

Wissenschaftliche Nachrichten

Herausgegeben vom Bundesministerium
für Unterricht, Kunst und Sport

Nr. 79 – Jänner 1989

Sektionschef Mag. Leo LEITNER
Leiter der Sektion I

Wenn ein stark geprägtes Werk nach einer erschütternden Zäsur im Persönlichen weitergeführt wird, dann gilt es, den guten Bestand zu sichern, Kontinuität zu wahren und Entwicklung im Hinblick auf neue Aufgaben zu ermöglichen.

Die „Wissenschaftlichen Nachrichten“, in ihrer Entstehung und ihrem Aufbau untrennbar mit dem Namen Dr. Walter Kranzers verbunden, sind nun in ein solches konstruktives Spannungsfeld der Führung gestellt.

Professor Dr. Christian Wolny, dem bereits bisher die Betreuung der Experimentalphysik in der Zeitschrift übertragen war, hat nun die Gesamtedaktion übernommen. Ein hochqualifizierter Fachmann und außerordentlich bewährter junger Lehrer ist damit in eine für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht in unserem Land bedeutungsvolle und wichtige Position eingetreten.

Direktor Oberstudienrat Mag. Kurt Wagner, Autor der „Wissenschaftlichen Nachrichten“ und durch langjährige gemeinsame Tätigkeit in Arbeits- und Projektgruppen sowie in enger persönlicher Freundschaft mit Dr. Kranzer verbunden, zeichnet nunmehr für den Bereich Mathematik verantwortlich. Kontinuität ist damit sehr deutlich gegeben!

Die Schulverwaltungen des Ministeriums und der Landesschulräte, die wissenschaftlichen Einrichtungen und die Institutionen der Lehrerfortbildung, vor allem aber die in der Unterrichtspraxis stehenden Lehrer selbst knüpfen auch weiterhin hohe Erwartungen an die Leistungen des Redaktionsteams der „Wissenschaftlichen Nachrichten“ und sind überzeugt, daß die hier ausgedrückte gute Mischung aus der älteren und der jüngeren Lehrergeneration sich für die Zeitschrift und durch die Zeitschrift bestens auswirken wird.

Die Glückwünsche an die neue Redaktion werden mit der Versicherung der Bereitschaft zur weiteren tatkräftigen Unterstützung verbunden!

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.

INHALT:

Seite

GRUNDWISSENSCHÄFTLICHE PROBLEME

H. Maturanas (möglicher) Beitrag zur Epistemologie	2
Problematik von Haben und Sein als Lebenspraxis	5
Glück als philosophischer Begriff	6

BIOLOGIE, GEOWISSENSCHAFTEN

Kladistik – die wirklich phylogenetische Systematik	7
Überlebensstrategie der Bläulinge	10
Chromosomenkartierung	10
Anpassungen beim Goldhähnchen	11
Fruchtbarkeit und Körpergewicht	11
Proteinase-Inhibitoren	11
Burkitt-Lymphom: Ausgelöst durch eine Pflanze?	12
Weshalb bildet sich das „Ozonloch“ über der Antarktis?	12
Transportwege in der lebenden Zelle	13
Dem Faltungscodex auf der Spur	13
Skorpione lebten im Wasser	14
Wie töten Killerzellen Tumorzellen?	14
Insertionsmutation erstmals beim Menschen entdeckt	15
Alzheimer-Krankheit	15
Kurznachrichten	16
Buchbesprechung	20

CHEMIE

Faszinierende Phänomene bei Tensiden und Micellen	20
Kurznachrichten	22
Buchbesprechung	23

MATHEMATIK

Perfektion und Information im Mathematikunterricht	23
Aufgabenecke	29

PHYSIK, ASTRONOMIE

Experimente leicht gemacht	32
Wie lese ich ein Diagramm?	32
Leserecke	33
Leuchtende Nachtwolken	34
Elektrizitätsleitung in plastischen Stoffen	34
ESÖ-Beitritt Österreichs – ein Gebot der Stunde	35
Geminga erkannt	35
Neues Röntgen-Teleskop	35
Die CP-Asymmetrie	36
Ein neuer Weg der automatischen Sprachübersetzung	36
Tiefere Blicke ins Weltall	38
Hyaden und kosmische Distanzen	40
Alternative Energie: Photovoltaik in der BRD	40
Pionentherapie von Krebs bei SIN	41
Ein Positronen-Mikroskop	42
Wir blättern im Kalender	42
Kurznachrichten	44
Buchbesprechungen	45

WIRTSCHAFTS- UND SOZIALGEOGRAPHIE, WIRTSCHAFTSINFORMATIONEN

Die Argumente gegen einen EG-Vollbeitrag	46
Der Alpen transit und sein verkehrspolitisches Umfeld	48
Interessante Neuerscheinungen	52

GRUNDWISSENSCHAFTLICHE PROBLEME

Prof. Robert Hofstetter

Friedrich Wallner*)

H. Maturanas (möglicher) Beitrag zur Epistemologie

1. Die Begründungen haben ein Ende

In den verschiedensten Disziplinen wurde offenbar, daß unser Wissen nicht das sein kann, wofür wir es gewöhnlich halten: nämlich eine beschreibende Wiedergabe der Realität.

Für die Lösung dieses Problems werden drei Wege angeboten:

- a) die Instrumentalisierung des menschlichen Wissens
- b) die Selbstbegründung des Wissens
- c) die Flucht in eine neue Unmittelbarkeit

Eine zufriedenstellende Erklärung, was das menschliche Wissen sei, ist ein besonderes Desiderat der Epistemologie, da es weitreichende Konsequenzen für die Organisation des Wissenschaftsbetriebes und die Beurteilung der Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung hat.

Dabei stellt eine Notlösung die instrumentalistische Deutung des wissenschaftlichen Wissens dar. Danach sind die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung hinsichtlich des Funktionierens des Forschungsbetriebes gerechtfertigt. Dieses Konzept des Wissens ist einen pragmatische Minimallösung: Angesichts der Anwendung bestimmter Methoden bieten die Ergebnisse der Verfahrensweisen jene Antworten, welche im Horizont je spezifischer Fachdisziplin unbefragt als Strukturen der Natur Anerkennung finden.

Das Mißtrauen gegenüber der angewandten Methode tritt erst angesichts ihres Versagens auf. Dieses wiederum ruft die Methodendiskussion im Hinblick auf die jeweiligen ontologischen Voraussetzungen, welche die spezifische Fachdisziplin – meist implizit – zugrundegelegt hat, hervor.

Nunmehr geht es darum, ob sich jene Diskutanten, welche bestimmte ontologische Strukturen als unverzichtbar annehmen, durchsetzen, oder jene, welche den Primat des Funktionierens der Methode vertreten. – Ein exzellentes Beispiel dafür aus der neuesten Wissenschaftsgeschichte stellt die Auseinandersetzung Einsteins mit den Vertretern der Quantenphysik (also vor allem Niels Bohr, Werner Heisenberg und Max Born) dar. Dabei ging es im wesentlichen darum, ob die Methode angesichts unverzichtbar erscheinender ontologischer Desiderate limitiert werden sollte (Einstein), oder ob angesichts des Erfolges der Methode ein neues ontologisches Konzept kreiert werden sollte (Heisenberg). Wir müssen feststellen, daß diese Diskussion im Sand verlief. Dabei wäre es wohl zu billig, auf den Tod Einsteins und Schrödingers – der profiliertesten Gegner der sogenannten „Kopenhagener Deutung“ – hinzuweisen. Vielmehr wurde hier etwas offenkundig, was wir freilich auch als Versagen der Epistemologie sehen können: die diskutierenden Partner kamen nicht so weit, die Ergebnislosigkeit ihrer Diskussion als Funktion der impliziten Voraussetzungen zu begreifen.

Die weitere Entwicklung der Quantenphysik steht im Zeichen der Ambivalenz einer erfolgreichen Methode und der Defizienz bestimmter ontologischer Desiderate. Doch in dieser Situation scheint der innerphysikalische Aspekt der Präzisierung der Methode – vor allem in Hinblick auf die Anwendung des Computers – die Oberhand zu gewinnen. Die ontologische Reflexion gerät mehr und mehr in die Rolle für die Forschung irrelevanter Sonntagsreden. Dagegen ist freilich nichts einzuwenden, wenn wir den Anspruch der Wahrheit zugunsten der Kompatibilität von spezialwissenschaftlichen Ergebnissen aufgeben.

Im Zeichen eines solchen Konzepts ist die Übersetzung spezialwissenschaftlicher Konzepte in die Normalsprache – **prinzipiell** – Verfälschung. Das bedeutet aber, einen Primat der Sprache gegenüber der Wirklichkeit zu akzeptieren.

In anderen Worten: Läßt sich die Spezialwissenschaft auf die – prinzipielle – Übersetzbarkeit ihrer Ergebnisse ein, so muß sie die ontologische Diskussion erneut zulassen. Beharrt sie aber auf der – **prinzipiellen** – Unübersetzbarkeit, so läßt sie den Sprachrelativismus gelten. In diesem Fall macht sie die Sprache zu einer Funktion nicht mehr reflektierbarer Aktivitäten, welche sich selbst nur im Horizont des Gelingens verstehen.

Der instrumentalistische Ansatz ist eine Konsequenz des Mißlingens wissenschaftlicher Selbstbegründung von Kant bis Carnap. Ging es doch bei diesen Konzepten darum, die Wissenschaftlichkeit wissenschaftlicher Aussagen zu rechtfertigen. Dies lief sowohl bei Kant wie auch bei Carnap mit Hilfe von Verfahrensweisen, deren entscheidende Struktureigenschaft die Selbstreferenz war.

Es ist hier nicht Zeit genug, die genialen Strategien im Detail darzustellen, welche die beiden Philosophen entwickelt haben, um das Wissen als Wissen zu legitimieren. Doch drei Gesichtspunkte sind daran für uns von besonderem Interesse:

- a) die selbstreferentielle Methode;
- b) die immer wieder sich zeigende Unmöglichkeit, Wissen „von außen“ zu begründen;
- c) letztlich der Fehlschlag von beiden Ansätzen (bei Carnap ein Thema mit vielen Variationen, welche sein ganzes intellektuelles Leben kennzeichnen) und die daran sich anschließende Frage nach den Motiven eines so starken Bedürfnisses nach Legitimation des Wissens.

Wenn wir uns nun die Struktur selbstbezoglicher Argumentation bei Kant und Carnap ansehen, tun wir dies bereits in Hinblick auf Maturana. Die Frage, welche sich uns stellt, lautet: Müssen selbstreferentielle Legitimationsstrategien allemal versagen?

Kants Genialität lag meines Erachtens in der Einsicht in die Rolle der Voraussetzungen des Wissens: Haben diese selbst wieder die Struktur des Wissens, so müßte man das Wissen „von außen“ – also z. B. durch Erfahrung – begründen. Dies nähme ihm aber die Verbindlichkeit über das hic et nunc hinaus; von Wissen zu sprechen wäre in diesem Fall ein metaphysischer Selbstbetrug. Lügen aber die Voraussetzungen des Wissens jenseits von diesen – also z. B. im Zusammenspiel von artmäßiger Erkenntnisausstattung und Umwelt – so ginge der Anspruch gegenüber bloß organischen Prozessen verloren. – Es wäre damit eine hartnäckige Überzeugung als metaphysische Illusion entlarvt. Doch wer die so verstandene biologische Steuerung des Wissens behauptet, nimmt nicht nur eine Position außerhalb des behaupteten Zusammenhanges ein; dies könnte man ihm vielleicht zugestehen. Was aber schwerer wiegt: Er nimmt den Standard des Wissens – so seine Geltung – in Anspruch, welchen er soeben aufgelöst hat.

Kants Vorschlag angesichts dieses Dilemmas war im besten Fall die Zurückweisung unangebrachter Begründungsstrategien (im schlechtesten ein Rückgriff in die Anthropologie): Wenn sich das Wissen im Horizont eines die Welt erkennenden Ich versteht, so muß es Apriori-Strukturen voraussetzen. Diese garantieren nicht Wahrheitsfindung – wie sie meist (manchmal auch von Kant selbst) mißverstanden werden –, sondern ergeben sich aus der Struktur des Wissens als eines, das immer von einem „Ich denke“ begleitet werden kann/muß. Eine inhaltliche Konkretisierung des Apriori führt entweder zu leeren, tautologischen Behauptungen oder in **unhaltbare Annahmen**.

Ein frappierendes Beispiel ist die Annahme der Euklidizität als notwendige Struktur des Raumes: Belastet von dieser Überzeugung wurde H. Poincaré gehindert, selbst die Relativitätstheorie zu entwickeln; woran er – nach Einsteins eigenem Zeugnis – sehr nahe war. Jedenfalls stellt die euklidische Struktur der klassischen Mechanik kein Argument für einen Primat gegenüber der allgemeinen Relativitätstheorie dar (es sei denn, man argumentiert mit dem anthropologischen Anspruch der Anschaulichkeit).

Angesichts dieser Sachlage stellt Weizsäckers Vorschlag eines „relativen Apriori“ eine interessante Anregung dar: Danach wird eine Theorie dadurch intelligibel, daß wir uns überlegen, was wir alles voraussetzen, wenn wir sie entwickeln. Dadurch wird die Pointe des kantischen Apriori-Konzepts be-

*) Institut für Wissenschaftstheorie und -forschung, Universität Wien, Sensengasse 8/9, 1090 Wien.

leuchtet und zugleich der Grund seines Versagens über Bord geworfen: der Anspruch auf Objektivität.

Damit freilich scheint der Anspruch des Wissens überhaupt aufgegeben zu sein. In der Konsequenz dieser Entwicklung steht die New-Age-Bewegung. Aber die Verunsicherung durch den (drohenden) Verlust des Gehalts unseres Wissens kann auch zum Gegenteil führen; zum Bedürfnis, sich der Objektivität unseres Wissens zu vergewissern, indem zur (nicht mehr tragfähigen) internen Begründung eine externe hinzuzufügen beansprucht wird. Das Konzept des Apriori als stammesgeschichtliches Aposteriori scheint beides zu gewährleisten: die das Wissen charakterisierende Differenz zur Unmittelbarkeit und zugleich seine objektive Verankerung.

Dazu gäbe es viel zu sagen. Ich möchte mich hier nur auf den Hinweis eines logischen Widerspruchs beschränken:

Wenn man – mit K. Lorenz¹⁾ – die menschlichen Begriffe von Raum und Zeit als „Anpassung“ erklärt, so kann man sie nicht zugleich als objektive Strukturen, Strukturen der Welt, deklarieren. Denn entweder ist das sich anpassende Lebewesen ein Teil der Welt – in welchem Sinne sollte es dann von deren objektiver Struktur ausgeschlossen sein? – oder das Lebewesen (bzw. seine Aktionen, sein Bewußtsein usw.) ist extramundan (was immer das heißen soll) – wie ließe sich in diesem Fall „Anpassung“ verstehen?²⁾

Dies soll nur ein Beispiel für das methodische Debakel der Evolutionären Erkenntnistheorie genannt sein: Biologische Tatbestände werden im Horizont von unreflektierten Common-Sense-Überzeugungen interpretiert.

Angesichts dieses Tatbestandes scheint es angezeigt, eine Deutung biologischer Daten zu versuchen, welche unserer Alltagsmetaphysik widerspricht. Diesen Weg beschritt Humberto Maturana.

Doch bevor wir uns Maturanas Konzept der Erkenntnis in geschlossenen Systemen widmen, scheint es angebracht, sich eines methodologischen Rüstzeuges besonderer Art zu vergewissern. Denn der Begriff der Geschlossenheit erzeugt immer wieder Schwierigkeiten: „geschlossen“ wird im Hinblick auf die Transformationen bestimmter Variablen verstanden; Geschlossenheit bedeutet hier weder Abgeschlossenheit im ontologischen Sinn noch Abgehobenheit in epistemologischer Redeweise. Das Bild der geschlossenen Gesellschaft in einem Restaurant, zu welcher zwar Personen in der Funktion des Kellners Zutritt haben, aber nicht Gäste als Teilnehmer am Fest, scheint geeignet zu sein.

Doch der Gedanke der Geschlossenheit ist in der Epistemologie bereits seit mehr als einem halben Jahrhundert in Diskussion. Denn als Reaktion auf die ungeklärte Rolle der Ontologie im kantischen Denken machte Wittgenstein den Versuch, Wirklichkeit im Horizont der Sprache zu bestimmen.

Dies gelang nur unter den Annahmen solipsistischer geschlossener Subjektivität bzw. geschlossener Sprachspiele. Metareflexion mußte in diesem System trivial bleiben oder destruktiv sein. Der Kern des abendländischen Erkenntnisbegriffes, über das korrekte Verwenden von sprachlichen Zeichen, diese zu verstehen, diese also durch das „Ich denke“ im Sinne Kants begleiten lassen können, blieb ausgeklammert. Die Zurückweisung des Führungsanspruchs der Wissenschaft ist eine argumentative Konsequenz: wissenschaftliche Sprachspiele können nicht strukturell gegenüber den anderen, Sprachspielen ausgezeichnet werden. Dennoch ist der Pluralismus der Methoden kein epistemologisches Postulat, sondern ein unvermeidbarer Tatbestand. Von diesem Konzept her läßt sich über phylogenetische Anpassung reden wie einen Auszählreim verwenden: in beiden Fällen wird die gemeinte Wirklichkeit durch die Sprache geschaffen.

Die Wissenschaftlichkeit der Wissenschaft im Horizont der Sprache zu verstehen, schien in mehrfacher Hinsicht erfolgversprechend. Wurden doch dadurch die Probleme der Subjektivität vermieden, andererseits aber auch der Flucht in die Unmittelbarkeit des Gegebenen vorgebaut. Dieses großartige Unternehmen – das Lebensthema R. Carnaps – muß heute auch als gescheitert angesehen werden. Die metasprachliche Selbstreflexion kann die Wissenschaftlichkeit von Wissenschaftssprachen nicht zwingend abgrenzen; das Toleranzprinzip der Logik ist Carnaps ehrliche Konsequenz. Dieses hat eine ähnliche Funktion wie Kants Apriori im formalen Sinn: Es gibt eine Bedingung der Möglichkeit der Erkenntnis an, indem es ihre prinzipiellen Grenzen aufzeigt.

In seinen (erfolglosen) Bemühungen, ein (für die Bestimmung dessen, was Wissenschaft ist) brauchbares Abgrenzungskriterium zu finden, unterbot Carnap sein Niveau an Problemeinsicht, indem er die selbstbezügliche Geschlossenheit der Erkenntnis durch empirische Unmittelbarkeit festzumachen suchte.

2. Wir handeln eben ohne Gründe

Wenn wir uns überlegen, was den skizzierten Fehlschlägen strukturell gemeinsam ist, so bietet sich uns als Antwort an: Die Fehlschläge treten angesichts eines bestimmten Erwartungshorizonts auf; nämlich die Gültigkeit des Wissens im Hinblick auf eine als unantastbar gedachte Realität zu rechtfertigen. Daneben können wir auf eine Reihe interessanter Ergebnisse der Epistemologie hinweisen, was das Funktionieren der wissenschaftlichen Forschung betrifft. Doch an diesen wird als defizient erachtet, daß sie nur den faktischen Erkenntnisprozeß festschreiben.

Die Situation ändert sich grundlegend, wenn wir die Beziehung zwischen Subjekt und Welt neu bestimmen. Ist sie in unserer Alltagsmetaphysik (welche auch das Tun der meisten Wissenschaftler als unreflektierte Rahmenbedingungen implizit mitbestimmt) durch die Beziehung von Bild und Gegenstand verstanden, so legen neurobiologische Tatbestände eine Umkehr dieser Bezeichnung nahe.

Wir wollen uns das am Beispiel der Wahrnehmung klarmachen. Wahrnehmungen entstehen in spezifischen Hirnregionen; die Sinnesrezeptoren übersetzen die dem Nervensystem als einem geschlossenen System unzugänglichen Umweltvorgänge in elektrische Impulse, die bedeutungsneutral sind. Das heißt bei diesem Übersetzungsprozeß geht das Original verloren.³⁾ Das Gehirn hat aber keinen direkten Zugang zur Welt, es ist kognitiv und semantisch geschlossen. Daher ist es gar nicht in der Lage, bei der Transformation der neuronalen Impulse in Wahrnehmungen die Wirklichkeit abzubilden. Daher gilt: „Wahrnehmung ist Interpretation ist Bedeutungszuweisung“ (nach einer Formulierung von Gerhard Roth⁴⁾).

Die funktionale Selbstreferentialität der neuronalen Netzwerke bedingt die semantische Selbstreferentialität des Gehirns; die Unspezifität der ihm übermittelten Reize zwingt zur Selbstexplikativität.

Dies hat seine Konsequenzen für das Sprachkonzept: Sprechen ist nicht ein Übertragen von Information, sondern ein Deformieren des Partners, wobei es vom Deformierten abhängt, wie er diese Deformation beschreibt bzw. welche Konsequenzen er daraus zieht. Es handelt sich also um eine strikte Gebrauchstheorie der Sprache.

Maturanas Erklärung der Sprache liegt – wie auch viele seiner anderen Erklärungen – in der Mitte zwischen biologischer Beschreibung und philosophischer Spekulation:

Sprache muß als Ergebnis von irgend etwas anderem entstehen, das seinerseits Denotation für sein Zustandekommen nicht benötigt, Sprache jedoch mit all ihren Konsequenzen als ein trivial notwendiges Resultat entstehen läßt. Dieser fundamentale Prozeß ist die ontogenetische Kopplung von Strukturen, die zur Entwicklung eines konsensuellen Bereiches führt.⁵⁾

Sprache ergibt sich also aus Strukturkoppelung. Erst auf der Ebene der Beobachtung lassen sich in aufeinander bezogenen Abfolgen wechselseitige Zustandsveränderungen feststellen. Ein Beobachter kann die Konsequenzen des Verhaltens der interagierenden Systeme als Denotation deuten. Das heißt, Sprache ist ein System generativer konsensueller Interaktionen, während Denotation eine rekursive konsensuelle Operation ohne sprachliche Interaktionen ist.

Die Rolle der Sprache bei Maturana wird uns noch klarer, wenn wir uns vor Augen führen, wie er Kommunikation sieht. Nach seinem Konzept ist die Auffassung von Kommunikation als einer Situation, in der Informationen übertragen werden, faul oder zumindest irreführend. Denn dies würde instruktive Interaktionen voraussetzen und damit Permeabilität der geschlossenen Systeme erfordern. – Nach seinem Konzept müssen für das Phänomen „Kommunikation“ Sender und Empfänger operational kongruent sein:

Der Bereich möglicher Zustände des Senders und der Bereich möglicher Zustände des Empfängers müssen homomorph sein, so daß jeder Zustand des Senders einen eindeutigen Zustand des Empfängers auslöst.⁶⁾

¹⁾ K. Lorenz, Kants Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie. In: Blätter für deutsche Philosophie 15 (1941), S. 94 ff.

²⁾ Auf diesen Widerspruch wies bereits v. Glasersfeld hin. Vgl. E. v. Glasersfeld, Wissen, Sprache, Wirklichkeit. Braunschweig 1987, S. 202, Anm. 3.

³⁾ Siegfried J. Schmidt, Der Radikale Konstruktivismus. Ein neues Paradigma im interdisziplinären Diskurs. In: Ders., Der Diskurs des Radikalen Konstruktivismus. Frankfurt 1987, S. 14 f.

⁴⁾ Die Selbstreferentialität des Gehirns und die Prinzipien der Gestaltwahrnehmung. In: Gestalt Theory 7 (1985), S. 228 ff.

⁵⁾ Maturana, Erkennen. . . ., S. 259.

⁶⁾ Ebd., S. 262.

Das heißt, Kommunikation gelingt nur, wenn alle Beteiligten ihre Struktur verändern, bis Verhaltenshomomorphie erreicht ist.

Die bisherigen Ausführungen zeigen methodologisch zwei-erlei: zunächst eine Trennung von Interaktionsaspekt und Denotationsaspekt der Sprache; dies setzt der evolutionären Erklärung der Sprache einen besonderen Standard: Die Sprache entwickelt sich in einem Bereich sich ständig erweiternder Umweltvielfalt durch die Strukturenkoppelung interagierender Organismen, die rekursive Operationen durchführen. Erklärungsbedürftig ist also nicht in erster Linie die Denotationsfunktion der Sprache, sondern die rekursiven Operationen von Organismen. Mit anderen Worten: Es steht nicht zur Diskussion, wie Denotation als eine spezifische Weise der Anpassung an die Welt zustandekommt, sondern wie Organismen rekursive Interaktionen zustandebringen oder, anders formuliert, wie Organismen selbstbezüglich agieren können.

Damit wird aber die Spracherklärung auf eine neue Basis gestellt: Die Darstellungsfunktion der Sprache wird in Abgrenzung von der Auslösungsfunktion neu verstanden und ihre spezifische Rolle im Rahmen menschlichen Selbstbewußtseins klarer. Man könnte sagen: **Ohne Bezug auf sich selbst keine Darstellung.** Dies meint Maturana, wenn er ausführt:

„Repräsentation“, „Bedeutung“ und „Beschreibung“ sind Begriffe, die ausschließlich zum Operieren eines lebenden Systems in einem konsensuellen Bereich gehören und von einem Beobachter definiert werden, um konsensuelles Verhalten zweiter Ordnung zu benennen. Aus diesem Grunde haben diese Begriffe keinerlei Erklärungswert hinsichtlich des tatsächlichen Operierens lebender Systeme als autopoietischer Systeme, auch wenn sie durch strukturelle Koppelung entstehen.“⁷⁾

Aus dem bisher Gesagten werden **zwei** Aspekte der Sprache klar: Ihr **Handlungscharakter** wird biologisch fundiert. Das Problem ihrer **Verbindlichkeit** wird aufgelöst; es wird zum Problem des Beobachters. Seine Möglichkeiten sind unbegrenzt und endlich zugleich: endlich wegen der Struktur des Nervensystems; unbegrenzt wegen der nicht vorwegnehmbaren Anzahl rekursiver Interaktionen.

Die Neubestimmung der Denotation geschieht durch eine – sowohl gegenüber Wittgenstein als auch gegenüber Carnap – originelle Sichtweise der sprachlichen Metaebene. In der Diskussion der Metasprachenproblematik zeigte sich das Dilemma der analytischen Philosophie: Nimmt man – mit Wittgenstein – die linguistische Wende ernst, so muß man die Unhintergebarkeit der Sprache akzeptieren; dadurch macht man metasprachliche Äußerungen gehaltlos (im prinzipiellen Sinn) und muß Solipsismus bzw. Relativismus als nicht überwindbare Möglichkeiten hinnehmen. Läßt man sich aber – mit Carnap – von der in der Sprache selbst angelegten Möglichkeit metasprachlicher Reflexion leiten, so gerät man in die Einzelwissenschaft oder in den unendlichen Regreß. (Carnaps Toleranzprinzip liegt auf der Linie des erstgenannten; sein Anspruch der logischen Rekonstruktion auf der Linie des letzten.)

Das Dilemma dieser beiden Ansätze – könnte man aus der Sicht Maturanas sagen – ist darin begründet, daß der Sprache ein über die jeweiligen Sprachhandlungen bestimmter Organismus hinausgehender Anspruch zugestanden wird.

Doch wie kann man über die Strukturenkoppelung als **faktischen** Vollzug hinausgehen? Das heißt, wie kommt es zu der spezifischen Leistung, die Sprachhandlungen von den nichtsprachlichen Handlungen unterscheidet? Diese bieten die rekursiven Interaktionen der Allopoiese.

Wir erkennen hier die Pointe der Maturanaschen Sprachphilosophie: Auch metasprachliche Konstruktionen müssen als Sprachhandlungen verstanden werden. Die Sprachhandlungen aber dürfen nicht bloß in einem metaphorischen Sinn als Handlungen aufgefaßt werden, vielmehr muß auch für sie – wie für alle echten Handlungen – ihr objektiver Aspekt, die Veränderung der Welt, aufgezeigt werden können. Die spezifische Differenz zwischen Sprache und Welt wird durch die unendliche Möglichkeit der rekursiven Interaktion deutlich (man könnte in Wittgensteins Terminologie sagen: „zeigt sich“).

Fassen wir zusammen:

Maturanas Konzept kann vier Dilemmata der Epistemologie auflösen:

- a) die Spontaneität – Rezeptivität – Aporie
- b) die Metasprachenaporie
- c) die Instrumentalismus-Diskussion
- d) das Problem der Interdisziplinarität

Zu a)

Diese Aporie beruhte auf dem Mißverständnis der Rolle der Rezeptivität als eines Beibringens von Informationen. Doch die

Geschlossenheit des Nervensystems macht die Informationsaufnahme unmöglich; vielmehr handelt es sich bei der Rezeptivität um eine biologische Beziehung, welche mit Erkenntnis nur in einem indirekten Sinn zu tun hat. Denn nach dem radikalkonstruktivistischen Ansatz lebt der Mensch nicht **in** der Welt, sondern **mit** der Welt⁸⁾. Der Radikalkonstruktivismus kann auch eine Klärung der Begriffe „Empirie“ und „Ontologie“ anbieten. Ontologie ist demnach das Weltkonzept, welches den Rahmen unserer zeitlichen, räumlichen und kausalen usw. Konstrukte darstellt.

Als eindrucksvoller Fortschritt erweist sich das Empirie-Konzept. Es verwendet die sonst übliche ontologische Ambiguität zwischen „gegeben“ und „organisiert“. Empirisches Wissen ist die Erfahrung, welche sich aus der Bezugnahme auf unsere Konstrukte ergibt. Es ist inhaltlich, weil es allopoietisch organisiert wird. Auf Erfahrung kann dennoch nicht verzichtet werden, weil sie nicht vorweggenommen werden kann. Sie wird in methodischer Kombination mit der Ontologie operational eingesetzt.

Zu b)

Die Metasprachen-Aporie wird aufgelöst, da metasprachliche Konstruktionen nicht mehr zur Rechtfertigung der Sprache gegenüber außersprachlichen (übersprachlichen) Ansprüchen benötigt werden.

Zu c)

Bei Anerkennung des Realismus – und sei es auch nur in impliziter Weise – erscheint der Instrumentalismus als defizient, da er das Wissen zu einer Funktion objektiver Vorgänge macht. Es muß also der Anspruch des Wissens aufgegeben werden, wenn objektive Realität als Bedingung der Möglichkeit instrumenteller Aktionen verlangt wird. In diesem Fall wird *επιστημη* zur *τέχνη*.

Das RK-Konzept (Konzept des Radikalen Konstruktivismus) führt hier eine Begriffserklärung herbei: Die Trennung von Erkenntniswelt und biologischer Voraussetzung verhilft dem Instrumentalismus zu seinem Recht. Denn die im soziokulturellen Bereich entwickelten neuen Konstrukte unterliegen der Bewertung im kognitiven Bereich. Die Kriterien, welche dort zur Anwendung kommen, sind Funktionen der biologischen Entfaltung des Organismus.

Hier ist der Zirkelvorwurf, welcher gegen die Evolutionäre Erkenntnistheorie vorgebracht wird, nicht am Platz, da die allopoietischen Konstrukte in keiner kausalen oder logischen Beziehung zu ihren Konstrukteuren stehen.

Zu d)

Jeder in einer Wissenschaft Tätige weiß, wie ausweichlich interdisziplinäre Zusammenarbeit geworden ist und mit welchen Schwierigkeiten sie zugleich behaftet ist. Dabei handelt es sich hier nicht bloß um das Bedürfnis nach Sinnfindung angesichts der jeweiligen Spezialwissenschaft, welche sich nicht von sich aus in den Lebenshorizont des Einzelwissenschaftlers einordnet. Vielmehr ist der Anspruch interdisziplinärer Integration ein unverzichtbares Strukturmerkmal des Wissens. Würde dieser Anspruch im Bereich einer Spezialwissenschaft aufgegeben, veränderte sich – wie wir gesehen haben – ihre Struktur: Sie wird von der *επιστημη* zur *τέχνη*.

Für eine sich objektivistisch-realistisch verstehende Wissenschaft treten aber hier prinzipielle Schwierigkeiten auf. Denn die Integration erfordert bestimmte methodologische Prioritäten. Die Auswahl solcher verlangt aber Einsichten in die Struktur der Realität, also eine – nicht erfüllbare – Ontologie im klassischen Sinn. In der Geschichte der Wissenschaft vollzog sich dies immer wieder im Zeichen einer Führungswissenschaft, welche ihren Anspruch aber nicht legitimieren konnte. In der neuesten Zeit ist diese Führungswissenschaft die Biologie. Wird dies wieder im Verein mit einem Konzept des Realismus betrieben, wie es die Evolutionäre Erkenntnistheorie tut, so ist dieses Unternehmen prinzipiell denselben Vorwürfen ausgesetzt, welche frühere Führungswissenschaften – von der Theologie über die Philosophie bis zur Physik – nicht entkräften konnten. Der spezifische Vorwurf lautet diesmal: Die Biologie wird dafür benutzt, die Entbehrlichkeit des Individuums zugunsten der Art, der Gesellschaft oder der Menschheit zu rechtfertigen, da ja dessen Aufgabe darin bestünde, diese zu erhalten⁹⁾.

⁷⁾ Maturana, *Erkennen* ... S. 258.

⁸⁾ Vgl. Siegfried J. Schmidt, a. a. O., S. 42.

⁹⁾ Vgl. Stafford Beer, in: Humberto Maturana, *Erkennen* ... Braunschweig 1982, S. 177.

Dieses Argument trifft das RK-Konzept – wenngleich auch ein biologisches – nicht, da Autopoiese und Allopoiese im biologischen Argumentationshorizont eine verschiedene Rolle spielen. Wir können dies kurz so formulieren: Für die Autopoiese sind die biologischen Gesetzmäßigkeiten Richtwert, für die Allopoiese Sollwert. Das heißt mit anderen Worten: Kognition kann als biologisches Phänomen verstanden werden, ohne daß ihre Operationen biologisch erklärt werden müssen bzw. können.

Dr. Walter Weiss, 1196 Wien, Postfach 43

Die Problematik von Haben und Sein als Lebenspraxis

Wer im Haben lebt, lebt im Gestern und im Morgen, aber er lebt nicht im Heute und im Hier und im Jetzt: Er hat nicht die Ruhe zu sein. Ein Reicher kommt nicht in dem Himmel, er lebt in der Haben-Welt. Das Haben-Denken ist ihm Barriere, ist ihm der Engel mit dem Flammenschwert, der vor dem Paradies steht, jenem mythologischen Garten Eden des Seins: Weil das Sein tatsächlich nicht von dieser Welt ist, weil diese Welt die Welt des Habens ist, aber die andere Welt nicht als „Jenseits“ mißverstanden werden darf, sondern ganz einfach als Selbstfindung des Individuums als Individualität und Liebender verstanden werden muß.

Dieses Denken, das jedes Konkurrieren ausschließt, entspricht dem christlichen Begriff der geistigen Armut, denn selig sind die Armen im Geiste. Damit sind keineswegs gemeint die Senilen und Debilen, sondern Leute, deren Geist nicht erfüllt ist von Reichtum, deren Denken sich nicht erschöpft im Haben. Jemand, dessen Gedanken sich nur um das Haben ranken, vergißt das eigentliche Leben.

Wer nur im Haben denkt, vergißt, daß er ist.

Nicht alles Haben ist als verteuflenswert abzulehnen. Haben ist nur auf jenes Maß zu beschränken, dessen jeder Mensch bedarf. Jeder Mensch muß etwas haben: ein Dach über dem Kopf, Kleidung und Nahrung, ein gewisses Maß an Mitteln, um in der jeweiligen Gesellschaft bestehen zu können. In einer Gesellschaft des Eigentums bedarf der einzelne eben auch eines gewissen Maßes an Eigentum, in einer solchen der Vergesellschaftung bloß eines Arbeitsplatzes und seiner Aufgabe in dieser Gesellschaft. Sein Überleben muß gesichert sein: Primum vivere, deinde philosophari – zuerst zum Leben haben, dann philosophieren. Damit ist dem Haben nicht abgeschworen, wohl aber dem Haben um des Habens willen. Es ist eine Absage an den Luxus und an die Armut, die Haben-Armut nämlich. In solchem Denken wird das Haben nicht Selbstzweck, sondern auf das Notwendige im Leben reduziert.

Man hat, um zu leben.

Heute lebt man, um zu haben.

Voraussetzung für ein solches Denken – zu haben nämlich, um zu sein – sind Autonomie oder Selbstbestimmung, Sittlichkeit oder Eigenverantwortlichkeit, Freiheit oder Bekenntnis und Liebe oder Ichüberwindung. Diese Säulen der Seinswelt sind freilich schwer erreichbar. Es ist leichter, in der Hölle des Habens zu leben, als im Himmel des Seins. Es ist schwer, in einer Konsumgesellschaft gegen den Strom des Haben-Denkens zu schwimmen und noch schwerer, sich vom Gehabten zu trennen.

Ist die menschliche Natur mehr auf das Haben hin ausgelegt oder mehr auf das Sein? Erich Fromm weigert sich, diese Alternative gelten zu lassen und sagt: Der Mensch ist gleichermaßen zum Haben-Leben wie auch zum Seins-Leben veranlagt. Daß er zum Haben tendiert, ist Zeichen, daß der Mensch seine Freiheit nur ungern gebraucht. Und doch hat es immer wieder Gesellschaften gegeben, in denen die Seinswelt weit häufiger gelebt wurde als in der unsrigen. Indianer und Eskimos lebten eine Art Urkommunismus, in dem das Haben kaum entwickelt war, umso mehr aber das Sein. In Jägergesellschaften und im Nomadismus gilt das Haben weit weniger als das Sein, ohne daß diese Begriffe als solche bewußt wären oder gar philosophisch überhöht sind. Erst mit der Selbsthaftwerdung und dem Haben von Grund und Boden beginnt die Habenstruktur zu wurzeln, beginnen Patriarchat und Unterdrückung der Frau.

Wenn ich die Gruppe nicht mehr benötige, um ein Wild zu erlegen, wenn ich Land eigne, beginnt das Haben-Denken. Auch das Wissen des Mannes um seine Potenz, um seine Zeugungskraft und seine Zeugungserheberschaft fördert(e) das Haben-Denken und degradiert(e) die Frau zur bloßen Trägerin des Erben, der den Mann angeblich „unsterblich“ macht und seinen Besitz über seinen Tod hinaus verwaltet.

Der Ewige, der in der Seins-Welt Lebende braucht diese Unsterblichkeit nicht. Er ist ja. Für ihn ist die Zeit nicht das Wesentliche. Wesentlich ist ihm, daß er ist.

Dieses Denken ist mehrfach nachvollzogen worden: im Urjudentum, im Urchristentum, im Urkommunismus, im Ursozialismus, in den Kibbutzim Israels. Der Eigentumsbegriff ist hier überall abgeschafft, das Haben-Denken weitestgehend ausgeschaltet. Die Menschen unterscheiden sich nicht mehr durch ihr Haben, sondern „nur“ durch ihr Sein. Sie sind Individualitäten durch ihre Persönlichkeit, nicht durch ihr Gehabe und Gehabtes. Im Unterschied zur kommunistischen Ideologie ist nicht das Haben egalisiert – gleiches, größtmögliches „Glück“ für alle –, sondern das Sein differenziert: indem sich jeder nach seiner Fassung entwickeln und verwirklichen kann, da seine vitalen Haben-Bedürfnisse gemeinschaftlich befriedigt sind.

Dieses Gemeinschaftliche nennt man Solidarität. Sie ist praktizierte christliche Brüderlichkeit und Nächstenliebe – zumindest ist dies darunter verstanden worden, als sich die ersten Sozialisten solidarisch erklärt haben. Die heutigen Gewerkschaften der etablierten Arbeiterschaften entsprechen diesem Denken natürlich längst nicht mehr: Ihnen geht es um nacktes Haben, um höhere Löhne, um Einkommensumverteilung und Umkehrung der Einkommenspyramide, also bloß um eine Umkehrung des Haben-Denkens.

Auch Kirche war ursprünglich das gemeinschaftliche Leben in Seinsform. Alles gehörte allen, jeder sollte am Haben nach seinen Bedürfnissen teilhaben – und diese Bedürfnisse wurden nicht von einer verrückt gewordenen Werbeindustrie erst geweckt, sondern ergaben sich aus Interessen, Anlagen und verantwortlichem Wollen. Diese Kirche, als Gemeinschaft der Heiligen, also Menschen, denen es gelungen war, die Existenzform des Seins zu leben, ist das Reich Gottes. Als Gemeinschaft der Bekennenden – eigentlich kommt der Begriff Konfession, also Bekenntnis, von dieser Bedeutung her – ist sie dem Habenden entrückt und somit nicht von dieser Welt.

Was aber ist im Laufe der Zeit daraus geworden?

Der Islam ist zur Religion des Fatalismus und des Habens im Jenseits entartet und trägt faschistoide Züge wie weiland die Conquista des Katholizismus. Der Hinduismus entwürdigt den Menschen durch die Lehre von der Wiedergeburt, entwertet das Leben zum Durchgangsstadium und legt das Heil ins Nicht-mehr-Sein (!). Und der Buddhismus eines Gautama ist genauso vergewaltigt worden.

