosigkeit, Benommenheit und Koordinationsstörungen; schließlich kann es zu Lähmungserscheinungen — besonders an der Atemmuskulatur — bis zu tödlichem Ausgang kommen. Die Symptome erreichen ihren Höhepunkt in den ersten 12 Stunden. Es gibt dabei kein spezisches Gegenmittel. Heute weiß man, daß an diesen Vergiftungserscheinungen ein Stoff „Saxitonin" (früher Mytilotoxin genannt) schuldtragend ist. Dieses Toxin entstammt Dinoflagellaten (Gonyaulax cat. und G. tamar.), die gelegentlich in Massen auftreten und in Buchten das Wasser rot färben. Die Muscheln ernähren sich von diesem Plankton und speichern das Toxin in ihrem Körper. Das Gift gehört in die Gruppe der Purine, widersteht dem Erhitzen und ist in saurem Milieu sehr beständig. Für die Aufklärung seiner Struktur mußten tonnenweise Muscheln verarbeitet werden. Die hochwirksame Substanz blockiert an allen physiologischen, auf Reize reagierenden Membranen die Bildung von Aktionspotentialen. Bei der Reizung einer Membran kommt es zu einer blitzartigen Erhöhung ihrer Permeabilität für Na-Ionen, die schlagartig einströmen und zur Depolarisierung, zur Bildung eines Aktionspotentials, der Reizantwort führen. Saxitoxin blockiert das Einströmen der Na-Ionen. Der Muskel oder Nerv spricht daher bei vollständiger Vergiftung auf keinen Reiz mehr an. Die Wirkung ist analog bei dem Tetrodotoxin, das sich in Organen des Pufferfisches (jap. Fugu, Spoeroides rubripes) und in den Eiern des nordamerikanischen Molches Taricha torosa findet, in seiner chemischen Struktur aber gänzlich anders ist und vor allem irreversibel wirkt. Das Saxotoxin läßt sich von den Membranen wieder entfernen. Da also seine Wirkung reversibel, zudem hochspezifisch ist, stellt es sicherlich in Zukunft ein wertvolles Hilfsmittel für neurophysiologische und pharmakologische Untersuchungen dar. Derzeit arbeitet man an seiner Synthese und stellt zum Nachweis und zur quantitativen Bestimmung meist Extrakte in saurem Milieu her, die man dann nach Neutralisation Mäusen verabreicht. Die Zeit zwischen Injektion des Giftes und Tod der Maus dient heute noch als Maß für die Giftmenge. Eine Mäuseeinheit (MU) ist als die Toxinmenge definiert, die eine Maus in 15 Minuten tötet, wobei die Einheiten jeweils auf 100 g Muschelfleisch bezogen werden. Die tödliche Dosis für den Menschen schätzt man auf Konzentrationen zwischen 20.000 und 40.000 MU. Besonders ernst ist das Problem an den nordamerikanischen Küsten. Von den Gesundheitsbehörden wurde ein Toxingehalt von 400 MU pro 100 g Muschelfleisch als Grenzwert für den menschlichen Konsum festgesetzt.

(Naturw. Rdsch. 10/77)

Leserbrief

zum Artikel „Der Hunger als Menschheitsproblem" in Nr. 45, S. 7.

Tierisches Eiweiß und Welthunger

Es wird in dem Beitrag „Der Hunger als Menschheitsproblem" sehr richtig darauf hingewiesen, daß dieser Hunger zum großen Teil dadurch verursacht wird, daß fast die Hälfte der Getreideernten der Erde nicht dem Menschen unmittelbar, sondern zunächst dem Tiermagen zugeführt wird. Andererseits wird die alte Geschichte wieder aufgewärmt, daß der Mensch mindestens 40 g tierisches Eiweiß täglich benötige, um gesund zu bleiben. Hier beißt sich die Schlange in den Schwanz: Wenn man diese Lehre beherzigt und noch einen Sicherheitsfaktor einkalkuliert, dann kommt man genau zu dem Verbrauch an tierischem Eiweiß, der heute in Nordamerika und Mitteleuropa üblich ist. Das würde also bedeuten, wollten wir diese Ernährungsweise mit unserer Entwicklungshilfe auch auf die anderen Teile der Erde ausdehnen, daß tatsächlich bald der schrecklichste Hunger herrschen würde.

Die These von den 40 g tierischen Proteinen pro Tag ist jedoch längst überholt, auch die WHO ist in den zurückliegenden Jahrzehnten von Mal zu Mal zu kleineren Werten übergegangen. Zwar streiten sich die Physiologen immer noch heftig herum. Doch wenn man einen überzeugenden Beweis braucht, daß der Mensch bei im übrigen vollwertiger Ernährung mit sehr viel weniger auskommt und sich trotzdem voller Gesundheit erfreuen kann, dann braucht man nur einen Blick in die Geschichte der Ernährung zu werfen. Bekanntlich haben ja noch unsere Großeltern sehr viel weniger tierisches Eiweiß zur Verfügung gehabt, das für den größten Teil der Bevölkerung zu den außergewöhnlichen Lebensmitteln gehört, die an Sonn- und Feiertagen verzehrt wurden. Auch die großen Hochkulturen des Altertums, man denke etwa an China, wurden von Bevölkerungen hervorgebracht, die weitgehend ohne tierisches Eiweiß lebten, zum Teil nicht einmal den regelmäßigen Verzehr von Milch und Käse kannten. Auch die Soldaten der römischen Legionen pflegten Fleisch nur dann zu essen, wenn sie nichts besseres, d. h. ausreichend Getreide und Gemüse oder Früchte, zur Verfügung hatten.

Über dieses alles gibt es schon umfangreiche Literatur, und es wäre wichtig, in solch einem Beitrag darauf nachdrücklich hinzuweisen. Denn was nützt sonst der Hinweis auf die Verschwendung von Getreide, wenn in demselben Beitrag steht, daß das offensichtlich unvermeidlich ist. Auch hätte der Verfasser deutlicher aussprechen sollen, daß die gegen Ende des Beitrages erwähnten Zivilisationskrankheiten, die heute an die Stelle der früheren Seuchen getreten sind, auch auf den übermäßigen Konsum von tierischem Eiweiß zurückzuführen sind. Da der Körper diese Zufuhr zum großen Teil nur kalorisch verwerten kann, entstehen beim Abbau jene Ballaststoffe, die dann zu den vielen Erkrankungen führen, die mit zunehmendem Alter das Leben erschweren oder gar zu vorzeitiger Invalidität führen. Ich meine, daß diese gerade in einer Zeitschrift, die sich an naturwissenschaftliche Lehrer wendet, deutlich ausgesprochen werden sollte.

Karl Kromphardt, Bonn

LITERATUR:

S. Bommer: Die Gabe der Demeter — Geschichte der griechischen und römischen Ernährung. München: H. G. Müller-Verlag, 1961.

L. Wendt: Die essentielle Hyertonie der Überernährten. Frankfurt: E. E. Koch-Verlag, 1976.

R. Bircher: Wir Protein-Kannibalen. „Der Wendepunkt// **53** (1976) Nr. 11, S. 505 ff., Nr. 12, S. 546 ff., **54** (1977) Nr. 1, S. 11 ff. (Bircher-Benner-Verlag, Erlenbach-ZH, Schweiz).

Kurznachrichten

Die Bedeutung frühkindlicher Lebenserfahrungen — Rhesusäffchen wurden von H. u. M. Harlow ohne Mutter aufgezogen; aus einem Sauger an einer Attrappe konnten die Affenkinder Milch bekommen. Die so aufgezogenen Tiere zeigten in ihrem ganzen Leben schwere Störungen, sie wurden auch von ihren Artgenossen nicht voll angenommen, vor allem erwiesen sie sich später als schlechte Mütter, die ihre Jungen nicht oder nur mangelhaft säugten, ja sogar häufig mißhandelten und sich ohne jeglichen Widerstand wegnehmen ließen. Damit übereinstimmend konnte auch in der menschlichen Entwicklung die Existenz sensibler („Präge"-)Perioden festgestellt werden. Bereits im frühkindlichen Alter können bestimmte Umweltseinflüsse das Verhalten des Kindes in entscheidender Weise bestimmen und unter Umständen irreversible Störungen verursachen. So ist das Gedeihen des Säuglings nicht allein von der Hygiene abhängig, vielmehr ist der persönliche Kontakt als Entwicklungsanreiz von ausschlaggebender Bedeutung. Frühkindliche Erfahrungen in der Bindung an **eine** Bezugsperson sind die Voraussetzung für spätere Bindungen und jegliche Einordnung in eine Gemeinschaft. Gibt es nicht zu denken, daß gerade jetzt in einer Zeit des allgemeinen Wohlstandes die Häufigkeit neurotischer Depressionen, bedrückender Verwahrlosung und der Neigung, jegliche Ordnung zu negieren, dauernd ansteigt? Dem Streben nach Genuß und materieller Besserstellung wird heute allgemein Vorrang gegeben. Dazu kommt, daß die Stellung der Mutter und „Nur-Hausfrau" von der Öffentlichkeit sehr gering eingeschätzt wird. Wieviele Säuglinge werden heute noch gestillt? Auch die ersten Tage des

menschlichen Lebens werden schon von der allgemeinen Chemisierungstendenz erfaßt und beherrscht. Mutterferne in den ersten drei Lebensjahren steigert die Gefahr des späteren Abgleitens in Kriminalität und Verbrechen auf das Fünffache. Obwohl die Jugendlichen in unserer Zeit mehr Geld und Genuß haben, als es jemals der Fall war — die Eltern wollen ihr Schuldkonto und -gefühl abdecken — sind sie unzufriedener und unerfüllter, als die entsprechenden Altersstufen vordem. In der Bundesrepublik greifen heute 51% der 15- bis 18jährigen immer wieder zum Alkohol, und 48% der 15jährigen rauchen täglich mehr als eine Schachtel Zigaretten. Die Zahl der Diebstahlsdelikte Jugendlicher steigt dauernd und enorm. Die Krise, die jetzt das Abendland schüttelt, ist ohne Zweifel zum beachtlichen Teil durch ein Versagen der Familie hervorgerufen. Wir müssen alle unsere Verantwortung erfassen, den Heranwachsenden ein Beispiel der Liebe, der Opferbereitschaft und des Bereitseins zu notwendigem Verzicht vorleben.

LITERATUR:

I. Eibl-Eibesfeldt, Grundriß d. Verhaltensforschung, Christa Meves, Psychagogin, Hamburg

Wie Frau Dr. Adelina Husslein, Facharzt für Geburtshilfe und Gynäkologie am 7. Dezember 1977 vor der Arbeitsgemeinschaft erklärte, werden in Wien in einem einzigen Monat, in einer einzigen Klinik etwa **200 Abtreibungen an Mädchen unter 18 Jahren** vorgenommen.

Was das für einen jungen Menschen, der eben erst sein Leben der voll entfalteten Geschlechtlichkeit begonnen hat, was das für unser Österreich bedeutet, möge jeder Leser selbst überlegen.

Der **Wasserbedarf** hat sich in der Bundesrepublik zwischen 1950 und 1970 von 7,7 Mrd. m^3/Jahr auf über 16,2 Mrd. m^3 erhöht; das ist eine Zunahme von über 100 Prozent. Die Trink- und Brauchwassergewinnung erfolgte 1969 noch zu 12 Prozent aus Quellen und Brunnen, zu 53 Prozent aus dem Grundwasser und zu 35 Prozent aus Oberflächenwassern; 1975 mußte er zu 53 Prozent aus Oberflächengewässern gewonnen werden, während Quellen und Brunnen nur mehr 10 Prozent des Bedarfs deckten. Die Steigerung des Wasserbedarfs wird vor allem durch die Industrie, daneben durch Anheben sanitärer Einrichtungen erklärt. Noch 1974 wurden diese Abwässer zu 29 Prozent unbehandelt, zu 32 Prozent nur mechanisch geklärt und lediglich 39 Prozent biologisch bzw. chemisch geklärt in die Gewässer zurückgeführt.

Im Jahre 1935 lag der Phosphatgehalt des Bodensees bei 2 mg/m^3, 1975 aber bei 52 mg, wovon ca. die Hälfte aus der landwirtschaftlichen Düngung stammen. Auch etwa 50 Prozent der Stickstoffeintragungen stammen aus der Landwirtschaft.

In den nordschottischen Moray-Firth werden Abfälle aus den Whisky-Brennereien eingeleitet, die täglich 16 t Sauerstoff verbrauchen, was dem Sauerstoffgehalt von 2 Mio. m^3 Seewasser entspricht. (Naturw. Rdsch. 3/77)

Wann machen wir endlich ernst mit der Abkehr von der sinnlosen Verschwendung von Energie und Rohstoffen?

Die **Zugvögel** werden nach Forschungen an der Vogelwarte Rossitten-Radolfzell in erster Linie durch innere, angeborene Faktoren gesteuert und in Aufbruchstimmung versetzt. Die äußeren Faktoren, Änderung der Tageslichtdauer, der klimatischen Bedingungen und Änderungen im Nahrungsangebot spielen nur eine untergeordnete Rolle. Nicht nur ausgesprochene Zugvögel, sondern auch weniger weit wandernde Arten besitzen innere Kalender — biologische Langzeituhren —, die selbst bei einem im Käfig bei künstlicher Beleuchtung gehaltenen Vogel nicht nur den Zeitpunkt des Aufbruchs, sondern nach neuesten Befunden sogar die Dauer der Wanderung vorschreiben. Wenn der innere Kalender einem jungen, unerfahrenen Zugvogel das Signal zum Aufbruch gibt, dann zieht er in angeborener Zugrichtung los, wandert dann so viele Wochen, wie sein inneres Programm Wanderaktivität vorschreibt, und befindet sich beim Erlöschen des Wandertriebes „automatisch" im artspezifischen Winterquartier. Dieser „innere Jahreskalender" gehört zur Gruppe der im gesamten Tierreich weit verbreiteten „biologischen Uhren". Es handelt sich um angeborene Mechanismen der Zeitmessung, deren Periodik auf die Umwelt abgestimmt ist, die es den Lebewesen ermöglichen, sich in die Zeitstrukturen der Umwelt sinnvoll einzuordnen. Zwei dieser Uhren sind für Vögel von hervorragender Bedeutung: Die Tageszeitenuhr (das circadiane System), mit deren Hilfe Zugvögel u. a. bei der Kompaßorientierung mittels der Sonne Zugrichtungen einzuhalten vermögen, und die Jahreszeitenuhr (das circannuale System). Während unsere Kenntnisse über das circadiane System in den vergangenen 25 Jahren weit vorangetrieben werden konnten, steht die Erforschung des circannualen Systems noch in ihren Anfängen. Vor wenigen Jahren ist am Max-Planck-Institut der Nachweis erbracht worden, daß die Periodik der Zugunruhe und der Mauser mit einer von 12 Monaten leicht abweichenden „circannualen" Periode weiterläuft, wenn die Vögel im Laboratorium unter jahreszeitlich konstanten Bedingungen in einem immer gleichbleibenden Belichtungswechsel von beispielsweise 10 Stunden Licht und 14 Stunden Dunkelheit gehalten werden. Auch der Zyklus der Keimdrüsenfunktion wird von dieser Rhythmik gesteuert. Eine Versuchsgruppe von handaufgezogenen Grasmücken hat unter konstanten Laboratoriumsbedingungen einen ungefähr jährlichen Rhythmus einzelner Körperfunktionen über acht Jahre beibehalten. Da der circannuale Rhythmus jedoch eine Periode von rund 10 Monaten hatte, verschob sich der Beginn jeder Mauser von Jahr zu Jahr auf frühere Termine. Da außerdem verschiedene Individuen unterschiedliche Periodenlängen entwickelten, waren nach einer Reihe von Jahren einige Vögel noch in der Wintermauser, während andere schon ihre Sommermauser durchmachten. (Umsch. 76)

Die Weibchen der **Dasselfliege** kopulieren nur einmal. Ihre Larven erzeugen bekanntlich beim Weidevieh Geschwüre, die die Haut durchlöchern und wertlos machen. Durch Aussetzen von Massen strahlensterilisierter Männchen gelang es in weiten Teilen der USA bereits in den sechziger Jahren den Schädling auszurotten. Anfangs der sechziger Jahre mußte man aber bei diesem Bemühen vielerorts Mißerfolge feststellen. Man hatte im Zuge von Rationalisierungsmaßnahmen die gezüchteten Fliegen in engen Behältern bei völliger Dunkelheit und konstanter Temperatur aufgezogen. Das Ergebnis waren Männchen, die nicht so kräftig und vor allem erst am Nachmittag aktiv waren. Zu dieser Zeit aber waren die Weibchen bereits von den wildlebenden Männchen begattet. (Science 130/902)

Bei **Bienen und Wespen** werden bei den Larven während der ganzen Larvenentwicklung keinerlei Stoffe abgegeben. Durch diesen absoluten Verschluß werden die engen Entwicklungskammern sauber gehalten und Infektionsgefahren stark herabgesetzt. Erst mit Abschluß der Wachstumsphase werden die Abfallprodukte des Körpers abgegeben.

Die **Wollhandkrabbe** laicht nach mehrjährigem Aufenthalt im Süßwasser im Wattenmeer und geht dann an Entkräftung zugrunde. Sie wurde vor dem ersten Weltkrieg in die norddeutschen Flüsse eingeschleppt und hat sich dort enorm vermehrt. Infolge ihrer engen Bindung an das Meer ist das Binnenland von diesem Schädling verschont. Sie zerstört die Netze der Fischer, frißt Fische und auch sonst alles und beschädigt auch Damm- und Uferbauten. Ihr Fleisch ist nicht beliebt.

Außer der **alkoholischen (Hefe-)Gärung** tritt bei der Reifung des Weines auch eine **Milchsäuregärung** auf, die für die Geschmacksbildung sehr wichtig ist. In der Schweiz wurde nun beobachtet, daß durch Bakteriophagen gelegentlich diese Milchsäuregärung gestört wird. Es wurden sogar drei verschiedene Typen durch Zentrifugieren isoliert und elektronenoptisch bestimmt. Zum Unterschied von den meisten Bakteriophagen finden sich diese in einem sehr sauren Milieu (unter p_H 3,5). (Naturw. Rdsch. 10/76)

Das **Zentrallaboratorium für Mutagenitätsprüfung** (ZLM) wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Jahre 1969 in Freiburg errichtet mit der Aufgabe, möglichst umgehend viele Substanzen sehr gründlich auf ihre mutationserzeugende Wirkung zu prüfen, um den Gebrauch eventuell gefährlicher Substanzen zu kontrollieren und beschränken zu können.

Bromatologie ist die Wissenschaft und Kunst vom Essen. (Umschau 22/1976)

Die **Einengung** der Anzahl von **Kulturpflanzen-Sorten**, wie sie vielfach geübt und propagiert wird, bedeutet eine große Gefahr bei Epidemien oder gewissen Schädlingsbefall.

Unter den Erregern des Trippers (Gonorrhoe), den Gonokokken, gibt es steigende **Resistenz gegen Penicillin.** Seit 1976 sind aus England, den USA und dem Fernen Osten Formen mit kompletter Penicillin-Resistenz bekannt geworden. Sie besitzen ein Enzym (Beta-Lactamase), das das Penicillin unwirksam macht. Diese penicillinresistenten Stämme können zwar mit anderen Antibiotika behandelt werden, die aber wesentlich teurer kommen. (Rdsch. 3/77)

Durch die vermehrte Salzstreuung auf den Straßen kommt es zu einer **zunehmenden Versalzung** der benachbarten Böden. Immer mehr Pflanzen der Meeresküsten können sich jetzt im Binnenland ansiedeln.

Die Höhe der Dosierung und die Kombination von **Vitaminen** wird immer mehr zu einer ärztlichen Kunst. Linus Pauling empfiehlt z. B. 1—3 g reine Ascorbinsäure pro Tag zur Verhinderung von Erkältungskrankheiten.

Die meisten **Zigaretten** werden gedankenlos geraucht. Der Griff nach der Zigarettenpackung geschieht häufig fast im Unterbewußtsein, er ist wie eine Reflexbewegung.

Den Proteinmangel der Entwicklungsländer versucht man seit zwei Jahrzehnten durch neue **Getreiderassen mit höherem Eiweißgehalt** zu lindern. Leider mußte man aber feststellen, daß der Ernteertrag proteinreicherer Sorten jeweils schlechter war. Die Erklärung dafür fand man darin, daß eiweißreiche Sorten mehr Energie enthalten — also aufgenommen haben — als proteinärmere. Eine Pflanze braucht aber für den Aufbau von Eiweiß nicht nur relativ mehr Photoenergie, sondern natürlich auch mehr Stickstoffdünger. Eine Erhöhung des Energiebedarfs ist aber schon zu verzeichnen, wenn die Zusammensetzung des Eiweißmoleküls geändert wird. Ein Nachteil verschiedener Getreidepflanzen, besonders von Mais, ist der geringe Anteil der Aminosäure Lysin, die für den Menschen lebensnotwendig ist. Gewisse Mutanten (Gerste 1508, Mais opaque-2 und Negerhirse enthalten viel Lysin; die Zahl ihrer Körner ist vermindert. Es scheint also, daß jede Vermehrung des Eiweiß- oder speziell des Lysingehaltes teuer erkauft werden muß. Wahrscheinlich ist der Eiweißgehalt genetisch an Faktoren gekoppelt, die eine Entwicklung des Endosperms hemmen.
(Naturw. Rdsch. 10/77)

Das Sammeln von **Weinbergschnecken** ist in Bayern gesetzlich geregelt. Nur jedes dritte Jahr dürfen Tiere mit einem Mindest-Schalendurchmesser von 3 cm gesammelt werden. Im Jahre 1976 wurden von den acht befugten Sammelfirmen 145 217 Kilogramm Schnecken gesammelt.

In **China** hat man nicht nur die Spatzen, sondern anscheinend auch die **Stubenfliege** durch eine allumfassende Kampagne **ausgerottet.** Der amerikanische Entomologe R. Metcalf (Illinois) berichtet, daß er auf einer 27tägigen Reise durch das Riesenreich auch in rein ländlichen Gebieten, in Schweine- und Rinderstallungen nur 39 Stubenfliegen zu Gesicht bekam. (Nw. Rdsch. 10/77)

Nach einem **Langstreckenflug** in östlicher oder westlicher Richtung über sechs Zeitzonen hinweg dauert es beim Menschen etwa 3 Tage, bis seine tagesperiodischen (circadianen) Oszillatoren mit der für das Reiseziel gültigen Zonenzeit wieder synchronisiert sind. Die Resynchronisations-Geschwindigkeit ist für verschiedene rhythmische Funktionen unterschiedlich groß. Es tritt deshalb zur vorübergehenden Störung der normalen Phasenbeziehung zwischen Organismus und Zeitgeber der Umwelt noch eine vorübergehende Störung der inneren Phasenbeziehungen. Schädliche Folgen häufig wiederholter Flüge sind deshalb nicht ausgeschlossen. West—Ost-Flüge und deren Folgen lassen sich in einem Laboratorium simulieren, indem man den Licht-Dunkel-Wechsel plötzlich um mehrere Stunden verschiebt. Im Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie hat man in lichtdichten Kasten je 20 bis 30 Fliegen in 5-Liter-Gläsern mit Leuchtstoffröhren beleuchtet und den Einfluß von Verschiebungen der Licht-Dunkel-Periodik auf die Lebensdauer untersucht. In den Kasten, in denen der Licht-Dunkel-Wechsel alle Wochen einmal um 6 Stunden vor- bzw. zurückverschoben wurde, war die Lebensdauer der Fliegen mit 97,8 10,9 Tagen im Vergleich zu den normal weiterlebenden Tieren (mit 125,2 6,1 Tagen) deutlich verkürzt. (Nat. wiss. 11/58)

Mindestens **sechstausend Gene** sind an der Bildung der anatomischen und physiologischen Strukturen des Wirbeltierauges beteiligt. (Prof. D. Klein, Humangenetik, Genf)

Nicht aus Rassenkunde und Rassenwissen, sondern aus Rassenunwissen hat sich der **Rassenwahn** entwickelt.
(Ulrich Kattmann, Rassenbilder, Jugenddienst-Verlag)

Mit Hilfe der Radiokarbonmethode konnte festgestellt werden, daß die **Besiedlung Australiens** vor 40 000 Jahren erfolgt sein dürfte. (Nat. wiss. Rdsch. 10/76)

Bei verschiedenen Kulturpflanzen kennt man immer mehr **Mutationen,** die die **Reduktionsteilung stören** und damit die Ausbildung funktionstüchtiger Keimzellen verhindern. Bei der Erbse z. B. sind bereits 39 Mutanten dieser Art bekannt.

Die **Resistenz gegen Krankheiten** ist stark abhängig von der seelischen Stimmungslage. Mäuse, die unter dem Streß von Lernversuchen (mit event. Strafen) standen, waren gegen verschiedene Infektionen wie Herpes, Polyomyelitis, Coxsackie-Viren und Polyom verstärkt anfällig. Sowohl klinische Beobachtungen als auch Tierversuche zeigten eine verminderte Widerstandskraft gegen Krebs auf, wenn eine seelische Depression bestand. Es wurde z. B. nachgewiesen, daß das Angehen experimenteller Sarkome bei Ratten auch durch die Behandlung der Tiere in der frühen Jugend stark beeinflußt wird. Die Reaktion auf ein bakterielles Antigen wurde bei Ratten durch Überfüllung im Käfig verhindert. Mäuse, die in Gruppen gehalten wurden, haben wesentlich niedrigere Antikörpertiter als solche, die einzeln lebten, was den Einwand entkräftet, daß etwa in der Gruppe mehr Infektionsmöglichkeiten bestehen. Die dominierende Leitmaus aber hatte den höchsten Antikörpergehalt. Bei Primaten steigerte eine kombinierte Reizung durch Licht, Schall und Berührung die Cortisonausschüttung und senkte dadurch die Antikörperreaktion gegen Rinderalbumin. Auch bei Hunden und Hundsaffen wurde die Immunreaktion durch Streß und psychische Konflikte deutlich vermindert.

Die Ergebnisse lassen den Schluß zu, daß einer der Wege, auf denen die psychische Stimmung in die Immunreaktion eingreift, die Reizung der Nebennierenrinde durch das Adrenokortikotrope Hormon der Hirnanhangdrüse ist. Dadurch wird die Zahl der Lymphocyten verringert und bei längerer Dauer die Milz und die Thymusdrüse verkleinert, während im selben Maße die Infektanfälligkeit zunimmt. Das gilt selbst noch in der Gewebekultur von Milzzellen aus Mäusen unter Streßwirkung. Gleichzeitig soll auch die Produktion des Interferons gehemmt sein. Die Nebenniere ist aber nicht für alle Folgen psychischer Einflüsse verantwortlich. Noch ungeklärt ist in diesem Zusammenhang die Rolle des Hypothalamus. Bei Ratte und Meerschweinchen hat die Schilddrüse einen Einfluß auf die Immunreaktion, und diese ist abgeschwächt, wenn die Schilddrüse entfernt wird. Die engen Beziehungen zwischen Schilddrüse, Thymusdrüse und Lymphsystem sind auch aus der Humanpathologie gut bekannt. Psychische Faktoren vermögen also auf verschiedenen Wegen die Anfälligkeit gegen Infektionen, Tumoren und Immunreaktionen wie Asthma und Ausschläge zu modifizieren. Dabei sind sowohl hormonale Einflüsse als auch solche des autonomen Nervensystems beteiligt, über welche das Gehirn die Immunreaktionen sowohl hemmen als auch fördern kann.
(Naturw. Rdsch. 10/77)

Pflanzeneigene Abwehrstoffe. Die größte Bedrohung für viele Kulturpflanzen stellen pilzliche Parasiten dar. Die Beeinträchtigung der Qualität und die Verminderung der Ernteerträge bedingen oftmals große wirtschaftliche Verluste. Die meisten durch Pilze verursachten Pflanzenerkrankungen werden mit Chemikalien bekämpft. Häufig werden diese Mittel direkt auf die Pflanzen gespritzt, um die Pilzsporen am Auskeimen zu hindern. Der Nachteil des Verfahrens besteht darin, daß alle nach der Behandlung neu gewachsenen Pflanzenteile wiederum der Infektionsgefahr ausgesetzt sind, so daß mehrfach gespritzt werden muß. Dies bedeutet natürlich eine zunehmende Gefahr für das ökologische Gleichgewicht des Gebietes. Dieses Problem wird durch die Anwendung sogenannter **systemischer Fungizide** weitgehend entschärft. Das sind synthetische Stoffe, die über Wurzeln oder Blätter direkt in die Pflanze eindringen und sie von innen heraus schützen. Eine Reihe von Pflanzen besitzt jedoch schon solche Komponenten, die sie selbst in ihrem Stoffwechsel synthetisie-

ren. Diese Verbindungen, als Phytoalexine bezeichnet, können von Natur aus in der Pflanze vorkommen oder erst durch einen überstandenen Parasitenbefall induziert werden. Im Wyeron hat man eine Substanz kennengelernt, die durch Botrytis-(Pilz-)befall in Sämlingen der Ackerbohne (Vicia faba) induziert wird und für viele Pilzschädlinge hochgiftig ist. Es gibt allerdings auch Pilzschädlinge, die wahrscheinlich das Wyeron metabolisieren können. Die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung solcher fungestatisch wirkenden Verbindungen eröffnet neuartige Möglichkeiten der Schädlingsbekämpfung. Diese Verbindungen stellen in der Natur keinen Fremdkörper dar, sind also wirksame Schädlingsbekämpfungsmittel, die die Umwelt nicht belasten. Fortschritte in dieser Richtung sind bereits erzielt worden: Eine Varietät von Nicotiana glutinosa wird niemals von Rostpilzen befallen. Auf der Oberfläche der Blätter befindet sich Sclareol, ein Terpen, das sich als hochwirksam gegen Rostpilze erwies. Ein Präparat, das 0,01% Sclareol enthielt und das auf Weizen- und Bohnenpflanzen aufgespritzt wurde, verlieh den behandelten Pflanzen vollkommenen Schutz vor einem Rostpilzbefall. Unbehandelte Kontrollpflanzen, die ebenfalls einer Infektion ausgesetzt wurden, zeigten dagegen bald schwere Befallserscheinungen und gingen z. T. zugrunde. Es bleibt zu hoffen, daß in Zukunft ein Schutz der wichtigsten Kulturpflanzen vor Krankheiten durch Substanzen erreicht wird, die die Natur selbst erzeugt. (Naturw. Rdsch. 5/77)

Harnsteine, Steinbildungen in den Ausscheidungsorganen sind nicht nur bereits an ägyptischen Mumien, sondern auch an einem Meeressaurier und einem Höhlenbären festgestellt worden. Um eindeutig krankhafte Bildungen handelt es sich auch bei Schnecken, Muscheln und Bienen. Bei Pferden und Rindern werden mächtige Gebilde (bis 10 cm Durchmesser) von Kalzit mit wechsellagernden Mg-reicheren Partien angetroffen. In unseren Ländern ist etwa ein Promille der Bevölkerung von Steinleiden betroffen. Die Anzahl der „stummen" Nierensteine, die keine Beschwerden bereiten, ist viel größer. Als Steinbildner kommen beim Menschen Oxalate (55%) vor, Phosphate (25%) ($Mg . NH_4 . PO_4 . H_2O$ Struvit, Ca-häItige Phosphate), Harnsäuresteine (enthalten kein Kalzium, bei sehr saurem Harn, übermäßigem Fleischkonsum, 17%), Zystinsteine (hellgelb, weich sind selten). Die Erfahrungen der Hungerzeiten lehren, daß weniger üppiges Essen den Steinbefall vermindert. Die eigentlich steinbildende Störung liegt wahrscheinlich im feinen Kanälchen- oder Tubulussystem der Nieren. Die vorerst mikroskopisch kleinen Steinchen wandern abwärts und bleiben schließlich bei kleiner Harnflut an der Auskleidung des Nierenbeckens hängen. Hier wachsen sie vor allem bei Nierenbeckenentzündung rasch zu unterschiedlich großen Steinen heran. Schließlich können Steinausgüsse das ganze Nierenbecken ausfüllen und verlegen. Häufig machen selbst recht große Steine außer einem zeitweiligen Druckgefühl in der Lendengegend weiter keine Beschwerden. Erst wenn sich der Stein bewegt und im Ausgang des Nierenbeckens oder weiter unten im Harnleiter verklemmt, entsteht plötzlich, oft bei sonst völliger Gesundheit, die Nierenkolik. Sie wird dadurch verursacht, daß der eingeklemmte Stein den Urin aufstaut und die Schleimhaut reizt. Der Harnleiter versucht, den störenden Fremdkörper durch heftigste Kontraktionen seiner Wandmuskulatur blasenwärts auszutreiben. Der kolikartige, wellenartig an- und abschwellende Schmerz strahlt bei hoher Steineinklemmung am oberen Harnleitereingang von der Lendengegend her nach dem Unterbauch aus. Ein zweiter Engpaß für Steine ist die Kreuzungsstelle zwischen Harnleiter und großen Beckengefäßen, ein dritter am Harnleiterausgang in die Blase. Kommt der Harnleiter hier zum Krampfen, strahlen die Schmerzen u. U. bis in die Hoden aus. Die Koliken gehen oft mit Übelkeit und Erbrechen, auch mit reflektorischen Darmlähmungen einher. Im Harn erscheinen durch kleine Schleimhautrisse rote Blutkörperchen. Der Nierensteinpatient lenkt sich oft durch Bewegung ab, die ihn erleichtert, während „akute Bauchpatienten" Bewegungen nach Möglichkeit meiden. Die Unruhe der Nierensteinpatienten ist insofern sinnvoll, als mechanische Erschütterungen den Stein oft austreiben. Wärme, heiße Bäder, krampflösende Arzneimittel und reichliches Trinken erhöhen die Chance, daß kleine Steine abgehen. Der Stein kann unter Umständen in der Harnblase liegenbleiben, wo er als Blasenstein weiterwächst.

(Vortrag v. Prof. Preisinger, Mineralog. Institut, Meyer Nachschlagewerk „Wie funktioniert das")

Der Gynäkologe und Vorstand der Frauenabteilung am Wilhelminenspital Dr. Kurt Baumgartner verlangt, daß die Drei-Monate-Frist bei der Handhabung der Fristenlösung eingehalten werde; die gesetzliche Handhabung in Österreich ermögliche eine Verlängerung der „Frist" um 28 Tage, was für die Patientinnen die Gefahr eines ungünstig verlaufenden Ausgangs der Abtreibung erhöhe. Zweitens, sagte Baumgartner, sei es unverantwortlich, daß Schwangerschaftsabbrüche von jedem Arzt — unter Umständen auch von einem Zahnarzt — durchgeführt werden könnten. Drittens seien statistische Untersuchungen in Zusammenhang mit der Fristenlösung aus Gründen der Volksgesundheit und aus wissenschaftlichen Gründen unumgänglich notwendig. Ausländische Untersuchungen zeigten nämlich, daß bei Frauen, die mehrere Abtreibungen hinter sich haben, die Gefahr späterer Frühgeburten und Komplikationen bei späteren Geburten um bis zu hundert Prozent steigen. (Pressemeldung)

1 Zigarette = eine Viertelstunde Lebensverkürzung. Nach Schätzungen des deutschen Bundesgesundheitsministeriums sind dem Tabakgenuß in der Bundesrepublik jährlich 140.000 Todesfälle zur Last zu legen. Aus der verminderten Lebenserwartung der Raucher läßt sich eine gute Viertelstunde Lebensverkürzung pro Zigarette errechnen. Weitere interessante Zahlen gibt F. Trendelenburg in Nr. 11/1977 der Münchener Medizinischen Wochenschrift: Mehr als 600 Schadstoffe wurden bisher im Rauch nachgewiesen. Der Tabakrauch enthält 200 bis 500 Millionen Festpartikel pro ml. Bei Inhalation von täglich 20 Zigaretten während 20 Jahren werden etwa 6 kg Staub in den tieferen Luftwegen deponiert. Dieser Zahl von 140.000 Todesfällen durch das Rauchen steht etwa die gleiche Anzahl von Todesfällen durch bösartige Neubildungen gegenüber. Im Kampf gegen den Krebstod macht die Öffentlichkeit staunenswerte Anstrengungen, im Kampf gegen den Tod aus der Zigaretten aber übt man Zurückhaltung selbst, wenn es sich um halbe Kinder handelt. (Umschau 12/77)

Durch die Pille werden offensichtlich die schädlichen Wirkungen des **Nikotins** gesteigert. Das stellte die amerikanische Arzneimittelaufsichtsbehörde fest. In Zukunft erhalten in den USA Frauen, die in Apotheken Antibabypillen kaufen, ein Flugblatt, das über diese Gefahr aufklärt: „Wer die Pille nimmt und gleichzeitig raucht, hat ein dreimal höheres Risiko, an einer Herzattacke zu sterben als Frauen, die die Pille nehmen und nicht rauchen." (Presse I/78)

Durch wiederholte und **übermäßige Sonnenbestrahlung** können chronische Veränderungen in der menschlichen Haut auftreten; diese könnte man — etwas verallgemeinernd — sogar als ein vorzeitiges Altern — in schweren Fällen mit krebsartigen Vorstadien charakterisieren. Die meisten chemischen Lichtschäden entstehen an der Erbsubstanz der Zellen. Etwa 70 Prozent aller DNA-Schäden finden sich als Einzelstrangschäden, wobei zwei benachbarte Thymin-Moleküle zu Dimeren verbunden weren. Dadurch wird an dieser Stelle die DNA inaktiviert; die Teilung der Zellkerne wird innerhalb von 4 bis 24 Stunden dosisabhängig gedrosselt. Während dieser Zeit laufen an der zellulären DNA Reparaturvorgänge ab; die funktionell inaktivierten Bereiche werden enzymatisch herausgeschnitten und ersetzt. Bei Überforderung der Reparaturvorgänge kommt es zu bleibenden Lichtschäden. (Umschau 14/77)

Grippeviren sollen nach Forschungen sowjetischer Wissenschafter auch durch Hunde, Pferde, Vögel und Schweine auf Menschen übertragen werden können. Die Viren könnten im Körper der Tiere längere Zeit latent vorhanden sein. (Presse I/78)

Genetische Experimente, die zu gefährlich sind. Dem Bakterium Escherichia coli wurde in einem amerikanischen Laboratorium das Gen für das Enzym Cellulase eingepflanzt. Sollten sich solche Bakterien in menschlichen Därmen ausbreiten, so würde dies zu chronischen und eventuell tödlichen Durchfällen führen. Nach dem erfolgreichen Abschluß dieses genetischen Experiments haben die Forscher die potentielle Gefährlichkeit erkannt und die entsprechenden E.coli-Stämme zerstört.

Die Krebsforschung konzentriert sich in den letzten Jahren auf die Frage, inwieweit auch beim Menschen Viren als verursachende Faktoren im Spiel sind (im Tierversuch ist das eine längst bekannte Tatsache). Der Einbau des gesamten Genbestandes des Tumorvirus SV 40 in die DNA von E.coli wäre ein sehr interessantes Experiment, es

könnte vielleicht zur Lösung des Problems beitragen. In Erkenntnis der Gefahr wurde aber das Experiment nicht ausgeführt. (Umschau 14/77)

In den Auseinandersetzungen um das **Pro und Kontra der Kernenergie** gibt es eine bemerkenswert sachliche Kritik in der Zeitschrift „Scheidewege". Dieser Aufsatz schließt mit folgenden Worten: Es formiert sich schon ein Widerstand der Bevölkerung in den auserwählten Distrikten, und wenn man sich nicht entschließt, mit solchen Leuten kurzen Prozeß zu machen, wird man mit langen Prozessen rechnen müssen. Währenddessen wächst, Tag für Tag, das Gewicht der vollendeten Tatsachen, nimmt die Anzahl der Brennelemente in den Atomkraftwerken zu. Die Flut des Unrats schwillt unaufhörlich an, also muß Rat geschaffen werden, koste es, was es wolle. Da verblassen schnell die Bilder von der sauberen Energie und der sorglosen Zukunft, es treten immer deutlicher hervor die harten Konturen des Bildes einer Technologie von ungeheuerlichen Dimensionen, deren Schöpfer aus der Euphorie und der naiven Ignoranz der Anfänge über die Routine des wachsenden Erfolges in die selbstgeschaffenen Zwänge geraten, die nicht mehr nur den Fortgang der Geschäfte bedrohen, sondern auch den Fortbestand der Menschheit berühren. (Umschau 16/77)

Buchbesprechungen

Fauna Europas, Bestimmungslexikon. Herausgeber Dr. Harry Garms, Hamburg, unter Text-Mitarbeit v. Dr. L. Borm. Wissenschaftliche Beratung: Prof. Dr. O. v. Frisch u. Prof. Dr. Schaller, Wien. Farbige Tierzeichnungen: Wilh. Eigener u. a. 577 Seiten im Format 16,5 × 27,5 cm, rund 1200 farbige Zeichnungen, rund 1100 Farbfotos, 45 farbige Übersichtstafeln, 7000 Stichwörter im Register. Georg Westermann-Verlag, Braunschweig, DM 78,—.

Dr Harry Garms ist unter anderem durch seine Unterrichtswerke „Lebendige Welt", „Die Natur" sowie das Bestimmungsbuch „Pflanzen und Tiere Europas" bereits allgemein bekannt geworden. Nun hat er durch den Westermann-Verlag ein neues sehr bemerkenswertes Werk vorgelegt. In der „Fauna Europas", einem „Bestimmungslexikon", werden die Tiere unseres Kontinents, nach systematischen Gesichtspunkten geordnet, mit einer Unzahl von ansprechenden Abbildungen und prägnanten, übersichtlichen Bestimmungstexten vorgestellt.

Die in Europa frei lebenden Säugetiere werden mit 175 Arten wohl zur Gänze erfaßt; das gleiche gilt für die Vögel mit 230 besprochenen Arten. Von den Kriechtieren stellen die 68 erfaßten Arten, von den Lurchen 37 und von den Fischen und Rundmäulern die 181 behandelten Arten gewiß die oberste Grenze dessen dar, was man sich überhaupt wünschen kann. Lanzettfischchen, Manteltiere, Eichelwürmer und Tentakulata wurden nicht vergessen. Trotz der unbedingt notwendigen Beschränkung in der weiteren Auswahl wurden sogar von den Insekten noch über 230, von den übrigen Gliederfüßern fast 60 Arten erfaßt. Die Weichtiere scheinen mit 170 Arten auf. Lediglich ganz kleine und für die Naturbeobachtung weniger hervortretende Gruppen wie die Rundwürmer, die Saug- und Bandwürmer sowie die Protozoen wurden nicht in das Werk aufgenommen.

Eingehend werden zunächst die Prinzipien des Buchaufbaues, der Systematik und der Bestimmungsmerkmale erläutert und auch durch Skizzen dargelegt. Die systematische Einordnung bildet für das ganze Werk das feste Gerüst; dementsprechend wird sie auch durch prägnante Sätze gekennzeichnet, klar abgegrenzt und überschaubar dargestellt. Durch eine bewunderswerte Prägnanz der Kennzeichnung, durch Anwendung aller drucktechnischen Finessen wie z. B. Verschiedenfarbigkeit des Druckes wird das Arbeiten mit dem Bestimmungswerke zu einem Vergnügen. Vor allem der systematische Begriff der Ordnung wird klar umrissen, ihre verwandschaftliche Stellung, die vermutlichen Zusammenhänge und die Aufgliederung in Verbindung mit der geographischen Verbreitung aufgezeigt. Interessant sind auch die Zahlenangaben über Häufigkeit und Verbreitung. Besonders eindrucksvoll und aufschlußreich sind die Stammbaumskizzen bei den Vögeln, die auch die mutmaßliche zahlenmäßige Entwicklung und schließlich auch die verschieden starke Spezialisation der sich verzweigenden Gruppen in Richtung auf einen Zustand besonderer Anpassung z. B. an das Wasserleben darstellen.

Jede Art wird mindestens durch ein Farbbild, durch übersichtliche Angaben über Aussehen, Größe, besondere Merkmale, über Lebensweise und Lebensraum, über bevorzugte Nahrung, Stimme, Ruf oder Gesang, über Fortpflanzung, Brutpflege und spezielle Lebensgewohnheiten gekennzeichnet. Angaben über das Verbreitungsgebiet liefert bei jeder besprochenen Art eine kleine Kartenskizze. Gegebenenfalls sind auch Abbildungen von Eiern und Flugbilder eingefügt. Gelegentlich finden sich auch Angaben über Brutzeit, bzw. Tragzeit, Nestbau und sonstige Eigentümlichkeiten der Fortpflanzung, aber auch über natürliche Lebensdauer und schließlich über die Bedeutung für den Menschen und für das ökologische Gleichgewicht.

Zusammenfassend muß gesagt werden, daß hier ein umfassendes und trotzdem übersichtliches, ja handliches Bestimmungs- und Nachschlagewerk vorliegt, nach dem Wissenschafter genau so gut wie interessierte Laien greifen werden. Vor allem bietet es dem Lehrer vielfältige Hilfe, daher möge das Buch in keiner Schul- und Lehrerbibliothek fehlen. Franz Muckenhuber

Paul R. Ehrlich, Anne H. Ehrlich, John P. Holdren. **Ecoscience:** Population, Resources, Environment. W. H. Freeman and Company 1977; ISBN-o-7167 -0029 -8

Das vorliegende Buch ist eigentlich die 2. Auflage eines schmalen Bandes, der 1975 unter dem Titel „Humanökologie" als Band 168 der Heidelberger Taschenbücher im Springer-Verlag auch in deutscher Übersetzung erschienen war. Mit dieser ersten Auflage hat der nun veröffentlichte Band — nicht weniger als 1000 Seiten Text im Großformat, an die 24 Abbildungen und 170 Tabellen — kaum mehr gemeinsam als den Grundplan der Organsation des Stoffes. Was Paul Ehrlich, Professor für Bevölkerungsprobleme an der Stanford Universität und einer der prominentesten Sprecher der weltweiten Umweltbewegung, seine Frau Anne Ehrlich, die in der Biologieabteilung der Stanford Universität arbeitet, und John P. Holdren, international renommierter Professor für Energie und Ressourcen an der Universität von Kalifornien in Berkeley nun vorgelegt haben, ist das bisher umfassendste und detailreichste Buch über Umweltwissenschaften: eine Beschreibung der Grundlagen menschlichen Lebens auf der Erde, Analyse der heutigen Probleme und Vorschläge zu ihrer Lösung. Es gibt kein wesentliches Thema der öffentlichen Diskussion um eine menschliche Zukunft für alle Menschen, dessen naturwissenschaftliche, wirtschaftliche, politische und ethische Ursachen und Folgen nicht in kompetenter Weise, zusammen mit vielen Lösungsvorschlägen der Autoren, diskutiert würde.

Selbst wenn man die Sicht der Autoren nicht teilt oder einigen ihrer Vorschläge nicht folgen will, ist dieses Buch von außerordentlichem Wert. Es ersetzt eine ganze Reihe einführender Kurzmonographien: Über Bevölkerungsprobleme und Geburtenkontrolle, Energieversorgung und alternative Energiequellen, Probleme der Kernenergie, das Problem der Ernährung der rasch wachsenden Weltbevölkerung, Entwicklungspolitik, Populationsbiologie und Ökosystemtheorie, Fragen einer ökologischen Ethik, Umweltpolitik usw. Immer wieder werden die Probleme an Hand aktueller Fallstudien illustriert. Text und Abbidungen sind von jener Einfachheit und Klarheit, welche — zum Unterschied von den meisten deutschsprachigen Lehrbüchern — die besten der amerikanischen Lehrbücher auszeichnet. Das Buch bietet damit die naturwissenschaftlichen Grundlagen, die neuesten Daten sowie die relevanten Argumente die man dazu braucht, um die Behandlung von Umweltfragen im Rahmen des Unterrichts in Physik, Biologie, Geographie und anderen Fächern auf den neuesten Stand zu bringen, aktueller zu machen und mit provokanten Thesen anzureichern. Von besonderem Wert ist die Zusammenstellung weiterführender Literatur, welche — zusammen mit einer kuzen Charakteristik des Inhalts — jedes Kapitel des Buches abschließt.

Als Hilfe zu einem aktuellen Unterricht sollte zumindest ein Exemplar der „Ecoscience" für Lehrer und Schüler erreichbar sein.

Peter Markl

CHEMIE

Dr. Edith Jarisch

Leonhard A. Hütter

Experimentelle Elektrochemie in Unterricht und Praktikum

1. Einführung

Elektronenübertragungsreaktionen oder Redoxreaktionen gehören zu den wichtigsten Reaktionstypen der Chemie. Ein wesentlicher Teil dieser vielfältigen Reaktionen, die von der großindustriellen Eisen- und Stahlerzeugung (Reduktionsmittel glüh. Kohlenstoff bzw. CO), Aluminiumgewinnung (Reduktionsmittel: Kathode) über die Photographie zu den verschiedenen Metallveredelungsverfahren, elektrochemischen Stromquellen einschließlich der Brennstoffzellen reichen, ganz abgesehen von den biologischen Redoxprozessen, wird durch die **Elektrochemie** beschrieben.

Leider ist gerade dieses, für ein grundlegendes Verständnis der Chemie so wichtige Gebiet für den Experimentalunterricht der Schule und auch besonders für Schülerübungen trotz einer Fülle dafür angebotener Materialien — oder gerade deshalb — weitgehend unerschlossen. Umsomehr ist es zu begrüßen, daß nunmehr ein von R. Stein entwickelter und von der bekannten Lehrmittelbaufirma Prof. Dr. Maey GMBH, Bonn, verbesserter **„Arbeitsplatz für Elektrochemie"** geschaffen wurde, der Beachtung verdient und nachfolgend in seinen vielfältigen Möglichkeiten beschrieben ist.

2. Arbeitsplatz für Elektrochemie — Beschreibung

Ein grundlegender Nachteil für Experimente aus der Elektrochemie ist nicht so sehr das Fehlen von Einzelteilen

(Elektroden, Elektrolytschlüssel), als vielmehr der zeitaufwendige Zusammenbau derselben zu Meßketten u. dgl., was sich insbesondere bei Schülerübungen sosehr auswirkt, daß, abgesehen vom Fehlen mehrerer gleichwertiger Meßgeräte, die stromloses Messen gestatten, dieses interessante und wichtige Gebiet fast zwangsläufig vernachlässigt ist.

Demgegenüber bietet der nun verfügbare „Arbeitsplatz" auf einem stabilen Experimentiertablett, das in der Größe dem Platzbedarf eines Schülers angepaßt ist, alle für eine ganze Reihe von Experimenten benötigten Materialien und Geräte, ausgenommen die Elektrolytlösungen.

Diese lassen sich jedoch in einer Vorratsflasche leicht herstellen und können dem Schüler in Plastikfläschchen einzeln zur Verfügung gestellt werden.

Der Arbeitsplatz besteht aus folgenden Einzelteilen (vgl. Abb. 1):

1. Tiefgezogenes, leicht zu reinigendes, stabiles Kunststoff-**Experimentiertablett,** 47 x 34 cm, mit Aufbewahrungsfächern für die beiden Zellblöcke mit zugehörigen Filterpapierstreifen, Elektroden und Elektrodenbüchsen, Kabel, Batterien, Pipetten, Schmirgelstein.

2. Dieses Kunststofftablett ist zugleich auch integriertes **Experimentierpult** mit eingebautem Elektromotor und Spannungsmeßgerät mit den entsprechenden Buchsen und Bedienungsknöpfen.

Der **Elektromotor** ist mit visueller Drehanzeige ausgestattet und dient einerseits zum „Sichtbarmachen" eines Elektronenstromes, andererseits auch zur Beobachtung einer Spannungsquelle unter Belastung.

Das **Meßgerät** besitzt einen Bereichswahlschalter für 5 Meßbereiche: 100 mV, 200 mV, 1 V, 2 V, 10 V. Zwischen Meßeingang und Meßgerät liegt ein FET-Operationsverstärker, der die Spannungsquelle — zwei 9 V-Batterien — nicht belastet und den sehr hohen Eingangswiderstand in einen geringen Ausgangswiderstand umwandelt. Die Meßeinheit besitzt zwei Eingänge:

a) Eingang für Spannungsmessungen an einfachen galvanischen Elementen („galv. Messung") mit einem R_i von 10^7 Ohm, und

b) Eingang für sehr hochohmige Spannungsquellen („pH-Messung"), $R_i = 10^{13}$ Ohm, z. B. zum Anschluß einer (kombinierten) Glaselektrode (Einstabmeßkette).

3. **Elektroden:** Ag, C (Graphit), Cd, Cu, Fe, Pb, Zn.

Mit diesen sieben Elektroden, die in die mit Elektrolytlösung gefüllten Öffnungen der Zellblöcke gesteckt und beliebig mitsammen kombiniert werden können, lassen sich eine Reihe wichtiger Rendoxpotentiale realisieren, die sonst nur sehr umständlich zugänglich sind.

4. **Spezialelektroden:** Pt, Ni/Pd (palladierte Nickelelektrode), Ag/AgCl-Bezugselektrode. Zum Schutz derselben und da sie z. T. in dest. Wasser aufbewahrt werden müssen, sind im Arbeitsplatz 3 Kunststoffbehälter vorhanden.

5. Das eigentlich Neuartige an diesem Arbeitsplatz sind jedoch die beiden **Zellblöcke.** Diese sind massive Kunststoffblöcke mit je 4 zylinderförmigen Elektrolytkammern, je einem Schlitz zum Einstecken der Elektroden und je einer seitlichen Bohrung derart, daß sich nach Zwischenlegen von — mit dest. Wasser angefeuchtetem — Filterpapierstreifen und Zusammenschrauben der beiden Blöcke auf einfachste Weise ein Elektrolytschlüssel bzw. Diaphragma ergibt. Dadurch gewinnt man 4 „Doppelzellen", mit denen nach Belieben und in kürzester Zeit galvanische Elemente aufgebaut und untereinander bzw. mit dem Meßgerät und/oder Elektromotor verbunden werden können, z. B. das System $Ag / AgNO_3$ 0,1 M // $ZnSO_4$ 0,1 M / Zn.

Man mag einwenden, daß man bei dieser Anordnung zwar den auf Grund der verschiedenen Einzelpotentiale der Halbzellen resultierenden Elektronenstrom verfolgen kann (Verbindungsdraht), nicht jedoch den sonst am Elektrolytschlüssel als „Draht" erfolgenden Austausch der Anionen. Abgesehen davon, daß man diesen Austausch auch an einem Diaphragma nicht beobachten kann, sind die Vorteile des Filterpapier-„Elektrolytschlüssels" insbesondere in einem Praktikum derart groß, daß diese kleine Schwäche des Arbeitsplatzes, wenn man sie überhaupt als solche bezeichnen soll, kaum als Mangel gelten kann.

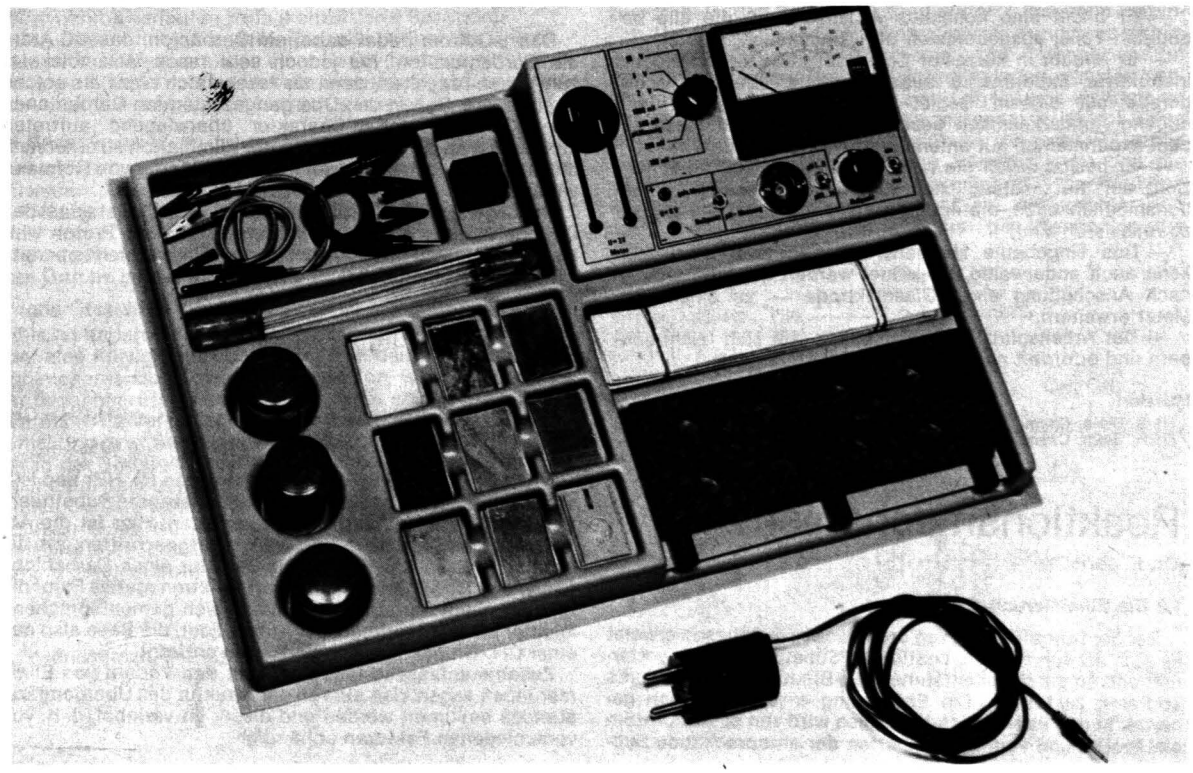
6. **Schutz- und Verpackungshülle** aus Kunststoff: Dadurch ist die staubfreie Aufbewahrung und Stapelung mehrerer Arbeitsplätze gewährleistet.

3. Arbeitsplatz für Elektrochemie — Experimentiermöglichkeiten

Die Möglichkeiten zur selbständigen Durchführung elektrochemischer Experimente sind auf Grund der raffiniert durchdachten Bauweise so vielfältig, daß hier nicht der Versuch unternommen werden kann, sie detailliert wiederzugeben, zumal ohnedies ausführliche Experimentieranleitungen (Arbeitsblätter) diese Möglichkeiten erschließen.

Insbesondere verdienen jedoch hervorgehoben zu werden:

a) die Möglichkeit der **potentiometrischen pH-Messung,** so daß dieses Gerät, nach Ankauf einer Glaselektrode für jeden Arbeitsplatz zur potentiometrischen pH-Messung, ja sogar für **potentiometrische Titrationen** verwendet werden und damit ein pH-Meter ersetzen kann.



b) die Möglichkeit, eine Reihe interessanter **organischer** Redoxsysteme aufzubauen, die als **Brennstoffzellen** technische Bedeutung haben.

Nachfolgend seien die wichtigsten Möglichkeiten des Arbeitsplatzes kurz aufgeführt:

1. Herstellung wichtiger Halbelemente (Redoxsysteme) sowie Aufbau von Galvanischen Elementen bzw. Spannungsmessungen an denselben.
2. Experimentelle Bestimmung der Normalpotentiale von Metallen und Nichtmetallen, daraus Aufstellen der elektrochemischen Spannungsreihe.
3. Bei Verwendung verschieden konzentrierter Elektrolytlösungen: Demonstration der Konzentrationsabhängigkeit des Redoxpotentials (NERNST-Gleichung).
4. Bestimmung von Löslichkeitsprodukten und Stabilitätskonstanten.
5. Bestimmung des Ionenproduktes des Wassers.
6. pH-Messungen — entweder mit Einstabmeßkette (Glas/Kalomel) oder mit Glaselektrode gegen Ag/AgCl als Bezugselektrode.
7. Potentiometrische Titrationen.
8. Elektrochemische Korrosion; Wirkung von Lokalelementen.
9. Nachvollzug technisch realisierter elektrochemischer Strom- und Spannnugsquellen einschließlich Leclanché-Element (Trockenelement) und Bleiakkumulator.
10. Demonstration von Elektrolysevorgängen, elektrolytische Reinigung von Metallen.
11. Herstellung galvanischer Metallüberzüge — entweder mit externer Stromquelle oder durch Verwendung eines geeigneten intern aufgebauten galvanischen Elements.
12. Sonderfall von 9.: Nachvollzug technisch oder in der Natur realisierter elektrochem. Brennstoffzellen. Folgende Beispiele können veranschaulicht werden:

a)	Hydrazin/O_2 (aus H_2O_2) Spannung ca.	890 mV
b)	Methanol/O_2	400 mV
c)	Methanol/O_2	910 mV
d)	Traubenzucker/O_2	390 mV

Durch laufendes Zutropfen des entsprechenden „Brennstoffes" und des Oxidationsmittels (H_2O_2) läßt sich der Betrieb längere Zeit kontinuierlich fortsetzen.

4. Zusammenfassung

Der „Arbeitsplatz für Elektrochemie" weist gegenüber herkömmlichen Versuchsanordnungen auf diesem Gebiet eine Reihe neuartiger Möglichkeiten und didaktischer Vorteile auf.

— Er bildet eine kompakte Arbeitseinheit, die alle benötigten Teile, ausgenommen die Chemikalien, umfaßt.

— Er erlaubt in kürzester Zeit eine große Anzahl höchst instruktiver Experimente auszuführen, so daß auch der gerade auf diesem Gebiet umfangreichen Theorie genügend Aufmerksamkeit geschenkt werden und diese zudem experimentell gut untermauert werden kann.

— Er besitzt durch die neuartigen Zellblöcke, unter Verzicht auf die umständlichen Elektrolytschlüssel Kombinationsmöglichkeiten, die in diesem Umfang sonst nur schwer zu realisieren sind.

— Das eingebaute Meßgerät mit den zwei Eingängen kann auch anderweitig verwendet werden und läßt sich — nach Anschaffung einer Glaselektrode — zu einem pH-Meter erweitern.

— Der Arbeitsplatz ist übersichtlich, läßt sich leicht säubern und erfordert nur geringe Substanzmengen.

Literatur:

(1) R. Stein, Chem. Exp. Didakt. **2** (2), 49 (1976)
(2) R. Stein, Chem. Exp. Didakt. **2** (7/8), 235 (1976)

Reaktionsmechanismen II

(Dr. E. Jarisch)

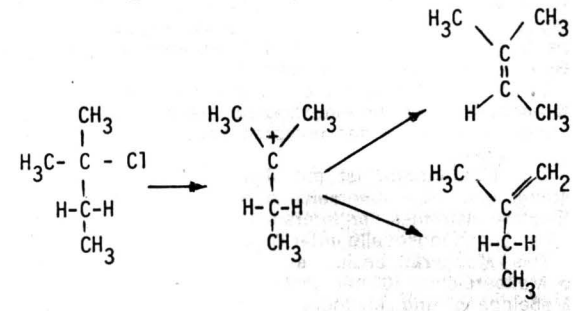
1.8 Die Eliminierungen

Bei der Durchführung von organischen Synthesen erweist es sich oft von Nutzen, bestimmte Substituenten zu entfernen und an die dabei entstehende π-Bindung etwas anderes addieren zu lassen. Die Entfernung wird **Elimination genannt. In den überwiegenden Fällen wird von einem C-Atom ein Proton und vom benachbarten der entsprechende Substituent Z abgespalten, daher spricht man von** β-Eliminierung. Der Substituent Z ist dabei ein nukleophiles Teilchen, weshalb diese Eliminierungen im ersten Teilschritt die Umkehr der nukleophilen Substitution darstellen können. Dies trifft besonders für die monomolekularen Eliminierungen zu.

1.8.1 Die monomolekulare Eliminierung: E_1-Mechanismus

Bei S_{N1}-Reaktionen stellt man häufig fest, daß als Nebenreaktion die Bildung eines Alkens stattfindet. Die Ursache dafür ist, daß ein Carbenium-Ion sich durch Abspaltung eines Protons vom benachbarten β-C-Atom stabilisiert. Daher ist auch hier wieder der langsamste Schritt die Bildung des Carbenium-Ions in einer unimolekularen Reaktion; sie wird besonders dann stattfinden, wenn das β-C-Atom an einer Kettenverzweigung sitzt:

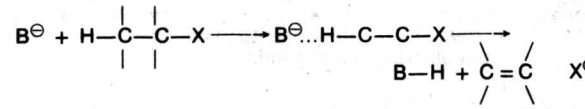
Abb.8: Der E_1-Mechanismus



Die allgemein feststellbare Regel, daß das „stärker substituierte" Alken bevorzugt gebildet wird, läßt sich auf die stabilisierende Wirkung von Methylgruppen zurückführen (vgl. Hyperkonjugation).

1.8.2. Die bimolekulare Eliminierung: E_2-Mechanismus

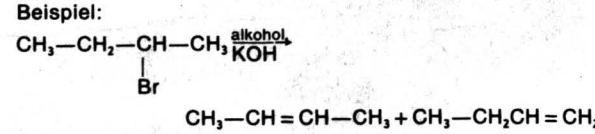
Wird die Eliminierungsreaktion durch Zugabe von Basen beschleunigt, so handelt es sich um den E_2-Mechanismus. Hier spaltet die Base ein Proton ab, während gleichzeitig der anionische Substituent das α-C-Atom verläßt (Synchron-Mechanismus oder „konzertierte" Reaktion):



Das α-C-Atom bildet dabei ein Carbanion, das β-C-Atom ein Carbenium-Ion, die jedoch sehr rasch intramolekular zum Alken reagieren, denn sie lassen sich nicht als solche nachweisen. Daß in den Übergangszuständen Carbanionen oder Carbenium-Ionen-Charakter überwiegend auftreten können, ist an der Orientierung der Elimination zu erkennen, die entweder nach der Regel von **Saytzeff** oder von **Hofmann** verläuft.

Die **Saytzeff-Orientierung** bei der Elimination ist quasi das Gegenstück zur Regel von Markownikoff: Das Proton wird überwiegend von dem C-Atom abgespalten, welches bereits weniger H-Atome besitzt.

Beispiel:

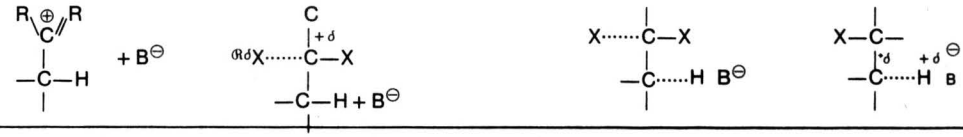


Nach Saytzeff findet die Abspaltung von HI, HBr und HCl statt, während HF und andere (meist sperrigere Substituenten) die **Hofmann-Orientierung** aufweisen. Hier ist die Abspaltung des Protons schon weiter fortgeschritten, als die Abspaltung von $X^{\ominus}$, so daß die Struktur eines Carbanions überwiegt. So begünstigt das stark elektronegative Fluor die Bildung eines Carbanions, welches sich dementsprechend leichter an einem primären C-Atom bildet, die Base also aus einer CH_3-Gruppe leichter ein Proton entfernt.

Zusammenfassend läßt sich über den Verlauf von Eliminierungen sagen, daß sie von der Struktur des Übergangszustandes bestimmt werden und dieser ist variabel, d. h. von verschiedenen Faktoren abhängig:

Carbenium-Ionen	Carbenium-ionenartig	Alken-artig	Carbanionen-artig
monomolekular		bimolekular	

Regel von Saytzeff **Regel von Hofmann**



Die E_2-Eliminierung erfolgt stereospezifisch, so daß H-Atom und und X-Gruppe möglichst weit voneinander entfernt sind. Dies nennt man eine „anti"-Eliminierung. Auf diese Weise lassen sich aus Diastereomeren gezielt die cis- oder trans-Alkene herstellen.
Da Substitution und Eliminierung Konkurrenzreaktionen darstellen, wird bei S_N-Reaktionen die Eliminierung als unerwünscht auftreten bzw. umgekehrt. Allgemein gilt jedoch, daß primäre Halogenide sich bei der Substitution am reaktivsten verhalten und bei der Eliminierung besonders reaktionsträge sind, während tertiäre Halogenide bei der Eliminierung hoch reaktiv sind (Stabilität des intermediären Carbenium-Ions!) und bei der Substitution sehr langsam reagieren. Das kann soweit führen, daß manche tertiäre Halogenide überhaupt keine Substitution eingehen, sondern sofort unter Eliminierung von Halogenwasserstoff reagieren und ausschließlich Alkene liefern. Die S_{E2}-Reaktion kann bei Alkylhalogeniden durch Verwendung eines Lösungsmittels niedriger Polarität und Zugabe einer starken Base in hoher Konzentration erreicht werden (z. B. alkoholische KOH).

9. Umlagerungen

Moleküle können ihre Struktur verändern, wenn innerhalb des Moleküls eine Lageänderung der Atome oder Gruppen stattfindet. So kann bei Carbonylverbindungen eine Wanderung des benachbarten H-Atoms gefunden werden, man spricht dann von Keto-Enol-Tautomerie. Die Umlagerungen im eigentlichen Sinne führen jedoch zu einer Veränderung des Molekülgerüstes. Ursache für Umlagerungen sind Ladungsunterschiede, welche sehr häufig durch Nachbargruppen verstärkt werden, so daß Molekülteile mit Elektronenüberschuß auf Stellen mit Elektronenmangel übertragen werden. Die Reaktionsmechanismen ähneln daher auch S_N-Reaktionen, wobei häufig das Lösen und Bilden der Bindungen synchron verlaufen kann (konzertierte Reaktion).
Daß Umlagerungen auftreten, wurde oft bei der Untersuchung von Nebenprodukten einer Reaktion entdeckt, und in manchen Fällen konnte damit ein Syntheseweg zu bestimmten Verbindungstypen erschlossen werden.

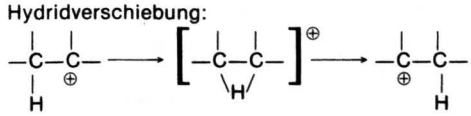
9.1 Umlagerungen, an denen Carbenium-Ionen beteiligt sind

Hier müssen zwei Fälle unterschieden werden: es können entweder „klassische" Carbenium-Ionen als Zwischenprodukte auftreten oder die Reaktion verläuft über „nichtklassische" Ionen, die infolge von Nachbargruppeneffekten über intermediäre Elektronenverschiebungen auftreten. Zur ersten Gruppe gehört die sehr wichtige

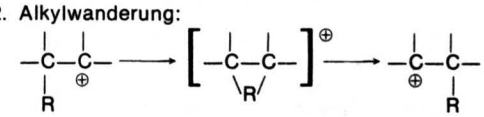
Wagner-Meerwein-Umlagerung.

Sie ist dadurch charakterisiert, daß entweder ein H-Atom oder eine Alkylgruppe unter Mitnahme des bindenden Elektronenpaares sich an ein Carbenium-Ion, welches unmittelbar benachbart ist, wandert. Man nennt solche Umlagerungen auch **1,2-Verschiebungen** und spricht von **Hydrid-Verschiebung** bzw. **Alkylwanderung.** Die Ursache dafür ist wieder in der Stabilität von Carbenium-Ionen zu suchen, denn solche Umlagerungen führen ein weniger stabiles in ein stabileres Carbenium-Ion über. Wenn dann bei anschließender Addition eines Nukleophils oder durch Elimination völlig „unerwartete" Produkte gebildet werden, so ist diese Umlagerung dafür verantwortlich.

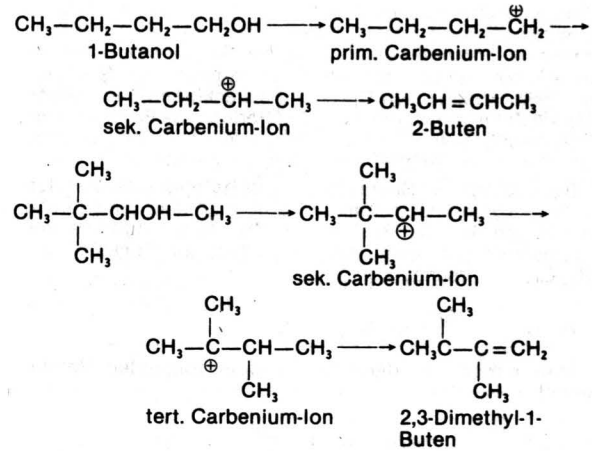
1. Hydridverschiebung:



2. Alkylwanderung:

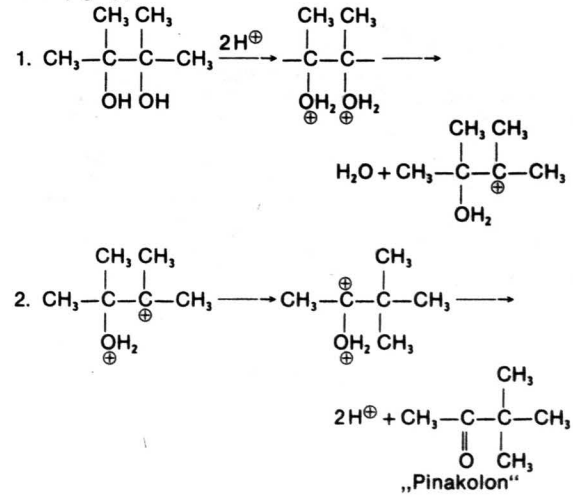


So kann bei der Dehydratisierung von Alkoholen zu Alkenen eine Wagner-Meerwein-Umlagerung stattfinden:



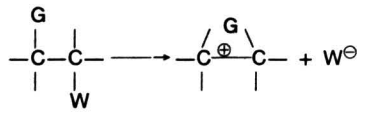
Pinakol-Umlagerung

wird bei verschiedenen Glykolen (1,2-Diolen) beobachtet und zuerst beim 2,3-Dimethyl-2,3-butandiol („Pinakol") gefunden. Unter dem Einfluß von Mineralsäuren wandelt es sich in 2,3-Dimethyl-2-butanon („Pinakolon") um. Offenbar spaltet das Glykol Wasser ab, aber gleichzeitig lagert sich das Kohlenstoffgerüst dabei um, die eine CH_3-Gruppe wandert an das benachbarte C-Atom. Diese Umlagerung ist auf einen Nachbargruppeneffekt zurückzuführen, die eine OH-Gruppe stellt intermediär Elektronen zur Verfügung, so daß die Alkylgruppe wandern kann. Der erste Schritt dieser Reaktion ist die Bildung des Carbenium-Ions aus dem protonierten Glykol, der zweite Schritt ist dann die Wanderung der Methylgruppe:



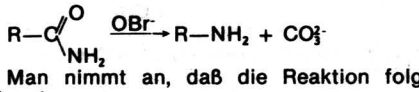
Umlagerungen unter Beteiligung von Nachbargruppen

sind auf einen intramolekularen nukleophilen Angriff der Nachbargruppe zurückzuführen. Der wandernde Rest kann nur dann auf das benachbarte Carbenium-Ion übergehen, wenn die Nachbargruppe Elektronen liefert, sie ist als internes Nukleophil anzusehen. Im Übergangszustand bildet sich ein Dreier-Ringsystem:

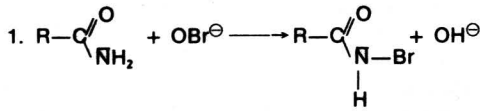


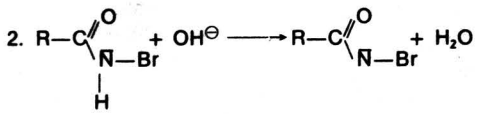
Damit die Nachbargruppe ein verbrücktes Kation bilden kann, muß sie gemügend verfügbare Elektronen besitzen. Dies ist bei S-, N-, O- oder Br-Atomen der Fall, aber auch π-Elektronensysteme einer Doppelbindung oder eines aromatischen Ringes können diese Funktion übernehmen. Diese unterstützende Wirkung von Nachbargruppen nennt man eine anchimere Unterstützung. Nachbargruppen stehen in einem gewissen Konkurrenzverhältnis zu nukleophilen Reagenzien, die von außerhalb einwirken können. Ihre besonders günstige Lage in unmittelbarer Nähe des reaktiven Zentrums macht sich jedoch durch eine sehr viel größere Reaktionsgeschwindigkeit bemerkbar, außerdem sind dabei ganz bestimmte sterische Formen der Endprodukte festzustellen. Wichtige Beispiele sind die Hofmann-Umlagerung beim Abbau der Säureamide, die Umlagerung von Säureaziden beim Abbau nach Curtius, die Beckmann-Umlagerung (sie spielt bei der Herstellung von Perlon eine Rolle) und die Umlagerungen von Hydroperoxiden, die bei der Synthese von Phenol und Aceton aus Cumol ausgenützt wird.

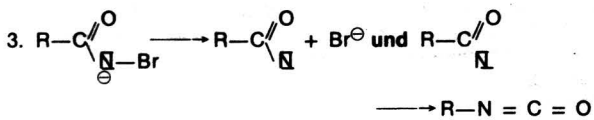
Beim **Abbau der Säureamide nach Hofmann,** die zur Herstellung von primären Aminen dient, muß eine Umlagerung stattfinden, da der Rest R, der die Carbonylgruppe des Säureamids gebunden hatte, schließlich am Stickstoff der NH_2-Gruppe erscheint:

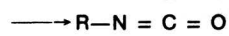


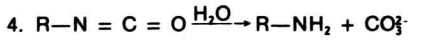
Man nimmt an, daß die Reaktion folgenden Verlauf nimmt:







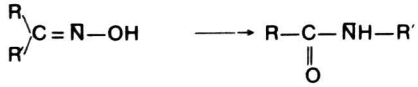




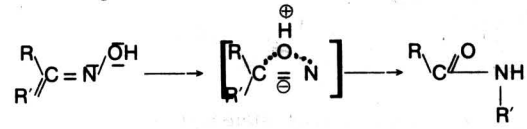
Im Schritt 3. verlaufen beide Reaktionen gleichzeitig, denn R tritt in Wechselwirkung mit dem N-Atom und hilft dadurch das Br-Ion von seinem Platz zu verdrängen, leistet also anchimere Unterstützung.

Säurehalogenide reagieren mit Natriumazid (NaN_3) zu Acylaciden ($RCON_3$), die beim Erhitzen N_2 abspalten und Isocyanate (RNCO) bilden oder Amine RNH_2), wenn das Lösungsmittel OH-Gruppen enthält. Der Mechanismus dieser **Umlagerung nach Curtius** ist der oben besprochenen Umlagerung analog:

Bei der **Umlagerung nach Beckmann** geht ein Ketoxim in ein Amid über:

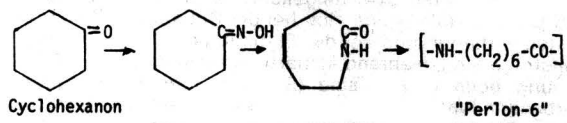


Diese Reaktion wird z. B. durch H_2SO_4 katalysiert, was durch Messung der Umlagerungsgeschwindigkeit darauf hinweist, daß zuerst das Oxim protoniert wird. Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt ist jedoch die Heterolyse der N—O-Bindung. Wahrscheinlich verlaufen Bindungsspaltung und Wanderung der Alkylgruppe synchron, außerdem nähert sich die wandernde Gruppe dem N-Atom von der dem O-Atom abgewandeten Seite. Wahrscheinlich bildet sich ein aktivierter Komplex als Zwischenstufe, der in das Amid übergeht:



Zur Herstellung von Perlon (auch Nylon-6 genannt) wird als Ausgangsstoff Cyclohexanon verwendet, welches in das Oxim überführt wird und anschließend unter Säureeinwirkung in Caprolactam übergeht, welches dann polymerisiert:

Abb.9: Beckmann-Umlagerung von Cyclohexanonoxim



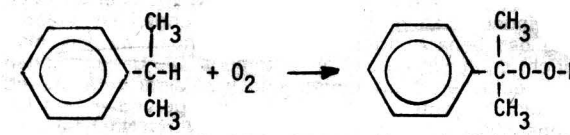
Caprolactam ist das innere Säureamid der ε-Aminocapronsäure (6-Aminohexansäure).

Ein weiteres technisch bedeutsames Beispiel für eine Umlagerung infolge von Nachbargruppeneffekten ist die

Umlagerung von Hydroperoxiden.

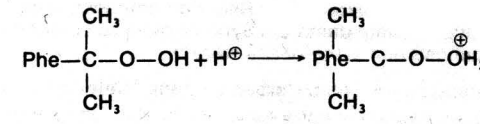
Isopropylbenzol (Cumol) wird durch Luft zu Cumolhxdroperoxid oxidiert:

Abb.10: Oxidation von Cumol

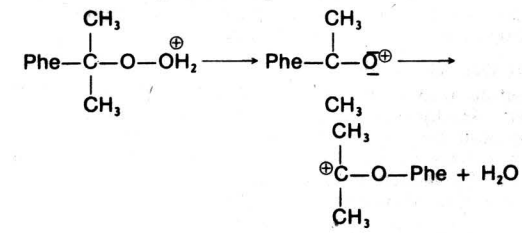


Die Phenylgruppe ist im Hydroperoxid an ein C-Atom gebunden, im Umlagerungsprodukt Phenol hingegen an ein O-Atom. Es muß also eine Wanderung der Phenylgruppe stattfinden:

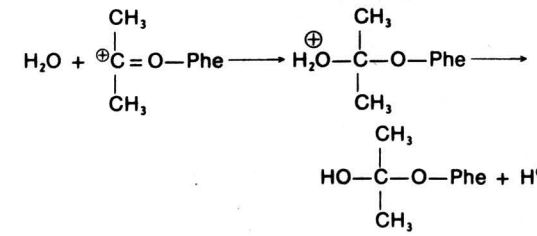
1. Protonierung des Peroxids:



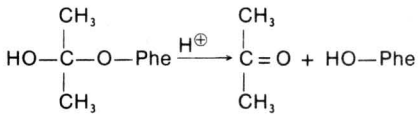
2. Gleichzeitige Abgabe von H_2O und Umlagerung der Verbindung mit einem Elektronensextett am Sauerstoff unter Wanderung des Phenylrestes:



3. Das Carbenium-Ion reagiert mit Wasser zu einem Halbacetal:



4. Das Halbacetal zerfällt unter Einwirkung von $H^{\oplus}$ in Aceton und Phenol:

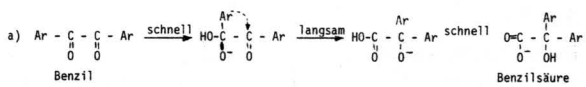


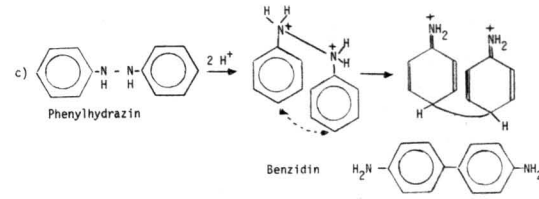
Bei Schritt 3. ergibt sich die Fragestellung, warum der Phenylrest wandert und nicht eine Methylgruppe. Hier spielen sicher mehrere Faktoren eine Rolle, so wird sicher der stärker nukleophile Rest (die Phenylgruppe mit ihrem π-Elektronensystem!) an das Atom mit Elektronendefizit wandern, weil es vermutlich leichter eine überbrückte Zwischenstufe ausbilden kann. Aber auch die sperrigere Struktur eines Substituenten kann zu einem Wechsel der Stellung führen, wodurch das „Gedränge" vermindert wird.

Das π-Elektronensystem von Aromaten kann auch bei anderen Umlagerungen, die meist zuerst bei bestimmten Verbindungen entdeckt wurden und daher oft nach diesen Stoffen oder ihren Entdeckern benannt wurden, mitwirken. Einige wichtige Beispiele für **Umlagerungen in aromatischen Systemen** seien hier angeführt:

Bei der **Benzilsäure-Umlagerung** werden auromatische Diketone bei Gegenwart von starken Basen in Salze der Hydroxycarbonsäuren übergeführt. Auch hier handelt es sich um eine 1,2-Verschiebung, bei der ein Arylrest sich an das relativ elektronenarme C-Atom der einen Ketogruppe anlagert. Wahrscheinlich ist hier aber eher eine abstoßende Wirkung der elektronenreichen Ausgangssubstanz die treibende Ursache; da das Endprodukt eine Arylgruppe weniger trägt:

Abb.11: a) Benzilsäure-Umlagerung; b) Claisenumlagerung; c) Benzidinumlagerung





10. Effekte von Nebengruppen

Da für die Reaktivität von Teilchen die Elektronenverteilung maßgebend ist, können Gruppen, die sich in der Nachbarschaft des reaktiven Zentrums befinden, oft entscheidend eingreifen (vgl. anchimere Unterstützung bei Umlagerungen). Neben Einflüssen auf die Elektronenverteilung beobachtet man auch Effekte, die sterischen Charakters sind, wenn z. B. durch sperrige Substituenten der Zutritt zu einem reaktiven Zentrum erschwert wird.

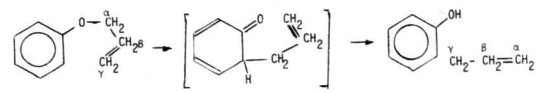
10.1 Der induktive Effekt

Jeder Substituent hat infolge seiner charakteristischen Elektronegativität das Vermögen, Elektronen anzuziehen. Er wirkt entlang einer Kette aber auch durch den Raum und nimmt stetig mit wachsender Entfernung ab. Die meisten Substituenten sind elektronegativer als das H-Atom, deshalb üben auch die meisten Substituenten einen **elektronenanziehenden induktiven Effekt** oder auch **negativen I-Effekt.** Gruppen mit einem **elektronenabstoßenden Effekt** sind weniger elektronegativ als das H-Atom, sie besitzen einen **positiven I-Effekt.** Zu diesen Gruppen gehören vor allem Alkylgruppen aber auch die negativ geladene Carboxylgruppe $-COO^{-}$.

Der induktive Effekt bewirkt auch das Auftreten eines Dipol-Momentes, falls nicht aus Symmetriegründen sich die auftretenden Dipol-Momente aufheben.

— I-Effekt	I-Effekt
$X \leftarrow CR_3$	$Y \rightarrow CR_3$
Elektronen werden vom gebundenen C-Atom **abgezogen**	Elektronen werden dem gebundenen C-Atom **zugeführt**
Er wird bewirkt von positiven Ladungen:	Er wird bewirkt von negativen Ladungen:
$-NH_3^{\oplus}$, $-NR_3^{\oplus}$	$-COO^{-}$, $-N-R^{-}$, $-O^{-}$
$F>Cl>Br>I$; OH, NH_2, NO_2	tert. Butyl>Isopropyl>n-Alkyl>Methyl
$F>OR>NR_2>CR_3$	$(CH_3)_3C->(CH_3)_2HC->CH_2-CH_2->CH_3$
$=O>\equiv NR>-NR_2$; $-C(=O)H$, $-C(=O)R$	
$\equiv N>=NR>-NR_2$	
$-C=CR>Phe>CR_2=CR->CR_3-CR_2-$ (bereits +I!)	
$-COOH$, $COOR$,	
$-OR$, $-SH$, $-SR$	

Bei der **Claisen-Umlagerung** wandert eine (eventuell auch substituierte) Allylgruppe ($CH_2=CH-CH_2-$) eines Aryl-Allyl-Äthers in die o-Stellung des Benzolringsystems:



Diese Umlagerung verläuft nach einem Synchron-Mechanismus, da keinerlei Zwischenprodukte identifiziert werden konnten.

Bei der Reduktion von aromatischen Nitroverbindungen werden sehr viele Zwischenprodukte gebildet, darunter auch Hydrazubenzol, welches sehr zur Umlagerung in Benzidin neigt. Diese **Benzidin-Umlagerung** hat zur Voraussetzung die Protonierung der beiden N-Atome, die dadurch eine tetraedrische Stuktur erhalten und die beiden Phenylreste sich soweit nähern, daß eine neue Bindung geknüpft werden kann, während sich die N—N-Bindung löst. Die leichte Spaltung der N—N-Bindung ist auf die elektrostatische Abstoßung der beiden positiv geladenen Gruppen zurückzuführen:

Wie sich der I-Effekt auswirkt, läßt sich am Beispiel der Säurestärke von substituierten Carbonsäuren zeigen:

Je stärker der —I-Effekt eines in α-Stellung zur Carboxylgruppe befindlichen Substituenten ist, um so mehr wird das Elektronensystem zu ihm hin verschoben und damit das Abdissoziieren des Protons aus der Carboxylgruppe erleichtert. So ist Fluoressigsäure viel stärker als Chloressigsäure. Wird die Zahl der einen —I-Effekt bewirkenden Substituenten größer, so verstärkt sich der Effekt: Trichloressigsäure ist stärker als Chloressigsäure. Daß der —I-Effekt rasch mit der Entfernung abnimmt, kann man an substituierten Propansäuren beobachten: 2-Chlorpropansäure ist viel stärker als 3-Chlorpropansäure.

Ein weiteres wichtiges Beispiel für den —I-Effekt ist die Wirkung der Carbonylgruppe. Die π-Elektronen lassen sich durch das elektronegative Sauerstoffatom sehr viel leichter vom C-Atom abziehen, wodurch eine stärkere Polarisierung als bei einer σ-Bindung eintritt. Dadurch können von C-Atomen, die in unmittelbarer Nachbarschaft zur CO-Gruppe stehen, sehr leicht Protonen abgespaltet werden, so daß Carbanionen gebildet werden.

Auch die Wirkung des +I-Effektes läßt sich an Carbonsäuren gut beobachten. Wird in der Essigsäure eines der H-Atome durch eine CH_3-Gruppe ersetzt, die elektronen-

drückend wirkt, so kann das Proton aus der Carboxylgruppe nicht mehr so leicht abgegeben werden, die Säurestärke wird geringer: tatsächlich ist Propansäure sehr viel schwächer als Äthansäure (Essigsäure).

Allgemein läßt sich somit feststellen, daß der **I-Effekt die heterolytische Spaltung einer Bindung in unmittelbarer Nähe stark beeinflußt.**

10.2 Der Resonanzeffekt (mesomerer Effekt)

Durch eine bestimmte räumliche Anordnung von Atomen oder Atomgruppen können Orbitale so zueinander orientiert werden, daß eine „Überlappung" (= Wechselwirkung infolge Durchdringung) eintritt. Damit wird der Aufenthaltsbereich der in diesen Orbitalen befindlichen Elektronen vergrößert, es tritt „Delokalisierung" ein. Besonders π-Elektronensysteme sind an solchen Resonanz- oder mesomeren Effekten beteiligt, aber auch die Orbitale von H-Atomen können Resonanzeffekte zeigen (Hyperkonjugation). Der R- oder M-Effekt hat vor allem eine stabilisierende Wirkung, wobei wieder Zentren mit negativen Ladungen auftreten können (—R- oder —M-Effekt), oder solche positiver Ladung (+R- oder +M-Effekt). Die stabilisierende Wirkung kann man auf den geringeren Energieinhalt der Resonanzstruktur gegenüber den fiktiven „Grenzformeln" zurückführen (Resonanz- oder Mesomerie-Energie). Das Konzept der Resonanztheorie beruht auf der Annahme, daß man für eine Molekülform verschiedene Verteilungsmöglichkeiten der Elektronen annehmen darf, sofern **keine Lageveränderung der Atome** damit verbunden ist. Es gibt auch Möglichkeiten abzuschätzen, mit welchem „Gewicht" sie am mesomeren Zustand „beteiligt" sind. Die Elektronenverteilung kann mittels der üblichen Formeln ausgedrückt werden, wobei entweder Pfeile die Elektronenverschiebungen markieren oder punktierte Valenzstriche die „mittlere" Elektronenverteilung angeben. Die Resonanz wird aber nur bei solchen Molekülen zu einem wichtigen Faktor, wenn man mindestens zwei Strukturen zeichnen kann, deren Wahrscheinlichkeit annähernd gleich ist.

Beispiel: Resonanz beim Allyl-Kation

$$CH_2=CH-\overset{\oplus}{C}H_2 \longleftrightarrow \overset{\oplus}{C}H_2-CH=CH_2$$

entspricht $[CH_2 \cdots CH \cdots CH_2]^{\oplus}$

Der —M-Effekt (R-Effekt)

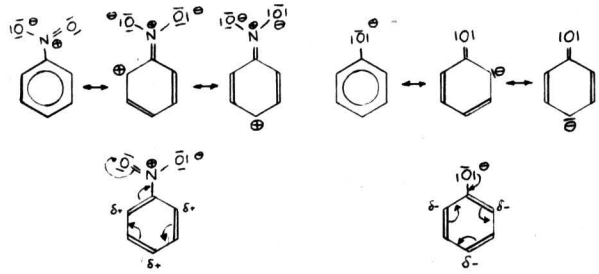
Substituenten mit —M-Effekt haben die Eigenschaft, die Elektronendichte (insbesondere in konjugierten Systemen!) am reaktiven Zentrum herabzusetzen. Damit können sie den Charakter von Doppelbindungen abschwächen. Es muß daher dieser Substituent ein Elektronenacceptor sein.

Der +M-Effekt (+R-Effekt)

Substituenten mit Elektronendonor-Eigenschaften erhöhen den Charakter einer Doppelbindung, da sie Elektronen zuführen können.

Abb. 12

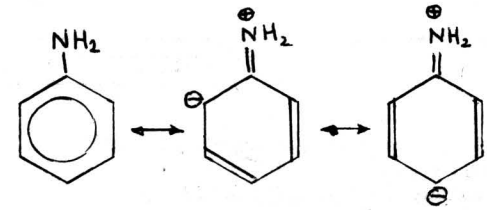
Nitrobenzol: $-NO_2$ mit —M-Effekt Phenolat: $-O^-$ mit M-Effekt



Auch die Phenylgruppe selbst hat einen Resonanzeffekt auf die Reaktivität der Substituenten. So ist Phenol viel stärker sauer als die OH-Gruppe in einem aliphatischen Alkohol: der C_6H_5-Rest zieht die Elektronen des O-Atoms stärker an als eine Alkylgruppe. Daher kann das Proton in einem Phenol leichter abdissozieren als in einem Alkohol. Umgekehrt ist Anilin eine sehr viel schwächere Base als ein aliphatisches Amin. Es erniedrigt also die elektronenanziehende Eigenschaft des Aryls die Basizität. Beide Phänomene sind nicht allein auf den induktiven Effekt zurückzuführen, da die Steigerung der Acidität im Phenol und die Erniedrigung der Basizität im Anilin viel zu stark ist (bei Phenol: Faktor 10^8 bei Anilin: Faktor 10^6!). Erst durch die M-Effekte, die zeigen, daß die Elektronensysteme der Aryls mit denen der Substituenten in Wechselwirkung treten, läßt sich diese Erscheinung deuten.

Abb. 13a

Resonanz bei Anilin:



Auffällig ist, daß Alkylhalogenide sehr leicht eine S_N-Reaktion eingehen, jedoch Arylhalogenide solche Reaktionen nur extrem langsam verlaufend zeigen. So ist Chlorbenzol bei Raumtemperatur gegenüber alkalischen Lösungen durchaus beständig, es scheint sich also ein aktivierter Komplex nur sehr schwer zu bilden. Die Ursache dafür liegt in der hohen Aktivierungsenergie, da infolge der Resonanz im Chlorbenzol, dieses sich in einer tiefen Energiemulde befindet. Im Chlorbenzol liegen die Orbitale zweier einsamer Elektronen des Cl-Atoms senkrecht zum Benzolring. Infolgedessen können diese beiden Elektronen mit dem aromati-

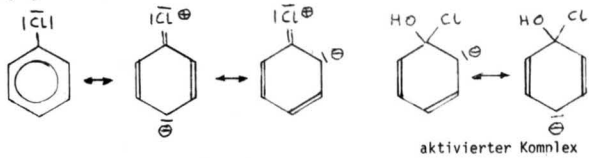
— M - Effekt	M - Effekt
bei Elektronenacceptoren besitzen **Mehrfachbindung** zu einem stärker elektronegativen Atom	bei Elektronendonatoren besitzen ein oder mehrere **einsame Elektronenpaare** an einem Atom
$-NO_2$, $-C\equiv N$, $-CHO$, $-COR$, $-COOH$, $-COOR$,	$-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, $-OH$, $-OR$, $-O-COR$
$-CONH_2$, $-SO_2R$	$-SH$, $-SR$, $-NH_2$, $-NR_2$, $-NH-CO-R$
$-O\bar{F}_3$, $-S^-$	$-O^-$, $-S^-$, $-CH_3$, $-CR_3$
CH_3, $-CR_3$, $-CF_3$	$-O^-$, $-OR$, $-OR_2$
$=O$, $=NR$, $=CR_2$	$-NR_2$, OR, F
$-N$, $-CR$	$-F$, Cl, $-Br$, $-I$

Besondes deutlich wird der Einfluß des M-Effektes bei aromatischen Systemen. Am Beispiel Nitrobenzol mit einem —M-Effekt erzeugenden Substituenten und dem Phenolat-Anion mit einem +M-Effekt erzeugenden Substituenten kann man die Bedeutung für die Einführung eines zweiten Substituenten gut erkennen:

schen System in Wechselwirkung treten und damit erhält die 6-Cl-Bindung einen gewissen Doppelbindungscharakter. Um dieses System zu aktivieren, ist ein sehr großer Energieaufwand notwendig, denn ein π-Elektronensystem, welches zuerst auf sieben Atome aufgeteilt war, muß in ein System mit nur fünf beteiligten Atome umgewandelt werden:

Abb. 13b

Resonanz bei Chlorbenzol erschwert die Substitution von Cl gegen OH.



aktivierter Komplex

Vergleicht man die Wirkungen, die ein Substituent durch seinen induktiven und seinen mesomeren Effekt hervorrufen kann, so sieht man, daß bei manchen die Wirkung gleichsinnig verläuft, aber es auch Substituenten gibt, bei denen die Wirkungen gegenläufig sind:

—I, +M	—I, —M	+M, +I
—F, —Cl, —Br, —I, —OH, —OR, —O—COR, —SH, —SR, —NH_2, —NH_2, —NR_2, —NH—COR	—NO_2, —C—N, —CHO, —COR, —COOH, —$CONH_2$, —COOR, —CO_2R, —CF_3	—O^-, —S^-, —CH_3, —CR_3

10.3 Die Hyperkonjugation

Die Stabilität von Alkenen und Dienen hängt von der Lage der Doppelbindungen ab, aber sie sind um so stabiler, je größer die Zahl der Alkylgruppen ist, die an den doppelt gebundenen C-Atomen sitzen. So läßt sich eine Reihe der Stabilitäten bei Alkenen aufstellen:

$R_2C=CR_2 > R_2C=CHR > R_2C=CH_2 > RCH=CHR > RCH=CH_2 > CH_2=CH_2$

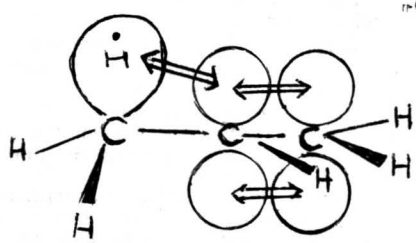
Die Hydrierungswärmen, also die Energieabgabe bei der Überführung des Alkens in ein Alkan, gibt darüber Auskunft: je instabiler, um so größer ist die Hydrierungswärme. Einerseits sind dafür sterische Effekte verantwortlich, die Gruppenanhäufung spielt eine Rolle (so sind die cis-Isomeren stets energiereicher als die entsprechenden trans-Isomeren!), aber es spielen hier auch elektronische Effekte eine Rolle. Um sie zu deuten, wurde der Begriff der **Hyperkonjugation** eingeführt:

Tritt eine Wechselwirkung („Überlappung") zwischen den σ-Orbitalen einer CH-Bindung und ener benachbarten π-Bindung auf, so findet eine zusätzliche Delokalisierung der Elektronen statt, und das führt zu einer Stabilisierung des Moleküls. Wie leicht einzusehen ist, muß dabei eine bestimmte sterische Form des Moleküls eingehalten werden, wobei eine CH-Bindung in der gleichen Ebene wie die π-Bindung liegen muß.

Ein einfaches Beispiel ist Propen. Seine Hydrierungswärme liegt um rund 11 kJ mol^{-1} niedriger als die von Ethen, d. h. Propen ist um diesen Energiebetrag stabiler als Ethen (bezogen auf die zugehörigen Alkane, nämlich Propan und Ethan).

Abb. 14

Hyperkonjugation bei Propen: Überlappung zwischen σ- und π-Orbitalen



Die Überlappung zwischen π- und σ-Orbitalen führt dazu, daß die σ-Bindung zwischen C- und H-Atom etwas schwächer als eine Einfachbindung wird, während der Doppelbindungscharakter zwischen den beiden C-Atomen etwas mehr Einfachbindungscharakter annimmt. Dies äußert sich auch in der Änderung des Bindungsabstandes: die eine Einfachbindung in Propen ist kürzer als normal (150 pm statt 153 pm), also etwas Doppelbindungscharakter annimmt. Je größer die Zahl der Alkylgruppen an einer C = C-Bindung ist, um so mehr mögliche Resonanzstrukturen lassen sich formulieren und dies kann als Kriterium für die Stabilitätszunahme angesehen werden.

(Anmerkung: Es gibt auch eine andere Interpretationsmöglichkeit für die Stabilität von Alkenen, die auf einer Änderung der Form und räumlichen Ausdehnung der Hybridorbitale beruht, wenn Mehrfachbindungen erfolgen. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, daß beide Faktoren, sowohl die Resonanzstabilisierung als auch die Änderung des Hybridisierungszustandes beteiligt sind.)

10.4 Sterische Effekte

Neben den elektronischen Effekten, dem Induktionseffekt, Resonanzeffekt und der Hyperkonjugation, wird die Reaktionsfähigkeit von Teilchen auch von räumlichen Faktoren bestimmt. Sperrige Gruppen können den Zutritt an ein reaktives Zentrum behindern, sie können sich auch gegenseitig behindern und damit den Ablauf von Reaktionen verändern. Meist wird durch **„sterische Hinderung"** die Reaktionsgeschwindigkeit herabgesetzt. Von solchen Effekten sind besondern Veresterungen, Verseifungen und auch Additionsreaktionen an Carbonylverbindungen betroffen.

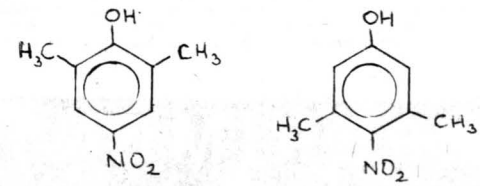
Bei aromatischen Systemen können durch sterische Effekte Behinderungen in der Ausbildung von Resonanzstrukturen auftreten, dann spricht man von **sterischer Resonanzhinderung.**

Dieser Effekt ist am besten zu erkennen, wenn man den zu erwartenden M-Effekt auf die Säurestärke einer aromatischen Carbonsäure oder eines Phenols, mit dem tatsächlichen Verhalten der Verbindungen vergleicht: Substituenten in ortho-Stellung können bereits wesentlich zur Verminderung von mesomeren Strukturen führen, wenn sie infolge zu großer Raumerfüllung nicht mehr in einer Ebene liegen können.

Eine Nitrogruppe in para-Stellung zu einer phenolitischen OH-Gruppe erhöht deren Acidität infolge des —M-Effektes sehr stark (vgl. —M-Effekt von Nitrobenzol!). Wird jedoch durch Substituenten in ortho-Stellung zur NO_2-Gruppe diese gezwungen, sich aus der Ringebene herauszudrehen, so wird die Säurestärke dieses substituierten Phenols stark herabgesetzt:

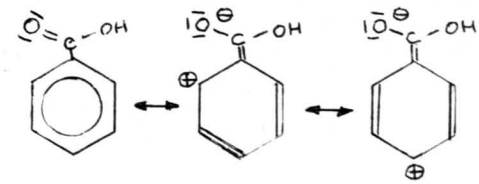
Abb. 15a

starke Säure: pK = 7,16 schwächere Säure: pK = 8,16



Besonders interessant ist die Änderung der Säurestärke bei substituierten Benzoesäuren. Benzoesäure selbst ist eine schwache Säure, da die COOH-Gruppe einen —I- und —M-Effekt zeigt, also die π-Elektronendichte etwas zur COOH-Gruppe hin verschoben wird und damit die Abgabe des Protons erschwert wird:

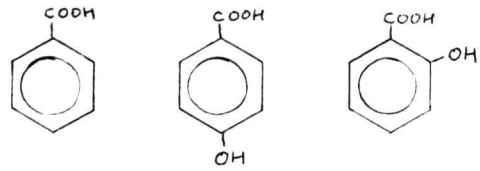
Abb. 15b



Befindet sich aber ein Substituent in ortho-Stellung zur Carboxylgruppe, so wird in jedem Fall die Säurestärke erhöht, da sich die COOH-Gruppe etwas aus der Ringebene herausdrehen muß und so der —M-Effekt abgeschwächt wird. Ist jedoch der ortho-Substituent eine OH-Gruppe, so tritt eine ganz drastische Erhöhung der Säurestärke ein. Hier spielt noch ein anderer sterischer Effekt eine Rolle, nämlich die Möglichkeit zur Ausbildung eines **Chelatringes.** Eine OH-Gruppe in para-Stellung jedoch benimmt sich „normal", denn infolge des + M-Effektes ist eine Erniedrigung der Säurestärke zu erwarten, die auch eintritt:

Abb. 15c

Benzoesäure: $K_s = 6{,}3 \cdot 10^5$ p-Hydroxy-B.: $K_s = 2{,}9 \cdot 10^5$ o-Hydroxy-B.: $K_s = 105 \cdot 10^5$

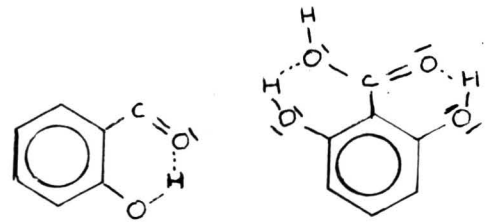


Wie stark die Möglichkeit zur **Chelatbildung** die Reaktivität verändern kann, zeigt die Säurestärke der in beiden σ-Stellungen Hydroxylgruppen tragenden Carbonsäure, ihre K_s ist um einen Faktor 1000 größer.