Überall Habendenken – und doch ist in allen diesen Weltreligionen der Grundgedanke, die Existenzform des Seins enthalten. Ob Taoismus, Buddhismus oder der Inhalt der Veden und der Upanishaden der sanskritischen Literatur oder die alttestamentarischen Sprüche: Immer wieder kommt die Einheit des Seins zum Ausdruck, wird dargelegt das Verwerfliche des Haben-Denkens und das Erstrebenswerte des Sein-Lebens, mythologisch verbrämt als Himmel oder Jenseits, als Nirwana oder Tao, als Brahman, der Urgrund allen Seins, und Atman, der unsterbliche Bewußtseinsträger, der mit Brahman, der Weltseele, wesensgleich gedacht ist.

Im jüdisch-christlichen Denken ist es die Seele oder der Odem Gottes, der die Menschen gottähnlich macht. Diese Idee gipfelte im Ikonoklasmus – der Bilderbekämpfung –, als das Abbildungsverbot Gottes und der Menschen durch die Bildstürmer durchgesetzt wurde. Im Islam und im Judentum gilt es bis heute: das Wesentliche kann nicht dargestellt werden, weil ein Bild nur Äußerliches wiedergibt, Erkenntnis der Bekenntnis als Einstellung aber das Innen eines Menschen meint: Wer kann das Sein abbilden?

Das Goldene Kalb der Israeliten ist die biblische Entsprechung dieses Gedankens. Im Exodus 32, 1–6 ist es nachzulesen:

Als das Volk sah, daß Moses mit seiner Rückkehr vom Berge zögerte, rottete sich das Volk bei Aaron zusammen und verlangte von ihm: „Auf! Mache uns einen Gott, der vor uns herzieht!“

Nirgendwo in der ganzen Bibel wird deutlicher, wie sehr zwischen Haben und Sein unterschieden wird. Wir wollen einen Gott haben, darum mache uns einen! Wie rasend muß der Zorn des Moses gewesen sein, als er diesen Abfall seines Volkes bemerkte! In Exodus 32, 15–29 wird dieser Zorn des Moses

auch beschrieben: Moses ließ 3000 Israeliten durch die Leviten erschlagen und segnete die Totschläger!

Jeder, der mitansehen muß, wie viele goldene Kälber von allen Religionen zugelassen werden, wie viele von ihnen errichtet werden, wie das Habendenken gefördert und das Leben im Sein verhindert wird, der kann diesen Moses, wer immer er war und ob es ihn als solchen überhaupt gegeben hat, verstehen.

Wer die heutige Konsumgesellschaft zu hinterfragen wagt, muß erkennen, daß Sein nicht mehr ist, sondern nur mehr Haben.

Dr. Walter Weiss, 1196 Wien, Postfach 43

Glück als philosophischer Begriff

Alles, was gehabt werden kann, ist Habenziel. Jedes erreichte Ziel beendet die Spannung und Erwartung, die mit diesem Ziel verknüpft war. Vorfreude ist die größere Freude als jene, die man beim Eintritt des Ereignisses empfindet. Jedes Glücksgefühl, das über das Haben erreicht wird, weicht der Leere nach gehabtem Gipfelerlebnis. Liebloser Sex ist Standardbeispiel, obwohl diese Art von „Glücksgefühlen“ vielen Menschen vorzüglich erscheint. Auch das neue Auto wird, steht es einmal in der Garage, bald zum Gehabten: man findet Mängel, ist enttäuscht, fühlt sich leer. Vielleicht hätte man doch eine andere Marke kaufen sollen?

Solange man dem „Glück“ nachjagt im Erreichen von Haben-Zielen, erhält das Konsumverhalten Auftrieb, verhartet man im Streben nach Gehabtem, will man Außerliches und erhält man Außerliches. Dabei ist jedoch jedes Gehabte vergänglich und dem Werden und Vergehen unterworfen. Daher auch das pausenlose Einhängern der Werbung mit dem Modewort „neu“. *Neu* ist immer Kreation, *neu* ist eben erst geworden, ist noch nicht vergangen, immer neu ist quasi immer sein. Etwas Neues hat man nicht, etwas Neues will man, erstrebt man! *Neu* ist Ziel, *neu* ist Hoffnung, *neu* ist Sehnsucht. Hat man das Neue, ist es schon gebraucht und alt. Die Tragik des Neuen ist, daß es nicht neu bleibt, sondern alt wird. Der Schein des Neuen ist Gehabtes wie alles bisher Gehabte. *Neu* ist Betrug, dem man erliegt. *Neu* ist der Zeit unterworfen, *neu* vergeht.

Neu ist die Lüge unserer Gesellschaft.

Die Umkehrung zum Alten ist wertgleich. Das Antike, Alte, das Bewährte, Gebrauchte, Überdauernde ist deswegen so reizvoll, so besitzenswert, weil es als Altes scheinbar die Zeit überdauert hat. Das Alte ist deswegen gut, weil es scheinbar Bestand hat. Wer Antikes besitzt, hat „Zeitloses“ – ein abermaliger Betrug, denn Zeitloses kann man nicht haben, zeitlos kann man bestenfalls sein.

Man nennt dies üblicherweise glücklich sein.

Der Mensch, der im Haben lebt, ist nicht glücklich, er lebt in der Zeit. Er hat seine Vergangenheit und seine Zukunft, aber er hat keine Gegenwart, weil Gegenwart in der Habenwelt definiert ist als jener „Punkt“, an dem sich Vergangenheit und Zukunft treffen. Auch die Naturwissenschaft bestimmt Gegenwart auf diese Weise, auch die Mathematik: als „Punkt“ auf der Zeitlinie und damit als wesensmäßig ausdehnungslos. Der Mensch der Habenwelt motiviert sich aus der Vergangenheit für die Zukunft, er lebt nicht im Jetzt, er flieht das Jetzt.

Er ist unglücklich.

Ein Mensch in der Seinswelt lebt das Jetzt. Er ist geworden durch seine Vergangenheit, er bestimmt seine Zukunft, aber er läßt sich von beiden nicht bestimmen. Er lebt das Jetzt total, genießt den Augenblick, er lebt nur einmal – jetzt nämlich. Das ist es, was man mit Glück bezeichnet.

Glück ist der Zustand des bewußten, selbstbestimmten, eigenverantwortlichen Seins in Liebe und Freiheit, des tätigen Ruhens in sich selbst. Es sind Momente, wo das Zeitliche überschritten wird. Glück ist gelungenes Sein-Erleben. Man fällt aus der Zeit, vergißt sein Ich: Denn derjenige, der im Sein lebt, hat nicht sein Ich, sondern ist es: als Selbst. Er überschreitet sein Ich, wird mit sich selbst identisch, liebt sich oder einen anderen.

Selbstliebe heißt ja, mit sich identisch zu sein, sich anerkennen, zu sein und sich nicht zu haben. Nur wer sich selbst liebt, ist liebesfähig auch zum Nächsten.

Glück ist zeitlos, ist ewig. Im Zustand des Glücks erscheint alles um einen vergessen, man vergißt sich selbst, Glück ist Herausfallen aus der Welt, Verlassen alles Außerlichen, totale Innerlichkeit. Im Glück wird das Erleben überschritten zum Leben selbst.

Man ist Leben und er-lebt nicht.

Darum ist uns das Glück so selten, weil es uns so selten gelingt, aus dem Habendenken zu treten.

Ewiges Leben und Glück! Uralte Identifikation von Begriffen, uralte Träume der Menschen werden zu Gegenständen von Mythen, Religionen und Philosophie. Glück als Habenziel mißverstanden, als „Himmel“ verballhornt, als „Ewiges Leben“ ins Jenseits abgeschoben, aber als Sein fast niemals verstanden und praktiziert! Wie falsch doch alle Argumente von Philosophen und Theologen, die das Glück versprechen als Geschenk eines Gottes, der von außen her wirkt (Gnadentheorie)! Glück, das man „erwirbt“ durch befolgen von Gesetzen und Geboten. „Glück“, das einen „nach“ dem Tod „im Himmel“ erwartet! Glück?

Nein! Jeder Mensch ist seines Glückes Schmied, heißt es – und es ist ein wahres Sprichwort. Nur falsch verstanden werden darf es nicht: indem man als Schmied etwas Außerliches schmiedet. Wer den Glauben an sich und seine Kraft zu sein nicht verliert, dem ist das Glück hold.

Der hat nicht Glück, der ist glücklich!

Das Glück ist nicht von dieser Welt.

Dieser an sich richtige Gedanke zieht sich durch alle Mythologien und scheint eine Uridee der Menschen zu sein. Glück als nur jenseitig erfahrbar, meint offenbar, daß Glück jenseits der üblichen Welt, also der Habenwelt, anzusiedeln sei.

Wer gelernt hat, der Habenwelt zu entfliehen, ist tatsächlich im Jenseits von Freiheit, Liebe, Sittlichkeit und Bekenntnis. Der ist erlöst und lebt im Sein. Was Christus mit Erlösung gemeint hat und mit Vater im Himmel ist die Existenzweise des Seins, die jenseits der des Habens ist. Derselbe Gedanke findet sich auch im Buddhismus, wenn von der Erleuchtung die Rede ist. Der Erleuchtete ist einer, der erkannt hat, wie schal das Habendenken ist und welche Größe darin liegt, zum Sein zu kommen durch Verzicht auf Besitz.

J. Greilhuber*

Kladistik – die wirklich phylogenetische Systematik

Das Thema „Prinzipien der biologischen Systematik“ ist bereits dreimal in dieser Zeitschrift zur Sprache gebracht worden (Fischer 1987, 1988, Greilhuber 1988). In der vorletzten Nummer wurde die **Phylogenetische Systematik** oder **Kladistik** ins Zentrum der Betrachtung gestellt (Greilhuber 1988). Der vorliegende Beitrag bezweckt eine Diskussion des Monophylie-Kriteriums und eine Kritik an seiner fehlerhaften Anwendung in der sogenannten „klassischen“ Systematik. In einer weiteren Folge sollen dann die Einwände gegen die Kladistik, die verschiedenen Gruppierungsprinzipien anderer Schulen der Systematik sowie Sinn und Zweck biologischer Systematik überhaupt diskutiert werden.

Als Begründer der **Phylogenetischen Systematik** wird allgemein der deutsche Entomologe **Willi Hennig**¹⁾ betrachtet, der ihre Grundlegung und eine umfassende Kritik der üblichen systematischen Vorgangsweise erstmals 1950 veröffentlichte. Kurz gesagt hat Hennig herausgestellt, daß die bisherige Systematik das Monophylie-Kriterium in einer logisch nicht einwandfreien Weise anwendet. Er hat es begrifflich präzisiert und die Forderung aufgestellt, daß die in einer Klassifikation aufgenommenen Taxa **Monophyla** sein müßten. Als Kriterium für Monophylie einer Gruppe gilt der gemeinsame Besitz von „einmalig abgeleiteten Merkmalen“ oder Synapomorphien. Mit „einmalig abgeleitet“ ist gemeint, daß es nicht statthaft wäre, aufgrund eines mehrfach parallel entstandenen abgeleiteten Merkmals eine taxonomische Gruppe zu bilden. Es würden dabei die allgemein abgelehnten polyphyletischen Gruppen entstehen (Beispiel: Homiothermie bei Vögeln und Säugern ist parallel entstanden, ein Taxon Homiotherma wäre daher abzulehnen). Das System der Organismen hat alle nicht monophyletischen Gruppen tunlichst zu vermeiden.

Das alles klingt so selbstverständlich, daß man sich wundert, wo der Unterschied zur bisherigen Vorgangsweise liegen soll. Betrachten wir daher zunächst den Begriff der Monophylie genauer. Nach herkömmlicher Auffassung war eine Gruppe dann monophyletisch, wenn sie auf eine Stammform zurückführbar ist. Das Gegenteil von monophyletisch war polyphyletisch, nämlich auf zwei oder mehrere, jedenfalls nicht auf eine einzige Stammform rückführbar. Hennig hat erkannt, daß diese Auffassung von Monophylie auf perzidiöse Weise unscharf ist. Sie bedeutet nämlich je nach Belieben „von einer Stammform abstammend und vollständig“ oder auch „von einer Stammform abstammend, aber unter Weglassung gewisser Gruppen, die phylogenetisch dazugehören“. Hennig und Nachfolger haben die Begriffe folgendermaßen präzisiert:

1. **Monophyletisch** ist eine Gruppe, die eine Stammform plus alle Deszendenten umfaßt. Das Kriterium ist die Synapomorphie.

2. **Paraphyletisch** ist eine Gruppe, die eine Stammform und einige, aber nicht alle Deszendenten umfaßt. Solche Gruppen werden auf Grund von Primitivmerkmalen (Plesiomorphien) gebildet.

3. **Polyphyletisch** ist eine Gruppe, bei der zumindest die jüngste gemeinsame Stammform einer anderen Gruppe zugezählt wird. Solche Gruppen werden aufgrund von parallel oder konvergent entstandenen Merkmalen gebildet.

Man muß hierbei beachten, daß diese drei Begriffe auf zweifache Weise definiert werden. Erstens **genealogisch** (wobei von Merkmalen nicht die Rede ist, sondern nur von Stammformen und Deszendenten), und zweitens aufgrund von Kriterien für die Genealogie, nämlich **Merkmalen** bzw. **Merkmalszuständen**.

* Univ.-Prof. Dr. Johann Greilhuber, Institut für Botanik der Universität Wien, Rennweg 14, A-1030 Wien (Austria).

Hennig erkannte, daß es nicht angeht, taxonomische Gruppen einmal aufgrund eines abgeleiteten, ein andermal aufgrund eines primitiven Merkmalszustandes zu bilden. Denn dabei gerät alles durcheinander. Vielmehr muß man ein Kriterium durchhalten – die Synapomorphien. Nur dadurch kommt ein System zustande, das ausschließlich monophyletische Gruppen umfaßt. Da das Schema der Synapomorphieverteilung das Kladogramm ist, ist dieses gleichzeitig die Grundlage für die Klassifikation (dies ist nur ein anderer Ausdruck für System).

Fragen wir uns zunächst, was eine **Klassifikation** ist. Sie ist eine „Reihe von Wörtern, um eine besondere Anordnung von Organismen nach einem bestimmten Prinzip der Beziehungen zwischen ihnen auszudrücken“ (Wiley 1981). Es kommt also auf das bestimmte Prinzip an, das wir auszudrücken beabsichtigen, und dann natürlich auf die Art und Weise, wie wir das durchzuführen gedenken. Das bestimmte Prinzip ist das, daß es dank der Tatsache der Phylogenese natürliche, real-historisch existente Gruppen von Arten gibt, die durch den Besitz gemeinsamer abgeleiteter Merkmale auch als solche erkennbar sind. Das sukzessive Auftreten von Apomorphien hat zur Folge, daß ein hierarchisches System von in sich verschachtelten Gruppen von Arten entsteht. Genau das wird im Kladogramm dargestellt (s. Greilhuber 1988). Wenn der Systematiker ein natürliches System erstellt, hat er also nichts anderes zu tun, als das Kladogramm der Gruppe in eine „Reihe von Wörtern“ zu übersetzen. Aber – wohlgemerkt – so, daß die hierarchische Struktur des Kladogramms nicht zerstört wird! Es muß sich die Klassifikation wieder in das Kladogramm rückübersetzen lassen. Das ist nur dann gewährleistet, wenn nur monophyletische, aber keine para- und natürlich keine polyphyletischen Gruppen zugelassen werden, und wenn Schwestergruppen gleichen Rang bekommen. Als Beispiel sei in Abb. 1 ein Kladogramm gegeben (aus Greilhuber 1988), das darunter in eine kladistische Klassifikation übersetzt ist (die gewählten Kategorien sind nebensächlich, auf den relativen Rang kommt es an).

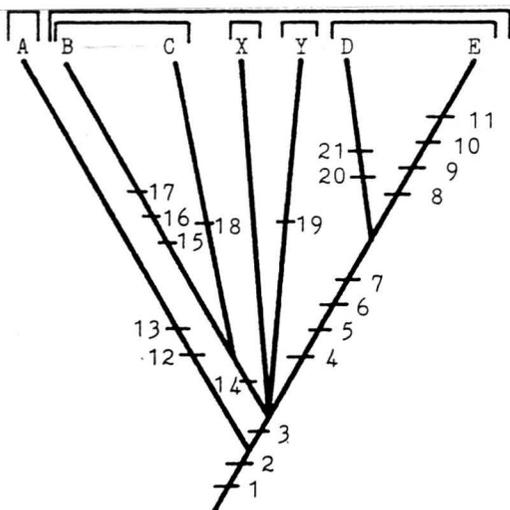
Aus dieser Klassifikation kann das Kladogramm wieder gewonnen werden, abgesehen davon, daß das Ausmaß der Divergenz zwischen den Gruppen nicht mehr zu ersehen ist. Diese Information müßte, falls gewünscht, sekundär der Klassifikation beigegeben werden. Allerdings ist das bei allen anderen Klassifikationsweisen nicht anders.

Nicht-kladistische Systematiker würden obige Artengruppe, auch bei Kenntnis des Kladogramms, anders klassifizieren. Manche würden wahrscheinlich dort unterteilen, wo die größten morphologischen Unterschiede bestehen, und das zusammenfassen, was sich am ähnlichsten ist, und zwar so (Abb. 2):

Andere Systematiker würden vielleicht finden, daß einerseits (ABCXY) wegen ihrer größeren Ähnlichkeit zwar zusammengehören, unter diesen jedoch B relativ weit entwickelt erscheint und als eigene Gruppe der Gruppe (ACXY) gegenübergestellt werden sollte. Andererseits sollten D und E wegen ihrer gemeinsamen Abstammung und ihrer morphologischen Weiterentwicklung in eine eigene Gruppe zusammengefaßt werden. Folgende Klassifikation wäre die Folge (Abb. 3):

In beiden Fällen wurde über die Klassifikation auch eine grafische Darstellung derselben gesetzt (Abb. 2, 3). Daß diese „Verwandtschaftsgruppierungen“ nichts mehr mit dem Ausgangsschema zu tun haben, ist unmittelbar einsichtig. Die mangelhafte Wiedergabe der Merkmalsverteilung bei solchen Klassifikationen ist anhand der Merkmale 3 und 14 in den Abb. 2 und 3 dargestellt. Man könnte jedoch anführen, daß die Unterschiedlichkeit der Gruppen jetzt gut zum Ausdruck kommt, was zuerst nicht der Fall war. Daß X und Y nur in einem Merkmal verschieden, also sehr ähnlich sind, wäre aus der kladistischen

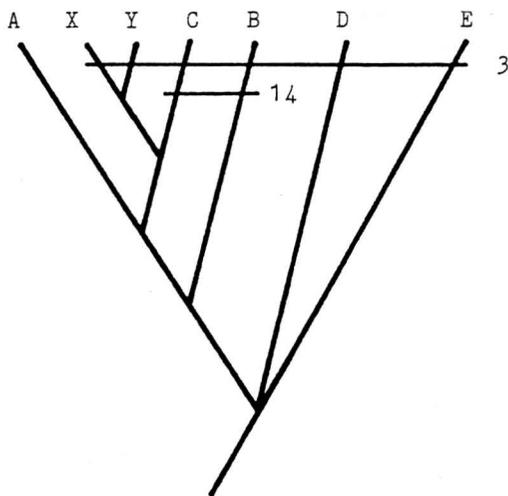
¹⁾ **Willi Hennig** (20. 4. 1913 bis 5. 11. 1976), Professor Dr. phil., Dr. rer. nat. h. c. Doktorat 1936 in Leipzig. Ab 1937 Mitarbeiter am Deutschen Entomologischen Institut der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft in Berlin-Dahlem bzw. der Nachfolgeinstitution bis 1962. Dann durch die Berlin-Krise bedingter Austritt. Ab 1963 Leiter der Abteilung für Stammesgeschichtliche Forschung am Staatlichen Museum für Naturkunde in Stuttgart und Honorarprofessor der Universität Tübingen. Zirka 160 Publikationen, meist dipterologischen Inhalts. Mehrere wichtige Bücher zur Phylogenetik und zur Stammesgeschichte der Insekten und Wirbeltiere.



Phylogenetische Klassifikation:

- Genus (ABCDEXY)
- Subgenus A
 - Species A
- Subgenus (BCDEXY)
 - Sectio (BC)
 - Species B
 - Species C
 - Sectio X
 - Species X
 - Sectio Y
 - Species Y
 - Sectio DE
 - Species D
 - Species E

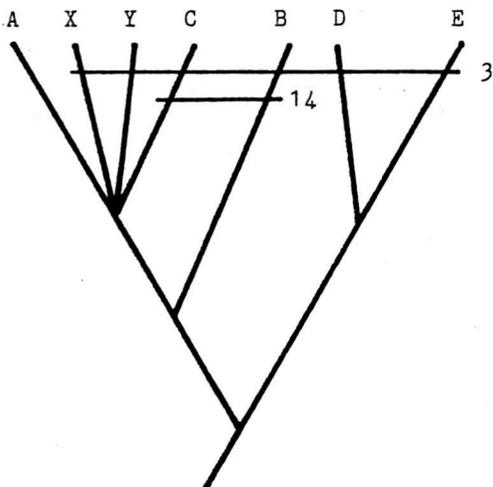
Abb. 1: Hypothetisches Kladogramm einer Gattung und deren phylogenetische (kladistische) Klassifikation.



Mischklassifikation:

- Genus (ABCDEXY)
- Subgenus (ABCXY)
 - Sectio (ACXY)
 - Species A
 - Species C
 - Species X
 - Species Y
 - Sectio B
 - Species B
- Subgenus (DE)
 - Sectio D
 - Species D
 - Sectio E
 - Species E

Abb. 3: Mischklassifikation derselben Gattung (s. Abb. 1) und deren graphische Umsetzung. Die nicht gruppenkonforme Verteilung der Merkmale 3 und 14 ist eingezeichnet.



Klassifikation nach summarischer Ähnlichkeit:

- Genus (ABCDEXY)
- Subgenus (ABCXY)
 - Sectio (ACXY)
 - Subsectio A
 - Species A
 - Subsectio (CXY)
 - Series C
 - Species C
 - Series (XY)
 - Species X
 - Species Y
 - Sectio B
 - Species B
- Subgenus D
 - Species D
- Subgenus E
 - Species E

Abb. 2: Klassifikation derselben Gattung (s. Abb. 1) nach dem Prinzip der summarischen Ähnlichkeit und ihre graphische Umsetzung. Die nicht gruppenkonforme Verteilung der Merkmale 3 und 14 ist eingezeichnet.

Klassifikation ebenfalls nicht zu ersehen gewesen. Man muß hier allerdings bedenken, daß die Nutzung von Lücken als Gliederungskriterium gleichbedeutend ist damit, auf Grund von Wissenslücken zu gruppieren. Nur weil man die Zwischenformen nicht kennt oder nicht beachten will (weil sie etwa nur fossil bekannt sind), kann man den Stammbaum zerschneiden. Müßte man alle, notgedrungen real vorhanden gewesenen, Zwischenformen mitgruppieren, könnte man die Lücken nicht mehr finden. Wenn also der an und für sich wünschenswerte Zustand erreicht wäre, alles zu wissen und zu kennen, wäre Systematik unmöglich geworden. Offensichtlich ist das ein Hinweis auf eine konzeptionelle Schwäche traditioneller Klassifikationsweisen, die nur deswegen nicht auffällt, weil man eben nicht alles weiß und auch nie wissen wird. Auf Grund von Synapomorphien könnte man in dieser Situation jedoch sehr wohl noch gruppieren.

Ein Beispiel

Zur Illustration des Unterschieds von kladistischer und traditioneller Gruppierungsweise soll folgendes konkrete Beispiel, die „Grünen Pflanzen“ (Viridiplantae, Sluiman 1985), dienen (Abb 4; nur die im folgenden erwähnten und nummerierten Synapomorphien sind im Kladogramm eingezeichnet). Man weiß seit langem, daß die Stammform der als Embryophyta bezeichneten Landpflanzen (also Moose, Farnpflanzen und Samenpflanzen) unter den Grünalgen zu suchen ist. Das geht aus Synapomorphien, wie dem Bau der Chloroplasten mit gestapelten Thylakoiden, dem Besitz von Chlorophyll b und echter Stärke sowie speziellen Eigenheiten des Geißelbaus hervor (1–3). Seit geraumer Zeit werden unter den Grünalgen die Charales und die Grünalge Coleochaete als nächste Verwandte der Embryophyta betrachtet. Als spezielle Synapomorphien sind der Phragmoplast (ein bestimmtes System von Microtubuli während der Cytokinese), Plasmodesmen, echtes Parenchym und die Bindung der Eizelle an den Gametophyten bis nach der Befruchtung zu betrachten (4–7). Als direkte Schwestergruppe der Embryophyta wird Coleochaete erwogen. Manche Arten haben nämlich mehrzellige Antheridien, die in ihrer Entwicklung der frühen Entwicklung von Moos-Antheridien ähneln, die Zygote bleibt am Gametophyten und keimt dort, und es gibt sogenannte Transfer-Zellen, die wie bei den Embryophyta die Zygote bedecken und versorgen (8–10).

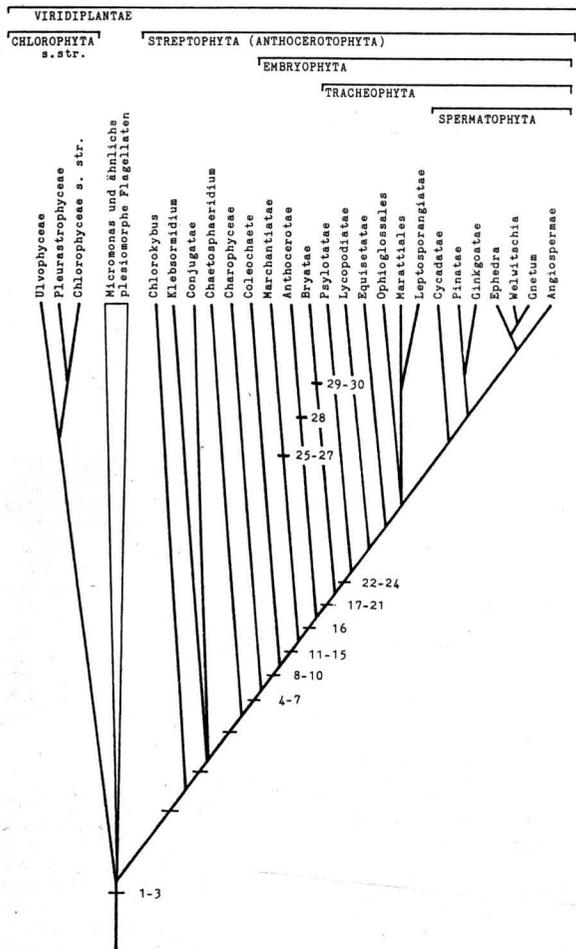


Abb. 4: Kladogramm der Viridiplantae („Grüne Pflanzen“) nach Bremer (1985). Es sind nur die im Text erwähnten Synapomorphien eingezeichnet.

Eine Reihe von weiteren Apomorphien, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, gestattet die weitere kladistische Aufgliederung der Grünalgen. Die Zusammenhänge sind jedoch in Abb. 4 abgebildet (man beachte hierbei insbesondere eine als Paraphylum kenntlich gemachte, nicht weiter aufgliederbare, plesiomorphe Gruppe, bestehend aus Micromonas und anderen ähnlichen Flagellaten, die der Stammform der Grünen Pflanzen wahrscheinlich nahekommen).

Nun zu den Landpflanzen, den Embryophyta, selbst. Ihre Monophylie wird durch Synapomorphien, wie Cuticula, Embryo, typische Archegonien und Antheridien sowie eine spezielle Spermatozoiden-Architektur, nahelegt (11–15; bekanntlich sind aber Archegonien, Antheridien sowie bewegliche männliche Gameten bei manchen Gruppen der Samenpflanzen sekundär verlorengegangen). Was die Teilgruppen der Embryophyta betrifft, so besitzen die Lebermoose Lunularsäure, Elateren und spezielle membranbegrenzte Ölkörper, sind also monophyletisch (25–27). Die Hornmoose (Anthocerotae) sind es desgleichen, da sie neben mehreren anderen Apomorphien ein Pyrenoid (das dem Grünalgen-Pyrenoid nicht homolog ist) besitzen (28). Die Laubmoose (Bryatae) sind auch monophyletisch, da sie einen beblätterten Gametophyten und mehrzellige Rhizoiden entwickelt haben (29–30). Und schließlich ist auch die verbleibende Landpflanzen-Gruppe der Tracheophyta (Farnpflanzen plus Samenpflanzen) ein Monophylum, da sie echtes Lignin, ornamentierte Xylem-Zellen, einen verzweigten und dominierenden Sporophyten entwickelt haben (22–24). Jedoch lassen sich diese 4 Monophyla spezifischer gruppieren. Tracheophyta plus Bryatae haben eine aufgerichtete Sporophyten-Achse, Sporen mit einer Perine und (Proto)-Xylem und (Proto)-Phloem mit Polyphenolen im (Proto)-Xylem. Tracheophyta plus Bryatae haben wiederum mit den Anthocerotae echte Spaltöffnungen gemeinsam (16). Diese Merkmale sprechen dafür, daß die Bryatae die Schwestergruppe der Tracheophyta, die Anthocerotae die Schwestergruppe

des Monophylums Bryatae plus Tracheophyta und die Marchantiatae die Schwestergruppe des Monophylums Anthocerotae plus Bryatae plus Tracheophyta sind.

Eine Systematik, die diesen Merkmalen und vor allem den damit verbundenen Erkenntnissen gerecht werden will, muß natürlich die hierarchische Struktur des Kladogramms wiedergeben. Die Chlorophyta in ihrer alten Bedeutung und die Bryophyta wären als Taxa zu streichen. An ihre Stelle müßte ein Taxon Viridiplantae treten (Sluiman 1985), das die Grünalgen und alle Embryophyta umfaßt, und dessen Untergruppen gemäß des Kladogramms gebildet sind. Daß eine solche Klassifikation ohne Inflation der Taxa und Kategorien möglich ist, soll später gezeigt werden.

Zum Vergleich mit dem in Abb. 4 dargestellten Kladogramm ist in den Abb. 5, 6 und 7 die systematische Position der Embryophyta, grafisch dargestellt, wiedergegeben, wie sie in beliebigen neueren Lehrbüchern zu finden ist. In keinem der Beispiele wird die sicher auch evolutionär und ökologisch relevante Gruppe der Embryophyta oder grünen Landpflanzen als eigenes Taxon ausgewiesen. Die Tracheophyta werden nur bei Weberling und Schwantes als Taxon geführt (unter dem Namen Cormobionta). Der wahre Zusammenhang von Grünalgen und Embryophyta ist in keiner dieser Klassifikationen auch nur im entferntesten zu erkennen. Bei Weberling und Schwantes hängen Cormobionta, Bryobionta (Moose s.l.) und alle Algen erst auf der gemeinsamen Ebene mit der prokaryotischen Schizobionta zusammen. Bei Dahlgren hängen Spermatophyta, Pteridophyta, Bryophyta und Chlorophyta (Grünalgen) erst auf einer

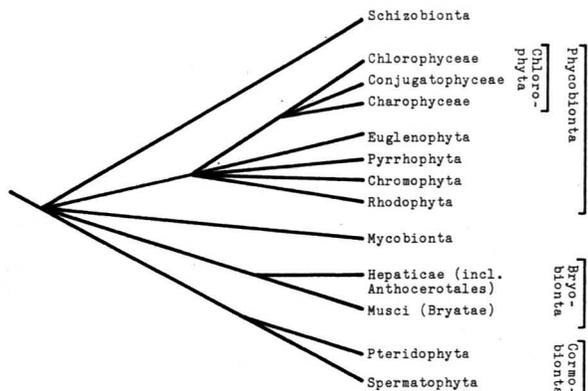


Abb. 5: Graphische Darstellung des Systems der Pflanzen in Weberling & Schwantes (1972).

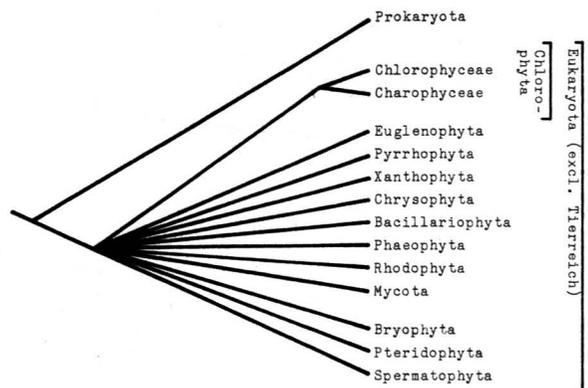


Abb. 6: Graphische Darstellung des Systems der Pflanzen in Dahlgren (1987).

gemeinsamen Ebene mit allen sonstigen eukaryotischen Pflanzengruppen zusammen, darunter auch den polyphyletischen Mycota. Bold gruppiert fast noch kurioser. Bei ihm gibt es keine Samenpflanzen, keine Tracheophyta, nicht einmal Embryophyta. Sogar die Algen sind verstreut, da die Charophyta auf gleichem Rang nebengeordnet sind. Anerkanntermaßen verwandte Gruppen, wie Angiospermae, Gnetophyta, Ginkgophyta und Coniferophyta, hängen erst auf der Hierarchiestufe der pigmentierten Eukaryoten (Chloronta) mit den Algen und Charophyta zusammen.

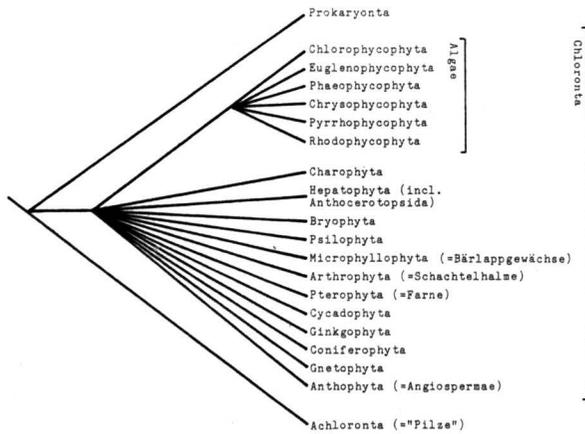


Abb. 7: Graphische Darstellung des Systems der Pflanzen in Bold (1973).

Solche Systeme sind offenbar typologisch, aber niemals phylogenetisch, auch wenn der Autor phylogenetische Gedanken dabei gewälzt haben mag, als er die Klassifikation niederschrieb („... ich gruppiere die Chlorophyceae unter die Chlorophyta und diese unter die Phycobionta, denke mir aber dazu, daß sich die grünen Landpflanzen aus den Chlorophyceae heraus entwickelt haben, und stelle sie, in Bryobionta und Cormobionta getrennt, auf gleiche Stufe neben die Phycobionta“, siehe Abb. 5).

Was man damit den Biologiestudenten antut, die hinter solchen Systemen auch Logik vermuten, ist von der Fachdidaktik bisher nicht im entferntesten bedacht worden. Zumindest müßte man klar zum Ausdruck bringen, daß solche Systeme eben nicht phylogenetisch, sondern nach anderen Prinzipien vorgehen, wie präzise oder vage diese auch sein mögen. Diese Einsicht ist noch nicht weit genug verbreitet.

(Wird fortgesetzt)

LITERATUR:

Bold, H. C., 1973: Morphology of plants (3rd ed.). New York-London: Harper & Row.
 Bremer, K., 1985: Summary of green plant phylogeny and classification. Cladistics 1, 369-385.
 Dahlgren, G. (Ed.), 1987: Systematische Botanik. Berlin-New York: Springer Verlag.
 Fischer, M. A., 1987: Neuere Überlegungen über die Prinzipien der biologischen Systematik und Phylogenetik. Wissenschaftliche Nachrichten Nr. 75, 6-10.
 Fischer, M. A., 1988: Prinzipien biologischer Systematik - kein Thema für die Schulbiologie?. Wissenschaftliche Nachrichten Nr. 76, 6-10.
 Greilhuber, J., 1988: Kladistik - der Weg zu einem logisch aufgebauten System der Organismen. Wissenschaftliche Nachrichten Nr. 77, 8-11.
 Hennig, W., 1950: Grundzüge einer Theorie der Phylogenetischen Systematik. Berlin: Deutscher Zentralverlag (Reprint 1980, Koenigstein: Otto Koeltz Science Publishers).
 Sluiman, H. J., 1985: A cladistic evaluation of the lower and higher green plants (Viridiplantae). Pl. Syst. Evol. 149, 217-232.
 Weberling & Schwantes, H. O., 1972: Pflanzensystematik. Stuttgart: Eugen Ulmer.
 Wiley, E. O., 1981: Phylogenetics: the theory and practice of phylogenetic systematics. New York, Toronto: John Wiley and Sons.

menlebens ist eine friedliche Koexistenz. Als Beispiel kann der Braune Feuerfalter (*Lycaena tityrus*) genannt werden. Untersuchungen zeigten, daß die Raupen dieses Falters von den Arbeiterinnen der Ameisen meist nur kurze Zeit mit den Fühlern berührt werden. Die Ursache für diese Duldung der Raupen sind spezifische Befriedungssubstanzen (Allomone). Erzeugt werden die Allomone in zahlreichen einzelligen Drüsen, den Porenkuppelorganen. Zusätzlich verfügen die Jugendstadien der Raupen über eine auffallend dicke Cuticula. Die Ameisen zeigen nach der Begegnung mit den Raupen kein weiteres Interesse an ihnen. Die Raupen werden daher auch als Myrmekoxen bezeichnet. Die in den tropischen Gebieten verbreitete Unterfamilie der Miletinae geht über die Strategie der friedlichen Koexistenz hinaus. Sie schützen sich auch durch Sekrete der Porenkuppelorgane, leben aber in den Honigtäupeln liefernden Kolonien von Blattläusen, Schildläusen und Kleinzikaden, mit denen die Ameisen eine Futtersymbiose eingegangen sind. Die Raupen schädigen die Ameisen indirekt, indem sie die Honigtäupelproduzenten verzehren (indirekter Parasitismus). Auch die Falter einiger Arten der Miletinae leben vom Honigtäupel, indem sie die Trillersprache der Ameisen imitieren. Die Eiablage erfolgt ebenfalls in den Blattlauskolonien. Eine weitere Gruppe von Bläulingen praktiziert der Kleptoparasitismus. Die Raupen von *Allotinus apries* z. B. leben zuerst von Schildläusen, die von einer Ameisenart der Gattung *Myrmecaria* besucht werden. Nach der ersten Häutung wird die Raupe in das Nest der Ameisen eingetragen und lebt dort von Ameisenbrut. Das Eintragen wird vermutlich durch Substanzen, die den Brutpflegepheromonen der Ameisen ähnlich sind, ausgelöst. Die Larven der Theclinae (Zipfelfalter) und Polyommatae (Echte Bläulinge) besitzen noch zwei weitere spezielle Organe - ein Nektarorgan am siebenten und ein paar Tentakelorgane am achten Abdominalsegment. Im Freiland sind die Raupen fast immer von Ameisen umgeben. Das Nektarorgan sondert eine 15%ige Zuckerlösung ab, welche von den Ameisen aufgenommen wird. Untersuchungen an den Raupen des Silberbläulings (*Polyommatus coridon*) zeigten deutlich, daß hier eine Futtersymbiose besteht. Manche Ameisenarten bauen regelrechte Ställe, um die Raupen zu schützen. Einige Untersuchungen deuten darauf hin, daß die Tentakelorgane mit Hilfe chemischer Signale Alarmreaktionen bei den Ameisen auslösen. Möglicherweise werden dadurch Feinde noch besser abgewehrt. Der südasiatische Bläuling *Anthene emolus* ist ganz auf das Zusammenleben mit der aggressiven Ameisenart *Ocophylla smaragdina* (Weberameise) angewiesen. Der Falter setzt die Eier auf dicht belauften Ameisenstraßen ab. Die frisch geschlüpften Larven werden von den Ameisen in zusammengefalteten Blättern (Pavillons) untergebracht. Nach der ersten Häutung verlassen sie tagsüber diese Pavillons und werden zum Teil von den Ameisen zum Fressen an junge Blätter und Blütenstände getragen. Als Gegenleistung liefern die Raupen Zuckersekret. Die Verpuppung erfolgt abseits der Fraßstelle. Die frischgeschlüpften Falter besitzen noch keinen Schutz und verbergen sich daher, bis ihre Flügel gebrauchsfertig sind.

(Spektrum der Wissenschaft 5/1988)

Chromosomenkartierung

Bei den meisten der ca. 3000 heute bekannten Erbkrankheiten stellt sich das Problem, daß eines der ungefähr 100 000 Gene auf den 23 Chromosomenpaaren defekt ist. Die biochemischen Vorgänge sind jedoch meist nur lückenhaft bekannt. Man ist in der Lage, ein mutiertes Gen auf einen DNA-Bereich von ca. 1-2 Millionen Basenpaaren Länge einzukreisen. Dazu ist es notwendig, einen an das defekte Gen gekoppelten Marker zu finden. Ist ein solcher Marker gebunden, wird das Gen molekular-biologischen Verfahren zugänglich und läßt sich bei der Weitergabe auf die nächste Generation verfolgen. An der Universität Utah hat man die sogenannte RFLP-Marker (Restriktionsfragment-Längen-Polymorphismus) entdeckt. D. h., die Längen bestimmter Restriktionsfragmente der DNA können variieren. Durch Koppelungsanalysen ist es gelungen, verschiedene defekte Gene aufzuspüren. Je dichter ein solcher Marker an einem bestimmten Gen liegt, um so seltener wird dieser durch ein Crossing-over-Ereignis vom entsprechenden Gen abgetrennt. Ein für die gewünschten Zwecke geeigneter Marker muß zwei Bedingungen erfüllen:

Er muß leicht nachweisbar sein und er muß in mehreren unterscheidbaren Varianten in der Bevölkerung vorkommen. Bis vor wenigen Jahren waren nur 25-30 brauchbare Markersysteme bekannt. Der größte Teil des menschlichen Genoms blieb daher den Koppelungsanalysen verschlossen. Nachdem sich

Überlebensstrategien der Bläulinge

Die Ordnung der Lepidopteren umfaßt mehr als 100 000 Arten. Ihre Artenvielfalt vollzog sich parallel zur Radiation der Blütenpflanzen. Obwohl sie fast alle terrestrischen Lebensräume besiedelt haben, ist ihr Ernährungsverhalten relativ einheitlich geblieben. Die Larven der meisten Arten leben phytophag, die Imagines saugen hauptsächlich Blütennektar und Wasser. Um ihren Freßfeinden und Parasiten zu entgehen, haben sie vielfältige Schutzmechanismen entwickelt. Besonders erfolgreich sind dabei die Familien der Bläulinge mit ihren ca. 6000 Arten. Dieser Erfolg beruht auf einem Zusammenleben der Raupen mit Ameisen (Myrmekophilie). Die einfachste Form des Zusam-

zwei homologe Chromosomen ca. alle 200–500 Basenpaare voneinander unterscheiden, steht ein fast unbegrenztes Angebot an DNA-Markern zur Verfügung, das sich zusätzlich über alle Chromosomen verteilt. Jeder RFLP kennzeichnet einen potentiellen Marker und läßt sich durch Southern-Blotting herausuchen. Die Eignung eines Markers hängt wesentlich von der Anzahl seiner Varianten ab. Je mehr Varianten, desto größer die Wahrscheinlichkeit, daß ein Träger des defekten Gens zwei verschiedene Varianten besitzt. Besonders günstig für eine Koppelungsanalyse erweisen sich Tandem-Wiederholungen in der DNA. Sonden für Marker, die auf Unterschieden in der Anzahl der Tandem-Wiederholungen (VNTRs – variations in the number of tandem-repeats) beruhen, lassen sich systematischer entwickeln. Geschlechtsgebunden vererbte Krankheiten waren die ersten, die mittels RFLP-Analyse aufgespürt wurden. Inzwischen werden immer mehr Krankheiten der Koppelungsanalyse zugänglich. So konnten z. B. die defekten Gene für erblichen Veitstanz, Duchenne-Muskeldystrophie, Potter-Syndrom, zystische Fibrose, progressive septische Granulomatose, periphere Neurofibromatose, erbliche gastrointestinale Polyposis, multiple endokrine Neoplasie II a usw. mittels Koppelungsanalyse lokalisiert werden. Eine ausreichend enge Koppelung zwischen Marker und dem Gen ermöglicht außerdem die Entwicklung diagnostischer Tests. Als weiteres Ziel wird die Erstellung von kompletten Koppelungskarten für das gesamte Genom angestrebt.

(Spektrum der Wissenschaft 4/1988)

Anpassungen beim Goldhähnchen

Goldhähnchen sind in allen ihren Verbreitungsgebieten zahlreich vorhanden, weil sie zum Teil auch extreme Umweltbedingungen erfolgreich meistern. Wintergoldhähnchen und Sommergoldhähnchen sind in vielen Verhaltensweisen sehr ähnlich, in allen partnerbezogenen Äußerungen sind sie jedoch deutlich differenziert. Z. B. der Reviergesang des Wintergoldhähnchens umfaßt nur eine stark frequenzmodulierte Strophe, der des Sommergoldhähnchens umfaßt dagegen 5–6 weniger frequenzmodulierte Strophen. Noch deutlicher sind die beiden Arten durch Verhaltensweisen isoliert, die im Zusammenhang mit der Kopf- und Flügelzeichnung stehen (Imponierverhalten). Die ökologische Differenzierung ist besonders im Bereich der Nahrungsökologie zu erkennen. Wintergoldhähnchen zwingen sich durch engstehendes und dicht benadeltes Geäst und führen an den Zweigspitzen kurze Schwirflüge durch. Sommergoldhähnchen bewegen sich lieber im lockeren Geäst und suchen signifikant häufiger auch Laubbäume auf. Wintergoldhähnchen sind ausgesprochene Nadelwaldspezialisten und bevorzugen kleine Beutetiere. Bei Überwinterung ernähren sie sich vorwiegend von Collembolen. Sommergoldhähnchen sind hinsichtlich des Lebensraumes eher Generalisten, ernähren sich von größeren Beutetieren und wandern im Herbst in klimatisch günstigere Gebiete ab. Goldhähnchen benötigen täglich mindestens ihr Körpergewicht an Nahrung und haben eine geringe Hungertoleranz. Daher müssen in verschiedenen Lebensbereichen besondere Sparmaßnahmen als Überlebensstrategien angewendet werden.

- Die Nester werden aus gut isolierenden Materialien kunstvoll gefertigt und erlauben größere Gelege und kurze Sitzzeiten bei der Bebrütung.
- Die Gelege werden zusätzlich mit den gut durchbluteten Beinen gewärmt.
- Um die Nachkommenszahl zu erhöhen, werden regelmäßig Schachtelbruten angelegt. Sobald die Erstbrut nicht mehr gehudert werden muß, beginnen die Weibchen bereits mit dem Bau eines Zweitnests.
- Obwohl zwischen dem Erst- und dem Letztgeschlüpften ein Schlupfintervall von zwei bis drei Tagen besteht und bei der Erstbrut dazu weitgehend nur das Männchen füttert, haben die „Nesthäkchen“ gute Überlebenschancen. Die gefütterten Jungen drängen im engen, tiefen Nest nach unten in den wärmeren Bereich und heben dabei die noch hungrigen Geschwister hoch.
- Zum Schlafen bilden die Tiere kleine Gemeinschaften, indem die Individuen Gefiederkontakt zu ihresgleichen suchen.

Außerdem läuft der Stoffwechsel auch bei Nacht intensiv weiter. Sie können dabei in einer Nacht ein Gramm Körpergewicht (= 1/5) verlieren.

(Biologie in unserer Zeit 2/1988)

Fruchtbarkeit und Körpergewicht

Untersuchungen an verschiedenen Universitäten und Kliniken lassen einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Fortpflanzungsfähigkeit der Frau und ihrem Körpergewicht erkennen. Menstruationsstörungen, die mit extremer Magerkeit einhergehen, lassen sich auf eine abnorme Tätigkeit des Hypothalamus zurückführen. Der Zusammenhang wurde eher zufällig entdeckt, als man Daten über den globalen Nahrungsbedarf der Weltbevölkerung sammelte. Es zeigte sich, daß ein geringes Nahrungsangebot bei Mädchen die Entwicklungszeit vor der Menarche wesentlich verlängerte. Die für diese Zeit typische starke Gewichtszunahme trat erst bei einem bestimmten Durchschnittsgewicht ein. Bei der rapiden Gewichtszunahme vor der Menarche beträgt der Fettzuwachs ca. 120%, und das Verhältnis von fettfreier Körpermasse zum Körperfett verändert sich dabei von 5 zu 1 auf 3 zu 1. Bei fast allen untersuchten Mädchen stellte sich bei der Menarche ein ähnliches Verhältnis zwischen fettfreier und fettreicher Körpermasse ein, der prozentuale Wasseranteil am Körpergewicht betrug jeweils ca. 55 Prozent, was einem durchschnittlichen Körperfettanteil von 24 Prozent entsprach. In fast allen parallel dazu untersuchten Fällen von Amenorrhoe oder verzögerter Menarche wurde ein Schwellenwert des prozentualen Körperfettanteils unterschritten. Erst wenn die Gewichtszunahme den Körperwasseranteil auf 59,8% sinken (bzw. den Körperfettanteil auf 17% steigen) ließ, stellte sich eine Menarche ein. Vergleiche zeigten, daß Frauen mit Amenorrhoe das für die Menarche notwendige Mindestgewicht um ca. 10% überschreiten müssen, um wieder einen normalen Ovulationszyklus zu haben. Ihr Gesamtkörperwasseranteil muß auf mindestens 56,1% sinken, was einem Körperfettanteil von 22% entspricht. Das Mindestkörpergewicht bewegt sich dabei in einem sehr schmalen Bereich, und eine Gewichtszunahme oder -abnahme um 1,5 kg kann schon zu einem Ein- bzw. Ausschalten des normalen Zyklus führen.

Weiterführende Untersuchungen haben gezeigt, daß das Fett nicht, wie ursprünglich angenommen, nur passive Funktion als Energiespeicher, mechanischer Polster und Isolator hat, sondern auch aktiv am Stoffwechselgeschehen beteiligt ist. Es dient als Lagerstätte für Steroide und beeinflusst die Menge und die Wirksamkeit des im Blut zirkulierenden Östrogens. Im Fettgewebe können außerdem Androgene in Östrogene umgewandelt werden. Vor der Menopause stammt ca. ein Drittel des im Blut befindlichen Östrogens aus dieser Quelle, nach der Menopause sogar der überwiegende Teil. Außerdem entsteht bei magersüchtigen Mädchen eine relativ unwirksame Form von Östrogen, gut ernährte Frauen entwickeln dagegen eine hochwirksame Form und haben zusätzlich einen niedrigeren Spiegel eines sexualhormonbindenden Globulins.

(Spektrum der Wissenschaft 5/1988)

Proteinase-Inhibitoren

Proteinabbauende Enzyme, die Proteinase, spielen im Körper bei der Verdauung, Hormonproduktion, Immunreaktion, Blutgerinnung, Fibrinolyse und anderem mehr eine wesentliche Rolle. Jede proteolytische Reaktion kann aber auch, wenn sie außer Kontrolle gerät, eine große Gefahr darstellen. Durch Proteinase-Inhibitoren im Blut (10% der Gesamtplasmae Proteine) schützt sich der Körper vor zerstörenden Angriffen durch die Proteinase. Sie werden von Leberzellen gebildet und abgegeben. Die wichtigsten Vertreter dieser Stoffgruppe sind der $\alpha 1$ -Proteinase-Inhibitor und das $\alpha 2$ -Makroglobulin. Sie werden an den Ribosomen des rauen ER gebildet, über die ER-Zisternen zum Golgi-Apparat transportiert und dort gespeichert oder gleich sezerniert. Auf dem Weg dorthin werden sie außerdem glykosyliert. Die $\alpha 1$ -Proteinase-Inhibitor-Konzentration im Blutplasma beträgt 1 bis 2 mg/ml und kann bei Entzündungen auf das Zwei- bis Vierfache ansteigen. Der wichtigste Wirkort ist der Alveolarbereich der Lunge. Das kettenförmige Einzelmolekül besitzt im reaktiven Zentrum an der Position 358 ein Methionin. Dadurch bekommt der Inhibitor seine Spezifität und reagiert bevorzugt mit der Leukozyten-Elastase. Wenn durch Mutation an die Stelle des Methionin Arginin tritt (Pittsburgh-Variante), wird statt der Elastase das Thrombin gehemmt. Das Methionin ist relativ oxidationsinstabil. Daher kann die Aktivität des Inhibitors durch die Oxidantienkonzentration im Bereich von Entzündungsherden gesteuert werden. Vom $\alpha 1$ -Proteina-

se-Inhibitor gibt es neben der normalen M-Variante noch zwei genetische Varianten, die Z- und die S-Mutante. Die Genotypen MS und MZ sind am häufigsten. Die Genotypen SZ und ZZ treten in Europa mit der Häufigkeit 1 zu 1000 auf. Viele dieser Menschen entwickeln ein Lungenemphysem oder leiden an schweren Lebererkrankungen, die oft zum Tod führen. Ursache ist jeweils ein starker α 1-Proteinase-Inhibitormangel. Bei Rauchern wird ebenfalls durch Oxidantien des Zigarettenrauches oder der vermehrt in die Lunge zugewanderten Leukozyten der α 1-Proteinase-Inhibitor gehemmt, was ebenfalls zur Entwicklung eines Lungenemphysems führen kann. Beim Genotyp ZZ wird der Inhibitor in den Leberzellen akkumuliert und nur vermindert sezerniert. Das α 2-Makroglobulin ist ein Makromolekül und hemmt die bekannten Endoproteinasen, wird in den Leberzellen produziert und liegt im Plasma in einer Konzentration von 2 bis 3 mg/ml vor. Es besitzt eine „Bait-Region“ (Köder), die durch Proteinasen aktiviert wird und den Inhibitor wie eine Mausefalle zuschnappen läßt. Die eingefangene Proteinase kann keine größeren Proteine mehr spalten, Oligopeptide können jedoch noch hydrolysiert werden. Die biologische Bedeutung des α 2-Makroglobulins beim Menschen dürfte im generellen Schutz vor Proteinasen im Blut und in anderen Körperflüssigkeiten liegen.

(Biologie in unserer Zeit 3/1988)

Burkitt-Lymphom: Ausgelöst durch eine Pflanze?

Vor allem im tropischen Afrika tritt der Burkitt-Tumor epidemisch auf. Innerhalb von wenigen Monaten wachsen bei Kindern und Jugendlichen solche Tumoren in den Lymphknoten (Lymphom) von Gesicht oder Hals zu monströser Größe heran. Unter Cytostatika-Behandlung (Cyclophosphamid, Methotrexat) bilden sie sich rasch zurück. Unbehandelt führen sie im Spätstadium zum letalen Befall des Zentralnervensystems und der Meningen (Hirn- und Rückenmarkshäute).

Das Burkitt-Lymphom (BL) zeigt verschiedene interessante Aspekte: (1) Sein Auftreten in Afrika ist auf die tropische Region beschränkt. (2) Das weltweit verbreitete Epstein-Barr-Virus (EBV) scheint ursächlich an der Tumorentstehung beteiligt zu sein. (3) Massive Malariainfektionen, wie sie im tropischen Afrika bei Kindern häufig vorkommen, scheinen den Ausbruch der Tumorkrankheit zu begünstigen. Trotz zahlreicher Studien ist aber heute das Zusammenspiel der verschiedenen Faktoren beim Zustandekommen der auffällig begrenzten geographischen Verbreitung noch ungeklärt. Es ist denkbar, daß ein bisher noch unbekannter, ursächlich an der Tumorentstehung beteiligter Faktor für das geographisch eingeschränkte Auftreten des BL verantwortlich ist. Eine Forschergruppe aus Kenia (Kenya Medical Research Institute, Nairobi) und drei Gruppen aus Japan (Department of Virology, Cancer Institute, Hokkaido University, Sapporo; Department of Microbiology, Faculty of Medicine, Kyoto University, Kyoto; Department of Food Sciences and Technology, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto) sind dieser Vermutung nachgegangen.

Da natürlich vorkommende Pflanzeninhaltsstoffe bekannt sind, die, wie etwa die Phorbolster, in vitro das Epstein-Barr-Virus aktivieren können, suchten die Forscher nach möglicherweise beteiligten Pflanzen. Es ist bekannt, daß Extrakte aus Euphorbiaceen (Wolfsmilchgewächse), die im tropischen Afrika und in Südchina wachsen, Virus-promovierende Phorbolster enthalten (in Südchina tritt endemisch ein mit dem EBV assoziierter Tumor des Nasenrachenraumes auf). Von 1984 bis 1986 wurde in Kenia und Tansania die geographische Verbreitung verschiedener Euphorbiaceen, ihr Gehalt an EBV-induzierenden Stoffen und die mögliche Exposition der Bevölkerung im Zusammenhang mit dem endemischen Burkitt-Lymphom untersucht. In Dörfern der Region Nyanza und in den Westprovinzen des Beckens des Victoriasees, wo die meisten BL-Fälle Kenias diagnostiziert werden, wächst Euphorbia tirucalli in dichten Beständen. Fast jedes Haus und jedes Feld ist umgeben von einer dichten Hecke dieser Pflanzen. E. tirucalli ist ebenfalls häufig in anderen Regionen von Kenia und Tansania, wo das BL endemisch ist, jedoch nicht in Regionen, wo das Burkitt-Lymphom nicht auftritt. In Extrakten der Stengel und Blätter von E. tirucalli wurde der 4-Desoxyphorbolster identifiziert, der EBV-haltige Zellen durch die Aktivierung des Virus transformiert. Seine Aktivität ist mit der Wirksamkeit des bekannten Tumorpromotors TPA (12-O-Tetradecanoyl-phorbol-13-acetat) vergleichbar. EBV-promovierende Aktivität wurde nicht nur in Pflanzen, sondern auch im Boden, in Gemüsen und in Trinkwasser-Reservoirien gefunden.

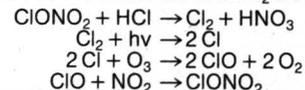
In der Region des Victoriasees wird E. tirucalli im Alltag verwendet, um Halsweh, Kopfweh, Durchfall oder Wunden zu behandeln. Die hochwirksame EBV-induzierende Substanz kann also die Körper der betroffenen Bevölkerung direkt erreichen. Da zudem die Ziegen die frischen Blätter fressen, wird der Promotor auch auf Ziegenfleisch, Ziegenmilch, aber auch auf den Boden, die Gemüse und das Trinkwasser verbreitet.

Laufende Untersuchungen sollen zeigen, wie der Phorbolster, das EBV und die Malariainfektionen zusammenwirken könnten. Es wäre denkbar, daß eine massive Malariainfektion die EBV-spezifische, zelluläre Immunabwehr schwächt und so die von E. tirucalli induzierte Induktion des Burkitt-Lymphoms erleichtert.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 7/1988)

Weshalb bildet sich das „Ozonloch“ über der Antarktis?

Ozon ist ein „Küchenwort“ geworden: In der Atmosphäre zu viel, bewirkt es Smog und schädigt die Natur; in der Stratosphäre zu wenig, filtert es kurzwelliges UV-Licht nicht ausreichend und schädigt wiederum die Natur. Es kann es keinem recht machen. Das Ozonloch über der Antarktis beschäftigt die Wissenschaft seit seiner Entdeckung vor etwa 12 Jahren und die Öffentlichkeit, als diese beunruhigenden Beobachtungen gesichert und ins Unsichere extrapoliert wurden. Jedes Jahr im Beginn des Südherbstes (September/Oktobre) vermindert sich die stratosphärische Ozonschicht erheblich und in dem beobachteten Jahrzehnt zunehmend drastischer; im November gewinnt sie dann wieder ihre normale Stärke. Man hatte sehr frühzeitig Cl-Radikal- (vornehmlich aus in die Luft abgeblasenen, Höhen-UV gespaltenen Fluorchlor-Kohlenwasserstoffen) katalysierte Zersetzung von Ozon nach der Gleichung $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$ im Verdacht, aber keine überzeugende Erklärung für die Chemie, die hinter dem Ganzen steckt. Es müssen nämlich bestimmte heterogene Reaktionen postuliert werden, und die erfordern unwahrscheinliche Dreierstöße hochreaktiver Molekülspezies. Chlornitroxid (ClO) findet sich in hoher Konzentration im Ozonloch, aber nur dann, wenn die Konzentration an Stickoxid-Radikalen niedrig ist. Sonst reagiert es nach $ClO + NO_2 \rightarrow ClONO_2$ zu „Chlornitrat“ ab. Dies ist so lange unschädlich, wie nicht andere Reaktionspartner, die an sich auch nicht unmittelbar mit Ozon reagieren, zugegen sind. Dazu gehört vor allem HCl, mit dem die Reaktion $ClO + NO_2 + HCl \rightarrow HOCl + HNO_3$ an (Eis)oberflächen auch in extremer Kälte ($-90^\circ C$) sehr schnell abläuft. Dabei bleibt das HNO_3 in der Festphase gebunden, während die potentiellen Chlor-Radikalbildner frei werden. Bereits geringe Strahlenintensitäten reichen aus, um aus ihnen Cl-Radikal zu erzeugen, das dann nach der ersten oben gegebenen Reaktion das Ozon abbaut. Die Dreierstoß-Reaktion $ClO + NO_2 + HCl$ ist durchaus plausibel, da ihr eine Bindung der Reaktanden an die Eisoberfläche vorgelagert ist, so daß wir zwei pseudobimolekulare Reaktionen: $ClO/Eis + NO_2/Eis \rightarrow ClONO_2/Eis$ und $HCl/Eis + ClONO_2/Eis \rightarrow HOCl + HNO_3/Eis$ vorliegen haben, wobei zu bemerken ist, daß sich bei sehr niedriger Temperatur, wie sie in den antarktischen Höhenwolken gemessen wird, HCl (und auch HNO_3) gut in Eis löst, also aus der Gasphase extrahiert wird. In diesem HCl/Eis löst sich auch $ClONO_2$, sogar besser als in Eis allein. Insgesamt ist demnach die (traurige) Bilanz des Kreislaufs auf $ClONO_2$ als Carrier:



zusammen: $HCl + O_3 + NO_2 \rightarrow HNO_3 + 2 O_2 + ClO$

Wichtig ist also die Schwellenkonzentration an HCl und eine tiefkühle Eisoberfläche. Das gilt auch, wenn die NO_2 -Spezies N_2O_5 ist usw., nicht aber für eine Reaktion von $ClONO_2$ mit überall verbreiteter H_2SO_4 , die ganz unergiebig ist. Aus den Experimenten wird weiterhin erklärt, weshalb eine analoge Erscheinung nicht in der Arktis beobachtet wird: Es fehlt die kompakte Eiskappe mit der darüber gelagerten sehr kalten Stratosphärennebel-Schicht. Das soll aber nicht zu fahrlässiger Sorglosigkeit verführen.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 7/1988)

Transportwege in der lebenden Zelle

Innerhalb der lebenden Zelle finden laufend komplexe Wanderungen von Vesikeln und Organellen statt. Sie verlaufen bevorzugt entlang intrazellulärer Bahnen, die strahlenförmig vom Zellkern ausgehend den Zell-Leib durchziehen. Auf diesen, durch Mikrotubuli festgelegten Straßen, erfolgt die Wanderung entweder gegen außen (anterograd) vom Zellkern gegen die Zellperipherie oder nach innen (retrograd) von der Zelloberfläche gegen das Zellinnere. Die Aufklärung der den Bewegungen zugrundeliegenden Mechanismen macht derzeit große Fortschritte, vor allem seit es gelang, Partikelbewegungen in vitro zu untersuchen. Als erstes wurde 1985 das Kinesin entdeckt, ein Protein, das die anterograde Verschiebung von Organellen zu bewerkstelligen schien. Nun haben B. Paschal und R. Vallee von der Cell Biology Group an der Worcester Foundation for Experimental Biology (Shrewsbury, Mass., USA) einen weiteren „Protein-Motor“ identifiziert (3). Es handelt sich dabei nicht um ein „neues“ Eiweiß, sondern um einen Vertreter aus der Gruppe der fünf bekannten MAP-Proteine (MAP = microtubuli associated protein), die neben dem Tubulin wichtige Bestandteile der Mikrotubuli darstellen. Gerade die Funktion des nun als Translokator erkannten, in relativ geringen Mengen in den Zellen vorkommenden MAP CI war lange rätselhaft.

MAP CI und Kinesin lassen sich aus der weißen Masse von Kalbsgehirnen isolieren. Um ihre Funktion in vitro zu untersuchen, werden sie als Proteinfilm auf Deckgläser aufgetragen. Auf solche Filme bringt man dann als Mikrotubuli-Probe isolierte Axoneme aus der einzelligen Alge *Chlamydomonas reinhardtii* und verfolgt ihr Verhalten unter dem Mikroskop. Die *Chlamydomonas*-Axoneme sind für diese Versuche günstiger als Mikrotubuli aus Gehirnzellen, weil an den Axonemen die + und - Enden morphologisch unterscheidbar sind. Während das gegen das Zellinnere gerichtete proximale (-)Ende in den Präparationen kompakt bleibt, spaltet das distale (+)Ende etwas auf. Fügt man der Präparation von Axonemen auf MAP CI einen ATP-haltigen Puffer zu, so wandern die Axoneme kontinuierlich in einer definierten Richtung. Dank der morphologisch erkennbaren Polarität der Axoneme erkennt man, daß auf MAP-CI bedeckten Deckgläsern die Axoneme stets mit dem distalen (+)Ende voraus dahingleiten. Da ATP für die Funktion von MAP CI notwendig ist und bei der Proteinisolation eine ATPase-Aktivität mit dem MAP CI isoliert wird, dürfte MAP CI eine Mikrotubuli-assoziierte ATPase sein. Die Geschwindigkeit ist etwa 1,25 µm pro Sekunde, also etwa gleich der Bewegungsgeschwindigkeit von Organellen in der lebenden Zelle. Es ist daher anzunehmen, daß MAP CI der molekulare Motor sein könnte für Endocytose (Aufnahme von extrazellulärem Material durch bläschenförmige Einstülpungen der Zellmembran), den raschen retrograden Transport in Neuronen und möglicherweise auch der Positionierung des Golgi-Apparates und der Lysosomen in der Nähe des Zellkerns.

Untersucht man andererseits die Bewegung der Axoneme auf Deckgläsern, die mit Kinesin bedeckt sind, in einem Puffer mit GTP (Guanosintriphosphat), so wandern die Axoneme in der umgekehrten Richtung. Kinesin ist also, wie vermutet, der Motor für die anterograde Bewegung gegen die Zellperipherie.

Diese neuesten Befunde geben einen erfolversprechenden Ansatz zur genaueren Aufklärung der verschiedenartigsten Bewegungsvorgänge innerhalb lebender Zellen. Wir werden wohl nicht nur Genaueres erfahren über den Transport von Organellen in der Zelle, sondern auch über die Bewegungen der Chromosomen in Mitose und Meiose.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 8/1988)

Dem Faltungscode auf der Spur

Seit Watson und Crick 1953 ihre Ergebnisse zur molekularen Struktur der Desoxyribonucleinsäure (DNA) veröffentlichten und wenig später auch die genetische Relevanz dieser Entdeckungen aufzeigten, wurde der Weg vom Gen zum Protein eingehend studiert und ist heute auch zu einem ansehnlichen Teil verstanden.

Jeder Molekularbiologe arbeitet inzwischen mit der Erkenntnis, daß die „Sprache der Erbsubstanz“, der genetische Code, aus vier Buchstaben, den Nucleotiden Adenin, Cytosin, Thymin

und Guanin besteht. Jeweils die Aufeinanderfolge von drei dieser Bausteine definieren eine Aminosäure im Protein. Ein Gen wird also dergestalt in ein Protein übersetzt, daß sich die Reihenfolge der Aminosäuren kolinear von der Sequenz der Nucleotid-Dreierfolgen (Codons) ableiten läßt. Da für die 20 Aminosäuren mit insgesamt 64 Nucleotidtriplett-Kombinationen zu viele Möglichkeiten offenstehen, gibt es Aminosäuren, die von der Zellmaschinerie bei verschiedenen Codons eingebaut werden (ein Codon definiert außerdem den Anfang eines Gens, drei andere können den Endpunkt markieren).

Wenn mit der kolinearen Synthese die Proteinherstellung abgeschlossen wäre, müßten die Proteine als fädige Moleküle in der Zelle vorliegen. Genau das ist aber nicht der Fall. Alle Proteine nehmen definierte Zustände höherer Ordnung an, werden nach einem bestimmten Bauprinzip zusammengeknäuel. Zudem gibt es viele Proteine, die aus mehreren dieser jeweils korrekt gefalteten Unterproteine bestehen.

Eine Reihe von typischen Proteinstrukturen kann heute zwar vom Computer aus der Aminosäurereihenfolge vorhergesagt werden, aber die Mechanismen, die dazu führen, daß ein Protein so und nicht anders gefaltet wird, sind noch recht unverständlich. Dies um so mehr, als es Eiweiße gibt, die immer in nur einer Konformation vorkommen, welche, vom thermodynamischen Standpunkt aus, während der Faltung gar nicht die günstigste ist. Erst nachdem das Molekül die Endform im Raum eingenommen hat, sind diese Strukturen stabilisiert.

Nun allerdings sieht es so aus, als ob die Biochemiker im Verständnis der Proteinfaltung bald ein gutes Stück vorankommen werden. Seit vielen Jahren ist bekannt, daß Nucleotidtripletts, die in einem Organismus für ein und dieselbe Aminosäure codieren, nicht, wie man zunächst erwarten sollte, mit gleicher statistischer Häufigkeit vorkommen. Dies ist auch der Grund, warum Molekularbiologen, wenn sie ein synthetisches Gen durch Mikroorganismen in Protein übersetzen wollen, die DNA so synthetisieren, daß möglichst viele solcher Codons enthalten sind, die in den mikrobeneigenen Genen oft vorkommen. Dadurch können die entsprechenden Aminosäuren-Transportmoleküle (tRNA), für die es je Triplet einen Typ gibt, immer genug Proteinbausteine heranschaffen, und das Protein wird in großer Menge hergestellt. Das heißt, daß die Konzentration an neuem Protein unter anderem von der gewählten genetischen Sprache (codon usage) ebenso abhängt wie von der Zusammensetzung des tRNA-Pools in der Zelle.

Ian Purvis und Mitarbeiter an der Universität Glasgow (Schottland) machten vor kurzem die Entdeckung, daß im Gen für das Protein Pyruvatkinase der Bäckerhefe an einer Stelle fünf Codons hintereinanderliegen, die in der Hefe sonst nur sehr selten vorkommen. Auffallend schien den Autoren zudem, daß sich diese seltene Konstellation mit der Proteinstruktur korrelieren ließ: Das Protein selbst ist aus drei Domänen, einer zentralen und zwei peripheren aufgebaut. Die Codons für die seltenen Aminosäuren liegen in der Pyruvatkinase-Erbanlage just an der Stelle, wo sich im kolinearen Proteinmolekül der Übergang zwischen der zentralen und einer der peripheren Domänen befindet.

Purvis folgerte, daß wenn nun von diesem Gen eine Kopie gemacht wird (mRNA), die von der Zelle zur Übersetzung des Erbmateri als Protein verwendet wird, und wenn diese Kopie eben diese fünf seltenen Codons hintereinander trägt, dann würde an dieser Stelle die Proteinsynthese sehr langsam verlaufen, weil zu wenige entsprechende tRNAs zur Verfügung stehen. In dieser Pause könnte sich der schon synthetisierte Teil der Aminosäurenkette falten, wie es die thermodynamischen Gesetze diesem (partiellen) Protein befehlen. Dabei sind vor allem elektrostatische, aber auch hydrophil-hydrophobe Wechselwirkungen entscheidend. Damit könnten auch Konformationen angenommen werden, die, wenn das Protein schließlich fertiggestellt ist, für sich gesehen eher instabil erscheinen. Zudem würde dieser Faltungsmechanismus entscheiden, welche Konformation bei mehreren möglichen tatsächlich die „Richtige“ ist. Die Theorie legt nahe, daß es Eiweiße gibt, bei denen die Proteinsynthese nach der „Pause“ mit normaler Geschwindigkeit weiterläuft, bis eine seltene Codonfolge erneut einen kurzen Stopp verursacht.

Wenn sich herausstellen sollte, daß dieser Mechanismus allgemein gültig ist, dann hätte das direkte Folgen für die Herstellung von Proteinen über rekombinante DNA mit Hilfe der Gentechnik. Wird nämlich beispielsweise ein menschliches Protein in das Bacterium *Escherichia coli* eingeschleust und dort auch tatsächlich die richtige Aminosäurenkette synthetisiert, so ist dennoch die richtige Faltung nicht von vornherein gewährleistet: Es kann davon ausgegangen werden, daß die codon usage und die Zusammensetzung des tRNA-Pools in den beiden Organismen unterschiedlich sind. Um die richtige Faltung zu

gewährleisten (die für die Aktivität unabdingbare Voraussetzung zu sein scheint), müßte also erst die Triplet-Reihenfolge im menschlichen Gen auf die entsprechende Codon-Häufigkeit und die Zusammensetzung des tRNA-Pools im Menschen bezogen werden. Die Codons im Gen müßten die Genetiker dann in die entsprechenden gleich häufigen Codons der Mikrobe übersetzen, wobei sie auch noch Daten über die Häufigkeit der verschiedenen tRNAs pro Codon in der Bakterienzelle beachten müßten.

Freilich trifft diese Beschränkung nicht für jede rekombinante DNA zu. Die Vergangenheit hat gezeigt, daß in vielen Fällen aktive Proteine auch höherer Organismen über neukombinierte Erbsubstanz in Bakterien hergestellt werden können. Aber in den Fällen, wo bisher Gene in „fremden“ Organismen (heterologen Systemen) nicht aktives Protein hervorbrachten, könnte die schottische „Faltungstheorie“ vielleicht weiterhelfen, eine Theorie, die sich gut in die schon bekannten, die Konformation regulierenden Systeme einfügt.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 8/1988)

Skorpione lebten im Wasser

Skorpione sind nach den jüngsten paläontologischen Untersuchungen von den Systematikern bisher falsch eingeordnet worden. Die heute oft in trockenen bis wüstenhaften Gebieten lebenden Skorpione werden üblicherweise zu den Spinnentieren (Arachniden) gestellt, da sie mit echten Spinnen, Weberknechten und Milben näher verwandt zu sein schienen. Doch diese Einordnung sei künstlich und basiere weitgehend auf der ökologischen Einteilung rezenter Spinnentiere. Arachniden werden allgemein als der zum Landleben übergegangene Zweig der Cheliceraten angesehen, und die heute noch lebenden, ausschließlich terrestrischen Skorpione ließen sich problemlos in dieses Schema pressen. Die über zwei Jahrzehnte dauernden Forschungen des inzwischen verstorbenen Paläontologen E. N. Kjellesvig-Waering, die kürzlich von seinen Mitarbeitern Kenneth und Anneliese Caster (Paläontologisches Institut, Universität Cincinnati) veröffentlicht wurden, klären die systematische Stellung anhand fossiler Skorpione. Das umfassende Werk, in dem allein 30 bisher unbekannte fossile Gattungen und Arten beschrieben werden, berichtet nicht nur die Ansicht, Skorpione seien artenarme und wenig entfaltete Cheliceraten, sondern auch die Lehrbuchweisheit, Skorpione seien ausschließlich Luftatmer. Tatsächlich atmeten die meisten Skorpione mittels Kiemen; jedoch starben diese wasserlebenden Formen nach der Trias aus. Die Skorpione sind daher als Schwestergruppe zu den Eurypterida anzusehen, einer ebenfalls ausgestorbenen Arthropodengruppe, die aber mit den Pfeilschwänzen (Xiphosura) verwandt ist. Damit ist die übliche Zweiteilung der Chelicerata in die marinen Merostomata (Xiphosuren und Eurypteriden) auf der einen Seite und andererseits die meist landlebenden Arachniden (Skorpione, Spinnen und Milben) hinfällig.

Schwierigkeiten bei der Untersuchung fossiler Skorpione entstanden vor allem dadurch, daß die meisten ausgestorbenen Skorpione wie die übrigen Cheliceraten trotz ihrer aquatischen Lebensweise kein mineralisiertes Exoskelett besaßen. Damit die schlechter fossilisierenden Weichteile der Tiere überdauern, bedarf es daher besonders glücklicher Umstände. Kjellesvig-Waering fand dennoch Skorpione bereits in Silur-Gesteinen; allerdings wird ein noch früherer Ursprung angenommen. Die ausschließlich luftatmenden Skorpione dagegen finden sich erst seit dem Karbon; sie besaßen ähnlich den rezenten Skorpionen Öffnungen in den Chitinplatten des Hinterleibs, die zu sogenannten Buch-Lungen führten. Die Abdominalstrukturen anderer fossiler Skorpione waren analog zu den luftatmenden Formen ebenfalls als Hinterleibsplatten mit lungenartigen Öffnungen interpretiert worden. Kjellesvig-Waering fand dann aber erstmals Plattenstrukturen, die eher an die von marinen Eurypteriden erinnern. Beim paläozoischen Skorpion *Tiphoscorpio* konnte er Reste lamellenartiger Respirationsorgane an den Platten nachweisen, die von Kiemen stammen und auf ein Leben im Wasser hinweisen. Auch die Art *Paraisobuthus* aus dem Karbon wies kiemenartige Strukturen auf, wie sie von einigen ausgestorbenen Eurypteriden bekannt sind. Über die Umstellung von Kiemen- auf Lungenatmung aber läßt sich bisher nur spekulieren. Kjellesvig-Waering vermutete, daß die Skorpione dabei ihre Abdominalplatten zum Teil vollständig reduzierten, während sich an den Hinterleibs-

platten Öffnungen bildeten, die Verbindung zu den entstehenden Buch-Lungen aufnahmen.

Sedimentologische Untersuchungen und ein Vergleich der übrigen in den Ablagerungen gefundenen Fauna stützen die Belege, daß Skorpione ursprünglich wasserlebend waren; einige Formen, wie *Palaeoscorpilus* und *Palaeophonus*, könnten sogar im Meer gelebt haben. Verbunden mit einer aquatischen Lebensweise lassen sich dann auch den kammartigen Pektien auf der Bauchseite, die den heutigen Skorpionen als Mechanorezeptoren dienen und vermutlich aus Extremitäten hervorgegangen sind, eine ursprüngliche Rolle bei der Fortpflanzung zuschreiben, ähnlich wie bei rezenten Pfeilschwänzen.

Die deutlichen morphologischen Übereinstimmungen zwischen aquatischen Skorpionen und Eurypteriden zeigen nicht nur, daß diese Ordnungen nahe miteinander verwandt sind, sondern unterstützen zudem die von Systematikern geforderte Trennung auch der Eurypteriden von den Xiphosuren, die dann lediglich als eine ursprüngliche Schwestergruppe anzusehen wären.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 8/1988)

Wie töten Killerzellen Tumorzellen

Natürliche Killerzellen (NK-Zellen) töten allogenetische Tumorzellen, ohne vorher gegen diese Zellen spezifisch sensibilisiert werden zu müssen. Die Cytotoxizität der NK-Zellen wird im Gegensatz zu den T-Lymphocyten (Träger der zellulären Immunität) nicht durch die Oberflächenantigene des Haupt-histokompatibilitätskomplexes (MHC) gesteuert. Deshalb spricht man auch von „Natürlicher Immunität“ und nennt diese Zellen „Natürliche Killerzellen“. Die physiologische Rolle dieser Zellen ist auch gegenwärtig weitgehend unbekannt.

Jedoch gibt es Anzeichen dafür, daß NK-Zellen und T-Lymphocyten eine gemeinsame Vorläuferzelle in der frühen Phase der Blutbildung besitzen. So zeigen T- und NK-Zellen eine gewisse Übereinstimmung in ihren Oberflächenantigenen. Zur Unterscheidung, ob es sich um eine T- oder NK-Zelle handelt, kann das Antigen CD₃ herangezogen werden. Dabei handelt es sich um einen Glykoproteinkomplex, der mit dem T-Zell-Antigen-Rezeptor assoziiert ist.

L. Lanier und Mitarbeiter (Dickinson Monoclonal Center, Mountain View, Cal.) schlugen vor, statt der Bezeichnung „Natürliche Killerzellen“ den Namen „nicht MHC eingeschränkte Cytotoxizität“ zu verwenden. Dabei unterscheiden sie zwischen einer Major- und Minor-Fraktion. Zur Minor-Fraktion gehören „nicht MHC eingeschränkte cytotoxische T-Lymphocyten“. Diese NK-Zell-Subpopulation exprimiert auf ihrer Oberfläche den CD₃/Ti-Rezeptor und erkennt über diesen Rezeptor die zu zerstörende Zielzelle. Zur Major-Fraktion gehören NK-Zellen, die völlig andere Eigenschaften zeigen als die T-Zell-Linien. Die Struktur für die Zielzellerkennung ist bei diesen NK-Zellen noch nicht eindeutig identifiziert.

NK-Zellen lassen sich durch Interferon α und Interleukin-2 (IL-2) aktivieren, wodurch auch deren Cytotoxizität steigt. Erhalten die Zellen in der G₀- oder G₁-Phase ihres Wachstumszyklus IL-2, so exprimieren sie in der G₂- und M-Phase den IL-2-Rezeptor. Wahrscheinlich ist auch in vivo ein hoher IL-2-Spiegel zur Aktivierung der NK-Zellen nötig.

Auch das Leukocyten-Funktions-Antigen-1 (LFA-1) befindet sich auf der Oberfläche von NK-Zellen. LFA-1 gehört zur Familie von hochmolekularen Struktur- und Funktionsoberflächenantigenen. Ein gegen LFA-1 gerichteter monoklonaler Antikörper inaktiviert cytotoxische T-Lymphocyten, wodurch sie ihre Zielzellen nicht zerstören können. Auch für NK-Zellen wird ein solcher Mechanismus diskutiert.