Abb. 15d

Chelatstruktur

2-Hydroxy-benzoesäure 2,6-Dihydroxybenzoesäure



Die Bildung eines Chelatringes wird durch Wasserstoffbrücken ermöglicht.

Buchbesprechungen

Chemie für Mediziner. Wachter—Hauser; de Gruyter Lehrbuch; 1975; 319 Seiten, DM 29,—.

Dieses Lehrbuch soll dem angehenden Mediziner möglichst komprimiert Grundkenntnisse aus der Chemie vermitteln. Dieser Aufgabenstellung entspricht auch das Konzept. Es werden Kenntnisse, wie sie von Maturanten zu erwarten sind (z. B. Ladung, Masse, Dipolmolekül, kinetische Gastheorie usw.) vorausgesetzt. Daher werden in diesem Buch nur Fakten vermittelt, ohne auf eine Begründung einzugehen. Dies wird bei manchen Kapiteln als Nachteil zu empfinden sein (z. B. Unschärferelation, Entropie). Wenn jedoch das Buch nur dazu verwendet wird, die auf den ersten Seiten aufgelisteten Lernziele nach dem „Korrelations-Register zum deutschen Gegenstandskatalog für die ärztliche Vorprüfung" zu erreichen, die jedoch nur nach ihren Kennziffern und nicht konkret nach ihren Inhalten angegeben sind. Die Rezensentin kann daher nur vermuten, daß offenbar keine Begründungen der Fakten für die ärztliche Vorprüfung verlangt werden. Es fällt jedoch auf, daß offenbar Phänomenologie unter den Lernzielen nicht mehr aufscheinen dürfte, da die spezielle anorganische Chemie auf nur zwanzig Seiten abgehandelt wird, während den Grundlagen der allgemeinen Chemie (Zustandsformen der Materie, Atombau, chemische Bindung, Thermodynamik, Redox-Reaktionen usw.) immerhin 160 Seiten gewidmet sind. Auch im Abschnitt über die organische Chemie liegt der Schwerpunkt auf der Darstellung von Zusammenhängen zwischen Struktur und Eigenschaften sowie auf der Reaktionskinetik. Die Stoffbeschreibung der wichtigsten organischen Verbindungen findet i. A. mit 2—3 Sätzen ein Auslangen.

Damit scheint dieses Buch seinen Zweck, Tatsachen kurz und zusammenfassend zu vermitteln, voll gerecht zu werden. Vielleicht sind in einer weiteren Auflage einige unpräzise Formulierungen doch noch auszumerzen, auch wenn sie im üblichen „Laborjargon" verwendet werden (z. B. Molekülmasse bei Ionenverbindungen! unpräzise Definition des Mols). Dr. E. J.

Biochemie. Yudkin-Offord; de Gruyter Sammlung Göschen, Bd. 2607; 1977, 229 Seiten; DM 19,80.

Diese Einführung in die Biochemie ist in drei Abschnitte gegliedert: Struktur und Funktion von Makromolekülen, der intermediäre Stoffwechsel und Molekularbiologie. Bereits in der Einführung betonen die Autoren, daß es nicht Aufgabe dieses Buches sein kann, ein Lehrbuch der Biochemie zu ersetzen, dennoch soll der Leser an ausgewählten Beispielen die Grundzüge der biochemischen Problemstellungen kennenlernen und einen Einblick in Struktur und Funktion der Bausteine lebender Systeme gewinnen. Dieses Ziel haben die Autoren erreicht. Anschauliche Vergleiche, viele Illustrationen und ein flüssiger und kurzweiliger Stil machen das Buch gut lesbar, so daß es auch für interessierte Schüler mit entsprechenden Grundkenntnissen der organischen Chemie ohne Einschränkung empfohlen werden kann. Dr. E. J.

Lexikon Biochemie. Verlag Chemie; 605 Seiten; 1976; DM 32,—.

Dieses Lexikon, in der DDR entstanden und nunmehr im Verlag Chemie erschienen, ist eine willkommene Erweiterung zu Werken der Biochemie. Nach einer kurzen Einführung in die Aufgabenbereiche der Biochemie werden in über 4000 Einzelartikeln Auskunft über Struktur und Funktion der in lebenden Zellen zu findenden Stoffe, über ihr Zusammenspiel in Regelkreisen, Untersuchungsmethoden und ihre praktische Bedeutung gegeben. Zeichnungen und viele schematische Übersichten sowie Tabellen ergänzen den klar und präzis abgefaßten Text. Seitdem die Biochemie zu einer eigenständigen Sparte der Chemie geworden ist, ist es für einen Chemiker nicht mehr ganz leicht Originalarbeiten aus der Biochemie zu lesen. Hier schafft dieses Lexikon Abhilfe, indem es rasch und einfach informiert. Aber auch für den Biologen wird dieses Lexikon eine wichtige Stütze sein, da es ebenso rasch und einfach über spezifisch cehmische Probleme der Biologie Auskunft zu geben vermag. Dr. E. J.

EXPERIMENTALPHYSIK

Prof. Richard Lederer

Bewegungslehre mit einem Zeitmarkengeber (II)

Grundgesetz mit Reibungskompensation

Die nächste Frage ist natürlich, ob man durch Kompensation der Reibung gute quantitative Ergebnisse für die Beschleunigung erhalten kann.

Um das zu untersuchen, wurde bei horizontaler Bahn soviel Antriebsgewicht an den Zugfaden gehängt, daß der Meßwagen mit angehängtem Schreibstreifen nach einem Stoß annähernd gleichförmig weiterbewegt wird. Dann wurde die Gesamtmasse 0,2 kg durch 0,2 N Kraft beschleunigt, also die theoretische Größe der Beschleunigung ist 1 ms^{-2}.

Die Tabelle der Meßergebnisse ist wie bisher aufgebaut: Zeit in Sekunden, Gesamtwege in Millimetern, Wege pro Zeitabschnitt und Zuwachs dieser Wege pro Zeitabschnitt.

0	0,2	0,4	0,6	0,8	1	s
0	22	79	171	297,5	457,5	mm
	22	57	92	126,5	160	
		35	35	34,5	33,5	

Die Beschleunigung kann man entweder aus $s = \frac{at^2}{2}$ oder aus $v = a.t$ berechnen.

Man erhält dabei folgende Werte (in ms^{-2}):

Aus	22 mm Gesamtweg	$a = 1{,}1\ ms^{-2}$
aus	79 mm Gesamtweg	0,988
aus	171 mm Gesamtweg	0,96
aus	297,5 mm Gesamtweg	0,91
aus	457,5 mm Gesamtweg	0,915

aus den ersten beiden Momentangeschwindigkeiten, die als Mittel der Durchschnittsgeschwindigkeiten berechnet werden, 0,988 und 0,93.

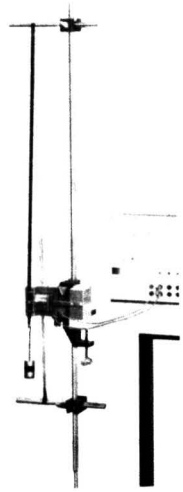
Bei der Betrachtung dieser Ergebnisse erkennt man, daß sich bei guter Reibungskompensation hervorragende Werte ergeben, daß allerdings mit zunehmender Geschwindigkeit die störenden Einflüsse wachsen.

Es muß noch betont werden, daß bei diesem Experiment der Arbeit des Schreibstiftes auf dem Zeitmarkengeber größte Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Um durch längere Auflage des Stiftes auf dem Streifen keine Bremsungen zu erhalten, wurde die Spannung zuerst aufgeregelt, dann aber herabgesetzt, bis der Stift gerade noch regelmäßig aufschlug. Man glaubt zuerst gar nicht, wie groß der Einfluß des Schreibstiftes bei stärkerem Aufschlagen wird!

Der freie Fall

Da die gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit nur kleinen Fehlern verifiziert werden konnte, bestand auch für den freien Fall Hoffnung auf gute Ergebnisse, weil bei diesem Versuch das Schreibband lotrecht und fast ohne Rei-

bung durchgezogen wird. Überdies ist in der Bedienungsanleitung ein Meßversuch mit dem Ergebnis 9,7 m^{-2} für die Fallbeschleunigung angegeben.



Den Aufbau zeigt die Abbildung. Der Zeitmarkengeber ist mit Hilfe einer PASS-Muffe an der Stativstange befestigt und liegt so auf dem Tisch auf, daß die Führungsbügel für das Schreibband lotrecht außerhalb des Tisches liegen. Das Schreibband wird durch die Bügel geführt und mit einem Gewichtsteller mit drei Schlitzgewichten belastet, indem man das Ende des Bandes mit Klebestreifen verstärkt und dort den Gewichtsteller einhängt. Das Band wird über einen oberhalb angebrachten Rundstab geführt und mit seinem freien Ende an einem tiefer angeordneten Rundstab befestigt (Schlaufe mit Klebestreifen). Durch seitliches Verschieben von Führung und Einhängung muß man dafür sorgen, daß das Schreibband ohne Reibung durch den Zeitmarkengeber laufen kann.

Nach Einschalten der Spannung durchtrennt man das Band mit der Schere in der Nähe der unteren Befestigungsschlaufe und schaltet wieder aus.

Zwei Versuche erbrachten nur schlechte Ergebnisse mit Werten um 9,2 bis 9,3 ms^{-2}. Nochmaliges Studium der Anleitung zeigte einen vielleicht sehr entscheidenden Fehler: Man darf die Spannung für den Zeitmarkengeber nicht zu groß wählen, weil dann offenbar der Schreibstift den Streifen zu sehr behindert und abbremst.

Die Spannung muß so aufgeregelt werden, daß der Schreibstift gerade hart aufschlägt, ja nicht weiter! Doch auch bei erfolgreichen Versuchen mit guten Ergebnissen treten Unregelmäßigkeiten auf. Wahrscheinlich kommt es doch durch leichte seitliche Verschiebungen zu Bremsungen. Auch ist es besonders schwierig, die ersten Meßpunkte genau zu identifizieren, was aber für die Bestimmung der Fallbeschleunigung nicht erforderlich ist. Wegen der Schwankungen ist es günstiger, mit größeren Zeiträumen, z. B. Zehntelsekunden, zu rechnen, in der Hoffnung, daß sich dann die Fehler etwas ausgleichen.

Der dritte Versuch ergab folgende Ergebnisse:

Gesamtzeit	0,1 s	0,2 s	0,3 s	0,36 s
Gesamtweg	49 mm	136 mm	442 mm	628 mm

Rechnet man g aus der Formel $g = \frac{2s}{t^2}$ aus, dann erhält man für die Fallbeschleunigung die Werte 9,80 ms^{-2}, 9,80 ms^{-2}, 9,82 ms^{-2}, 9,69 ms^{-2}.

Ein anderes Experiment, bei dem der Schreibstreifen nicht als Schlaufe über eine Stativstange geführt wurde, sondern direkt von einer oberhalb angebrachten Stange gestartet wurde, ergab die Gesamtwege

47,5 mm nach 0,1 s,
195,5 mm nach 0,2 s,
435,5 mm nach 0,3 s,

woraus sich für die Fallbeschleunigung Werte von 9,5 bis 9,775 ms^{-2} ergeben.

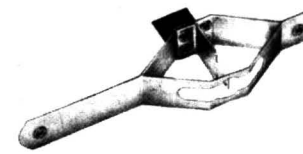
Das vorher geschilderte Experiment mit dem besonders schönen Ergebnis dürfte also eher Zufall gewesen sein, im allgemeinen muß man doch mit einigen Fehlerprozenten rechnen.

Weiteres Zubehör

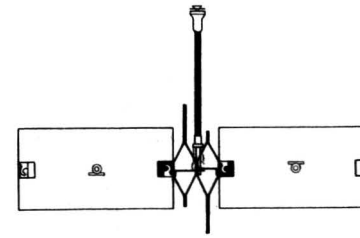
Für Versuche zum elastischen Stoß gibt es einige Zubehörteile, die vor ihrer Anwendung im nächsten Abschnitt noch kurz beschrieben werden mögen.

Die Stoßfeder 03946.00 kann auf den Meß- und Experimentierwagen aufgesteckt werden und erleichtert Versuche, bei denen ein Wagen auf einen anderen ruhenden Wagen oder eine große ruhende Masse stößt.

Die Feder für Experimentierwagen 11060.02 muß immer paarweise beschafft werden. Je eine Feder wird auf je einen Meßwagen aufgesteckt. Diese beiden Wagen können nun sehr einfach gekoppelt werden. Wie schon erwähnt, besitzt die Fahrbahn eine Schraube zum Fixieren des Halters für Drahtauslöser 11060.03, der eine Gewindebohrung besitzt, in die der Drahtauslöser 02502,02 eingeschraubt werden kann.



Die beiden Federn besitzen in Längsrichtur.g (Bewegungsrichtung) einen Bügel mit einem Loch, in das genau der Stift des Drahtauslösers paßt. Man drückt nun die beiden Meßwagen so zusammen, daß die Löcher jeder der beiden Federn genau vor dem Drahtauslöser zu liegen kommen. Wenn man nun den Auslöser betätigt, wird der Stift durch die beiden Löcher geschoben und nun sind die beiden Wagen mit gespannten Federn fixiert.



Zieht man den Stift des Drahtauslösers zurück, dann schnellen die beiden Wagen auseinander und sollten das nach der Theorie mit Geschwindigkeiten tun, die sich umgekehrt wie ihre Massen verhalten. Das wird im nächsten Kapitel überprüft.

Impulssatz

Zwei Folgerungen aus dem allgemeinen Impulssatz können wir überprüfen: Erstens lassen wir eine Masse m elastisch auf eine ruhende Masse M stoßen und können die Geschwindigkeiten nach dem Stoß berechnen und messen.

Zweitens werden zwei vorher ruhende Massen m und M durch Federkraft auseinandergetrieben; mit welchen Geschwindigkeiten entfernen sie sich voneinander?

Der zweite Fall kann mit Hilfe des beschriebenen Zubehörs leicht untersucht werden. Die beiden Wagen mit entsprechenden Zusatzmassen werden in der schon gezeigten Art gekoppelt und dann wird der Stift im Drahtauslöser zurückgezogen.

Im Experiment wurde das Massenverhältnis 3 : 1 gewählt, indem ein Wagen mit zwei Schlitzgewichten (dazu braucht man den Turm für Meßwagen 03949.00!) versehen wurde. Die Geschwindigkeiten sollten sich wie 1 : 3 verhalten.

Der Aufbau erfolgt so, daß an jedes Ende der Fahrbahn ein Zeitmarkengeber gestellt wird. Die Federn für Meßwagen besitzen, wie man im Bild sieht, einen Fortsatz normal zur Bewegungsrichtung, an dem man den Schreibstreifen gut mit Klebestreifen fixieren kann. Die beiden Schreibstreifen werden durch die Führungsbügel gelegt,

und zwar selbstverständlich in der Richtung, in der sie von den sich entfernenden Wagen durch den Zeitmarkengeber gezogen werden. Leider bleibt dabei ein großes Stück Schreibstreifen ungenützt. Dann werden die beiden Zeitmarkengeber an Spannung gelegt und der Stift im Drahtauslöser wird zurückgezogen.

Die Meßpunkte auf den beiden Streifen liegen zuerst dicht beisammen (die Wagen wurden beschleunigt), dann haben einige gleichen Abstand, der sich später verkleinert, weil die Reibung bremsend wirkt. Man muß also die Strekken abmessen, die gleich nach der Beschleunigung zu finden sind.

Das Experiment ergab auf den beiden Streifen folgende Strecken (in Millimetern):

Auf dem einen Streifen 13 12 15 15 12 13 14 13 13,5 13 13 13 12 12,5 12 12,5 12 12 12 usw.

Auf dem anderen Streifen mit den kleinen Geschwindigkeiten liegen die Meßpunkte so nahe beisammen, daß man besser immer drei Abstände zusammenfaßt:

15 14,5 13,5 12,5 13,5 13 11 11 usw.

Die starken Schwankungen zeigen, daß doch Störungen aufgetreten sein müssen. Es bleibt daher nichts anderes übrig, als auf den Streifen 4, 5, 6, 7 und 8 Teilstrecken zu summieren und diese zu vergleichen. Das gibt folgendes Bild:

4 Teilstrecken: 55 : 55,4
5 Teilstrecken: 67 : 69
6 Teilstrecken: 80 : 82
7 Teilstrecken: 94 : 93
8 Teilstrecken: 107 : 104

Und da zeigt sich nun, daß wir mit dem Ergebnis zufrieden sein können, denn die Abweichungen überschreiten nirgends 3 Prozent.

Beschaffungsliste

Sollte die bisherige Beschreibung schon jemanden so fasziniert haben, daß man an eine Beschaffung denkt, möge noch eine Geräteliste zusammengestellt werden, damit man nicht eine Kleinigkeit vergißt und wieder Monate warten muß:

1 Fahrbahn, l = 900 mm	11606.00
2 Zeitmarkengeber	11607.00
5 Schreibstreifen, b = 10 mm	11607.01
2 Meß- und Experimentierwagen	11060.00
2 Turm für Meßwagen	03949.00
2 Feder für Experimentierwagen	11060.02
2 Stoßfeder	03946.00
1 Halter für Drahtauslöser	11060.03
1 Drahtauslöser	02502.02

Abschließendes Urteil

Fahrbahn und Zeitmarkengeber wurden von PHYWE in erster Linie für Schülerübungen geschaffen und dafür sind sie jedenfalls sehr geeignet. Wir haben die Geräte unter einem ganz anderen Gesichtspunkt betrachtet, nämlich ob man sie in der Bewegungslehre an der AHS-Oberstufe sinnvoll einsetzen kann. Unter dieser Voraussetzung kann man die folgenden Ausführungen lesen!

Nun ist sicherlich aus den Erörterungen über die Geräte eines klar hervorgegangen: Luftkissenbahn und Kugelfallgerät bleiben die idealen Hilfsmittel! Für sie sprechen folgende Gesichtspunkte:

1. Die Versuchsergebnisse werden von der ganzen Klasse erkannt, während an der Auswertung der Meßpunkte auf den Schreibstreifen nur wenige Schüler teilnehmen können.
2. Die Versuchsergebnisse sind von besonderer Genauigkeit, die Fehler liegen unter einem Prozent, während auf dem Meßstreifen stets Schwankungen und Fehler auftreten, die die Auswertung erschweren.
3. Das Grundgesetz der Dynamik ist nur mit Hilfe der Luftkissenbahn quantitativ befriedigend zu erarbeiten.

Trotzdem werden auch Fahrbahn und Zeitmarkengeber Freunde finden können, vor allem dann, wenn Luftkissenbahn und Digitalzähler noch nicht an der Schule verfügbar sind und eine preisgünstige Übergangslösung für einige Jahre gefunden werden soll. Denn preisgünstig ist die oben angegebene Zusammenstellung zweifellos (1977: etwa 3000 Schilling). Dann aber ist von der induktiven Methode abzuraten, sondern die Gesetze der Bewegungslehre werden deduktiv abgeleitet und (wenn man Geduld hat und einige Streifen markieren läßt und ganz schlechte ausscheidet) mit höchstens 3 Prozent Fehlern bestätigt.

Halbleiter-Bausteine – rationell eingesetzt

Anlaß zu dieser Betrachtung war der Wunsch der Kollegen eines Bundeslandes, im Rahmen einer Arbeitsgemeinschaft einen Vortrag über das Kapitel Halbleiter in der 8. Klasse der AHS, ausgeführt mit Hilfe der PHYWE-Baustein-Elektronik, vorgesetzt zu bekommen.

Nachteile

Für den Berichterstatter hatten die Bausteine zwei Nachteile, von denen ihn einer so entscheidend störte, daß er ursprünglich gar kein Freund dieser Bausteine war.

Dieser entscheidende Nachteil ist die Kompliziertheit der Anleitungen. Schreiber von Anleitungen haben meistens einige Zeit, um Baustein für Baustein anzusetzen, bis die Platte bedeckt ist. Auch bei Vorträgen sieht es ja ganz gut aus, wenn alles vorbereitet ist und man nur mehr auf ein Knöpfchen drücken muß, um den Zuschauern ein „Ah" zu entlocken.

Das alles ist aber für unseren Unterricht unbrauchbar. Man steht vor der Wahl, entweder mit dem Karteiblatt in der Hand die Schaltung aufzubauen (was die Schüler meistens langweilt, mitunter auch in ihnen Zweifel an der Qualität des Lehrers erweckt) und zu hoffen, daß sie nachher auch funktioniert. Oder aber man hat schon vorher ein Experiment vorbereitet und braucht nur mehr aufs Knöpfchen zu drücken, kann aber einen zweiten Versuch in dieser Stunde nicht mehr durchführen.

Was wir brauchen, ist eine zeitsparende Versuchsreihe, bei der wir mit wenigen Handgriffen immer wieder zum nächsten Versuch umbauen können, ohne mit der Karteikarte in der Hand als Erfüllungsgehilfe der Kartei dastehen zu müssen.

Ein weiterer kleiner Nachteil ist, daß an die Bausteine Verbindungsschnüre angeschlossen werden müssen, die bei einem unvorsichtigen Zug herunterfallen können. Einige Übung hilft diese Fehler zu vermeiden, indem man die Verbindungsschnüre zugentlastet über die Stativstange führt und nie zu kurz wählt. Ganz allerdings wird es sich nicht vermeiden lassen, daß hie und da einmal etwas heruntergezogen wird.

Vorteile

Der erste überragende Vorteil der Baustein-Elektronik besteht darin, daß sie an den meisten AHS vorhanden ist. Gleich danach kommt als zweiter, daß die Experimente sehr ansprechend aussehen und sehr übersichtliche Schaltungen bieten. Als drittes Argument kommt die universelle Einsatzmöglichkeit dazu, denn das System ermöglicht die Erklärung und Anwendung aller wichtigen Halbleiter.

Beschränkung auf Grundversuche

Wir wollen versuchen, eine Versuchsreihe zu erarbeiten, in der ohne viel Umbauten Versuch an Versuch gereiht werden kann, wobei unser Grundthema etwa „Die wichtigsten Halbleiter und ihre wichtigsten praktischen Anwendungen" heißen könnte. Wo es sinnvoll ist, verwenden wir die Kennlinien-Darstellung als Einführungsversuch.

Auf die zwischen den Versuchen notwendigen theoretischen Erklärungen gehen wir in diesem Rahmen nicht weiter ein; sie sind in der in unseren Schulen vorhandenen Versuchskartei überreichlich vorhanden.

Ohne Differenzverstärker

Manche Probleme beim Umbau stammen daher, daß wir die Kennlinien in einer bestimmten Lage gewohnt sind, und wir sie auch in dieser Lage auf dem Bildschirm des Oszilloskops sehen wollen. Ein Differenzverstärker ermöglicht auf einfachste Weise jede beliebige Lage der Kennlinien, aber die einfachste und übersichtlichste Durchführung soll immer den Vorrang vor dem Einsatz nicht unbedingt notwendiger Technik haben. Die Schüler sollen stets wissen, welche Spannung die X-Ablenkung und welche die Y-Ablenkung bewirkt, wobei die Wahl der Farben der Verbindungsschnüre eine wichtige Funktion hat. Der Einsatz des Differenzverstärkers würde jede Übersicht zunichte machen, weshalb hier auf ihn verzichtet werden soll.

Auch die Gewohnheit produziert manchmal Schwierigkeiten. So sind wir es halt einmal gewohnt, von links nach rechts im Stromkreis zuerst den Gleichrichter und dann den Verbraucher zu sehen. In unserer Versuchsreihe soll die Einfachheit des Umbaues den Vorrang vor der Gewohnheit haben.

Stromquellen und Oszilloskop

Wir benötigen abwechselnd immer die gleichen Stromversorgungsgeräte: Für Gleichspannungen das Netzgerät für Halbleiter mit seinen zwei getrennten Systemen mit regelbarer Gleichspannung bis 16 Volt, und für Wechselspannungen den Stelltrafo mit Gleichrichter, wovon wir aber nur den Wechselspannungsausgang benützen.

Damit beide Stromversorgungsgeräte, die wir ja abwechselnd einsetzen müssen, stehenbleiben können und die Zuschauer doch stets wissen, ob wir Gleich- oder Wechselspannung einsetzen, empfiehlt es sich, zwei grüne Kabel am Stelltrafo und je ein rotes und blaues Kabel am Halbleiter-Netzgerät angeschlossen zu lassen und entsprechend den Eingangsbausteinen zuzuführen. Kurzschlüsse werden nicht eintreten, wenn man sich angewöhnt, vor dem Abnehmen der Anschlußkabel die Spannung auf Null zurückzustellen und auszuschalten.

Als Oszilloskop wird ein Zweikanal-Gerät vorausgesetzt, wie es alle Schulen, die am Seminar teilgenommen haben, besitzen. Oszilloskope mit XY-Betrieb sind in einigen wenigen Fällen besser geeignet (besonders bei der Kennlinie des VDR), aber wenn ein XY-Betrieb nicht möglich ist, kränke man sich nicht, sondern beachte die Hinweise an entsprechender Stelle.

Inhalt der Versuchsreihe

Der Inhalt unserer Versuchsreihe soll so zusammengestellt werden, daß ein interessanter Einblick in die wichtigsten Halbleiter ermöglicht wird, wobei nicht nur die in fertigen Bausteinen erhältlichen Halbleiter eingesetzt werden, sondern auch leicht beschaffbare Zutaten verwendet werden, wobei genaue Hinweise zur Beschaffung nicht zu umgehen sind.

Im ersten Teil werden einige Dioden betrachtet, vor allem natürlich die Silizium- und Germanium-Gleichrichter-Dioden, dann die Zenerdiode, die Photodiode und zur Abrundung der lichtabhängige Widerstand (LDR) und die Kennlinien von Heißleiter, Kaltleiter und spannungsabhängigem Widerstand (VDR).

Im zweiten Teil werden die wichtigsten Mehrschicht-Halbleiter betrachtet, also Transistor, Feldeffekt-Transistor und Thyristor.

Die Tunneldiode ist wohl ein sehr interessanter Bauteil, aber sie geht leicht kaputt und ist in Österreich überhaupt verboten, weshalb auch die Nachbeschaffung nicht leicht ist.

Die Grundschaltung

Zuerst besprechen wir die Grundschaltung, die für den ersten Teil völlig ausreicht und im zweiten Teil entsprechend ergänzt wird. Ein Baustein wäre für den ersten Teil zwar entbehrlich, der Umbau für den zweiten Teil wäre aber so umfangreich, daß wir lieber diesen einen Baustein von Anfang an mit einbauen.

Die Platte für Bausteine wird auf zwei Stangen in Tischklemmen oder besser in massiven Stativen (T-Fuß groß) so hoch eingebaut, daß einerseits darunter die Stromversorgungsgeräte und Meßgeräte stehen können, ohne das Gesichtsfeld zu stören, anderseits aber nicht allzu hoch, damit der Anschluß an den oben befindlichen Bausteinen nicht zu einer körperlichen Belastung wird.

MATHEMATIK

Dr. Walter Kranzer

Mathematische Olympiaden - Abenteuer des Denkens

Vorbemerkung

Das Erkennen und die nachhaltige Förderung von hervorstechenden Begabungen ist von so großer gesellschaftlicher Bedeutung, daß alles unternommen werden sollte, um dieser Aufgabe gerecht zu werden. Dazu bieten den AHS-Lehrern, die Mathematik und/oder ein naturwissenschaftliches Fach unterrichten, in besonderem Maße die jährlich stattfindenen Mathematik-Olympiaden manche Möglichkeit.

Vor allem gilt es, stets nach überdurchschnittlich begabten Jugendlichen Ausschau zu halten und, soferne man das Glück hat, solche in einer Klasse vorzufinden, diese zur Teilnahme an den Vorbereitungskursen zu ermuntern. Dies nicht erst, wenn vor Schulschluß die Schulbehörde die Meldungen zu den Kursen anfordert, sondern schon während des ganzen Schuljahres. Man kann doch hin und wieder kurze, gezielte und „appetitanregende" Bemerkungen einstreuen und damit die Existenz der Wettbewerbe im Schülerbewußtsein allmählich verankern. Ebenso erscheint es zweckmäßig, von Zeit zu Zeit (dem Alter und dem Kenntnisstand der Schüler angemessene) Probleme vorzulegen, deren Lösung natürlich keine Pflicht sein darf, vielmehr als Denksportaufgabe anzubieten ist.

Möge daher insbesondere jeder Mathematiklehrer seine Kräfte auch diesem wertvollen Zweck zur Verfügung stellen Er wird durch die gemeinsame Freude mit den Schülern bei deren Erfolgen überreich belohnt.

Es ist aber unbedingt zu beachten, daß die Olympiadekurse keineswegs als Fördermaßnahmen für schwache Schüler aufgefaßt werden dürfen. Sie dienen ausschließlich dem geistigen Training der Hochbegabten und erfordern von Seite der Schüler zusätzlichen Arbeitseinsatz. Ohne Schweiß kein Preis.

Die XVIII. und die XIX. IMO

In jedem Jahr treten hochqualifizierte Schülerteams aus zahlreichen Staaten zur Internationalen Mathematischen Olympiade (IMO) an. Heuer wird der Wettbewerb in den ersten Juliwochen in Rumänien stattfinden.

Es erscheint angezeigt, in dieser Zeitschrift über die großartigen Leistungen zu informieren, die von unseren Schülern seit der Beteiligung Österreichs an diesen Prüfsteinen des schöpferischen Denkens erbracht wurden. Dazu eignen sich besonders der Verlauf der XVIII. und der XIX. IMO im Monat Juli der Jahre 1976 und 1977. Der Schauplatz war 1976 das schöne Dolomitenstädtchen Lienz in Osttirol und ein Jahr später Belgrad, die Hauptstadt Jugoslawiens.

In den — meist bedauerlich knappen — Meldungen über mathematische Olympiaden findet man häufig das irreführende Schlagwort „junge Rechenkünstler", obwohl bei den Aufgaben weder das Kopf- noch das Schnellrechnen

eine Rolle spielen. Entscheidend ist allein der **schöpferische Einfall,** ohne den sich das jeweils gestellte Problem der Lösung verschließt. Auch darf man nicht annehmen, Olympiadeaufgaben setzten Kenntnisse aus der höheren Mathematik voraus. Die Aufgaben sind vielmehr auf allen Wettbewerbsstufen so gewählt, daß die normalen Schulkenntnisse zur Bewältigung ausreichen, w e n n — und nur darauf kommt es an — der Bewerber den **richtigen Einfall** hat, **wie** die elementaren Schulkenntnisse anzuwenden sind.

Die ersten mathematischen „Konkurrenzen" reichen in Ungarn bis in die Zeit vor dem ersten Weltkrieg zurück. Sie verharrten lange nur im lokalen Rahmen (auch in Rumänien), bis Rumänien im Jahre 1959 die erste internationale Veranstaltung als I. IMO abhielt. Österreich beteiligt sich seit 1970 jährlich mit einem Team von je 8 Schülern an der IMO.

In Lienz (Sommer 1976) waren bei der XVIII. IMO 19 Staaten vertreten. Daß aus ihr sämtliche 8 Österreicher als Preisträger hervorgingen, stellt eine großartige Leistung dar. Auf unser Team entfielen 1 erster Preis, 2 zweite und 5 dritte Preise. Dies ist umso höher zu bewerten, weil die Leistung im schärfsten Wettkampf mit Ländern erzielt wurde, die sowohl über ein riesiges Schülerpotential (USA, SU) als auch über hervorragende mathematische Unterrichtstraditionen (Ungarn, SU, DDR) verfügen.

Belgrad war im Sommer 1977 der Treffpunkt der Schüler von sogar 21 Staaten, die ihre Kräfte maßen. Von den 8 österreichischen Teilnehmern waren v i e r erfolgreich, sie errangen 1 ersten, 1 zweiten und 2 dritte Preise.

Um die simultane Verleihung mehrerer Preise der gleichen Stufe zu verstehen, muß man wissen, daß die Arbeiten gemäß der erreichten Punktezahl gewertet werden. Falls etwa drei Schüler je 45 Punkte von maximal 48 möglichen Punkten erreichen, alle anderen jedoch unter 45 Punkten blieben, dann würde jedem der drei Schüler ein erster Preis zuerkannt.

Unsere Preisträger waren

im Jahre 1976:

1. Preis: Karl G r i l l, Hollabrunn
2. Preis: Helmut G f e r e r, Linz
   Wilfried P a s c h e r, Linz
3. Preis: Dieter A s c h a u e r, Innsbruck
   Ernst G s c h i e l, Eisenstadt
   Ernst H o r v a t h, Eisenstadt
   Gerhard T u r n w a l d, Wien
   Rudolf W i l l i n g, Wien,

im Jahre 1977:

1. Preis: Karl G r i l l, Hollabrunn
2. Preis: Dieter A s c h a u e r, Innsbruck
3. Preis: Helmut G f e r e r, Linz
   Ernst H o r v a t h, Eisenstadt.

In der Mannschaftswertung besetzte Österreich 1976 den ehrenvollen 5. Platz, 1977 den guten 11. Platz im vorgeschobenen Mittelfeld, wenn man auf die Punktezahl achtet. Dies ist den nachstehenden Tabellen zu entnehmen. In ihnen steht die Punktesumme aller 8 Schüler eines Landes in der Klammer. Das Maximum an Punkten beträgt 288 Punkte pro Mannschaft.

1976:

1. UdSSR (250)
2. Großbritannien (214)
3. USA (188)
4. Bulgarien (174)
5. Ö s t e r r e i c h (167)
6. Frankreich (165)
7. Ungarn (160)
8. DDR (142)
9. Polen (138)
10. Schweden (120)
11. Rumänien (118)
12. CSSR (116) und Jugoslawien (116)
13. Vietnam (112)
14. Niederlande (78)
15. Finnland (52)
16. Griechenland (50)

Aus Kuba traten nur 3 Schüler an, die BRD entsandte bloß 2 Beobachter.

1977:

1. USA (202)
2. UdSSR (192)
3. Ungarn (190)
   Großbritannien (190)
4. **Niederlande (185)**
5. Bulgarien (172)
6. BRD (165)
7. DDR (163)
8. CSSR (161)
9. Jugoslawien (159)
10. Polen (157)
11. Ö s t e r r e i c h (151)
12. Schweden (137)
13. Frankreich (126)
14. Rumänien (122)
15. Finnland (88)
16. Mongolei (49)
17. Kuba (41)
18. Belgien (33)
19. Italien (22)
20. Algerien (17)

Die nächste Tabelle beweist, daß sich unsere Jugend auch bei den früheren Olympiaden, an denen sie beteiligt war, gut bewährt hat. Die vorletzte Spalte enthält die Anzahl der Teilnehmerstaaten, die letzte den Platz Österreichs in der Länderwertung.

		1. Preise	2. Preise	3. Preise	Staaten	Wertung
XII.	IMO 1970	0	0	1	14	12
XIII.	IMO 1971	0	0	4	11	7
XIV.	IMO 1972	0	0	5	14	7
XV.	IMO 1973	0	0	6	16	7
XVI.	IMO 1974	1	1	4	18	6
XVII.	IMO 1975	1	1	2	17	5
XVIII.	IMO 1976	1	2	5	19	5
XIX.	IMO 1977	1	1	2	21	11

Wenden wir uns nun der Frage zu, nach welchen Auswahlkriterien die österreichische Mannschaft zusammengestellt wird. Im Herbst jedes Schuljahres beginnen die Trainingskurse, getrennt nach Anfängern und Fortgeschrittenen. Die Anfänger sind meist Schüler der 5. und 6. Klasse einer AHS, die Fortgeschrittenen rekrutieren sich aus der 6. bis 8. Klasse. Doch existieren Ausnahmen, die besondere Erwähnung verdienen. Drei Schüler waren schon zweimal mit Preisen ausgezeichnet worden: Wilfried P a s c h e r aus Linz gewann bei der XVII. IMO 1975 einen 1. und 1976 einen 2. Preis. Walter G r i l l aus Hollabrunn errang bereits als **16jähriger** 1975 einen 2. und 1976 einen 1. Preis. Helmut G f r e r e r aus Linz war schließlich 1976 mit einem 2. und 1977 mit einem 3. Preis erfolgreich.

Im April jeden Jahres schließen die Kurse mit dem Kurswettbewerb, der sich im Rahmen des Kurses abspielt. Die Aufgaben werden zentral gestellt, weshalb für alle Kurswettbewerbe dasselbe Datum fixiert wird. Die (maximal) 6 Besten aus jedem Kurs dürfen an der nächst höheren Stufe, dem **Gebietswettbewerb** teilnehmen. Als Beispiel für den Schwierigkeitsgrad mag folgende Aufgabe, die einmal gestellt wurde, angeführt werden:

- Man beweise, daß die Zahl $z = p^4 - 1$ für jede Primzahl p, die größer als 5 ist, durch 240 teilbar ist!

Ungefähr Mitte Mai folgen die Gebietswettbewerbe in Bundesheimen, z. B. im Bh. Raach bei Gloggnitz. Österreich ist zu diesem Zweck in drei bis vier Gebiete unterteilt. Die Schüler eines Gebietes, die sich qualifiziert haben, kommen im zugewiesenen Bundesheim zusammen und bemühen sich dort um die — gleichfalls zentral — gestellten Aufgaben. Ein typisches Beispiel (für Fortgeschrittene) lautet:

- Im Raum seien vier Punkte gegeben, die nicht derselben Ebene angehören. Wieviele Ebenen existieren, die von jedem der 4 Punkte denselben Abstand haben?

Wieder qualifizieren sich je Gebiet die 8 Besten (manchmal auch mehr) für den **Bundeswettbewerb.** Zur Vorbereitung begeben sich die ca. 30 Auserwählten für **3 Wochen** in ein Bundesheim. Dort schulen sie Hochschulprofessoren und Kursleiter. Vormittags erarbeitet man unter wissenschaftlicher Leitung gemeinsam subtile Finessen des mathematischen Denkens und verläßt den Hörsaal mit einem Paket saftiger Übungsaufgaben.

Der Nachmittag ist der selbständigen Betätigung mit schwierigen Problemen gewidmet, wobei ständig die wissenschaftlichen Berater zur Hilfeleistung bereitstehen.

Man muß erlebt haben, mit welcher Verbissenheit die jungen Leute, Mädchen wie Burschen, oft bis spät in die Nacht hinein mit den Problemen ringen. Dann wird einem klar, daß die **motivierte Jugend** arbeitsfreudig, leistungswillig und zielstrebig einem gegebenen Ziel sich hinzugeben gewillt ist. Wenn junge Menschen versagen, trifft die Schuld vorwiegend Erwachsene, die ein übles Vorbild abgeben oder/und es nicht verstehen, den entwicklungsbedingten Betätigungsdrang der Jugendlichen auf gesellschaftlich positive Ziele zu fixieren. Die Jugend ist in Ordnung und sie bleibt es auch unter vernünftiger und liebevoller Führung!

Die drei Trainingswochen wirken sich auch wegen der ruhigen, z. T. landschaftlich reizvollen Lage der Bundesheime sowie wegen der beispielhaften Betreuung durch

das Personal in hohem Grade fördernd aus. Überflüssig zu sagen, daß sämtliche Kosten (einschließlich Reisespesen) das BMfUK trägt.

Der **Bundeswettbewerb** ist die letzte Hürde auf dem Wege zur Teilnahme am internationalen Bewerb im Juli. Für ihn qualifizieren sich jene 8 Schüler, die beim Bundeswettbewerb am besten abschneiden. Die Preisverteilung findet in feierlicher Form im Festsaal des BMfUK am Minoritenplatz in Wien statt. Alle Teilnehmer am Bundeswettbewerb sind anwesend, der Bundesminister für Unterricht und Kunst verteilt meist selbst die wertvollen Buchpreise an die 8 Besten.

Die Beispiele zum Bundeswettbewerb sind etwa von folgendem Kaliber:

- Gegeben seien 6 verschiedene Punkte einer Ebene, M sei der größte, m der kleinste ihrer gegenseitigen Abstände. Man beiweise, daß M niemals kleiner als $m \cdot \sqrt{3}$ sein kann!

Zur Kennzeichnung der geistigen Qualität der Bewerber diene die Schilderung eines Vorfalls während eines Trainings zum Bundeswettbewerb. Der Leiter warf die nachstehende Frage auf:

- Wenn man alle natürlichen Zahlen von 1 bis 1000 miteinander multipliziert, also das Produkt $z = 1.2.3 \ldots 998.999.1000$ bildet, so erhebt sich die Frage, auf wieviele Nullen z endet. Beantworte sie!

Kurz danach gibt ein Junge die richtige Antwort: z endet auf 249 Nullen. Eine einfache Überlegung hatte ihn — ohne Bleistift und ohne „Rechenakrobatik" — zur korrekten Antwort geführt.

(Jeder Null am rechten Ende einer natürlichen Zahl entspricht ein Faktor 10, der wieder das Produkt von 2 und 5 ist. Da in z vielmehr Faktoren 2 als Faktoren 5 aufgehen, endet z auf soviele Nullen, als der Faktor 5 in den Zahlen von 1 bis 1000 aufgeht.

Da sind einmal die 1000/5 = 200 Zahlen 5, 10, 15, ... 995, 1000, die 5 zum Teiler haben. Dazu kommen die 1000/25 = 40 Zahlen 25, 50, 75, ... 975, 1000, die 5 mindestens noch ein weiteresmal enthalten. Die 1000/125 = 8 Zahlen 125, 250, ... 875, 1000 enthalten mindestens dreimal den Faktor 5 und schließlich steckt in 625 der Faktor 5 sogar viermal. Daher enthält z den Faktor 5 genau 200+40+8+1=249mal, z endet auf 249 Nullen. Alle Rechnungen sind spielend im Kopf ausführbar, ganz ohne höhere Mathematik!)

Österreich war der erste Staat außerhalb des Ostblocks, in dem im Juli 1976 eine IMO stattfand. Die 139 teilnehmenden Schüler legten an zwei aufeinander folgenden Tagen in **Lienz** ihre beiden schriftlichen „Prüfungen" ab. An jedem Tag wurden den Bewerbern 3 Aufgaben in der Muttersprache vorgelegt, für deren Erledigung je 4 Stunden zur Verfügung standen. Korrektur und Beurteilung der Arbeiten oblag Hochschulprofessoren unter Assistenz von Dolmetschern und einem Kursleiter in Heiligenblut, um jeden Kontakt mit den Schülern auszuschließen.

Das Gastland Österreich stellte den Präsidenten der XVIII. IMO in der Person des Univ.-Prof. Dr. Edmund H l a w k a, einem der bedeutendsten lebenden Mathematiker der Welt, dessen Forschungstätigkeit an der Wiener Universität bahnbrechende Ergebnisse gezeitigt hat. Er ist den forschenden Mathematikern in allen Ländern der Erde wohl bekannt.

Die Teilnehmer hatten unter der Leitung ihrer nationalen Betreuer Gelegenheit, nach den anstrengenden Testtagen die landschaftlichen und kulturellen Schätze Osttirols ein wenig kennenzulernen.

Nach einer Woche in Lienz fuhren Bewerber, Betreuer und Juroren nach Wien, wo Minister **Dr. Fred Sinowatz** die feierliche Preisverteilung vornahm.

Österreich darf auf seine jungen mathematischen Talente mindestens ebenso stolz sein wie auf die Sieger in den Muskelkonkurrenzen. Allerdings ist die grandiose Leistung der jungen Denken schwerer zu verstehen als es die Zeit- und Längenmarken sportlicher Wettkämpfe sind ...

Möge dieser kurze Bericht erreichen, daß a l l e Mathematiklehrer ihre begabtesten Schüler anregen, sich dem Abenteuer des Denkens zu verschreiben und an den Trainingskursen für die künftigen internationalen Bewerbe aktiv teilzunehmen!

Dr. Karl S t e i n e r, HTBLuVA St. Pölten

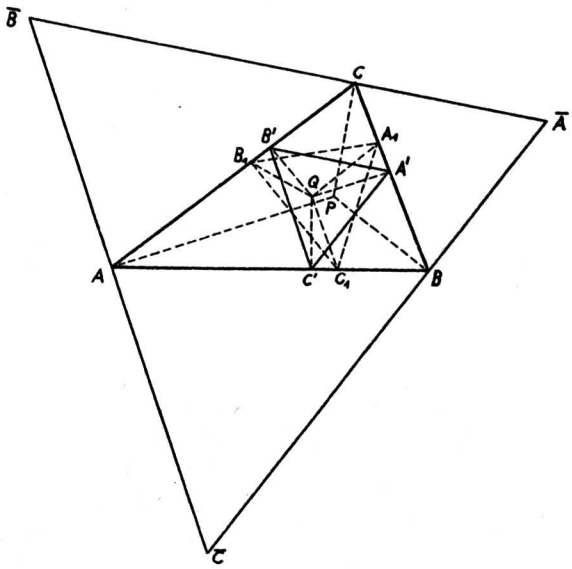
Zwei Extremwertaufgaben aus der Dreiecksgeometrie

(Eingegangen Okt. 1977)

1. Das größte, einem Dreieck umgeschriebene Dreieck mit gegebenen Winkeln

Einem Dreieck ABC mit den Seiten a, b und c und den entsprechenden Winkeln α, β und γ ist das größte Dreieck $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ mit den gegebenen Winkeln $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$ und $\bar{\gamma}$ umzuschreiben, wobei $\bar{\alpha}$, $\bar{\beta}$ und $\bar{\gamma}$ den Winkeln α, β und γ gegenüberliegen.

(Für dieses Dreieck soll die Abkürzung g.u.D. verwendet werden.)



In der Zeichnung seien die Seiten $\overline{AB} = c$, $\overline{BC} = a$, $\overline{AC} = b$, $\overline{\bar{A}\bar{B}} = \bar{c}$, $\overline{\bar{B}\bar{C}} = \bar{a}$, $\overline{\bar{A}\bar{C}} = \bar{b}$, $A'B' = c'$, $B'C' = a'$, $A'C' = b'$ und die Winkel: $\sphericalangle BAC = \alpha$, $\sphericalangle ABC = \beta$, $\sphericalangle ACB = \gamma$, $\sphericalangle B\bar{A}C = \bar{\alpha}$, $\sphericalangle A\bar{B}C = \bar{\beta}$, $\sphericalangle A\bar{C}B = \bar{\gamma}$, $\sphericalangle B'A'C' = \alpha'$, $\sphericalangle A'B'C' = \beta'$, $\sphericalangle B'C'A' = \gamma'$.

Um das g.u.D. für das Dreieck ABC zu bestimmen, wird $\bar{a}$ als Funktion des Winkels $BA\bar{C} = x$ dargestellt.

Wenn die Länge der Seite $\bar{a}$ ein Maximum wird, hat auch die Fläche des Dreieckes $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ bei gleichbleibenden Winkeln einen Höchstwert.

Nach Anwendung des Sinussatzes folgt:

$$\bar{a}(x) = b\sin(\alpha + x - \bar{\beta})/\sin\bar{\beta} + c\sin(x + \bar{\gamma})/\sin\bar{\gamma} \qquad (1)$$

Setzt man die erste Ableitung $\bar{a}'_{(x)}$ gleich Null, findet man mit Hilfe des ersten Summensatzes für x: $\tan x = u/v$ (2)

mit $u = b\sin\bar{\gamma}\cos(\alpha - \bar{\beta}) + c\sin\bar{\beta}\cos\bar{\gamma}$

und $v = b\sin\bar{\gamma}\sin(\alpha - \bar{\beta}) + c\sin\bar{\beta}\sin\bar{\gamma}$

Wenn man den Winkel x in die zweite Ableitung von (1) einsetzt, hat man $\bar{a}''_{(x)} = -\bar{a} < 0$, daher ist das Dreieck $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ für den durch (2) bestimmten Wert für x ein Maximum. Da für $x + k\pi$ ($k \in Z$) sich für jedes k dasselbe Dreieck $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ ergibt, existiert unter den angegebenen Bedingungen nur ein g.u.D.

Um die Seiten des Dreieckes $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ zu berechnen, werden sinx und cosx aus (2) ausgedrückt und nach Verwendung des ersten Summensatzes in (1) eingesetzt. Daraus folgt:

$$\bar{a} = m/(\sin\bar{\beta}\sin\bar{\gamma}),\ \bar{b} = m/\sin\bar{\alpha}\sin\bar{\gamma},\ \bar{c} = m/\sin\bar{\alpha}\sin\bar{\beta} \qquad (3)$$

Dabei ist:

$$\begin{aligned} m^2 &= a^2\sin^2\bar{\gamma} + c^2\sin^2\bar{\alpha} - 2ac\sin\bar{\alpha}\sin\bar{\gamma}\cos(\beta + \bar{\beta}) = \\ &= b^2\sin^2\bar{\gamma} + c^2\sin^2\bar{\beta} - 2bc\sin\bar{\beta}\sin\bar{\gamma}\cos(\alpha + \bar{\alpha}) = \\ &= a^2\sin^2\bar{\beta} + b^2\sin^2\bar{\alpha} - 2ab\sin\bar{\alpha}\sin\bar{\beta}\cos(\gamma + \bar{\gamma}). \end{aligned} \qquad (4)$$

Die Gleichheit dieser Ausdrücke läßt sich nachweisen, in dem die Winkelfunktionen durch die Seiten und die Flächen der Dreiecke ABC und $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ mit dem Kosinussatz bzw. mit der trigonometrischen Flächenformel ausgedrückt werden. Dies führt in allen drei Fällen auf dieselbe Form für m^2, in der keine der Seiten a, b, c, $\bar{a}$, $\bar{b}$ und $\bar{c}$ ausgezeichnet ist.

Weiters sieht man, daß der Radius des Umkreises des Dreieckes $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$

$r = m/(2\sin\bar{\alpha}\sin\bar{\beta}\sin\bar{\gamma})$ ist.

Durch die Formeln (3) und (4) können die Seiten $\bar{a}$, $\bar{b}$ und $\bar{c}$ durch die Umkreisdurchmesser der Dreiecke $\bar{A}BC$, $\bar{B}AC$ und $\bar{C}AB$, nämlich $d_{\bar{a}}$, $d_{\bar{b}}$ und $d_{\bar{c}}$ dargestellt werden:

$$\begin{aligned}\bar{a}^2 &= d_{\bar{b}}^2 + d_{\bar{c}}^2 - 2d_{\bar{b}}d_{\bar{c}}\cos(\alpha + \bar{\alpha})\\ \bar{b}^2 &= d_{\bar{a}}^2 + d_{\bar{c}}^2 - 2d_{\bar{a}}d_{\bar{c}}\cos(\beta + \bar{\beta})\\ \bar{c}^2 &= d_{\bar{a}}^2 + d_{\bar{b}}^2 - 2d_{\bar{a}}d_{\bar{b}}\cos(\gamma + \bar{\gamma})\end{aligned} \qquad (5)$$

Daraus ergibt sich eine einfache Konstruktion der Seiten.

Eine Eigenschaft des größten, einem Dreieck umgeschriebenen Dreieckes mit gegebenen Winkeln.

Es gibt einen Punkt P, dessen Verbindungslinien zu den Eckpunkten des Dreieckes ABC auf die Seiten des Dreieckes $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ normal stehen.

Um diese Behauptung zu beweisen, werde angenommen, das Dreieck $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ in der Zeichnung sei das g.u.D. des Dreieckes ABC. Es gäbe weiters einen Punkt P, für den gelten soll:

$\overline{PA} \perp \overline{\bar{B}\bar{C}}$, $\overline{PB} \perp \overline{\bar{A}\bar{C}}$ und $\overline{PC} \perp \overline{\bar{A}\bar{B}}$.

Bei diesen Annahmen sind die Vierecke $\bar{A}BPC$, $\bar{B}APC$ und $\bar{C}BPA$ Sehnenvierecke. Wegen $\overline{PC} \perp \overline{\bar{A}\bar{B}}$ und $\overline{PB} \perp \overline{\bar{A}\bar{C}}$ ist $\overline{P\bar{A}}$ gleich dem Umkreisdurchmesser des Dreieckes $\bar{A}BC$:

$\overline{P\bar{A}} = d_{\bar{a}} = a/\sin\bar{\alpha}$

Genauso erhält man: $\overline{P\bar{C}} = d_{\bar{c}} = c/\sin\bar{\gamma}$.