Andere Berichte behaupten, daß NK-Zellen den Transferrinrezeptor (TFR) als Target auf der Zelloberfläche der Zielzelle erkennen. Der TFR bindet das mit Eisen beladene Transferrin und transportiert Eisen in die Zelle hinein. Eisen ist essentiell für Zellfunktionen, zum Beispiel bei der DNA-Syntheseregulation. Um diese These zu prüfen, infizierten M. Salom und Mitarbeiter (Universität Birmingham) 6 Lymphocyten-Linien mit Epstein-Barr-Viren. Primär stammten diese Lymphocyten aus dem peripheren Blut eines Menschen. Damit sollten Unterschiede, die sich direkt auf die Targetstruktur der Zelloberfläche beziehen, vermieden werden, so daß die Zellen primär die gleiche Empfindlichkeit gegenüber NK-Zellen besaßen. Die 6 Zelllinien dienten als Target für allogenetische NK-Zellen. Gleichzeitig wurde die Dichte des TFR auf der Oberfläche der einzelnen

Zelllinien bestimmt. Das Ergebnis dieser Experimente zeigt, daß keine Beziehung zwischen der ermittelten Abtötungsrate von Target- durch NK-Zellen und der TFR-Dichte auf den Targetzellen besteht. Salmon schließt daraus, daß die NK-Zellen nicht mit dem TFR reagieren und damit auch nicht über diesen Rezeptormechanismus die Targetzelle zerstören.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 8/1988)

Insertionsmutation erstmalig beim Menschen entdeckt

Über die von Genetikern lange erwartete Entdeckung einer Mutation beim Menschen, die durch den Einbau fremder DNA in ein menschliches Gen entstanden ist, berichten H. H. Kazazian und Mitarbeiter (Johns Hopkins University School of Medicine, Baltimore, Maryland/USA). Spätestens nachdem Barbara McClintock 1983 für ihre Entdeckung beweglicher genetischer Elemente mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurde, waren die durch den „genomic stress“ zum Springen induzierten Gene (die „jumping genes“) in aller Munde. Bald machte sich jedoch eine gewisse Resignation breit, indem die bei einer Pflanze (Mais, *Zea mays*), bei einem Bacterium (*E. coli*) und bei einem Insekt (*Drosophila melanogaster*) eingehend untersuchten mobilen Sequenzen beim Menschen zu fehlen schienen. Nun zeigen die Untersuchungen der amerikanischen Forschergruppe, daß derartige Insertionsmutationen auch beim Menschen vorkommen.

Die Hämophilie A ist eine X-chromosomal vererbte Krankheit, bei der wegen des Fehlens des Faktors VIII die Blutgerinnung gestört ist. Das Gen, das für den Faktor VIII codiert, wurde kloniert und charakterisiert, und eine Reihe von Gen-Defekten, die zur Hämophilie A führen, wurde identifiziert. H. H. Kazazian und seine Mitarbeiter haben die DNA von 240 nicht verwandten Männern mit Hämophilie A und einem Defekt im Faktor VIII untersucht. Dabei fanden sie bei 15 Patienten größere Deletionen (Fehlen längerer Basensequenzen im Gen) und bei 12 Patienten Punktmutationen (Veränderungen in einem Basenpaar). In zwei Fällen fanden sie Insertionen (zusätzliche DNA) im Exon 14 (codierende Sequenz) des Faktor-VIII-Gens. In einem Fall entdeckten sie eine Insertion von rund 3800 Basen (3,8 kb), im anderen von 2,3 kb. In beiden Fällen scheint es sich um Neumutationen zu handeln (wobei allerdings eine Mosaik-Mutation bei der Mutter nicht ausgeschlossen werden kann). Beide Fälle zeigten eine schwere Form der Hämophilie A, und bei beiden war kein Faktor VIII nachweisbar.

Die veränderte DNA-Region der beiden Mutationen wurde kloniert und sequenziert. Die Daten zeigen, daß in beiden Fällen Teile einer L-1-Sequenz ins Gen eingebaut wurden. Die L-1-Sequenzen sind eine für den Menschen spezifische Familie von langen, repetitiven Elementen, die verstreut über das ganze Genom in etwa 10^5 Kopien vorkommen. Die gesamte Länge einer L-1-Sequenz ist 6,1 kb, aber die Mehrzahl der L-1-Elemente ist am 5'-Ende verkürzt (darum findet man im menschlichen Genom die 3'-Enden fünfmal häufiger als die 5'-Enden). Die Nucleotidsequenz der L-1-Elemente enthält eine Adeninreiche Sequenz am 3'-Ende und zwei lange offene Leseraster (open reading frames; orf-1 und orf-2), von denen das zweite für ein Polypeptid codieren dürfte, welches Sequenzhomologien mit der reversen Transkriptase aufweist. Diese Struktur legt nahe, daß es sich bei den L-1-Elementen um eine nichtvirale Gruppe von Retrotransposons handeln dürfte.

Kazazian und seine Mitarbeiter zeigen nun, daß Insertionen von L-1-Elementen ins Exon 14 des Faktors VIII den 3'-Teil der L-1-Sequenz (mit dem Poly-[A]-Teil) enthalten und Verdopplungen der Einbauregion verursachen. Eine eingehende Analyse der Basensequenzen der Insertionen macht wahrscheinlich, daß diese menschlichen L-1-Sequenzen entweder durch den Einbau einer RNA-Zwischenstufe oder einer cDNA in die codierende Sequenz des Gens zustande kamen. Dieser erste Nachweis einer nichtviralen Insertion, die nicht durch asymmetrische Crossing-over in repetitiven Sequenzen zustande kamen, ist sehr wichtig für die Humangenetik wie auch für die genetische Toxikologie. Damit wurde ein beim Menschen bisher unbekannter Mutationsmechanismus, der etwa bei der Entstehung der spontanen Mutationen bei *Drosophila* eine bedeutende Rolle spielt, aufgefunden. Es gilt jetzt bei der Beurteilung der Gefährdung des Menschen durch genotoxische Agenzien (Strahlen und Chemikalien) und bei der chemischen Initiation

der Karzinogenese den provozierten Einbau falscher DNA-Sequenzen in nukleäre Gene mitzuberücksichtigen. Man fand denn auch bereits beim Hund eine in die unmittelbare Nähe des *mac*-Onkogens gesprungene L-1-artige Sequenz, die zu übertragbaren Tumoren der Geschlechtsorgane beider Geschlechter führt.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 7/1988)

Alzheimer-Krankheit

1907 hat der deutsche Nervenarzt Alois Alzheimer (1864 bis 1915) den Fall einer Patientin beschrieben, die mit 51 Jahren einen starken Abfall ihrer geistigen Leistungsfähigkeit zeigte, wie er sonst für wesentlich ältere Personen typisch ist.

Sie mußte in eine Nervenheilanstalt aufgenommen werden, wo sich ihr Zustand weiter verschlechtert hat. Nach vier Jahren ist sie gestorben. Bei der Obduktion wurden charakteristische krankhafte Veränderungen im Gehirn gefunden: Faserknäuel im Inneren von Nervenzellen und plättchenförmige Ablagerungen außerhalb der Zellen.

Heute weiß man, daß diese Ablagerungen aus Amyloid (ein stärkeähnlicher Eiweißkörper) bestehen. Amyloide werden beim Abbau von wesentlich größeren Vorläufermolekülen gebildet, deren Funktion und genaue Zusammensetzung nicht geklärt ist. Über die Ursachen der Alzheimer-Krankheit ist noch nichts bekannt; man weiß nicht, ob die Ablagerungen Folgen einer überhöhten Produktion der Vorläufersubstanz sind, welche die Abbaumechanismen überfordert, oder ob sie durch einen Fehler bei der Produktion oder beim Abbau der Vorläufersubstanz verursacht werden. Tatsache ist jedenfalls, daß derartige Ablagerungen in großer Zahl auch bei der Obduktion von Gehirnen alter Personen gefunden werden, die an Demenz gelitten haben, insbesondere in jenen Gehirnregionen, die für Assoziation, Gedächtnis und Raumorientierung zuständig sind.

Bei Personen, bei denen die Krankheit schon in mittleren Jahren auftritt, hat dies offenbar genetische Ursachen. Fast immer findet man beim Studium der Familiengeschichte Vorfahren oder Verwandte mit der gleichen Erkrankung. Aller Wahrscheinlichkeit nach handelt es sich um einen dominant vererbten Fehler, der auf Chromosom 21 lokalisiert ist, möglicherweise um die Verdopplung eines Gens. Chromosom 21 ist jenes kleine Chromosom, das bei Menschen, die an Down-Krankheit („Mongolismus“) leiden, dreifach vorhanden ist. Tatsächlich zeigen fast alle diese Patienten schon in relativ jungen Jahren zusätzlich Demenzercheinungen vom Alzheimer-Typ.

Bei der viel größeren Zahl von Personen, die erst in höherem Alter von der Alzheimer-Krankheit befallen werden, ist ein genetischer Faktor oft nicht nachweisbar. Angaben verschiedener Kliniken über eine erkennbare genetische Komponente gehen weit auseinander und reichen von 5 bis 75 Prozent. Die Konkordanzrate bei eineiigen Zwillingen liegt unter 50 Prozent, wobei allerdings nicht feststellbar ist, ob nicht manche der Gesunden auch von der Krankheit befallen worden wären, wenn sie länger gelebt hätten.

Alzheimerartige Ablagerungen enthalten eine deutlich erhöhte Konzentration von Aluminium; es ist aber nicht klar, ob dies eine Ursache, eine Folge oder eine Begleiterscheinung der Krankheit ist. Vergleichende Untersuchungen an Bevölkerungsgruppen, deren Trinkwasser unterschiedliche Mengen von Aluminium enthält, haben keine eindeutigen Ergebnisse gebracht. Langjährige Dialysepatienten, die in der Regel ständig aluminiumhaltige Medikamente einnehmen, leiden relativ oft an Demenzercheinungen. Es ist aber nicht feststellbar, ob dies eine Folge des Aluminiums oder eine Begleiterscheinung der Nierenfunktionsstörung ist.

Die Mehrheit der Alzheimer-Kranken sind Frauen. Zu den Menschen mit einer erhöhten Anfälligkeit für die Krankheit gehören Personen, die an Unterernährung, insbesondere Kalkmangel, gelitten haben, Personen mit Kopfverletzungen (unabhängig vom Ort der Verletzung), Menschen, die von einer relativ alten Mutter geboren wurden, und ferner bestimmte Berufsgruppen, die häufig mit vibrierenden Werkzeugen oder mit bestimmten organischen Lösungsmitteln zu tun haben.

Geringe geistige und/oder körperliche Aktivität scheint die Entstehung und insbesondere das progressive Fortschreiten der Krankheit zu fördern, ist aber vermutlich selbst schon ein Symptom für das Frühstadium der Erkrankung. Ein Bericht, daß man bei einer Gruppe von Freiwilligen zwischen 55 und 70 Jahren nach vier Monaten mit aerobischer Gymnastik wesentlich bessere Ergebnisse bei verschiedenen Tests des Gedächtnisses, der Reaktionszeit usw. erhielt als bei einer Kontrollgruppe ohne Gymnastik, wirft die Frage auf, ob nicht schon allein die Tatsache, daß jemand an einem solchen Training teilnehmen

kann, eine Selektion darstellt; denn es gibt eben viele alte Leute, die wegen des Zustandes ihres Kreislaufes, ihrer Gelenke oder aufgrund anderer Beschwerden kaum mehr Gymnastik betreiben können, auch wenn sie gerne wollten.

Insgesamt herrscht die Meinung vor, daß die Alzheimer-Krankheit bei alten Personen vermutlich in den meisten Fällen durch ein Zusammenwirken von genetischen Faktoren und Umwelteinwirkungen zustande kommt.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 7/1988)

Kurznachrichten

Synthetisches Eiweiß als Sonnenschutz. Sonnenstrahlung der ungeschützten Haut kann nicht nur zu Sonnenbrand führen, sondern birgt auch das Risiko der Auslösung von Hautkrebs. Der Peptidchemiker Victor J. Hruby (University of Arizona, Tucson, USA) beschritt einen neuen Weg zur Entwicklung eines Sonnenschutzes. Er synthetisierte das Hormon, das die melaninbildenden Zellen stimuliert (alpha-melanocyte stimulating hormone MSH). Da dieses Hormon die Melanocyten in der Haut zur Melaninbildung anregt, sollte es einen perfekten natürlichen Schutz bewirken und zudem die Anwender vor Hautkrebs schützen.

MSH ist, wie alle Tierversuche zeigen, eine im Körper langlebige, nicht toxische, nicht krebserregende und für die Haut als Wirkungsort spezifische Substanz. V. J. Hruby versichert, daß MSH die Blut-Hirn-Barriere nicht überschreitet. Die klinische Erprobung am Menschen wird bald beginnen, und man hofft, daß diese neuartige Sonnenschutzcreme in drei bis sechs Jahren auf den Markt kommt.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 5/1988)

Herzinfarkt-Risikopatienten. Mit einem neuartigen Verfahren gelang es Dr. Antony Campbell und seiner Frau Dr. Stephanie Mattews (University of Wales, College of Medicine), Patienten zu identifizieren, bei denen nach einem Herzinfarkt Probleme zu erwarten sind. Die neue Methode erlaubt es, freie Radikale (außerordentlich reaktive Verbindungen mit ungerader Elektronenzahl) in geringsten Konzentrationen nachzuweisen, die beim Herzinfarkt und bei rheumatischen Erkrankungen Gewebeschädigungen auslösen. Bisher muß für medizinische Untersuchungen von Radikalbildungen in Zellen der notwendige Wirkstoff aus Bohrmuscheln gewonnen werden. Diese synthetisieren diesen Wirkstoff, wenn sie am Siphon gezwickt werden, so daß das ganze Tier grünlich aufleuchtet und eine leuchtende Wolke emittiert, in der Radikale zur Lichtemission führen. Man hofft, daß dieser Radikaldetektor bald auf gentechnischem Weg hergestellt werden kann.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 5/1988)

Krebs durch chloriertes Wasser. Nach Angaben von R. F. Christman (University of North Carolina) und Helene Horth (Medmenham Laboratory, England) kommt es bei Chlorierung von Trinkwasser zu Reaktionen mit Huminsäuren, die heute faktisch in allen Oberflächen- und Grundwässern enthalten sind. Dabei entstehen Hunderte von chlorierten organischen Verbindungen, von denen sich eine Anzahl bei Tests mit Bakterien als mutationsauslösend erwiesen hat. Ein besonders starkes Mutagen ist ein vor kurzem auch im Trinkwasser nachgewiesenes Chlorfluoron. Epidemiologische Studien in den USA haben zu dem Verdacht geführt, daß etwa 10 bis 20% aller Fälle von Dickdarm- und Mastdarmkrebs auf im Trinkwasser enthaltene krebserregende Substanzen zurückzuführen sind. Einerseits ist ein völliges Ausfiltern der Huminsäuren unmöglich, und andererseits kann wegen der Infektionsgefahr auf die Chlorbeigabe nicht verzichtet werden. Andere Desinfektionsmittel, wie Ozon, sind teuer und führen vermutlich ebenfalls zu Reaktionen mit den Huminsubstanzen und wahrscheinlich auch zur Bildung von krebserregenden Verbindungen.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 4/1988)

Königspinguine. Durch verbesserte Verfahren konnten Daten beschafft werden, die über die Nahrungssuche bei Königspinguinen Aufschluß geben, wenn sie Junge haben. Sie schwimmen mit einer mittleren Geschwindigkeit von 9 km/h durch das Wasser. Bei kleinen Jungen bleiben sie bis zu 13 Tagen aus, bei größeren Jungen etwa 4 Tage. Etwa ein Drittel dieser Zeit schwimmen sie und entfernen sich dabei bis zu 300 km vom Nistplatz.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 6/1988)

Tumor-Nekrose-Faktor. Bereits vor der Jahrhundertwende beobachteten einige Ärzte, daß sich bösartige Tumoren bei Ausbruch einer bakteriellen Infektionskrankheit zurückbildeten. Einiges deutete darauf hin, daß die Bakterien die Geschwülste nicht direkt zum Absterben brachten, sondern nur die körpereigene Abwehr mobilisieren. Es stellte sich im Tierversuch heraus, daß im Laufe von bakteriellen Infektionen ein Polypeptid gebildet wird, das bei Mäusen Tumoren absterben läßt. Dieser Tumor-Nekrose-Faktor wird gegenwärtig auf seine Eignung für die Krebstherapie des Menschen geprüft. Es zeigte sich ferner, daß diese Substanz zur Gruppe der Cytokinen gehört und auch eine zentrale Rolle bei der Regulation von Entzündungs- und Immunreaktionen spielt. Außer dem TNF sind auch einige andere Cytokine für ihre Antikrebse Wirkung bekannt, z. B. Interferon. Tests ergaben, daß TNF und Interferon synergistisch wirken. Interferon hat jedoch artspezifische Wirkung, TNF dagegen nicht. Der menschliche TNF ist ein aus 157 Aminosäuren bestehendes Protein, dessen Aminosäuresequenz mittlerweile zur Gänze aufgeklärt ist. Weiters ist es gelungen, das TNF-Gen zu klonieren. Der TNF und das Interleukin-1 aktivieren die Endothelzellen, damit Granulozyten besser anhaften können. Außerdem wird die Wanderung der Granulozyten in das geschädigte Gewebe gefördert, die Aktivität der T-Lymphozyten gesteigert und die Antikörperproduktion der B-Lymphozyten beeinflusst. Neuere Untersuchungen bringen den TNF allerdings auch mit negativen Begleiterscheinungen unserer Abwehrreaktionen in Zusammenhang.

So trägt der TNF möglicherweise zur Kachexie bei. Zu hohe Dosen erwiesen sich im Tierversuch als tödlich, während geringe Dosen vor bakteriellen Infektionen und Tumorstadium schützten. In welcher Weise TNF auf Tumoren wirkt, ist zur Zeit noch nicht ganz geklärt, und man ist dabei, eine Reihe von theoretischen Überlegungen zu überprüfen. Zusätzlich laufen an verschiedenen medizinischen Zentren erste klinische Tests, um den TNF zur Krebsbehandlung einzusetzen.

(Spektrum der Wissenschaft 7/1988)

Kaschmirwolle. Eine neue Ziegenrasse, die Kaschmirwolle wie Ziegen in einigen asiatischen Ländern liefert, soll durch Kreuzung schottischer Ziegen mit Rassen aus Island, Tasmanien und Neuseeland gezüchtet werden.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 6/1988)

Spaltöffnungszahl und CO₂-Konzentration. Die CO₂-Konzentration der Erdatmosphäre steigt derzeit um durchschnittlich 1,5 ppm pro Jahr, gegenwärtig beträgt der Gehalt 348 ppm (0,0348%). F. J. Woodward (University of Cambridge, England) untersuchte Blätter verschiedener Holzpflanzen aus englischem Herbarmaterial und fand, daß in den letzten beiden Jahrhunderten die Zahl der Spaltöffnungen, bezogen auf die Blattfläche, um etwa 40% abnahm. Untersucht wurden Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), Schwarzpappel (*Populus nigra*), Trauben- und Stieleiche (*Quercus petraea* und *robur*). Kreuzdorn (*Rhamnus catharticus*) und Winterlinde (*Tilia cordata*).

Durch Experimente mit drei dieser Arten (*Acer*, *Quercus*, *Rhamnus*) und mit weiteren, krautigen Arten unter kontrollierten Bedingungen wurde gezeigt, daß die Abnahme der Stomatanzahl tatsächlich auf den Anstieg der CO₂-Konzentration zurückzuführen ist.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 5/1988)

Aktive Mikrotubuli-Bewegung als intrazellulärer Transportmotor. Die Zellen setzen Mikrotubuli bei den verschiedensten intrazellulären Ordnungs- und Bewegungsvorgängen ein. Die unterschiedlich starken Bündel von polymeren Molekülfasern bewegen Chromosomen, Cilien und Flagellen, transportieren die Organellen dorthin, wo sie gebraucht werden und verändern aktiv die äußere Gestalt von Zellen.

Ein extremes Beispiel für Zellen mit großer, äußerer Gestaltsveränderung sind Amöben, die sich durch zellinterne Umlagerungen als flexible, unabhängige Einzelzellen fortbewegen. Und je größer die einzelnen Zellen, um so wichtiger wird eine effektive intrazelluläre Transportmaschine. Untersuchungen am zellinternen Bewegungsapparat der Mikrotubuli in der Süßwasseramöbe *Reticulomyxa* belegten jetzt zum ersten Mal eine aktive Bewegung der Tubuli gegeneinander, um Zellformveränderungen des Cytoplasmas zu festigen und zu verstärken. Diese aktive Bewegung wird über einen bisher unbekanntem molekularen Mechanismus mit Energie versorgt. Das zuvor identifizierte Molekül Kinesin, das am Transport in die Axonen beteiligt ist, scheint bei der Tubulibewegung in der Amöbe keine Rolle zu spielen. Kinesin wandert unidirektional an den Mikrotubuli im Axon entlang und gewinnt die dazu notwendige Energie direkt aus dem Energieträger ATP als eine mobile AT-

Pase. Pharmakologische Experimente deuten auf eine Ähnlichkeit zwischen dem Tubuli-Motor in der Amöbe und dem generell wohl in allen Zellen die Organellen bewegenden Mechanismus hin.

Der Vorteil einzelner großer Zellen mit einem notwendigerweise extrem optimierten internen Bewegungsapparat wird genauere Studien erlauben, um die treibende Kraft dieser Tubulibewegung zu identifizieren.

Nicht alle biologischen Vorgänge lassen sich an einem Musterorganismus untersuchen, die Biologie besteht nicht nur aus *E. coli* und Mäusen, an extremen Beispielen lassen sich grundlegende Vorgänge oft viel einfacher verstehen, und viel öfter sollten sich Biologen auch für die Biochemie oder Molekularbiologie im Labor draußen in der Natur umschauen und aus der Vielfalt der Spezies die geeigneten Spezialisierungen für grundlegende Untersuchungen auswählen.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 8/1988)

Wolken dämpfen Treibhauseffekt. Modellrechnungen, die eine Erwärmung um 3 bis 4 °C bei CO₂-Verdopplung voraussagen, haben die Veränderungen der optischen Eigenschaften der Wolken bei erhöhtem Wassergehalt nicht genügend berücksichtigt. Tatsächlich führt eine weltweite Erwärmung jedoch zu verstärkter Verdunstung, vermehrtem Wassergehalt der Wolken und Verstärkung ihrer Albedo. Nach Berechnungen von R. C. J. Somerville und L. A. Remer verursacht dies eine negative Rückkopplung, durch die der von Kohlendioxidvermehrung hervorgerufene Treibhauseffekt um 50% vermindert werden könnte. E. Roeckner und Mitarbeiter (Universität Hamburg und Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg) haben in einem neuen Computermodell die optischen Eigenschaften der Wolken über die Physik der Wolkendynamik mit einem Klimamodell verbunden. Bei Annahme einer um 2% vermehrten Sonneneinstrahlung (was die gleiche Erwärmung wie CO₂-Verdopplung hervorrufen sollte) ergibt sich eine deutliche Treibhauserwärmung in höheren Schichten der Troposphäre, aber eine Abkühlung auf der Erdoberfläche, weil die vermehrte Albedo, die im weltweiten Jahresdurchschnitt 54 W/m² beträgt, größer ist als der Treibhauseffekt der Wolken von 31 W/m². Ob diese Berechnung allerdings auch dann zutreffend wäre, wenn die Erwärmung nicht durch vermehrte Sonneneinstrahlung, sondern durch Kohlendioxidvermehrung zustande kommt, ist eine offene Frage.

Auf das Problem der Rückkopplungseffekte zwischen Erwärmung und Bewölkung hat die englische Forscherin Ann Henderson-Sellers mehrmals hingewiesen. Dazu kommt noch, daß die anthropogene Vermehrung von Staub in der Atmosphäre nicht nur unmittelbare Auswirkungen auf den Strahlungshaushalt hat, die je nach Größe und Beschaffenheit der Staubteilchen unterschiedlich sein können, sondern auch zusätzliche Kondensationskerne für die Wolkenbildung bereitstellt. Auf einer Dahlem-Konferenz über Veränderungen der Atmosphäre wurde die Meinung vertreten, daß dabei der Abkühlungseffekt überwiegt, insbesondere über den Ozeanen, wo eine Vermehrung der Kondensationskerne um 30% eine Abkühlung der Oberflächentemperatur um etwa 1,2 °C verursachen würde.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 7/1988)

Bakterien fressen Braunkohle. Sowjetische Wissenschaftler des Forschungsinstitutes für Probleme des Kansk-Atschkinsker-Beckens haben Bakterien gezüchtet, die Braunkohle verzehren. Dadurch sollen Abraumhalden mit unverwertbarer Kohle in fruchtbare Böden umgewandelt werden.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 4/1988)

Photomorphogenese bei Algen. Während die Photomorphogenese bei Höheren Pflanzen gut untersucht ist, ist über dieses Phänomen bei Niederen Pflanzen relativ wenig bekannt. Sowohl die vegetative als auch die generative Entwicklung von Algen kann durch Licht über die UV/Blau-Photorezeptoren (Cytochrom) gesteuert werden. Z. B. entwickelt *Acetabularia* im Blaulicht einen Schirm mit Gametangien ähnlichen Cysten, während Dauerrotlicht das Wachstum hemmt und nach längerer Zeit zum Absterben der Alge führt. Entsprechende Phänomene sind auch für Moose und Farne bekannt. Die Untersuchung der Lichtwirkung auf den Stoffwechsel von Algen zeigte, daß bei Blaulichteinwirkung der Proteingehalt, bezogen auf das Gesamttrockengewicht, erhöht wird, bei Rotlicht kommt es dagegen zu einer vermehrten Speicherung von Kohlenhydraten. Dabei unterscheidet sich der Stoffwechsel im Blaulicht nicht wesentlich vom Dunkelstoffwechsel. In welcher Weise das Blaulicht wirksam wird, ist jedoch noch nicht geklärt, es werden aber zwei Möglichkeiten diskutiert.

1. Das Blaulicht reguliert unabhängig voneinander mehrere Stoffwechselprozesse.

2. Es gibt nur eine zentrale Blaulichtwirkung, die sekundär auch andere Stoffwechselwege erfaßt.

Neuere Untersuchungen haben Blaulichtwirkungen bei der Enzymsynthese und bei der RNA-(insbesondere bei der mRNA-)Produktion erkennen lassen. Damit kann angenommen werden, daß Blaulicht an der Grobkontrolle von Stoffwechselvorgängen Einfluß nimmt. Bezüglich der Regulation des Stärkeabbaues sind die Untersuchungen noch nicht so weit gediehen, um schlüssige Aussagen machen zu können. Es wird jedoch ein Einfluß des Blaulichtes auf die Feinkontrolle des Stoffwechsels vermutet. Außerdem darf der ökologische Zusammenhang dieser Blaulichtphänomene bei Algen nicht vergessen werden. Mit zunehmender Wassertiefe ändert sich das Lichtklima entscheidend. Entsprechende Untersuchungen zeigen auch, daß Blaulicht die Anzahl, Form und stoffliche Zusammensetzung von Chloroplasten beeinflussen kann. All diese Photomorphosen erlauben es den Algen, daß das zur Verfügung stehende Restlicht (Blaulicht) in größeren Wassertiefen besser genutzt werden kann.

(Biologie in unserer Zeit 2/1988)

SNURPS. SNURPS sind kleine Zellkern-Ribonucleoproteine, die snRNPs (small nuclear ribonucleoproteins). Bei genauer Untersuchung erwiesen sie sich für die Zellaktivität als unentbehrlich. Sie sind die wesentlichsten Bestandteile der Spleißosomen. Spleißosomen haben die Aufgabe, bei der Transkription die nicht codierten Abschnitte aus der prä-mRNA wieder herauszuschneiden. Bei weiterführenden Untersuchungen entdeckte man 5 Hauptsorten von snRNP-RNA, die mit U₁, U₂, U₄, U₅ und U₆ bezeichnet wurden. Beim Spleißvorgang bindet U₁-snRNP an der vorderen Spleißstelle des Introns. Nach der Spaltung an dieser Stelle wird das freie Ende des Introns mit Hilfe des U₂-snRNP in einer Schleife (Lasso-Form) zurückgebunden, und mit Hilfe des U₅-snRNP wird die Spleißreaktion am hinteren Ende des Introns durchgeführt. Welche Rolle dabei U₄- und U₆-snRNP spielen, ist zur Zeit noch nicht geklärt.

(Spektrum der Wissenschaft 8/1988)

AIDS und Insekten. Eine für manche Beobachter verzwickte Frage wurde aufgeworfen: AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome) kann durch die gemeinsame Benützung von Spritzen zwischen Drogenabhängigen übertragen werden, warum nicht auch durch Mücken, deren Mundwerkzeuge nichts anderes sind als wirkungsvolle Spritzen? Um zu einer Antwort zu gelangen, sind verschiedene Aspekte zu erörtern:

1. Was geschieht mit den AIDS-Viren (HIV, Human Immunodeficiency Virus) in Insekten? Jai Nayar (Florida Medical Entomology Laboratory), in Zusammenarbeit mit Robert Gallo (US National Cancer Institute), läßt „saubere“ Mücken durch eine Membran aus Ziegendarm HIV-haltiges, menschliches Blut saugen. Im Blut sind die HIV 1000- bis 1 Millionmal gegenüber Patientenblut angereichert. 48 Stunden nach einer Blutmahlzeit fand man in den Mücken noch infektiöse Viren. Aber es gibt nicht den geringsten Anhaltspunkt, daß sich die Viren, etwa wie die Malaria Parasiten, in den Insekten vermehren und in die Speicheldrüsen gelangen könnten. Damit fehlt die Voraussetzung für eine effiziente, biologische Übertragung.

2. Überträgt eine Mücke, die bei der Mahlzeit auf der Haut eines Patienten gestört wurde, HIV beim nächsten Anstechen auf den nächsten Menschen? Hierzu stellte Charles Bailey (US Army Medical Research Institute, Fort Detrick, Maryland) folgende Überlegungen an: Angenommen es kommen 1000 Einheiten freies Virus pro Milliliter Blut im Patienten vor, und es werden etwa 0,0 000 000 001 Milliliter Blut übertragen, so ist die Wahrscheinlichkeit für die Übertragung, auch nur eines einzigen Viruspartikels, 1 in 10 Millionen. Unter Berücksichtigung eines realistischen Virustiters im Patienten (genauere Angaben wären hier erwünscht) sind die übertragbaren Blutvolumina zu gering, um eine mechanische Übertragung möglich zu machen.

3. Wie ist die Verbreitung von AIDS in der Bevölkerung? Wie Harold Jaffe (Center for Disease Control, Atlanta) ausführt, ist AIDS in den USA vorwiegend eine Krankheit der traditionellen Risikogruppen: Homosexuelle und Konsumenten intravenöser Drogen. Auch in Afrika, wo Männer und Frauen nahezu gleich häufig erkranken, bleibt AIDS eine Erkrankung der sexuell aktiven Bevölkerung. Wären Mücken an der Übertragung beteiligt, so müßten wesentlich mehr Kinder an AIDS erkranken.

4. Gibt es unkonventionelle Übertragungswege? An den verschiedenen amerikanischen Forschungszentren, in denen mit HIV gearbeitet wird, werden die Mitarbeiter überwacht.

William Blatter und Stanley Weiss (National Cancer Institute) haben Seren von über 200 Personen aus 15 verschiedenen Labors untersucht. Bis heute ist nur ein einziger, noch ungeklärter Fall aufgetreten, bei dem eine Mitarbeiterin nach Laborarbeiten mit HIV antikörperpositiv wurde. Wenn auch die Person mit extrem hohen Viruskonzentrationen gearbeitet hat, so ist, trotz dem Ausschluß anderer Risikofaktoren, der Infektionsweg noch unklar. Restriktionsanalysen zeigten jedoch, daß das Virus der Frau identisch ist mit dem Virus, mit dem sie gearbeitet hat. Wegen dieses ersten Falls einer möglichen Infektion am Arbeitsplatz wurden die Sicherheitsvorschriften für beruflich HIV-exponierte Personen in den USA verschärft.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 4/1988)

Pflanzentoxin bewirkt Parkinson-Syndrom auf der Insel Guam. Auf der Insel Guam ist seit über 25 Jahren eine besondere Form des Parkinson-Syndroms bekannt: die Guam amyotrophische Lateralsklerose (ALS). Während der 50er Jahre fand man, daß ALS unter der Bevölkerung des Chamorrostammes sehr verbreitet war. Bereits 1954 wurde von Klinikern und Epidemiologen ein möglicher Zusammenhang zwischen der „fal-schen Sagopalme“ (*Cycas circinalis*) und ALS vermutet. Als heiße Spur verfolgte man das Cycasin, ein hoch potentes, indirekt wirkendes Mutagen und Karzinogen der Cycas-Samen – ohne Erfolg. Als nächstes suchte man nach einem Slow-Virus als Ursache von ALS. Andere Forscher tippten auf eine genetische Ursache, doch wegen des Fehlens einfacher Mendelscher Vererbung in den betroffenen Familien mußte die Idee aufgegeben werden. Nach den Fehlschlägen mit Viren und Genen wandte man sich wieder Umweltfaktoren zu.

Der Anstoß kam von Untersuchungen über den Lathyrismus (chronische, spastische Paraplegie mit Entmyelinisierung der Seitenbahnen), der in Indien, Bangladesch und Äthiopien durch den Genuß von Kichererbsen ausgelöst wird. Lathyrismus wird durch die toxische Aminosäure beta-N-Oxalyl-amino-L-Alanin aus der Kichererbse ausgelöst. Im Mehl aus *Cycas circinalis* fand man eine verwandte Substanz: beta-N-Methylamino-L-Alanin (BMAA). Das Sagomehl wurde vor allem in Hungerzeiten, also im 2. Weltkrieg während der japanischen Besetzung, von den Chamorros gegessen. Während der folgenden 10 Jahre stieg die Häufigkeit von ALS an und führte bis 20 Jahre nach dem Krieg zum Anstieg des Parkinson-Syndroms und des geistigen Zerfalls. Nachher wurde die Krankheit wieder seltener. Den direkten Zusammenhang zwischen BMAA und der Krankheit zeigten Fütterungsversuche an Affen, welche genau die ALS/Parkinson-Symptome entwickelten. Wie Peter Spencer (Albert Einstein School of Medicine, New York) berichtete, lassen sich die toxischen Effekte von BMAA auch an Nervenzellkulturen *in vitro* beobachten. Er weist auch darauf hin, daß die Erfahrungen in Guam wahrscheinlich machen, daß auch beim Parkinson-Syndrom und bei der Alzheimer-Krankheit auf der ganzen Welt Umweltfaktoren eine wichtige Rolle spielen dürften.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 7/1988)

Neue Botenstoffe im Gehirn? Durch Radio und Fernsehen werden heute Nachrichten in kürzester Zeit in der ganzen Welt verbreitet. Dies ist möglich durch Verstärkung beziehungsweise Transformation der gesendeten Signale (Radiowellen) in eine vom Menschen wahrnehmbare Form. Ähnlich können Zellen und hier insbesondere die Nervenzellen Botenstoffe (Transmitter) an eine Vielzahl anderer Zellen senden. Diese haben einen Empfänger (Rezeptor-Enzymkomplex), der ein Signal durch Produktion von neuen Botenstoffen (second messengers) in der einzelnen Zelle an verschiedenen Stellen zur Wirkung bringt.

Daniele Piomelli, Columbia University, New York, berichtet über eine neue Klasse second messengers, die Signale nicht nur innerhalb von Zellen übertragen, sondern auch zwischen Zellen. Diese Entdeckung könnte eventuell das Verständnis neurologischer Störungen vertiefen. Die Untersuchungen wurden an der marinen Nachtschnecke *Aplysia* gemacht, die besonders große, einfach zugängliche Nervenzellen hat. Die Forscher fanden, daß ein oder mehrere Abbauprodukte der Arachidonsäure offenbar als second messenger in Zellen fungieren, die durch Neurotransmitter an ihrer Zelloberfläche stimuliert worden waren. Die Metaboliten der Arachidonsäure, Eicosanoide genannt, können in ihrer Bedeutung über die normale Aufgabe eines second messenger hinausgehen, nämlich Instruktionen auszuführen, die ein Neurotransmitter einer anderen Zelle überbracht hat. Während die Bedeutung der wasserlöslichen zyklischen Nucleotide (z. B. cAMP) und ihre Wirkungsweise schon länger bekannt sind, ist die Bedeutung der Mem-

branlipide bei der Signalübertragung erst in den letzten Jahren richtig erkannt worden. So entstehen bei der Spaltung von Phosphatidylinositolphosphat, einem Phospholipid, zwei second messengers, das fettlösliche Diacylglycerol und das wasserlösliche Inositolphosphat. Bei weiterem Abbau entstehen auch Fettsäuren wie die Arachidonsäure und deren Folgeprodukte. Das besondere an Fettsäuren ist, daß sie sowohl fett- als auch wasserlöslich sind. Die Metaboliten der Arachidonsäure, die Eicosanoide, können daher durch die Zellmembran dringen und ihre Botschaft auch anderen Zellen mitteilen. Um zu sehen, ob dies auch auf Nervenzellen zutrifft, untersuchten die Wissenschaftler ihre Wirkung auf die elektrische Antwort der *Aplysia*-Neuronen. Dabei zeigte sich, daß bestimmte Eicosanoide die schnelle elektrische Signalübertragung beeinflussen. Außerdem untersuchte Piomelli, welche Metaboliten direkt für die Signalübertragung (zwischen Zellen) verantwortlich sind beziehungsweise in die mysteriösen second messengers umgewandelt werden. In den letzten Jahren fanden Wissenschaftler auf der Oberfläche von Gehirnzellen Rezeptoren für Eicosanoide und stellten fest, daß während epileptischer Anfälle eine Zunahme der Metabolitenausschüttung stattfindet. Obwohl es sich natürlich lohnt, solche klinischen Implikationen zu untersuchen, muß erst die Grundlagenforschung weitergeführt werden.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 8/1988)

Vielzelligkeit und Arbeitsteilung bei Bakterien und Blaualgen. Bedingt durch die medizinische Bakteriologie wird die Einzelligkeit von Bakterien meist als einzige Organisationsform betont. Untersuchungen von J. A. Shapiro zeigen, daß nahezu alle Bakterien in Gemeinschaft leben und teilweise sogar Arbeitsteilung zwischen differenzierten Zellen aufweisen. Z. B. bestehen die fädigen Kolonien der Blaualge *Anabaena* aus Einzelzellen, die sich bei ausreichender Versorgung mit Stickstoffverbindungen alle gleich phototroph verhalten. Bei einem Mangel an Stickstoffverbindungen entstehen in der Kolonie vereinzelt die chlorophyllfreien Heterocysten, welche Nitrogenase zur Stickstofffixierung enthalten. Dabei findet eine Art selbstgesteuerter Genmanipulation statt, die in der DNA ein Nitrogenasegen entstehen läßt. Ein noch auffallendes Verhalten zeigen die Myxobakterien, welche komplizierte Aggregations- und Bewegungsmuster zeigen, mehrzellige Cysten bilden und manchmal sogar Fruchtkörper entwickeln. *Myxococcus xanthus* bildet darüber hinaus Jagdverbände in Form kugelförmiger Kolonien, welche an der Oberfläche taschenartige Ausstülpungen zum Einfangen und Verdauen von Beuteorganismen besitzen. Durch Genomanalysen konnten hier DNA-Abschnitte identifiziert werden, welche die Aggregation, Beweglichkeit und Differenzierung kontrollieren. Weiters konnte durch Experimente mit Mutanten von *M. xanthus*, welche Beweglichkeitsdefekte hatten, ein Kommunikationssystem nachgewiesen werden. Im Kontakt mit normal beweglichen Zellen von *M. xanthus* waren die beweglichkeitsdefekten Mutanten wieder beweglich. Färbungsexperimente an *E. coli* und *Pseudomonas putida* führten zu Kolonien mit regelmäßigen „Blütenmustern“, wobei sich DNA-Differenzen zwischen Zellen aus verschiedenen Bereichen der Kolonien nachweisen ließen. Diese und andere Untersuchungen zeigten, daß eine Bakterienkolonie hochgradig organisiert ist und daß sich Zellen aus verschiedenen Bereichen einer Kolonie in Form, Größe und biochemischen Eigenschaften unterscheiden. Auf der Suche nach Steuerungsmechanismen stieß man auf Erscheinungen, die klar auf zeit- bzw. richtungsabhängige Kontrollmechanismen hindeuten. Z. B. erscheinen bestimmte im Nährmedium diffundierende Chemikalien Wegweiser für wachsende Kolonien zu sein. Die Morphogenese wird dagegen offenbar genetisch gesteuert.

(Spektrum der Wissenschaft 8/1988)

Grauer Star. Die Trübung der Augenlinse ist nicht, wie oft angenommen, als eine Alterskrankheit anzusehen, sondern sie entsteht durch Summierung von qualitativ völlig verschiedenen Risiken. Bis vor wenigen Jahren ergaben sich die Kenntnisse über mögliche Risikofaktoren aus Gelegenheitsbeobachtungen, wobei UV-Strahlung, Klimafaktoren, Ernährung, Allgemeinerkrankungen (z. B. Diabetes) oder deren Behandlung mit bestimmten Medikamenten und Einflüsse am Arbeitsplatz diskutiert wurden. Zur Zeit läuft in der BRD eine epidemiologische Untersuchung, um zu prüfen, wie weit unterschiedliche endogene und exogene Faktoren für die Ausbildung verschiedener Trübungsformen verantwortlich sind.