Für den Winkel $\bar{A}P\bar{C}$ folgt:

$$\sphericalangle\, \bar{A}P\bar{C} = 180° - \sphericalangle\, P\bar{A}B - \sphericalangle\, P\bar{C}B.$$

Da $\sphericalangle\, P\bar{A}B = \bar{\alpha} - \sphericalangle\, P\bar{A}C = \bar{\alpha} - \sphericalangle\, CBP$ und

$\sphericalangle\, P\bar{C}B = \bar{\gamma} - \sphericalangle\, P\bar{C}A = \bar{\gamma} - \sphericalangle\, PBA$ ist, hat man:

$$\sphericalangle\, \bar{A}P\bar{C} = 180° - (\bar{\alpha} + \bar{\gamma} - (\sphericalangle\, ABP + \sphericalangle\, CBP)) = \beta + \bar{\beta}.$$

Aus dem Dreieck $\bar{A}\bar{C}P$ gewinnt man mit Hilfe des Kosinussatzes:

$\bar{b}^2 = d_{\bar{a}}^2 + d_{\bar{c}}^2 - 2d_{\bar{a}}d_{\bar{c}}\cos(\beta + \bar{\beta})$

in Übereinstimmung mit (5).

Da die Annahmen auf keinen Widerspruck führten, ist die Behauptung bewiesen.

Aus dieser Eigenschaft ergibt sich eine einfache Konstruktion des Dreieckes $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$. Da $\sphericalangle\, CPB = 180° - \bar{\alpha}$, $\sphericalangle\, CPA = 180° - \bar{\beta}$ und $\sphericalangle\, APB = 180° - \bar{\gamma}$ ist, kann der Punkt P leicht durch Schnitt von Peripheriewinkelkreisen konstruiert werden. Durch die Normalen auf die Strecken $\overline{PA}$, $\overline{PB}$ und $\overline{PC}$ in A, B und C ist das Dreieck $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ bestimmt.

Das größte, einem Dreieck umgeschriebene, gleichseitige Dreieck.

Für die Seite $\bar{s}$ des gleichseitigen g.u.D. folgt aus (3), (4) und (5):

$\bar{s}^2 = 4/3(b^2 + c^2 - 2bc\cos(\alpha + 60°))$.

Wendet man den ersten Summensatz an und drückt $\sin\alpha$ durch die Dreiecksfläche F und die Seiten und den $\cos\alpha$ durch die Seiten aus, hat man:

$\bar{s}^2 = 2/3(a^2 + b^2 + c^2 + 4F\sqrt{3})$. (6)

Die Konstruktion folgt aus dem vorhergehenden Abschnitt.

2. Das kleinste, einem Dreieck eingeschriebene Dreieck mit gegebenen Winkeln.

Einem Dreieck ABC ist das kleinste Dreieck mit vorgegebenen Winkeln einzuschreiben. Die Winkel α', β' und γ' sollen dabei den entsprechenden Winkeln α, β und γ des Dreieckes ABC gegenüberliegen.

(Für dieses Dreieck soll die Abkürzung k.e.D. verwendet werden.)

Dazu wird der Winkel $B'C'A = \varphi$ so lange variiert, bis die Seiten des Dreieckes $A'B'C'$ ein Minimum werden.

Diese Aufgabe läßt sich auf die vorhergehende zurückführen: Man nehme an, das Dreieck $A'B'C'$ sei gegeben, und es soll dafür das g.u.D. mit den vorgegebenen Winkeln α, β und γ gefunden werden. In diesem Fall wird aber das Dreieck $A'B'C'$ das k.e.D. mit den Winkeln α', β' und γ' für das Dreieck ABC.

Mit dem Sinussatz findet man:

$a_{(\varphi)} = b'\sin(\varphi + \gamma')/\sin\beta + c'\sin(\varphi + \alpha - \beta')/\sin\gamma$ (7)

Setzt man die erste Ableitung nach φ gleich Null, folgt wie bei (2)

$\tan\varphi = u'/v'$ (8)

mit $u' = b'\sin\gamma\cos\gamma' + c'\sin\beta\cos(\alpha - \beta')$

und $v' = b'\sin\gamma\sin\gamma' + c'\sin\beta\sin(\alpha - \beta')$.

Da $a''_{(\varphi)} = -a < 0$ ergibt, ist (8) die Bedingung für ein maximales Dreieck ABC; daher ist (8) auch die Bedingung dafür, daß Dreieck $A'B'C'$ das k.e.D. des Dreieckes ABC ist.

Aus (8) kann man $\sin\varphi$ und $\cos\varphi$ ausdrücken und in (7) nach Verwendung des ersten Summensatzes und der Dreiecksflächenformel die Seiten a', b' und c' des k.e.D. ermitteln:

$a' = 2F\sin\alpha'/n$, $b' = 2F\sin\beta'/n$ und $c' = 2F\sin\gamma'/n$. (9)

(F = Fläche des Dreieckes ABC) wobei sich n aus m in (4) ergibt, wenn man $\bar{\alpha} = \alpha'$, $\bar{\beta} = \beta'$ und $\bar{\gamma} = \gamma'$ setzt.

Die Gleichheit der drei Ausdrücke läßt sich wie in der vorhergehenden Aufgabe zeigen.

Die Lage des größten, einem Dreieck umgeschriebenen und des kleinsten demselben Dreieck eingeschriebenen Dreieckes bei gleichen entsprechenden Winkeln.

In der Zeichnung sei $\triangle\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ das g.u.D. für das Dreieck ABC und $\triangle A'B'C'$ das k.e.D. für das Dreieck ABC mit den gleichen entsprechenden Winkeln, also $\bar{\alpha} = \alpha'$, $\bar{\beta} = \beta'$ und $\bar{\gamma} = \gamma'$.

Unter dieser Voraussetzung sind die beiden Dreiecke $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ und $A'B'C'$ zentrisch ähnlich.

Der Beweis dafür ist erbracht, wenn es gelingt, zu zeigen, daß $\sphericalangle\, B\bar{A}\bar{C} = \sphericalangle\, AC'B'$ ist.

Setzt man in Formel (8) $\beta' = \bar{\beta}$, $\gamma' = \bar{\gamma}$, $\alpha' = \bar{\alpha}$, $b' = 2r'\sin\bar{\beta}$ und $c' = 2r'\sin\bar{\gamma}$, dann geht sie in (2) über, wenn man in (2) noch c und b durch den Umkreisradius ausdrückt. Entsprechende Seiten der beiden Dreiecke sind also parallel, womit der Satz bewiesen ist.

Ein Satz über die Flächeninhalte zweier zentrisch ähnlicher Dreiecke, von denen das eine einem gegebenen Dreieck umgeschrieben und das andere dem selben Dreieck eingeschrieben ist.

In der Zeichnung sei $\triangle\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ ein dem Dreieck ABC umgeschriebenes, beliebiges Dreieck und $\triangle A'B'C'$ ein dazu zentrisch ähnliches, eingeschriebenes Dreieck.

Unter dieser Voraussetzung besteht zwischen des Flächeninhalten der beiden Dreiecke folgende, einfache Beziehung:

$\bar{F}.F' = F^2$ (10)

(F = Fläche des Dreieckes ABC, $\bar{F}$ = Fläche des dem Dreieck ABC umgeschriebenen Dreieckes, F' = Fläche des dazu zentrisch ähnlichen, eingeschriebenen Dreieckes)

Zum Beweis drücke man die Seiten $\bar{a}$ und $\bar{b}$ mit Hilfe des Sinussatzes durch a bzw. b aus und ebenso stelle man a' und b' durch a bzw. b dar.

Es folgen, unabhängig von der Größe des Winkels $x = \varphi$, die Beziehungen

$\bar{a}a' = a^2\sin\bar{\alpha}\sin\beta\sin\gamma/(\sin\alpha\sin\bar{\beta}\sin\bar{\gamma})$ und

$\bar{b}b' = b^2\sin\bar{\beta}\sin\alpha\sin\gamma/(\sin\beta\sin\bar{\alpha}\sin\bar{\gamma})$,

aus denen sich mit der trigonometrischen Flächenformel (10) ergibt, womit die Behauptung bewiesen ist.

Eine Eigenschaft des kleinsten, einem Dreieck eingeschriebenen Dreieckes mit vorgegebenen Winkeln.

Die Normalen auf die Seiten des Dreieckes ABC in den Eckpunkten A', B' und C' schneiden sich in einem Punkt Q.

Um diese Behauptung zu beweisen, nehme man an, das Dreieck $A'B'C'$ in der Zeichnung sei das k.e.D. des Dreieckes ABC.

In diesem Fall ist das Dreieck ABC das g.u.D. mit den Winkeln α, β und γ für das Dreieck $A'B'C'$. Daher stehen die Verbindungslinien vom Punkt Q zu den Eckpunkten des Dreieckes $A'B'C'$ normal auf die Seiten des Dreieckes ABC, wie bereits bewiesen wurde.

Bei Beachtung des Umstandes, daß die Vierecke QC'BA', QC'AB' und QB'CA' Sehnenvierecke sind, findet man für die Winkel:

$$\sphericalangle AQB = 180° - (\sphericalangle BAQ + \sphericalangle ABQ) =$$
$$= 180° - (\alpha - \sphericalangle CAQ + \beta - \sphericalangle CBQ) =$$
$$= 180° - (\alpha - \sphericalangle B'C'Q + \beta - \sphericalangle A'C'Q) = \gamma' + \gamma$$

und ebenso

$$\sphericalangle AQC = \beta + \beta', \sphericalangle BQC = \alpha + \alpha'$$

Daraus ist eine einfache Konstruktion des Dreieckes A'B'C' zu entnehmen: Der Punkt Q ist der Schnittpunkt dreier Peripheriewinkelkreise mit den Peripheriewinkeln $\alpha + \alpha'$, $\beta + \beta'$ und $\gamma + \gamma'$. Von Q fällt man die Normalen auf die Seiten des Dreieckes ABC. Das so entstehende Fußpunktsdreieck ist dann das k.e.D. des Dreieckes ABC. [1]

Wenn allerdings das g.u.D. gegeben ist, kann man das k.e.D. mit denselben Winkeln durch eine Ähnlichkeitskonstruktion einfach finden, da ja die entsprechenden Seiten parallel sind.

Das kleinste, einem Dreieck eingeschriebene, gleichseitige Dreieck.

Für die Seite s' des gleichseitigen k.e.D. eines Dreieckes findet man aus (9), wenn man $\alpha' = \beta' = \gamma' = 60°$ setzt:

$$s'^2 = 4F^2/(a^2 + b^2 - 2ab\cos(60° + \gamma)).$$

Drückt man darin die Winkelfunktionen durch die Dreiecksseiten und die Fläche aus, ergibt sich:

$$s'^2 = 4F^2/(a^2 + b^2 + c^2 + 4F\sqrt{3}),$$

eine Formel, die man auch aus (6) und (10) erhalten kann.

3. Ein elementargeometrischer Beweis.

Das k.e.D. und das g.u.D. eines Dreieckes lassen sich einfacher auch ohne Differentialrechnung finden.

Es seien A', B' und C' drei, je auf einer Dreiecksseite des Dreieckes ABC angenommene Punkte. In diesem Fall gilt der Satz von Miquel: Die Umkreise der Dreiecke A'B'C, A'BC' und AB'C' schneiden einander in einem Punkt P, dem Miquel'schen Punkt. [2]

(Die drei Umkreise heißen Miquel'sche Kreise und das Dreieck A'B'C' ist das Miquel'sche Fußpunktsdreieck.)

Dieser Satz läßt sich mit Hilfe der Eigenschaften eines Sehnenviereckes und den Sätzen über den Peripheriewinkel leicht beweisen.

Aus den beiden letztgenannten Sätzen folgt auch die Eigenschaft eines Miquel'schen Fußpunktsdreieckes, daß die Verbindungslinien des Miquel'schen Punktes zu den Fußpunkten mit den Dreiecksseiten den gleichen Winkel einschließen:

$$\sphericalangle QC'A = \sphericalangle QB'C = \sphericalangle QA'B.$$

Es soll nun gezeigt werden, daß es zu einem Miquel'schen Punkt Q unendlich viele ähnliche Miquel'sche Fußpunktsdreiecke gibt.

In der Zeichnung sei der Punkt Q ein Miquel'scher Punkt und Dreieck A'B'C' ein zu diesem Punkt gehöriges Fußpunktsdreieck.

Weiters sei $\sphericalangle C'QC_1 = \sphericalangle A'QA_1 = \sphericalangle B'QB_1 = \varepsilon$.

Unter dieser Voraussetzung ist $\triangle C'QA' \sim \triangle C_1QA_1$,

und in der Folge gilt: $\triangle A'B'C' \sim \triangle A_1B_1C_1$.

Da der Winkel ε beliebig angenommen werden kann, gibt es unendlich viele ähnliche Miquel'sche Fußpunktsdreiecke für den Punkt Q, wie behauptet wurde.

Unter den unendlich vielen zu Q gehörigen Miquel'schen Fußpunktsdreiecken gibt es ein kleinstes. Das ist jenes, bei dem der Abstand des Miquel'schen Punktes vom Fußpunkt ein Minimum ist. Dieser Fall tritt ein, wenn $\overline{QA'} \perp a$, $\overline{QB'} \perp b$ und $\overline{QC'} \perp c$ ist, da der Normalabstand der kürzeste Abstand eines Punktes von einer Geraden ist.

Das k.e.D. ist also ein Miquel'sches Fußpunktsdreieck mit gegebenen Winkeln, bei dem die Verbindungslinien des Miquel'schen Punktes zu den Fußpukten auf die Dreiecksseiten normal stehen.

Das g.u.D. ist jenes Dreieck, in bezug auf welches das gegebene Dreieck das k.e.D. ist.

[1] Wiss. Nachr., September 1976, Seite 27—28.

[2] Donath, E.: Die merkwürdigen Punkte und Linien des ebenen Dreieckes. VED Berlin, Seite 45—47.

„Räume" mit gebrochener Dimensionszahl

Jedem, der sich ein wenig eingehender mit Geometrie beschäftigt hat, ist der Begriff mehrdimensionaler Räume vertraut geworden. Bei genügend intensivem Eindringen in die Materie gelingt es sogar, mit den einfachsten Gebilden des R^4 gewisse anschauliche Vorstellungen zu verbinden. Die Methoden der kombinatorischen Topologie machen — unter vollständigem Verzicht auf die Anschauung — die geometrischen Gebilde in Räumen beliebig großer Dimensionszahl der mathematischen Behandlung zugänglich. (S. Wiss. Nachr., Nr. 11, IV. 1966, S. 2, Mehrdimensionale Geometrie; Nr. 12, S. 12, Die Bettischen Gruppen in der kombinatorischen Geometrie.) Die mathematische Analyse erfaßt schließlich auch den Hilbertschen Raum mit abzählbar unendlich vielen Dimensionen sowie Banachsche Räume mit überabzählbar vielen Dimensionen. Das waren und sind keineswegs rein abstrakte mathematische Gedankenspiele sondern z. T. praktischen Bedürfnissen dienende Forschungen. So bedurfte man bei der logischen Grundlegung der Quantenmechanik des Hilbertschen Raumes H, u. a. war das Problem der Hauptachsentransformation von Hyperflächen zweiten Grades in H zu lösen, um die möglichen Energiezustände eines quantenmechanischen Systems zu ermitteln. (S. Wiss. Nachr. Nr. 4, I. 1964, S. 6, Quantenmechanik und Quantenfeldtheorie.) Ebenso führen Integralgleichungen auf unendlichdimensionale Räume.

Die Pflasterdimension

Betrachtet man nicht nur die einfachen Gebilde der Elementargeometrie wie Polygone, Polyeder usw., sondern beliebige Punktmengen, so ergibt sich die zwingende Notwendigkeit, über den Dimensionsbegriff Klarheit zu schaffen. Ein langer Forschungsprozeß war zu durchschreiten, ehe einwandfrei definiert werden konnte, was unter der Dimension einer kompakten Punktmenge zu verstehen sei. (Die Punktmenge M heißt **kompakt,** wenn jede unendliche Teilmenge von M mindestens einen Häufungspunkt in M besitzt.) Es existieren verschiedene Definitionen. Eine von ihnen ist die sogenannte **Pflasterdimension.**

Zwecks leichterer Verständlichkeit vorerst einige Beispiele.

a) Die Punktmenge M sei der Kreisbogen $\overset{\frown}{AB}$ in Abb. 1 a. Jedes abgeschlossene Intervall, in dessen Innerem ein Punkt P liegt, ist eine bzgl. M abgeschlossene, zusammenhängende M-Umgebung von P, egal, ob P Intervallmittelpunkt ist oder nicht. Hat dieses Intervall die Bogenlänge $\varepsilon > 0$, so wollen wir es kurz als ε-Überdeckung von P bezeichnen und dafür Ü (P, ε) schreiben.

In Abb. 1 b wird der gesamte Bogen $\overset{\frown}{AB}$ von solchen Intervallen überdeckt, die der Übersichtlichkeit halber durch die neben $\overset{\frown}{AB}$ eingezeichneten Bogenstücke angedeutet sind. Überschreitet keine der Längen der Bogenstücke den Wert $\varepsilon > 0$, so sprechen wir von einer ε-Überdeckung des Bogens $\overset{\frown}{AB}$ und notieren Ü (M, ε). Dabei ist es gleichgültig, ob zwei Teilintervalle nur einen Randpunkt oder auch innere Punkte gemeinsam haben. Es soll aber kein Intervall Teilmenge eines anderen sein. Greift man einen Punkt von M heraus, so gehört er entweder nur einem Intervall an oder mehreren, im letzteren Fall immer zweien. Die Anzahl der Intervalle, in denen ein Punkt zugleich liegt, wollen wir seine Überdeckungszahl z nennen. In Abb. 1 b sind nur die z-Werte 1 und 2 realisiert, speziell gilt z (P) = 1, z (Q) = 2.

Man kann natürlich den ganzen Bogen AB mit einem einzigen Intervall überdecken, nämlich mit sich selbst, denn jede Menge M ist M-Umgebung jedes ihrer Punkte. ε ist dann gleich der Bogenlänge s von AB und jeder Punkt von AB hat die Überdeckungszahl z = 1.

Sobald ε kleiner als s ausfällt, sind mindestens zwei Intervalle zur vollständigen Überdeckung nötig und es treten Punkte mit z = 2 auf. Die Intervallüberlappungen sind am geringsten, wenn benachbarte Intervalle nur einen Randpunkt gemeinsam haben.

Beschränken wir die Zahlen ε auf die Menge $D = \{s, s/2, s/3, \ldots s/k, \ldots\}$, $k \in N$, dann dürfen wir sagen:

Es ist unmöglich, für fast alle $\varepsilon \in D$ Überdeckungen Ü (M,) von $M = \overset{\frown}{AB}$ zu konstruieren, in denen keinem Punkt eine Überdeckungszahl $z > 1$ zugeordnet ist.

Wir wissen natürlich, daß M = $\widehat{AB}$ die Dimension 1 hat.

b) Nun wählen wir als Punktmenge M ein Quadrat Q mit der Seitenlänge s. Wir überdecken es mit Rechteckumgebungen (Abb. 2 a) und stellen fest, daß

c) Die Punktemenge M sei die Strecke AB. Unterwirft man AB einer Streckung auf das k-fache, k∈N, dann erhält man die neue Strecke auch durch k^1-maliges Auseinanderlegen von AB. **AB hat die Dimension 1.**

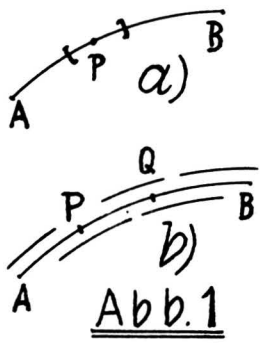


Abb. 1

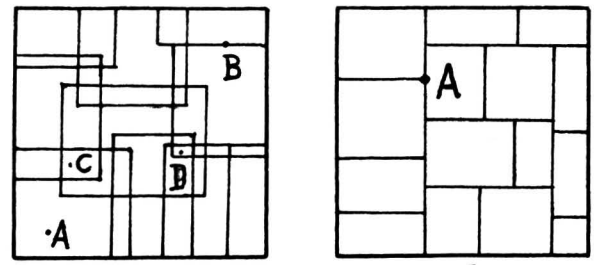


Abb. 2

$$z(A) = 1,\ z(B) = 2,\ z(C) = 3 \text{ und } z(D) = 4$$

gilt. Es existieren jedoch einfach zu konstruierende Überdeckungen, in denen keine Überdeckungszahl größer als 3 auftritt. In Abb. 2 b ist Q ebenfalls durch Rechtecke überdeckt, aber nur jene Punkte, in denen drei dieser Rechtecke zusammenstoßen, gilt z=3 (z. B. im Punkt A). Allen anderen Punkten ist z = 1 oder z = 2 zugeordnet.

Analog zu Beispiel a) sei Ü (Q, ε) eine Überdeckung von M = Q, in der jede der von ihr benützten Umgebungen den Durchmesser ε > 0 habe. ε sei wieder auf die Menge D = {d, d/2, d/3, ... d/k, ...}, k∈ N, beschränkt, d ist der Durchmesser von Q, also gleich s . √2. Für ε=d sind sämtliche Punkte von Q nur einfach überdeckt. Mit abnehmendem ε treten alsbald bei jeder Überdeckung sogar Punkte mit z = 3 auf, u. U. auch solche mit größeren Überdeckungszahlen. Es ist aber völlig ausgeschlossen, bei abnehmendem ε zu vermeiden, daß z > 2 realisiert wird. Wir dürfen also sagen:

Es ist unmöglich, für fast alle ε ∈ D Überdeckungen Ü (Q, ε) von M = Q zu konstruieren, in denen keinem Punkt eine Überdeckungszahl z > 2 zugeordnet ist.

Wir wissen natürlich, daß M = Q die Dimension 2 hat.

Die angeführten Beispiele sind trivial, aber gut geeignet, auf die Verallgemeinerung vorzubreiten.

Sei M eine Punktmenge mit Abstandfunktion *), also ein metrischer Raum, d ihr Durchmesser. In M seien ferner die Begriffe „Punktüberdeckung Ü (P, ε), M-Überdeckung Ü (M, ε) analog zu den Beispielen a), b) definiert, einschließlich der Beschränkung von ε auf die Menge D = {d, d/2, d/3, ...).

Definition: Die Menge M hat die **Dimension n,** wenn es unmöglich ist, für fast alle ε ∈ D Überdeckungen Ü (M, ε) zu konstruieren, in denen **keinem Punkt** eine **Überdeckungszahl z > n** zugeordnet ist, wohl aber eine Überdeckung mit z = n + 1 existiert.

Das ist die sogenannte Pflasterdimension. Im Allgemeinen kann es natürlich schwierig ssein, den Dimensionsbeweis in dieser Richtung zu führen, denn es existieren sehr merkwürdige Punktmengen, die man gelegentlich als „pathologische" Modelle von Räumen bezeichnet. Im folgenden sind einige derartige Gebilde Gegenstände der Darstellung.

Die Hausdorf-Dimension

Neben der oben angedeuteten Pflasterdimension existieren noch andere Definitionen für den Dimensionsbegriff. Hausdorff hat in den zwanziger Jahren einen Dimensionsbegriff benützt, der leichter zu erklären ist, der es aber trotzdem ermöglicht, ihn auf gebrochene, ja auf irrationale Werte auszudehnen. Lassen wir uns wieder von möglichst einfachen Beispielen leiten!

*) Eine Abstandsfunktion d: (x, y) ↦ (x, y), (x, y) ∈ M x M, über M muß die drei **Abstandsaxiome** erfüllen:
(M_1) ....∀ (x, y) ∈ M x M: d (x, y) ≧ O, d (x, y) = 0 ⟺ x = y;
(M_2) ....∀ (x, y) ∈ M x M: d(x, y) = d (y, x);
(M_3) ....∀ (x, y, z) ∈M x M x M: d (x, y) + d (y, z) ≥ d (x, z), Dreiecksungleichung.

d) Die Punktmenge M sei das Quadrat Q. Unterwirft man Q einer isotropen Streckung mit dem Streckungsfaktor k, k∈ N, dann erhält man das neue Quadrat auch durch geeignetes Aneinanderlegen von k^2 der ursprünglichen Quadrate Q. **Q hat die Dimension 2.**

e) Die Punktmenge M sei der Würfel W. Unterwirft man W einer isotropen Streckung mit dem Streckungsfaktor k, k∈N, dann erhält man den neuen Würfel durch geeignetes Auseinanderlegen von k^3 **der ursprünglichen Würfel W. W hat die Dimension 3.**

Die Verallgemeinerung liegt auf der Hand.

Definition: Führt eine Ähnlichkeitstransformation mit dem Streckungsfaktor k, k∈ N, die Punktmenge M derart in eine Punktmenge M' über, daß M' durch geeignetes Aneinanderfügen von k^n der ursprünglichen Mengen M gleichfalls hervorgeht, **dann hat M die Dimension n.**

Das scheint noch nicht sehr aufregend zu sein, doch warten wir ab und wenden uns nun einer „Kurve" zu, die an sich schon erheblich von dem abweicht, was der naiven Vorstellung über Kurven entspricht. Gemeint ist die sogenannte **von Kochsche Kurve,** die der schwedische Mathematiker **Helge von Koch** im Jahre 1904 in die Geometrie eingeführt hat. Sie läßt sich nicht zeichnen, ist unendlich lang und befindet sich dennoch innerhalb eines endlichen Gebietes der Ebene, der sie angehört. Wohl aber kann die Konstruktionsvorschrift ohne Schwierigkeit angegeben werden.

Man geht von einer Strecke K_o der Länge a aus (Abb. 3).

1. Schritt:

K_o wird in drei gleichlange Strecken zerlegt, die mittlere Strecke wird zu einem gleichseitigen Dreieck ergänzt und sie selbst wird gelöscht. Es entsteht die Kurve K_1 in der Abb. 3 a.

2. Schritt:

Mit jeder der vier Strecken von K_1 verfährt man in gleicher Weise wie mit K_o beim ersten Schritt. Es entsteht die Kurve K_2 in der Abb. 3 b.

3. Schritt:

Auf jede der 16 Teilstrecken von K_2 wird neuerlich das geschilderte Verfahren angewendet. Es entsteht die Kurve K_3 in der Abb. 3 c.

Die weiteren Schritte:

Ist K_k konstruiert, so entsteht K_{k+1} durch Anwendung des bei den drei ersten Schritten benützten Verfahrens auf die 4^k Teilsstrecken von K_k.

Der Grenzübergang:

Das Verfahren wird unbegrenzt fortgesetzt gedacht. Die von Kochsche Kurve K ergibt sich durch den Grenzübergang

$$K = \lim_{k \to \infty} K_k.$$

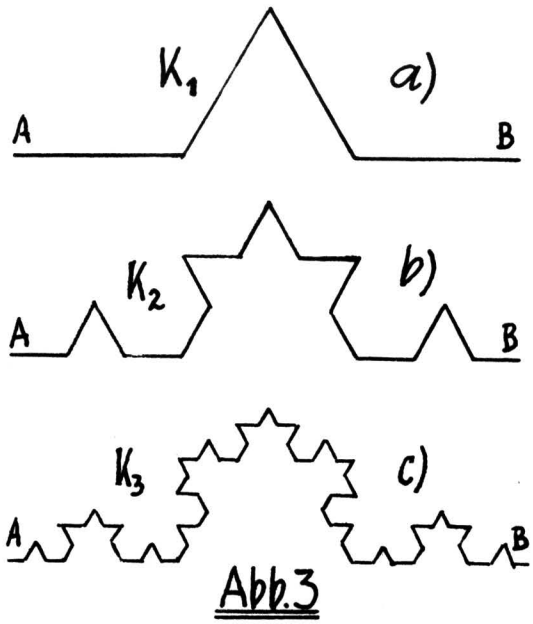


Abb. 3

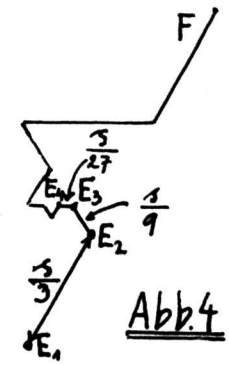


Abb. 4

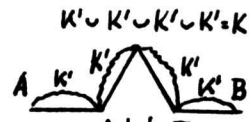


Abb. 5

Um dies zu akzeptieren, muß man nachweisen, daß die Punkte von K wohldefiniert sind. Wir denken uns wieder K_k als bereits konstruiert und wählen eine Ecke E_1 von K_k. F sei die nächste Ecke, auf die man beim Durchlaufen von K_k stößt. Die Teilstrecken von K_k haben die Länge von je $a/3^k$, wenn a die Länge von K_o ist. Also gilt $\overline{E_1F} = a/3^k = s$. Wir gehen nun um das Stück s/3 von E_1 gegen F weiter und halten beim Punkt E_2 (Abb. 4), wenden uns um 60° nach links, gehen um s/9 geradeaus weiter bis E_3, wenden uns wieder um 60° nach links, gehen um s/27 weiter usf. ad infinitum. Der so gewonnene Streckenzug strebt gegen einen Punkt E von K,

$$E = \lim_{i \to \infty} E_i.$$

Zum Beweis der Behauptung bedienen wir uns der komplexen Zahlen. Der linke Eckpunkt von K_o sei der Bildpunkt der Zahl Null, K_o liege in der positiv-reellen Achse der Gaußschen Zahlenebene. E_1 sei der Bildpunkt von z_1. Da E_1F mit K_o einen Winkel bildet, der ein ganzzahliges Vielfaches von 60° ist, entspricht der Zeiger E_1F einer komplexen Zahl w,

$$w = s \cdot e^{ip\pi/3},\ p \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6\}.$$

Zu E_1E_2 gehört daher die Zahl w/3.
Zu E_2E_3 gehört — wegen der Drehung um 60° — die Zahl $(w/3) \cdot e^{i\pi/3}$.
Zu E_3E_4 gehört die Zahl $(w/9) \cdot e^{2i\pi/3}$ usw.

Demnach ist E der Bildpunkt der Summe z der konvergenten geometrischen Reihe

$$z = z_1 + (w/3) \cdot \left(1 + \frac{e^{i\pi/3}}{3} + \frac{e^{2i\pi/3}}{9} + \ldots\right) =$$

$$= z_1 + \frac{w}{3} \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{3} e^{i\pi/3}} =$$

$$= z_1 + \frac{a}{3^{k+1}} \cdot \frac{5 + i\sqrt{3}}{14}.$$

Je nachdem, von welcher Kurve K_k und welchem ihrer Punkte man ausgeht, erhält man den einen oder den anderen Punkt von K. Dazu kommen noch sämtliche Eckpunkte sämtlicher Kurven K_k, die ja vom Grenzprozeß unbeeinflußt bleiben. Bei Ausschöpfung aller Wahlmöglichkeiten erhält man die Gesamtheit der Punkte von K, womit die Existenz des von Kochschen Gebildes nachgewiesen ist. Es ist wohldefiniert, obwohl man es nicht zeichnen kann!

Die Länge von K. K_o hat die Länge a. K_1 hat die Länge 4 a/3. Jede Teilstrecke von K_1 geht wieder in 4 Teilstrecken von 1/3-facher Länge über, also besitzt K_2 die Länge $a \cdot (4/3)^2$. Dasselbe Spiel wiederholt sich mit jedem neuen Verfeinerungsschritt und wir erhalten, wenn die Länge von K_k mit L_k bezeichnet wird,

$$L_k = a \cdot (4/3)^k.$$

Die Längen der Kurven K_k bilden eine **divergente** geometrische Folge, die von Kochsche Kurve **K ist unendlich lang.**

Aber nicht nur das. Jede beliebige Teilstrecke irgendeiner K_k spielt bei den nachfolgenden Konstruktionsschritten zur Gewinnung von K die Rolle einer K'_o der Länge $a/3^k$, über der sich Zug um Zug eine verkleinerte von Kochsche Kurve aufbaut. Die Ecken, in denen benachbarte Teilstrecken einer K_k aneinanderstoßen, bleiben — wie bereits früher vermerkt — bei allen Verfeinerungsschritten erhalten und gehören zu K. Wir notieren:

Jeder Teilabschnitt einer von Kochschen Kurven, der von benachbarten Ecken einer K^k begrenzt wird, ist ein ähnliches Bild von K.

Das ist eine wichtige Erkenntnis, von der noch Gebrauch zu machen sein wird. Wir halten schon jetzt fest, **daß die (gegenüber K verkleinerte) von Kochsche Kurve über der ersten Teilstrecke von K_1, also über dem ersten Drittel von K_o, durch eine Ähnlichkeitstransformation mit dem Streckungsfaktor 3 in K übergeht.**

Aus der Ähnlichkeitsbeziehung, die mit dem Faktor 3^k zwischen jedem Teilabschnitt von K besteht, der sich von einer K_k-Ecke zur nächsten wölbt, folgt: Die „Bogenlänge" von irgendeinem Punkt von K zu irgendeinem anderen Punkt von K ist **unendlich,** von der Bogenlänge im üblichen Sinn kann gar nicht gesprochen werden!

Außerdem ist ohne weiteres ersichtlich, daß **K wohl überall stetig,** aber **nirgends differenzierbar** ist.

K ist ein unendlich krauses Gebilde, dem das Attribut „Kurve" zu Unrecht gegeben wird. Das ist natürlich allen Mathematikern klar, aber die Gewöhnung läßt sie die unkorrekte Terminologie beibehalten.

Ehe wir zum Kern des Themas, nämlich zum Dimensionsproblems vorstoßen, noch eine nicht uninteressante Überlegung. Sie betrifft die Frage nach dem Inhalt der von K_o und K eingeschlossenen Fläche.

A_k sei der Inhalt der Fläche zwischen K_o und K_k. A_1 ist der Inhalt eines gleichseitigen Dreiecks mit der Seitenlänge a/3:

$$A_1 = a^2 \sqrt{3}/36.$$

Der Übergang zu K_2 schafft 4 weitere gleichseitige Dreiecke, deren Seiten aber nur mehr die Länge a/9 haben. Daraus folgt

$$A_2 = A_1 + (4/9) \cdot A_1,$$

als nächsten Inhalt

$$A_3 = A_2 + (4/9)^2 \cdot A_1,$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$A_{k+1} = A_k + (4/9)^k \cdot A_1 =$$

$$= A_1 [1 + (4/9) + (4/9)^2 + \ldots + (4/9)^k].$$

Das stellt für $k \to \infty$ eine konvergente unendliche geometrische Reihe dar. Ihre Summe ist A,

$$A = \frac{A_1}{1 - (4/9)} = \frac{a^2}{20}\sqrt{3}.$$

K schließt mit K_o ein Gebiet von endlichem Inhalt aber unendlich langem Umfang ein.

Nun zur Dimensionsfrage selbst.

Sei K′ das auf ein Drittel linear verkleinerte Gebilde K (wir vermeiden in Hinkunft den als unzutreffend erwiesenen Terminus „Kurve" für K), das sich über dem ersten Drittel der Strecke AB, unserem K_o, erhebt (s. Abb. 5, in der die Teilabschnitte von K kurzerhand durch kleine Bögen symbolisiert sind). Über jeder der vier Streckenstücke von K_1, nämlich über AC, CD, DE, EB erhebt sich ein zu K′ kongruenter Abschnitt von K. Die Vereinigung dieser vier Teile von K ist K, womit sich etwas höchst Befremdliches ereignet hat.

Einerseits ist K das um den Faktor 3 linear gestreckte K′, andererseits fügen sich 4 Gebilde K′ zu K zusammen.

Wäre K eine Kurve, so müßte K durch Aneinanderreihen von d r e i Gebilden K′ entstehen. Das ist eine selbstverständliche Folgerung der Ähnlichkeitslehre. Vektoriell für orientierte Strecken geschrieben, drückt dies die Identität

$$3\,\mathfrak{a} = \mathfrak{a} + \mathfrak{a} + \mathfrak{a}$$

aus.

Die Lösung des Problems fand Hausdorff im Jahre 1919. Die Länge eines Kurvenbogens, der Inhalt eines Polygons, der Inhalt eines Polyeders mit der ganzzahligen Dimension $n = 1$ bzw. 2 bzw. 3 usw. vergrößert sich um den Faktor t^n, wenn die betreffende Punktmenge einer ähnlichen Streckung um den Faktor t unterworfen wird.

Das heißt, um das gestreckte Gebilde aus den untereinander kongruenten Ausgangsgebilden aufzubauen, bedarf man deren t^n. (Zwecks Vereinfachung denken wir nur an solche Punktmengen, die sich nach Streckung um einen Faktor $t \in N$ aus den ursprünglichen durch geeignetes Aneinanderfügen aufbauen lassen, z. B. Strecken, Rechtecke, Quader usf.)

Wir haben gesehen, daß der Streckungsfaktor $k = 3$ K′ in K überführt. Ebenso ergab sich K durch Nebeneinanderfügen von v i e r K′. Daher besitzt K eine Dimension n, die der Gleichung

$$3^n = 4$$

genügt. Somit erhält man für die Dimensionszahl n von K

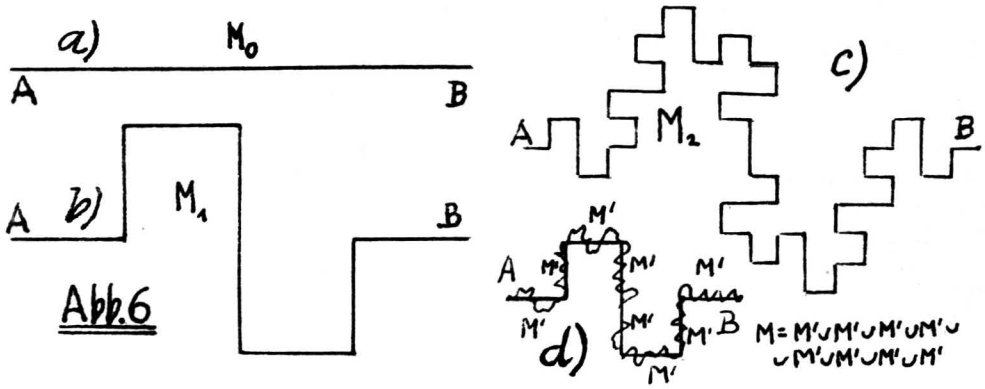
$$n\,(K) = \log 4/\log 3 = 1{,}261859507\ldots$$

Die sogenannte von Kochsche „Kurve" ist keine Kurve, sondern eine Punktmenge mit der nichtganzzahligen (genauer: mit der irrationalzahligen) Dimensionszahl 1,261859507...

Weitere Gebilde mit nichtganzzahliger Dimension

a) **Das Mandelbrot-Gebilde M.** Ausgangsfigur M_o ist wieder die Strecke AB der Länge a (s. Abb. 6 a). M_1 erhält man durch Ergänzen des zweiten und dritten Viertels von AB auf ein Quadrat mit nachfolgender Tilgung der beiden Viertel. Die Quadrate liegen auf verschiedenen Seiten bzgl. AB, wie in Abb. 6 b dargestellt. Nun unterwirft man jede der 8 Teilstrecken von M_1 der gleichen Veränderung und erhält M_2 (Abb. 6 c). Das Verfahren wird fortgesetzt, Schritt für Schritt ergeben sich $M_3, M_4, \ldots M_k, \ldots$ Denkt man sich die Ordnung k von M_k unbegrenzt zunehmend, so führt der Grenzübergang auf das Grenzgebilde M

$$M = \lim_{k \to \infty} M_k.$$



M_1, bestehend aus 8 Strecken, kann als Untereinheit angesehen werden. Der Übergang von M_1 zu M_2 läßt über jeder der 8 Strecken von M_1 eine kleinere Untereinheit von M_2 entstehen. Aus der Untereinheit M_1 werden 8 kleinere Untereinheiten von M_2, also einen Streckenzug von 64 Teilstrecken. Das wiederholt sich Schritt für Schritt. Nach dem Grenzübergang $k \to \infty$ setzt sich das Gebilde M aus 8 paarweise kongruenten, um den Faktor 4 linear verkleinerten Gebilden M′ zusammen; sie sind in Abb. 6 d durch 8 Wellenlinien symbolisiert.

Wegen $M = 4 \cdot M', t = 4,$
$M = M' \cup M' \cup M' \cup M' \cup M' \cup M' \cup M' \cup M'$

ist, in Analogie zum von Kochschen Gebilde, aus der Gleichung

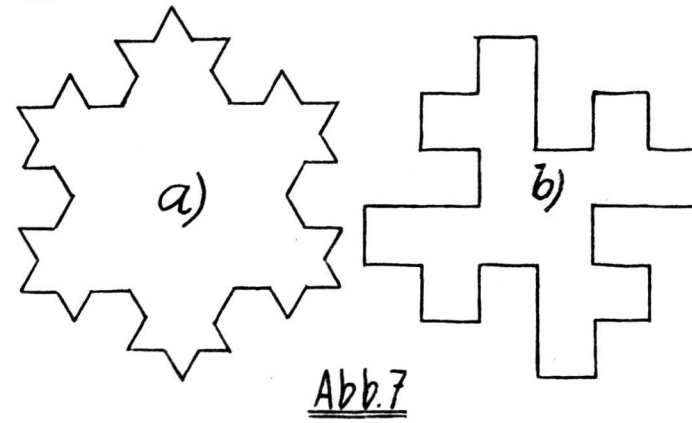
$$4^n = 8,$$

die **Dimensionszahl des Mandelbrotschen Gebildes** abzulesen:

$$n = \log 8/\log 4 = 1{,}5.$$

Wie bei K_k strebt auch bei M_k die Bogenlänge mit k gegen unendlich, ebenso die Länge jedes Abschnittes zwischen irgendwelchen Eckpunkten von M_k, wenn der Verfeinerungsprozeß im betreffenden Abschnitt unbegrenzt fortgesetzt wird.

Sowohl im von Kochschen wie auch im Mandelbrotschen Falle könnte ein gleichseitiges Dreieck bzw. ein Quadrat als Ausgangsfigur K_o bzw. M_o gewählt werden. Dann wäre eben mit jeder Seite der Grundfigur die jeweilige Konstruktion vorzunehmen. K_2, M_2 haben dann die in Abb. 7 ersichtliche Gestalt. Die Ähnlichkeit von K_2 mit einer Schneeflocke ist unverkennbar, man spricht daher das zugehörige Grenzgebilde K häufig als **Schneeflockenkurve** an.



b) **Die Peanokurve.** Um es gleich vorwegzunehmen, dieses Gebilde gehört nicht zu den Punktmengen mit gebrochener Dimensionszahl. Es erscheint jedoch aus zwei Gründen angebracht, die Peanokurve im gegenständlichen Zusammenhang zu erwähnen. Einmal führt die Peanokurve die Problematik des Kurvenbegriffs deutlich vor Augen. Zweitens wird der Hinweis auf sie anläßlich der Besprechung des Gosperschen Gebildes nützlich sein.

Giuseppe Peano wies schon im Jahre 1890 die Existenz von „Kurven" nach, die jeden Punkt eines Quadrates enthalten, die also als zweidimensionale Punktmengen und nicht als Kurven zu betrachten sind. Dies, obwohl ihre rekursive Konstruktion über eine Folge von stetigen Kurven mit endlicher Länge erfolgt, deren jede in **Parameterform** darstellbar ist. Damit hatte sich der Jordansche Kurvenbegriff als unzureichend erwiesen und die Frage „Was ist eine Kurve?" stand als geistige Herausforderung an die Mathematiker neuerdings im Raum. [Ebene Jordankurven gestatten die Parameterdarstellung

$$x = x(t)$$
$$y = y(t)$$

mittels stetiger Terme x (t), y (t).]

Die Hilbertsche Version einer Peanokurve ist in den ersten drei Schritten P_1, P_2, P_3 aus den Abb. 8 a, b, c zu entnehmen. Man kann beweisen, daß das Grenzgebilde P,

$$P = \lim_{k \to \infty} P_k$$

sämtliche Punkte des Quadrates ABCD enthält.

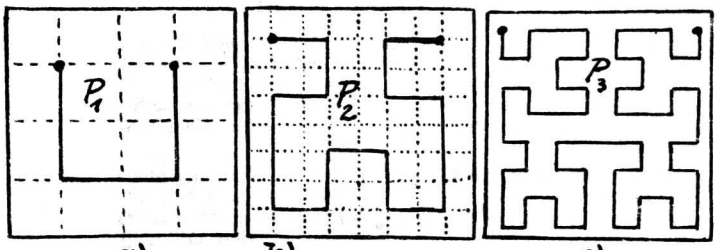


Abb. 8

Die Längen $L(P_k)$ streben mit k gegen unendlich. Hat nämlich das Quadrat ABCD die Seitenlänge a, dann gilt

$$L(P_1) = (4^1 - 1) \cdot a/2, \qquad L(P_2) = (4^2 - 1) \cdot a/4,$$
$$L(P_3) = (4^3 - 1) \cdot a/8, \qquad L(P_k) = (4^k - 1) \cdot a/2^k,$$
$$\lim_{k \to \infty} L(P_k) = \lim_{k \to \infty} a \cdot (2^k - 2^{-k}) = \infty.$$

Um von einem P-Punkt zu einem anderen P-Punkt entlang des P-Pfades zu gelangen, wäre ebenfalls ein unendlich langes Wegstück zurückzulegen. Das ist aber bei genauerer Überlegung fast selbstverständlich. P hat als Punktmenge unbestritten die Dimension 2. Niemand fiele es ein, in analoger Weise nach der „Länge" eines Quadrates zu fragen. Dazu wäre das Quadrat mit einem Faden der Stärke Null lückenlos zu überdecken. Dieser Faden hätte, gäbe es ihn, sicher keine endliche Länge. Vor Peano hätte man die Existenz eines solchen Fadens energisch bestritten. Seit Peano kennt man derartige Fäden, ihre Länge ist unendlich und auf sie ist der Begriff „Bogenlänge" eben nicht mehr anwendbar. Ähnliches gilt für K und M.

Wie wird der **Inhalt** von Kurven, Flächen, Körpern, Hyperkörpern definiert? Man setzt eine Einheitsstrecke, ein Einheitsquadrat, einen Einheitswürfel usw. fest und drückt mit Hilfe der Kongruenzsätze, der Zerlegungs- und/oder der Ergänzungsgleichheit (je nach Bedarf), allenfalls in Verbindung mit Grenzprozessen, den Inhalt des Objektes als Summe von Einheiten aus. Dasselbe kann man mit K und mit M tun.

Als Einheit (k-ter Ordnung) bietet sich der Abschnitt von K bzw. M an, der sich vom Anfangspunkt A bis der zu A unmittelbar benachbarten Ecke von K_k bzw. M_k erstreckt. im Fall k = 0 ist dies der Endpunkt B des Grundgebildes, diesem Inhalt könnte die Zahl 1 zugeschrieben werden. Zwischen sukzessiven Ecken von K_1 bzw. M_1 liegen 4 bzw. 8 Teilabschnitte von K bzw. M, deren Inhalt 1/4 bzw. 1/8 ist. Denn zwischen sukzessiven Ecken von K_o, M_o (also zwischen A und B) befinden sich 4 bzw. 8 sukzessive Abschnitte von K_1 bzw. M_1. Der linearen Verkleinerung auf 1/3 bzw. 1/4 entspricht die Inhaltsverkleinerung um den Faktor $(1/3^{\log 4/\log 3} = 3/4$ bzw. $(1/4)^{1,5} = 1/8$, wie es sein soll.

Was soeben kurz über das Inhaltsproblem gesagt wurde, ist natürlich höchst unvollständig, es gehört eigentlich in das Gebiet der Maßtheorie. Aber wie in der Elementargeometrie nur über den Inhalt möglichst einfacher Punktmengen gesprochen wird, müssen wir es auch hier halten. Für tiefergehende Diskussionen fehlt der Platz.

Man kann bereits im 1-dimensionalen nach der „Länge" der Punktmenge M aller Bildpunkte der rationalen Zahlen zwischen 0 und 1 auf der Zahlengeraden fragen. Der „Inhalt" von M ist bekanntlich Null, während der Inhalt der Komplementärmenge bzgl. (0, 1), also der Bildpunkte sämtlicher irrationalen Zahlen des gleichen Intervalls den Wert 1 besitzt.

Ein kräftigere Kostprobe zur Inhaltsproblematik liefert der **Satz von Banach-Hausdorff.** Danach läßt sich die Kugeloberfläche S derart in drei paarweise fremde und paarweise kongruente Teilmengen A, B, C zerlegen, daß einerseits

$$S = A \cup B \cup C,$$

gilt, zugleich aber auch $A \cup B$ zu C kongruent ist. Eine Inhaltsdefinition wird dadurch unmöglich, weil kongruenten Mengen gleiche Inhalte und der Vereinigung disjunkter Mengen die Summe der Inhalte der Komponenten als Inhalt zugeordnet sein müssen.

Doch lassen wir es mit diesen kurzen Bemerkungen bewenden.

Die Kurven P_k liegen ausnahmslos im Inneren des Quadrates ABCD. Sie drängen mit wachsender Ordnung k immer stärker gegen den Rand des Quadrates, so daß dieser auch als Berandung von P gelten darf. Es existieren noch andere „Kurven", die ein Gebiet lückenlos ausfüllen, dessen Berandung sie lückenlos einhüllt. Besonders interessant wird die Sache, wenn dieser Rand eine Punktmenge mit gebrochener Dimensionszahl ist. Wir wollen nun einen solchen Fall besprechen.

c) **Die Berandung des Gosperschen Gebildes.** William Gosper hat in jüngster Zeit eine „Kurve" G gefunden, die ein Gebiet erfüllt, dessen Berandung R eine irrationale Dimensionszahl besitzt. Gosper nannte G, der Versuchung zu einem Wortspiel nachgebend, f l o w s n a k e, die Silben und Buchstaben der englischen Bezeichnung s n o w f l a k e für die Schneeflockenkurve permutierend. Abb. 9

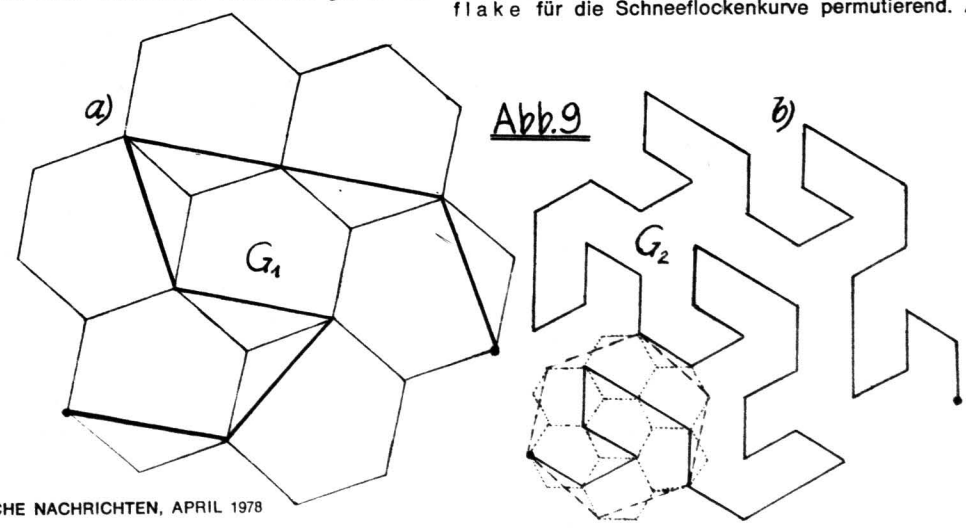


Abb. 9

zeigt die beiden ersten Stufen G_1, G_2 der schrittweisen Annäherung an G. Wir verzichten auf die Beschreibung des Konstruktionsverfahrens für G, erörtern aber statt dessen genauer den Rand R des von G ausgefüllten Gebietes.

Ausgangsfigur R_o ist ein regelmäßiges Sechseck mit der Seitenlänge a (in Abb. 10 a stark gezeichnet.) R_o wird in ein Netz von 7 paarweise kongruenten kleineren regulären Sechsecken gemäß Abb. 10 a eingebettet. Die Seitenlänge der kleineren Sechsecke beträgt $a/\sqrt{7}$, wie aus Abb. 10 b hervorgeht.

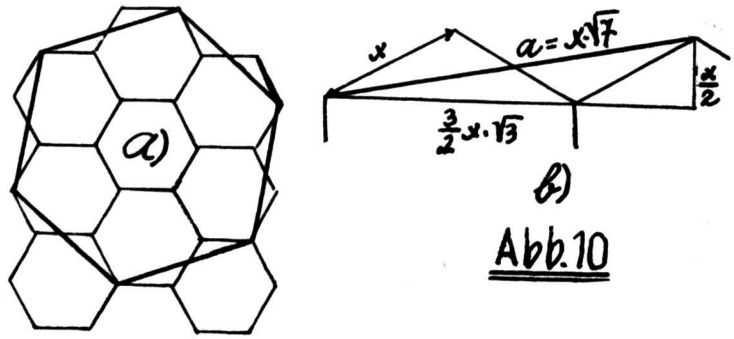


Abb. 10

Der Inhalt des von den sieben kleinen Sechsecken eingenommenen Gebietes ist genauso groß wie der Inhalt des Ausgangssechsecks, denn jedem im Zuge der Einbettung außen hinzugefügten Dreieck steht ein kongruentes innen weggenommenes Dreieck gegenüber. Sein Rand ist die Kurve R_1.