(Spektrum der Wissenschaft 2/1988)

Herzaktivität während der Diastole. Die heute vorherrschende Vorstellung von der Herzfunktion baut weitgehend auf das Frank-Starling-Gesetz auf und sieht in der Füllungsphase während der Diastole einen rein passiven, vom venösen Druck gesteuerten Vorgang. Ein dynamisches Zusammenspiel von Systole und Diastole wird dabei nicht berücksichtigt. Durch verfeinerte experimentelle Methoden ist es gelungen, eine neue Modellvorstellung zu entwickeln, in der die dynamische Beziehung zwischen Systole und Diastole entscheidend für die richtige Funktion des Herzens ist. Erstens wird Energie durch die Bewegung des gesamten Herzens freigesetzt. Während der Systole wird das Herz nach dem Rückstoßprinzip nach unten gedrückt und schnell während der Diastole wieder nach oben, dem Blutstrom entgegen. Dadurch wird die relative Fließgeschwindigkeit zum Herzen größer und der Einstrom gesteigert. Als zweite Energiequelle dient die Verformung des Herzens während der Systole, dabei werden die elastischen Elemente und die Muskelfasern des Herzens so verformt, daß die Kamern sich anschließend von selbst, auch ohne Füllungsdruck von außen, ausdehnen würden. Diese Ausdehnung erzeugt einen Unterdruck, durch den das Blut aus den Atrien in die Ventrikel gesaugt wird. Damit hat das Herz die Funktion einer Saugpumpe. Diese Modellvorstellung wurde durch entsprechende Experimente an der Yeshiva-Universität in New York bestätigt. Wurde die Mitralklappe verschlossen, zeigte sich, daß der post-systolische Druck im Ventrikel unter Null absank und sich ein negativer Füllungsdruck entwickelte. Wie stark dieser wird, hängt von der Entleerung des Ventrikels während der Systole ab. Der Saugeffekt des Herzens wird um so stärker, je kleiner dieses am Ende der Systole ist. Die Ursache für die Speicherung eines Teiles der Kontraktionsenergie ist in der Funktion der Herzmuskelfasern und im Bindegewebe zu suchen. So können z. B. die Glanzstreifen, die die Muskelzellen seitlich wie mit Fäden untereinander verbinden, einer Verformung des Herzens entgegenwirken und dazu beitragen, daß sich das Herz wieder ausdehnt. Dies dürfte auch der Grund für eine bessere Aktivität des Säugerherzens sein. Ebenso könnte das Bindegewebsnetz, welches die Muskelfasern überzieht, einerseits eine Überdehnung der Muskelfasern verhindern, andererseits aber auch der Verkürzung entgegenwirken.

(Spektrum der Wissenschaft 2/1988)

Mikroalgen regulieren das Klima. Kürzlich wurde in Gestalt der zahllosen Planktonalgen der Weltmeere eine wichtige Regelgröße im globalen Wasserstellwerk entdeckt.

Wenn über offenen Wasserflächen Wasser verdunstet und in die Atmosphäre aufsteigt, ist die Formung von Wolken und Wolkenfeldern nur dann möglich, wenn genügend Kondensationskerne für die notwendige Tröpfchenbildung vorhanden sind. Die wirksamsten Kondensationskerne sind aber nicht feinste atmosphärische Staubteilchen kontinentaler Herkunft, wie lange Zeit angenommen wurde, sondern bestimmte Aerosole, die sich in den unteren Schichten der irdischen Lufthülle aus der Verbindung Dimethylsulfid (DMS) bilden. DMS, in hoher Verdünnung auch für den menschlichen Geruchssinn wahrnehmbar und an der Küste für die geruchliche Wahrnehmung des Meeres (mit)verantwortlich, ist jedoch ein unmittelbares Stoffwechselprodukt der marinen Planktonalgen. Es entsteht im Anschluß an die photosynthetische Kohlenstoffreduktion zunächst als Dimethylpropiothetin, woraus nach enzymatischer Spaltung das flüchtige DMS abgegeben wird. DMS ist wegen des hohen Anteils der marinen Mikroalgen an der pflanzlichen Primärproduktion im Lebensraum Meer zugleich eine der bedeutendsten Komponenten im globalen Schwefelkreislauf. Außerdem wird durch die DMS-Abgabe der Mikroalgen und die davon abhängige Wolkenbildung über ozeanischen Wasserflächen der Strahlungs- und Wärmehaushalt der Weltmeere direkt beeinflusst und wirkt in weiterer Folge auch auf die Populationsdynamik der Planktonalgen zurück.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 2/1988)

Tauchrekord einer Lederschildkröte. Lederschildkröten (*Dermochelys coriacea*) sind über alle wärmeren Meere verbreitete Schildkröten und die größten lebenden mit einem Körpergewicht, das 600 kg übersteigen kann. Ihr fast 2 m langer Panzer ist mosaikartig aus kleinen Plättchen zusammengesetzt und mit einer dicken, lederartigen Haut überzogen.

Der Tiefenrekord einer Lederschildkröte lag bisher bei 475 m, nun beobachtete Scott Eckert (University of Georgia, Athens), daß eine Lederschildkröte auf 1200 m tauchte. Das dürfte den neuesten Rekord für ein luftatmendes Wirbeltier darstellen. Der bisherige Tiefenrekord wurde von einem Wal mit ungefähr 1100 m gehalten.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 3/1988)

Schädlingsbekämpfungsmittel im Regenwasser. In amerikanischen Agrargebieten haben Untersuchungen ergeben, daß im Regenwasser manchmal erhebliche Mengen von landwirtschaftlichen Schädlingsbekämpfungsmitteln gelöst sind. Sie gelangen durch Verdunstung oder mit Bodenpartikeln in die Atmosphäre, wo sie vom Regenwasser gelöst werden.

Von 19 der wichtigsten Verbindungen, die in der Landwirtschaft verwendet werden, konnten 11 im Regenwasser gefunden werden, darunter Alachlor in einer Konzentration von 6 Mikrogramm pro Liter, das ist eine 600mal stärkere Konzentration als jemals für DDT gemessen wurde. Auch Metalochlor und Atrazin wurden in Konzentrationen von mehreren Mikrogramm gefunden.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 1/1988)

Symbiose von Eulen und Schlangen. Bei Untersuchungen wurden in einem Fünftel der Nester von Waldohreulen (*Asio otus*) auch Schlangen gefunden. Dabei handelt es sich um die Blindschlangengattung *Leptotyphlops dulcis*, die normalerweise wie ein Maulwurf im Boden lebt und sich von Insektenlarven und Termiten ernährt, gelegentlich aber auch bei der Verfolgung der Beute auf Bäume klettert. Die Schlangen scheinen nicht selbst in die Nester gekommen zu sein, da schon Eulen beim „Schlangentransport“ beobachtet wurden, und bei der Hälfte der in den Nestern gefundenen Schlangen wurden Schrammen und Narben gefunden, die offenbar vom Transport stammten. Die Schlangen verbessern die hygienischen Bedingungen im Nest, da in den Beuteresten und Fäkalien viele Insektenlarven bzw. Maden leben, die zum Teil auch die Jungvögel befallen. Es konnte auch nachgewiesen werden, daß die Jungen in den von Schlangen bewohnten Nestern rascher wuchsen und eine höhere Überlebensrate hatten, als die aus schlangenlosen Nestern.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 2/1988)

Belastung der Nordsee aus der Luft. Die Nordsee hat als flaches Randmeer einen relativ geringen Wasseraustausch mit dem offenen Ozean. Dadurch wird die Anreicherung ökologisch gefährlicher Substanzen begünstigt. Der Eintrag von Schadstoffen erfolgt teilweise vom Land (Flüsse und direkte Einleitungen), teilweise durch Schiffe und Abfallbeseitigung auf See und teilweise über die Atmosphäre. Besonders diskutiert wird die Verbrennung chlorierter Kohlenwasserstoffe auf See und der damit verbundene Eintrag von nicht zerstörtem Ausgangsmaterial aus der Luft ins Wasser. Obwohl der gemessene Vernichtungsgrad 99,995% beträgt, verbleibt ein Ausstoß von ca. 5 Tonnen jährlich mit karzinogenen, mutagenen oder teratogenen Komponenten. Während über die Abfallverbrennung auf See relativ genaue Daten vorliegen, ist der Ferntransport von Schadstoffen und deren Deposition in der Nordsee nur schwer zu quantifizieren. Das Forschungszentrum Geesthacht auf der Insel Pellworm hat versucht, die Naß- und Trockendeposition von Schwermetallen und anderen ökologisch-relevanten Stoffen durch Langzeitmessungen zu ermitteln. Als mittlere Gesamtdeposition wurden folgende Werte festgestellt.

Zink	38,1 – 34,6	Mikrogramm/m ² und Tag
Cadmium	0,7 – 1,22	Mikrogramm/m ² und Tag
Antimon	0,66 – 0,75	Mikrogramm/m ² und Tag
Blei	18,2 – 21,2	Mikrogramm/m ² und Tag

Eine Extrapolation auf den Gesamteintrag in die Nordsee ist zwar nur mit Vorbehalten möglich, läßt aber dennoch die wahre Größenordnung der Belastung erkennen. So wird folgender Gesamteintrag in Tonnen pro Jahr angenommen:

Zink	3.900 – 12.000
Cadmium	70 – 380
Antimon	65 – 225
Blei	1.800 – 6.400

Der Schadstoffeintrag aus der Luft ist damit mit dem aus den Flüssen vergleichbar und kann je nach Element bis zu 25% der vorliegenden Konzentration ausmachen. Maßnahmen zur Verminderung der Schadstoffemissionen an Land würden das Ökosystem Nordsee wesentlich entlasten.

(Spektrum der Wissenschaft 1/1988)

Insektenresistente Pflanzen. Pflanzenschutz mit Agrochemikalien ist teuer und kann die Umwelt gefährden. Deshalb versucht man heute, die gewünschten Resistenzen direkt in die Pflanzen einzubauen. M. Vaecck und Mitarbeiter (Gent, Belgien) gehen der Möglichkeit nach, durch Einbau der *Tocin*-Gene von *Bacillus thuringiensis* insektenresistente Pflanzen zu erhalten. Das grampositive Bacterium bildet ein Protoxin, von dem im Darm empfindlicher Insekten durch Proteasen ein aktives Polypeptid abgespalten wird. Verschiedene Bakterienstämme bilden Toxine unterschiedlicher Spezifität, z. B. var. berliner

gegen Schmetterlingsraupen. Die Forscher brachten die DNA, die für das Toxin von var. berliner codiert, in ein Plasmid von Agrobacterium tumefaciens und transformierten damit Tabakpflanzen. Auf normale und transformierte Tabakpflanzen brachte man frisch geschlüpfte Raupen von Manduca sexta. Während die normalen Pflanzen nach 12 Tagen vollständig abgefressen waren, hörten die Larven auf transformierten Pflanzen nach 18 Stunden auf zu fressen und waren alle nach 3 Tagen tot. Die transformierten Pflanzen sind also durch ihre interne Toxin-Produktion vor Fraßschäden weitgehend geschützt. Ihre Fähigkeit zur Toxinbildung ist stabil und wird nach den Mendelschen Regeln vererbt.

(Naturwissenschaftliche Rundschau 3/1988)

Zum Stammbaum des Riesenpanda. Seit ca. 120 Jahren diskutieren Fachleute die richtige taxonomische Zuordnung des Riesenpanda. Seit 1869 sind mehr als 40 Abhandlungen über die Einordnung des Riesenpanda erschienen. Einmal zählte man ihn zu den Großbären, dann wieder zu den Kleinbären, stellte ihn zusammen mit dem kleinen Panda in eine Familie bzw. klassifizierte ihn als Vertreter einer eigenen Familie. Der Riesenpanda hat das Aussehen eines Bären, hat aber viele nicht bärenartige Merkmale. Unter anderem ernährt er sich größtenteils von Pflanzen (Bambus), besitzt einen daumenähnlichen zusätzlichen unechten Finger, der eine Verlängerung des speichenseitigen Sesambeins darstellt, blökt ähnlich einem Schaf und weist einen Chromosomensatz von $2n = 42$ auf (Kleiner Panda 44, Bär 74). Mit Hilfe molekulargenetischer Methoden hat man einen Vergleich der DNA und verschiedener Proteine (Isoenzyme) von Panda, verschiedenen Großbären und Kleinbären durchgeführt. Nach Eichung der molekularen Uhr (ausgehend von der Tatsache, daß sich die DNA mit einer bestimmten Geschwindigkeit verändert), konnte ein molekularer Stammbaum des Riesenpanda entwickelt werden. Der

molekulare Stammbaum weist den Riesenpanda als Vertreter der Familie der Großbären (Ursidae) aus. Von den anderen Mitgliedern der Familie hebt sich der Riesenpanda jedoch so stark ab, daß es gerechtfertigt ist, ihn in eine eigene Unterfamilie, die Riesenpandas (Ailuropodidae) zu stellen. Der kleine Panda gehört dagegen zur Familie der Kleinbären (Procyonidae), wo auch er eine eigene Unterfamilie, die Katzenbären (Ailurinae), verkörpert. Die Entwicklungslinie des Riesenpandas dürfte sich bereits vor ca. 15 Millionen bis 20 Millionen Jahren von der anderen zu den Großbären führenden Hauptlinie abgespalten haben. Damit erscheint ein Problem der Taxonomen endgültig beseitigt zu sein.

(Spektrum der Wissenschaft 1/1988)

Buchbesprechung

Stuart W. D., Aki K. (Hrsg.): Intermediate – Term Earthquake Prediction, 718 Seiten, Birkhäuser Verlag, Basel 1988, ISBN 3-7643 – 1978 – X, ISBN 0-8176 – 1978 – X.

Nach den Erfahrungen in der Erdbebenvorhersage weiß man, daß kurzfristige Vorhersagen nicht genügend Zeit für umfangreiche Vorkehrungen lassen und daß langfristige Vorhersagen von privaten und staatlichen Planern meist ignoriert werden. So betrachtet, erscheint eine mittelfristige Vorhersage wertvoller, sie müßte aber wegen der möglichen Fehlreaktionen der Bevölkerung und der wirtschaftlichen Konsequenzen wissenschaftlich gut fundiert sein. Um den gegenwärtigen Wissensstand auszuloten, fand vom 14. bis 17. November 1986 in Monterey, Kalif., eine internationale Konferenz zum Thema „Physikalische und beobachtungstechnische Basis der mittelfristigen Erdbebenvorhersage“ statt. Die wichtigsten Referate dieser Expertengespräche werden in diesem Buch wiedergegeben. Weitere Referate befassen sich mit den hydrologischen und geochemischen sowie seismologischen und geodätischen Erdbebenvorläufern, wobei man sich auf Feldbeobachtungen konzentriert. Ferner werden Modellvorstellungen entwickelt, um die Mechanik möglicher Erdbebenvorläufer möglichst klar darzustellen.

Eine gelungene und interessante Tagungsdokumentation, die in der vorliegenden aufbereiteten Form nicht nur den Spezialisten anzusprechen vermag.

Dirnberger

CHEMIE

Dr. Edith Jarisch

Dr. Edith Jarisch, 1190 Wien, Lannerstraße 14

Faszinierende Phänomene bei Tensiden und Micellen

Hier sollen erstaunliche Eigenschaften von Tensidlösungen beschrieben werden, die kaum bekannt sind. Sie können auch bei biologischen Membranen beobachtet werden. Tenside haben schon von der Grundstruktur her viele Gemeinsamkeiten mit Membranlipiden: bei beiden gibt es ein- und doppelkettige Moleküle, die sie zur Bildung verschiedener morphologischer Strukturen befähigen. Die angeführten Experimente lassen sich ohne großen Aufwand mit billigen, im Handel erhältlichen Substanzen durchführen und sind daher ebenfalls für den Chemieunterricht bzw. Schülerübungen geeignet. Außerdem spielen manche Prozesse auch technisch eine beachtliche Rolle. Alle Phänomene beruhen auf relativ einfachen Gesetzmäßigkeiten, sind durchwegs reproduzierbar und sogar quantitativ erklärbar.

1. Viskoelastische Tensidlösungen

Viele technisch hergestellte Detergenzien lösen sich leicht in Wasser, wobei sie bei hohen Konzentrationen newtonsche Lösungen bilden. In ihnen liegen die Tenside in aggregierten kugelförmigen Micellen vor. Die Lösungen sind dabei optisch isotrop und haben niedrige Viskosität. Die Micellen können aber ihre Form ändern: z. B. stäbchenförmige oder scheibenförmige Aggregate bilden. Diese können so groß werden, daß sogar Schlaufen entstehen.

Man kann ein Tensidmolekül durch die Kopfgruppe und die Kette kennzeichnen. Ist z. B. der Platzbedarf a_b einer hydrophoben Kopfgruppe größer als der Kettenquerschnitt a_c , so bildet das Aggregat ein System mit konvexer Krümmung, im umgekehrten Fall bilden sich inverse Strukturen. Sind beide Flächen etwa gleich groß, so werden planare Strukturen bevorzugt.

Liegen nicht kugelförmige, sondern stäbchenförmige Micellen vor, so können die Lösungen hohe Viskoelastizitäten besitzen, d. h. sie sind stark viskos, haben aber auch elastische Eigenschaften. Solche Lösungen können einfach durch Mischen von zwei Lösungen hergestellt werden: entweder von zwei micellaren Lösungen oder einer micellaren Lösung und einer Salzlösung, die das zum Tensid passende Gegenion enthält. Die Ausgangslösungen sind nicht viskos und völlig transparent. Ihre Mischung wird jedoch, manchmal mit einigen Sekunden Verzögerung, hochviskoelastisch. Sie sieht wie ein Gel aus, ist ebenfalls transparent und einphasig.

Für solche Versuche eignen sich bestens Proberöhrchen mit einem Durchmesser von 2 bis 3 cm. Als Lösungen verwendet man am besten Cetylmethylammoniumbromid (CTAB)-Lösung ($c = 50 \text{ mmol/l}$) und Natriumsalicylat (NaSal)-Lösung ($c = 30 \text{ mmol/l}$). Die viskose Lösung kann teilweise aus der Proberöhre „herausfließen“, aber bei rechtzeitigem Abstopfen tritt der herausragende Pfropfen wieder in die Proberöhre zurück. Dabei lassen sich sogar Schwingungen deutlich erkennen, z. B. an eingeschlossenen Luftbläschen.

Weitere Mischungen sind aus Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1

$\text{N-C}_{16}\text{H}_{33}\text{-pyridinium}$	+ Salicylat
$\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{-N}(\text{CH}_3)_3^+$	+ Trichloracetat
$\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{-N}(\text{CH}_3)_3^+$	+ SCN^-
$\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{-N}(\text{CH}_3)_3^+$	+ p-Chlorbenzoat
$\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{-N}(\text{CH}_3)_3^+$	+ Perfluorbutyrat
$\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{-N}(\text{CH}_3)_3^+$	+ Salicylat
$\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{-N}^+(\text{CH}_2)_3\text{-O}^-$	+ $\text{C}_{12}\text{H}_{23}\text{SO}_4\text{Na}$
$\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{-N}^+(\text{CH}_2)_3\text{-O}^-$	+ $\text{C}_7\text{F}_{15}\text{COONa}$
$\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{-N}^+(\text{CH}_2)_3\text{-(CH}_2)_3\text{-COO}^-$	+ $\text{C}_{12}\text{H}_{23}\text{SO}_4\text{Na}$

Diese Erscheinungen lassen sich sehr gut deuten. In Tensidlösungen herkömmlichen Verhaltens liegen vor allem Kugelmicellen vor. Sie sind elektrisch geladen und daher von einer elektrischen Doppelschicht umgeben. Der Abstand zur Nach-

barmicelle ist größer als der Micellendurchmesser, und die Lösung kann als „verdünnt“ bezeichnet werden. Werden mit der Salzlösung Gegenionen hinzugefügt, so werden diese stärker an die Micellen gebunden, als die ursprünglich vorhandenen Gegenionen. Diese werden also verdrängt. Dadurch können die Tensidköpfe günstiger, d. h. auch dichter gepackt werden, und dies führt zur Entstehung von stäbchenförmigen Micellen. Die Stäbchen wachsen schnell zu langen Gebilden heran und ähneln damit immer mehr einem Polymerelement: Verschlaufungen entstehen und dadurch ein dreidimensionales Netzwerk von ineinander verwickelten Micellketten. Es gelang sogar elektronenmikroskopische Aufnahmen solcher Micellen zu machen, wobei sich zeigte, daß diese Micellketten sehr starr sein können und einen Krümmungsradius von etwa 10 000 nm erreichen. So ein Netzwerk zeigt Entropieelastizität: jede Deformation in einer Vorzugsrichtung läßt die Ordnung im Netzwerk ansteigen, also seine Entropie nimmt ab. Das Erreichen des Ausgangszustandes mit größerer Entropie zeigt sich dann im viskoelastischen Verhalten, die ursprüngliche Anordnung wird wieder erreicht. Ein Vergleich mit vulkanisiertem Gummi ist möglich, doch sind bei diesem Stoff die Rückstellkräfte infolge der S-S-Brücken sehr viel stärker. Quantitative Aussagen zu diesem Verhalten lassen sich durch Messung verschiedener physikalischer Größen erhalten.

Diese viskoelastischen Eigenschaften einer Mischung von zwei Lösungen kann durch Hinzufügen einer dritten Komponente völlig zerstört werden. Werden z. B. 0,5 ml Pentanol zu 100 ml der viskoelastischen Lösung zugegeben, verschwindet die viskoelastische Eigenschaft beim Durchmischen. Obwohl sich die so erhaltene Lösung wie eine „normale“ Tensidlösung verhält, ist ihre mikroskopische Struktur ziemlich kompliziert. Streuexperimente zeigten, daß noch immer ein Netzwerk aus Tensidmolekülen vorliegt. Dabei ist das zugegebene Pentanol in der wäßrigen Phase vollkommen gelöst. Die Alkoholmoleküle wirken aber wie ein Gleitmittel für die langen Micellketten. Es wird also nur der elastische Effekt verringert.

Eine vollständige Zerstörung des Netzwerkes ist ein viel drastischer Vorgang: die Zufuhr sehr geringer Mengen eines Kohlenwasserstoffes kann die Stäbchen wieder zu Kugelmicellen umstrukturieren. Dies macht sich vor allem durch eine starke Abnahme der Lichtstreuung bemerkbar und sogar meßbar. Diese sogenannte Solubilisation von Kohlenwasserstoffen erfordert jedoch beträchtlich mehr Zeit, da ja Kohlenwasserstoffe in Wasser fast nicht löslich sind. Je kleiner die Kohlenwasserstoffmoleküle sind, umso weniger können sie die Viskosolubilität zusammenbrechen lassen, weil sie leicht die Grenzschicht zwischen Tensidmolekülen durchdringen und dann auf den Innenraum der Micellen beschränkt bleiben. Allerdings werden Kugelmicellen dabei stark aufgeweitet, was zu einer Abnahme der Viskosität führt. Wird mehr Kohlenwasserstoff zugegeben als die Micellen aufnehmen können, so erhält man eine trübe Emulsion, die sich nach einiger Zeit in zwei Phasen trennt. Eine Phase ist dabei „verdünnt“ und einem Sol vergleichbar, die zweite Phase ist „konzentriert“ und entspricht dem Gelzustand.

Stäbchenförmige Micellen haben eine relativ große Kapazität zur Solubilisation von Alkanen. Aber Zugabe von Alkoholen mittlerer Kettenlängen, wie z. B. Decanol, kann aus kugelförmigen Micellen stäbchenförmige entstehen lassen. Bei Vergrößerung des Alkohol/Tensid-Verhältnisses kann Phasentrennung erfolgen. Man erhält dann die konzentriertere Phase, die lamellar flüssigkristallin ist. Will man Kohlenwasserstoffe solubilisieren, so ist es vorteilhaft, von solchen Tensiden auszugehen, die Tendenz zur Bildung von lamellar flüssigkristallinen Phasen aufweisen.

2. Verschwinden der Leitfähigkeit mit zunehmendem Wassergehalt

Bisher war nur von Tensiden in wäßrigen Lösungen die Rede. Es gibt jedoch auch doppelkettige Tenside, die sich in organischen Lösungsmitteln, wie z. B. Octan, lösen lassen, vor allem wenn geringe Mengen von Wasser vorhanden sind. So konnte gezeigt werden, daß Didodecyltrimethylammoniumbromid in organischen Lösungsmitteln löslich ist. Bei einem Gehalt von weniger als 10% Wasser zeigt dieses System hohe elektrische Leitfähigkeit. Erhöht man den Gehalt an Wasser auf etwa 40% – was nicht bei allen organischen Lösungsmitteln möglich ist –, nimmt die Leitfähigkeit um mehrere Größenordnungen ab. Die organische Phase ist bei solchen gut leitfähigen Systemen im Überschuß vorhanden („Bulkphase“), während Wasser und Tensidmoleküle Kanäle bilden, die für die elektrische Leitfähigkeit verantwortlich sind. Bei Zugabe von mehr Wasser

bricht dieses Netzwerk zusammen, die Wasserkanäle verschwinden. Die nunmehr kugelförmigen Micellen und Wassertropfchen können elektrischen Strom nicht mehr leiten.

3. pH-Änderungen

Wenn man zwei neutrale Tensidlösungen zusammengießt, kann sich der pH-Wert plötzlich stark ändern. Dieser Effekt tritt immer dann auf, wenn ein anionisches Tensid mit einem schwach basischen Tensid gemischt wird: Die Lösung wird basisch. Beide Tensidarten bilden gemischte Micellen. Diese Eigenschaft zeigen z. B. Mischungen aus Perfluoronanoat und Dimethyl(tetradecyl)aminoxid. Die Perfluorverbindung ist neutral, das Aminoxid schwach basisch. Der pH-Wert der Mischung ist deutlich höher.

4. Das „Gelieren“ von Kohlenwasserstoffen

Pentan und Hexan sind leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe und haben sehr niedrige Viskosität. Mit Tensiden können sie transparente isotrope Gele bilden, die wieder viskoelastische Eigenschaften zeigen. Allerdings läßt sich so ein Gel nicht durch einfaches Zusammengießen der Lösungen und heftiges Rühren erreichen. Es müssen ganz bestimmte Bedingungen zu ihrer Erzeugung eingehalten werden. Solche Gele können bis zu 95,5% Kohlenwasserstoff enthalten, der Rest ist Tensid und Wasser. Im Gel liegen Polyeder vor, deren Seitenwände aus Tensidmolekülen bestehen. Diese Polyeder sind mit Kohlenwasserstoff gefüllt, während sich das Wasser in den schmalen Zwischenräumen zwischen den Polyedern befindet. Damit gleicht der Aufbau der Gele einer Schaumstruktur. Leitfähigkeitsmessungen zeigten, daß Wasser als kontinuierliche Phase im System vorliegt. Diese Polyederstruktur kann sogar unter dem Mikroskop erkennbar werden, wenn die wäßrige Phase mit einem Farbstoff eingefärbt wird. Man trägt dazu das Gel auf einen Objektträger auf und verdünnt mit Wasser. Dadurch wird die Filmdicke vergrößert. Aber dies hat keinen Einfluß auf die Größe der Polyeder. Zur Gelherstellung muß von einer Tensidlösung ausgegangen werden. Besonders gut sind dafür solche Tenside geeignet, deren Zusammensetzung zwischen der hexagonalen flüssigkeitskristallinen und der lamellaren Phase liegt. Kleine Mengen von Kohlenwasserstoffen können zu etwa gleichen Mengen Tensidlösung gegeben werden, und das so erhaltene Gel kann durch weitere, kontinuierliche Zugabe an Kohlenwasserstoff „verdünnt“ werden. Läßt man ein so erhaltenes Gel längere Zeit stehen, so bildet sich ein Überstand, der sich im Gleichgewicht mit dem restlichen Gel befindet. Durch Schütteln dieses niedrigviskosen Gemenges geht das Gel wieder in den hochviskosen Zustand über.

5. „Brummgele“

Diese Bezeichnung erhielten Wasser-Tensid-Alkan-Gele, die einen Brummtönen erzeugen, wenn man mit einem weichen Gegenstand auf das Gefäß klopft, das wenige cm Durchmesser besitzen soll. Gegenüber den vorher beschriebenen Gelen besitzen diese „Brummgele“ einen wesentlich höheren Anteil an Tensid. Der Wasseranteil beträgt 50 bis 60% und der Kohlenwasserstoffanteil nur 1 bis 3%. Diese Systeme sind wieder optisch isotrop, transparent und haben eine puddingähnliche Konsistenz. Sie können sogar größere Partikel mit höherer Dichte suspendieren. Die merkwürdige akustische Eigenschaft kann ebenfalls gedeutet werden: Der physikalische Mechanismus ist ganz analog dem von Festkörpern, wie z. B. schwingenden Gläsern. Die ersten „Brummgele“ bestanden aus Alkylpolyglycolether, Paraffinöl und Wasser. Man nennt solche Phasen auch „Mikroemulsionsgele“. Durch Kleinwinkelröntgenstreuungsmessungen ergab sich, daß in solchen Gelen ein System von dichtestgepackten kugelförmigen Aggregaten vorliegt. Die Kugeln sind mit Alkan gefüllt, die kontinuierliche Phase ist Wasser. Diese Systeme sind starr, eine Translationsbewegung der Kugeln ist nicht mehr möglich, das Gel scheint zu einem „Glas“ erstarrt zu sein. Die Bedingung für die Herstellung von Brummgele ist an die Fähigkeit des Tensids geknüpft, stäbchenförmige Micellen zu bilden. Bei Solubilisation eines Kohlenwasserstoffes gehen die Stäbchen in kugelförmige Micellen über. Diese kleinen Tröpfchen verhalten sich weitgehend starr. Wird das Tensid/Kohlenwasserstoff-Verhältnis konstant gehalten, was für den Übergang von Stäbchen zu Kugeln wichtig ist, aber gleichzeitig der Tensid-Kohlenwasserstoff-Gehalt erhöht, werden meist solche Mikroemulsionsgele gebildet.

6. Das Strömungsbeschleuniger-Phänomen von Tensiden

Dieses Phänomen ist auf Scherkräfte zurückzuführen, die in Rohren, Pumpen und Rührwerken auftreten. Bestimmte ver-

dünnte Tensidlösungen drücken im Bereich der turbulenten Strömung den Fließwiderstand erheblich herab. Damit können bei industriellen Anwendungen die Kosten für Energie zum Pumpen oder Röhren herabgesetzt werden. Es handelt sich dabei immer um Tensidlösungen, in denen kleine stäbchenförmige Micellen vorliegen. Oberhalb eines gewissen Schwellenwertes der Scherrate werden die Stäbchen in Reihen angeordnet. Dabei bilden sie Ketten in der Fließrichtung. Dies unterdrückt kleine Wirbel bei turbulenter Strömung und erleichtert das Beibehalten von laminarer Strömung. Dies verringert den Reibungswiderstand erheblich.

Scherkräfte können auch einen anderen Effekt bewirken, nämlich ein Zweiphasensystem in eine isotrope Lösung zu überführen. Wird eine Lösung von 20 ml $C_{16}H_{33}-(O-CH_2-CH_2)_3-OSO_3Na$ ($c = 20$ mmol/l) mit einer Lösung von $C_{14}H_{29}-N(CH_3)_3Br$ im Verhältnis 4:6 gemischt, beobachtet man eine Trübung, die sich in zwei makroskopisch deutlich unterscheidbare Phasen auftrifft. Bei starken Schüttelbewegungen wird daraus aber eine transparente viskoelastische Lösung. Nach einiger Zeit trennt sie sich wieder in die zwei anfänglich erhaltenen Phasen.

LITERATUR:

Tenside, Micellen und faszinierende Phänomene. H. Hoffmann u. G. Ebert; Angew. Chem. 1988/7/933.

Kurznachrichten

Natürliche Fette und Öle haben als nachwachsende Rohstoffe in letzter Zeit zunehmende Bedeutung für die industrielle Chemie erlangt. Dies ist nur Ausdruck dafür, daß seit dem letzten Jahrhundert eine grundlegende Strukturwandlung in der industriellen Chemie zu beobachten ist. Waren im vorigen Jahrhundert vor allem Kohle und seit den vierziger Jahren unseres Jahrhunderts Erdöl die wichtigsten Rohstoffe, tritt jetzt eine deutliche Änderung in Erscheinung. Zwar ist noch immer Erdöl der mengemäßig wichtigste Rohstoff, neben diesem haben Kohle und Erdgas nur mehr untergeordnete Bedeutung. Hingegen werden die „nachwachsenden Rohstoffe“ immer bedeutungsvoller. 1985 lag die Weltproduktion an Fetten und Ölen bei 68,2 Mio. t, von denen nur 14% chemisch genutzt wurden, während rund 80% als Nahrungsmittel für den Menschen und 6% als Futtermittel dienten. Neben tierischen und pflanzlichen Fetten, Ölen und Wachsen werden auch Fettrohstoffe aus Mikroorganismen gewonnen (single cell oil). Die wichtigsten Fettderivate und deren Folgeprodukte sind der Tabelle zu entnehmen:

Ausgangsmaterial	Reaktionen (Reaktanten)	Derivat
Fettsäuren	Amidierung (NH_3 , Aminoalkohole)	Fettsäure(N-hydroxyalkyl)-amide
	Veresterung (langkettige Alkohole, Glycerin, Polyole)	Fettsäureester („Wachsester“, Partialglyceride, Polyester)
	Ethoxylierung, Propoxylierung	Fettsäurepolyglykolester
Fettsäuremethylester	Amidierung (wie oben)	(wie oben)
	Umesterung (mit Komponenten wie oben)	(wie oben)
Fettalkohole	Ethoxylierung, Propoxylierung	Fettalkoholpolyglycoether
	Sulfatierung	Fettalkoholsulfate
	Herstellung von Phosphaten (Polyphosphorsäure)	Alkylphosphorsäureester
Fettamine	Ethoxylierung, Propoxylierung	Fettaminpolyglycoether
	Alkylierung (CH_3 , Cl, Dimethylsulfat)	Quartäre Ammoniumverbindungen
	Alkylierung	Betaine (Amphotenside)
	Oxidation	Fettaminoxide

Alle diese Derivate sind entweder direkt anwendbar, z. B. als Tenside, oder werden weiterverarbeitet zu Weichmachern, Schmiermitteln, Polyestern, Polyamiden, Schmelzklebstoffen, Druckfarben und Härtern für Epoxidharze. (Lit.: Angew. Chem. 1988/1/41.)

Pharmaproteide sind ein Sammelbegriff für ein hochaktuelles Gebiet neuartiger Medikamente. Durch die rasanten Fortschritte auf den Gebieten der Gentechnik und Biotechnologie sind nunmehr viele Proteine industriell herstellbar geworden und können als Therapeutica eingesetzt werden. Zunächst waren es Humaninsulin, das Thyroidhormon, der Faktor VIII (wichtig bei der Blutgerinnung) und das Calcitonin. Immunmodulatoren und Gewebsproteine bei der Tumorbekämpfung werden jetzt leicht zugänglich und damit in ihrer Wirkungsweise besser erforschbar. Viele Diagnostica werden auch auf die Basis von Enzymen und monoklonalen Antikörpern umgestellt. Die jüngste Entwicklung zeigt, daß Proteine sowohl in ihrer nativen als auch in modifizierter Form für die Wirkstoffforschung eine immer größere Bedeutung erhalten. (Lit.: Angew. Chem. 1988/2/213.)

Pheromone können i. A. nur in Nanogramm-Mengen erhalten werden. Dennoch sind Strukturbestimmungen bei diesen Stoffen von großer Bedeutung, da sie doch als potentielle Bekämpfungsmittel gegen Schadinsekten eingesetzt werden können. Hier sind es vor allem neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Gaschromatographie und Reaktionsgaschromatographie zur Trennung sowie der Einsatz verschiedener spektroskopischer Methoden zur Strukturaufklärung, die Fortschritte gebracht haben. Wesentlich dabei ist, daß Lösungsmittelmengen so klein wie irgend möglich gehalten werden, bessere Resultate geben neuartige Feststoffprobengeber für Naturstoffe. (Lit.: Angew. Chemie. 1988/4/494.)

„**Advanced Materials**“ ist ein Begriff, der neuerdings in die Chemie der Werkstoffe eingebracht wurde. Darunter versteht man jede Art von Verbundwerkstoffen bis hin zu speziell dotierten Halbleitern, Hochtemperatur-Supraleitern oder keramischen Werkstoffen. In diesem Gebiet sind Trennungen von Physik und Chemie fast unmöglich geworden, da die Mikrostruktur dieser Stoffe ihre physikalischen Eigenschaften in kaum geahnter Weise modifizieren kann.

Große Bedeutung erhalten jetzt Grenzflächenübergänge, deren atomare Struktur rasterelektronenmikroskopisch bestimmt werden kann, die durch Molekular-Epitaxie modifizierbar sind, also eine orts aufgelöste Materialsynthese ermöglichen.

Ein weiteres Beispiel bilden die neuartigen Flüssigkristalle, die ein besonderes Anwendungsgebiet bei Elastomeren gefunden haben. Dabei sind die Wechselwirkungen mit bestimmten Seitenketten von ausschlaggebender Bedeutung.

Eine weitere Methode zur Herstellung von neuartigen Werkstoffen bieten pulvermetallurgische Verfahren. Hier werden neuerdings durch Anwendung von Druck besonders dichte Materialien erhalten. Dabei ist der eigentliche Werkstoff auf zwei Komponenten aufgebaut: einer weicheren Matrix und, in diese eingelagert, die zweite, härtere Komponente. (Lit.: Angew. Chem. 1988/5, 7/611, 1019.)

Proteine als Gefrierschutz wurden in Geweben von Polarfischen gefunden. Diese Proteine haben eine charakteristisch verknäuelte Struktur und verhindern so das Wachsen von Eiskristallen. Solche Eiskristalle würden die Zellen zerstören und somit für den Fisch tödlich sein. Eines dieser Proteine wurde von einer Arbeitsgruppe der Univ. of Pittsburgh (UA) in seiner Struktur aufgeklärt. Es handelt sich dabei um ein nur 5 µm langes Protein, das als reine α -Helix vorliegt und reichlich Alanin enthält. Andere Proteine haben eine wesentlich komplexere Struktur. Ihre Seitenketten sind dabei gut beweglich und können leicht Wasserstoffbrücken mit Eiskristallen bilden. Sowohl die α -Helix, die einen elektrischen Dipol darstellt, als auch die H-Brückenbindungen lassen erklären, warum diese Proteine nur an bestimmte Flächen eines Eiskristalls gebunden werden. (Lit.: Science News, 1988/21/325.)

Juvenilhormon als selbstproduziertes Insektizid wurde jetzt in einer grasähnlichen Pflanze (Cyperaceae) aus Malaysia gefunden. Befallen noch nicht reife Heuschrecken diese Pflanzen, so nehmen sie gleichzeitig mit der Nahrung ein bestimmtes Juvenilhormon (JH III) auf. Sie wachsen dabei normal weiter, doch wenn sie ihr Reifealter erreichen, so treten verschiedene Defekte auf: ungenügende Eientwicklung in weiblichen Tieren, verdrehte Flügel und andere Anomalien. Dieses Juvenilhormon kann auch aus im Glashaus gezüchteten Pflanzen gewonnen werden. Da es sich um ein sehr komplexes Hormon handelt, besteht noch keine Aussicht, durch Genetic Engineering die entsprechenden Gene in Nutzpflanzen einzuschleusen und so Heuschreckenplagen einzuschränken. (Lit.: Science News 1988/21/326.)

Chitin als Konservierungsmittel für Obst ist nunmehr in Kanada für Äpfel zugelassen. Werden Birnen, Pfirsiche, Äpfel oder Pflaumen in eine Lösung aus N,O-Carboxymethylchitosan (NOC) getaucht, so entsteht ein Film, der wohl gasdurchlässig

ist, jedoch den Zutritt von Sauerstoff aus der Luft weitgehend verhindert. Auch die Abgabe von Kohlendioxid aus den Zellen wird unterbunden. Dadurch wird der Reifungsprozeß verzögert, und die Früchte müssen nicht mehr in Kühlhäusern gelagert werden, was sehr kostspielig ist. Vor der Konsumation sollen die Äpfel in warmem Wasser gewaschen oder geschält werden. Die Substanz NOC selbst ist nicht toxisch. (Lit.: Science News 1988/26/410.)

Buchbesprechung

Wasser und Wasseruntersuchung; Methodik, Theorie und Praxis chemischer, chemisch-physikalischer und bakteriologischer Untersuchungsverfahren. Leonhard A. Hütter, 3., neu bearbeitete und erweiterte Auflage 1988; XII + 488 Seiten, 51 Abb. u. 42 Tab., brosch. DM 68,-, Diesterweg/Salle - Sauerländer.

Wer noch die 1. Auflage dieses Werkes als Ringbuch in Erinnerung hat oder in seiner Bibliothek besitzt, dem wird beim Vergleich mit dieser 3., völlig neu gestalteten Auflage erst richtig bewußt werden, wie rasch sich ein Gebiet erweitert, durch immer neue Erkenntnisse und Methoden an Bedeutung und deshalb auch an Umfang gewinnt. Seit dieser 1. Auflage hat sich die Seitenzahl nahezu verdoppelt. Man kann wohl mit Recht sagen, daß nunmehr ein Standardwerk zum Thema „Wasser und Wasseruntersuchung“ vorliegt.

Schon der äußere Eindruck ist ansprechend und macht auf den Inhalt gespannt. Bereits beim Vergleichen des Inhaltsverzeichnisses dieser neuen Auflage mit der 2. Auflage (1984) läßt erkennen, daß Erweiterungen vorgenommen wurden, auch wenn die in der früheren Auflage vorgenommene und bewährte Kapiteileinteilung fast unverändert beibehalten wurde.