Verfährt man mit den Teilstrecken von R_1 ebenso wie mit den Seiten von R_o, dann erhält man R_2. Durch unbeschränkte Wiederholung des Vorgangs nähert man sich immer mehr dem Grenzgebilde R, das den eigentlichen Gegenstand unserer Überlegungen abgibt.

Genauso wie man den Rand R_o des Ausgangssechsecks in das Gebilde R umgewandelt hat, kann man sich auch jede Berandung der ersten sieben Einbettungssechsecke durch 7 gegenüber R linear verkleinerte Gebilde R′ ersetzt denken. Abb. 11 soll das Ergebnis in der Weise andeuten, daß die Sechseckseiten durch zittrige Linien ersetzt sind.

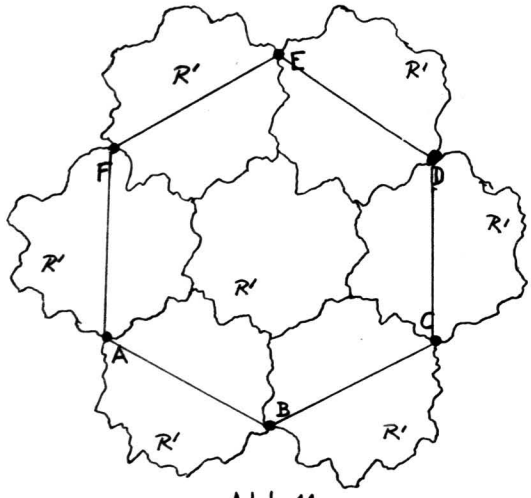


Abb. 11

Die Längen von R_o, R_1 betragen 6 a bzw. $18\,a/\sqrt{7}$. Das heißt, der Übergang $R_k \rightarrow R_{k+1}$ verlängert die Berandung um den Faktor $3/\sqrt{7}$, die Folge der R_k-Längen divergiert. Wie aus Abb. 11 ersichtlich, entsteht R aus R′ durch die lineare Vergrößerung mit dem Faktor $\sqrt{7}$, denn R umschließt genau 7 ähnliche, von je einer R′ berandete, paarweise kongruente Flächen. Wenn sich aber die Flächeninhalte wie 1 : 7 verhalten, dann verhalten sich die Längen homologer Bögen wie $1 : \sqrt{7}$.

Andererseits entsteht R durch Nebeneinandersetzen von dreien der Gebilde R′. Jede der 6 Strecken AB, BC, ... FA teilt ein R′ in zwei kongruente Teile, von denen der eine zu R gehört, der andere nicht, weil er im Inneren liegt. R setzt sich somit aus 6 untereinander kongruenten Hälften von R′ zusammen. Aus

$$R = R' \cup R' \cup R'$$

und

$$R = R' \,.\, \sqrt{7}$$

folgt gemäß früheren Überlegungen

$$(\sqrt{7})^n = 3$$

für die Dimensionszahl n des Gebildes R

$$n = 2 \,.\, \log 3/\log 7 = 1{,}129150068\ldots$$

Wir haben damit R als eine dritte Punktmenge mit nichtganzzahligen (in diesem Falle sogar irrationaler) Dimensionszahl aufgewiesen.

Den gegenständlichen Beitrag wollen wir mit einer Bemerkung über eine interessante Gestaltungseigenschaft von K, M, R abschließen, der man anderer Form auch in der realen Welt begegnet, auf die der Autor des unten zitierten Artikels in der Zeitschrift „Scientific American" aufmerksam macht.

Angenommen, es besäße jemand ein riesig großes Stück Papier, das etwa einen ebenen Fußballplatz glatt bedeckt. Das Papier trage die Zeichnung einer Näherungskurve K_k des von Kochschen Gebildes von möglichst hoher Ordnung. Betrachtet man einen Teilausschnitt von K_k aus sehr großer Höhe, so wird man nur jene Zacken wahrnehmen, die groß genug sind, um den Beobachter aufzufallen. Begibt er sich näher an den Boden heran, so sieht er auch kleinere Zacken, ohne daß der Gesamteindruck — wegen der mit dem Tiefersteigen verbundenen Einschränkung des Gesichtsfeldes — von K_k eine Änderung erfahren würde. Das geht so lange, bis die kleinsten Zacken von K_k unterscheidbar werden.

Im Falle des Grenzgebildes K, dem die K_k zustreben, käme der Vorgang: „zunehmende Auflösung bei konstantem Gesamteindruck" niemals zu einem Ende, auch wenn man schließlich Licht-, Elektronen- oder gar Feldionenmikroskope zu Hilfe nähme. K ist eben jedem seiner Abschnitte zwischen sukzessiven Ecken irgendeiner K_k ähnlich.

Analoges spielt sich in der realen Welt ab, natürlich nur in endlich vielen Schritten. Wir alle kennen eine Fülle von Mondfotos, die aus allen möglichen Distanzen aufgenommen wurden. Trotzdem bietet die Kraterlandschaft auf jedem Foto im großen und ganzen denselben Anblick. Aus großem Abstand sieht man unregelmäßig verstreute Riesenkrater mit Durchmessern von vielen Dutzend Kilometern. Zwischen ihnen sind kleinere Krater verteilt. Die Nahaufnahmen von gelandeten Kameras zeigen wieder eine von (relativ) großen Kratern beherrschte Szenerie mit vielen kleineren dazwischen. Das Verhältnis der wahren Durchmesser der verschiedenen Krater im Gesichtsfeld des Beobachters ist eben ziemlich distanzunabhängig. Selbst auf kleinsten Gesteinssplittern zeigt das Mikroskop die von Mikrometeoriten geschlagenen Mulden.

Nicht anders steht es mit dem Verlauf der Meeresküsten. Greift man aus einer 1 : 1,000.000-Karte einen Küstenabschnitt heraus, so wirkt er i. a. genauso unregelmäßig wie ein entsprechend kürzerer Abschnitt auf der 1 : 50.000-Karte oder wie von einem niedrigfliegenden Hubschrauber aus. Das Gestaltspiel endet erst bei der Größenordnung der Steinchen des Sandes an der Grenze zwischen Wasser und Land.

Gerade aus den letztgenannten Gedanken läßt sich wieder einmal erkennen, daß selbst sogenannte „pathologische" mathematische Objekte mehr sind als Exzesse abwegigen Denkens (wie manche Mißgünstige gelegentlich

abwertend zu sagen pflegen), nämlich Spiegelbilder alltäglich wahrgenommener aber unbeachtet bleibender Realitäten.

LITERATUR:

Scient. Am., Dez. 1976, S. 125, M. Gardner, Mathematical Games, in which „Monster" Curves Force Redefinition of the Word „Curve"

Buchbesprechung

Helmut Horvath, Rechenmethoden und Ihre Anwendung in Physik und Chemie. BI Hochschultaschenbücher Bd. 78, Bibliogr. Inst. Mannheim-Wien-Zürich 1977. 142 Seiten mit zahlr. Abb. S 81,30

Wie schon der Titel besagt, liegt der Hauptakzent des Büchleins auf der Darstellung von Rechenmethoden und nicht auf der Durchführung von Beweisen. Das Buch gliedert sich in die 10 Kapitel:

Funktionen; Komplexe Zahlen; Vektorrechnung; Koordinatensysteme; Differential-Rechnung; Approximation von Funktionen durch Polynome; Differentiation von Funktionen in mehreren Variablen; Integral-Rechnung; Differentialgleichungen; Fourier-Reihen.

Entsprechend dem kleinen Buchumfang befaßt sich jedes Kapitel nur so weit mit seinem Stoffgebiet, als es die Lösung der einfachsten (aber sehr praxisnahe ausgewählten) Anwendungen in Physik und Chemie erfordert. Es wäre vorteilhaft, wenn alle verwendeten Begriffe erklärt würden. Bei so wichtigen Begriffen wie Zahlkörper oder Matrix ist dies leider unterblieben. Leider haben sich zahlreiche Druckfehler eingeschlichen (u. a. sogar grammatische), wie überhaupt der sprachlichen Textgestaltung ein weit höheres Augenmerk gebühren würde. Man sollte ferner auch nicht von der „Länge" eines Vektors oder gar einer komplexen Zahl sprechen sondern nur von deren Beträgen. Auf Seite 24 fehlt der Faktor i im Nenner der Exponentialdarstellung von sin x. Die Kapazität hat keinen Widerstand, vielmehr der Stromkreis mit Kondensator (S. 22).

Für den Physiker ist die Invarianz von Skalaren und Vektoren ganz wesentlich, dies sollte bemerkt werden. Was sind Funktionen, die den elementaren „ähnlich" sind? Die Besprechung der Feldableitungen müßte die Integrabilitätsbedingung einschließen.

Die Ausführungen über kontinuierliche Wahrscheinlichkeitsverteilungen sind recht eindringlich, vielleicht könnte man noch den Begriff „Wahrscheinlichkeits d i c h t e" explizit einführen und verwenden.

Weitere unzulässige Formulierungen: Man löst wohl Gleichungen auf, aber keine Determinanten (S. 29). Daß eine Reihe zur Geschwindigkeit proportional sei, ist ebenfalls schwer vorstellbar (S. 115).

Mit dem (keineswegs vollständigen) Beanstanden von Mängeln wird lediglich die Absicht verfolgt, Hinweise zum Ausmerzen dieser und anderer Schwachstellen in künftigen Ausgaben zu geben. Das Buch ist seiner Idee nach sicher eine gewisse Hilfe für Mittelschulingenieure, zumal alle Verfahren an Hand von durchgerechneten Beispielen konkretisiert sind. Der Leser hat Gelegenheit, an 76 Aufgaben das gewonnene Verständnis zu überprüfen. Die Lösungen der Aufgaben mit tw. ausführlichen Anleitungen beschließen das Büchlein.

Walter K r a n z e r

PHYSIK, ASTRONOMIE

Dr. Walter Kranzer

Ein Objekt umkreist zwischen Saturn- und Uranus-Bahn die Sonne!

Das Jahr 1977 hat die Kenntnisse über das Sonnensystem in zwei völlig unerwarteten Richtungen bereichert. Die eine Überraschung bestand in der Entdeckung, daß der Planet Uranus von (mindestens) fünf Ringen umgeben ist. Ein halbes Jahr später, am 1. November 1977, untersuchte Ch. T. Kowal die beiden Himmelsfotos, die er im Abstand von 25 Stunden am 18. und 19. Oktober des gleichen Jahres aufgenommen hatte, im Blinkmikroskop. Dabei fiel ihm die Verschiebung von 3 Bogenminuten auf, die ein sehr lichtschwaches Objekt relativ zu den übrigen Fixsternen erlitten hatte. Kowal, der bereits auf namhafte Beobachtungserfolge zurückblicken kann — er fand den 13. Jupitermond sowie nicht weniger als 80 Supernovae in anderen Galaxien —, nahm sich sofort dieses Himmelskörpers an. Er verfolgte einerseits dessen weitere Bewegung und veranlaßte andererseits diesbezügliche Überprüfungen älterer Fotoplatten derselben Himmelsregion. Tatsächlich konnte das Objekt auf einigen früheren Fotos identifiziert werden, seine Realität ist also sichergestellt.

Einen Hinweis auf die Entfernung des Objekts bot der Vergleich mit der scheinbaren Eigenbewegung des Uranus, deren Geschwindigkeit etwa dieselbe Größenordnung hat wie die des neuen Gebildes. Es lag daher nahe, seine Bahn als weit außerhalb der Jupiterbahn zu vermuten. Weitere Positionsmessungen in den ersten Novembertagen, ausgeführt am Observatorium auf dem Mt. Palomar, gestatteten eine zunächst ganz rohe Bahnbestimmung, die mit der Abstandsschätzung in Einklang stand.

Mitte November trafen zusätzliche Positionsmeldungen ein, die, mit Einschluß zweier Fotos vom 10. und 11. September 1977, eine schon recht genaue Bahnbestimmung ermöglichten. Das Ergebnis lautet:

Umlaufszeit = 50 Jahre 256 Tage,
kleinster Sonnenabstand = 1,3 Mrd. km = 8,5 A. E.
größter Sonnenabstand = 2,8 Mrd. km = 18,9 A. E.,
Bahnexzentrizität = 0,38,
Bahnneigung zur Ekliptik = $6^{o}\,56'$,
größte scheinb. Helligk. im Perihel = $14{,}5^{m}$.

Nun erhebt sich die Frage, ob 1977 UB — dies der vorläufige Name des Kowalschen Objekts — ein Planet oder ein Komet ist. Zugunsten der Planetenversion spricht die Schärfe des Bildes auf den Fotos sowie die Abwesenheit von Kometen in der betreffenden Gegend des Sonnensystems. Aber die endgültige Entscheidung darüber steht noch aus.

Sollte es sich um einen Planeten handeln, dann besteht eine weitere faszinierende Möglichkeit: 1977 UB könnte das erste registrierte Mitglied eines „äußeren" Asteroidengürtels sein!?

LITERATUR:

Sky and Tel., Jänner 1978, S. 4, J. Ashbrook, Kowal's Strange Slow-Moving Object.

Neutronen in der „Flasche"

Die absolute Temperatur eines Gases ist zur mittleren kinetischen Energie seiner Moleküle proportional. Dieser Sachverhalt bleibt auch für Elementarteilchen gültig. Daher ist es durchaus sinnvoll, von „heißen", „kalten" und „superkalten" Neutronen zu sprechen. Bekanntlich benützt man ja auch in der Reaktortechnik seit langem den Terminus „Thermalisierung von Neutronen" und meint damit die Reduktion ihrer Bewegungsenergie auf Werte, die Gasmolekeln bei Zimmertemperatur zukommen. Die Reduktion geschieht infolge der Energieübertragung auf die Gasmoleküle bei den elastischen Kollisionen der Neutronen mit den Atomen der Moderatorsubstanz. Der Energieübertrag ist, wie bekannt, umso größer, je massenärmer die gestoßenen Atome sind, weshalb Kohlenstoff in der Form als Graphit weltweite Verwendung als Moderator findet.

Will man Neutronen noch wesentlich stärker „abkühlen", so muß eine andere Technik Platz greifen. Sie beruht auf der Ausnützung der Welleneigenschaften der Materie. Ebenso wie Licht, das, unter einem größeren als dem Grenzwinkel β_g, $\sin\beta_g = 1/n$ (n = Brechungsindex des durchsichtigen Materials), einfallend, an der Grenzfläche zum optisch dichteren Medium totalreflektiert wird, kann dies auch bei Neutronen eintreten. 1968 versuchten Shapiro und seine Mitarbeiter das Experiment, mittels Totalreflexion bereits sehr langsamer Neutronen an den Wänden eines äußerst schwach gekrümmten Führungskanals (um den Grenzwinkel der Totalreflexion zu überschreiten), diese Teilchen einerseits vor der Absorption im Wandmaterial zu bewahren, andererseits ihnen bei der Reflexion Energie zu entziehen und den Wandatomen zuzuleiten, sie also verlustlos (hinsichtlich der Anzahl) weiter abzukühlen. Die Neutronen hatten schließlich nur mehr Energien in der Größenordnung 10^{-7} eV, was der Temperatur von ca. 10^{-3} K = 1 mK entspricht. Ihre mittlere Geschwindigkeit betrug lediglich 5,4 m/s, trotzdem war das Ziel noch nicht ganz erreicht, weil für die Totalreflexion v kleiner als 3,2 m/s sein muß.

D. h., die Neutronen drangen doch teilweise, wenn auch nicht in Scharen, in die Kanalwände ein und gingen allmählich verloren. Also war die Abkühlung noch unzureichend. (Es wurde vereinbart, Neutronen mit der **Energie** $E < 3.10^{-7}$ **eV als „ultrakalt"** zu bezeichnen.)

Das Ziel der Versuche wird nun erkennbar: Ultrakalte Neutronen könnten in genügend schwach gekrümmten Kanälen längere Zeit gefangen gehalten werden. Doch das ist umständlich, man suchte einen Ausweg. Dieser war gefunden, als man sich darauf besann, daß die Wechselwirkung zwischen Neutronen und Atomkernen repulsiv wird, wenn die Neutronenenergie 10^{-7} eV unterscheidet.

Daraus ergeben sich interessante Konsequenzen, welche Pontecorvo und Fermi schon in den dreißiger Jahren angedeutet hatten. Gegen 1960 befaßte sich Zeldovitsch näher mit dem Problem, seine Publikation fand jedoch nur geringe Beachtung. Er hatte theoretisch die Möglichkeit erörtert, auf Grund der abstoßenden Wechselwirkung zwischen ultrakalten Neutronen und Nukliden die ersteren in einer Art natürlicher Flasche zu konfinieren.

1965 wandte L. Foldy neuerdings der Neutronenflasche seine Aufmerksamkeit zu. Er kam zu dem Ergebnis, daß ein „Gas" von 10^{-7}-eV-Neutronen mit der Dichte von etwa 1 Neutron pro cm^3 für ungefähr 1000 sec zusammengehalten werden könnte.

1969 beschrieb schließlich Shapiro eine brauchbare Neutronenflasche, in der 100 bis 10 000 Neutronen gefangen sind. Das ist nicht umwerfend viel, aber immerhin ein Anfang. Es bleibt natürlich abzuwarten, ob diese Ideen realisiert werden können. Gelingt das, dann werden etliche interessante Experimente mit diesen Neutronen aktuell. Nachstehend seien einige aufgezählt.

1. **Freie** Neutronen sind bekanntlich instabil gegen Beta-Zerfall $n \rightarrow e^+$.

Von ihrer Halbwertzeit weiß man nur ziemlich grob, daß sie ungefähr 1000 sec beträgt. Das liegt vor allem daran, daß man kaum in der Lage ist, **freie** Neutronen eine Viertelstunde lang zu beobachten, zumal sie fast immer mit ungemein hohen Geschwindigkeiten freigesetzt werden.

Die Lage wäre mit einem Schlage verbessert, wenn die Konfinierung in einer Neutronenflasche gelänge.

2. Obwohl sich das Neutron elektrisch neutral verhält, besitzt es doch ein magnetisches Dipolmoment. Die Frage, ob auch ein elektrisches Dipolmoment existiert, ist vorläufig noch offen, wäre aber mit eingeschlossenen f r e i e n Neutronen einer besseren Überprüfung zugänglich.

3. Höchst interessant wäre schließlich die Erforschung der Wechselwirkungen von ultrakalten Neutronen mit den Oberflächen von Körpern.

Da es nun gelungen ist, wie der nachfolgende Bericht lehrt, das eingangs geschilderte Vorhaben zu verwirklichen, erscheint sogar die erheblich weiterreichende Möglichkeit des Einschließens von Neutrinos nicht mehr ganz so utopisch, wie sie es im Augenblick zweifellos ist.

Im September 1977 nahm am **Laue-Langevin-Institut in Grenoble ein Neutronenspeicherring** den Betrieb auf, der an der **Universität Bonn** entwickelt und gebaut wurde.

Auch in dieses Gerät werden mittels Totalreflexion stark abgekühlte Neutronen von 2 μ eV Energie (die einer Geschwindigkeit von nur mehr 20 m/s entspricht) injiziert. Aber es ist nicht die repulsive Wechselwirkung mit dem Wandmaterial des Ringkanals, die sie in ungeordneter Bewegung hält. Vielmehr spielen die magnetischen Eigenschaften des Neutrons die maßgebliche Rolle, denen die Konfinierung der Partikeln in **geordneten Bahnen** im toroidalen Führungshohlraum zu verdanken ist.

Die Möglichkeit, elektrisch ungeladene Teilchen in einem hohlen Ring zu speichern, verblüfft auf den ersten Blick. Denn die Coulombkräfte üben keinerlei Einfluß auf Neutronen aus, elektrische Führungsfelder versagen den Dienst.

Trotz der Ladungsfreiheit besitzt das Neutron ein magnetisches Moment und auf dieses stützt sich das Speicherungsverfahren. An die Stelle des elektrischen Feldes hat ein magnetisches zu treten. Da homogene Magnetfelder auf magnetische Dipole nur ein Drehmoment ausüben, müssen stark inhomogene Felder zum Einsatz kommen. Nur sie sind imstande, translatorische Effekte hervorzurufen. Im Speicherring von Grenoble ist daher das Feldgefälle mit 1,2 Tesla/cm bemessen. Bahnkrümmung und Fokussierung der Teilchen besorgen 6-Pol- und 8-Pol-Magnete, die höchste Feldstärke beträgt 3,5 Tesla. Zur Aufrechterhaltung derart hoher Feldstärken bedient man sich supraleitender Magnete, deren Einsatz auch sonst wachsende Bedeutung gewinnt.

Im Gegensatz zu den Speicherringen für geladene Teilchen schwanken die Impulse der Neutronen im Speicherring beträchtlich um den Mittelwert, und zwar um den Faktor 3. Das ließe sich ohne weiteres drastisch herabsetzen, aber die an sich schon kleine Anzahl der eingeschlossen Partikeln würde dadurch so weit sinken, daß jegliche experimentelle Behandlung illusorisch bliebe.

Die Geschwindigkeitsunterschiede bewirken schädliche Bahnirregularitäten, deren man mittels zusätzlichem Einsatz von 10 Pol-Magneten Herr wird. Die Spinrichtung (d. i. die Richtung des Dipolmoments) eines Elementarteilchens kann nur parallel oder antiparallel zur Magnetfeldrichtung orientiert sein. Stabile Konfinierung setzt eine feldkonforme Spineinstellung voraus. Deshalb war Vorsorge zu treffen, Spinumklappungen hintanzuhalten. Neutronen mit antiparallelem Spin würden rasch verloren gehen. Der Nachweis der gespeicherten Neutronen erfolgt mit ^{3}He-Zählern, die in den Führungskanal eingebracht werden können.

Schon drei Wochen nach der Montage des Speicherringes waren die Justierungsarbeiten sowie die sonstigen Kontrollen und Tests abgeschlossen, das Gerät entsprach den an es gestellten Anforderungen. In den ersten Speicherungsminuten treten Neutronenverluste auf, danach bleibt aber die Lage stabil in dem Sinne, daß sich die Anzahl nur mehr durch den natürlichen Beta-Zerfall der — im Speicherring **freien** — Neutronen vermindert. Von den anfangs ungefähr 60 zirkulierenden Neutronen sind nach 10 Minuten noch etwa 11, nach 20 Minuten noch ca. 7 vorhanden.

Wie bescheiden dieser Anfang auch sein mag, so ist er doch als außerordentlicher Forschungserfolg zu werten. Der Durchbruch ist gelungen und auch auf diesem Gebiet sind stürmische Fortschritte zu erwarten, mit denen unsere Generation seit Jahrzehnten verwöhnt wird!

LITERATUR:

[1]) Physics Today, Juni 1977, S. 42, V. I. Luschikov, Ultracold Neutrons.

[2]) CERN-Courier, Nov. 1977, S. 365, Bonn: A Neutron Storage Ring.

Die Masse des Krebsnebelpulsars

Der Krebsnebel im Sternbild Stier ist das Ergebnis der Supernova-Explosion im Jahre 1054 n. Chr., über deren spektakulären Verlauf wir aus chinesischen Quellen unterrichtet sind. Die mit Spitzengeschwindigkeiten von 1000 km/s nach allen Richtungen des Raumes auseinanderstrebende Materie enthält den unter dem Namen **Krebsnebel-Pulsar** bekannten Neutronenstern, der seit Jahren im Mittelpunkt der wissenschaftlichen Aufmerksamkeit steht. Vor kurzem wurde sogar eine diskrete Röntgenlinie entdeckt, aus der man auf die **Stärke des Magnetfeldes** an der Oberfläche des Objekts schließen konnte. Nun ist uns — wieder dank der emittierten Gamma-Strahlung — eine Information zugegangen, welche **die Masse** des Neutronensterns verrät.

Die Gamma-Strahlung enthält nämlich, wie M. Levental, C. J. MacCallum und A. Watts in der Zeitschrift „Nature", Bd. 266, S. 696, 1977, mitteilten, eine linienartige Struktur, deren Intensität die Stärke der Hintergrund-Strahlung um 4 Standardabweichungen übertrifft. Die große Energie von 400 ± 1 keV der emittierten Gamma-Photonen kann kaum Bremsvorgängen einstürzender Ladungsträger zugeschrieben werden. Eine näherliegende Deutung vermutet die Paarvernichtung von Positronen und Elektronen

$$e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma.$$

Diese Reaktion erzeugt sekundärseitig zwei in entgegengesetzten Richtungen wegfliegende Gammaquanten von je 511 keV Energie. Die Diskrepanz zwischen 400 und 511 keV, mit der die Deutung belastet ist, scheint gegen sie zu sprechen. Man bedenke aber, daß das Schwerefeld in der nächsten Umgebung von Neutronensternen stark genug ist, um namhafte Rotverschiebungen zu erzeugen. In unserem Falle entspricht dem Energieunterschied (511 — 400 = 111) keV der z-Wert 0,28 [$z = (\lambda - \lambda_o)/\lambda_o$, λ_o = Ruhwellenlänge], woraus sich weiter gemäß der Allg. Rel. Theorie die Sternmasse mit 1,4 Sonnenmassen berechnet.

Der Strahlungsfluß beträgt 22,4 ± 6,5 Photonen pro m^2 und sec. Um ihn aufrecht zu erhalten, wären 10^{41} Paar-

vernichtungen pro sec notwendig. Soweit, so gut, nur: Die Natur einer derart ergiebigen e^+-Quelle, aus der der Zerfall gespeist wird, ist vorläufig rätselhaft.

Noch ein Umstand dämpft die Freude an der Meldung. Frühere Messungen zeigten die 400 keV-Linie nicht, obwohl der Strahlungsfluß dazu ausgereicht hätte. Daher liegt noch immer eine Fehlanzeige im Bereich des Möglichen. Allerdings ist zu bedenken, daß die Variabilität zahlreicher Gamma-Quellen (ebenso existieren überraschend viele veränderliche Radioquellen) auch für das gegenständliche Objekt zutrifft und zwei Jahre (vor der 400 keV-Beobachtung diese Linie noch nicht oder zu diesem Zeitpunkt nicht) ausgestrahlt wurde. Die 4 Astronomen, die 1974 den Pulsar beobachtet hatten, haben sich nun in „Nature" zu Wort gemeldet und auf die damalige Fehlanzeige verwiesen. Es bleibt daher weiteren Untersuchungen vorbehalten, eine Entscheidung über die Realität der 400 keV-Linie herbeizuführen.

LITERATUR:

[1]) Nature, Bd. 266, S. 696, 1977, Autoren M. Levental, C. J. MacCallum.

[2]) Nature, 3. 11. 1977, S. 36, Bd. 270, J. C. Ling, W. A. Mahoney, J. B. Willett, A. S. Jacobson, A Search for the Reported 400 keV γ-Line from Crabnebula.

[3]) Stene u. Weltr., Okt. 1977, S. 326, Gamma-Linie führt zur Masse des Krebsnebels.

Hologramme und „Bilder" von Molekülen

Das Hologramm eines Gegenstandes kommt dadurch zustande, daß man einen Laserstrahl in zwei Teilstrahlen zerlegt, von denen einer auf das Objekt gelenkt wird (Objektstrahl), während der andere (Referenzstrahl), von einem Spiegel reflektiert, genau dort die Fotoplatte trifft, wo das Bild des vom Objektstrahl beleuchteten Gegenstandes erscheint. Das durch die Überlagerung der beiden Teilstrahlen gebildete Interferenzmuster ist das **Hologramm.** (Näheres s. Wiss. Nachr., April 1967, S. 13, Holographie.)

Bei der Durchstrahlung des Hologramms mit Laserlicht wirkt ersteres als Beugungsgitter und reproduziert das Gegenstandsbild ohne Verlust der Phasenbeziehungen.

Die Herstellung brauchbarer Hologramme gelingt nur, wenn Erschütterungen der zusammenwirkenden Geräteteile so weit als möglich ausgeschaltet werden, eine i. a. sehr schwierig zu erfüllende Nebenbedingung. Daher rief der Bericht über **holografische Molekülbilder,** erschienen in der Ausgabe vom 25. 8. 1977 in der Zeitschrift „Nature", kein geringes Erstaunen hervor. Es handelt sich um Moleküle der unter Normalbedingungen gasförmigen chemischen Verbindung AsF_5, welch erstere — wie alle Gasmoleküle — bei Zimmertemperatur in sehr heftiger Wärmebewegung begriffen sind.

Ebenso verwunderlich ist die bereits im Titel des Artikels implizit enthaltene Aussage über die Objektgröße, die von der Größenordnung 0,01 nm sein muß. Aber der Einfallsreichtum in Verbindung mit dem experimentellen Geschick einiger Physiker haben das Unglaubliche ermöglicht. (Tatsächlich erreichte man Auflösungen bis hinunter zu 0,01 nm = 10 pm.)

Der Grundgedanke war der folgende. Arsenpentafluorid ist ein Molekül, in dem fünf relativ massenarme Fluor-Atome (die rel. Atommasse von F ist 19) an das verhältnismäßig massive Arsen-Atom (rel. Atommasse 75) gebunden sind, das sich im Zentrum des Gebildes befindet. Die Elektronenhüllen der F-Atome bilden eine Wolke von 50 Partikeln rund um das Arsen-Atom. Im unangeregten Zustand ist die Aufenthaltswahrscheinlichkeit dieser Elektronen in einem Hohlkugelvolumen erheblich größer als außerhalb desselben, so daß man (quantenmechanisch eigentlich unzulässig!) kurz sagen darf, die Elektronen befinden sich in einer dünnwandigen Kugelschale, sind doch auch die „Distanzen" zwischen den F-Atomen und dem As-Atom praktisch konstant. D. h., die Elektronenwolke hat als Ganzes vom Arsen-Atom gleichbleibenden Abstand, beide Partner sind r e l a t i v erschütterungsfrei!

Daß man im atomaren Bereich mit Lichtwellen nichts ausrichten kann, ist klar. Also machte sich das Team die Welleneigenschaften der Elektronen zunutze und richtete einen Strahl von 40 keV-Elektronen (ihre de Broglie-Wellenlänge ist ca. 6 pm) auf einen dünnen AsF_5-Molekülstrahl. Die Elektronenwellen „beleuchteten" das Objekt, nämlich die Elektronenwolke des AsF_5-Moleküls, wurden an ihr gestreut und gelangten als **Objektstrahl** zum Detektor. Das relativ zur Wolke (nicht zu den einzelnen Elektronen!) unbewegte As-Atom übernahm die Rolle des Spiegels, der die Elektronen zum gleichen Detektor lenkte, also dem **Referenzstrahl** den Weg wies.

Im Detektor entstand infolge der Überlagerung von Objekt- und Referenzstrahl das Hologramm der Elektronenw o l k e (nicht der individuellen Elektronen). Das Hologramm entspricht somit dem sphärischen Mittelwerte einer Vielzahl von Elektronenwolken. Die Bewegungen der Moleküle im Gas und die der Elektronen in der Hülle sind vollständig ausgeschaltet.

Zwecks Umwandlung des Hologramms in ein die räumliche Verteilung wiedergebendes Foto, durchstrahlte man es mit geeignetem Laserlicht.

Das Foto ist im erwähnten Artikel abgedruckt. Der Elektronenring (als Querschnitt der Schale) ist deutlich zu sehen. Sein Durchmesser beträgt auf dem Bild etwas weniger als 3 cm. Da die Vergrößerungsfaktoren bekannt sind, **läßt sich also der wahre Ringradius aus einer simplen Linealablesung am Foto bestimmen.** Der Ringradius ist der Abstand der Fluor-Atome vom Arsen-Atom. **Ergebnis: 0,16 nm.**

Angesichts des Umstandes, daß dies die ersten Schritte eines neuen Verfahrens sind, darf man hinsichtlich seiner Weiterentwicklung die größten Hoffnungen hegen: Aufklärung der Stereostruktur von Molekülen („mit dem Lineal")!

Das AsF_5-Gas stand unter ca. 27 mbar Druck. Schwierigkeiten bereitete die Elimination des naturgemäß überkräftigen Strahls O-ter Ordnung. Ein von Prof. E. Leith entwickeltes Filter löste aber auch dieses Problem zufriedenstellend, obwohl die Elimination nicht vollständig glückte.

Man begnügte sich auch mit dem Auflösungsvermögen von 0,02 nm, um auf dessen Kosten die Bildintensität zu steigern.

LITERATUR:

Nature, 25. 8. 1977, S. 707, L. S. Bartell, R. D. Johnson, Molecular Images by Electron-Wave Holography.

Das Sonnensystem bewegt sich im Ruhsystem der kosmischen 2,7 K-Strahlung

Die Entdeckung der kosmischen 2,7 K-Strahlung (Schwarz-Körper-Strahlung) und ihrer isotropen Verteilung stellt eine gewichtige Stütze des sogenannten **kosmologischen Prinzips** dar. Dieses postuliert die zeitliche und räumliche Homogenität und Isotropie des Universums. Darin liegt u. a. ein Grund, weshalb man heute dem Urknall-Modell des Kosmos den Vorzug einräumt.

Wie immer verzichtet man auch in diesem Falle nicht, immer wieder durch Messungen (bzw. Experimente) den Sachverhalt zu überprüfen. D. h., es wird nach allfälligen Abweichungen von der Isotropie geforscht, um daraus eventuell weitere Schlüsse ziehen zu können. Wie sich herausstellt, betragen die Abweichungen von der Isotropie höchstens 0,1 Prozent.

Als Ursachen kämen etwa Irregularitäten in der großräumigen Verteilung von Materie und Energie im Weltall in Betracht, vor allem aber der Dopplereffekt auf Grund der Bewegungsunterschiede zwischen den seinerzeitigen Quellen der kosmischen Schwarz-Körper-Strahlung und dem Sonnensystem in der Gegenwart.

Corey und Wilkinson bemerkten zuerst schwache Isotropieverletzungen. Im Rahmen des NASA-Ames Earth Survey Program rückte man der Sache näher zuleibe. In 8 Flügen von Dezember 1976 bis Mai 1977 mit U-2-Flugzeugen erkundeten zwei Dicke-Radiometer neuerdings die kosmische 2,7 K-Strahlung. Um andere störende Hintergrundstrahlungen auszuschalten, entschied man sich für die Frequenz 33 GHz (λ = 9 mm), die erfahrungsgemäß am wenigsten gestört wird. Die Untersuchung erstreckte sich über zwei Drittel des nördlichen Teils der Himmelskugel. Die Arbeitsfrequenz fällt außerdem in jenen Spektralbereich, in dem die 2,7 K-Strahlung relativ am deutlichsten ist.

Zur Verfügung standen zwei Empfänger, um jeweils den Intensitätsunterschied der Einstrahlung aus zwei verschiedenen Flächenelementen F_1, F_2 des Sternfeldes zu bestimmen. Sie waren natürlich gegen irdische Radiowellen und Magnetfelder abgeschirmt. F_1 und F_2 hatten 60° Winkelabstand und befanden sich auf entgegengesetzten Seiten vom Zenit. Die Empfindlichkeit des besten Empfängers war so hoch, daß er alle jede Strahlung wahrnahm, welche den Störpegel 0,044 $K/\sqrt{Hz}$ überschritt. Aber auch die etwas weniger leistungsfähigen Geräte meldeten alles, was über 0,09 $K/\sqrt{Hz}$ lag.

Um Täuschungen seitens der Anisotropie der atmosphärischen Strahlung zu eliminieren, befand sich noch ein Zwillingsradiometer an Bord, das auf 54 GHz abgestimmt war. Selbstredend wurde auch den anderen, hier unerwähnten, Störquellen größtes Augenmerk zugewandt. So ist beispielsweise eine kleine Verschiedenheit der Antennenarme unvermeidlich. Man vertauschte die Arme mittels Rotation um 180° in Abständen von je 64 sec und glich damit allfällige Meßunterschiede dieser Provenienz aus.

Die Datenerhebung erstreckte sich bei jedem Flug auf 3h 30 min. Daten, die zu sehr vom Mittelwert abwichen, wurden als verfälschend ausgeschieden.

Die „Temperatur" T der Strahlung als Funktion des Beobachtungswinkels δ befolgte das Kosinus-Gesetz

$$T(\varphi) = T_0 + T_1 \cdot \cos\varphi$$

φ ist der Winkel zwischen der Beobachtungsrichtung und dem Vektor $\vec{n}$, der zum Punkt mit der Rektaszension $\alpha = (10{,}8 \pm 0{,}5)$ h und der Deklination $\delta = 5° \pm 10°$ weist. Für T_0 ergab sich erwartungsgemäß der Wert 2,7 K, T_1 betrug 3,2 ± 0,6 mK. Der Term $T_1 \cdot \cos\varphi$ repräsentiert die Anisotropie der Schwarz-Körper-Strahlung.

Die Deutung als Dopplereffekt gemäß $v/c = \Delta\upsilon/\upsilon = T_1/T_0$ ergibt die Relativbewegung der Erde gegenüber dem Bezugssystem, in dem die vor vielleicht 18 Mrd. Jahren emittierende Materie ruhte, im Ausmaß von 390 ± 60 km/s. Die Bewegung zielt zum Sternbild „Löwe". Nach Rücksichtnahme auf die Milchstraßenrotation und die Eigenbewegung der Sonne resultiert eine Relativgeschwindigkeit bzgl. der 2,7 K-Strahlung von 603 km/s in Richtung α = 10,4 h, δ = 18°. Diese Ergebnisse weichen von anderen Messungen ab, weshalb neuerliche Beobachtungen Klarheit schaffen müssen. Trotzdem scheint man sagen zu dürfen, daß sich das Universum um weniger als 10^{-9} Bogensekunden pro Jahr dreht.

LITERATUR:

Phys. Rev. Lett., 3. 10. 77, S. 898, G. F. Smoot, M. V. Gorenstein, R. A. Muller, Detection of Anisotropy in the Cosmic Black Body Radiation.

Kein Einfluß der Bewegung einer Lichtquelle auf die Lichtgeschwindigkeit

Die Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit c von der Bewegung des Beobachters darf als erwiesen gelten. Viele kritische Überlegungen wurden diesbezüglich angestellt, die Einwände konnten jedoch ausnahmslos durch die daraufhin erdachten und ausgeführten Testexperimente ausgeräumt werden.

Die Frage nach dem Einfluß der Bewegung der Lichtquelle auf c fand gleichfalls kritische Beachtung. Sie wurde u. a. von Sadeh in Laborversuchen im Sinne der spez. Relativitätstheorie beantwortet. (S. W. N., Nr. 4, Jänner 1964, S. 3. Eine neuerliche Überprüfung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.) Sadeh bestimmte die Laufzeiten der beiden Gamma-Quanten, die nach der Paarvernichtung zwischen schnellen Positronen und praktisch ruhenden Elektronen in entgegengesetzten Richtungen sekundär wegfliegen. Die Ankunftszeiten der Photonen in den zum Reaktionsort aqidistant angebrachten Detektoren stimmten trotz der extremen Positronengeschwindigkeit innerhalb der apparativen Fehlergrenze überein.

Nun publizierte K. Becher eine Überlegung, deren Konsequenzen mit Hilfe der neuesten Ergebnisse der Röntgenastronomie überprüfbar sind.

Wie seinerzeit Ritz, befaßte sich auch Becher mit den Ankunftszeiten des Lichtes, das die Komponenten eines Doppelsternsystems abstrahlen. Gemäß der klassischen Kinematik müßten sich Licht- und Objektgeschwindigkeit v additiv zusammensetzen, während die relativistische Bewegungslehre jeglichen Einfluß ausschließt. Im allgemeinen Ansatz

$$c' = c + k.v$$

für die vom irdischen Beobachter registrierte Lichtgeschwindigkeit entsprechen der klassischen bzw. der relativistischen Version die k-Werte 1 bzw. 0.

Sind i der Neigungswinkel der Bahnebene, r der Bahnradius des Binärsystems, v die Bahngeschwindigkeit eines Systempartners, ω, T seine Winkelgeschwindigkeit bzw. Umlaufzeit, dann gilt

$$T = 2\pi/w.$$

(Zwecks größerer Einfachheit nehmen wir jedoch an, daß die Sehrichtung in die Bahnebene fällt.) Die Radialgeschwindigkeit v_r beträgt ferner (s. Abb.)

$$v_r = v \cdot \cos\omega t.$$

t' ist darin die Zeit, die man im Ruhsystem des umlaufenden Sterns, t die Zeit, die der irdische Beobachter mißt. Ein Signal (etwa der Beginn oder das Ende einer Bedeckung) erreicht die Erde nach der Zeit (D = Systemabstand zur Erde)

$$t = t' + (D - r \cdot \sin\omega t')/(c + k \cdot v \cdot \cos\omega t')$$

$$= t' + \left(\frac{D}{c} - \frac{r}{c} \cdot \sin\omega t'\right)/\left(1 - \frac{kv}{c}\cos\omega t'\right).$$

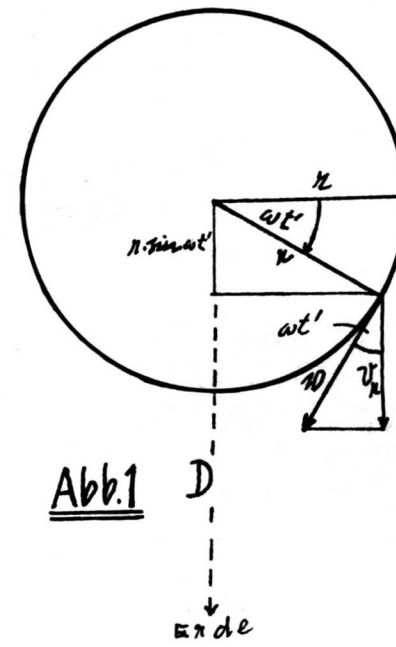


Abb. 1

Wegen $kv/c \ll 1$ darf $[1-(kv/c)]^{-1}$ durch $1+(kv/r)$ ersetzt und die in kv/c quadratischen Summanden vernachlässigt werden. Man erhält

$$t = t' + \frac{D}{c} - \frac{r}{c} \cdot \sin\omega t' - \frac{kvD}{c^2} \cdot \cos\omega t' =$$

$$= t' + \frac{D}{c} - \frac{V}{c} \cdot \cos(\omega t' + \varphi).$$

Die letzte Zeile ergibt sich aus der Zusammensetzung der zwei harmonische Glieder in der vorletzten Zeile.

$$\frac{dt}{dt'} = 1 - \frac{r\omega}{c} \cdot \sin\omega t' + \frac{\omega kvD}{c^2} \cdot \sin\omega t'$$

oder wegen $r \cdot \omega = v$

$$\frac{dt}{dt'} = 1 - \frac{v}{c} \cdot \cos\omega t' + \frac{\omega kvD}{c^2} \cdot \sin\omega t'.$$

Nun ist rD/c^2 i. a. sehr viel größer als 1. Deswegen ergibt sich für k = O ein sinusförmiger Verlauf der Doppelverschiebung von v_r, die ja durch dt/dt' bestimmt ist. Sie

wird tatsächlich beobachtet. Wäre k = 1, könnten Pulse aus verschiedenen Bahnorten gleichzeitig auf der Erde ankommen, was noch nie eintrat.

Dazu kommt noch folgende Überlegung: S sei ein enges, bedeckungsveränderliches Binärsystem mit einem relativ kleinen Partner B, der also ganz nahe der Oberfläche von A (dem großen Partner) umläuft. B verbringt fast die halbe Umlaufzeit vor sowie fast die halbe Umlaufzeit hinter A. B ist also nur in jenen Positionen deutlich wahrnehmbar, die um ca. 180° verschieden sind, etwa für

$$t'_1 = \pi/2\omega \text{ und } t'_2 = 3\pi/2\omega.$$

Diese Signale erreichen die Erde zu den Zeiten

$$t_1 = (\pi/2\omega) + (D/c) - (r/c),$$
$$t_2 = (3\pi/2\omega) + (D/c) + (r/c).$$

Die Bedeckungsmitte (wenn die Sternmittelpunkte genau hintereinander in der Sehlinie liegen) errechnet sich daraus mit

$$t_E = (t_1 + t_2)/2 = (\pi/\omega) + (D/c).$$

In dieser Bedeckungsphase ist dt/dt' = 1, weil sich beide Sterne senkrecht zur Sehlinie verschieben und man erhält für diesen Wert der Ableitung einen anderen Zeitpunkt t_D als t_E. t_D geht durch Nullsetzen des auf 1 folgenden Ausdrucks in der Ableitung hervor und führt auf die Phasenverschiebung φ

$$tg\omega t' = tg\varphi = kvD/rc = kD\omega/c.$$

Der Unterschied

$$t_E - t_D \approx \varphi/\omega$$

ist erfahrungsgemäß nicht beobachtbar, d. h., bedeutungslos klein, also ist auf ein äußerst kleines k zu schließen, da vD/rc i. a. sehr groß ist.

Insoferne spricht das Beobachtungsmaterial für die Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Quelle. Trotzdem ist die Beweiskette noch nicht lückenlos geschlossen.

Es könnte nämlich sein, daß wir gar nicht das emittierte Licht **direkt** sehen sondern Licht, das sekundär bei Streuprozessen am interstellaren Medium in Gaswolken rund um das Binärsystem entsteht. Absorption und Reemission schleusen die Geschwindigkeit des aktiven Mediums ein und verfälschen die Information.

Diese Beweislücke ist nun ebenfalls geschlossen. Man muß sich nur überlegen, mit welcher Wahrscheinlichkeit derartige Veränderungen des Primärlichtes auf dem Wege zu uns stattfinden. Für den Anteil des Primärlichtes am eintreffenden Licht ist die sogenannte Extinktionslänge s (Auslöschungslänge) maßgeblich. s hängt von der Wellenlänge λ, der mittleren Elektronendichte N pro m^3 entlang des Lichtpfades im Weltraum und von der Zahl $a_0 \approx 2{,}8 \cdot 10^{-15}$ m gemäß

$$s = 1/(\lambda a_0 N)$$

ab. Für λ = 500 nm ist $s \approx 7.10^4/N$ Lichtjahre. Legt man $N = 4 \cdot 10^4\ m^{-3}$ zugrunde, dann beläuft sich s auf ungefähr 2 Lichtjahre. Angesichts der großen kosmischen Distanzen zu den in Betracht kommenden Systemen ist daher mit starken Veränderungen des Primärlichtes zu rechnen.

Ganz anders liegen die Dinge bei harten Röntgenstrahlen! Die Länge s wächst bei gleicher Elektronendichte wie oben angegeben auf 20 kpc = 60 000 Lichtjahre, wenn 70 keV-Photonen von einem Objekt ausgehen. Entfernungen von weniger als 20 kpc gestatten dann die Ankunft des Großteils der primär emittierten Strahlung.

Diese Möglichkeit der Überprüfung der spez. Relativitätstheorie hinsichtlich der Konstanz von c läßt sich erst seit wenigen Jahren nutzen. Denn erst jetzt liegt den Forschungsballons, -raketen und -satelliten das gesamte elektromagnetische Spektrum, also auch der Röntgenhimmel offen, weil sie entweder in Höhen Daten sammeln, in denen die darüberbefindliche Atmosphäre fast nichts mehr absorbiert oder weil sie überhaupt außerhalb der Lufthülle operieren.

Die kosmische Röntgenstrahlung, die von den dzt. bekannten 10 Quellen in unserer Milchstraße oder in den Magellanschen Wolken stammt, weist Quantenenergien bis zu 70 keV auf, ist somit zur Bereitstellung der gewünschten Informationen geeignet. Besonders glücklich ist der Umstand, daß sich unter diesen 10 Objekten drei Binärsysteme befinden, und zwar Her X-1, Cen X-3 und SMC X-1 (SMC sind die Anfangsbuchstaben von **S**mall **M**agellanic **C**loud). Die Verzerrung der Ereignisfolge müßte bei ihnen deutlich hervortreten, denn die röntgenemittierenden Komponenten der drei Doppelsterne erfüllen laut nachstehender Tabelle alle Voraussetzungen zur Entscheidung zwischen der klassischen und der relativistischen Theorie.

Die Entscheidung hängt davon ab, welche Werte für den Koeffizienten k in c' = c + kv aus den allfällig beobachteten Verzerrungen der Bahnphasen hervorgehen. Um es gleich vorwegzunehmen: Kein Meßergebnis liefert einen k-Wert, der sich nennenswert von Null unterscheidet, womit eine neue, gewichtige Bestätigung des Satzes von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit erbracht ist.

Objekt	$v_0 \sin i$ (km/s)	Distanz D (kpc)	Periode (Tage)	k
Her X-1	169	~6	1,70	$<2 \cdot 10^{-9}$
Cen X-3	415	~8	2,09	
SMC X-1	299	≧60	3,89	$<4 \cdot 10^{-10}$

Die überzeugendsten Informationen stammen vom System Her X-1, das am eingehendsten untersucht wurde. Danach liegt k in der Größenordnung 10^{-9}, ist also kaum von Null verschieden. Cen X-3 und SMC X-1 stehen unter dem Einfluß des stellaren Windes, der mit ca. 1000 km/s dahinfegen dürfte. Hätte er nennenswerte Auswirkungen auf die Fortpflanzungseigenschaften des Lichtes (im allgemeinen Sinne des Wortes), dann müßte gemäß der klassischen Auffassung c' zeitlich variieren, was in der Gestalt von sogenannten „Geisterpulsen" in Erscheinung treten würde. Nichts dergleichen ist zu bemerken.

Man ist der Frage des Einflusses der Quellenbewegung auf c außerdem noch in anderen Laborexperimenten als den von Sadeh ausgeführten nachgegangen. So verfolgte man der Zerfallsvorgang von neutralen 6 GeV-Kaonen hinsichtlich der Geschwindigkeit der daraus sekundär hervorgehenden Gammaquanten. Das Ergebnis fiel ebenso negativ wie das Sadeh-Experiment aus. Der einzige Unterschied gegenüber den astrophysikalischen Befunden betrifft die Genauigkeit. Sie ist bei den kosmischen Daten um den Faktor 10^5 besser!

LITERATUR:

Phys. Rev. Lett., 24. 10. 1977, S. 1051, K. Brecher, Is the Speed of Light Independant of the Velocity of the Source?

Wieviel Erdwärme dringt an die Oberfläche?

Je tiefer Bergwerkstollen in die Erdkruste vorstoßen, desto höher steigt die Temperatur. Der Temperaturgradient ist örtlich verschieden und bewegt sich zwischen 20 und 40° C/km. Da Wärme von selbst stets vom wärmeren zum kälteren Niveau strömt, dringt unaufhörlich ein — global gesehen — mächtiger Wärmestrom zur Oberfläche der Erde. Nach den vorliegenden Messungen gibt das Erdinnere 3.10^{13} W an Leistung nach außen ab, das sind im Mittel 60 mW/m^2. Der Wärmestrom ist lokal recht mäßig, besonders im Vergleich mit dem Energiestrom von rund 1,4 kW/m^2, der uns von der Sonne zugeht. Deswegen ist die Messung des geothermischen Flusses keine leichte Aufgabe.

Um den Wärmefluß zu ermitteln, ist die Kenntnis des Temperaturgefälles $\Delta T/h = |\text{grad } T|$ sowie der Wärmeleitfähigkeit k des Gesteins erforderlich.

Schon die Temperaturmessung stößt auf Schwierigkeiten. Man bohrt ein Loch in die Erdkruste und versenkt empfindliche elektrische Thermometer. Das wäre keine große Sache, wenn nicht die Prozedur selbst die Temperaturverhältnisse am Meßort nachhaltig verändern würde. Deshalb muß man längere Zeit — Wochen, ja Monate — verstreichen lassen, ehe die Geräteanzeige als verläßlich gelten darf. So lange dauert nämlich die Wiederherstellung des ursprünglichen Zustandes, die konduktive Wärmeausbreitung ist bekanntlich die langsamste Form des Energietransports.

Um die Wärmeleitzahl k der jeweiligen Probe festzustellen, wird daraus eine Scheibe geschnitten und diese glatt geschliffen. In vertikaler Anordung folgen aufeinander

Wärmeisolation,
durchströmter Heißwasserbehälter (Wärmequelle),
Kupferscheibe (Wärmeübertrager),
Silizium-Scheibe,
Gesteinsscheibe (Probe),
Silizium-Scheibe,
Kupferscheibe,
durchströmter Kaltwasserbehälter (Wärmesenke),
Wärmeisolation.

Temperaturfühler stellen die Temperaturverteilung in der Säule bei konstant gehaltener Temperaturdifferenz zwischen Quelle und Senke fest, woraus der k-Wert der Probe hervorgeht, da die Wärmeleitfähigkeit des Si genau bekannt ist.