So ist der 1. Teil wieder „Wasser und Wasseranalytik“ benannt und um rund 50 Seiten erweitert worden. Hier ist vor allem das Problem der „Abwässer“ detaillierter dargestellt, was gerade der heutigen Interessenlage entspricht und wertvolle Informationen bietet. Im 2. Teil, „Experimentelle Methoden der Wasseruntersuchung“, wird auf die eigentliche Durchführung von Bestimmungen sehr genau eingegangen. Auch ganz moderne Untersuchungsmethoden, wie Ionenscan-Analyse oder Atomabsorptions-Spektrometrie, findet man neben der bewährten Polarographie beschrieben. Zur Bestimmung von einzelnen Bestandteilen wäre vielleicht erwähnenswert, daß die quantitative Erfassung des Ammonium-Ions mittels Indophenolblau eingehend behandelt wird. Dies bringt besonders für den Schulbereich zwei Vorteile: Das giftige, eine Quecksilberverbindung enthaltende Neßler-Reagens wird nicht mehr benötigt, dafür ist die neue Methode auch photospektrometrisch auswertbar, da der sich bildende blaue Farbstoff wasserlöslich ist und ein ausgeprägtes Extinktionsmaximum besitzt. Im 3. Teil, „Bakteriologische Wasseruntersuchung“, sind ebenfalls interessante Bestimmungsmethoden behandelt, die wahrscheinlich besonders in einem fächerübergreifenden Projektunterricht gemeinsam mit der Biologie durchgeführt werden können. Den Abschluß bilden wie immer zahlreiche Literaturhinweise, Hinweise zu rechtlichen Fragen und Verordnungen in der BRD, Österreich, der Schweiz und der EG, Normen, Bezugsquellen, ein Verzeichnis von üblichen Kurzbezeichnungen und schließlich ein umfangreiches Sachwortverzeichnis, das dieses Buch zu einem kompetenten Nachschlagewerk macht. Wer sich umfassend über „Wasser“ informieren, dieses Kapitel in seinem Unterricht aus moderner Sicht behandeln will und auch einschlägige Untersuchungsmethoden anwenden möchte, dem sei dieses Werk aufs wärmste empfohlen.

Dr. E. J.

MATHEMATIK

Dr. Kurt Wagner

Liebe Kolleginnen und Kollegen, liebe Leser der Mathematikrubrik!

Wenn ich nach dem Tode unseres verehrten Dr. Walter Kranzer die Aufgabe übernommen habe, den Mathematikteil der „WN“ weiterzuführen, so bin ich mir bewußt, daß das von ihm vorgegebene hohe Niveau nur mit großer Anstrengung weiterhin erreicht werden kann.

Ich bitte Sie nun alle, mich bei dieser Arbeit zu unterstützen. Meiner Meinung nach sollte die Rubrik drei Aufgaben erfüllen. Sie sollte, wie bisher, ein Forum für Arbeiten aus dem Kreise der AHS-Kollegen sein, sie sollte Universitätslehrern, besonders wenn sie didaktisch interessiert sind, Raum bieten und sie sollte schließlich über gegenwärtige Strömungen und Erkenntnisse in der Mathematik berichten. In jedem Falle sollte dabei auch (aber nicht ausschließlich) die Informatik zu Worte kommen.

Sollten Sie eigene Gedanken, Anregungen oder Wünsche für die Gestaltung des Mathematikteiles haben, so bitte ich Sie herzlich, mir diese mitzuteilen.

Im besonderen betrifft meine Bitte an Sie natürlich die Aufforderung, mit eigenen Artikeln zur Gestaltung des Mathematikteiles der „WN“ beizutragen. Alle Arten von Themen sind willkommen, ob sie reine oder angewandte Mathematik betreffen, ob sie einen direkten Bezug zur Schulmathematik oder mehr wissenschaftlichen Charakter haben.

Ihr Kurt Wagner

Anschrift: BG Völkermarkter Ring 27, 9020 Klagenfurt, Tel. (0 46 3) 57 5 30.

Dr. Walter Kranzer †

Perfektion und Information im Mathematikunterricht

Wie in jeder Wissenschaft gibt es auch in der Mathematik gewisse Kenntnisse faktischer wie operativer Art, die der Schüler gut beherrschen muß, will er nicht bei komplexeren Aufgaben schon am Handwerkszeug scheitern, ehe er sich dem mathematischen Kern des Problems zuwendet.

Einmal eins, numerisches und algebraisches Rechnen mit Brüchen, das Lösen linearer und quadratischer Gleichungen, die einfachen Zirkel-Lineal-Konstruktionen, die Grundoperationen mit Potenzen, Basiswissen in der Analytischen Geometrie, Histogramme u. a. sind Beispiele für Stoffe, in denen der Lehrer auf Perfektion und Routine dringen soll.

Der Wirkungsgrad für gutes und haftendes Erwerben derartigen Fertigkeiten bzw. Kenntnisse ist stoff- und altersbedingt. Bekanntlich kann einem Menschen, der in seinen ersten 20 Lebensjahren nicht den geringsten menschlichen Kontakt hatte, das Sprechen kaum mehr beigebracht werden, während das Kleinkind in der elterlichen Umgebung mühelos sprechen

lernt. Analog wird jemand, der das 1×1 in der Volksschule mangelhaft erlernt hat, trotz allem Nachholbemühens als Erwachsener dabei stets stolpern.

Doch ist die Perfektion, die hier gemeint ist, kein Selbstzweck, sondern das unerläßliche Mittel, für mathematische Betätigungen auf höherer Stufe gewappnet zu sein. Übertreibungen sind immer zu verurteilen, etwa die Forderung, die ersten fünf Mersenneschen Primzahlen auswendig zu wissen. Man sollte sich vielmehr bemühen, die jugendliche Wettbewerbsfreude, Neugier und den Spieltrieb zu nützen, um die erforderliche Perfektion mit verringertem Lerndruck zu erreichen. Das kann manchmal in der Weise geschehen, daß der Jugendliche motiviert wird, routinefördernde Aktivitäten selbstständig aufzunehmen, ohne sich dessen bewußt zu sein, dabei Perfektion zu erwerben. Dazu einige Beispiele zur Förderung des **Kopfrechnens**.

1. Der Lehrer läßt sich eine kleinere natürliche Zahl $N = a_1$ nennen und die weiteren Glieder einer Folge nach der Vorschrift

$$a_{n+1} = a_n/2 \text{ für gerades } a_n,$$

$$a_{n+1} = 3 \cdot a_n \text{ für ungerades } a_n,$$

berechnen. Für $N = 5$ ergibt sich die Folge

5, 16, 8, 4, 2, 1, 4, 2, 1, 4, 2, 1, ...

für $N = 11$

11, 34, 17, 52, 26, 13, 40, 20, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1, 4, 2, 1, ...

Obwohl das Einmünden in die Periodizität 4, 2, 1 bisher immer eintritt, ist die Frage nach der Allgemeingültigkeit des Ergebnisses noch offen.

Der Vorschlag, die Schüler mögen doch nach Ausnahmen suchen, wird sicher schon in den untersten Klassen zur Eigentätigkeit anspornen und dabei das Kopfrechnen festigen.

2. Ausgehend von einer nach Wunsch der Schüler gewählten vierstelligen Zahl (die aber nicht die Form 1000, 2111, 3222, ... haben darf), läßt man die größte und die kleinste mit N zifferngleiche Zahl anschreiben. Vorher notiert man gut sichtbar auf der Tafel die Zahl **6174**. Nun läßt man die kleinste von der größten Zahl abziehen. Möglicherweise ist die Differenz bereits 6174, dann ist die Überraschung vollkommen. Wenn noch nicht 6174 erscheint, wiederholt man das Verfahren für die Differenz und setzt das so lange fort, bis 6174 auftritt. Es wurde bewiesen, daß höchstens 7 solche Operationen nötig sind, um bei 6174 zu landen. Ohne zu sagen, daß dies so sein muß, kann der Lehrer nach Ausnahmen suchen lassen. In der nächsten Stunde wird er die Nichtexistenz von Ausnahmen mitteilen.

Beispiel: $n = 3178$;

8731	7533	7641	7641
-1378	-3357	-1467	-1467
7353	4176	6174	6174.

Das macht sicher viel Spaß.

3. **Binärzahlen** spielen in der Datenverarbeitung eine wichtige Rolle. Die Fertigkeit im dualen Addieren wird spielend erworben – und damit die frühe Vertrautheit mit dem Dualsystem –, wenn man ein einfaches Verfahren bekanntgibt, mit dem Nachrichten verschlüsselt werden können, die nur der Empfänger zu dekodieren vermag. A und B wollen so miteinander – geheim – kommunizieren. Wie das vor sich geht, ist dem Artikel „Unenzifferbares Verschlüsseln“ in Nr. 68, April 1985, S. 28, der Wiss. Nachr. zu entnehmen, hier wäre die Schilderung zu platzgreifend. Der Lehrer darf sicher sein, daß die Methode von den Schülern begierig aufgegriffen und einige Zeit vernünftig praktiziert wird.

4. **Primzahlen** üben nicht nur einen eigenartigen Reiz aus, sie eignen sich auch gut für das Hand-in-Hand-Gehen von Perfektion und Information. Die Wettbewerbsfreude erhält Nahrung, wenn man bei den Teilungsregeln einmal dazu auffordert, bis zur nächsten Stunde eine möglichst große Primzahl – egal wie – aufzuschreiben. Das ist ein stärkerer Anreiz zur Beschäftigung mit dem Faktorisieren als anderes. In der nächsten Stunde kann der Lehrer zunächst einmal bemerken, daß das Zerlegen extrem großer, etwa 70stelliger Zahlen von größter Wichtigkeit für die Arbeit der Geheimdienste und die Geheimhaltung wirtschaftlicher, diplomatischer und militärischer Nachrichten ist. Dann aber wird er wohl die größte derzeit bekannte Primzahl, sie hat 39 751 Stellen (!) nennen, nämlich die 29.

Mersennesche Primzahl

$$2^{132049} - 1.$$

Wieder läßt sich fragen: „Wer kann Mersennesche Primzahlen, die kleiner als 200 sind, finden?“ (3, 7, 31, 127).

5. Weiter sind **vollkommene** und **befreundete Zahlen** Anlässe zum Kopfrechnen bei ambitionierten Schülern. Die natürliche Zahl N heißt vollkommen, wenn die Summe aller ihrer von ihr selbst verschiedenen Teiler genau N ergibt. 6, 28 gehören dazu:

$$6 = 1 + 2 + 3,$$

$$28 = 1 + 2 + 4 + 7 + 14.$$

Wieder kann man Ausnahmen suchen lassen und erst nachher erwähnen, daß die geraden vollkommenen Zahlen stets die Gestalt $2^{n-1} \cdot M_n$, $M_n = 2^n - 1$ prim, haben. (In der Oberstufe mag es Schüler geben, die von sich aus das zu beweisen probieren.) Ungerade vollkommene Zahlen sind noch unbekannt, falls sie existieren, sind sie größer als 10^{100} .

Zwei natürliche Zahlen a, b heißen **befreundet**, wenn die Teilersumme von a (ohne den Teiler a) gleich b ist und analog die Teilersumme von b (ohne den Teiler b) gleich a ist. Man begnüge sich damit, feststellen zu lassen, daß (284, 220) sowie (1210, 1184) zwei Paare befreundeter Zahlen sind. Das zweite angeführte Paar hatte Euler übersehen, aber ein 16jähriger (!) italienischer Junge namens Paganini im Jahr 1866 entdeckt.

6. Wegen ihrer Bedeutung für die Zirkel-Lineal-Konstruktionen von regulären Vielecken pflegen manche Lehrer einige Worte über die **Fermatschen Primzahlen** $2^{2^n} + 1$ prim zu verlieren. Nach ihnen kann man ebenfalls, etwa im Abschnitt [1,300], suchen lassen. Der mathematischen Allgemeinbildung dient vor allem die Information über reguläre Vielecke. Dazu genügen ein paar Minuten. Allenfalls geweckter Neugierde kann in persönlichen Gesprächen oder in Supplierstunden entgegengekommen werden.

7. **Doppelbrüche** bereiten erfahrungsgemäß vielen Jugendlichen Schwierigkeiten. Diese werden entschärft, wenn bei **jedem** Auftreten eines Doppelbruchs auf die Reduktion zu einem einfachen Bruch durch Erweitern mit dem KGV aller Teilnenner gedrungen wird. Hier ist das Streben nach Routine durchaus geboten, aber auch Platz für eine (bloß feststellende) Bemerkung über **Kettenbrüche** und über die Darstellbarkeit quadratischer Irrationalitäten durch periodische Kettenbrüche, ev. auch für den Hinweis, daß in der Wechselstromtechnik sogenannte Kettenbruchsaltungen auftreten, Kettenbrüche somit auch praktischen Zwecken dienen.

Man sieht, der in weiten Kreisen verschrieenen angeblichen Trockenheit der Mathematik kann entgegengetreten werden, weil Sachverhalte bestehen, die für jeden geistig Aufgeschlossenen interessant sind. Natürlich wäre es vollkommen verfehlt, die eingestauten Informationen abzurufen. Das wäre ein sehr abwegiges Streben nach Perfektion! Es genügt, wie oben dargelegt, oft die bloße numerische Demonstration gewisser Eigenschaften, um rein informativ auf weiterführende Ansätze in der Zahlenlehre hinzuweisen. Das bringt Farbe in den Unterricht! So kann der Lehrer das jugendliche Denken allmählich in die Tiefe und Weite lenken, Querverbindungen zu anderen Wissensgebieten herstellen und Kenntnisse vermitteln, die für fremde Fächer nützlich sind.

Wie sehr eine kurze Bemerkung auch ohne Prüfungsdruck (auf den keineswegs in anderen Zusammenhängen zu verzichten ist) im Gedächtnis zu haften vermag, habe ich in der Physik erlebt. Bei der Wärmelehre erzählte ich unverbindlich, daß der in einem supraleitenden Ring am MIT ganz kurz erregte elektrische Strom 3 Jahre lang widerstandslos ohne Speisung weiterfloß. Eine in der Ringmitte frei schwebend vom Magnetfeld des Stromes gehaltene Eisenkugel behielt diese Haltung drei Jahre lang bei. Geraume Zeit später bot das Ohmsche Gesetz den willkommenen Anlaß zum gleichen Extempore. Aber ich wußte nicht mehr, ob das Schweben 2 oder 3 Jahre gedauert hatte. Also meldete ich 2 Jahre, um nicht zu übertreiben. Prompt meldete sich ein Junge: „Sie habe doch früher von 3 Jahren gesprochen!“ Ich erklärte die Diskrepanz und merkte die Dauerhaftigkeit von nebenbei gemachten informativen Bemerkungen.

Nach den Ausschnitten aus der Zahlenlehre wenden wir uns der **Proportionalität** (wohlgemerkt, nicht den diversen Eigenschaften von Proportionen) zu. Auch dabei bieten sich **Ausblicke** in mathematische Landschaften jenseits des Schulrahmens an (Herr. o. Prof. Dr. P. Gruber, TU Wien, hat in einem Vortrag vor Mathematiklehrern die Wichtigkeit derartiger Ausblicke durch zwei Rufzeichen unterstrichen), welche die Freude an eigener Betätigung wecken. Darüber hinaus bestehen gute Querverbindungen zu nichtmathematischen Wissensgebieten, also zum Abbau des Scheuklappenpens.

1. Das beginnt bereits bei den Inhaltsverhältnissen

$$A_1 : A_2 = L_1^2 : L_2^2, \quad V_1 : V_2 = L_1^3 : L_2^3,$$

wenn man sie für Vergleiche der Sprungfähigkeiten von Floh und Mensch heranzieht. Die Spungtüchtigkeit ist, als Kraft gesehen, zur Querschnittsfläche der betätigten Muskeln, die Schwerkraft zum Volumen des Springers proportional. Also ist die Sprunghöhe H zu $F/V = L^2/L^3 = 1/L$ proportional. Je größer (L) der Springer, desto kleiner die Sprunghöhe im Verhältnis zur Körpergröße L. Der Mensch ist ca. 1000mal größer als der Floh, der ungefähr 50 cm hoch springt, das sind ca. 300 Flohgrößen. Dividiert durch 1000 gäbe das $0,3 \cdot 1,7$ m \approx 50 cm menschliche Sprunghöhe. Der Mensch springt somit mindestens so „gut“ wie der Floh!

2. Wie stark ist die Schwerkraft auf der Sonnenoberfläche? Die Schwerkraft F ist zur anziehenden Masse M direkt, zum Quadrat des Abstandes R vom Massenmittelpunkt verkehrt proportional, was als gut bekannt vorausgesetzt werden darf:

$$F \propto M/R^2.$$

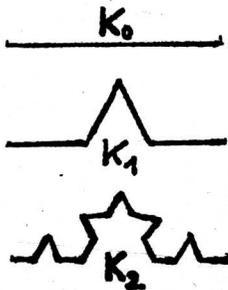
In der Mathematikstunde zu hören, daß die Sonnenmasse $1/3$ Mio. Erdmassen und der Sonnenradius 110 Erdradien beträgt, ist sicher kein Nachteil. Die Gewichtskraft eines Körpers auf der Sonnenoberfläche (sofern von einer Oberfläche unkritisch gesprochen werden darf) ist daher $333\,000/110^2 \approx 28$ mal größer als auf der Erde. Setzt man die Masse der Zunge mit nur 100 g an, so wiegt sie auf der Sonne 28 kg. Mit dem Schwätzen hätte man dort einige Schwierigkeiten!

3. Die Fluchtgeschwindigkeit v von einem Himmelskörper (Masse M, Radius R) ist zu $\sqrt{M/R}$ proportional. Die Fluchtgeschwindigkeit vom Erdboden beträgt, wie sogar Zeitungen gelegentlich melden, 11,2 km/s. Welchen Radius müßte die Erde bei gleicher Dichte haben, damit $v = c$ wird (von Laplace aufgeworfen)? Für den n-fachen Radius gilt $v \propto \sqrt{n^3/n} = n$.

Mit $n = 300\,000/11,2 \approx 26\,800$ ergibt sich für den Erdradius $26\,800 \cdot 6376 \approx 171$ Mio. km. In diesem Erdball hätte die gesamte jetzige Erdbahn spielend Platz.

An diesem Beispiel erfährt der Schüler einige wichtige astronomische Daten ganz nebenbei, ohne Formeln pauken zu müssen, und merkt, daß auch einfache Überlegungen zu spektakulären Ergebnissen führen können, ohne den sogenannten „gesunden Menschenverstand“ zu strapazieren.

In der Elementargeometrie gehören die Formeln $u = 2\pi r$, $A = r^2\pi$ zum festen Wissensbestand wohl jedes Schülers. Daß der Umfang bzw. die Bogenlänge von Kurven durch sich zunehmend verfeinernde Sehnenapproximationen definiert wird, gilt als selbstverständlich und trivial. Das Thema ist eine gute Gelegenheit, das Vertrauen in naives, anschauungsbezogenes Urteilen zu erschüttern, wohl auch eine Aufgabe des Mathematikunterrichts. Die Problematik des Begriffes Bogenlänge ist im Kapitel über geometrische Folgen an Hand des **von Kochschen Gebildes** (auch Schneeflockenkurve genannt) in Form einer einfachen Aufgabe zu aktualisieren (s. Abb.). Die Längen der approximierenden Kurven K_0, K_1, K_2, \dots sind Glieder der divergenten Folge $a, 4a/3, \dots$, also strebt die Länge gegen Unendlich. Das gilt auch für jeden beliebig kleinen Abschnitt des Gebildes. Damit ist die Existenz von Punktmenge leicht verständlich und überzeugend nachgewiesen, nach deren Bogenlänge man nicht fragen darf, weil sie gar nicht existiert!



Blieben wir bei der Geometrie. In der Analytischen Geometrie sind es die Kreistangenten, die den praktischen Wert der komplexen Zahlen aufzuzeigen erlauben. $y = kx + d$ ist die Gleichung einer Tangente T an den Bildkreis K von $x^2 + y^2 = r^2$, wenn die Berührbedingung $r^2 \cdot (1 + k^2) = d^2$ erfüllt ist. Man frage nach den Gleichungen der Tangenten an K aus O . Die Schüler glauben, nicht recht gehört zu haben, aber der Lehrer meint: „Probieren geht über Studieren!“ Ergebnis:

$$y = \pm i \cdot x.$$

Die zwei Tangenten T_1, T_2 haben absurde Eigenschaften. Sie sind zu sich selbst normal, und beliebige Punkte haben – überträgt man die Terminologie und die Formeln im Reellen auf das Komplexe – den Abstand Null! Natürlich ist gleichzeitig auch jede Tangente zu sich selbst parallel. Die „Bogenlänge“ ist für jeden Abschnitt Null. Deshalb nennt man T_1, T_2 **Minimalgerade**.

Verallgemeinerungen führen auf komplex beschreibbare gekrümmte Kurven, bei denen ebenfalls jeder Bogen die Länge Null hat. Sie heißen **isotrope Kurven**. Den Schülern erscheint nun der Gipfel des Verrückten erreicht. Doch gemacht!

Jedermann weiß, daß sich eine in eine beliebige geschlossene Raumkurve eingespannte Seifenhaut so einstellt, daß ihr Flächeninhalt möglichst klein, sie also eine **Minimalfläche** wird. Selbst einfache Randkurven können große Schwierigkeiten der analytischen Behandlung entgegensehen. Doch wurde der nachstehende Satz bewiesen, der einen guten Überblick über die gesamte Kurvenklasse gewährt, nämlich der Satz:

Jede Minimalfläche läßt sich durch Parallelverschieben einer isotropen Kurve entlang einer anderen isotropen Kurve erzeugen.

Der Satz rückt das anscheinend Absurde in die Wirklichkeit der technischen Hydrostatik zurück. Wenn das nicht vom Wert des Komplexen überzeugt ... ?

Gewiß, für diese Information muß einen volle Unterrichtsstunde „geopfert“ werden. Geopfert? Nein, diese Stunde ist nicht verloren! Sie vermittelt einen Einblick in Zusammenhänge, von denen sich der naive Nur-Aufgaben-Rechner nichts träumen läßt. Die Information ist interessant, erstaunlich tiefgehend und kann in Begleitung simpler Tangentenaufgaben gegeben werden.

Schließlich soll doch einmal in den höchsten Schulstufen der AHS das Thema **Nichteuklidische Geometrie** angeschnitten werden. Die sphärische Geometrie auf der Kugelfläche, in der die Großkreise den Geraden entsprechen, beliebige nicht idente Großkreise stets einander schneiden und das Zwischen-Axiom nicht mehr gilt, erscheint durchaus als brauchbares Modell für abweichende Axiome.

Die **Traktrix (Schleppkurve)** läßt sich anschaulich erklären, indem man ein Gewicht am Ende eines Fadens befestigt, das zweite Ende in einem Punkt der Tischkante festhält und darauf achtet, daß der gespannte Faden senkrecht zur Kante liegt. Zieht man ihn rasch nach einer Seite entlang der Kante, so beschreibt das Gewicht eine Traktrix. Durch Ziehen nach der anderen Seite aus der Ausgangsstellung entsteht der andere Kurvenast. Die Rotation der Traktrix um ihre Asymptote (die Tischkante) läßt eine Fläche F entstehen, die sogenannte **Pseudosphäre**, auf der eine **nichteuklidische Geometrie** realisiert ist. Die geodätischen Linien von F übernehmen die Rolle der Geraden in der euklidischen Ebene. Ist P ein Punkt auf F , der nicht einer an sich beliebig zu wählenden geodätischen Linie g von F angehört, dann existieren unendlich viele geodätische Linien durch P , die g nicht schneiden, ohne daß ein anderes euklidisches Axiom außer Kraft gesetzt wäre.

Unter Verzicht auf jegliches mathematisches Beiwerk genügt wohl die bloße Schilderung des angedeuteten Sachverhaltes, um ein Vorurteil auszumerzen und den Schülern Ausblicke in Denkformen zu gewähren, welche die Geometrie revolutioniert haben. Das Revolutionäre besteht darin, daß jemand auf die **Idee** kam, das Unvermögen zum Beweis der Parallelaussage indizierte, daß diese Aussage unbeweisbar, also ein Axiom, sei.

Der Vorteil der **symbolischen Vektorschreibweise** wird beim Vergleich der Darstellung ebener und räumlicher Gebilde mittels Vektoren offenbar, solange nicht aus numerischen Gründen zur Koordinatenaufspaltung geschritten werden muß. Das liefert den Ansatzpunkt, auch ein wenig über 4- und mehrdimensionale Räume zu sprechen. Die zur $R^2 \rightarrow R^3$ analogen Beziehungen $R^3 \rightarrow R^4$ beleben die angestoßene Diskussion zwischen Schüler und Lehrer. Freilich hat das Eingehen auf die Fragen und Meinungen nur dann Sinn, wenn der böse Zeitdruck fehlt. Also wird dieses motivierende Thema auf Supplimentstunden, letzte Stunden vor größeren Ferien oder – noch besser – auf das Wahlpflichtfach verlegt werden. Vielleicht beginnt daraufhin der eine oder andere Teilnehmer am Wahlpflichtfach, elementare kombinatorische Topologie zu betreiben.

Es wäre schade, die Bemerkung zu unterlassen, daß technische Universitäten sogar Vorlesungen über Darstellende Geometrie in R^4 anbieten. Auch sollte man einmal die Projektion des Kantengerüstes eines 4dimensionalen Würfels an die Tafel zeichnen.

Die Geometrie ist auch imstande, philosophische Gedanken zu inspirieren. Ich denke da an eine Überlegung von Poincaré. Angenommen, das Universum erfülle das Innere einer Kugel. Doch herrschen in ihr physikalische Bedingungen, die das lineare Schrumpfen jedes Objektes auf die Hälfte bewirken, sobald es sich dem Kugelrand auf die halbe Distanz nähert. Dieses Universum erscheint allen seinen Bewohnern unendlich ausgedehnt, denn niemand vermag dessen Grenze zu erreichen. Ohne zusätzliche strukturelle Kriterien ist es für die Bewohner unentscheidbar, ob ihre Welt in „Wirklichkeit“ endlich mit einer von innen unzugänglichen Außenwelt, also nur eine Blase im umfassenden unendlichen Raum, ist. In Zusammenarbeit mit dem Philosophielehrer ist das Thema ein Weg zur Führung der Jugend vom naiven zum reiferen, tieferschürfenden, in positivem Sinne kritischen Denken! Soll das nicht nach den Intentionen der Schulgesetze ein Unterrichtsziel sein?

Hier begegnet man auch einem Ansatzpunkt a) über a posteriori versuchte **Modelle der Wirklichkeit**, b) über axiomatisch vorgegebene Modelle, für die eine Realisierung gesucht wird, zu sprechen (a) Atommodelle, b) Pseudosphäre).

Ich weiß schon, das sind Luftschlösser, die den Zeitrahmen sprengen würden. Aber mancher Zipfel des Gewebes sollte doch vom Lehrer ergriffen werden. Im übrigen: Es ist unglaublich, aber wenn die Zeit zur Verfügung steht, kann der geschickte, ambitionierte Lehrer Wesentliches davon auch schwachen Schülern verständlich machen. Ein vordringliches Ziel des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts soll es doch sein, auch der Masse jener Jugendlichen Essenzielles dieser Denkformen fürs Leben mitzugeben, die später ganz andere Berufswege beschreiten. Wer das grundsätzlich ablehnt, der nehme das Wort von Meister Ekkehard zur Kenntnis:

„Diese Rede sei niemand gesagt, denn der sie sein nennt als eigenes Leben oder wenigstens besitzt als die Sehnsucht seines Herzens.“

Daß das Lösen einfacher linearer Gleichungen, linearer Gleichungssysteme und quadratischer Gleichungen routinemäßig beherrscht werden soll, darf als selbstverständlich gelten. Erst eingebrachte Bruch- und Wurzelterme stellen den Schüler vor verschiedenartige Probleme, die nicht über einen Routinekamm zu scheren sind. Bei Systemen kann der Lehrer einflchten, daß die Berechnung von Trägerrosten im Bauwesen sowie von Filtern und gekoppelten Schwingkreisen in der Elektrotechnik und noch vieles andere aus den technischen Disziplinen umfangreiche Gleichungssysteme zu lösen aufgibt, die in extremen Fällen Tausende Variable enthalten können, was ohne Computereinsatz nicht zu bewältigen wäre.

Manche Schüler erheben die Frage nach den Lösungsformeln für algebraische Gleichungen höherer als zweiten Grades. Selbst wenn keine diesbezügliche Frage gestellt wird, sollte auf sie rein informativ eingegangen werden. Das setzt voraus zu klären, was unter „algebraischem Lösen“ zu verstehen ist. Ist das getan, genügen ein paar Sätze, die Lösbarkeit der Gleichungen 3. und 4. Grades zu bejahen.

Die Erklärung, daß zu jedem Grad größer als 4 Gleichungen existieren, die man **nicht** algebraisch lösen kann, ist zu dürftig. Dazu gehört – schon als Rechtfertigung für die Einführung des Gruppenbegriffes – die Mitteilung, daß jeder alg. Gleichung eine Gruppe zugeordnet ist. Die Ordnungen einer bestimmten Art ihrer Untergruppen entscheidet über die Lösbarkeit der Gleichung, womit ein sehr allgemeines Gesetz jahrhundertlange Bemühungen zum befriedigenden Abschluß brachte.

Diese Ordnungen entscheiden sogar darüber, ob die geometrische Interpretation der Lösung mit Zirkel und Lineal konstruierbar ist.

Nur, wenn der Lehrer mit emotionalem Engagement die erstaunliche Tatsache hervorhebt, daß da plötzlich ein tiefliegender Zusammenhang zwischen so verschiedenen Gebieten wie Gleichungen, Gruppen und Zirkel-Lineal-Konstruktionen zutage tritt, wird er der Jugend ein bleibendes, Achtung erheischendes Bild der Mathematik fürs Leben einprägen können. Ein solcher Lehrer wird auch imstande sein, seinen Schützlingen die Unterscheidung von absoluter und bedingter Unmöglichkeit beizubringen. Die Trisektion des Winkels, die Konstruktion des regulären 7- oder 9-Ecks, die Rektifikation und die Quadratur des Kreises, die konstruktive Würfelverdopplung, alles im obigen Sinne verstanden, sollen von den Jugendlichen im Herzen als grundsätzlich unmöglich **anerkannt** werden. Damit ist auch der Boden für das Verständnis der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile 1. und 2. Art bereitet, wofür der Physiker dankbar sein wird, sowie eine Barriere gegen den Einfluß der Phantasie von Scharlatanen aufgerichtet. Leisten nicht diese rein mittelendenden Aussagen wesentliche Beiträge zur **Allgemeinbildung**, indem sie das Urteilsvermögen stärken? Ein Lehrer, der von diesen Dingen nicht innerlich ergriffen ist, der nicht das Bedürfnis fühlt, die eigene Faszination auf die Jugend zu übertragen, hat seinen Beruf verfehlt!

Noch eine Bitte des Physikers in mir: Mit den Gleichungen hängen eng allgemeinere **Verknüpfungen** zusammen. Eine davon, nämlich

$$u \oplus v := \left| \frac{u+v}{1+u \cdot v} \right| \quad u, v \in]-1, 1[.$$

ist kein mathematisches Phantasiegebilde, sondern beschreibt die **relativistische Geschwindigkeitsaddition**. u, v sind die an der Lichtgeschwindigkeit c gemessenen Geschwindigkeiten. Wird das an einigen Beispielen verdeutlicht, dann empfindet der Schüler ganz allgemein atypische Verknüpfungen nicht mehr als pathologische Exzesse der Mathematiker, sondern als adäquate Beschreibungen von Wirklichkeiten. Ist das nicht „der Rede wert?“

Die Entwicklung des mathematischen Denkens des heranwachsenden Menschen vollzieht sich in Schüben, die an die Erweiterungen der Zahlbereiche gebunden sind. Mit den Dezimalzahlen geschieht der Übergang von den natürlichen zu den rationalen Bruchzahlen. Der nächste Schritt führt zu den negativen Zahlen, und der Satz des Pythagoras öffnet erst richtig den Zugang zur numerischen Geometrie, denn mit den Quadratwurzeln gelangen die ersten irrationalen Zahlen ins Spiel. Nach Abschluß des Kapitels „Potenzen“ steht schließlich der gesamte reelle Zahlbereich zur Verfügung. Jeder dieser Schritte entsprang dem Unvermögen, gewisse Gleichungen innerhalb des schon verfügbaren Zahlbereichs zu lösen. Die letzte Erweiterung in der Schule, nämlich jene zum Körper der komplexen Zahlen, gründet sich auf die Gleichung $x^2 + 1 = 0$.

Das routinierte Operieren mit komplexen Zahlen bleibt solange ein bloßer Dressurakt, solange es nicht gelingt, Wirklichkeiten vorzuweisen, die das abstrakte Modell einsichtig realisieren. Die Drehstreckungen um den Ursprung liefern dazu glänzende Möglichkeiten.

Ist nun auf diese Weise eine innerlich anerkannte Beziehung der Schüler zu \mathbb{C} hergestellt, darf man sich nicht wundern, wenn einige gelegentlich wissen wollen, ob nicht noch andere Erweiterungen existieren. Damit fällt das Stichwort zu kurzen Informationen, mit denen wohl die geweckte Neugierde befriedigt, aber zugleich auch weiter angefacht wird.

Das „Ja“ auf die Frage muß natürlich illustriert werden. Die **Quaternionen** mit den vier Basiseinheiten $1, i, j, k$, von denen drei nicht reell sind, und einer nichtkommutativen Multiplikation, was in der Multiplikationstafel ersichtlich ist, erlauben ebenfalls eine anschauliche Deutung. Mit ihnen kann man die Schraubungen im Raum, d. h. die Bewegungen starrer Körper beschreiben. Den 4 Freiheitsgraden – 3 für die Translation und einer für die Drehung – entsprechen die vier Basiseinheiten der Quaternionen.

·	i	j	k
i	—1	k	—j
j	—k	—1	i
k	j	—i	—1

Von den Quaternionen gelangt man zu den **Oktaven** mit 7 nichtreellen Einheiten i_1, i_2, \dots, i_7 und der reellen Einheit 1. Mit den Oktaven ist der umfassendste Bereich betreten, in dem **noch eindeutig dividiert werden kann**. Der Abbau von \mathbb{R} geltenden Rechenregeln ist insofern abgeschlossen, als nicht nur die Monotonie der Multiplikation (in \mathbb{C} aufgehoben) und die Kommutativität (bei den Quaternionen verletzt) ihre „Rechte“ verlieren, sondern sogar die Assoziativität nur mehr in abgeschwächter Form aufrechterhalten bleibt.

Die Schilderung des Regelabbaues ist das Bildungsgut, das die beiden Informationen enthalten. (Reicht die Zeit, kann noch gesagt werden, daß der Beweis des Waring-Problems – jede natürliche Zahl ist als Summe von höchstens 4 Quadraten natürlicher Zahlen darstellbar – mit Hilfe der Quaternionen elegant geführt werden kann.)

Natürlich wollen die Schüler wissen, wozu man noch andere Erweiterungen – ohne Division – ausführt. Auch darauf gibt es eine überzeugende Antwort. Im vorigen Jahrhundert wurden u. a. die **Cliffordschen Zahlen** – sie stützen sich auf nicht weniger als 15 „i-Sorten“, richtiger **hyperkomplexe Einheiten** – in die Algebra eingeführt. Sie bildeten die mathematischen Voraussetzungen (allerdings in Matrizenform ausgedrückt) für die Voraussage der **Positronen** auf Grund der rein theoretischen Berechnungen des Nobelpreisträgers **P. Dirac**. Die Moral von der Geschichte:

Die abstrakte Mathematik von heute ist die Theoretische Physik von morgen und die Technik von übermorgen.

Für diesen Satz steht es dafür, vorher über Quaternionen und Oktaven eine Viertelstunde zu „opfern“!

Transfinite Kardinalzahlen können das Ziel einer in andere Richtung führenden Aussprache über Erweiterungsprozesse sein. Da daraus ein Brückenschlag zur Philosophie möglich wird, ist es der Überlegung wert, darauf im Unterricht einzugehen, obwohl dazu sicher eine ganze Unterrichtsstunde benötigt würde.

Daß die Potenzmenge $P(M)$ einer endlichen Menge M von n Elementen 2^n , also mehr als n Elemente enthält, ist einfach nachzuweisen und paßt in den üblichen Unterrichtsrahmen. Die Abzählbarkeit der rationalen Zahlen ist mittels **Cauchyschem**, die Überabzählbarkeit der reellen Zahlen mittels **Cantorschem Diagonalverfahren** ohne Schwierigkeiten darzulegen. Der letztgenannte Sachverhalt ist übrigens ein gutes Beispiel für einen indirekten Beweis, für die *reductio ad absurdum*.

Leider ist das nicht mehr Lehrstoff, weil es in der kurzen Phase der Gültigkeit schädliche, überflüssige Übertreibungen gab. Deshalb möge sich jeder Lehrer überlegen, ob und wenn, wie er auf eine Materie in einer Supplierstunde eingeht. Tut er es, dann genügen die angedeuteten Nachweise durchaus, der Begriff der Gleichmächtigkeit ist ja als Möglichkeit bijektiver elementweiser Zuordnung als bekannt anzusehen.

Daß auch unendliche Mengen geringere Mächtigkeit als ihre Potenzmengen haben, möge als Ergebnis mengentheoretischer Überlegungen lediglich mitgeteilt werden. D. h. die Mächtigkeiten von $M, P(M), P[P(M)], \dots$ bilden eine nie endende Folge transfiniter Kardinalzahlen, die mit \aleph_0 , der Mächtigkeit von \mathbb{N} beginnt. Deshalb ist es **logisch unzulässig**, von der Menge

aller Mengen zu sprechen. Gäbe es sie, so wäre ihre Potenzmenge mächtiger als sie selbst und läge daher außerhalb ihr. Hingegen impliziert der Terminus **Klasse aller Mengen** keine Antinomie, weil ihm gewisse Mengeneigenschaften abgehen, er also keine Menge ist.

Auf einen anderen Widerspruch stößt man folgendermaßen: Die Elemente der Menge $M_{10} = \{1, 2, 3, \dots, 9, 10\}$ sind die natürlichen Zahlen von 1 bis 10, aber kein Element von M_{10} ist M_{10} selbst, denn M_{10} ist eine Menge und keine Zahl. Somit ist M_{10} eine Menge, die sich nicht enthält, also etwas ganz Normales, ohne problematisch zu sein.

Hingegen enthält die Gesamtheit aller Mengen, die keine Quadrate sind, sich selbst, sie ist ja kein Quadrat, also eine Menge, die zu ihr gehört.

Will man nun entscheiden, ob die Menge A aller Mengen, die sich nicht enthalten, zur ersten oder zur zweiten Mengenkategorie gehört, merkt man, daß jede Annahme über $A \cdot A$ in die andere Kategorie verweist.

Der bedeutende österreichische Mathematiker **Kurt Gödel** war von den eben angedeuteten Antinomien so angetan, daß er sich mit ihnen eingehend beschäftigte und Anfang der dreißiger Jahre den nach ihm benannten „**Gödelschen Unvollständigkeitssatz**“ bewies:

Jeder Kalkül, der die Arithmetik der natürlichen Zahlen zu formalisieren vermag, enthält Aussagen, die zwar in der Sprache und im Begriffssystem des Kalküls formuliert, aber nicht mit den Mitteln des Kalküls bewiesen werden können.

Hier wird den Schülern gezeigt, daß unserem Erkenntnisvermögen unüberschreitbare Schranken gesetzt sind, das das Vorwärtsdrängen des Menschgeistes bis zu einem endgültigen Abschluß verhindern! Das ist doch eine ganz tiefe Erkenntnis! Die Mathematik ist das Feld, auf dem diese Frucht des Denkens reift, also ist der Mathematiklehrer – womöglich in Absprache mit dem Philosophen – primo loco befugt, die Jugend fachübergreifend darüber zu informieren. Der Zeitaufwand hält sich in Grenzen (erfahrungsgemäß genügt eine Stunde vollauf).

Daß manches ewig unbeweisbar bleiben wird, habe ich in der Unterrichtspraxis wiederholt mittels nachstehend geschilderter Diskussion belegt. Ich fragte, in wessen Wohnung im gleichen Augenblick weder Mensch noch Tier vorhanden seien und in die auch niemand Einblick hat. Einen, der sich meldete, fragte ich, ob er beweisen könne, daß die Wohnung samt Inhalt jetzt existiere. Nach kurzem Hin und Her sahen er und seine Mitschüler die Unmöglichkeit eines solchen Nachweises ein. Dann berichtete ich, daß namhafte Philosophen die Ansicht vertraten, es existiere nur das, was in einem Bewußtsein existiere: „Esse est percipi“. Natürlich erklärte ich sofort, weder in der Lage zu sein, dem Statement zuzustimmen, noch es abzulehnen. Es sollte nur verständlich gemacht werden, aus welchen Überlegungen heraus jemand auf derartige, den Außenstehenden absurd erscheinende Auffassungen gelagen könne. Gelingt es, den Jugendlichen das verständlich zu machen, hat man sie – ganz ohne Routine – einen großen Schritt vom naiven zum reiferen Denken geführt. Eine herrliche Aufgabe für den Lehrer! (Wer das abzufragen versucht, frevelt in meinen Augen.)

Ergebnis: Es gibt grundsätzlich unentscheidbare Fragen! Was tun? An der Hypothese, auch unbewohnte Wohnungen wären vorhanden, einfach festzuhalten, weil sie die ökonomischste Interpretation der Wirklichkeit darstellt, ist eine praktikable Art der Selbstbeschränkung, natürlich nicht nur, was unbewohnte Wohnungen betrifft.