Die lokale Verschiedenheit der vertikalen Temperaturprofile in der Erdkruste hat mehrere Gründe. Die täglichen und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen werden bereits in wenigen Metern unter dem Erdboden unmerklich. Aber der Wärmetransport wird durch Grundwasserströmungen, die vertikalen Bewegungen in der Erdkruste, die unterschiedliche Abstrahlung an der Oberfläche und durch die Wärmeleitfähigkeit des örtlichen Krustenmaterials selbst in größeren Tiefen beeinflußt. I. a. erhält man erst aus 300 m Tiefe verläßliche Daten.

Der Temperaturgradient unter dem Meeresboden ist leichter festzustellen, weil das Wasser für einheitliche Bodentemperaturen sorgt. Auch sind die Sedimente weicher als felsiges Gestein. Das Bohrloch braucht in Seegebieten nur einige Meter tief sein, um brauchbare Werte zu erhalten.

Heute sind bereits an mehr als 5000 Stellen Bohrungen vorgenommen worden, um die Dichte des Wärmeflusses zu bestimmen. Sie sind über ausgedehnte Teile der Erde verteilt. In den Meeren hat man ca. doppelt soviele Messungen ausgeführt als an Land, entsprechend der größeren Meeresfläche. Gelegentlich sind besonders starke Abweichungen vom Mittelwert zu beobachten, manchmal ist fast kein Wärmefluß vorhanden, manchmal erreicht er 250 mW/m².

Die höheren Gradientenwerte stehen in engem Zusammenhang mit den ozeanischen Rücken. Nach der geltenden Auffassung besteht die Lithosphäre, also der äußerste Teil der Erde, aus etwa einem Dutzend starrer Platten, die in relativer Bewegung begriffen sind. Dort, wo zwei Nachbarplatten auseinanderstreben, quillt heißes Material nach oben, um die Lücke aufzufüllen. Es bedeckt die Plattenränder in wachsender Stärke und verursacht die Bildung der ozeanischen Rücken.

Streben aber zwei Platten gegeneinander, so wird das Randgebiet der einen unter die andere gedrückt und infolge Reibung und wachsender Umgebungstemperatur tw. aufgeschmolzen. Betroffen sind davon vor allem alte und kühle Plattenpartien. So entstehen die ozeanischen Gräben. Das geschmolzene Material taucht wieder in Form von Vulkanen und Inselbögen (Japan!) auf.

Während sich die ozeanischen Rücken bis zu 1—3 km unter NN erheben, befinden sich die alten ozeanischen Becken in 5,5 km Tiefe. Daraus folgt, daß der Meeresboden in rd. 70 Mio. Jahren um 1 km absinkt. Die Erklärung dieses Vorgangs ist einfach: Mit der Zeit kühlt das hervorgequollene Material aus, seine Dichte steigt und es sinkt tiefer.

Überraschenderweise haben die Tiefenprofile der Temperatur in den kontinentalen und in den ozeanischen Gebieten die gleiche Form, die Diagrammkurven sind fast als geometrisch ähnlich anzusprechen. Der Wärmefluß in Seegebieten ist größer als in Landregionen.

Der Wärmefluß nimmt ab, je kühler und älter der Meeresboden ist, er stimmt dort mit den theoretischen Werten befriedigend überein, die sich aus der Wärmeleitungsgleichung ergeben. Dasselbe gilt auch mehr oder weniger für die kontinentalen Gebiete, die von den Plattenrändern sehr weit entfernt sind. Dennoch besteht hinsichtlich des Alters ein beträchtlicher Unterschied. In den betreffenden Meeresteilen sinkt der Wärmefluß in 100 Mio. Jahren unter die 50 mW/m²-Grenze, während der gleiche Vorgang in den analogen kontinentalen Zonen 400 bis 500 Mio. Jahre dauert.

Der geothermische Wärmestrom entspringt nicht nur im heißen Erdmantel. Er wird auch aus dem radioaktiven Zerfall der in Granit und anderen Gesteinen eingelagerten instabilen Stoffe gespeist (Th232, U238, U235, K40). A. H. Lachenbruch hat nachgewiesen, daß die Konzentration an radioaktiven Stoffen mit zunehmender Tiefe exponentiell sinkt. Man schätzt, daß der kontinentale Wärmefluß zu etwa 40 Prozent von Zerfallsprozessen in der Erdkruste stammen könnte. Zieht man den Krustenanteil vom Brutto-Wärmefluß ab, so erhält man die konduktive Komponente vom heißen zum kühlen Niveau. Diese wird umso geringer, je älter die „Gegend" ist. Die Abkühlung unter den Kontinenten scheint weiter fortgeschritten zu sein als unter den Meeren.

Heute existiert bereits eine Weltkarte des Wärmeflusses. Die Gebiete um die ozeanischen Rücken (auch solche, von denen sich das Meer längst zurückgezogen hat) weisen einen hohen Wärmestrom auf. Dazu zählen die Alpenregion in Europa, Westteile von Nordamerika, die großen Becken am Westrand des Pazifik, ebenso die Umgebung der hohen Gebirge in Chile.

Der Wärmefluß ist relativ gering in den Teilen der Welt, die von ausgedehnten und alten Meeressedimenten bedeckt sind, ebenso in den Bereichen der großen kontinantalen Schilde.

Die Bestimmung des Wärmestroms ermöglicht sogar Abschätzungen der Plattendicken, eine Aufgabe, die bisher ausschließlich der Seismik zufiel. Natürlich erfordert das die Berücksichtigung der Radioaktivität sowie Extrapolationen bzgl. gewisser physikalischer Eigenschaften in größeren Tiefen als 10 km. Man ist ja nur bis dahin messend vorgedrungen.

Ergebnis: Die jungen tektonischen Platten mit starkem Wärmefluß sind ca. 40 km stark, die kontinentalen Schilder reichen bis zu einigen hundert km in die Tiefe, ehe auch sie schmelzflüssig werden.

Die seismisch gewonnenen Werte decken sich zufriedenstellend mit den thermisch eruierten.

Aus dem Anteil der instabilen Einsprengsel im Material der Erdkruste am Wärmestrom, der aus dem Erdinneren zu uns dringt, rechtfertigt sich die Vermutung, daß die chemische Trennung der irdischen Elemente schon zu der Zeit vor sich ging, da sich der Eisen-Nickel-Kern einerseits und der an Silikaten reiche Erdmantel gebildet hatten. Denn in den 3,5 Mrd. Jahre alten Gesteinen der Erdkruste sind die radioaktiven Isotope schon vorhanden.

Die Lithosphäre war früher mit Gewißheit erheblich dünner als heute. Setzt man nämlich die Halbwertzeiten T der maßgeblichen Isotope

T (Th232) = 14,1 Mrd. Jahre,
T (U238) = 4,51 Mrd. Jahre,
T (K40) = 1,26 Mrd. Jahre,
T (U235) = 0,71 Mrd. Jahre,

in Rechnung, dann ergibt sich für die vom radioaktiven Zerfall verursachte Komponente des Wärmeflusses vor 3 Mrd. Jahren ein 2,2mal höherer Wert, als wir ihn gegenwärtig feststellen. Das bedingt eine höhere Bruchanfälligkeit der Kruste und damit eine größere Anzahl an Platten.

In der Zukunft wird die Plattendicke allmählich weiter zunehmen, gleichfalls die Viskosität des Mediums, was schließlich das Aufhören jeglicher Plattentektonik nach sich zieht. Aber bis dahin wird noch viel Zeit verstreichen, man schätzt sie auf 2 Mrd. Jahre.

LITERATUR:

Scient. Am., August 1977, S. 60, H. N. Pollack, D. S. Chapman, The Flow of Heat from the Earth's Interior.

Es wird ernst mit dem Kommunikationsträger Licht

Wer hat nicht schon mit Ärger die Überlastung des Telefonnetzes gemerkt, wenn anstelle der Stimme des Angerufenen das Besetztzeichen ertönte? Besonders angespannt ist die Lage bei den interubanen Verbindungen. Deshalb nahm man sogar die hohen Kosten von Nachrichtensatelliten in Kauf, um die Informationskapazität des internationalen Nachrichtennetzes zu verbessern.

Eine mit Abstand günstigere Art, die Verbindungsmöglichkeiten drastisch hinaufzusetzen, besteht theoretisch darin, die Nachrichten mittels Trägerwellen sehr hoher Frequenz zu übertragen. Nehmen wir als erforderliche Bandbreite 20 kHz an, so lassen sich im Frequenzbereich

von 1 bis 2 GHz maximal 50 000 unabhängige Nachrichten übertragen (Gespräche). Ist jedoch die Bandbreite 1 MHz erforderlich (Bildübertragung), so reduziert sich die Kommunikationskapazität auf 1000.

Man braucht nicht lange nachdenken, um auf eine Trägerwelle von außerordentlich hoher Frequenz zu verfallen: Im Frequenzbereich des **Lichtes,** der sich etwa von 4.10^{14} Hz bis 8.10^{14} Hz erstreckt, hätten 400 Millionen Nachrichten mit je 1 MHz Bandbreite „Platz". Es ist klar, daß Forschung und Technik alle Anstrengungen unternehmen, um die Vorteile des Übertragungsmittels „Licht" dem Nachrichtenverkehr zu erschließen. Die Entwicklungsarbeiten haben nun eine Stufe erklommen, von der aus der Schritt in den technischen Alltag sicher in absehbarer Zeit vollzogen sein wird. Den Schluß dieses Berichtes bildet daher die Mitteilung über die erstaunlichen Erfolge, die bereits bei praktischen Versuchen erzielt wurden. Doch vorerst wollen wir über die einzelnen Glieder eines Nachrichtensystems auf Lichtbasis sprechen.

Die zu ermittelnden Signale werden zunächst auf elektrische Strommuster abgebildet. Das ist kein Problem, die Technik verfügt diesbezüglich auf lange Erfahrungen. Der nächste Schritt in der Übertragung ist die Modulation der Trägerwelle, also des Lichtes. Danach muß das Licht vom Sender zum Empfänger gelangen und dort mittels Detektors ein Strommuster erzeugen, das mit dem sendeseitigen übereinstimmt.

Die Lichtquellen

An die Lichtquellen sind mehrere Anforderungen zu stellen: Sie müssen kräftig, möglichst monochromatisch, sehr klein, widerstandsfähig sein und sollen nur ganz schwach divergentes Licht ausstrahlen. Diesen Ansprüchen genügen **Leuchtdioden** und **Halbleiter-Laser.**

Die **Leuchtdiode** setzt sich aus mehreren dünnen parallelen Lagen von Halbleitern u. a. Ga-Arsenid) zusammen. Der durchgeschickte Strom regt einen kleinen Teilbereich zum Leuchten an. Die mittlere Leistung von 0,1 mW reicht für den Betrieb aus. Die emittierte Strahlung hat 0,8 µm Wellenlänge, liegt also im nahen Infrarot-Bereich. Das ist willkommen, weil die Verluste in den Glasfasern, die der Weiterleitung des Lichtes dienen, geringer ausfallen, als sie es bei sichtbarem Licht wären. Man sucht übrigens nach Halbleitern, die eine noch größere Wellenlänge erzeugen.

Auch in **Halbleiter-Lasern** findet man dünne parallele Schichten von Halbleitern aus Ga-Arsenid und Al-Ga-Arsenid. Obwohl von komplexerer Struktur als die Leuchtdiode, nimmt der Halbleiter-Laser kein größeres Volumen ein als ein Salzkörnchen. Leistung und Wellenlänge betragen 0,5 mW bzw. 0,82 µm. Das Laserlicht tritt nahezu parallel aus.

In beiden Lichtquellen sind die elektronischen Charakteristiken der einzelnen Halbleiterschichten peinlich genau festgelegt.

Detektoren

Auch bei den Detektoren, die das Licht in ein Strommuster zurückverwandeln, spielen Halbleiterschichten die entscheidende Rolle. Als Lichtdetektoren werden vorwiegend **PIN-Photodioden** sowie **Lawinen-Photodioden** verwendet.

Im **PIN-Detektor** liegt die „innere" Schicht (die I-Schicht, ein schwacher p-Halbleiter aus Silizium) zwischen p- und n-Halbleiterschichten aus Silizium. Die I-Schicht absorbiert die eintreffenden Photonen unter Freisetzung von Elektronen und „Löchern". Elektronen und Löcher bewegen sich unter dem Einfluß des angelegten homogenen elektrischen Feldes. Dieser Strom variiert in Übereinstimmung mit der Lichtintensität, die sendeseitig im Rhythmus der zu übertragenden Signale moduliert ist.

Wie schon der Name sagt, handelt es sich bei der **Lawinen-Photodiode** um einen Vervielfacher, bei dem jedes absorbierte Photon ein Elektron und dieses weitere Elektronen freisetzt. Gegenüber der PIN-Diode enthält die Lawinen-Diode noch eine n-Schicht zwecks Verstärkung des elektrischen Signals.

Die Lichtleitung

Wenden wir uns nun der Lichtleitung zu. Man könnte versuchen, den Lichtstrahl einfach durch die Luft zu schicken. Die hohe Störungsanfälligkeit durch Nebel, Niederschläge, Dunst usw. schließen diesen Weg von vornherein aus. Außerdem wäre der Einsatz mit einer Unzahl von Spiegeln belastet, die den Strahl in Städten oder in bergigem Gelände zum Empfänger zu leiten hätten.

Hier hat die **Glasfaseroptik** helfend eingegriffen. In einer Glasfaser, die von einer dünnen Schicht ummantelt und deren optischer Berechnungsindex etwas kleiner als der Index des Glases ist, pflanzt sich das an einem Faserende eingestrahlte Licht — wenn nicht direkt — so durch fortwährende Totalreflexion an der optisch dünneren Ummantelung diesbezüglich verlustlos fort, soferne es unter kleinen Winkeln zur Faserachse eintritt. Diese Bedingung trifft fast immer zu, da die Faser nur ein paar Hundertstel mm stark ist. (Ärzte verwenden schon seit geraumer Zeit Glasfaser-Optiken für Untersuchungen des Magens und anderer der direkten Betrachtung unzugänglicher Organe.) Die Krümmung der Glasfasern schmälert in keiner Weise die Transmissionsgüte, da die Krümmungsradien stets viel zu groß sind, als daß der Grenzwinkel der Totalreflexion unterschritten würde.

Entscheidend für die hier besprochenen Zwecke ist die Klarheit des Glasmaterials. Diesbezüglich wurde von deutschen und US-Firmen vorbildliche Pionierarbeit geleistet. Dzt. hält man theoretisch bei Absorptionsverlusten von 1 db/km, d. h., am Ende einer 1 km langen Faser kommen noch 80 Prozent des eingespeisten Lichtstroms an. Theoretisch, weil man noch nach Materialien sucht, welche die für diese Transparenz geeigneten Wellenlängen emittieren. Die Wellenlängen müßten größer als 0,8 µm (bei Laser und Leuchtdiode) sein.

Realistisch, da erprobt, ist der Transmissions-Koeffizient von 30 Prozent. Das bedeutet: Die Schwächung des durchgesandten Laserlichtes wird erst nach 14 km Weglänge so stark, daß die Einschaltung eines Verstärkers nötig wäre. Als Fasermaterial dient hochreines SiO_2.

Das Lichtleiter-Kabel

Der Aufbau des **Lichtleiter-Kabels** bei den Erprobungsversuchen des Jahres 1976 in Atlanta, USA, war folgender.

12 der haarfeinen Einzelfasern wurden bandartig zusammengefaßt und 12 dieser Bänder in einer Weise nebeneinander gelegt, daß der Querschnitt des Bündls von 144 Glasfasern quadratische Form aufwies. Das Bündel bildete den innersten Kern des Kabels, es wurde zudem in der Längsrichtung verdrillt und danach in eine kreiszylindrische Papiermasse eingebettet. Das Papier lag seinerseits in einem Polyäthylenschlauch, um den sich Polyolefinfäden lückenlos und zwirnartig verdrillt schlossen. Die nächste Hülle bestand aus Stahldrähten, die in der äußersten Polyäthylenhülle steckten. Auf diese Weise sind die Glasfasern gegen alle Arten von Schäden wirksam geschützt.

Die Übertragungsart

Zur Übertragung stehen zwei Wege offen: Das **Analog-** und das **Digital-Verfahren,** von denen man dem zweiten aus guten Gründen den Vorzug gibt. Im Analog-Verfahren wird die gesamte Wellenform „verarbeitet". Sie ist natürlich auf dem langen Weg gewissen Veränderungen unterworfen, über die noch zu referieren sein wird. Genauso wie das gesprochene Wort mit wachsender Entfernung an Deutlichkeit verliert, büßt das Signalmuster schließlich derart viel von seiner ursprünglichen Form ein, daß es nicht mehr erkennbar ist.

Beim **Digital-Verfahren** ist das ganz anders. Die Signalintensität wird durch Dualzahlen übermittelt, die aus einer Folge von 0 und 1 besteht. Der Null entspricht Stromlosigkeit, der Eins entspricht Stromfluß. Es werden also nur die Strompulsfolgen zur Nachrichtenübermittlung benützt, die Wellenform bleibt uninteressant. Die Intensitätsverzerrungen spielen keine Rolle mehr, solange keine totale Auslöschung stattfindet. Darin liegt der entscheidende Vorteil der digitalen Methode.

Mit 8 bits lassen sich $2^8 = 256$ Intensitätsstärken erfassen. Angenommen, die höchste zu übertragende Schallfrequenz sei 4000 Hz. Da man pro Wellenlänge zwei Intensitätsmeldungen benötigt, erfordert die Transmission des 4 kHZ-Signals 8 mal 8000 = 64 000 bits je sec.

Wie wir noch hören werden, kommen die einzelnen Wellenzüge, aus denen sich der Lichtstrahl zusammensetzt, nicht genau gleichzeitig am Ausgang des Lichtleiters an. Dies zeichnet die Grenze der digitalen Übertragung ab. Sobald sich nämlich die Ankunftszeiten der einzelnen Wellenzüge gegeneinander in einem Maße verschieben, daß sukzessive 0-1-Meldungen zusammenfallen, geht Information echt verloren.

Wie kommt die Verschiebung der Ankunftszeiten überhaupt zustande?

Die eine Ursache liegt in der unvermeidlichen Divergenz der Lichtstrahlen, die, obzwar äußerst geringfügig (deshalb benützt man Laserlicht!), doch vorhanden ist. Jene Strahlen, die, ohne jemals an den Faserwänden reflektiert worden zu sein, den Lichtdetektor direkt erreichen, legen den kürzesten Weg im Leiter zurück, kommen also als erste am Faserende an. Die Pfade der an den Wänden reflektierten Strahlen sind länger, sie treffen später als die direkten Strahlen beim Detektor ein. D. h., man kann nur soviele Signalelemente (Pulse) durchgeben, daß der zeitliche Pulsabstand am Eingang groß genug ist, um nicht im Detektor sukzessive Pulse zusammenfallen zu lassen.

Beträgt die Wegdifferenz am Ausgang 5 m pro km Leitung, dann müssen am Eingang mindestens 50 nsec zwischen aufeinanderfolgenden Pulsen verstreichen, es dürfen also maximal ca. 20 Mio. Pulse je sec gesandt werden, wenn die Information nicht verstümmelt werden soll. Das ist viel, aber doch in Anbetracht der potentiellen Informationskapazität des Lichtes wenig. Ein Gegenmittel wurde auch gefunden, das der modernen Technik, der es zu verdanken ist, das beste Zeugnis ausstellt. Vorher sei noch kurz bemerkt, daß für Lichtkabel mit mehreren Glasfasern die Notwendigkeit erwächst, die Längen der Fasern extrem anzugleichen, denn Unterschiede in den Längen zerstören die Pulsfolgen. Das Unglaubliche glückte: Trotz Hunderte Meter langer Kabel betragen die Längenunterschiede der Fasern in den bereits verwendbaren Kabeln maximal 2 μm.

Die Phasengeschwindigkeit (PhG) des Lichtes in transparenten Medien, auf die es letztlich bei den Laufzeiten zwischen Anfang und Ende einer Faser ankommt, hängt vom Brechungsindex n ab. Ist man imstande, eine Faser herzustellen, bei der n gegen den Rand hin radial abnimmt, dann wird die PhG umso größer, je länger der Weg eines Lichtstrahls nahe dem Randbereich verläuft. Die Laufzeiten der achsenparallelen Strahlen werden dadurch ein wenig vergrößert, die der reflektierten Strahlen optisch (nicht geometrisch!) ein wenig verkürzt, und zwar dies umso mehr, je öfter Wandreflexionen stattfinden. Daß für haardünne Fasern diese Auflage technisch bewältigt werden kann — und das **ist** der Fall —, grenzt ans Wunderbare. Der Effekt der Maßnahme schlägt sich quantitativ folgendermaßen nieder: Die effektive Wegdifferenz verringert sich von den oben genannten 5 m auf 20 cm. Mithin gestatten diese **„Gradientenfasern"** die Durchgabe von 500 Mio. statt 20 Mio. Pulsen pro sec.

Die zweite Ursache für die Verschmierung der Pulse ist in dem Umstand zu suchen, daß das Licht nicht exakt monochromatisch ist, auch nicht bei Verwendung von Laserstrahlung (Unschärferelation!).

Bekanntlich hängt n von der Wellenlänge ab. Je langwelliger die Strahlung ist, desto kleiner fällt n aus (zumindest im optischen Bereich), desto größer ist ihre PhG. Man muß daher die Bandbreite möglichst klein halten, damit die Ankunftszeiten der verschiedenen Wellen nahe aneinanderrücken. Deshalb verwendet man Leuchtdioden und Laser, weil diese Lichtquellen die Monochromasiebedingung nur minimal verletzen. Wieder ein Zahlenbeispiel zur Illustration. Der Bandbreite von 35 nm des Lichtes entsprechen 35 cm Wegdifferenz pro km, während 2 nm Bandbreite nur zu 4 cm/km Wegunterschied Anlaß geben. Im ersten Fall darf die zeitliche Pulsdichte bestenfalls 150 Mio. je sec betragen, im zweiten Fall erhöht sich diese Zahl auf ca. 3 Mrd. Pulse/sec.

Die praktischen Erprobungen

Die Illinois Bell Telephone Company hat zwei Büros im dichtesten Geschäftsviertel von Chicago mittels Lichtleitung durch ein Glasfaserkabel vom 800 m Länge verbunden und damit Ton, Bild und Daten klaglos übertragen. Das 12 mm starke Kabel enthielt 24 Fasern, die in zwei Bändern angeordnet waren. **Jede** einzelne Faser vermochte bis zu 44,7 Mio. Pulse pro sec in **einer** Richtung übertragen. Die 24 Fasern erlauben daher, insgesamt 12 . 672 = 8064 gleichzeitige **Zwei**-Wege-Gespräche zu führen. Wollte man die gleiche Leistung mit konventionellen Kupferkabeln zustandebringen, müßten diese erheblich stärker sein.

Noch vor den Tests in Chicago hat man in Atlanta, Georgia, zwei je 640 m lange Glasfaserkabel hinsichtlich ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die unvermeidlichen Beanspruchungen beim Verlegen unter die Erde erprobt. Es ging nicht eine einzige Faser zu Bruch.

In Atlanta hat man auch Einzelfasern in Serie miteinander verbunden und so eine 70 km lange Lichtleitung installiert, in der 11 Verstärkereinheiten eingebaut waren. Die Übertragung (sie erfolgte natürlich nur in **einer** Richtung) war vollkommen fehlerfrei.

Der Schritt von der Theorie zur Praxis ist in Atlanta und in Chicago getan worden. Angesichts der technischen Bedeutung der ausführenden Firmen (Bell Telephone Company und Corning Glassworks) ist mit Sicherheit zu erwarten, daß in absehbarer Zeit Lichtleiter eine hervorragende Rolle im Nachrichtenwesen spielen werden. Die damit verbundenen Einsparungen am Rohstoff Kupfer sind ein ebenfalls erwähnenswerter Aspekt des neuen Kommunikationsmittels.

Noch ein Wort bzgl. der geringen Lichtleistung von einigen mW, mit der man das Auslangen findet. Die Erhöhung der Lichtstärke bringt bedeutend weniger ein als die Steigerung der Transparenz! Nehmen wir an, es werde a) die Lichtintensität, b) der Transmissions-Koeffizient je um den Faktor 2 erhöht. Wie wirkt sich das auf die Reichweite in einem Leiter aus?

Zu a): Wenn die Faserlänge, nach der die Lichtstärke auf die Hälfte gesunken ist, L Meter beträgt, dann bedeutet die Verdoppelung der Lichtstärke eine um L Meter größere Reichweite, egal wie lang die Faser ist.

Zu b): Wenn sich die Transparenz von p % auf 2p % erhöht, dann kann man die Faserlänge verdoppeln, ehe man die ursprüngliche Ausgangsstärke erreicht, und das ebenfalls unabhängig von der Faserlänge.

Fortschritte im Falle Transparenz sind also viel ergiebiger als die Erhöhung der Lichtstärke!

LITERATUR:

Scient. Am., Aug. 1977, S. 40, W. S. Boyle, Light-Wave Communication.

Ein Indiz für nichteuklidische Raummetrik

Die Allgemeine Relativitätstheorie behauptet, daß der Raum gekrümmt sei und daß seine nichteuklidische Metrik durch die Massenverteilung bestimmt werde. Daraus folgt rein theoretisch die Schwereanziehung zwischen materiellen Körpern in einer Form, die unter den im Sonnensystem herrschenden Verhältnissen ausgezeichnet mit dem Newtonschen Gravitationsgesetz übereinstimmt. Die einzige beobachtbare Abweichung davon ist bekanntlich die Periheldrehung des Merkur, welche die Einsteinsche Theorie quantitativ richtig beschreibt.

Die metrische Struktur des Universums im Großen könnte natürlich besonders gut am Verhalten der sehr distanten Objekte abgelesen werden. Dem stehen aber mehrere Umstände entgegen. Je weiter ein Himmelskörper entfernt ist, desto lichtschwächer erscheint er, desto schwieriger gestaltet sich daher die spektroskopische Untersuchung des Objekts. Zum anderen steht noch immer nicht fest, ob die ungewöhnlich großen Rotverschiebungen an Quasaren im Sinne der Hubbleschen Beziehung als Abstandsindikatoren gelten dürfen oder ob sie durch andere — vielleicht noch unbekannte — Prozesse hervorgerufen werden.

Daher sind Schlüsse aus Beobachtungen, die sich nicht auf Rotverschiebungen stützen, hochwillkommen, sobald sie den Fragenkomplex der Raummetrik berühren.

Das **Ooty-Teleskop,** wie es kurz nach seinem Standort Ootacamund in Südindien genannt wird, befindet sich in ca. 2000 m Höhe im Gebiet der Nilgiri-Berge. Das Radioteleskop setzt sich aus 1100 parallelen Drähten zusammen, die so gekrümmt sind, daß sie der Mantelfläche eines (gedachten) parabolischen Zylinders angehören. Jeder Draht liegt in einer zur Zylinderachse normalen Ebene. Der Abstand zwischen erstem und letztem Draht, also die Länge der Mantellinien des Zylinders, beträgt fast 600 m. Der Arbeitsfrequenz von 327 MHz entspricht die Wellenlänge 92 cm. Das Teleskop ist einem Parabolspiegel von 140 m Durchmesser äquivalent. Dadurch kommt ein gutes Winkelauflösungsvermögen von einigen Bogensekunden zustande. Überdies vermag die Anlage sogar die Radiohelligkeit von Radioquellen zu messen, die bis zu 20mal schwächer sind als die im 3. Cambridge-Katalog der Radioquellen verzeichneten.

Im Laufe der von G. Swarup und V. K. Kapali (Tata Inst. of Fundamental Research) angestellten Beobachtungen ergab sich die merkwürdige Tatsache, daß offenbar **in extremer Entfernung liegende Objekte** (mehr als etwa 5 Mrd. Lichtjahre) **unter einem größeren Sehwinkel erscheinen als etwa nähere Objekte von ungefähr gleicher Größe.** Entscheidend ist, daß man weder die Entfernungs- noch die Größenschätzungen aus den Rotverschiebungen ableitet. Das wurde auch vermieden, maßgeblich waren, wie später noch genauer erklärt werden soll, statistische Befunde auf Grund der scheinbaren Helligkeiten.

Die paradox erscheinende Feststellung, daß der Sehwinkel mit der Entfernung u. U. zunehmen kann, läßt sich zwanglos mit Hilfe der Raumkrümmung erklären.

Man stelle sich den Erdglobus mit dem Beobachter am Südpol vor. Ferner denke man sich zwei Punkte A, B auf dem Äquator, deren gegenseitiger Abstand d km betrage. Dazu noch zwei Punkte C, D auf dem 60. nördlichen Breitenkreis, die ebenfalls d km voneinander entfernt seien. Legt man nun durch A, B die zugehörigen Meridiane m_a, m_b, ebenso durch C, D die Meridiane m_c, m_d, so erkennt man unmittelbar, daß m_a mit m_b einen **kleineren Winkel** einschließt als m_c mit m_d. Trotz gleicher Länge der Strecken AB und CD erschiene die nähere, nämlich AB, dem Beobachter in der Südpolstation (der natürlich über gekrümmte Sehstrahlen verfügen müßte) kleiner als CD. Ma. W., in dieser zweidimensionalen Kugelwelt, in der sich alle Kraftlinien, Lichtstrahlen usw. vollkommen der gekrümmten Oberfläche anschmiegen (die geodätischen Linien auf der Kugel sind Großkreise!), darf bei sehr distanten Objekten der Größenvergleich nicht in gleicher Weise den Beobachtungswinkel und die Entfernung verwenden, wie es in der euklidischen Ebene geschieht.

Derselbe Effekt muß natürlich auch in sphärisch gekrümmten dreidimensionalen Räumen auftreten. Falls also die statistisch ermittelten Größen- und Distanzschätzungen von Swarup und Kapali stimmen, ist ein gewichtiges Indiz zugunsten des nichteuklidischen Charakters der Raumstruktur gefunden!

Bisher war der Gang der Überlegungen der folgende. Seien S die Flußdichte der von einer Radioquelle ausgehenden Strahlung und N (S) die Zahl aller Quellen mit größerer Flußdichte als S. Man trug die Radioquellen aller möglichen Intensitäten in das log N — log S — Koordinatensystem ein und stellte fest, daß der den 100 stärksten Quellen zugeordnete Teil des Diagramms steiler als erwartet ausfiel. D. h., die Zunahme der Zahl N ist bei den stärkeren, also den im Mittel näheren gelegenen Quellen geringer als das Anwachsen von N bei den schwächeren Quellen. Diese sind im Mittel weiter entfernt, ihr Licht war länger auf dem Wege zu uns als das Licht der kräftigen Radioquellen, wir sehen die schwächeren Objekte in einem früheren Zustand der Entwicklung. Damals waren diese also, wie das Diagramm verrät, häufiger als die anderen. Das stützt die Ansicht, in den Quasaren — um sie handelt es sich zumeist — dokumentieren sich sehr frühzeitige Entwicklungsstufen der Materie, aus denen möglicherweise später die Galaxien hervorgingen. Die eben vorgetragene Interpretation stieß jedoch auf Skepsis, die vorwiegend die Annahmen über den Abstand kritisierte, weil sich diese auf die Rotverschiebung stützten. Viele Radio-Galaxien und Quasare bestehen nämlich aus zwei Einzelquellen, die zentrisch symmetrisch zu einem sehr, sehr schwachen optischen Himmelskörper angeordnet sind, dessen Rotverschiebung gemessen wird. Solche Messungen sind nicht nur schwierig, die Rotverschiebung könne auch andere Ursachen als die Fluchtbewegung haben.

Um den berechtigten Einwand zu entkräften, registrierten die beiden indischen Astronomen den Zusammenhang zwischen Winkelgröße α und Flußdichte S der Radioquellen. Ergebnis: $\alpha = 200''$ für die stärksten, $\alpha = 8''$ für die schwächsten Quellen.

Während sich α bei den hellen Quellen als proportinal zu $\sqrt{S}$ herausstellte (in Einklang mit einer euklidischen Raummetrik muß α mit 1/D, hingegen S mit $1/D^2$ abnehmen, D = Distanz), stimmte diese Beziehung bei den sehr schwachen Quellen nicht. Vielmehr strebte α mit abnehmendem S dem konstanten Wert $8''$ zu.

Ähnliche Resultate fand R. Eckers bei seinen Messungen am Westerbork Radio-Synthesis-Teleskop in Holland.

Die Abweichungen von den in euklidischen Räumen zu erwartenden Werten passen gut in den Rahmen des oben angestellten Sehwinkelvergleichs von absolut gleich großen, in extremen, jedoch verschiedenen Abständen befindlichen Objekten in gekrümmten Räumen.

Kapali studierte überdies das log N — log α — Diagramm eingehender und fand, daß es allen Modellen widerspricht, die eine gleichmäßige Verteilung der Galaxien im Raum annehmen. In der Frühzeit des Universums war der Raum reicher mit Radioquellen besetzt als später.

Die rein statistische Methode ist nicht auf die Rotverschiebungen angewiesen. Sie spricht aber genau so wie die andere für ein Universum, das sich seit dem Urknall verändert, also gegen die Steady-State-Hypothese.

LITERATUR:

Sky and Tel., Sept. 1976, S. 162, New Evidence Favours Big Bang.

Photonen-Helizität als mögliches Indiz für Antimaterie im Weltraum

Reine Symmetriebetrachtungen lassen es als unwahrscheinlich erscheinen, daß im Universum Materie und Antimaterie verschieden stark vertreten sind. Die völlige Gleichartigkeit der Spektren von Atomen und Antiatomen beraubt dieses Informationsmittel völlig seiner Aussagekraft zum gegenständlichen Thema.

Wohl kennt man längst ein klares Unterscheidungsmerkmal, aber es läßt sich nicht in der Praxis benützen. Je nachdem, welche der Kernreaktionen

$$p + e^- \rightarrow n + \nu_e,$$
$$\bar{p} + e^+ \rightarrow \bar{n} + \bar{\nu}_e$$

die Energie beim stellaren Wasserstoffbrennen freisetzt, geht vom Stern ein Strom von Neutrinos bzw. Antineutrinos aus. Könnte man sie identifizieren, wäre das Problem im Prinzip gelöst. Die Methode scheitert leider an der extremen Reaktionsträgheit der Neutrinos. Für sie ist sogar die Sonne nahezu „durchsichtig", sie wird von ihnen fast verlustlos durchquert. Das hat zwar den Vorteil, daß wir durch Neutrinos Nachrichten über die Vorgänge in den innersten Sternzentren erhalten könnten, die dem direkten Einblick sonst verschlossen blieben. Aber es besteht kein Anzeichen, daß in absehbarer Zeit ein genügend sensibler Neutrinodetektor entwickelt werden könnte, der die zu erwartenden ungemein niedrigen Flußraten registrieren würde. Damit scheidet ein solches Verfahren aus dem Kreis der realisierbaren Methoden aus.

Man forscht auch nach kosmischen Ereignissen, bei denen Materie und Antimaterie mit allen katastrophalen Folgeerscheinungen im Weltraum kollidieren. Aber auch das blieb vorläufig ein erfolgloses Unterfangen.

Nun machen Cramer und Braithwaite auf eine dritte Möglichkeit aufmerksam, die größere Chancen bietet, der Sache auf den Grund zu gehen. Ihr Vorschlag stützt sich auf die **Helizität** der elektromagnetischen Strahlung, die das Wasserstoffbrennen in den Sternen freisetzt. Sie stammt aus den Reaktionen

$$p + \bar{\nu}_e \rightarrow n + e^+ \ (e^+\text{-Zerfall})$$

oder

$$p + e^- \rightarrow n + \nu_e \ (e^-\text{-Einfang}).$$

Die Positronen haben positive Helizität, d. h., die Spinrichtung stimmt mit der Flugrichtung überein (Rechtsschraube).

Die Positronen werden in der Materie, die den Entstehungsort umgibt, gebremst. Der Vorgang ist von der Emission elektromagnetischer Strahlung mit **zirkularer Polarisation** begleitet. Der Photonenspin weist ebenfalls in die Flugrichtung.

Die Positronen können natürlich auch im Fluge vernichtet werden gemäß

$$e^+ + e^- \rightarrow \gamma + \gamma.$$

Wegen der Impulserhaltung fliegt eines der Photonen gegen die Flugrichtung weg, das andere in der Flugrichtung. Dieses verfügt über die größere Energie, hat somit dieselbe Helizität der Polarisation wie das Positron.

Schließlich ist der Elektroneneinfang infolge der plötzlichen Ladungsänderung des Kerns ebenfalls von Bremsstrahlung begleitet. Die Helizität stimmt überwiegend mit der Helizität beim Positronenzerfall überein.

In allen diesen Fällen — andere Prozesse gibt es nicht — sind die bei uns einlangenden **energiereichen** Quanten rechts-zirkular polarisiert.

Falls Sterne oder Galaxien existieren, deren Bauelemente Antiteilchen sind, dann müßte die analog als Brems- oder Vernichtungsstrahlung bei uns einlangenden hochenergetischen Photonen **links-zirkular polarisiert** sein. Sie stammen aus Prozessen der Art $\bar{p} \rightarrow \bar{n}$.

So weit, so gut. Erübrigt sich „nur" die Frage, ob diese Links-Zirkularität auch nachweisbar ist. Zweifel daran ergeben sich schon aus dem Umstand, daß die Prozesse $\bar{p} \rightarrow \bar{n}$ in den Zentralregionen der Sterne stattfinden und die Quanten auf dem Wege nach außen in ungezählten Absorptions- und Reemissionsvorgängen ihre ursprünglichen Polarisationseigenschaften vollständig einbüßen. Von den Sternen ist also nichts zu erwarten, wohl aber von Supernova-Explosionen in anderen Galaxien.

Die Gewalt derartiger Katastrophen bläst die Gashülle des betreffenden Objekts in den Weltraum, so daß die Polarisation der Strahlung, an deren Entstehen der ganze Stern teilhat, nicht mehr von der Sternmaterie bis zur Unkenntlichkeit entstellt wird. Supernova-Ausbrüche ereignen sich nämlich nach der Erschöpfung des nuklearen Brennstoffs. Da Fusionsprozesse nur bei Kernen mit kleinerer Ladungszahl als derjenigen von Fe, Ni, Co exotherm ablaufen, nehmen die bereits reichlich vorhandenen Ni- und Co-Nuklide an den Reaktionen im Zuge eines Supernova-Ausbruchs teil, insbesondere an den Prozessen

$$^{56}Ni + e^- \rightarrow {}^{56}Co \quad (e^-\text{-Einfang}), \quad {}^{56}Co + e^- \rightarrow {}^{56}Fe \quad (e^-\text{-Einfang})$$

$$^{56}Co \rightarrow e^+ + {}^{56}Fe \quad (e^+\text{-Zerfall}).$$

Soweit sie sich an der Sternoberfläche abspielen — das ist ausgiebig der Fall —, gelangt die polarisierende Strahlung nur wenig verändert zu uns.

Günstig wirkt sich überdies das Freiwerden von Positronen in einer von viel Eisen durchsetzten Umgebung aus, weil sich dadurch die Wahrscheinlichkeit für die Emission zirkular polarisierter Strahlung um den namhaften Faktor

$$(Z_{Fe}/Z_H)^2 = (26/1)^2 = 676$$

erhöht.

Zwecks quantitativer Abschätzung der Beobachtungschancen werde ein Supernova-Ausbruch in 1 Mpc Entfernung angenommen. Der Stern habe 1/7 der Sonnenmasse. Die stärkste Bremsstrahlung dürfte ca. 1 Monat nach dem Beginn des Ereignisses auftreten. Bei uns ist mit der Flußdichte $\approx$ 0,02 Photonen/m^2 . sec, der mittleren Energie $\bar{E} \approx$ 200 keV und ca. 25prozentiger Polarisation zu rechnen.

Würde ein Polarimeter an Bord einer Raumsonde ein Jahr lang die hochenergetischen mit links-zirkularer Polarisation zählen, müßte man auf die Anzahl 3 . 10^5 kommen.

Wegen der oben erwähnten günstigen Wirkung der eisenreichen Umgebung, wäre das Ausmaß der äußeren Bremsstrahlung im Zuge des positronenemittierenden Zerfalls von ^{56}Co um zwei bis drei Größenordnungen größer. Trotzdem würde sich der Nachweis äußerst schwierig gestalten, wäre aber immerhin denkbar. U. U. könnte auch die Synchrotronstrahlung, die von magnetischen Sternen ausgeht, eine von Null verschiedene Helizität besitzen.

Glücklicherweise treten aber auch Umstände auf, welche die Identifizierung erleichtern.

a) Die Helizität der in Betracht kommenden Photonen ist von der Wellenlänge unabhängig.

b) Das Ausmaß der Polarisation müßte mit wachsender Frequenz anwachsen, gegen kleinere Wellenlängen deutlich abnehmen.

c) Die zirkulare Polarisation dürfte nicht mit einer etwa vorhandenen zusätzlichen linearen Polarisation korreliert sein.

Derzeit hat man lediglich Gamma-Polarimeter für lineare Polarisation entwickelt. Hier liegt also noch eine schwierige Aufgabe vor uns. Aber selbst wenn sie befriedigend bewältigt wurde, wären nur niedrige Zählraten von wenigen Prozenten zu erwarten.

Vielleicht gelingt es aber doch, dieses sehr wichtige Problem zu meistern. Die laufenden Erfolge und die Zähigkeit des Bemühens um die Erforschung der ganz großen und der winzig kleinen Welt lassen uns hoffnungsvoll in die Zukunft blicken.

LITERATUR:
Phys. Rev. Lett., 24. 10. 1977, S. 1104, J. C. Cramer, J. W. Braithwaite, Distinguishing between Stars and Galaxies Composed of Matter and Antimatter Using Photon Helicity Detection.

Quasare und Radio-Galaxien

In der Nr. 45 (Jänner 1977) der Wiss. Nachr., S. 34, behandelte der Artikel „QSO-s, Radiogalaxien und normale Galaxien — Glieder in der Evolution des Kosmos?" die mögliche genetische Verwandtschaft der drei Objekttypen. Die vermuteten Zusammenhänge haben nun Untersuchungen von G. Grueff und M. Vigotti (A. u. A., Bd. 54, S. 475 aus 1977) in Bologna mit einer verblüffend einfachen Deutung ihrer eingehenden Analyse zahlreicher Daten aus den Bereichen der optischen und der Radioastronomie untermauert.

Sie stellten zunächst die relativen Häufigkeiten in den räumlichen Verteilungen von Quasaren und Radiogalaxien fest, ebenso die zugehörigen Rotverschiebungen [Meßgröße ist $z = (\lambda - \lambda_o)/\lambda_o$, λ_o = Ruhwellenlänge der Linie] und die Leuchtkraftfunktionen. Daraus leiten sie die folgende Theorie ab.

Es gab eine Zeit in der Entwicklungsgeschichte des expandierenden Universums, in der die Rotverschiebung $z = 2{,}5$ betrug. Damals, so meinen die beiden Gelehrten, begann die Licht- und Radioemission in den Kerngebieten der elliptischen Riesengalaxien seitens der Quasare. Die Strahlungsflüsse im optischen und im Radiobereich waren stark verschieden. Nach unseren bisherigen Erfahrungen sinkt sowohl die Licht- wie die Radioabstrahlung eines Objekts exponentiell mit der Zeit, allerdings mit unterschiedlicher Geschwindigkeit.

Die optische Leuchtkraft sinkt rascher als die Radiohelligkeit. Daher bleibt der Quasar noch lange als Radioquelle genügend aktiv, um radioastronomisch wahrgenommen werden zu können, während er im optischen Spektralabschnitt für uns längst „erloschen" ist. Die Radio-„Lebensdauer" kann in diesem Sinne durchaus von der Größenordnung 1 Mrd. Jahre betragen.

Die Bologneser Astronomen haben den quantitativen Verlauf der Entwicklung auch rechnerisch auf der Basis ihrer Theorie verfolgt, um den Vergleich mit der realen Situation zu ermöglichen. Vor allem stand die Zeitabhängigkeit der Häufigkeitsverhältnisse zwischen Quasaren und Radiogalaxien, also den optisch bereits inaktiv gewordenen Quasaren, im Vordergrund. Der Vergleich von Theorie und Wirklichkeit (soweit sie das heute vorliegende Beobachtungsmaterial festhält) fiel überraschend günstig aus. Einfache Theorien haben i. a. den Vorzug! Im gegenständlichen Fall könnte die bestechend einfache Theorie der Bologneser einen echten und sehr wesentlichen Fortschritt für die Kosmogonie bedeuten.

Ergänzend wäre noch darauf hinzuweisen, daß die vor relativ kurzer Zeit entdeckte neuartige Objekttype, der man den Namen **BL Lacertae-Objekte** gegeben hat, Eigenschaften besitzt, auf Grund derer man sie in die oben betrachtete Entwicklungsreihe einordnet. Die BL Lac unterscheiden sich vor allem dadurch von den anderen in Betracht stehenden Arten, daß ihr Spektrum weder Emissions- noch Absorptionslinien aufweist. Erst mit Hilfe ungemein schwieriger spektrometrischer Untersuchungen der kaum wahrnehmbaren Randgebiete stieß man auf Andeutungen von Linien, denen die Rotverschiebung annäherungsweise zu entnehmen ist. Der z-Wert entscheidet darüber, ob eine Verwandtschaft der behaupteten Art überhaupt in Betracht kommt.

LITERATUR:
St. u. Weltr., Juli/August 1977, S. 255, Kosmogonie der Quasare und Radiogalaxien.

Fissionsspuren als absolute Datierungsmarken

Im allgemeinen wandeln sich Urankerne mit der Massenzahl 238 durch α-Zerfall in das Tochternuklid Th(234) um. Gelegentlich findet jedoch eine Spaltung in zwei annähernd gleichmassive Tochterkerne statt. Auf ca. 2.10^6 α-Zerfälle kommt ein Zerfall durch Spaltung. Diese sogenannte **Kernfission** erfolgt teilweise spontan, teilweise durch äußere Einflüsse (induziert). Viele Gesteine der Erdkruste

enthalten U (238) in ganz geringen Mengen. Die Zeitspanne seit dem letzten Erstarren kann viele Mio. Jahre betragen, in der umsomehr Spaltungen stattfinden, je länger sie währt.

Der relative Anteil der durch Fission zerstörten U(238)-Kerne an der Gesamtzahl der noch intakten U(238)-Kerne in der Probe ist ein zuverlässiges Maß für das Alter der Probe, da man die Fissionsrate genau kennt. Allerdings, was nützt das, wenn man Kerne abzählen soll, die nicht mehr existieren?

Glücklicherweise hinterläßt jedes Fissionsereignis eine Veränderung in der Gesteinsmatrix, die unschwer nachzuweisen ist. Zerfällt ein Kern in zwei ungefähr gleichmassive Tochternuklide, so fliegen diese Teile mit größter Wucht in entgegengesetzter Richtung auseinander. Da die Bruchstücke positiv geladen sind, reißen sie beim Flug durch das Kristallgitter Elektronen von ihren Plätzen. Gesteine sind i. a. Dielektrika, so daß die Gitterstörung durch allfälliges Zuströmen von frei beweglichen Elektronen nicht mehr rückgängig gemacht wird. (In Metallen ist das anders, die freien Elektronen besetzen alsbald wieder die leeren Plätze und stellen so den ursprünglichen Gitterzustand wieder her.) Kurz, jede Spaltung, gleich, ob spontan oder induziert, hinterläßt im Gitter eine lineare Spur in Form einer Gitterstörung. Die Spuren liegen jedoch mit einer Länge von nur etwa 10 nm weit unterhalb der optischen Sichtbarkeitsgrenze, sie können lediglich mit Hilfe leistungsfähiger Elektronenmikroskope wahrgenommen werden. Das wäre aber eine derart langwierige Prozedur, daß die Untersuchung von 1 mm² etliche Stunden in Anspruch nähme.

Die Entdeckung der Fissionsspuren erfolgte erst vor gut 20 Jahren durch die englischen Physiker Barnes und Silk. Sie beschossen kristalline Stoffe mit Ionen, die aus Spaltprozessen massiver instabiler Nuklide stammten. Die nachfolgende Untersuchung mit dem Elektronenmikroskop zeigte die winzigen Spuren. Dies ließ andere Physiker vermuten, analoge Fissionsspuren müßten auch U(238)-Kerne in Gesteinen hinterlassen, aus denen auf das Gesteinsalter geschlossen werden könnte.

Bald kam man dahinter, daß beim Anätzen einer Kristallfläche die Spuren wesentlich stärker in Mitleidenschaft gezogen werden, als die übrigen Oberflächenpartien. Die Spuren vergrößern sich zu Ätzstrichen, die 500- bis 1000mal länger und kräftiger sind als die Originalspuren, also im Lichtmikroskop deutlich auffallen. Ein Foto der gesamten geätzten Fläche zeigt somit sämtlich Fissionsspuren, welche die Fläche erreichen. Mit Hilfe dieser Technik konnte an die Verwirklichung des vorgeschlagenen Datierungsverfahrens geschritten werden.

Der Vorgang ist folgender. Man bettet die zu untersuchende Probe in eine Harzmatrix ein, schleift eine Kristallfläche eben und glättet sie möglichst gut durch Nachpolieren. Dann kommt der Körper für einige Zeit in ein Ätzbad. Ist dieses beendet, so werden die ausgeweiteten Fissionsspuren im Lichtmikroskop direkt gezählt oder fotografisch festgehalten. Damit ist schon viel erreicht, aber zwei Probleme harren noch der Lösung. Man sieht nämlich nur jene Spuren, welche in der betrachteten Fläche liegen oder sie durchsetzen. Wie kann daraus auf die Gesamtzahl der Spuren im ganzen Volumen geschlossen werden? Ferner: Wieviele U(238)-Atome befinden sich in der Probe?

Wieder fand man einen Ausweg. Das natürliche Uran ist ein Isotopengemisch von U(238) und U(235). Das konstante Verhältnis x : y der beiden Isotope ist bekannt. Bei Bestrahlung mit thermischen (also langsamen) Neutronen zerfallen einige U(235)-Kerne durch Spaltung (induzierte Fission). Sie hinterlassen völlig gleichartige Spuren wie die Fissionen von U(238). Die Zahl der auf diese Weise künstlich produzierten Ätzspuren auf der Kristallfläche geben klare Auskunft über den U(235)-Gehalt des Objekts. Denn in Laborversuchen hat man an Hand von künstlichen Proben mit bekanntem U(235)-Gehalt die Anzahl von Fissionsspuren in Flächenschliffen als Funktion der Neutronendichte, der Reaktionswahrscheinlichkeit (des Fissions-Wirkungsquerschnittes von Neutronen), der Neutronenenergie und der Anzahl der U(235)-Atome experimentell ermittelt.

Die Neutronenbestrahlung der Probe erzeugt also zusätzliche Spaltungsspuren, aus deren Anzahl a) der U(235)-Gehalt der Probe und b) — wegen des bekannten Isotopenverhältnisses — auch der U(238)-Gehalt in der ganzen Probe mit großer Zuverlässigkeit hervorgehen.

Das Abzählen der U(23)-Spaltspuren wird noch durch folgenden Umstand vereinfacht. Bei Erhitzen verschwinden die Spuren vollständig. Beseitigt man daher die U(238)-Spuren kurze Zeit v o r der Neutronenbestrahlung, so erscheinen nach dieser die U(235)-Spuren allein.

In Zusammenhang damit muß die eingangs gegebene Altersdefinition eingeschränkt werden. Das Alter eines Gesteins ist der Zeitraum, der vergangen ist, seit dem es zum letztenmal jene Temperatur hatte, bei der allenfalls schon vorhandene Spuren wieder verschwinden.

Dies ist in groben Zügen das Verfahren der Altersbestimmung mit Hilfe der Fissionsspuren von U(238). In den Gesteinen der Erdkruste findet sich U(238) in geringer Konzentration, sie beträgt i. a. höchstens einige Uranatome pro Million anderer Atome. Trotzdem genügt dies vollkommen zur Datierung sehr alter Gesteine, wie eine kurze (sehr grobe) Überschlagsrechnung zeigt.

Die Zerfallskonstante λ im differentiellen Zerfallsgesetz

$$dN = -\lambda N \, . \, dt$$

hängt mit der Halbwertzeit τ gemäß

$$\lambda \, . \, \tau = \ln 2 \approx 0{,}7$$

zusammen. U(238) hat bzgl. α-Zerfalls die Halbwertzeit $\tau = 4.5$ Mrd. Jahre $= 1{,}4.10^{17}$s und damit die Zerfallskonstante $\lambda = 5.10^{-18}\ sec^{-1}$.

Wir nehmen an, eine 4 Mrd. Jahre alte Gesteinsprobe von 1 cm³ habe 3 g Masse, ihre mittlere Atommasse sei 30. Dann enthalten diese 3 g ca. $0{,}1.L = 6.10^{22}$ Atome. Die U(238)-Konzentration betrage 5 ppm (parts per million). Dann befinden sich in der Probe $6.10^{22}.5.10^{-6} = 3.10^{17}$ Urankerne. Von ihnen wandeln sich infolge α-Emission gemäß Zerfallsgesetz je Sekunde $3.10^{17}.5.10^{-18} = 1{,}5$ U(238)-Kerne um, das gäbe in 4 Mrd. Jahren

$$1{,}5.4.10^{9}.3{,}1.10^{7} \approx 2.10^{17}$$

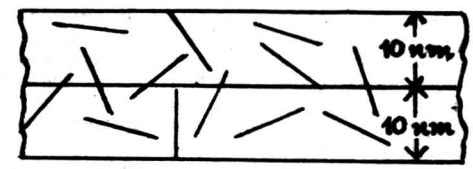


Abb. 1

α-Zerfälle. Da aber vor 4 Mrd. Jahren ungefähr doppelt soviel Uran vorhanden war als heute vorhanden ist, so ist das die Anzahl der α-Zerfälle, die bereits stattgefunden haben.

Nun kommt auf ca. 2 Mio. α-Zerfälle nur ein Spaltprozeß, in unserer hypothetischen Probe existieren somit 10^{11} Fissionsspuren. Die Spurenlänge beträgt ca. 10 nm. Eine Schnittfläche F (s. Abb. 1) kann daher nur Spuren aus den beiderseits angrenzenden je 10 nm dicken Schichten durchsetzen. Je nach Lage und Richtung tun sie das nur teilweise. Wir wollen annehmen, daß ungefähr die Hälfte der Spuren aus beiden Schichten die Schnittfläche F durchsetzt, also durch Ätzen sichtbar gemacht werden kann. Wenn in 1 cm³ 10^{11} Fissionsspuren existieren, dann liegen in den beiden Schichten $2.10^{-8}.10^{11} = 2000$ Spuren, von denen etwa 1000 der Beobachtung zugänglich sind. Auf ein Gesichtsfeld von 1 mm² entfallen mithin rund 10 Fissionsspuren.

Die Abschätzung stellt klar, daß Altersbestimmungen bis zu einigen Mrd. Jahren durchaus möglich sind. Gleichzeitig erkennt man, daß jüngere Objekte einen entsprechend höheren U(238)-Gehalt haben müssen, um zuverlässige Altersaussagen zu gestatten.

Das Mineral Zirkon enthält U(238) im Ausmaß von 100 ppm. Das geringste Alter, das der Messung zugänglich ist, beträgt 3000 Jahre. Für Substanzen mit nur 1 ppm Uran liegt die Untergrenze bei 300 000 Jahren, d. h., nur Gesteine, die älter sind, lassen sich datieren.

Mitunter werden Gläser erzeugt, in denen jedes hundertste Atom ein U(238)-Atom ist. Die Datierung solcher Produkte versagt erst, wenn sie vor weniger als 30 Jahren zuletzt erstarrt sind und seither nicht nennenswert erwärmt wurden.

Untere Datierungsschranke und Urankonzentration sind, wie den obigen Beispielen zu entnehmen ist, verkehrt proportional. Zu bemerken wäre noch, daß auch extrem niedrige Urankonzentrationen wie 0,001 ppm vorkommen. Solche Proben müssen mindestens 300 Mio. Jahre alt sein, um zeitgemäß eingeordnet werden zu können.

Natürlich ist auch diese Methode fehleranfällig, gewisse Störeffekte schränken die Meßgenauigkeit ein. Eine Störung wurde bereits erwähnt, nämlich die Erwärmung, welche im Laufe der geologischen Entwicklung vorübergehend eingetreten sein kann. Sie löscht schon vorhandene Spuren und täuscht ein zu geringes Alter vor, wenn man die Zeit nach dem Erstarren kennenlernen will. Zum Glück gibt es noch andere Datierungsverfahren, die aus dem Mutterkern-Tochterkern-Verhältnis gewisser Elemente beruhen. So zerfällt Kalium in Argon, ferner Rubidium in Strontium. Je älter ein Gestein ist, desto größer wird der Anteil der (stabilen) Tochterelemente im Verhältnis zu den (instabilen) Mutterkernen. Die Halbwertzeiten sind bekannt, also steht der Datierung nichts im Wege, sofern K oder Rb in der Probe vorkommen.

Die gleichzeitige Anwendung beider Verfahren zeigt, daß in den meisten Fällen von widersprüchlichen Ergebnissen bzgl. des Alters das radiometrisch (K- bzw. Rb-Verfahren) bestimmte das höhere ist. Die Lösung der Diskrepanz besteht in der Annahme einer späteren spurenlöschenden Erwärmung.

Manchmal reichte die Erwärmung nicht zur vollständigen Löschung der Spuren aus, war aber doch stark genug, um die Spuren zu verkürzen. Stellt man also in einem Gestein neben normalen Spuren noch kürzere Spuren fest, dann sind die letzteren älteren Datums, weil vor der letzten Erwärmung entstanden.

Nachteilen stehen glücklicherweise oft auch Vorteile gegenüber. Die Kombination unterschiedlicher Datierungsverfahren zwecks Aufdeckung von Erwärmungsperioden gibt, wenn systematisch durchgeführt, dem Geologen u. U. wertvolle Hinweise auf die Lebensgeschichte einer Gesteinsformation, z. B. wenn flüssiges Magma in Granit aufsteigt und zu Basalt erstarrt. Durch die Prüfung von Proben, die in verschiedenen Abständen zu einer solchen Kontaktfläche bei einer Untersuchung entnommen wurden, konnte man Aufschluß über die Geschichte der Wärmeereignisse gewinnen. Das Grundalter betrug in diesem konkreten Fall 80 Mio. Jahre. Nur in Abständen von weniger als 10 m zur Kontaktfläche begannen die Fissionsspuren abzunehmen, während in dem dort ebenfalls vorhandenen Apatit erst in mindestens 1 km Distanz von der Kontaktfläche die Spuren mit der dem wahren Alter entsprechenden Häufigkeit auftraten. Bei Apatit genügt nämlich bereits die Erwärmung auf 130° C auf die Dauer von 1 Mio. Jahre, um alle Spuren zu beseitigen. Klar, daß die Geologen begierig von solchen Möglichkeiten Gebrauch machen!

An weiteren Fehlerquellen wären noch zu nennen:

1. Ist die Fissionsrate von U(238) jederzeit dieselbe gewesen? Das darf mit gutem Gewissen dank dem Vergleich der Ergebnisse aus verschiedenen Methoden bejaht werden.

2. Hat jede Kernspaltung eine Spur erzeugt? Wird auch jede Spur entdeckt? Die erste Frage ist auf Grund von Labortests positiv zu beantworten. Hinsichtlich der zweiten würde es sogar genügen, nur jede zehnte Spur zu bemerken, falls spontane und induzierte Spaltungen mit gleichem „Wirkungsgrad" auffallen würden. Dies weil es in erster Linie auf das Verhältnis der Spurenzahlen ankommt.

3. Ist die Urankonzentration im Gestein zeitlich konstant geblieben? Das dürfte i. a. zutreffen, aber hier gibt es doch einen schwachen Punkt. Mäßige Erwärmung und das Einsickern von Grundwasser vermögen, wirken sie lange genug ein, die U-Konzentration innerhalb des Gesteins zu verändern. Anreicherung in einem Teil, Verarmung in einem anderen sind die Folgen. Vergleiche von verwittertem und unverwittertem Apatit ergaben Unterschiede im Uran-Gehalt bis zu 1 : 0,75.

Die Anwendungen der Fissionsdatierung beschränken sich keineswegs auf die Geologie. Auch Anthropologen und Prähistoriker profitieren davon. Die Hominidengebeine aus der Oldovanschicht erwiesen sich als wesentlich älter als man auf Grund anderer, unsicherer Verfahren angenommen hatte. Die K-Ar-Methode lieferte 1,75 Mio. Jahre, die Fissionsspuren zeigten aber 2,0 ± 0,3 Mio. Jahre an und diese recht ordentliche Übereinstimmung der beiden verläßlicheren Methoden verlieh der Fissionsbestimmung das größere Gewicht gegenüber den anderen Verfahren.

Man konnte sogar Gläser aus alten Zeiten datieren, Nebenbei ist dazu zu bemerken, daß auf diese Weise auch Fälschungen nachgewiesen wurden.

Interessant und aufschlußreich bzgl. der Frühzeit des Sonnensystems ist die Anwendung der Spurenmethode auf Meteore und Mondsteine. Um die von den kosmischen Strahlen stammenden Spuren, die ein höheres Alter vortäuschen, auszuschalten, muß man die Untersuchungen auf jene Teile der Probe beschränken, die mindestens 10 cm unterhalb der Oberfläche des Objekts liegen, weil keine Höhenstrahlen in solche Materialtiefen vorzudringen vermögen.

Bei sehr alten Meteoren ist ferner in Rechnung zu stellen, daß in der ersten Zeit nach der Bildung des Sonnensystems noch Plutonium 244 vorhanden war, das gleichfalls durch Fission zerfallen kann. Seiner relativ geringen Halbwertzeit von 82 Mio. Jahren — gering im Sinne geologischer Zeitskalen — ist es zu verdanken, daß dieses Element heute praktisch aus dem Sonnensystem verschwunden ist. Die Spuren der Pu-Spaltung sind natürlich erhalten geblieben. Unter bestimmten Annahmen kann der ursprüngliche Pu-Anteil ermittelt und damit das Meteoralter trotz der Fehlerquelle Pu(244) angenähert bestimmt werden. Dzt. wird allgemein die Ansicht vertreten, zur Zeit, da die Kontraktion der Wolke, aus der das Sonnensystem hervorging, abgeschlossen war, hätte das Verhältnis der Anzahl der U(238)-Atome zur Anzahl der Pu(244)-Atome 65 : 1 betragen.

Die Mehrzahl der Stein- und Eisenmeteore ist nahezu 4,6 Mrd. Jahre alt. Die kohligen Chondrite zählen etwa 4,2 Mrd. Jahre. Womit sich eine noch offene Frage erhebt: Woher stammt das Material, aus dem die Chondrite entstanden sind?

LITERATUR:

Scient. Am., Dez. 1976, S. 114, J. D. Macdougall, Fission-Track Dating.

Ein entstehendes, ein existierendes Planetensystem und die Geburt eines Sterns?

MWC 349 [1])

MWC 349 ist ein lichtschwaches Objekt im Sternbild Schwan, das schon um 1930 als B-Stern der Größenklasse 13,2^m entdeckt wurde. Das Spektrum enthielt damals kräftige H- und He-Linien. 10 Jahre später, 1941, hatte die scheinbare Helligkeit auf 14^m abgenommen, das Sternlicht erschien stark gerötet, sowie vom interstellaren Staub geschwächt. Im Spektrum fanden sich deutliche Anzeichen von hoher Anregung der Atome.

Vor kurzem nahm man die Beobachtung des Sterns auch vom Flugzeug aus auf (Kuiper Airborne Observatory), ebenso mit dem 2,3-m-Spiegel des Steward Obs. in Arizona.

MWC 349 ist von uns 10 000 Lj. entfernt und besitzt etwa die 30fache Sonnenmasse. Das Alter wird auf 1000 Jahre geschätzt, will heißen, vor dieser Zeit hatte sich die kontrahierende Wolke genügend in der Zentralregion erhitzt und begann Licht zu emittieren.

Infolge der großen Masse ist die Lebensdauer des Objekts relativ kurz, nach ca. 100 Mio. Jahren wird es vermutlich seine Entwicklung als Schwarzes Loch beenden.

Das gegenwärtige Spektrum läßt auf die Existenz einer ausgedehnten Gasscheibe schließen, die den Stern einhüllt. Der Scheibendurchmesser ist 20mal größer als der Sterndurchmesser. Die Scheibe strahlt 20mal mehr Licht aus als der Stern selbst. Die Dicke der Scheibe am äußeren Rand stimmt mit dem Sterndurchmesser überein, nach innen nimmt die Dicke ab, bis sie bei Erreichen des Sterns auf 1/40 ihres Randwertes gesunken ist.

Die Leuchtkraft der Gasscheibe sinkt pro Jahr um 1 Prozent (!), weil ständig Gas aus der Wolke auf den Stern stürzt. Nach 100 Jahren dürfte demnach die Gasscheibe verschwunden sein.

Es sprechen deutliche Anzeichen für die **Einstufung von MWC 349 als Stern mit entstehendem Planetensystem.** Man erwartet nämlich im Zuge der fortschreitenden Kontraktion die Ausbildung lokaler Kondensationen, aus denen Planeten hervorgehen sollten. Außerdem besteht die Möglichkeit, daß weitere Gasmassen die Scheibe umgeben, die aber noch nicht warm genug sind um zu leuchten.

Man wird den Stern in Hinkunft sorgfältig beobachten, denn die Chancen, ein entstehendes Planetensystem zu ver-

folgen, sind singulär. Ob dies die Vermutungen bestätigen wird, bleibt natürlich abzuwarten. Die Sternkoordinaten, bezogen auf das Jahr 1950 lauten: $\alpha = 20^h31{,}0^{min}$, $\delta = +40^\circ 29'$.

61 Cygni [2])

61 Cygni ist jener Stern, an dem von Bessel die erste Fixsternparallaxe mit 0,292″ gemessen wurde, die der Entfernung von 11,1 Lj. entspricht. 61 Cyg verschiebt sich am Himmel pro Jahr um 5,2″, zählt also zu den sogenannten Schnelläufern. Genauere Beobachtungen haben das Objekt als Binärsystem erkennen lassen, dessen Komponenten mit $5{,}6^m$ bzw. $6{,}3^m$ nahezu gleich hell erscheinen. Jede Umlaufperiode dauert vermutlich 720 Jahre. Im Augenblick beträgt der scheinbare Abstand der beiden Partner 29″, was dem gegenseitigen Abstand 15 Mrd. km = 100 A. E. entspricht. Nicht nur die Helligkeiten differieren kaum, auch die Massen stimmen mit je 0,6 Sonnenmassen, das sind $1{,}2.10^{29}$ kg, ziemlich überein.

61 Cyg wurde schon immer eifrig beobachtet. Am Pulkowo Obs. (SU) untersuchten O. N. Orlava und A. N. Deutsch 418 Fotos des Doppelsterns, die z. T. von den beiden Pulkowo-Teleskopen, z. T. vom Sproul Obs. (USA) stammen.

Bei der Analyse der Aufnahmen fielen geringfügige Abweichungen der Partner von einer „glatten", sprich elliptischen, Bahn auf, die nur als Gravitationswirkungen weiterer, für uns unsichtbarer Systemmitglieder zu verstehen sind.

Die Gelehrten glauben periodisch auftretende Abweichungen von der „Normalbahn" bemerkt zu haben, die sich auf Zeiträume von 5 bis 13 Jahren erstrecken. Daraus schließen sie auf die Existenz von drei Begleitern, die in 6 bzw. 7 bzw. 12 Jahren die Fixsterne umkreisen. Die Begleitermassen werden auf 7 bzw. 6 bzw. 11 Jupitermassen geschätzt. Ferner könnte der Begleiter mit der sechsjährigen Umlaufzeit zu einem der zwei Hauptsterne, die beiden restlichen Begleiter zum anderen Hauptstern gehören. Falls sich diese Ergebnisse bestätigen sollten, hätte man ein existierendes Planetensystem entdeckt.

Ein Analogon zu FU Orionis [3])

Im Jahre 1936 fiel auf, daß der Stern FU Ori (gelegen in einem kleinen Nebel, der mit einer Dunkelwolke verbunden ist) um 6 Größenklassen, d. i. um den Faktor 158 heller geworden war und seither mit der gewonnenen hohen scheinbaren Helligkeit von 10^m weiterleuchtet. FU Ori dürfte erst damals in den Zustand des Wasserstoffbrennens eingetreten sein. Leider hatte man die Übergangsphase versäumt, die Betrachtung älterer Fotos der betreffenden Himmelsgegend zeigten nämlich, daß die Wandlung schon 1933 eingesetzt hatte.

Nun hat sich ein ähnliches Ereignis zugetragen. In der Position (1950 Koord.) $\alpha = 20^h\,45^{min}25^s$, $\delta = +67^\circ\,46{,}7'$ sieht man, ähnlich wie 1936, einen schwachen Nebel in einer Dunkelwolke mit einem Stern, dessen scheinbare Helligkeit während der letzten 20 Jahre zunimmt und die seit 1975 um 3 Größenklassen gestiegen ist. (Genauer von $18{,}5^m$ im August 75 auf $16{,}9^m$ im Dez. 76 und schließlich auf $15{,}5^m$ im Juli 77.) 3 Größenklassen bedeuten die Vervierfachung der scheinbaren Helligkeit. Zum Unterschied von FU Ori beobachtet man jetzt bereits den Übergang zum Maximum und nicht erst die vollzogene Wandlung. Im Sternlicht herrscht der rote Spektralbereich vor.

Auf Mt. Palomar-Aufnahmen von 1955 hat der Nebel die Gestalt eines 1′ langen, lichtschwachen Streifens, dessen Südende nur 25″ von einem winzigen roten Sternchen entfernt ist. Die Streifenform ist inzwischen verschwunden, an ihre Stelle ist ein fächerförmiges nebelartiges Gebilde getreten, an dessen Spitze der heller gewordene Stern nun sitzt.

Obwohl der Nebel sowohl mit vorgeschaltetem Gelb- als auch Blaufilter auf der Fotoplatte erscheint, tritt dies für den Stern nur bei gelbem Licht ein. Die starke Rötung des Sterns dürfte Streueffekten in der umgebenden Staubwolke zuzuschreiben sein.

Der Nebel verdankt seine Ausstrahlung offenbar der Anregung durch das am Ort intensive Sternlicht. Die angeregten Atome reemittieren thermische Strahlung. Da sich die Helligkeit im Spektrum zugunsten der niedrigen Frequenzen verschiebt (die intensivste Emmission liegt im Infrarot bei $\lambda = 3{,}5\ \mu m$), dürfte die oben dargestellte Deutung zutreffen. Es ist längst bekannt, daß in dichte Staubwolken gelagerte Sterne eben dieses Spektralverhalten zeigen.

Die zunehmende Sternhelligkeit könnte ihre Ursache in der Verlagerung des Staubes aus der Sehrichtung haben, wodurch er in dieser nicht mehr so dicht ist.

Die Absorptionslinien im Sternspektrum verraten einen frühen A-Typ, die Emissionslinien von Fe II traten in den letzten Monaten deutlich hervor, auch die H-Linie ist kräftig. Die Entfernung ist noch unbekannt, gewisse Anzeichen lassen 2000 Lj. als möglich erscheinen.

LITERATUR:

1) Sky and Tel., Nov. 77, S. 363, Is the Star MWC 349 Forming a Planetary System?
2) Sky and Tel., Sept. 77, S. 191, Unseen Companions of 61 Cygni?
3) Sky and Tel., Okt. 77, S. 268, The Disappearing Nebula: A Star Turns on?

Synchrotronstrahlung

Ungleichförmig bewegte elektrische Ladungen strahlen elektromagnetische Wellen aus. Die Kreisbewegung, wie jede andere Bewegung auf gekrümmter Bahn, ist ungleichförmig, auch wenn der Geschwindigkeitsbetrag unverändert bleibt. Speziell läßt sich die Kreisbewegung als **Überlagerung zweier um 90° phasenverschobener harmonischer Schwingungen gleicher Frequenz und Amplitude auffassen**, deren Schwingungsrichtungen orthogonal sind. Jeder der beiden Oszillatoren strahlt, mithin auch der Überlagerungszustand.

Die zyklischen Beschleunigungsanlagen sind daher stets Quellen elektromagnetischer Strahlung, die — wenn man nur die Teilchenbeschleunigung im Auge hat — unerwünscht und kostspielig ist. Unerwünscht, weil sie auf Kosten der kinetischen Energie der Ladungsträger geht und teuer, weil die Abstrahlungsverluste ständig durch Einspeisung von Energie ausgeglichen werden müssen. Verständlich, daß diese Strahlung — sie erhielt den Namen Zyklotron- oder Synchrotronstrahlung, weil sie in diesen **Maschinen hohe Intensität annimmt — Gegenstand eingehender Forschungen** wurde, die man seit 1940 betreibt. Neuen Auftrieb erhielten die Untersuchungen, als die Radioastronomen kosmische Quellen von Synchrotronstrahlung entdeckten, seien es Supernova-Reste oder Elektronen auf von interstellaren Magnetfeldern gekrümmten Bahnen.

Im Laufe der Zeit stellte sich heraus, daß die Synchrotronstrahlung nicht nur auf der Verlustseite zu buchen ist. Sie eröffnet nämlich dem Experimentator Spektralbereiche, die anders nur über Quellen mit geringer Intensität oder sehr ungleichmäßiger Intensitätsverteilung zugänglich sind.

Die UV-Strahlung von Gasentladungsröhren besitzt beispielsweise ein Linienspektrum und kein Kontinuum, die Bremsstrahlung in Röntgenröhren ist zwar kontinuierlich, aber doch von kräftigen Einzellinien des Antikathodenmaterials überdeckt.

Für verschiedene Zwecke braucht man sehr intensive, z. T. monochromatische Strahlung. Dafür bot sich die Synchrotronstrahlung an. Sie ist kontinuierlich sowie bis zu ganz kleinen Wellenlängen kontrolliert produzierbar.

Als Strahlungsquellen kommen vor allem Kreisbeschleuniger und Speicherringe in Betracht. Solange die Ladungsträger (Elektronen, Positronen, Protonen usw.) eine im Vergleich zu c kleine Geschwindigkeit v haben, erfolgt die Emission nach allen Richtungen, am stärksten senkrecht zur Bahnebene. Die relativistischen Effekte spielen noch keine merkliche Rolle. In dem Maße, in dem v der Lichtgeschwindigkeit c nahekommt, verstärkt sich die Abstrahlung in der Bewegungsrichtung der kreisenden Ladung und nimmt in der Gegenrichtung ab. Schließlich konzentriert sich fast die gesamte Strahlung in einem engen Kegel, dessen Achse den Geschwindigkeitsvektor enthält und der sich in die Bewegungsrichtung der Ladung öffnet. Der Öffnungswinkel α des Strahlenkegels wird umso kleiner, je weniger sich v von c unterscheidet. In guter Näherung gilt

$$\alpha = 2/\sqrt{1 - (v/c)^2} \quad \text{rad.}$$

Für 240 MeV-Elektronen beträgt c-v nur mehr 2,2 km/s, woraus für α ca. 15′ folgt. Für 7 GeV-Elektronen sinkt α sogar auf ca. 15″. Das Synchrotronlicht gleicht dann der Form nach der kaum divergenten Bleistiftstrahlung aus einem Laser. Blickt man von einem Punkt einer Tangente der Elektronenbahn strahlaufwärts, so sieht man, falls ein Fenster die Sicht freigibt, nur einen kleinen sehr hellen Fleck von vielleicht 2 mm Durchmesser.

Die Grundfrequenz ν_0 der Strahlung einer zyklisch bewegten Ladung stimmt mit der Rotationsfrequenz überein. Je kleiner der Bahnradius und je größer die Teilchengeschwindigkeit sind, desto höher fällt ν_0 aus.

Mit der Grundschwingung bilden sich auch Oberschwingungen aus. **Wieder ändern sich die Verhältnisses stark mit dem wachsenden Einfluß relativistischer Effekte.** Solange $v \ll c$ gilt, strahlen die Ladungen fast ausschließlich in der Grundfrequenz ν_0. Nähert sich v merklich c, dann wächst der Anteil der Oberschwingungen auf Kosten des Anteils der Grundschwingung an. Ist ν die höchste mit merklicher Energie emittierte Oberschwingungsfrequenz, dann ist das Verhältnis ν/ν_0 zu $[1 - (v/c)^2]^{3/2}$ proportional. Für 240 MeV-Elektronen auf einer Kreisbahn mit 10 m Radius erhält man $\nu_0 = 10$ MHz, $\lambda_0 = 30$ m (Radiowelle) und $\nu/\nu_0 = 10^8$, also $\nu = 10^{15}$ Hz, $\lambda = 300$ nm (UV-Licht). Das zugehörige Frequenzspektrum der Synchrotronstrahlung besteht genau genommen aus einer Unzahl einzelner Linien, die aber derart eng zusammengerückt sind (für größere ν/ν_0-Werte), daß man ruhig von kontinuierlicher Emission sprechen darf. Ein Zahlenbeispiel möge dies belegen.

Die 10^6-te und die $(10^6 + 1)$-ste Oberschwingung zu $\nu_0 = 10^7$ Hz (also zwei benachbarte Oberschwingungen, keineswegs die höchsten) haben die Frequenzen 10^{13} Hz bzw. $(10^{13} + 10^7)$ Hz. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der Wellenlängen nur um $3 \cdot 10^{12}$ m, sind also in keinem Spektrometer auflösbar. Die Oberschwingungen niedriger Ordnung liegen nach wie vor deutlich getrennt, verlieren aber wegen ihrer für $v \to c$ abnehmenden Intensität völlig an Bedeutung.

Die maximale Strahlungsdichte verlagert sich mit wachsendem v gegen die hohen harmonischen Oberschwingungen, ein breites fast ideal kontinuierliches Frequenzband wird abgestrahlt u. zw. so, als ob die Ladungen an ihrer Stirnfläche Scheinwerfer trügen, deren Strahlenbündel nur wenig divergent in tangentialer Richtung voranleuchten.

Je nach der Teilchenenergie fällt das Strahlungsmaximum ins Radiogebiet, in den IR-Bereich, in den Abschnitt des sichtbaren und des UV-Lichtes und schließlich ins Röntgenintervall des elektromagnetischen Spektrums. Kreisbeschleuniger und Speicherringe sind also in denkbar weitem Umfange abstimmbare, hinsichtlich der Intensität flexible, kontinuierliche Strahlungsquellen.

Die Gesamtleistung der Synchrotronstrahlung steigt mit der **vierten Potenz** der kinetischen Energie der Ladungsträger. Daraus ergeben sich zwei Folgerungen.

1. Wenn zwei Ladungsträger (z. B. Elektron und Proton) mit derselben kinetischen Energie kreisen, dann haben die massiveren Partikeln die kleinere Geschwindigkeit, also die geringeren Strahlungsverluste. Deshalb fallen diese Verluste bei Protonenbeschleunigern (selbst bei 500 GeV pro Proton) weniger ins Gewicht als bei Elektronen von wesentlich kleinerer Energie.

2. Will man zu irgend welchen Zwecken die Synchrotronstrahlung heranziehen, dann wird man sie stets in Elektronenbeschleunigern und -speicherringen erzeugen, (Wir sprechen daher vorwiegend von Elektronen als kreisenden Ladungsträgern.)

Die Synchrotronstrahlung ist ferner polarisiert u. zw. zu 100% in der Bahnebene und für den Anteil mit der höchsten Intensität.

Noch ein für gewisse Anwendungen günstiger Umstand. Die Elektronen im Laufkanal eines Speicherringes sind nicht gleichmäßig verteilt, sie folgen vielmehr in Bündeln aufeinander. Gäbe es eine geeignete Zeitlupe, mit der die Bündel getrennt wahrzunehmen wären, dann sähe man einen kurzen Strahlungsblitz, sooft ein Bündel die richtige Position relativ zum Auge des Beobachters passiert und danach die erheblich längere Dunkelphase bis zur Ankunft des nächsten Bündels. Die Strahlung ist zerhackt.

Dies macht die Strahlung zur Aufklärung kurzfristiger **Veränderungen (Zerfalls-, Relaxationszeiten usw.) bestens geeignet.**

Aus der Synchrotronstrahlung lassen sich enge Spektralabschnitte ausblenden. (Hier zeigt sich der Wert eines kontinuierlichen Spektrums!) Als Monochomator dient ein Beugungsgitter mit Kollimator. Durch entsprechende Wahl der Elektronenenergie kann man das Intensitätsmaximum in den gewünschten Frequenzbereich verlegen oder doch möglichst nahe an ihn heranzubringen.

Die Auslenkung und allfällige Fokussierung geschieht nicht durch Linsen (wegen der Absorptionsverluste) sondern durch ebene bzw. gekrümmt geschliffene Spiegel. Der Strahleinfall muß flach erfolgen, um den Einfluß der Oberflächenrauhigkeit und refraktive Strahlteilungen auszuschließen. Glaslinsen würden beispielsweise sehr stark die UV- und die Röntgenstrahlung absorbieren.

Anwendungen der Synchrotronstrahlung

a) Messung der Absorption in Gasen, besonders der Zwei-Photonen-Absorption, bei der zwei Elektronen angeregt werden und die verschiedenen Probleme aufwirft.

b) Studium von Molekülstrukturen. Sehr intensive Strahlung zerbricht die Moleküle, wobei sich Einblicke in die Molekülstrukturen ergeben: Innere Bindungen, Anregungszustände, Reaktionswege u. a.

c) Mittlere Lebensdauer von Fluoreszenzen und angeregten Zuständen mittels einer Art skroboskopischer Beobachtung unter Ausnützung der hellen und dunklen Phasen der Synchrotronstrahlung (s. oben).

d) Das Energiespektrum und die Winkelverteilung der radiativ freigesetzten Elektronen in Gasen erleichtern **Rückschlüsse auf die quantenmechanischen Zustände der** beteiligten Atome.

e) Festkörperphysik. Erforschung der Zustände und Energiebänder der Valenzelektronen, wie auch der Zustände der fest an die Gitterbausteine gebundenen Elektronen.

f) Schwellenenergien für die Photoemission, Oberflächenstrukturen ud Absorptionskanten bieten ebenfalls Einsatzmöglichkeiten für die Synchrotronstrahlung.

g) Experimente mit UV- und Röntgenstrahlung besitzen wegen der hohen Strahlintensitäten einen breiteren Spielraum gegenüber dem Einsatz konventioneller Quellen.

h) Die Anwendung beim Bau integrierter Schaltungen und bei der Aufklärung biologischer Strukturen bringt bessere Ergebnisse als die übliche Beleuchtung. Das Auflösungsvermögen steigt mit der Frequenz. Es beträgt bei sichtbarem Licht 1000 nm, bei $\lambda = 2$ nm-Strahlung 10 nm. Das ist eine Verbesserung um den Faktor 100!

Die Fülle der Anwendungsmöglichkeiten hat dazu geführt, daß die Synchrotronstrahlung in einigen Anlagen nicht mehr die Rolle eines (u. U. unerwünschten) Nebenprodukts spielt, sondern zum Hauptakteur geworden ist. So plant das Brooklyn Nat. Lab. den Bau einer eigenen Anlage für Synchrotronstrahlung (Nat. Synchr. Light Source) mit 50 Strahllinien. Bei DESY, Hamburg, setzt man schon seit Jahren Synchrotronstrahlung bei Experimenten erfolgreich ein.

LITERATUR:

Scient. Am., Juni 1977, S. 32, E. M. Rowe, J. H. Weaver, The Uses of Synchroton Radiation.

Superblitze

Die charakteristischen Werte für Leistung und Energie eines Blitzes im sichtbaren Spektralgebiet betragen etwa 10 GW und 1 MJ. Seit den Abmachungen über das Verbot von Kernexplosionen aus dem Jahre 1963 entwickelten sich ziemlich rasch neuartige, hochempfindliche Geräte, die der Überwachung des Kerntest-Banns dienen. Das Kontrollsystem umfaßt neben zahlreichen Seismometern — sie melden unterirdische Explosionen — eigens für diesen Zweck ausgerüstete Satelliten. Die Geräte an Bord der Satelliten sprechen auf die freiwerdende Energien an, die von Kerntests in der Lufthülle oder im Weltraum stammen. Sie waren es, die 1967 die ersten Meldungen über die Gamma-Emissionen von Himmelskörpern übermittelten und so die **Gamma-Astronomie** begründeten.

Die sogenannten Vela-Satelliten der USA umkreisen die Erde in Abständen von rund 100 000 km. An Bord befinden sich Detektoren für optische, Röntgen- und Gamma-Strahlung, die auf plötzliche helle Strahlungsblitze reagieren. Überraschenderweise meldeten sie gelegentlich auch Strahlungsblitze, deren Verlauf mit dem Zeit- und Datenprofil der von gewöhnlichen Gewitterblitzen stammenden Emissionen verblüffend gut übereinstimmte. Der Haken war nur in der mit Abstand höheren Leistungs- und Energietönung dieser Ereignisse gelegen. Es treten Leistungen in der Größenordnung 10 TW = 10^{13} W und Energien von 10^9 bis 10^{10} J auf, die Dauer beträgt etwa 1 msec.

Die Deutung als atmosphärische Entladungen begegnete deshalb starker Skepsis. Sie wurde aber auf Grund der Meldungen aus dem Beobachtungsnetz der Empfänger für niederfrequente Radiowellen zerstreut. Das eben genannte Netz dient ebenfalls der Überwachung des Testbann-Vertrages aus dem Jahre 1963. Diese Empfänger registrieren überdies sämtliche über Europa und Asien verstreuten Gewitterentladungen. Die Korrelationen zwischen den Blitzmeldungen des erwähnten Netzes und den Informationen, betreffend die extrem energetischen Entladungen, sind derart überzeugend, daß man die anfänglich angezweifelte Interpretation akzeptieren mußte.

Die „Superblitze" behandelte ein Artikel von **B. N. Turman** im „Journal of Geophysical Research".

Im Verlaufe von 40 Beobachtungsmonaten stellten die Vela-Satelliten **17 Superblitze** mit der optischen Maximalleistung von mehr als 3 TW fest. Die bevorzugten Schauplätze des ungewöhnlichen Geschehens befinden sich im Nordteil des Stillen Ozeans in der Nähe Japans.

Offenbar spielen sich diese Entladungen zwischen den höchsten Wolken ab ohne den Erdboden zu erreichen. Anderenfalls könnte man sie nicht von den Satelliten aus, d. h., von oben, sehen.

Turman vermutet Zusammenhänge mit den bodennahen, seltenen aber heftigen Entladungen, von denen die Winterstürme in Japan begleitet sind.

LITERATUR:
Scient Am., Sept. 1977, S. 105, Supervolts.

Kurznachrichten

UV-Laser in der BRD. Obwohl Röntgen-Laser noch immer ein Wunschtraum sind, dessen Verwirklichung — wenn überhaupt — sicher lange auf sich warten lassen wird, gibt es schon schöne Erfolge beim Vordringen in den UV-Bereich. Wie schon so oft, darf das Max-Planck-Institut in Garching einen Erfolg buchen. Eine Elektronenkanone in Form eines liegenden Zylinders beschießt Xenon-Gas mit 0,5-MeV-Elektronen. Nicht Blitzlampen pumpen also das Gas energetisch in den Zustand, in dem die Besetzungsinversion stattfinden kann, sondern energiereiche Elektronen. Zwei koaxiale Röhren stecken ineinander. Die äußere hat 4 cm Durchmesser, die innere nur 4 mm. Sie ist sehr dünnwandig, damit die aus der größeren Röhre einströmenden Elektronen möglichst wenig behindert werden. Sie treffen das in der inneren Röhre eingeschlossene Xenon-Gas infolge der zylindersymmetrischen Anordnung sehr gleichmäßig und rufen eine ultraviolette Laserstrahlung hervor. Xe steht unter dem ansehnlichen Druck von 13 bar. Das widerspricht nicht der Forderung nach Dünnwandigkeit, weil die Gesamtkraft auf das dünne Röhrchen nicht die Bruchgrenze trotz der dünnen Wand übersteigt. (LIT.: Bild d. Wiss., Feber 1977, S. 2, Deutscher UV-Laser entwickelt.)

Abkühlungsrekord: 0,41 Millikelvin. Mit Hilfe der Entmagnetisierung von Atomkernen ist eine finnische Forschergruppe der Techn. Univ. Helsinki bis zur Temperatur 0,00041 Kelvin vorgedrungen. Ein Kupferblock von ca. 1 kg Masse wurde zunächst in einem kräftigen Magnetfeld auf 20 mK gekühlt. Beim nachfolgenden allmählichen Ausschalten des Magnetfeldes ging die von diesem herbeigeführte einheitliche Ausrichtung der Atomkerne (auf Grund ihres eigenen magnetischen Moments) verloren. Die Unordnung steigt, die Temperatur sinkt. Der Kupferblock kühlte schließlich die Meßprobe auf 0,41 mK ab.

Am Institut für Tieftemperaturphysik des MPI (Max Planck Institut) in Garching bei München sind ähnliche Experimente in Vorbereitung. Die Bedeutung solcher Forschungen liegt in den Möglichkeiten, Quanteneffekte unter nahezu völliger Ausschaltung der störenden Einflüsse der Wärmebewegung zu studieren.

^{14}C-Datierung nun bis 80 000 Jahre zurück möglich. Ein Physikerteam der Univ. Rochester, USA, unter der Leitung von H. Gove hat die Datierungsspanne der Radiokarbonmethode auf 80 000 Jahre (gegenüber bisher 40 000 Jahre) ausgedehnt. Die Forscher hoffen sogar, das Intervall auf 100 000 Jahre erweitern zu können. Die neue Methode unterscheidet sich vom bisher gehandhabten Verfahren darin, daß man nicht mehr die ^{14}C-Radioaktivität bestimmt sondern mittels Massenspektrometers das Verhältnis ^{12}C : ^{14}C feststellt. Dies hat außerdem den großen Vorteil, bereits an winzigen Proben die Untersuchung durchführen zu können. Das Alter einer anderweitig als 70 000jährig bekannten Probe wurde mit dem neuen Verfahren bestätigt, was für deren Anwendbarkeit spricht.

Winkelauflösung 0,00025". Wer sich an die erste Zeit der Radioteleskope erinnert, in der das Auflösungsvermögen in der Größenordnung von Graden lag, der kann an den stürmischen Fortschritten auf diesem Gebiet ersehen, in welchem Maße derartige Verbesserungen vorangehen. Man muß sich nämlich vor Augen halten, daß das Auflösungsvermögen dem Verhältnis Spiegeldurchmesser zu Wellenlänge proportional ist. Die um viele Zehnerpotenzen größere Wellenlänge der Radiostrahlung gegenüber der des sichtbaren Lichtes ließ es zunächst als aussichtslos erscheinen, jemals mit den optischen Fernrohren in dieser Hinsicht konkurrieren zu können. Die Zusammenarbeit mehrerer Radioteleskope in größeren Abständen hat nicht nur den Traum verwirklicht, sondern sogar die Leistungsfähigkeit der Fernrohre weit übertroffen. Ein aktuelles Beispiel hiefür ist das Ergebnis der Kooperation von vier interkontinentalen Radioteleskopen mit der maximalen Länge 8120 km der Basislinien. Zusammengeschaltet waren (in der Klammer steht der Antennendurchmesser) die Anlagen von Effelsberg (BRD, 100 m), Green Bank (West Virginia, 43 m), Fort Davis (Texas, 26 m) und Big Pine (Calif., 40 m). Eine Radioquelle mit Gaußscher Intensitätsverteilung konnte mit 1/4000 Bogensekunden aufgelöst werden. Man wußte bereits, daß die Radioquelle NGC 1275 (auch 3C 84) aus drei stationären Zentren emittiert. Nun weiß man, daß sie sich über 0,006" erstrecken. Die Messungen wurden durch die relativ große Radiohelligkeit begünstigt. Entlang der kleinen Achse beträgt die Winkelausdehnung der Quelle 0,0015". Die Zentren der Hauptemmissionsgebiete liegen fast in einer Geraden, sie sind einige pc voneinander getrennt. Die Emission der hellsten Komponente ist einer Schwarzkörper-Temperatur von 10^{11} Kelvin äquivalent. Der Rotverschiebung von $z = 0{,}018$, $z = (\lambda - \lambda_o)/\lambda_o$, entspricht die Distanz 110 Mpc, wenn man die Hubble-Konstante mit $H = 50\ \mathrm{km \cdot s^{-1}/Mpc}$ ansetzt. Damit würde 1/1000 Bogensekunde ein halbes Parsec Abstand bedeuten. NGC 1275 ist eine aktive Seyfert-Galaxis. Die Arbeitsfrequenz der Interferometer ist 10,650 GHz ($\lambda = 2{,}8$ cm). Anschaulicher Vergleich: 0,00025" Auflösung ist dasselbe wie die Trennung zweier Linien von 1 mm Zwischenraum aus der Distanz von ca. 800 km! (Lit.: Nature, 1. u. 8. I. 76, S. 17, I. I. K. Pauling-Toth et al. High Resolution Observations of NGC 1275 with a Four-Element Intercontinental Radio Interferometer.)

Ein naher Neutronenstern in einer 30 pc Entfernung? R. L. Davies, A. C. Fabian und J. E. Pringle von der Universität Cambridge analysierten die Daten bzgl. der Röntgen-Emission des Objekts CG 195 + 4, welche die Satelliten Kosmos B und SAS 2 zur Erde übermittelt hatten. Der Grund, weshalb diese Röntgenquelle besondere Beachtung fand, liegt darin, daß sie mit der ungewöhnlichen Periode von 59 s variabel ist. Bis jetzt fand man nur zwei Klassen variabler Röntgenquellen. In der einen ist die Periode kürzer als 10 s, in der anderen länger als 200 s.

Es besteht begründeter Verdacht, daß die Strahlung von einem Neutronenstern stammt, der den Stern γ-Geminorum umkreist. Der Abstand wäre daher lediglich 30 pc, also knapp 100 Lj. Die Vermutung stützt sich auf die Theorie der Entwicklung von Doppelsternsystemen, bei denen ein Partner ein Neutronenstern ist.

Das gegenständliche Objekt könnte sich auf der Entwicklungsstufe befinden, in der die Drehung des Neutronensterns durch den stellaren Wind der anderen Komponente verzögert wird. Die schwache Vergrößerung der Periodenlänge, die beobachtet wird, spricht für die Cambridger Version.

Es könnte sein, daß noch andere gleichartige Binärsysteme existieren, deren Röntgenemission jedoch zu schwach ist, um mit den derzeit verfügbaren Instrumenten registriert zu werden. Nur sehr nahe gelegene Quellen — wie eben die erwähnte — geben uns die Chance, auf sie aufmerksam zu werden. Sicher ist die neue Entdeckung ein kräftiger Ansporn zum Bau leistungsfähigerer Röntgen-Teleskope. (LIT.: New Scientist, 23. 2. 1978, S. 503.)

WIRTSCHAFTS- UND SOZIALGEOGRAPHIE WIRTSCHAFTSINFORMATIONEN

Prof. W. Sitte

Rainer Lidauer

Die Stadterneuerung in den USA, am Beispiel von San Antonio, Texas

In den USA machten die Städte während der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine Entwicklung durch, als deren Ergebnis es heute in allen Teilen einer amerikanischen Stadt kaum zu übersehende Probleme gibt.

1. **Die Downtown** (= die Innenstadt): Viele Häuser sind überaltert und haben keinen Lift (= die sogenannten „walk-ups"). Sie stehen leer, verfallen und müssen abgerissen werden. Zurück bleiben Baulücken, die entweder mit Wolkenkratzern aufgefüllt oder als Parkplätze verwendet werden. Letzteres führte dazu, die Innenstadt von San Antonio als „einen Fall städtischer Pocken" zu bezeichnen. Die dadurch entstandene räumliche Zerrissenheit setzt sich fort in dem krassen Gegensatz zwischen der Verstopfung der Straßen während der „rush-hours" und deren gänzlichen Leere am Abend. Dazu kommt noch eine extrem einseitige Nutzung der Downtown bedingt durch die starke tertiärwirtschaftliche Ausrichtung.

2. **Der Central Belt** (= die downtown-nahen Wohnviertel mit den primären Stadtvierteln; auch „inner city" genannt): Die Aufgabe der primären Stadtviertel war es seit jeher, die Neuankömmlinge, meist Einwanderer, aufzunehmen. Diese Einwanderer siedelten sich getrennt nach ihrer Herkunft bzw. Religionszugehörigkeit in eigenen Vierteln an. Heute zieht die weiße Bevölkerung aus diesen Wohnvierteln aus und schafft Platz für die nachstoßende Binnenwanderung der Minoritätengruppen. In Texas sind es vor allem die Mexican-Americans aus ländlichen Gebieten. In San Antonio heißt daher das Gebiet der primären Viertel „Little Mexico". Der Zustand der Häuser (viele Miethäuser) verschlechtert sich rasch, bedingt durch die sozial schwache Stellung der Bewohner und deren große Fluktuation.

3. **Der Urban Fringe** und der **Metropolitan Ring** (= Stadtrand, Vorstadtzone und Exurbia): Hier herrscht das Eigenheim vor. In San Antonio sind 70 Prozent Einfamilienhäuser, 10 Prozent Reihenhäuser vom Typ des „townhouse" und 20 Prozent Apartments (Mietwohnungen). Abbildung 3 zeigt die Verteilung in der Stadt in einem Schnitt von Süden nach Norden. Durch die Einfamilienhäuser erhält die amerikanische Stadt ihr monotones Bild. Dieser Teil der Stadt wächst sehr rasch. Der Grund dafür ist in der antistädtischen Tradition der Amerikaner zu suchen, die die Menschen veranlaßt, aus der Stadt aufs Land zu ziehen. Früher sah man in der Suburbia das vorbildliche Größenelement der Siedlungsstruktur. Die Studie „The Costs of Sprawl" zeigt jedoch auf, daß heute das Muster des „low density sprawl" (= A) eindeutig teurer kommt als „high density planned" bzw. „combination mix". So können bei „A" die Kosten für Energie bis 44 Prozent oder die für die Bekämpfung der Luftverschmutzung bis 45 Prozent höher sein. Diese Erkenntnisse unterstützen die Bestrebungen, die Innenstadt vor weiterer Aushöhlung zu bewahren. Eine besondere Form des „urban sprawl" ist das „leap frogging" (= die Stadt wächst wie die Sprünge eines Frosches). Dadurch entsteht ein Nebeneinander von intensiv und nicht genutzten Flächen, was dem Stadtrand ebenfalls den Eindruck von Zerrissenheit gibt.

Alle diese Vorgänge hängen miteinander zusammen, bedingen und verstärken einander. Ein Ergebnis dieser Entwicklung ist eine gänzlich neue Vorgangsweise der US-Bundesregierung. Sie greift seit etwa 1950 in die kommunale Arbeit der Städte ein. Da sie keine direkten Vorschriften zur Stadterneuerung erlassen kann, macht sie die Vergabe von Geldmitteln für die Stadterneuerung von der Befolgung ihrer Programme abhängig.

Die Grundlage bildet der Housing Act von 1949. Dieses Wohnungsbaugesetz besagt, daß sich die Bundesregierung an den Kosten von Stadterneuerungsprogrammen beteiligt. In Städten mit mehr als 50.000 Einwohnern übernimmt sie zwei Drittel der Netto-Kosten von Sanierungsvorhaben.

1957 folgte der Regional Planning Act, der festlegt, daß sich die Regierung an den Arbeiten der Planungsstellen der Metropolitan Areas finanziell beteiligt, wenn diese aus gewählten Vertretern der betroffenen Gebietskörperschaften zusammengesetzt sind.

1959 wurde der Housing Act von 1949 erweitert. Nun standen Geldmittel der Regierung für umfassende Untersuchungen von sanierungsreifen Gebieten und für die Planung der Strukturverbesserungen derselben zur Verfügung.

1961 erfolgte wieder eine Erweiterung des Housing Acts von 1949. Dieses Mal gab es Geld für die Erhaltung und Aufwertung der bereits vorhandenen Bausubstanz, unabhängig von einem Sanierungsprogramm.

1962 folgte der Federal-Aid Highway Act, der eine 90prozentige Beteiligung der Bundesregierung beim Bau von Autobahnen, auch innerhalb von Städten (= expressways, freeways, loops), vorsieht. 1964 schloß sich der Urban Mass Transportation Act an, der die Erweiterung des öffentlichen Verkehrsnetzes zum Gegenstand hat.

1965 wurde schließlich ein eigenes Ministerium für Wohnungs- und Städtebau (= US Department of Housing and Urban Development) geschaffen, das auch die Erstellung der Studie über die Stadterneuerung in San Antonio finanzierte.

1978 legte Präsident Carter ein Milliarden-Hilfsprogramm vor, das mithelfen soll, den fortschreitenden Verfall der großen Städte des Landes aufzuhalten. Dieses Programm läuft unter dem Namen „Neue Partnerschaft" und sieht u. a. eine interministerielle nationale Entwicklungsbank vor, die für Projekte in städtischen Notstandsgebieten billige Kredite bereitstellen soll.

Die vordringlichste Aufgabe der amerikanischen Stadtplanung ist heute der Versuch, die Entleerung des Stadtkerns zu stoppen bzw. eine Revitalisierung herbeizuführen. Welche Vorstellungen die mit diesen Aufgaben befaßten Gremien entwickeln, soll nun am Beispiel von San Antonio gezeigt werden.

Die Stadt liegt im Überschneidungsbereich von Anglo- und Lateinamerika, zählt zu den ältesten Städten der USA und gehört heute zum „Neuen Süden", dessen Erdöl und Elektronik die Kohle und das Eisen des Nordens überflügeln. Der damit verbundene wirtschaftliche Aufschwung bewirkt Bevölkerungsvermehrung und neues Selbstbewußtsein. Daraus resultieren die Zuwendungen größerer Bundesmittel für den Süden und ein bewußt betriebener Denkmalschutz.

Vor Ankunft der Spanier in Texas gab es am Ostufer des San Antonio-Flusses ein kleines Lager (= Yanaguana) der Coahuiltecan-Indianer. 1718 gründeten die Spanier die drei Grundpfeiler der heutigen Stadt:

a) die Mission „San Antonio de Valera"; die Franziskanermönche kamen aus Queretaro, Mexico. Später folgten noch vier weitere Missionen. Für alle fünf Missionen liegt heute ein umfangreiches Erhaltungsprogramm vor.

b) das presidio San Antonio (de Bexar)", als Bollwerk gegen die Indianer. In seinem Schutz entstand

c) die „villa (de Bexar)", eine dörfliche Siedlung.

San Antonio wuchs schnell zum Verwaltungs- und Wirtschaftsmittelpunkt des damaligen Texas heran. Der Straßengrundriß, nach den Haupthimmelsrichtungen ausgerichtet, zeigt die Schachbrett-Textur. Dieses Rechteckmuster ist also genetisch verschieden von dem „gridiron-plan" der jüngeren Stadtteile. Im Zentrum finden sich zwei Plätze: „plaza de Armas" mit dem Palast des spanischen Gouverneurs im Westen und dem San Fernando-Dom im Osten, und „plaza de las Islas" (zum Gedenken an die Kolonisten von den Kanarischen Inseln). Nach Osten, über den Fluß, führte die „Calle de la Alameda" (Baumallee), die zum „paseo" (abendlicher Spaziergang) einlud. Die Häuser waren Adobe-Flachdach-Häuser, den indianischen Pueblo-Bauten nachgeahmt. Vom Fluß weg legten die Spanier ein heute noch funktionierendes System von „acequias" an. 1837 wurde San Antonio als Stadt amtlich eingetragen. Bis etwa 1880 wuchs die Stadt langsam (1860: 8.235 E., 1880: 20.550 E.). Dann lockten der Bau der Eisenbahn, der Rindermarkt und die Militärgarnisonen viele Einwanderer aus Europa und Zuwanderer aus dem Osten der USA an. Es setzte eine starke Bautätigkeit, besonders in der heutigen Downtown, ein. Waren 1845 noch neun Zehntel der Einwohner Mexikaner, so war um 1880 deren Herrschaft gebrochen und die Neuankömmlinge, darunter viele Deutsche, kontrollierten das wirtschaftliche und politische Leben. Nach der Jahrhundertwende entstanden die ersten Wolkenkratzer. Während des 1. Weltkrieges erfolgte der Ausbau der militärischen Einrichtungen. Seit 1950 verlangsamt sich der Bevölkerungszuachs, wofür wirtschaftliche Schwierigkeiten und die größere Attraktivität der beiden größeren texanischen Städte ausschlaggebend sind. 1975 lebten in San Antonio 768.814 Menschen. Auf Abb. 1 ist das Stadtgebiet in den Grenzen von 1970 zu sehen. Es hatte damals eine Fläche von rund 651 km² (Wien hat eine Fläche von 415 km²). Der Verlauf der Grenzen zeigt im Nordwesten das „leap-frogging". Entlang der Interstate Highways reichen die Grenzen bis zu einer, noch zu bauenden zweiten Stadtautobahn. Durch diesen „outer loop" können die Vorstädte (= suburbs) besser erreicht werden. Groß ist die Bedeutung der Militäranlagen. 1975 waren 41.237 militärische und 33.313 zivile Arbeitnehmer beschäftigt. Die direkten Beiträge zur Wirtschaft der Stadt betrugen 1,2 Mrd. Dollar, was einem Drittel der gesamten Wirtschaft San Antonios gleichkommt. Die Zahl 4 bezeichnet den „urban fringe". Zwischen 1960 und 1975 sind aus der „inner city" (3) 56.182 Menschen in das städtische Randgebiet gezogen. Die Stadt wuchs besonders nach dem Norden. Mit (5) sind die primären Viertel gekennzeichnet (= mehr als 80 Prozent der Bevölkerung: Mexican und Negro Americans. Dieser Anteil wurde deshalb so hoch angesetzt, weil 1970 7,6 Prozent der Bevölkerung Negro und 52,2 Prozent Mexican Americans waren). Das Viereck (1) bezeichnet die Downtown mit dem Central Business District (C.B.D.). Schließlich markiert (2) den 5,5 Meilen langen San Antonio River Corridor, jenes Gebiet, das revitalisiert werden soll. Man hat bewußt über die eigentliche Innenstadt hinausgegriffen, um die nördlich und südlich angrenzenden Grünflächen in die Planung einschließen zu können. Die Revitalisierung soll 1990 abgeschlossen sein.