Noch eine Frage drängt sich im gegenständlichen Zusammenhang auf. Die Naturwissenschaften sind bestrebt, das direkt oder indirekt mit den Sinnen wahrnehmbare Naturgeschehen auf eine **Minimalbasis B** zurückzuführen. (Ob das überhaupt möglich ist – von der Realisierung ganz abgesehen – bleibt dahingestellt.) Aber selbst, wenn der große Wurf gelänge, bliebe die Frage nach dem So-Sein von B offen. Weil B minimal sein soll, könnte keine weitere Reduktion auf eine schmalere Basis erfolgen. Bestenfalls ließe sich B durch eine gleichmächtige, äquivalente Basis C ersetzen. Und danach vielleicht C durch D usw. Wie weit? Egal, wie weit, man träte immer auf der Stelle ...

Ist es nicht faszinierend, welche Gedankengänge höchst allgemeiner Art der Mathematikerunterricht inspirieren kann? Machen Sie doch davon **in vertretbarem Ausmaß** Gebrauch!

Noch eine Bemerkung im gleichen Kontext. Die natürlichen Zahlen sind abzählbar, ebenso die rationalen und die algebraischen. Aber die reellen Zahlen sind überabzählbar. Daher müssen transzendente Zahlen existieren. Das ist schlüssig, selbst wenn man nicht in der Lage ist, auch nur eine einzige transzendente Zahl anzugeben. Ist es nicht für den Schüler verblüffend

zu erfahren, daß es – grob gesprochen – „ebenso viele“ natürliche wie rationale Zahlen gibt?

Zur Charakterisierung der rationalen Zahlen steht ein simples **endliches** Verfahren bereit. Jedes Paar natürlicher Zahlen bestimmt eine konkrete Zahl aus \mathbb{Q} . Bei den reellen Zahlen ist Ähnliches wegen ihrer Überabzählbarkeit unmöglich. Nicht einmal abzählbare Verfahren sind imstande, das zu leisten. Es ist nur möglich, einzelne oder mehr eingeschränkte Systeme von irrationalen Zahlen durch endliche oder schlimmstenfalls abzählbare Verfahren zu konstruieren.

Während die Informationen im Gefolge der Bereichserweiterung über \mathbb{R} oder \mathbb{C} hinaus aufwendig sind und vorangehender sorgfältiger didaktischer Überlegungen des Lehrers bedürfen, liefert das Kapitel „**Potenzen**“ eine Fülle von Anlässen, in kurzen Zusatzbemerkungen Wissenswertes allgemeinerer Art einzuflechten. Die Grundrechenarten für Potenzen müssen natürlich routiniert beherrscht werden, aber schon beim Einüben bieten sich Gelegenheiten, Notwendiges mit Interessantem zu garnieren. Dazu ein paar Anregungen.

1. Wieviel Meter hat ein Lichtjahr? Die Anzahl der Sekunden eines Jahres soll schon früh eingeprägt werden: $1 \text{ a} \approx 31,5 \text{ Mio. s}$. Merkhilfe: $1 \text{ a} \approx \pi \cdot 10^7 \text{ s}$. Die Lichtgeschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$ sollte jeder Gebildete kennen. Also

$$1 \text{ Lj.} \approx 10^{16} \text{ m} = 10^{13} \text{ km.}$$

2. Ein Geschöß legt $v = 1 \text{ km/s}$ zurück. Flugzeit zur Sonne? Abstand Erde–Sonne $\approx 1,5 \cdot 10^8 \text{ km}$, $t = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km} : 3,1 \cdot 10^7 \text{ km/a} \approx 5 \text{ Jahre}$.

3. Wie lange fliegt dasselbe Geschöß zum nächsten Fixstern Alpha-Centauri?

Der Stern ist $4,2 \text{ Lj.}$ von uns entfernt. Flugzeit $\approx 4,2 \cdot 10^{13} \text{ km} : 3,1 \cdot 10^7 \text{ km/a} \approx 1,3 \cdot 10^6 \text{ a}$. Oder mittels kürzerer Rechnung: c ist 300 000mal größer als v , also ist auch die Flugzeit um den Faktor 300 000 größer als die „Flugzeit“ des Lichtes zum Stern, d. s.

$$4,2 \cdot 3 \cdot 10^5 \approx 1,3 \cdot 10^6 \text{ a.}$$

4. Wie viele Kernbausteine (Proton, ebenso das Neutron haben den Radius $\approx 10^{-15} \text{ m}$) fänden in dichtester Lagerung im heute überblickbaren Universum (Radius $\approx 10^{10} \text{ Lj.}$) Platz?

Die Raumerfüllung eines Volumens durch kongruente Objekte wächst mit dem Kubus der Objektlänge (gleich, was als Länge angenommen wird!). Somit finden im Universum $[(10^{10} \cdot 10^{16}) / 10^{-15}]^3 \approx 10^{123}$ Bausteine Platz.

5. Die Anzahl $\pi(x)$ der Primzahlen im Abschnitt $[1, x]$ wird näherungsweise durch den Term $x/\ln x$ angegeben. Der Näherungswert ist bei allen bisher überprüften Abschnitten kleiner als $\pi(x)$, z. B.:

$$\pi(100) = 25, \quad 100/\ln 100 \approx 21,7 < 25.$$

Man nahm an, die Ungleichung $\pi(x) > x/\ln x$ gelte für jedes $x \in \mathbb{R}^+$. Doch dann ergaben sehr diffizile Untersuchungen, daß $\pi(x)$ unendlich oft größer und unendlich oft kleiner als $x/\ln x$ ist. Die erste Änderung der Größenbeziehung tritt jedoch erst bestenfalls ein, wenn x die Zahl

$$N = 10^{10^{34}}$$

überschreitet. Für welchen x -Wert zum erstenmal $\pi(x) < x/\ln x$ gilt, ist vorläufig unbekannt.

Die Aussage über $\pi(x)$ ist an sich gewiß interessant, der Schwerpunkt der Information liegt jedoch in der Größe von N . Für N versagt jede übliche verbale Bezeichnung. In konventioneller Weise könnte man analog zu

$10^{1 \cdot 6} = \text{Million}$, $10^{2 \cdot 6} = \text{Billion}$, ... etwa $10^{100 \cdot 6} = \text{Hektillion}$

... $10^{10^6 \cdot 6} = \text{Megillion}$ usw. einführen. Trotzdem entschwindet auch dabei N in weither Ferne. Der US-Mathematiker Rudy Rucker hat eine vierte Potenzoperation den drei ersten, nämlich

$$1 + 1 + 1 + \dots + 1 = n, \quad a + a + \dots + a = n \cdot a,$$

$$a \cdot a \cdot \dots \cdot a = a^n,$$

hinzugefügt, die er **Tetrieren** nennt. Der „Exponent“ wird links der Basis hochgestellt.

$$a^a = {}^a a.$$

Mit dem Tetrieren gelangt man sehr, sehr rasch in extreme Wertbereiche, z. B.:

$$3^3 = 3^3 = 3^{27} = 7,62 \cdot 10^{12},$$

$$4^3 = 3^{7,62 \cdot 10^{12}} \approx 10^{336 \cdot 10^{12}},$$

4^3 hat ca. 3,6 Billionen Ziffern. Rechnet man pro Ziffer plus Abstand zur nächsten 3 mm, dann hat das Zahlenmonster $1,1 \cdot 10^6 \text{ km}$ Länge, d. i. ungefähr der dreifache Abstand Erde–Mond.

Nach dem Tetrieren könnte man das „Pentieren“ einführen

$$a^{a^a} = {}^a a^a = {}^a a,$$

dann das „Hexieren“ usw., bis man auch da mit den Wörtern

nicht mehr zurechtkommt. Definiert man, einen Ausweg suchend, einen Namen für eine extrem große Zahl, wendet auf sie wieder ähnliche Prozesse wie die vorhin beschriebenen an, so scheidet die neue Benennungsart schließlich wieder am mangelhaften Sprachschatz. Das bedeutet:

Obwohl jede konkrete Zahl irgendwie benennbar ist, kann es kein endliches Verfahren geben, jede natürliche Zahl mittels eines einzigen endlichen Bezeichnungsverfahrens zu benennen.

Wieder stößt der Mensch an eine Grenze. Dies drastisch vor Augen zu führen, ist der erzieherische Sinn der vorangegangenen Informationen. Der Lehrer steht eben vor zwei anscheinend konträren Aufgaben. Einerseits soll der junge Mensch über die ungeheure Kraft rationalen Denkens, die wohl am ausgeprägtesten in der Mathematik sichtbar wird, unterrichtet werden. Andererseits muß aber auch gezeigt werden, daß nicht einmal dieses scharfe Werkzeug alle Probleme – und zwar endgültig – zu lösen vermag! Beides soll aber als **komplementär** vom Lehrer vermittelt werden.

6. Die Universalbibliothek. Das Kleine und das Große Alphabet (56 Zeichen), die zehn Ziffern, dazu etwa 20 Satz- und Rechenzeichen, geben schon 86 Symbole. In Mager- und Fett- druck, dazu die Leerstellen gibt insgesamt 173 Belegungsmöglichkeiten für jeden Platz in den Seiten eines Buches. Dazu treten vermutlich noch andere Zeichen, an die ich gerade nicht denke, so daß man sicherlich mit 200 Symbolen beim Setzen eines Buches auskommt.

Ein Buch von 500 Seiten je 40 Zeilen je 60 belegbarer Plätze enthält 1,2 Mio. Plätze. Jeder Platz erlaubt 200 verschiedene Belegungen, also existieren

$$B = 200^{1.2 \cdot 10^6} \approx 10^{2.76 \cdot 10^6}$$

Möglichkeiten, das Buch zu drucken. In der **Universalbibliothek** werden alle diese möglichen Bände stehen. Sie ist unfassbar groß, die $10^{1.23}$ Kernbausteine, die das Universum erfüllen, sind gegen B ein Nichts. Dafür findet man in dieser Bücherei sämtliche Gedichte, Romane der Vergangenheit und Zukunft in allen Sprachen, die in Lateinschrift wiederzugeben sind. Ebenso alle Reden in den Parlamenten und anderen Körperschaften, alle Geschichtswerke und Zeitungen usw. usw. Leider wäre die Freude darüber verfrüht, denn es gibt zu jedem Buch auch eines, das sich vom korrekt gesetzten etwa auf S 73, Zeile 14, Platz 48, ein anderes Zeichen hat, was sich ins Uferlose weiterspinnen läßt. Man hätte nicht die geringste Chance, die korrekt gesetzten Bände zu identifizieren. Die Universalbibliothek wäre wertlos, ganz abgesehen davon, daß selbst nukleonenkleine ($r = 10^{-16}$ m) Bandgröße (natürlich total unrealisierbar) im ganzen Weltall trotz dichtester Packung nur „schäbige“ 10^{143} Bände von der Gesamtzahl unterzubringen wären. Dazu bedürfte es

$$10^{2.76 \cdot 10^6 - 123} \text{ Universen } \dots$$

7. Runden von Exponenten. Schüler (und Erwachsene...) mögen gelegentlich meinen, die Zahlen 10^{28} und $10^{28.3}$ seien zwar furchtbar groß, aber der kleine Unterschied in den Exponenten spiele keine nennenswerte Rolle, es mache das Abrunden auf 28 nicht allzuviel aus. Irrtum! Jeder materielle Körper ist aus Nukleonen (nämlich Protonen und Neutronen, ihre Massen stimmen fast überein), sie betragen $1.6 \cdot 10^{-27}$ kg aufgebaut. Ein Koffer von 16 kg Masse enthält somit rund 10^{28} Kernbausteine. Enthielte er $10^{27.3}$ Nukleonen, d. s. $2 \cdot 10^{28}$ dieser Partikel, wäre er **doppelt so schwer**. Ob man 16 kg oder 32 kg in den 5. Stock über Stiegen zu tragen hat, ist kein „kleiner“ Unterschied! Daher: **Vorsicht beim Runden von Exponenten!**

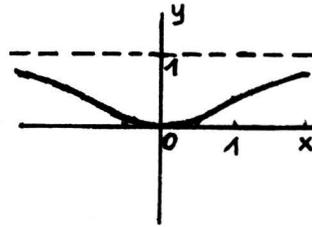
Der Themenkreis **Reihen** erlaubt u. a. eine interessante Information, nun wieder mit dem Schwerpunkt „Kraft des Denkens“. Die Harmonische Reihe $\sum 1/n$, $n \in \mathbb{N}$, divergiert. Da die Primzahlen in \mathbb{N} relativ dünn gesät sind, wäre es denkbar, daß die Summe $\sum 1/p$ aller reziproken Primzahlen konvergiert, zumal die harmonische Reihe sehr langsam divergiert. Das trifft aber nicht zu, auch $\sum 1/p$ divergiert. Seien p' die in Primzahlzwillingen auftretenden Primzahlen, also die Primzahlen

$$3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 29, 31, 41, 43, \dots$$

Ob nur endlich viele Zwillinge existieren oder ob es daran unendlich viele gibt, ist bis heute unbekannt. Im ersten Fall konvergiert $\sum 1/p'$ trivialerweise. Vor einiger Zeit wurde bewiesen, daß die Summe auch dann konvergiert, falls es unendlich viele Zwillinge gäbe. Ein triumphales Ergebnis mathematischen Schließens, das der Mitteilung im Unterricht wert ist. Der Zeitaufwand ist doch minimal.

Es ist gewiß instruktiv, bei **Extremaufgaben** auf das Bestehen unerfüllbarer Extremforderungen einzugehen. Sollen beispielsweise die Endpunkte einer Strecke AB durch einen möglichst kurzen Kurvenbogen verbunden werden, dessen Tan-

genten in A sowie in B zu AB normal sind, so ist es stets möglich, zu jedem derartigen Bogen C einen die gleichen Forderungen erfüllenden kürzeren Bogen D zu zeichnen. Das Problem besitzt keine Lösung.



In einem anderen Fall existiert wohl das Minimum, aber die üblichen Entscheidungskriterien versagen den Dienst. Es handelt sich um die Bildkurve der Gleichung $y = \exp(-1/x^2)$. Die Kurve hat in 0 [natürlich nach stetiger Fortsetzung $\exp(-1/x^2)|_{x=0} = 0$] ein absolutes Minimum (s. Abb.). Sämtliche Ableitungen nehmen aber bei $x = 0$ den Wert Null an, so daß das übliche Extremstellen-Kriterium versagt. (Die Bestimmung des Grenzwertes der Funktion und ihrer Ableitungen für $x \rightarrow 0$ muß, da nicht mehr elementar, unterbleiben.)

Das Kapitel „Extrema“ eignet sich auch gut für einen Ausblick. Einer Gleichung $z = f(x, y)$ ist i. a. eine Fläche im Raum zuzuordnen. Auch Flächen können Scheitelwerte aufweisen. Dies etwa in Punkten, in denen die Tangentialebenen – so vorhanden – horizontal liegen. (Das ist allerdings weder notwendig [Spitzen, Randlagen] noch hinreichend [Sattelflächen]). Noch allgemeiner ist das Problem, allfällige Extremwerte einer Funktion $u = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ mit n unabhängigen Variablen zu bestimmen. Die einschlägigen Methoden sind längst entwickelt worden, sie gehören der Höheren Mathematik an. Ja, es ergab sich sogar die Notwendigkeit, die Version mit abzählbar vielen Variablen in Angriff zu nehmen. Ein so reales Gebiet wie die Quantenmechanik zwang dazu. Aber auch das ist noch nicht alles!

Schon in relativ kurzer Zeit nach der Erfindung der Differential-Rechnung stellte sich in der Mathematik das Problem, die Kurve zu berechnen, längs der eine reibungsfreie Kugel in der kürzesten Zeit vom höher gelegenen Punkt P zum tiefer gelegenen Punkt Q rollt. P und Q lassen sich durch überabzählbar viele Kurvenbogen verbinden. Es liegt also hier ein Extremproblem mit überabzählbar vielen Variablen vor. **Euler, Lagrange** u.v.a. entwickelten dazu einen ganz neuen Zweig der Mathematik, die **Variationsrechnung**, die heute einen umfangreichen Bestandteil unserer Wissenschaft darstellt.

Die spektakulären Rechenleistungen moderner Computer suggerieren die irrige Ansicht, mit automatischen Rechenanlagen alle numerischen Probleme, wenn nicht heute, so doch irgendwann in der Zukunft, lösen zu können. Da wäre es dringend geboten, die Dinge ins rechte Licht zu rücken. Der Computer arbeitet nicht nur mit unglaublicher Geschwindigkeit, er führt auch mit allen möglichen Abkürzungen versehene Programme aus. Im letzteren liegt aber der Haken.

Statt das n -te Glied einer Folge schrittweise, also von a_1 ausgehend, über a_2, a_3, \dots zu ermitteln, ist der direkte Zugriff a_n i. a. mit Abstand schneller zu vollziehen, sofern man den erzeugenden Term der Folge kennt. Nun, bei der Folge der Primzahlen spießen sich bereits die Dinge, niemand kennt den erzeugenden Term, also bilden Mühe und/oder Zufall die einzigen Zugänge zu großen Primzahlen. Nur die vage Hoffnung mag Trost spenden, daß vielleicht doch eines Tages der Term entdeckt werden könnte.

Doch kennt man bereits Fälle, wo ähnliche Hoffnungen beweismäßig im Keim erstickt wurden. Jeder Rechenautomat ist ein physikalisches System. Wenn deshalb zu beweisen ist, daß in bestimmten Fällen der Computer nicht die von der Natur praktizierte sukzessive Methode abzukürzen vermag, dann sind auch der Rechenanlage zustandsüberspringende Zugriffe im Prinzip unmöglich.

Das hat sich bereits u. a. in der **Populationsdynamik** (Biotope, Kugelsternhaufen) herausgestellt. Es gibt Artenverteilungen in gewissen Biotopen, welche die Frage nach dem allenfalls stabilen Endzustand auch mit den besten Automaten nur durch schrittweisen Übergang von Zustand zu Zustand nachzugehen erlauben. Damit ist die Existenz von grundsätzlich unentscheidbaren Problemstellungen in der Mathematik evident gemacht. Sinnfällige Beispiele aus dem täglichen Erle-

ben sind das Wetter oder die Kinematik fallender dürrer Blätter im Wind.

Aber abgesehen vom mathematischen Aspekt bringt die quantenmechanische Struktur der physikalischen Ereignisabläufe sogar die definitive Kenntnis über das erste Glied a_1 einer Zustandsfolge unbeherrschbar wegen der Unschärferelation ins Wanken.

Es erscheint mir daher unerlässlich, den jungen Leuten anhand einsichtiger Beispiele einzuprägen:

Die Welt ist grundsätzlich nicht bis ins letzte Detail berechenbar!

Um Mißverständnisse über die vorgetragenen – mit geringen Ausnahmen kurzen – Vorschläge für die ins Meer der Routinearbeit zu streuenden Informationen bzw. Ausblicke zu verhindern, sei mit größtem Nachdruck abschließend betont:

Niemand möge glauben, das gesamte im gegenständlichen Referat angebotene Material solle oder könne einer Klasse angeboten werden! Keineswegs! Aber jede Kollegin und jeder Kollege Mathematiker werden gebeten, eine ihnen passend erscheinende Auswahl zu treffen oder, wenn Zufall sowie Aktualität das eine oder das andere virulent machen, es mit Bedacht und Sorgfalt der Jugend zu präsentieren. Warum sollen nicht auch Schüler Leckerbissen der Wissenschaft verkosten und ihre „Weltansicht“ durch Ausblicke vertiefen dürfen?

Wer dazu beiträgt, mag gewiß sein, einen wesentlichen Bildungsauftrag vollzogen, das Ansehen der Wissenschaft im Bewußtsein der Jugend gehoben, aber auch manches Talent geweckt zu haben.

Walter Kranzer

Aufgabenecke

Wilhelm Körperth

Aufgabe Nr. 16:

Für $k \in \mathbb{N}$ gebe man den kleinsten Exponenten $m(k) > k$ an, sodaß im Dezimalsystem $6^{m(k)}$ genau mit den Ziffern von 6^k endet, b) im Sechssersystem $4^{m(k)}$ genau mit den Ziffern von 4^k endet. c) Man gebe Verallgemeinerungen von a) und c) an.

(Walther Janous)

Um Zusendungen der Lösungen von Aufgabe Nr. 16 an den Bearbeiter der Aufgabenecke, Herrn **OSTR. Wilhelm Körperth**, 1070 Wien, Neustiftgasse 111/14 bis 1. April 1989 wird gebeten. Die Namen der Zusender richtiger Lösungen werden samt Lösungsandeutungen in Nr. 81, September 1989, der Wiss. Nachrichten erscheinen.

Lösungen von Aufgabe Nr. 14:

Es sei R_2^* die Menge aller reellen zweireihigen quadratischen Matrizen mit nicht verschwindender Determinante. $(R_2^*; \cdot)$ ist eine Gruppe.

a) Man bestimme alle Matrizen aus R_2^* , und zwar in der Form

$$\begin{pmatrix} f_1(a, b, c) & f_2(a, b, c) \\ f_3(a, b, c) & f_4(a, b, c) \end{pmatrix},$$

deren Ordnung (im gruppentheoretischen Sinn) zwei ist. (Die $f_i (i = 1, 2, 3, 4)$ sind reelle Funktionen.)

b) Man bestimme für $n \in \mathbb{N}$ und $n \geq 3$ Matrizen aus R_2^* , und zwar in der Form

$$\begin{pmatrix} f_1(a, b) & f_2(a, b) \\ f_3(a, b) & f_4(a, b) \end{pmatrix},$$

deren Ordnung (im gruppentheoretischen Sinn) n ist. (Die $f_i (i = 1, 2, 3, 4)$ sind reelle Funktionen.)

(Otto Vogl)

Einsender von richtigen Lösungen:

OSTR. Dr. Herbert HAMETNER, BGfB Linz; Mag. Walther JANOUS, WRG Ursulinen, Innsbruck; Mag. Gerhard PSCHILL, BG u. BRG Neusiedl am See; OSTR. Dr. Johanna TIBAUDO, BORG Innsbruck; Mag. Otto VOGL, BGfB Linz; Direktor OSTR. Mag. Kurt WAGNER, BG Klagenfurt; Mag. Helge WOSCHITZ, BG St. Veit a. d. Glan.

1. Lösung:

a) Für die gesuchten Matrizen M gelten folgende Bedingungen:

$$M^2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = E \text{ und}$$

$$(\det M)^2 = D^2 = 1, \text{ also } D = 1 \text{ oder } D = -1.$$

$$\text{Es sei } M = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}, D = ad - bc, S = a + d.$$

$$\text{Aus } M^2 = \begin{pmatrix} a^2 + bc & ab + bd \\ ac + dc & bc + d^2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

folgen die Bedingungen:

$$(1) \quad a \cdot S - D = 1 \quad (2) \quad b \cdot S = 0$$

$$(3) \quad c \cdot S = 0 \quad (4) \quad d \cdot S - D = 1$$

1. Fall: $S \neq 0$

Aus (2) und (3) folgt $b = c = 0$.

Aus (1) und (4) ergibt sich $a = d$; weiters

$$a^2 = 1, \quad a = 1 \text{ oder } a = -1.$$

$$\text{Wegen } M \neq E \text{ ergibt sich } M = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}.$$

2. Fall: $S = 0$

$$D = -1; \quad a^2 + bc = 1, \quad bc = 1 - a^2.$$

$$2.1 \quad b = c = 0: \quad M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \text{ oder } M = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$2.2 \quad b \neq 0: \quad M = \begin{pmatrix} a & b \\ -\frac{a^2+1}{b} & -a \end{pmatrix}, \quad a \in \mathbb{R}, \quad b \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$$

$$2.3 \quad c \neq 0: \quad M = \begin{pmatrix} a & -\frac{a^2+1}{c} \\ c & -a \end{pmatrix}, \quad a \in \mathbb{R}, \quad c \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$$

(Janous, Tibaud, Vogl)

Andere Darstellungen:

1) Jede Matrix aus R_2^* mit der Ordnung 2 hat eine der Gestalten:

$$\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \text{ oder } \begin{pmatrix} \pm \sqrt{1-bc} & b \\ c & \mp \sqrt{1-bc} \end{pmatrix} \text{ mit } bc \leq 1$$

(Hametner)

2) Im 2. Fall sei $a = \lambda \bar{a}, b = \lambda \bar{b}, c = \lambda \bar{c}$ mit $\lambda > 0$.

Es folgt $\bar{a}^2 + \bar{b}\bar{c} > 0$ und $\lambda = 1/\sqrt{\bar{a}^2 + \bar{b}\bar{c}}$.

$$\text{Nur die Matrix } \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \text{ und die Matrizen } \begin{pmatrix} \lambda \bar{a} & \lambda \bar{b} \\ \lambda \bar{c} & -\lambda \bar{a} \end{pmatrix}$$

mit $\bar{a}, \bar{b}, \bar{c} \in \mathbb{R}, \bar{a}^2 + \bar{b}\bar{c} > 0$ und $\lambda = 1/\sqrt{\bar{a}^2 + \bar{b}\bar{c}}$ haben die Ordnung 2.

(Pschill)

3) Die verschiedenen Fälle lassen sich auch zusammenfassen:

$$f_1(a, b, c) = \text{sgn}(a) \cdot \sqrt{1-bc} + \text{sgn}(a^2) - 1$$

$$f_2(a, b, c) = b \cdot \text{sgn}(a^2)$$

$$f_3(a, b, c) = c \cdot \text{sgn}(a^2)$$

$$f_4(a, b, c) = -\text{sgn}(a) \cdot \sqrt{1-bc} + \text{sgn}(a^2) - 1$$

mit $a, b, c \in \mathbb{R}$ und $bc \leq 1$.

(Wagner)

b) (1) Gesucht sind Matrizen wie in a), jedoch von der Ordnung $n \geq 3$.

Es gilt $D^n = 1$. Für gerades n folgt $D = \pm 1$, für ungerades n folgt $D = 1$.

$$\text{Es sei wieder } M = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}. \text{ Für } M^n = \begin{pmatrix} a_n & b_n \\ c_n & d_n \end{pmatrix}$$

mit $a_1 = a$, $b_1 = b$, $c_1 = c$, $d_1 = d$ wird eine Rekursionsformel entwickelt:

$$M^n = \lambda_n \cdot M - D \cdot \lambda_{n-1} \cdot E$$

$$\lambda_0 = 0, \lambda_1 = 1, \lambda_{n+1} = S \cdot \lambda_n - D \cdot \lambda_{n-1}$$

$$S = a + d, D = ad - bc$$

$$\text{bzw. } \lambda_{n+1} = \sum_{v=0}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} (-1)^v \binom{n-v}{v} S^{n-2v} D^v$$

(2) Für $M^n = E$ folgt

$$\lambda_n = 0 \text{ und } D \cdot \lambda_{n-1} = -1$$

Es sind also die gemeinsamen Lösungen einer Gleichung $(n-1)$ ten Grades und einer Gleichung $(n-2)$ ten Grades zu ermitteln.

(3) 1. Fall: $D = 1$

Für $n = 3$ folgt beispielsweise

$$\lambda_3 = 0 \text{ und } \lambda_2 = -1; S^2 - 1 = 0 \text{ und } S = -1.$$

Die einzige gemeinsame Lösung ist $S = -1$.

Das führt zur Matrix

$$M = \begin{pmatrix} a & b \\ -\frac{a^2 - a - 1}{b} & -1 - a \end{pmatrix}$$

Aus einer Reihe von solchen Beispielen erkennt man, daß $S^2 < 4$ sein muß, damit $\lambda_n = 0$ werden kann. Es läßt sich zeigen, daß für $S^2 \geq 4$ alle λ_n positiv sind. Eine Lösung für $\lambda_n = 0$ kann nur existieren, wenn $|S| < 2$ gilt. Man kann daher $S = 2\cos\varphi$ ansetzen:

$$\lambda_n = \sum_{v=0}^{\lfloor \frac{n-1}{2} \rfloor} (-1)^v \binom{n-v-1}{v} \cdot 2^{n-1-2v} \cdot \cos^{n-1-2v}\varphi$$

Diese Summe läßt sich geschlossen darstellen:

$$\lambda_n = \frac{\sin(n\varphi)}{\sin\varphi}$$

Für die gemeinsame Lösung von $\lambda_n = 0$ und $\lambda_{n-1} = -1$ ergibt sich:

$$\sin \frac{n\varphi}{2} = 0; \frac{n\varphi}{2} = k\pi, k \in \{1, 2, \dots, n-1\}$$

Daher gilt: $S = a + d = 2\cos\varphi$ mit $\varphi = \frac{2k\pi}{n}$

$$k \in \left\{ 1, 2, \dots, \left\lfloor \frac{n-1}{2} \right\rfloor \right\}, \text{ ggT}(k, n) = 1$$

Ist der größte gemeinsame Teiler T von k und n ungleich 1, so ist die Matrix nicht von der Ordnung n , sondern bereits von der Ordnung $\frac{n}{T}$.

(4) 2. Fall: $D = -1$

Dieser Fall könnte bei gerader Ordnung in Frage kommen. In diesem Fall ist $S = 0$ die einzige Lösung. Das führt auf die Matrizen der Ordnung 2.

Somit lautet die allgemeine Lösung, wenn $a \in \mathbb{R}$ und $b \in \mathbb{R} \setminus \{0\}$ beliebig gewählt werden:

$$M = \begin{pmatrix} a & b \\ \frac{a(2\cos\varphi - a) - 1}{b} & 2\cos\varphi - a \end{pmatrix}$$

$$\varphi = \frac{2k\pi}{n}, k \in \left\{ 1, 2, \dots, \left\lfloor \frac{n-1}{2} \right\rfloor \right\}; \text{ ggT}(k, n) = 1$$

Insbesondere ergibt sich für $a = d$ und $b = -c$ die einfache Drehungsmatrix:

$$M = \begin{pmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{pmatrix} \quad (\text{Tibaudo})$$

2. Lösung:

(1) Es sei $A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ eine Matrix mit der Ordnung n .

Aus $A^n = E$ folgt $\det(A) = 1$ oder -1 .

Mit $a + d = s$, $\det(A) = ad - bc = -\delta$ wird die Funktion $B_n = B_n(s)$ definiert durch

$$B_0 = 0, B_1 = 1, B_n = s \cdot B_{n-1} + \delta \cdot B_{n-2}$$

Durch vollständige Induktion zeigt man:

$$A^n = \begin{pmatrix} a \cdot B_n + \delta \cdot B_{n-1} & b \cdot B_n \\ c \cdot B_n & d \cdot B_n + \delta \cdot B_{n-1} \end{pmatrix}$$

$$\text{und } B_n(s) = \sum_{k=0}^n \binom{n-1-k}{k} \cdot \delta^k \cdot s^{n-1-2k}$$

$$A^n = E \Leftrightarrow b \cdot B_n = c \cdot B_n = 0 \text{ und}$$

$$a \cdot B_n + \delta \cdot B_{n-1} = d \cdot B_n + \delta \cdot B_{n-1} = 1$$

(2) Für $n = 2$ ergeben sich die bereits angeführten Matrizen der 1. Lösung.

(3) Für $n = 4$ sind die gesuchten Matrizen gegeben durch:

$$\begin{pmatrix} \pm \sqrt{-1-bc} & b \\ c & \mp \sqrt{-1-bc} \end{pmatrix}, bc \leq -1$$

(4) Für die Bestimmung der Matrizen für $n \in \mathbb{N} \setminus \{1, 2, 4\}$ kann $s \neq 0$, $\delta = -1$ und $B_n = 0$ vorausgesetzt werden, denn andernfalls wäre die Ordnung 1, 2 oder 4.

Aus den Gleichungen in (1) folgt: Notwendig und hinreichend für $A^n = E$ ist $B_n = 0$ und $B_{n-2} + s = 0$.

Es sei W_n die Menge aller reellen Nullstellen des größten gemeinsamen Teilers von $B_n(s)$ und $B_{n-2}(s) + s$. Ferner sei $L_n = W_n \setminus (W_{n-1} \cup W_{n-2} \cup \dots \cup W_2)$. Die gesuchten Matrizen sind gegeben durch

$$\begin{pmatrix} \frac{s \pm \sqrt{s^2 - 4 - 4bc}}{2} & b \\ c & \frac{s \mp \sqrt{s^2 - 4 - 4bc}}{2} \end{pmatrix}, s \in L_n$$

wobei b und c nur die Bedingung $bc \leq \left(\frac{s}{2}\right)^2 - 1$ erfüllen müssen, sonst beliebig gewählt werden können.

(Hametner)

3. Lösung:

b) Es werden nicht nur alle Matrizen $M = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ mit

$M^n = E$ ($n \geq 3$), sondern auch alle zur jeweiligen Matrix gehörenden Potenzen M^m mit $m \in \mathbb{Z}$ ermittelt.

Im folgenden kann stets vorausgesetzt werden, daß b oder c ungleich Null ist, da keine Matrix der Gestalt

$$\begin{pmatrix} a & 0 \\ 0 & d \end{pmatrix} \text{ eine endliche Ordnung } n \geq 3 \text{ hat.}$$

Bildet man M^2, M^3, \dots , so erkennt man

$$M^m = \begin{pmatrix} p_m - \frac{d-a}{2} q_m & b \cdot q_m \\ c \cdot q_m & p_m + \frac{d-a}{2} q_m \end{pmatrix}$$

mit $a, b, c, d \in \mathbb{R}$ und Polynomen $p_m = p_m(a, b, c, d)$, $q_m = q_m(a, b, c, d)$. Es werden Rekursionsformeln für diese Polynome entwickelt und aus diesen die expliziten Darstellungen.

Ergebnis: Jede Matrix M mit $M^n = E$ ($M^m \neq E$ für $0 < m < n$) hat die Gestalt

$$M = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}, c = -\frac{a^2 - 2a \cdot \cos \frac{2k\pi}{n} + 1}{b}, d = 2 \cos \frac{2k\pi}{n} - a$$

mit $a \in \mathbb{R}, b \in \mathbb{R} \setminus \{0\}, k$ zu n relativ prim.

Für die Potenzen M^m gilt in der obigen Darstellung

$$p_m = \cos \frac{2km\pi}{n}, q_m = \sin \frac{2km\pi}{n} / \sin \frac{2k\pi}{n}, \frac{d-a}{2} = \cos \frac{2k\pi}{n} - a$$

(Pschill)

4. Lösung:

1) Mit Hilfe von Sätzen der Matrizenlehre (spezialisiert auf Matrizen aus \mathbb{R}_2^*):

(1) Zweireihige quadratische Matrizen A mit verschiedenen Eigenwerten λ_1 und λ_2 lassen sich auf die Diagonalmatrix ihrer Eigenwerte transformieren:

$$A = X \cdot \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{pmatrix} \cdot X^{-1}, \text{ wobei } X \text{ eine nichtsinguläre zwei-}$$

reihige quadratische Matrix ist.

(2) Sind A und B ähnliche Matrizen ($B = T^{-1} \cdot A \cdot T$) aus \mathbb{C}_2^* (Menge aller komplexen zweireihigen Matrizen mit nicht verschwindender Determinante), so haben A und B dieselbe Ordnung.

(3) Wenn $A \in \mathbb{R}_2^*$ und $A^n = E$ ($n \in \mathbb{N}$), dann gilt

$$A = T^{-1} \cdot \begin{pmatrix} \lambda_1 & 0 \\ 0 & \lambda_2 \end{pmatrix} \cdot T, \text{ wobei } \lambda_1 \text{ und } \lambda_2 \text{ } n\text{-te Einheitswurzeln}$$

und die Eigenwerte von A sind.

Es ergeben sich die bisher angegebenen Matrizen.

(Vogl, Wagner)

2) Für eine Matrix X gilt genau dann $X^n = E$ ($n \in \mathbb{N}$), wenn alle ihre Eigenwerte n -te Einheitswurzeln sind und X diagonalisierbar ist.

Die Anwendung dieses Satzes ergibt dieselben Lösungen.

(Woschitz)

PHYSIK, ASTRONOMIE

Dr. Christian Wolny

Prolog:

Werte Kolleginnen und Kollegen, werte Leser der Wissenschaftlichen Nachrichten!

Im Frühjahr 1988 hat uns der überraschende Tod unseres hochverehrten Dr. Walter Kranzer, des Gründers der Wissenschaftlichen Nachrichten sehr getroffen. Der Glaube an die Wissenschaft hat ihm über viele Schicksalsschläge hinweggeholfen und ihn trotz schwerer Krankheit immer vorwärts gedrängt. Sein unermüdliches Bemühen um hohes Niveau und Aktualität der Beiträge sind für uns alle eine Vorgabe, die zu erfüllen in der Anfangsphase kaum möglich gewesen wäre, wäre nicht der Weitblick von Dr. Kranzer gewesen. Eine Fortführung seiner Arbeit ermöglichte er selbst: Halten Sie, werte Leser, doch heute bereits die dritte Ausgabe in Händen, die noch immer Artikel des lieben Verstorbenen enthält. Wenn ich heute die Redaktion übernehmen darf, so nicht ohne ehrendes Andenken an einen wahren, ehrlichen, selbstkritischen Naturwissenschaftler, einen Mann, der durch sein Beispiel einen Maßstab gesetzt hat, den zu erfüllen mein stetes Bestreben sein soll.

Ich ersuche Sie, werte Kolleginnen und Kollegen, mir in diesen Bemühungen zur Seite zu stehen, mir Ihre Wünsche, Anfragen und Anregungen mitzuteilen. Schreiben Sie ein paar Zeilen, wenn Sie Fragen oder Probleme haben. Und, so Sie Zeit finden, schreiben Sie doch auch einen Artikel oder Leserbrief für die eine oder andere Spalte der Wissenschaftlichen Nachrichten. Um das zu erleichtern, wurden die Spalten Experimentalphysik und Physik wieder zusammengelegt. Dadurch soll die Verbundenheit von Theorie und Praxis, von Universität und Industrie, von Lehre und Forschung demonstriert werden und Vorurteile gegenüber der modernsten Physik und ihrem „Tun“ abgebaut werden.

P.S.: Abgesehen von der Spaltenzusammenlegung möchte ich keine organisatorische Änderung durchführen, bin aber gerne bereit, wenn möglich, entsprechende Änderungen auf Wunsch der Leser vorzunehmen.

Redaktion: Dr. Christian Wolny, Institut für Festkörperphysik, 1090 Wien, Boltzmanngasse 5.

Eigene Artikel oder Leserbriefe senden Sie bitte an den jeweiligen Spaltenleiter oder an die Redaktion. Vergessen Sie

bitte nicht die genaue Angabe von Name, Adresse und Telefonnummer.

Bei Änderung der Anzahl der benötigten Schalexemplare verfahren Sie wie bisher, durch Meldung an den zuständigen Landes- bzw. Stadtschulrat.

Privat erhalten Sie die Wissenschaftlichen Nachrichten dann zugesandt, wenn Sie adressierte, frankierte Kuverts entsprechender Größe an die Redaktion einsenden.

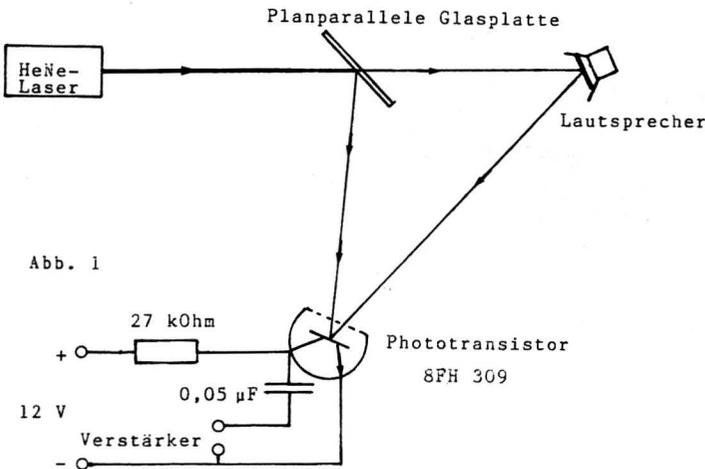
Experimente leicht gemacht

Der relativistische Dopplereffekt

Man möchte meinen, daß anspruchsvolle physikalische Sachverhalte experimentell im Unterricht nachzuprüfen dem Physiklehrer versagt bleiben müssen. Daß dem nicht so ist, soll mit einem von Richard E. Crandall (USA) erdachten Experiment bewiesen werden. Bei diesem Versuch sind die experimentellen Schwierigkeiten auf ein Minimum reduziert worden.

Interferenzmuster sind auch im Physikunterricht gängige Kost. Normalerweise wird das Muster direkt vorgeführt oder mit einem Photodetektor abgetastet. Hier soll nun ein Verfahren gezeigt werden, bei dem das Muster zu hören ist und so auch einer größeren Zuschauer-(Hörer-)Zahl zugänglich gemacht werden kann.

Um die Dopplerverschiebung eines Lichtstrahls hörbar zu machen, richtet man den Strahl eines Helium-Neon-Lasers mit geringer Leistung auf ein Glasplättchen (siehe Abb.1). Ein Teil des Laserlichts wird reflektiert und fällt auf einen Phototransistor, der als Lichtdetektor dient. Der andere Teil durchquert das Plättchen und trifft auf einen kleinen Spiegel, der auf die Membran eines Lautsprechers geklebt ist. Von ihm wird auch dieser Reststrahl auf den Phototransistor zurückgeworfen. Dort trifft er mit dem direkt am Glasplättchen reflektierten Teilstrahl zusammen und interferiert mit diesem. Der Transistor ist, wie die Abbildung zeigt, mit einem 27-Kilo-Ohm-Widerstand in Serie an eine 12-Volt-Spannung angeschlossen. Sobald Licht auf den Phototransistor fällt, wird eine Spannung in ihm induziert, die sich zur angelegten Spannung addiert. Über einen Nf-Verstärker gelangen die lichtinduzierten Spannungsschwankungen auf einen zweiten Lautsprecher und werden so für jedermann hörbar.