In Anlehnung an die frühere „Calle de la Alameda" wurde der Fluß 1939 mit einem Aufwand von 300.000 Dollar im Bereich der Downtown in einen „paseo del rio" (= Fußgängerzone entlang des Flusses mit Cafés, Geschäften und Bäumen) umgewandelt. Der Erfolg dieser Idee bewirkte den Entschluß, den Fluß in seiner ganzen Länge im Korridor in einen Paseo-Park zu verwandeln, der die Wohngebiete mit den Arbeits- und Erholungsgebieten verbinden soll. Voraussetzung ist eine durchgehende Regulierung des Flusses, um den Hochwässern und der Verschmutzung des Wassers zu begegnen.

Das andere Grundproblem ist die allgemeine Verkehrssituation. San Antonio ist, wie viele andere US-amerikanische Städte, auf das Auto ausgerichtet. Ganz untypisch ist jedoch, daß der Durchzugsverkehr die Innenstadt passieren muß. Heute zählt man bis zu 200.000 Fahrzeuge pro Tag, die den Korridor durchfahren. Der beschleunigte Ausbau der ringförmigen Stadtautobahnen soll helfen, den Durchzugsverkehr am Stadtkern vorbeizuführen. Für den Verkehr zum Korridor sollen vier große Parkplätze — jeder mit ca. 1.500 Plätzen — am Rand des Korridors entstehen.

Breiten Raum nehmen die Probleme der Downtown ein. In baulicher Hinsicht sollen größere Kompaktheit und ein ästhetischer Eindruck wiedergewonnen werden. Man stellt sich vor, die leeren Flächen aufzufüllen und so trotz der Vermehrung der Funktionen eine Vergrößerung der Downtown zu vermeiden. Besonders bei privaten Bauten wird großer Wert darauf gelegt, daß sie sich in Höhe, Baumaterial und Ausführung einander angleichen. Auf diese Weise sollen die einzelnen Teile der Innenstadt ihr eigenständiges bauliches Image erhalten. Wo es möglich ist, soll im spanisch-mexikanischen Stil gebaut werden. Historische Gebäude will man besonders kennzeichnen. Diese baulichen Pläne sind das Ergebnis der Bemühungen, die funktionale Basis der Downtown zu verbreitern und die Innenstadt auch für die Zeit außerhalb des Geschäftslebens attraktiv zu machen. Heute sind die einzelnen Funktionen über die ganze Downtown verstreut, treten miteinander in Konkurrenz und schwächen so ihre Effizienz. Die Planung will eine Entflechtung der Funktionen erreichen, indem der Einzelhandel im NE der Stadt, die Büros (= commercial offices) im NW, der Fremdenverkehr mit dem Kongreßwesen im SE und die Verwaltung (= lokal, regional und überregional) im SW konzentriert sind.

Der Einzelhandel: Die Vorausberechnungen ergeben, daß ohne Revitalisierung der Anteil der Downtown am Einzelhandel von 28 Prozent (1973) auf 11 Prozent (1990) abnehmen wird. Durch die Revitalisierung würde der Anteil auf 45 Prozent steigen. Der Tabelle (Abb. 2) ist zu entnehmen, wieviel an zusätzlicher Geschäftsfläche nötig sein wird. Neben einigen kleinen Geschäften sind zwei große Department-stores vorgesehen. Die Gebäude sollen einheitlich niedrig gehalten werden. Ein eigenes Projekt ist ein internationales Zentrum für den Handel zwischen Texas (und damit den USA) und Mexico.

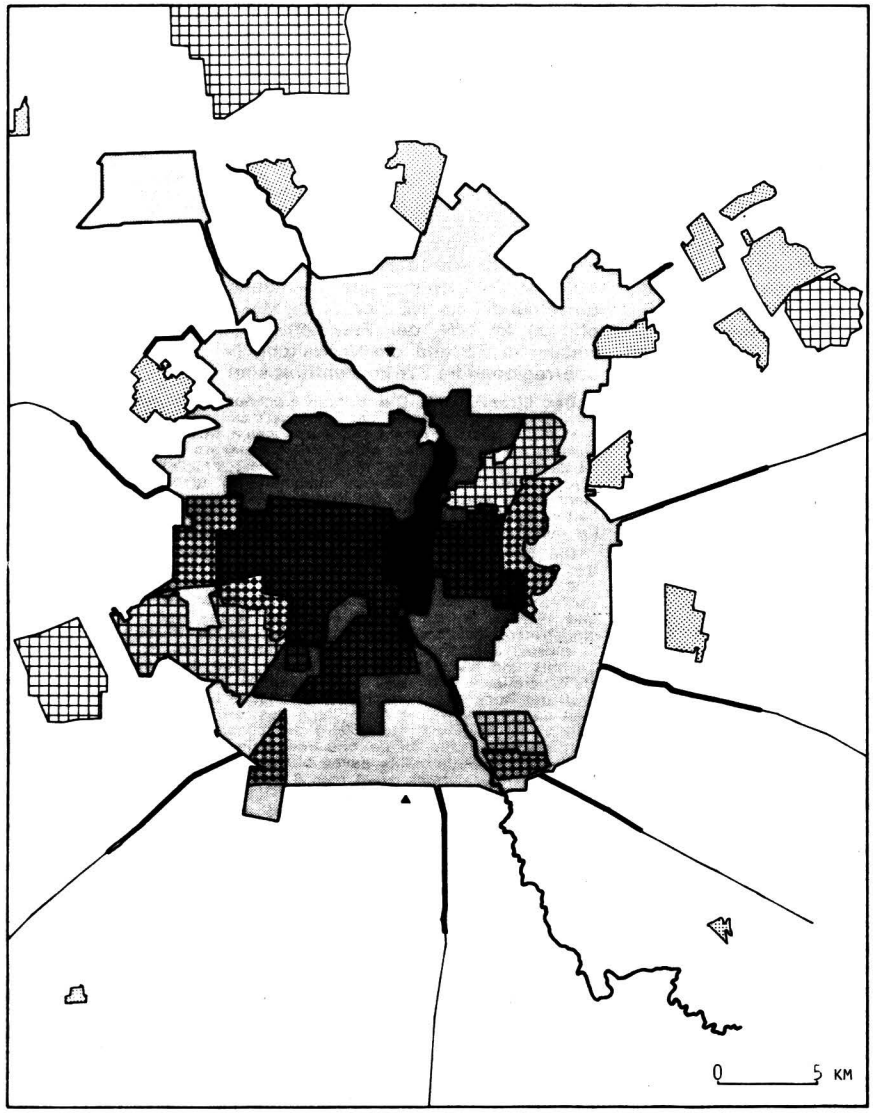
Die Büros (= commercial offices): Die Innenstadt ist bis heute das Zentrum der Verwaltung für das südliche Mittel-Texas geblieben. Alle städtischen Betriebe, drei Viertel der Kreditinstitute und alle Rechtsanwälte haben ihren Sitz in der Downtown. Zwischen 1960 und 1970 ist jedoch in der Innenstadt eine deutliche Stagnierung eingetreten. Am Stadtrand entstanden einige Bürotürme. Da sich in diesem Jahrzehnt auch große Änderungen auf den Gebieten der Technik und der Architektur vollzogen, sind die Bauten der Innenstadt veraltet und unattraktiv. Die Tabelle gibt eine Vorstellung, wie groß der Bedarf an zusätzlicher Bürofläche bis 1990 sein wird. Wenn man die zu erwartende Ausweitung des tertiären Sektors im „Neuen Süden" in Rechnung stellt, wird die Zunahme um 4 Mio sq.ft. des Büroraums nur für lokale und regionale Firmen verständlich. Die Innenstadt soll die Hälfte davon beherbergen. Zusätzlich zu den bestehenden Bürotürmen plant man 6 weitere, in Abständen voneinander, entlang des Flusses. Zwischen Fluß und diesen Türmen sollen plazas, niedrige Geschäfte und Cafes entstehen, um den kommerziellen Charakter nicht zu groß werden zu lassen.

Der Fremdenverkehr (und Kongresse): Über die Hälfte der Hotels und Motels der ganzen Stadt sind in der Innenstadt zu finden. Die Chancen für den Fremdenverkehr werden als hervorragend beurteilt (siehe Tabelle). San Antonio ist besonders reich an Sehenswürdigkeiten der Kolonialzeit und wird immer mehr wegen seines sonnenreichen Klimas für Tagungen und Kongresse geschätzt. Es sind sechs neue Hotels und zwei Motels in der Nähe des Convention-Centers und der historischen Sehenswürdigkeiten vorgesehen. An den Brennpunkten des Fremdenverkehrs, etwa „La Villita" oder „Hemisfair", sollen Kunstgalerien und Andenkengeschäfte errichtet werden. Um die Innenstadt auch außerhalb der Geschäftszeit attraktiv zu machen, plant man ein Sportstadium mit rund 60.000 Sitzen und den Ausbau des Hemisfair-Gebietes. Dieses Gebiet umfaßt 93 acres in der südwestlichen Downtown. 1968 feierte die Stadt ihr 250jähriges Bestehen und hielt aus diesem Anlaß die erste große internationale Messe im Südwesten der USA ab. Der Name Hemis-Fair soll die engen Beziehungen zwischen Anglo- und Lateinamerika betonen. Mit Unterstützung des Staates wurden 156 Mio Dollar aufgebracht und das runtergewohnte Gebiet in ein Ausstellungsgebiet verwandelt. Bis 1990 sollen nun zahlreiche Freizeiteinrichtungen dazukommen.

Nach der Flußregulierung und der Lösung der Probleme rund um die Downtown ist die 3. große Aufgabe, wieder Menschen in den Stadtkern zu bringen. Dazu bedarf es nicht nur moderner Wohnungen sondern einer Umwelt, in der sich die Menschen wohlfühlen.

1973 wohnten 2 Prozent der Stadtbevölkerung (= rd. 15.600 Menschen) im Korridor. Die Anglo-Americans sind deutlich unterrepräsentiert (besonders bei den kinderreichen Familien steht das Verhältnis 1 : 14; dafür ist der Anteil der 1-Personen-Haushalte groß). Die Mexican und die Negro Americans sind überdurchschnittlich vertreten. 44 Prozent aller Familien verdienen weniger als 5000 Dollar pro Jahr (in der ganzen Stadt sind es 26 Prozent). Diese Situation spiegelt auch Abbildung 3 wider, die den hohen Anteil an Mietwohnungen im Stadtkern zeigt. Der Großteil der Häuser ist baufällig. Industrie und die Autobahnen dringen in die Wohngebiete ein und es fehlen Grünflächen und kommunale Einrichtungen. Um das Bevölkerungsdefizit vollständig auszugleichen, benötigt man für die neu hinzukommende Bevölkerung bis 1990 12 600 neue Haushalte für hohe und mittlere Einkommen. Für die bereits anwesende Bevölkerung ist ein Bedarf von 3400 geförderten oder freifinanzierten neuen bzw. wieder instandgesetzten Wohneinheiten für niedrige und mittlere Einkommen und 1500 Einheiten für höhere und hohe Einkommen gegeben. Die Planung muß neben dem Bedarf

Abb. 1



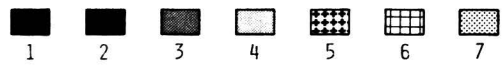


Abb. 1: Gliederung der Stadt San Antonio

1 = Innenstadt (= Downtown)
2 = San Antonio River Corridor
3 = Central Belt (= Inner City)
4 = Stadtrand (= Urban Fringe)
5 = Primäre Viertel
6 = Militäranlagen
7 = Vorstädte (= Residential Suburbs)

Abb. 2: Tabelle

DOWNTOWN DEVELOPMENT PROGRAM OBJECTIVES

	1970	1990	Net Gain	%
SALES AND SPENDING (Constant 1970 Dollars)				
Retail Sales[1]	$108,000,000	$172,000,000	$ 64,000,000	60%
Visitor Spending	52,000,000	154,000,000	102,000,000	195%
JOBS				
Retail[1]	5,100	7,200	2,100	40%
Downtown Commercial Office	17,400	26,000	8,600	50%
Visitor Services	2,800	6,400	3,600	130%
NET FACILITY ADDITIONS[2] (In Square Feet)				
Retail[3]	1,800,000	2,600,000	800,000	45%
Commercial Office	3,000,000	4,400,000	1,400,000	45%
Hotel/Motel Inventory (Rooms)	3,800	7,200	3,400	90%

NEW CONSTRUCTION (1970-1990)

Retail	1,000,000 sq.ft.
Commercial Offices	1,900,000 sq.ft.
Government Office	500,000 sq.ft.
Hotel Rooms	2,300 rooms
Motel Rooms	1,300 rooms
Restaurants	25 better quality 40 medium quality/cafeteria/family style
Visitor Oriented Specialty Retail	100,000 sq.ft. (art galleries, craft shops, etc.)
Downtown Housing	1,500 units (low-rise elevator and hi-rise)
Sports Stadium	55,000 to 65,000 seat capacity
International Trade Center, Merchandise Mart	Physical space program indeterminate at current time.
Parking Spaces	5,000 to 8,000 spaces

REHABILITATION (1970-1990)

Retail	500,000 to 750,000 sq.ft.
Office	500,000 to 1,000,000 sq.ft.

1 General merchandise, apparel, furnishings and specialty items (e.g., books, cameras).
2 Net after demolition and phase-out of obsolete facilities.
3 Includes 2 major department stores at about 250,000 sq.ft. each, 1 smaller high-grade department store (60,000 - 100,000 sq.ft., and remainder are small shops.

Abb. 3

Abb. 3: Verhältnis verschiedener Haustypen

A = Einfamilienhäuser
B = Mietwohnungen
C = leerstehende Wohnungen
1517 = Nummer des Zählbezirks
▼ Vergleiche mit Abb. 1

auch auf die Baugrundkosten und die bevorzugten Haustypen (wie Einfamilienhaus, Reihenhaus, hi-rise apartments) Rücksicht nehmen. Wenn z. B. zu Marktpreisen gebaut wird, muß die Dichte im Korridor 40 Wohneinheiten/Acre sein (1 acre = 4046,8 m²). Viele Familien mit hohen Einkommen bevorzugen jedoch ca. 25 Einheiten/Acre. Bei dieser Dichte werden die Wohnungen dann jedoch so teuer, daß sie niemand mehr kaufen will. Die Planung trägt diesen Schwierigkeiten Rechnung und bietet 2 Programme an, über deren Verwirklichung die Bürger bestimmen sollen.

Programm A verzichtet weitestgehend auf Bundesmittel und konzentriert sich auf die Erneuerung von Wohnhäusern. Das Programm B ist umfassender und verzichtet nicht auf Bundesmittel. Wo es möglich ist, werden vollständig neue Wohngebiete geschaffen. Dies würde folgende Auswirkungen haben, die Zahlen für Programm B in Klammern:

Beide Programme sehen vor, alle nicht erneuerbaren Häuser abzureißen und durch Haustypen zu ersetzen, die die Bewohner bevorzugen. 50 Prozent (100 Prozent) der erneuerbaren Häuser werden renoviert. 3.050 (5.100) neue Einheiten werden für mittlere und hohe Einkommen errichtet. Dadurch erzielt man eine Zunahme der Bevölkerung um 40 Prozent (75 Prozent). Besonders weit gediehen ist die Erneuerung im King William Viertel. Die viktorianischen Häuser wurden von den wohlhabenden Deutschen gebaut, die ab 1840 in großer Zahl nach San Antonio kamen. Diese Häuser gingen dann an Mexican-Americans über. Heute werden sie von wohlhabenden Bürgern gekauft und mit viel Geld instand gesetzt. Als Vorbild für dieses Viertel dient der Garden District von New Orleans.

Um eine lebende Umwelt zu erzielen, ist die Ausstattung mit Sozialeinrichtungen und der Ausbau des Gesund-

heitswesens von grundlegender Bedeutung. Der Plan weist ausdrücklich auf die Versäumnisse der Vergangenheit hin und unterstreicht die Tatsache, daß in den USA das Vorhandensein dieser Funktionen über den Bevölkerungszuwachs der Städte in den nächsten Jahrzehnten entscheiden kann. Heute bestehen zahlreiche Sozialeinrichtungen im Korridor. Für alle steht ein Budget von 90 Mio. Dollar zur Verfügung. Das große Hindernis ist die mangelnde Koordination. In besonderem Maße fehlen Einrichtungen zur Betreuung alter Menschen, deren Zahl dreimal so hoch ist wie in der übrigen Stadt, und von Kindern unter 14 Jahren. TBC und Kindersterblichkeit sind im Korridor dreimal so hoch wie in der übrigen Stadt. Sogenannte Nachbarschafts-Resource-Centers sollen hier sowohl in medizinischer als auch sozialhygienischer Hinsicht eine Verbesserung bringen.

Was die Schulbildung betrifft, ist der Schulbezirk, zu dem der Korridor gehört, bekannt als: veraltet, arm, vorwiegend nicht-weiß und minderwertig. Gegen dieses Pauschalurteil will man Lernzentren einsetzen und den Korridor zu einem wichtigen Katalysator für Erneuerungen in der Schulpolitik für die ganze Stadt machen. Der Korridor verfügt über viele weiterführende Institutionen. Sie sollen Mittelpunkte ganz bestimmter Bildungsbereiche werden. So soll die Rundfunkstation KLNR die Schüler in Journalismus, eines wichtigen Faches einer amerikanischen Highschool, ausbilden. Der Unterricht soll in viel stärkerem Maß als bis jetzt außerhalb der Schule und damit praxisbezogener erfolgen.

Eigens erwähnt wird die öffentliche Sicherheit. Wenn sich Menschen in einem Gebiet nicht sicher fühlen können, ist das oft der erste Grund wegzuziehen bzw. nicht hinzuziehen. Die Polizei soll deshalb im Korridor personell wesentlich verstärkt werden und moderne Ausrüstung erhalten, um sowohl als Freund und Helfer wie auch als wirksamer Schutz im Bedarfsfall ständig present sein zu können.

LITERATUR:

Hofmeister, B.: Stadt und Kulturraum Angloamerika. Vieweg, Braunschweig 1971.

Hofmeister, B.: Die City der nordamerikanischen Großstadt im Wandel. G. R. 12, 1967.

Niemz, G.: Stadtplanung in mittelgroßen Städten der USA. G. R. 9, 1969.

Skidmore e. alii: The San Antonio River Corridor, Plan for development and management. San Antonio, 1973.

Jimmy Carters Wirtschaftspolitik

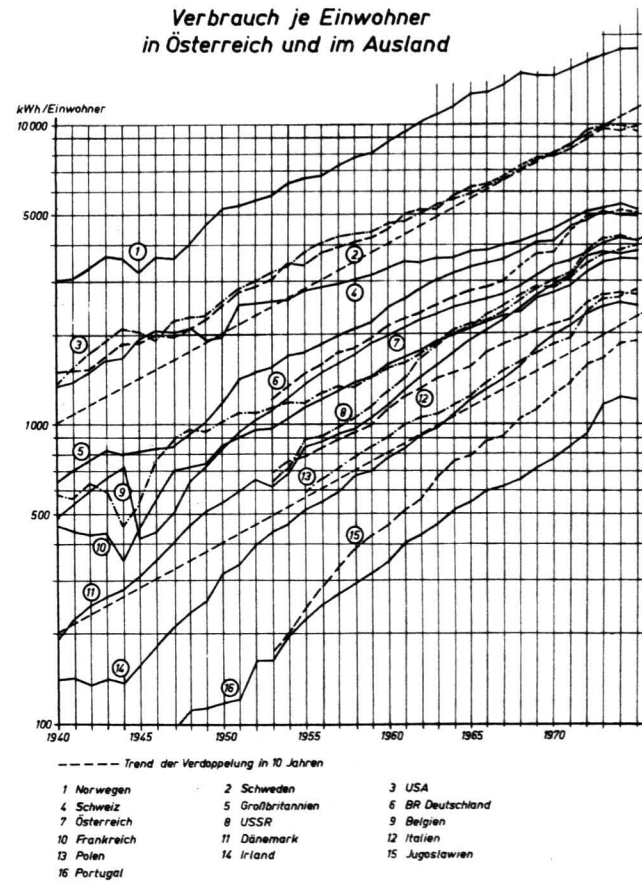
Das erste Jahr der Amtszeit des amerikanischen Präsidenten Jimmy Carter stand wirtschaftspolitisch primär unter dem Leitmotiv des Energiesparens. Bis jetzt gelang es jedoch infolge heftiger Interessenskonflikte nicht, auf Basis des Carter'schen Energiesparprogrammes ein tragfähiges Energiegesetz durch den Kongreß zu beschließen. Seit Jahresmitte ist auch Washingtons Währungspolitik, die zu permanenter Dollarschwäche und Abwertungen führte, national wie auch international umstritten. In der Fiskal- und Arbeitsmarktpolitik wurden eine Reihe neuer Akzente gesetzt. Wenig erfolgreich war Carters Politik der Inflationsbekämpfung. Die Bekämpfung der „Stagflation" (hohe Arbeitslosigkeit bei gleichzeitig hoher Inflationsrate) bereite jedoch, wie Carter Reportern gegenüber vor seiner Weltreise äußerte, beträchtliche Schwierigkeiten und auch jetzt sei seine Regierung noch recht ratlos, welcher Weg zur Überwindung eingeschlagen werden sollte. So kam es auf wirtschaftspolitischem Gebiet, nicht zuletzt auf Grund der verschiedenen Ratgeber des Präsidenten, zu einander manchesmal geradezu widersprechenden Äußerungen. In der Bekämpfung der Stagflation schien das Pendel allen Erwartungen entgegen zunächst in Richtung Inflationsbekämpfung und sodann in Richtung Bekämpfung der Arbeitslosigkeit auszuschlagen. Dies trug ihm seitens der Unternehmerschaft und einiger führender Persönlichkeiten der Wirtschaft den Vorwurf ein, daß seine Wirtschaftspolitik keine Geschlossenheit aufweise, sondern sich in Widersprüchlichkeiten verliere.

Im folgenden soll auf einige Schwerpunkte der amerikanischen Wirtschaftspolitik unter Jimmy Carter näher eingegangen werden.

Jimmy Carters Energieplan

Ein durchgreifendes Energiesparprogramm ist in den USA dringend angezeigt; nicht nur in Anbetracht des begrenzten Vorrates an Energieträgern wie etwa Erdöl. Die USA sind außerdem in zunehmendem Maße von Öleinfuhren zur Deckung des rasch wachsenden Energiebedarfs angewiesen: Noch zu Beginn der siebziger Jahre waren es nur etwa 20 Prozent, 1976 jedoch bereits über 40 Prozent. Diese wachsende Abhängigkeit bedeutet eine starke Belastung der vormals positiven Handelsbilanz. Schließlich ist der Pro-Kopf-Energieverbrauch in den USA bedeutend größer als in vergleichbaren Industrieländern (siehe Skizze).

Verbrauch je Einwohner in Österreich und im Ausland



Im April 1977 präsentierte Carter der Nation seinen Energieplan. Er bezeichnete ihn als „wichtigstes Gesetzgebungswerk" seiner Regierungszeit. Carter schien fest entschlossen, das Energieverhalten des amerikanischen Volkes zu verändern und sein Gesetzeswerk durchzusetzen — „selbst wenn ihn das eine zweite Amtsperiode kosten sollte".

Jimmy Carters Energieprogramm sah nun ein Maßnahmenpaket zur Bekämpfung der Energievergeudung vor. Es war dies ein Plan, der allen Bevölkerungsgruppen entsprechende Opfer abverlangt hätte. Die wesentlichsten Vorschläge im Carter'schen Sparprogramm sind:

— Einhebung von speziellen Autosteuern auf Autos mit hohem Benzinverbrauch. Für Autos, die etwa 25 Liter auf 100 km verbrauchen, sollte beispielsweise 1978 eine Verkaufssteuer von 412 Dollar erhoben werden, die bis 1985 auf 2500 Dollar ansteigen sollte. Dagegen erhalten Käufer sparsamer Kleinwagen einen Rabatt, der 1985 bis zu 500 Dollar betragen kann.

— Massive Erhöhung der Benzinsteuer. Die derzeit äußerst niedrige Benzinsteuer von ca. 2,5 Pfennig pro Liter sollte Jahr für Jahr automatisch um 5 Cent steigen, sofern der Benzinverbrauch der Amerikaner um 1 Prozent oder mehr steigt. Ab 1981 soll die Besteuerung auch dann noch zunehmen, wenn der Benzinkonsum jährlich nicht um mehr als 2 Prozent abnimmt.

— Hohe Besteuerung des im Inland geförderten Erdöls zwecks Anhebung des niedrigen Rohölpreises in den USA auf Weltmarktniveau.

— Verteuerung des Erdgases um über 20 Prozent.

— Verbot des Baues neuer Öl- und Gaskraftwerke.

— Umstellung bestehender Elektrizitätswerke auf Kohle.

Die Vorschläge wurden nicht nur von den betroffenen Industrien, wie etwa Autoindustrie, Erdölindustrie, attakkiert. Auch Gewerkschaften und Konsumentenverbände wandten sich wegen der möglichen Gefährdung von Arbeitsplätzen und voraussichtlich wachsendem inflationistischen Druck gegen das Energiekonzept. Umweltschützer kritisierten in Carters Maßnahmenpaket wiederum den geplanten Mehreinsatz von Kohle und Atomenergie: So impliziert beispielsweise Carters Energieplan ein Ansteigen des Energieträgers Atomkraft von derzeit 3 Prozent auf rund 23 Prozent. Kohle, die derzeit nur 19 Prozent des Energiebedarfes deckt, sollte nach Carters Vorschlag langfristig mehr als 50 Prozent des Energiebedarfes decken. Der forcierte Abbau von Kohle würde jedoch die Verwüstung vieler Erholungsgebiete der Amerikaner nach sich ziehen.

Relativ ungeschoren konnte die Gesetzesvorlage Jimmy Carters das Repräsentantenhaus passieren: Das Repräsentantenhaus lehnte nur eine automatische Erhöhung der Benzinsteuer wie auch den „Verkaufsbonus" bei energiesparenden Autos ab; massive Änderungswünsche wurden dagegen unter dem Einfluß der machtvollen Industrielobby im Senat vorgebracht. Senatsbeschlüsse einerseits und Energiepaket des Repräsentantenhauses andererseits sind einander nun so unähnlich geworden, daß ein Vermittlungsausschuß beider gesetzgebender Kammern erst eine entsprechende Kompromißversion auszuarbeiten haben wird. Eine solche Kompromißversion konnte bislang noch nicht erarbeitet werden.

Die Bekämpfung von Arbeitslosigkeit und Inflation

Das Weiße Haus hat das Jahr 1978 zum „Jahr der Wirtschaft" erklärt. Der seit mehr als zwei Jahren feststellbare Konjunkturaufschwung hat an Dynamik verloren. Das Wachstum des US-Bruttosozialproduktes, das im 1. Quartal 1977 7,5 Prozent real betrug, im 2. Quartal jedoch nur 6,2 Prozent erreichte, ging im 3. Quartal 1977 auf 5,2 Prozent und im 4. Quartal auf 4,4 Prozent zurück. Die Konjunkturpolitik Carters ließ im Laufe des Jahres einen gewissen Kurswechsel erkennen.

Zu Jahresanfang 1977 gab Carter sein lang erwartetes Programm zur Wirtschaftsankurbelung bekannt, das unter anderem Regierungsausgaben von 5 bis 8 Mrd. Dollar für die Schaffung neuer Arbeitsplätze, 4 Mrd. Dollar an Steuererleichterungen für niedrigere und mittlere Einkommensbezieher sowie Steuervergünstigungen von 2 Mrd. Dollar für Industrie und Handel vorsah. Weitere 4 Mrd. Dollar waren als Konjunkturspritze für öffentliche Arbeitsprojekte wie etwa Straßenbau vorgesehen. Bald nach Amtsantritt verzichtete Carter jedoch in Anbetracht des günstigen Wirtschaftswachstums auf einen im Programm ursprünglich vorgesehenen Steuerbonus von 50 Dollar für das Gros der Steuerzahler. Im April 1977 bezeichnete Carter noch die Inflation als Hauptproblem. Beobachtern schien es, als wäre Carters Verhältnis zum Big Business anfänglich besser als seine Beziehung zu den Gewerkschaften, denen er seine Wahl entscheidend verdankt hatte. Die Hoffnungen der liberalen Ökonomen seien getäuscht, sie wären vorerst Hauptverlierer der Wirtschaftspolitik unter Carter. Burns, der konservative Chef der Notenbank, dessen wirtschaftspolitische Priorität in der Inflationsbekämpfung liege, der eine Politik des „knappen" Geldes, der hohen Zinsen und des langsamen Wachstums vertrete, hätte dagegen an Einfluß gewonnen.

Im Mai 1977 bewilligte der Kongreß Carters Konjunkturstützungs- und -ankurbelungsprogramm, das über die nächsten 3 Jahre verteilt Steuererleichterungen von etwa 34 Mrd. Dollar vorsieht. Rund 46 Millionen amerikanische Steuerzahler sind rückwirkend per 1. 1. 1977 von einer auf Jahresbasis durchschnittlich 111 Dollar niedrigeren Steuer betroffen. Durch eine Ausgabenermächtigung des Kongresses von über 20 Mrd. Dollar für öffentliche Investitionen sollen 1,3 Millionen neuer Arbeitsplätze geschaffen werden. Eine einkommenspolitische Maßnahme liegt in der Zustimmung des US-Präsidenten zu einer Forderung der Gewerkschaft, den gesetzlichen Mindestlohn von 2,30 US-Dollar auf 2,65 US-Dollar je Stunde zu erhöhen.

Trotz Konjunkturankurbelung blieb die Arbeitslosenrate allerdings relativ hoch: Sie betrug noch im Juli 1977 7,1 Prozent. Die demokratische Mehrheit des Kongresses übte in ihrem Bericht zur Jahresmitte scharfe Kritik an der Wirtschaftspolitik der Administration wie auch an der Geldpolitik des Federal Reserve Board. Carters Wirtschaftskurs wurde darin als zu wenig expansiv bezeichnet, die angeblich restriktive Geldmengenpolitik der Notenbank dafür verantwortlich gemacht, daß sich die US-Wirtschaft nicht schneller von der Rezession erholt habe. Nach dem Rücktritt des umstrittenen, eher konservativen Budgetdirektors Bert Lance schien der Weg für eine auf stärkere Expansion ausgerichtete Wirtschaftspolitik frei und Anfang Oktober erklärte Jimmy Carter die Beschäftigungspolitik und Bekämpfung der Arbeitslosigkeit dann als **vorrangiges** wirtschaftspolitisches Ziel. Dieser Entscheidung lag eine Analyse zugrunde, wonach ausgeglichener Staatshaushalt und Verminderung der Arbeitslosigkeit — beides Wahlversprechungen Carters — in der laufenden Amtsperiode des Präsidenten nicht zu erreichen wären. Diese Entscheidung bedeutet zweifellos eine Kehrtwendung gegenüber früheren Stellungnahmen. Als weitere Stimulans schlug Carter im Dezember 1977 ein System der Steuerermäßigungen vor, wobei auf eine Grundsatzreform des Steuersektors verzichtet wurde und fiskalische Konjunkturspritzen per 1978 im Ausmaß von etwa 25 Mrd. Dollar geplant wurden. Die steuerliche Entlastung der Haushalte sollte dabei nach Carter 14 Mrd. Dollar, jene der Industrie 6—7 Mrd. Dollar betragen; durch die Senkung der Telefonsteuer und der Arbeitgeberbeiträge zur staatlichen Arbeitslosenversicherung würden weitere 3 Mrd. Dollar zur Wirtschaftsankurbelung freigesetzt. Diese Maßnahmen sollten auch für 1979 und 1980 ein reales Wirtschaftswachstum von 4,5 Prozent bis 5 Prozent ermöglichen.

Eine effiziente Konjunkturpolitik erfordert zusätzliche Begleitmaßnahmen der Geldpolitik. Gerade in der Geldpolitik gab es seit der Jahresmitte auffällige Divergenzen zwischen Administration und der amerikanischen Zentralbank unter dem Republikaner Arthur Burns, der es verstanden hatte, sich in seiner Geldpolitik große Unabhängigkeit gegenüber den politischen Kräften zu verschaffen. Burns restriktive Geldpolitik, die mit zahlreichen Zinsverteuerungen verbunden war, führte zu ernstlichen Verstimmungen zwischen der Notenbank und der Regierung. Das Weiße Haus tadelte die Notenbank, mit ihrer Zins- und Geldmengenpolitik den Wirtschaftsaufschwung zu hemmen. Burns wiederum kritisierte offen die amerikanische Wirtschaftspolitik, daß sie ein geschlossenes System vermissen lasse und deshalb kein Vertrauen der Wirtschaft besitze.

Von William Miller, ab Februar 1978 neuer Vorsitzender des Federal Reserve Board, wird eine Akzentverschiebung der Ziele in Richtung Arbeitsplatzsicherung und -beschaffung gegenüber der Inflationsbekämpfung erwartet.

Ein weiterer Zankapfel zwischen Präsident Carter und dem vormaligen Notenbankpräsidenten Burns lag in der **Währungs**politik, in der Beurteilung des Dollars im Verhältnis zu anderen Leitwährungen. Während Burns für einen „starken" Dollar eintrat, plädierte Carters Finanzminister Blumenthal für einen billigeren Dollar, um dadurch den amerikanischen Export zu erleichtern und zu fördern und die US-Wirtschaft stärker anzukurbeln.

Währungspolitik: schwacher Dollar

Die Außenwirtschaftspolitik der Vereinigten Staaten war im 2. Halbjahr 1977 durch einen schwachen Dollar gekennzeichnet. Die Dollarschwäche steht in engem Zusammenhang mit der Entwicklung der Handelsbilanz der Vereinigten Staaten. Während die USA noch 1975 einen Überschuß in ihrer Handelsbilanz von 11 Mrd. Dollar erzielten, mußte 1976 ein Handelsbilanzdefizit von knapp 6 Mrd. Dollar verkraftet werden. Dieses Defizit wurde 1977 bereits im **1. Quartal** erreicht, im 1. Halbjahr war es sodann auf 12,59 Mrd. Dollar angeschwollen (in der Vergleichsperiode des Vorjahres hatte das Handelsbilanzdefizit nur 790,6 Millionen US-Dollar betragen). Wie sich mittlerweile herausstellte, wurden die Befürchtungen des US-Finanzministers, der ein Handelsbilanzdefizit in der Höhe von 23 Mrd. Dollar per Ende 1977 prognostizierte, noch durch die tatsächliche Entwicklung in den Schatten gestellt. Bis Ende Dezember 1977 betrug das Gesamtdefizit bereits 30 Mrd. Dollar. Eine der Hauptursachen des gigantischen

Handelsbilanzdefizits liegt in den gesteigerten Ölimporten. Allein im 1. Halbjahr wurde Öl im Wert von 43 Mrd. US-Dollar importiert. Diese besorgniserregende Entwicklung der amerikanischen Handelsbilanz erforderte entsprechende Gegenmaßnahmen. Nach Auffassung des US-Finanzministers Blumenthal waren noch zur Jahresmitte die DM und der japanische Yen stark unterbewertet, der Dollar hingegen relativ überbewertet. In der Konferenz der Finanzminister der OECD-Staaten im Juni 1977 hatte Finanzminister Blumenthal die Überschußländer BRD und Japan nahezu ultimativ aufgefordert, zum Ausgleich der bestehneden Zahlungsbilanzungleichgewichte zwischen USA einerseits und BRD und Japan andererseits die DM *) und den Yen durch Nichtintervention an den Devisenmärkten deutlich im Kurs steigen zu lassen. Dagegen setzten sich die beiden Wirtschaftspartner vehement zur Wehr, da dies u. a. den heimischen Export erschwert hätte.

Auf Grund der Verschlechterung der amerikanischen Handelsbilanz und der Ablehnung des Energieprogramms Carters wie auch der Äußerungen des amerikanischen Finanzministers geriet der Dollar zur Jahresmitte unter starken Druck. Seit Ende Juni erfolgte auch keine Intervention der amerikanischen Währungsbehörden zwecks Stützung der amerikanischen Währung und der Dollar sank im Juli bis auf 16 Schilling bzw. 2,25 DM. Mitte August trat jedoch wieder eine Beruhigung ein und die amerikanische Währung notierte wiederum mit jenem Stand, zu dem der Kursverfall des Dollars begonnen hatte (S 16,60 bzw. DM 2,34). Mitte Oktober begann der US-Dollar wiederum abzusacken. Ausschlaggebend waren Gerüchte über Rücktrittsabsichten des amerikanischen Bundesreserve-Bankpräsidenten Burns. Bei einem Rücktritt von Burns bestünde nach Ansicht des Devisenhandels die Gefahr, daß US-Finanzminister Blumenthal erneut auf Aufwertungen der Überschußländer drängte, was schon im Juli einen starken Dollar-Kursverfall zur Folge gehabt hatte.

Die im Herbst einsetzende Entwicklung kennzeichnete eine Wechselkurspolitik ohne Abstimmung zwischen dem Federal Reserve Board auf der einen Seite und der Regierung auf der anderen Seite. Während Burns für einen starken Dollar plädierte und die Regierung aufforderte, dem Kursverfall Einhalt zu gebieten, wehrte sich die Carter Administration gegen diese Einmischung: es trage zwar Burns auch eine gewisse Verantwortung für den Wechselkurs, doch sei Währungspolitik ein Eckpfeiler der internationalen Wirtschaftspolitik der Regierung. Die amerikanische Regierung lehnte es ab, zu intervenieren, die Kursbildung sollte vielmehr dem Markt überlassen sein, wobei Interventionen nur im Fall von ungeordneten Verhältnissen zur „Glättung" in Frage kämen. Die Währungsunruhen wurden begleitet und auch gefördert durch die divergierenden Äußerungen der maßgeblichen Fachleute. Es kam zu fortlaufenden Dollarabschwächungen und im Dezember zur „Flucht vor dem Dollar". Da die Dollarnachfrage auf den internationalen Devisenmärkten nicht nur durch den Warenaustausch, sondern auch maßgeblich durch die Nachfrage nach Geld- und Kapitalanlagen (Ölländer!) bedingt ist, machten sich hier psychologisch die Unstimmigkeiten zwischen den verschiedenen Währungsbehörden besonders nachteilig bemerkbar.

Noch vor Jahreswechsel gab Präsident Carter seinen Entschluß bekannt, den Ökonomen Burns durch den Wirtschaftsfachmann Miller an der Spitze der Notenbank abzulösen. Mit der Ersetzung des konservativen Republikaners Burns durch den Geschäftsmann und Manager Miller ergibt sich für Carter die Möglichkeit, eine bessere Abstimmung zwischen seiner Wirtschaftspolitik und der Notenbank zu erreichen. Miller selbst hatte bei seiner Vorstellung durch Präsident Carter dann betont, er wolle den Richtlinien seines großen Vorgängers folgen und dessen Politik der Verteidigung eines starken Innen- und Außenwertes des Dollars fortsetzen. Nach Auffassung Millers sei der Dollar zum derzeitigen Zeitpunkt unterbewertet. Zu Jahresanfang gab es schließlich eine Initiative Washingtons, da die Regierung nunmehr Interventionen ankündigte, um ein weiteres Abrutschen des Dollarkurses gegenüber anderen Währungen zu verhindern. Die Regierung bekundete nun ein „aktives Interesse", die Talfahrt des Dollars zu stoppen. Ungeachtet dieses Willens zur Intervention wird jedoch der niedrige Kurswert des Dollars noch weiter anhalten. Dies nicht zuletzt deshalb, da die USA keine ausreichenden Devisen- und Goldreserven besitzen, um das Überangebot aufzukaufen.

Derzeit beläuft sich der Dollarkurs auf knapp 15 Schilling, während er vor einem Jahr noch bei 17 Schilling gelegen war.

Nach seinem 1. Amtsjahr kann Präsident Carter auf eine Reihe wirtschaftlicher Erfolge verweisen: Die Zahl der Beschäftigten ist um 4 Millionen gestiegen, die Arbeitslosenzahl hingegen um 1 Million geringer geworden. In Prozent bedeutet dies, daß die Arbeitslosenrate von 7,1 Prozent im Juli 1977 auf 6,4 Prozent im Dezember gedrückt werden konnte, dies bedeutet die niedrigste Arbeitslosenrate seit einigen Jahren. Das Wirtschaftswachstum betrug insgesamt 4,9 Prozent, wobei sich im Laufe des Jahres das Wachstum spürbar abschwächte. Das Pro-Kopf-Einkommen stieg in den USA im Jahre 1977 um 11,1 Prozent; dies bedeutet den höchsten Zuwachs seit 1973. Die Industrieproduktion der USA wuchs 1977 real um 5,6 Prozent gegenüber durchschnittlich 10,2 Prozent für 1976.

Wenig erfolgreich war die Regierung bisher im Kampf gegen die Inflation: Die Jahresteuerung 1977 lag in den Vereinigten Staaten bei 6,8 Prozent, gegenüber 4,8 Prozent im Vorjahr. In seinem 1. Amtsjahr hat Carter eines seiner Wahlversprechen nicht eingelöst: die Inflationsrate, die bis Ende 1978 auf 4 Prozent fallen sollte, wird keineswegs entsprechend gesenkt werden können. Ein weiteres ursprüngliches wirtschaftspolitisches Ziel Carters, einen Budgetausgleich bis 1981 zu erreichen, wird gleichfalls nicht realisiert werden können. Das Budgetdefizit des Haushaltsjahres 1979 wird wiederum voraussichtlich 60 Milliarden Dollar betragen; die Steigerung der Staatsausgaben mit real 2 Prozent ist allerdings die niedrigste der letzten Jahre.

In seinem im Jänner 1978 abgegebenen Bericht zur Lage der Nation und in einer Wirtschaftsbotschaft wurden die wirtschaftspolitischen Weichen für die nächsten 12 Monate gestellt. In beiden Botschaften fanden sich jedoch wenige Überraschungen: Zwecks Realisierung eines Wirtschaftswachstums zwischen 4,5 bis 5 Prozent für 1978 und 1979 wurde ein Steuersenkungsprogramm von netto 25 Mrd. Dollar in Aussicht gestellt. Zur Inflationsbekämpfung gibt es Vorschläge, die im wesentlichen auf freiwillige Vereinbarungen der Sozialpartner, Lohn- und Preissteigerungen unter den Durchschnittszuwachsraten der letzten 2 Jahre zu halten, hinauslaufen. Nach Auffassung Carters habe die Wirtschaftspolitik einen „Vierfrontenkrieg" zu führen: den Kampf gegen Inflation und Arbeitslosigkeit sowie die Verminderung des Budgetdefizites und des außenwirtschaftlichen Fehlbetrages. Die Fortsetzung der wirtschaftlichen Expansion und Drosselung der Arbeitslosigkeit sind aber Carters Hauptziele.

Dr. Karin Maschietto

*) 1976 hatten beispielsweise die BRD und die Vereinigten Staaten einen Außenhandelssaldo von jeweils 14 Mrd. Dollar erwirtschaftet, wobei der deutsche Saldo den Überschuß, das amerikanische Handelsbilanzergebnis jedoch ein bisher unerreichtes Defizit bedeutete.

Buchbesprechungen

H. BOESCH, Weltwirtschaftsgeographie. Westermann, Braunschweig. 4. Auflage (Neubearbeitung), 1977. 316 Seiten.

Wir halten dieses 1965 zum ersten Mal erschienene Buch auch in seiner vierten, neubearbeiteten Auflage noch immer für die derzeit beste in deutscher Sprache existierende Wirtschaftsgeographie und können jedem Lehrer empfehlen, sie zu benutzen. Boesch vermag wie nur ganz wenige wissenschaftliche tätige Geographen, kompliziertes sowohl sprachlich als auch visuell (das Buch ist mit 133 sehr einprägsamen und auch auf der Oberstufe jederzeit einsetzbaren Diagrammen und Karten ausgestattet) einfach auszudrücken. Und obwohl der Verfasser in seinem Vorwort betont, daß es ihm nicht darum gehe, möglichst viel Tatsachenmaterial vor dem Leser auszubreiten, sondern eher darum, diesen mit der wirtschaftsgeographischen Betrachtungs- und Darstellungsweise vertraut zu machen, findet gerade der AHS-Lehrer darin eine Fülle von Material für den Unterricht. Die Hauptgliederung in drei Hauptteile nach den drei großen Wirtschaftssektoren ist gegenüber den älteren Auflagen (vgl. WISS. NACHR. Nr. 16) gleichgeblieben. Im einzelnen wurde jedoch der Inhalt nicht nur auf den neuesten Stand gebracht sondern auch in vielen Fällen ergänzt und wesentlich erweitert. Auch viele Grafiken wurden völlig neu gezeichnet.

B. ANDREAE, Agrargeographie. Walter de Gruyter, Berlin 1977, 332 Seiten.

Das von einem Agrarökonomen verfaßte Buch versucht eine Brücke zwischen den Forschungsergebnissen der Agrarwissenschaften und der Wirtschaftsgeographen zu schlagen. Als Lehrbuch für Universitätsstudenten didaktisch und methodisch klar und übersichtlich konzipiert und ausgeführt, behandelt es zunächst ausführlich die Klimazonen der Erde (hier wünscht man sich in dem sonst ausgezeichnet mit Kärtchen und Diagrammen illustrierten Buch einige moderne Klimadiagramme), darauf die ökologischen und ökonomischen Grenzen der Landwirtschaft. Breiten Raum nimmt die Darstellung der Agrarbetriebe (Verbundproduktion, räumliche Diffe-

renzierung, zeitliche Wandlungen unter dem Einfluß der Preise und Kosten sowie des technischen Fortschrittes) bzw. die Beschreibung der wichtigsten Betriebssysteme (Grasland-, Ackerbau- und Dauerkultursysteme) ein. Hier erfährt gerade der weniger betriebswirtschaftlich geschulte Geograph sehr wichtige, zum Verständnis agrarischer Probleme notwendige Tatsachen. In weiteren Kapiteln werden die drei wichtigsten agrarwirtschaftlichen Zonen der Erde (feuchte Tropen, Trockengebiete, gemäßigte Zone) ganzheitlich betrachtet. Der Abschnitt Strukturwandlungen des Weltagrarraumes im Wirtschaftswachstum und der Ausblick auf die landwirtschaftliche Evolutionstheorie F. Aereboes beschließen das inhaltsreiche Buch, das auch durch eine Zusammenstellung wichtiger agrar-wissenschaftlicher Grundbegriffe sehr nützlich ist. Der Geographie und Wirtschaftskunde unterrichtende Lehrer findet in ihm eine Fülle von Anregungen und Material.

H. HARKE, M. DISCHEREIT, Geographische Aspekte der sozialistischen ökonomischen Integration. VEB Hermann Haack, Gotha/Leipzig, 1976, 112 Seiten.

G. MOHS, G. JACOB, Einführung in die Produktionsgeographie. VEB Hermann Haack, Gotha/Leipzig, 1977, 166 Seiten.

In der DDR erscheint eine eigens für Lehrer bzw. Lehramtsstudenten von Fachwissenschaftlern geschriebene Buchreihe, die in leicht verständlicher Weise und von Schwarz-weiß-Grafiken unterstützt, die wichtigsten Bereiche der geographischen Wissenschaft jeweils auf knappem Raum versucht darzustellen. Die beiden mir vorliegenden Bändchen befassen sich mit wirtschaftsgeographischen Themen:

H. Harke und Mitarbeiter beschreiben die geographischen Bedingungen, Erscheinungen, Probleme und Auswirkungen der ökonomischen Integration der RGW-Länder. Der Methode des dialektischen und historischen Materialismus entsprechend betrachten sie selbstverständlich die Integration im Zusammenhang und als Teil der gesamtgesellschaftlichen Entwicklung dieser Länder.

G. Mohs und Mitarbeiter stellen in ihrer Einführung in die Produktionsgeographie industrie-, agrar- und verkehrsgeographische Sachverhalte in einer komplexen Betrachtungsweise dar. Sie wollen damit die inneren Zusammenhänge zwischen wesentlichen Komponenten der Produktionsstruktur im Wirtschaftsraum aufzeigen.

Die beiden Bändchen sind österreichischen Lehrern nicht nur wegen der vielen, bei uns im allgemeinen unbekannten Beispiele aus dem Raum der Comecon-Welt zu empfehlen. W. S.

Raab/Goschler/Leis:

Finanzierungskompaß — Das aktuelle Angebot der Sparkasse.

Sparkassenverlag Wien und Universal-Verlag Graz/Wiesbaden 1977. S 236,— (inklusive Porto und Verpackung).

Jeder, der ein Finanzierungsproblem im geschäftlichen und privaten Bereich zu lösen hat, muß sich mit den aktuellen Kreditangeboten auseinandersetzen, wobei es überaus schwierig ist, sich einen Überblick über die häufig unter den verschiedensten Titeln offerierten Finanzierungsmöglichkeiten zu verschaffen.

Auf Grund einer Initiative der österreichischen Sparkassen soll diesem Problem nunmehr abgeholfen werden: In klar verständlicher und übersichtlicher Form wird für den Privaten, Wirtschaftstreibenden und Freiberufler für sämtliche Finanzierungen in seiner betrieblichen und privaten Sphäre in einem Kompaß das aktuelle Kredit- und Finanzierungsangebot der Sparkassen dargestellt. Im Gegensatz zu dem herkömmlichen, eher auf die internen Erfordernisse der Kreditinstitute ausgerichteten Informationsmaterial, sind die Autoren des Finanzierungskompasses bewußt den Weg gegangen, die Darstellung auf die Probleme der Finanzierungssuchenden und den konkreten Finanzierungszweck abzustellen. Das bedeutet, daß der Leser sich nicht nur über die aktuellen Finanzierungsmöglichkeiten, sondern auch über die bestmöglichen Finanzierungsformen, abgestimmt auf die verschiedenen Vorhaben, informieren kann. Ein alphabetisches Lexikon erläutert in allgemein verständlicher Sprache die wichtigsten Kredit- und Finanzierungsfachausdrücke.

Der Finanzierungskompaß ist für jeden, der sich als Geschäftsmann oder Privater mit Finanzierungsfragen zu befassen hat, eine wichtige Hilfe. Er ist die Grundlage für die optimale Lösung der verschiedensten Finanzierungsprobleme und für ein zielführendes Gespräch mit dem Kreditspezialisten in der Sparkasse.

PHYSIKALISCHE BLÄTTER, 12 Hefte, DM 72,— plus Porto, Physik Verlag, **Weinheim,** BRD

STERNE UND WELTRAUM, 12 Hefte, DM 52,— plus Porto, Verlag Sterne und Weltraum, Dr. H. Vehrenberg, Postfach 140 365, D-4000 Düsseldorf 14, BRD

CERN-COURIER (wahlweise in engl. oder franz. Sprache), 12 Hefte, kostenlos auf Verlangen interessierter Stellen, Publ. Inform. Office CERN, 1211 **Genf 23, Schweiz.**

Aulis Verlag Deubner & Co. KG, 5 Köln 1, Antwerpnerstraße 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, Pappelallee 3, BRD

PHYSIK IN UNSERER ZEIT, 6 Hefte, DM 34,— plus Porto, Verlag Chemie GmbH, D-6940 **Weinheim,** Bergstraße, Pappelallee 3, BRD

GEOGRAPHISCHE RUNDSCHAU, 12 Hefte, Einzelheft DM 7,—, Abonnementpreis DM 4,50 pro Heft; Georg **Westermann** Verlag; Auslieferung in Österreich durch Morawa, Wien.

Herausgeber: Arbeitsgemeinschaft der Physiklehrer an den allgemeinbildenden höheren Schulen in Wien, Wien I, Dr.-Karl-Renner-Ring 1. Eigentümer und Verleger: Hauptverband der österreichischen Sparkassen, Wien III, Grimmelshausengasse 1. Tel. 73 45 61. Für den Inhalt verantwortlich: Dr. Walter Kranzer, II. Phys. Inst. d. U. Wien, 1090 Wien, Boltzmanngasse 5. Als Manuskript gedruckt. — Druck: Buch- und Offsetdruck Holzwarth & Berger Ges. m. b. H., 1010 Wien, Börseplatz 6.