Schon Luftströmungen in unmittelbarer Umgebung des Lautsprechers bewegen den dort festgeklebten Spiegel so stark, daß sich die Lichtintensität am Transistor ändert und der gewünschte Effekt auftritt. Möchte man ganz sicher gehen, so kann man die Membran mit dem angeklebten Spiegel auch in gleichmäßige Schwingungen versetzen. Dazu verbindet man den Lautsprecher mit einer schwachen sinusförmigen Wechselspannung (Frequenzgenerator). Um den solchermaßen gefundenen Effekt nun zu erklären, bieten sich zwei Wege an. Das Problem kann auf die Frage „Wieso ändert sich die Lichtstärke am Transistor, wenn sich der Spiegel bewegt?“ eingeschränkt werden.

Bei einer Betrachtungsweise ist der Gangunterschied zwischen den beiden Teilstrahlen die entscheidende Größe. Das den Laser verlassende Lichtbündel ist zunächst streng kohärent, das heißt in Phase. Da ein Teil der Wellen vom Glasplättchen direkt auf den Transistor reflektiert wird, während der andere den Umweg über den Spiegel am Lautsprecher machen muß, kann es passieren, daß die beiden Teilstrahlen, wenn sie am Transistor zusammentreffen, nicht mehr in Phase sind; im Extremfall schwingen sie genau im Gegenteil. Wenn das der

Fall ist, löschen sie sich bekanntlich aus, und die vom Transistor gemessene Intensität ist sehr gering. Fallen hingegen die Wellenberge bzw. Täler zusammen, so verstärken sie sich, und der Transistor registriert eine hohe Lichtintensität. Damit die Teilstrahlen am Transistor genau in die Phase ankommen, muß ihr Gangunterschied ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge des Laserlichts betragen. Unterscheiden sich die Wege der Strahlen um ein ungeradzahliges Vielfaches der halben Wellenlänge, so kommt es zu einer destruktiven Interferenz, und die beiden Strahlen löschen sich aus. Nimmt man an, die Teilstrahlen kämen zunächst im Gleichtakt am Transistor an, doch dann würde sich der Spiegel um ein Viertel der Wellenlänge des Laserlichts vom Transistor wegbewegen, während die Wegstrecke für das vom Glasplättchen reflektierte Licht die gleiche bleibt, so hätte der zweite Teilstrahl nun einen um die halbe Wellenlänge weiteren Weg zurückzulegen. So geraten die Teilstrahlen außer Takt und löschen sich in Gegenphase aus.

In Wirklichkeit bewegt sich die Membran, an der der Spiegel klebt, wesentlich mehr als nur ein Viertel der Laserwellenlänge, wodurch die gemessene Intensität bei einer Membranschwingung mehrere Maxima und Minima durchläuft. Diese Schwingung wird vom Transistor in Spannungsschwankungen umgesetzt und über den Verstärker als Ton hörbar gemacht.

Bei der zweiten Betrachtungsweise, die jedoch eng mit der ersten zusammenhängt, spielt der Dopplereffekt die entscheidende Rolle. Statt der Wellenlänge betrachtet man die Frequenz: die Zahl der Wellen, die pro Sekunde einen bestimmten Beobachtungspunkt passieren. Wie groß diese Zahl ist, hängt allerdings davon ab, ob der Beobachtungspunkt fest ist oder sich relativ zur Lichtquelle bewegt. Nähert sich die Lichtquelle, wird die beobachtete Frequenz höher, entfernt sie sich dagegen von der Lichtquelle, so wird die Frequenz niedriger. Diese Frequenzverschiebung ist um so größer, je schneller sich Lichtquelle und Beobachter relativ zueinander bewegen. Bekanntermaßen kann man aus ihrer Größe umgekehrt auf die Relativbewegung zwischen Beobachter und Lichtquelle rückschließen. Bei diesem hier vorgestellten Experiment ist die Bewegung des Spiegels im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit verschwindend klein. Daher tritt auch nur eine sehr geringe Dopplerverschiebung auf.

Genaugenommen finden gleich zwei solche Verschiebungen statt, da sich der Spiegel sowohl in bezug auf den Laser als auch relativ zum Transistor bewegt. Im ersten Fall wirkt der Laser als Lichtquelle und der Spiegel als „Beobachter“, im zweiten Fall der Spiegel als Lichtquelle und der Transistor als Beobachter.

Eine exakte Berechnung der Dopplerverschiebung bei Licht ist nur unter Zuhilfenahme der Relativitätstheorie möglich. In dem geschilderten Experiment sind jedoch die Spiegelgeschwindigkeiten im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit so klein, daß die bekannten Zusammenhänge der klassischen Physik völlig ausreichen. Die Dopplerverschiebung ist demnach gleich dem doppelten Produkt aus ursprünglicher Frequenz und dem Verhältnis zwischen Spiegel- und Lichtgeschwindigkeit. Entsprechend nimmt die Frequenz des am Spiegel zurückgeworfenen Teilstrahls ein klein wenig zu oder ab (je nach Bewegungsrichtung des Spiegels), während sich die Frequenz des direkt von der Glasplatte zurückgeworfenen Lichts natürlich nicht ändert. Es gelangen somit zwei Wellenzüge mit unterschiedlicher Frequenz an den Phototransistor. Die Folge ist eine Schwebung, deren Frequenz der Differenz zwischen den Frequenzen der beiden interferierenden Lichtstrahlen entspricht.

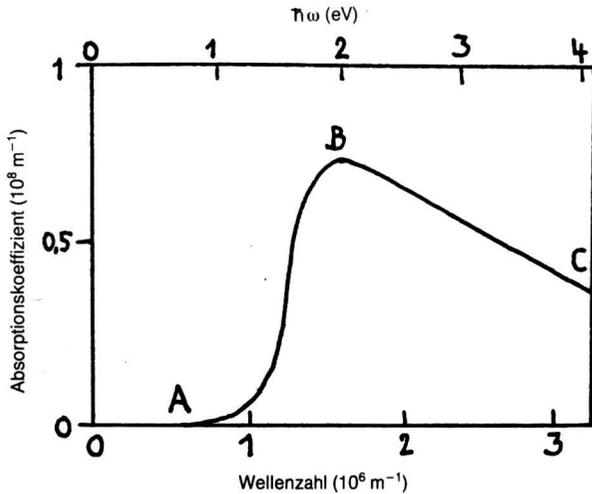
LITERATUR:
Scientific American, Nov. 1982.

Kurt Wagner, Klagenfurt

Wie lese ich ein Diagramm?

Sachverhalte werden in der Physik sehr häufig als Kurven in einem Koordinatensystem dargestellt. Für den Schüler ist es nicht immer einfach, die im Diagramm enthaltenen Informationen zu erkennen. Besonders im Hinblick auf die Vorbereitung zur Fachbereichsarbeit in der 7. Klasse ist es notwendig, die Deutung von Schaubildern zu üben. Das beigefügte Diagramm entnahm ich der Österreichischen Chemiker-Zeitung 1988/5 auf Seite 141. Es stellt die Lichtabsorption am Kunststoff Polyacetylen im visuellen und im UV-Bereich dar. Ich habe mir überlegt, welche Fragen man dazu stellen könnte und welche

zusätzliche Informationen man den Schülern der 7. Klasse zur Beantwortung dieser Fragen noch geben müßte.



Erklärungen:

Plancksches Wirkungsquantum (Wirkung = Energie \times Zeit)

$h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Js.

„h quer“: $\hbar = h/2\pi$

Elektronenvolt = atomares Energiemaß, $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J.

Wellenzahl: Kehrwert der Wellenlänge

Absorptionskoeffizient α definiert durch $I = I_0 e^{-\alpha x}$

I_0 bzw. I = Intensität der Strahlung vor bzw. hinter der absorbierenden Schicht; x = Schichtdicke

oder unter Vermeidung der e-Potenz: Die Schichtdicke, in der die Intensität der Strahlung auf die Hälfte absinkt, ist gegeben durch $x_h = \ln 2/\alpha$

Mögliche Fragen:

1. Markiere im Diagramm den Bereich des sichtbaren Lichtes (400 bis 800 nm).

2. Bei welcher Wellenlänge findet maximale Absorption statt?

3. Für welche Wellenlänge wird kein Licht absorbiert?

4. Im Diagramm sind zwei verschiedene Abszissenachsen eingezeichnet. Die Werte der oberen Achse ergeben sich aus jenen der unteren durch Multiplikation mit einem Faktor in der Größe von ungefähr 4/3. Berechne den genauen Wert dieses Faktors (Antwort 1,24).

5. Beschreibe den Verlauf der Absorptionskurve in Worten!

6. Nähere diese Kurve durch die Verwendung der Stützpunkte A (0,6/0), B (1,6/0,75), C (3,2/0,4), und zwar im Intervall (A, B) durch ein zur Geraden $x = 0,6$ symmetrisches Polynom 4. Grades mit horizontalen Tangenten in den Endpunkten des Intervalles bzw. im Intervall (B, C) durch eine Gerade.

Lösung: $y = -0,75(x - 0,6)^4 + 1,5(x - 0,6)^2$

bzw. $35x + 160y = 176$

7. Wie dick muß eine Schicht bei maximaler Absorption sein, damit die Intensität auf die Hälfte absinkt? (Antwort: 9 nm)

Leserecke

Ein Jahr Leserecke im Bereich der Experimentalphysik – eine Zusammenfassung der Beispiele und deren Lösungen:

Mit Heft Nr. 76 startete der Versuch, die Wissenschaftlichen Nachrichten um ein Leserforum zu erweitern. Darüber hinaus sollte in Anlehnung an die so beliebte Aufgabenecke der Mathematik auch für die mehr physikbegeisterten Leser eine Aufgabe gestellt werden, deren Lösung auf verschiedensten Wegen gefunden werden kann.

1. Das Fahrradproblem (Heft Nr. 76)

LÖSUNG: Zieht man das untere Pedal des Fahrrades nach hinten, dann zwingt man den Zahnkranz, sich nach vorne zu drehen. Wenn keine Bremse angezogen ist, wird sich das Rad durch das Ziehen aber nach rückwärts bewegen. Wenn sich et-

was später das Pedal weit genug bewegt hat, greift die Rücktrittsbremse ein, und das Rad bleibt stehen.

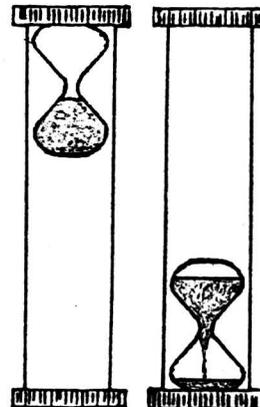
2. Der Trägheitsantrieb (Heft Nr. 77)

LÖSUNG: Das Boot kann nach der genannten Methode durchaus vorwärtsbewegt werden, wenn die Reibungskräfte zwischen Boot und Wasser groß genug sind. Da diese Kräfte im Weltall sicher wegfallen, ist dieser Antrieb für eine Raumkapsel ungeeignet.

Eine richtige Lösung wurde von Kurt Winkler, Gymnasium der Franziskaner, Hall in Tirol, eingesandt. Hier eine Kurzfassung: Durch das Ziehen am Strick übt der Bootsfahrer auf das Heck des Bootes eine Kraft aus. Die dazugehörige Gegenkraft wirkt über die Beine des Fahrers auf den Boden des Bootes. Legt man eine elastische Verformbarkeit des Bootes zugrunde (Gummiboot), so wird durch Kraft und Gegenkraft das Boot zusammengedrückt. Läßt der Fahrer den Strick los, so entspannt sich das Boot wieder. Die Form des Bootes und die unterschiedliche Massenverteilung im Boot sorgen dann für unterschiedliche Geschwindigkeiten von Heck und Bug. Dadurch wird unterschiedlich viel Wasser unterschiedlich schnell bewegt. Wegen der immer geltenden Impulserhaltung setzt sich das Boot in Bewegung. Bei einer Raumkapsel versagt diese Methode. Das Raumschiff könnte theoretisch höchstens in Schwingungen versetzt werden.

3. Das schwimmende Korkstück (Heft Nr. 78)

Für dieses Problem gibt es zwei Lösungen. Einmal versetzt man die Flüssigkeit mit einem Löffel in schnelle Rotation, dann „fällt“ das Korkstück an den tiefsten Punkt der konkaven Wasseroberfläche; oder man füllt das Glas über den Rand hinaus, so daß eine konvexe Oberfläche entsteht. Auch hier schwimmt nun der Kork in der Mitte!



Aufgabe zur Ausgabe 79, Jänner 1989:

Das Sanduhr-Paradoxon. In manchen Geschäften wurde ein ungewöhnliches Spielzeug verkauft. Dabei handelt es sich um einen wassergefüllten Glaszylinder, in dem eine Sanduhr schwimmt. Dreht man den Zylinder herum, wie im rechten Teil der Abbildung gezeigt wird, dann läuft folgender paradoxe Vorgang ab. Die Sanduhr bleibt zunächst so lange am Boden des Zylinders, bis eine bestimmte Menge Sand abgeflossen ist. Sodann steigt die Uhr langsam nach oben. Da dieser Vorgang nicht mit dem Fließen des Sandes zusammenhängen kann, muß es eine andere Erklärung geben!

Dr. Walter Kranzer †

Leuchtende Nachtwolken

Wer in höheren geographischen Breiten nach dem Ende der bürgerlichen Dämmerung in den Sommermonaten den Blick zum nördlichen Himmel erhebt, sieht gelegentlich zarte helle Wolken, die man als leuchtende Nachtwolken (LNW) bezeichnet. Es sind das die höchsten Wolken, da sie sich in Höhen von ca. 80 km befinden, während die höchsten „üblichen“ Wolken

kaum mehr als 12 km Bodenabstand haben. Dieselbe Erscheinung ist in analoger Form auf der Südhalbkugel zu beobachten. Die Wolkhöhe ergibt sich praktisch aus den Winkeln, unter denen dasselbe Gebilde von verschiedenen Erdstandpunkten aus erscheint.

Die LNW haben horizontale Ausdehnungen von 100 bis 1000 km, ihre Dicke beträgt 500 m bis 2 km, sie befinden sich in der Mesopause, der kältesten Luftschicht (135 K), in der nur 1 bis 10 Teilchen ($0,2 \mu\text{m}$ Durchmesser) pro cm^3 vorhanden sind. Die Helligkeit der LNW ist dem von den Teilchen reflektierten Sonnenlicht zuzuschreiben. Die Natur der Teilchen ist vermutlich Eis oder anderes flüchtiges Material, das offenbar durch Kondensation entsteht. Auch Reketentests konnten noch nicht die Natur der Keime ergründen, an denen die Kondensation stattfindet. Die LNW sind mitunter so hell, daß sie imstande sind, Schatten zu werfen! Die Lebensdauer der LNW beträgt meist nur Stunden, maximal einige Tage. Das Licht der Hintergrundsterne wird von den LNW nur um etwa 1 % des Bodenwertes geschwächt. Das Tiefersinken der Eisteilchen aus den Luftschichten, in denen der Luftdruck nur 1 Promille des Bodenwertes beträgt, erfolgt mit etwa ein paar cm/s und endet mit dem Verdampfen in den wärmeren Luftschichten. Die LNW werden mit bis zu 100 m/s bewegt. Sie präsentieren sich in verschiedenen Gestalten, nämlich als **Schleier, Bänder, Wellen und Wirbel**. Untertags sind keine LNW zu erkennen, dies ist erst der Fall, wenn die Sonne mindestens 6° unter dem Horizont steht, bei 16° unter dem Horizont hört die Erscheinung auf. 9° bis 14° Sonnentiefe stellen die günstigste Beleuchtung dar.

Außerhalb der Breitenzone zwischen 42° (New York) und 77° (Grönland) waren noch nie die LNW wahrzunehmen. (In 55° n. Br. kann die Dämmerung bis zu 6 Std. und damit ebensolang die Sichtbarkeit der LNW dauern.) Die Mitternachtssonne in hohen Breiten überstrahlt die LNW.

Entstehung

Im Internationalen Geophysikalischen Jahr (1956 bis 1958) ergab sich eine Abnahme der Mesopausentemperatur 230 K im Sommer auf 170 K im Winter. Im Winter ist der Wasserdampf bis zu 100fach übersättigt und kondensiert schnell, wenn pro cm^3 nur einige Dutzend Keime von mindestens 1 nm Durchmesser vorhanden sind. Das leisten Molekülonen der Form H^+ (H_2O) $_n$, $n \geq 10$, ebenso feinsten „Rauch“ als Staubeilchen, rührend vom Verdampfen der Randschichten von Meteoriten bei deren Einfall in die Atmosphäre. Das reicht zum Entstehen der LNW in der festgestellten Dichte aus. Aufwinde von 1 cm/s und Turbulenzen können die LNW über einen Tag lang am Leben erhalten. Der von den LNW erzeugte flüchtige Eindruck könnte auch auf einer optischen Täuschung beruhen.

In den 70er und 80er Jahren wurde das Vorhandensein einer äußerst feinen Wolkenschicht über den Polkappen der Erde in größerer Höhe festgestellt, die mit der geographischen Breite zunimmt. Ihre Dichte von 100 Teilchen/ cm^3 und die Teilchengröße von bis zu $0,14 \mu\text{m}$ decken sich so gut mit den LNW-Werten, so daß beide Erscheinungen ident sein dürften.

Näherer Auskünfte erhofft man von dem für die 90er Jahre vorgesehenen Programm Super-CAMP (= Cold Arctic Mesopause Project), an dem sich Flugzeuge, Raketen und Satelliten beteiligen werden.

LITERATUR:

St. u. Weltr., Februar 1988, S. 86, Chr. Leinert, Leuchtende Nachtwolken.

Elektrizitätsleitung in plastischen Stoffen

Die Ausbeute der letzten Jahre an umwerfenden physikalischen Neuerungen ist wahrhaft erstaunlich. Aber während Physiker und Ingenieure weltweit über Ursachen und Einsatzmöglichkeiten der Hochtemperatur-Supraleiter (Übergangstemperaturen um 92 K zum supraleitenden Zustand) nachdenken und experimentieren, hat man herausgefunden, daß eine Reihe von plastischen Stoffen den elektrischen Strom mindestens ebensogut wie Kupfer leiten kann. Woran noch vor gut 10 Jahren kein Mensch zu denken gewagt hätte, ist Wirklichkeit geworden und öffnet den Zugang zu technischen Gebieten völlig neuer Art.

Am Anfang der neuen Entwicklung stand ein Zufall. In den ersten 70er Jahren versuchte ein graduierter Student am Labor von Hideki Shirakawa am Tokioter Institut für Technologie das Polymer Polyazetylen aus Azetylgas herzustellen. Polyazetylen war schon im Jahre 1955 erzeugt worden, aber seine

elektrischen Eigenschaften waren unbeachtet geblieben. Der oben erwähnte Student erhielt aber anstelle des dunklen Pulvers von 1955 einen silbrigen Film, der wie Al aussah und sehr dehnbar war. Daraufhin überprüfte der Student das von ihm angewandte Verfahren nochmals und kam dahinter, daß er irrtümlich die 1000fache anstelle der einfachen Menge des vorgeschriebenen Katalysators hinzugefügt hatte. Auch so war Polyazetylen entstanden, aber in ganz anderer Form wie früher.

1976 besuchte MacDiarmid das japanische Labor, als gerade die Suche nach **synthetischen Metallen** aktuell geworden war. MacDiarmid und Shirakawa verbrachten zusammen mit Alan J. Heeger ein Jahr an der Universität von Pennsylvania, wo sie den silbrigen Stoff genauer untersuchten. Beim **Dopen** des Materials mit Jod nahmen die silbrigen Filme eine metallgoldene Färbung an und setzten dem Stromdurchgang nur mehr einen mehr als 10^9 mal geringeren Widerstand als vorher entgegen. Inzwischen stellte sich heraus, daß etwa ein Dutzend Plastikstoffe nach dem Dopen ein ähnliches Verhalten an den Tag legten. Jedes dieser Materialien setzt sich aus C- und H-Atomen zusammen, und zwar in Form monomerer Repetitionseinheiten. Einige der sich wiederholenden Einheiten enthalten N- und S-Atome. Bei Polyazetylen, dem einfachsten Stoff dieser Art, hängt an jedem C-Atom der Kette ein H-Atom, und benachbarte C-Atome der Kette sind abwechselnd einfach bzw. doppelt aneinander gebunden.

Trotz der vorhandenen ähnlichen Strukturen haben die Polymere unterschiedliche Eigenschaften, die vom jeweiligen Material und der Herstellungsart abhängen. Die in Betracht kommenden Substanzen Polyparaphenyl, Polythiophen, Polypyrol und Polyanilin wurden genau untersucht, aber Polyazetylen am eingehendsten, es hat ja den geringsten Widerstand unter den Polymeren. Im Jahre 1987 hat die deutsche BASF eine sehr reine Form vom Polyazetylen erzeugt, deren Leitfähigkeit **ein Viertel** der des Kupfers bei Volumsvergleich und das Doppelte der des Kupfers bei Massenvergleich ist.

Die genauen elektronischen und chemischen Veränderungen beim Dopen sind teilweise noch ungeklärt, aber einiges ist doch schon bekannt. Durch Dopen verändert sich das Bänderprofil, indem es Elektronen aus dem Valenzband entfernt oder solche dem Leitungsband zuführt. Die Ladung, die beim Dopen der Polymerachse zugeht, verändert die Atomanordnung, indem sich drei Arten von Ladungsinselfen nahe den gedopten Ionen bilden. Es entstehen neue Energiebänder, so daß sich die Elektronen frei bewegen können. Eine Reihe von Fragen zu diesen Vorgängen bedarf aber noch der Klärung, besonders das Problem der weiten Leitfähigkeitsspanne bei den Polymeren. Das Ausmaß des Dopens spielt natürlich eine wichtige Rolle, ebenso ist die möglichst gleichartige Orientierung der Polymerketten von Nutzen. In Richtung der Kettenachse kann die Leitfähigkeit 1000mal besser sein als senkrecht dazu. Daß nützt man bei BASF durch Strecken des Polyazetylens nach der Synthese und vor dem Dopen. Das Ausschalten von Verunreinigungen ist ebenfalls ein Gebot der Stunde.

Das Dopen geschieht meist auf chemischem Wege. Man hofft, daß eines Tages leitende Polymere sowohl hinsichtlich Volumen und Masse Kupfer übertreffen könnten. Die anfänglichen Schwierigkeiten wie Unschmelzbarkeit und Unlöslichkeit konnten durch Zufügen anderer chemischer Gruppen inzwischen beseitigt werden.

Anwendung

Da ist einmal der Bau von wiederaufladbaren Batterien zu nennen. Ihre Lebensdauer ist größer, sie geben auch keine schädlichen Stoffe an die Umgebung ab und sie sind dreimal öfter aufladbar als Ni-Cd-Batterien.

Besonders sei abschließend auf die sich abzeichnende Möglichkeit verwiesen, daß leitende Polymere durch Einfügen in den menschlichen Körper im Zuge medizinischer Behandlungen infolge ihrer chemischen Widerstandsfähigkeit und Stabilität als Prothesen oder als künstliche Nerven Verwendung finden könnten.

LITERATUR:

Scient. Am., Februar 1988, S. 60, R. B. Kaner, A. G. MacDiarmid, Plastics That Conduct Electricity.

ESO-Beitritt Österreichs — ein Gebot der Stunde

In der letzten Ausgabe der Wiss. Nachrichten vom Jänner 1988 wurden die bestehenden Absichten für den Bau neuer

Riesenfernrohre mitgeteilt. Daß wir uns nochmals diesem Thema – und zwar mit allem Nachdruck – zuwenden, hat den Sinn, unser Land einem Vorhaben einzugliedern, dessen Verwirklichung unseren Blick in derzeit völlig unzugänglichen Fernen zu lenken und unserem Land ständigen Kontakt mit der vordersten Forschungsfrente zu sichern.

Die europäischen Astronomen betreiben schon seit Jahren in Chile eine Reihe von Teleskopen (dzt. sind es 14) bei La Silla in einer Höhe von 2400 m. Die Staaten Belgien, Bundesrepublik Deutschland, Dänemark, Italien, die Niederlande, Schweden, Frankreich und die Schweiz haben sich in der Organisation **ESO (= Europäisches Südobservatorium)** zusammengeschlossen, um den teleskopisch benachteiligten Südhimmel zu erforschen. Diese Vereinigung bestellt vereinbarungsgemäß die modernsten und neuesten Apparate bei europäischen Industriewerken und trägt damit namhaft zur Ausgestaltung und Entwicklung der Hochtechnologie in unserem Kontinent bei.

Beim Treffen österreichischer Astronomen am 21. 11. 1986 kam man überein, die Bemühungen um einen Beitritt Österreichs zur ESO zu verstärken und beauftragte Herrn Univ.-Prof. Dr. Maitzen, in dieser Angelegenheit als Sprachrohr der österreichischen Astronomen tätig zu werden und entsprechende Kontakte zu den dafür zuständigen Stellen aufzunehmen.

Am 6. 7. 1987 überreichte Doz. Maitzen dem Herrn Bundesminister Univ.-Prof. Dr. Tuppy ein Memorandum mit den Argumenten zugunsten des ESO-Beitritts. Das war zu diesem Zeitpunkt besonders dringlich, weil die ESO in die Schlußphase des Entscheidungsprozesses über den Bau eines Teleskops getreten war, das das größte Gerät auf der Erde sein wird. Es wird aus vier getrennten Fernrohren mit je 8 m Spiegelöffnung bestehen, die sowohl einzeln als auch mittels elektronischer Steuerung zusammengeschaltet agieren werden können. Im letzten Fall leistet die Anlagen dasselbe wie ein Einzelgerät mit 16 m Spiegeldurchmesser! Dazu kommt noch der Plan, zur Himmelsbeobachtung nicht ins ferne Südamerika reisen zu müssen (Zeitaufwand, Kosten), sondern von der Zentrale Garching (nahe München) aus über Satellit den Kontakt zwischen Beobachter und Gerät herzustellen.

Das Gerät führt den Namen **VLT (Very Large Telescope)** und soll innerhalb von 10 Jahren fertiggestellt sein. Es soll überdies schon 1994 bis 1997 für Detailaufgaben zur Verfügung stehen. Die Kosten sind mit 383 Mio. DM veranschlagt, von denen 80 Mio. DM auf die Ausstattung entfallen.

Als vordringliche Forschungsaufgaben gelten: Planetensuche bei nahen Fixsternen, Sternbildung in kosmischen Wolken, Auflösung aktiver galaktischer Zentralzonen, Suche nach Schwarzen Löchern, optisches Vordringen zu Distanzen, deren Licht in der Frühzeit des Universums emittiert wurde.

Natürlich werden auch IR-Kameras und IR-Spektrographen erlesenster Art sowie ein Interferometer eingebaut werden.

Schon die Entwicklung der erforderlichen Geräte, ihre zu erwartende Neuartigkeit werden der industriellen Forschung und Fertigung Anregungen geben, die der europäischen Technik bemerkenswerte Vorteile zu verschaffen versprechen. Wäre es angesichts dieser Sachverhalte nicht ein unverzeihliches Versäumnis, wenn sich unser Land nicht der ESO anschliesse und damit in der Astronomie auf den Standard 3. Stufe absänke!

Deshalb fordert unsere Zeitschrift als weitverbreitetes wissenschaftliches Fort- und Ausbildungsorgan ihre Leser auf, wo immer sich ihnen eine Gelegenheit bietet, den maßgeblichen Persönlichkeiten gegenüber die Notwendigkeit eines möglichst baldigen ESO-Beitritts der österreichischen Astronomengemeinschaft vor Augen zu führen. Wir müssen, gerade als kleines Land, überall aktiv mitwirken, wo geistige Spitzenleistungen angestrebt werden.

Walter Kranzer

Geminga erkannt

Der Himmelskörper 2CG 195+04, kurz **Geminga** genannt, wurde in den frühen 70er Jahren vom Satelliten SAS 2 anhand von 121 eingetroffenen Gamma-Photonen ausgemacht, die von der galaktischen Ebene aus einer Position in der Nähe des Krebsnebels kommen. Fortgesetzte Beobachtung seitens des Satelliten COS B wiesen 1000 Gamma-Quanten aus der gleichen Gegend nach. Das emittierende Objekt konnte auf ein Sternfeld von 48' Weite um Gamma-Geminoren eingeeengt werden. Unter der Annahme, daß eine kräftige Gamma-Quelle

auch ein starker Röntgen-Strahler sein müßte, begann ein Mailänder Team unter der Leitung von Giovanni Bignami die Suche mit dem Einstein-Satelliten COS B aufzunehmen. Das Bemühen war erfolgreich, die Quelle befand sich fast im Zentrum der Fehlerbox von COS B.

Damit waren die Voraussetzungen für die optische Identifizierung von Geminga erfüllt. 1983 vermuteten Bignami und andere Forscher in einem der drei verdächtigsten Objekte – kurz mit G, G', G'' bezeichnet – Geminga anzutreffen. Spätere Spektren legten allerdings offen, daß G ein Stern vom Sonnentyp ist. G' und G'' mit den Rothelligkeiten 23,65^m bzw. 25,46^m hatten hingegen gute Chancen, daß einer von ihnen Geminga wäre. Lediglich die Beobachtung war wegen der geringen Lichtstärke ein schwieriges Problem. Mit dem 5-m-Teleskop auf dem Mt. Palomar nahm man im Februar 1986 das fragliche Sternfeld mit den 93 dort befindlichen Sternen samt ihren Farben und Helligkeiten auf und berechnete die Farb-Helligkeits-Diagramme. Der **Stern G''** ist ungewöhnlich blau gegenüber den anderen 92 Objekten und sämtliche seiner Daten entsprechen einem **isolierten Neutronenstern**, dessen Oberflächentemperatur 500 000 bis 1 200 000 K betragen könnte. Seine Entfernung wird auf 1500 bis 3000 Lj geschätzt. G'' dürfte ein relativ junger Pulsar sein, ähnlich dem Vela-Pulsar. Das Fehlen der für Pulsare typischen Radiopulse ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Pulse nie in Richtung zur Erde strahlen, was vermutlich auch bei anderen von COS B identifizierten Gamma-Quellen zutreffen könnte.

LITERATUR:

Sky and Tel., März 1988, S. 242, J. Halpern, D. Tytler, Geminga Identified.

Neues Röntgen-Teleskop

Obwohl man schon einige Jahrzehnte hindurch den Röntgenhimmel mit Fernrohren erkundet, sind die gewonnenen Bilder, was Auflösung und Übersichtlichkeit betreffen, den optischen weit unterlegen. Der Grund liegt in der winzigen Wellenlänge, durch die der Gebrauch von Linsen und Spiegeln ausscheidet. Als Ausweg benützt man die Totalreflexion der ganz flach auf die Fernrohrwände fallenden Strahlen sowie den Gebrauch von Fresnelschen Zonenplatten. Daß wir trotzdem in den letzten 3 Jahrzehnten verborgene Eigenschaften der kosmischen Röntgen- und Gamma-Strahlung erkunden konnten, ist ein Ruhmesblatt der experimentierenden Astronomen. Das soll nun anders werden.

Vor längerer Zeit haben die Wiss. Nachr. bereits mitgeteilt, daß der alternierende Belag von Spiegeln mit sehr dünnen Schichten unterschiedlicher Zusammensetzung auch bei sehr kurzwelligem Strahlen Reflexionseffekte zustandebringt, die mit optischen Methoden gewisse Ähnlichkeiten besitzen. Nun scheint aber der Zeitpunkt gekommen zu sein, in dem eine den optischen Ergebnissen nicht mehr allzuferne Röntgenabbildung möglich ist.

Das neue Verfahren gründet auf einem Primärspiegel, der mit mehreren Schichten von nur wenigen Atomdurchmessern Dicke bedeckt ist, wobei Schichten mit großer und solche mit niedriger Atommasse einander abwechseln. Dieser Vielschichtbelag hat die Eigenschaft, ca. 50% der einfallenden Röntgenstrahlen zu reflektieren. Das ist ein ganz erstaunlicher Vorteil gegenüber den Geräten, die den streifenden Einfall benützen.

Die ersten praktischen Proben sind bereits ausgeführt. Zwei unabhängige Gruppen haben mit drei optikanalogen Anordnungen von der Sonne von suborbitalen Raketen aus Röntgenbilder aufgenommen.

a) J. H. Underwood vom LBL und Kollegen vom Lockheed Palo Alto Research Laboratory fotografierten auf die geschilderte Weise eine aktive Sonnenzone. Ihr Gerät war ein 4-cm-Kugelspiegel, der mit 30 Schichten von W und C bedeckt war. Die W-Lage war 0,8 m, die C-Lage 1,5 nm stark. Die Abmessungen wurden so gewählt, weil man die kräftigen Kernlinien des 11fach ionisierten Si (Wellenlängen 4,402 und 4,416 nm) gut reflektiert erhalten wollte. Eine Kamera hielt den Röntgenfilm und blickte auf den Herschel-Fokus des Fernrohrs, hatte also einen ziemlichen Aufbau. Ein dünnes Plastikfilter, bedeckt mit Al, schirmte sichtbares und UV-Licht ab, ohne die Röntgenstrahlen aufzuhalten. Die erreichte Winkelauflösung betrug 5" bis 10".

b) Die andere Gruppe benützte von Raketen getragene beschichtete Cassegrain-Teleskope bzw. Flacheinfall-Geräte für verschiedene Hochenergie-Wellenlängen. Beteiligt waren A. B. C. Walker jr. und Kollegen von der Stanford-Univ. Sie benützten das Cassegrain-Instrument. Auf dem Bild erkannte man

die im weichen Röntgenbereich glühende Sonne bei 1 Mio. Grad. Dies ist eine sehr ermutigende Entwicklung der Röntgenabbildung, auch wenn noch finanzielle und praktische Schwierigkeiten bestehen.

LITERATUR:

Sky and Tel., März 1988, S. 246, J. H. Underwood et al., New X-Ray Imaging Telescope.

Die CP-Asymmetrie

Am Beginn unseres Jahrhunderts wies Amalie Emma Noether den allgemeinen Zusammenhang zwischen den Symmetrien der grundlegenden Gleichungen der Physik und den Erhaltungssätzen für Impuls, Drehimpuls und Energie nach, was bedeutet, daß diese Gleichungen an jedem Ort, in jeder Richtung und zu jeder Zeit in gleicher Weise gelten. Die Invarianz der Schraubrichtung (links, rechts) und die Symmetrie des Verhaltens von Teilchen und Antiteilchen wurde ebenfalls angenommen, bis im Jahre 1956 die Gleichwertigkeit von Rechts- und Linksschraubungen beim schwachen Zerfall von Kaonen von D. H. Dalitz (Cornell Univ.) in Zweifel gezogen wurde. To Dao Lee und Chen-Ning Yang schlugen im gleichen Jahr ein Experiment vor, das die Asymmetrie bestätigen sollte, wofür sie 1957 den Nobelpreis erhielten. Ch. Sh. Wu (Columbia Univ.), E. Ambler (Nat. Bureau of Standards) und andere Physiker führten das Experiment aus, das endgültig die P-Asymmetrie (P ist der Anfangsbuchstabe von **Parity**) bestätigte. Sie äußert sich im wesentlichen darin, daß der schwache β -Zerfall von instabilem ^{60}Co die Elektronen in einem starken Magnetfeld nicht ganz gleichartig ablenkt.

Die Entdeckung der Antiteilchen durch Dirac machte eine weitere Symmetrie fragwürdig, nämlich die Frage, ob in einer gedachten Welt, in der jedes Partikel das Vorzeichen ihrer elektrischen Ladung geändert hat, in genau derselben Weise reagiert wie in der realen Welt. Man fragt damit nach der sogenannten **C-Symmetrie** (C ist der Anfangsbuchstabe des Wortes **Charge-Conjugation**). Es stellte sich theoretisch und experimentell heraus, daß die schwache Wechselwirkung zwischen Teilchen und Antiteilchen, also zwischen C- und \bar{C} -Welt unterscheidet.

Die beiden eben erwähnten Asymmetrien schienen derart, daß man annehmen mußte, der gleichzeitige Übergang Welt-Spiegelwelt und C-Welt- \bar{C} -Welt würde die Kompensation der zuständigen Reaktionen herbeiführen, d. h. CP-Welt und $\bar{C}P$ -Welt verhielten sich gleichartig. Doch dagegen spricht der Umstand, daß eine lückenlos gleiche Anzahl von Partikeln und Antipartikeln dazu führen müßte, daß schließlich jedes Paar eines Teilchens und seines Antiteilchens bei der Begegnung einander zerstrahlen würde, so daß allmählich die Welt verschwände. Falls aber beide Arten nach dem Urknall in unterschiedlichen Anzahlen existiert hätten, dann bliebe die Art im Überschuß erhalten und die Welt, wie wir sie kennen, könnte entstehen. Es würde etwa genügen, daß der Überschuß von 1 Proton gegenüber 10^9 Antiprotonen und von 1 Elektron gegenüber 10^9 Positronen bei der Expansion und Kühlung des Weltalls nach vollzogener Zerstrahlung der in gleicher Vielfalt vorhandenen Teilchen und Antiteilchen der Kosmos sich zu Galaxien, Sternen usw. entwickeln ließe, wie er uns heute geläufig ist.

Im Jahre 1964 zerstörten J. Cronin und V. F. Fitch (Univ. Princeton) schließlich sogar die CP-Symmetrie, d. h. P- und C-Täuschung kompensieren einander nicht vollständig. Der Nachweis wurde in Brookhaven geführt.

Wird ein Strahl von K^+ -Mesonen stark beschleunigt und auf Cu gelenkt, entstehen neutrale Kaonen, die in großen Abständen vom Target etwas häufiger in Positronen als in Elektronen übergehen. Dasselbe tritt beim Beschuß von Antikupfer \bar{Cu} mit K^- ein. Wieder sind die \bar{p} in Überzahl, die P-Symmetrie ist gebrochen. Materie und Antimaterie unterscheiden sich in wesentlichen Punkten. Leider wissen wir noch nicht, weshalb die Materie unserer realen Welt nach dem Urknall die entgegengesetzt geladene Materie überwog.

Eine Voraussetzung für die Beseitigung des fehlenden Verständnisses liefert die Analyse des neutralen Kaons K^0 und seines Antiteilchens \bar{K}^0 . Das neutrale Kaon kann als Mischung von K^0 und \bar{K}^0 aufgefaßt werden, was quantenmechanisch zulässig ist, dem Anschauungsbedürfnis aber Schwierigkeiten bereitet, solange man den Teilchenaspekt zugrundelegt. Die Schwierigkeit verschwindet hingegen einigermaßen bei der Welleninterpretation, denn die Überlagerung zweier Wellen resultiert stets in einer neuen Welle.

Durch die Addition gleicher Amplituden von K^0 und \bar{K}^0 ergibt sich das neutrale Kaon $K_1 = K^0 + \bar{K}^0$, durch Subtraktion $K^0 - \bar{K}^0$ das neutrale Kaon K_2 . K_1 und K_2 sind sozusagen zur Hälfte Partikeln, zur Hälfte Antipartikeln. Das bedeutet aber keineswegs, K^0 , \bar{K}^0 seien reine, K_1 , K_2 gemischte Teilchen. In Anlehnung an die in der Wellenoptik gängigen Ansichten, dürfen auch K_1 , K_2 als Basen und K^0 , \bar{K}^0 als „Mischlinge“ angesehen werden:

$$K^0 = K_1 + K_2, \bar{K}^0 = K_1 - K_2$$

Cronin und Fitch beschossen Cu mit $K^0 = K_1 + K_2$. Der K_1 -Anteil zerfiel rasch in ein Pion-Paar, während K_2 zurückblieb, ohne in ein Pion-Paar zu zerfallen. Die CP-Asymmetrie bewirkt jedoch, daß K_2 ganz wenig an K_1 -Amplitude zufügt und dadurch ein K_1 unter 500 K_1 in ein Pion-Paar zerfällt. Man ist zwar von der CP-Asymmetrie überzeugt, aber die daraus erwachsenden Effekte sind zu gering, um auch in anderen als den K-Systemen beobachtet zu werden. Das wirft die Frage nach der offenbar äußerst schwachen verursachenden Kraft auf. Damit $K^0 = (\bar{d}, s)$ in $K^0 = (d, \bar{s})$ verwandelt werden kann, müßten 1) das \bar{d} -Quark in ein \bar{s} -Quark und 2) das s- in ein d-Quark übergehen. Das könnte die Schwache Wechselwirkung zustande bringen, und zwar ohne CP-Brechung.

Die CP-Asymmetrie könnte dann nur durch eine CP-Asymmetrische Kraft entstehen, die ein \bar{d} -Quark öfter in ein s-Quark überführt als \bar{s} in \bar{d} und in $s \rightarrow d$ öfter als $d \rightarrow s$. Das wäre eine **Millischwache Kraft**, die 1000mal die Schwache Wechselwirkung unterschreitet.

Eine andere Hypothese, vertreten von L. Wolfenstein (Carnegie-Mellon Univ.), geht dahin, daß anstelle des Zusammenwirkens der Schwachen und der Millischwachen Wechselwirkung die CP-Asymmetrie das Ergebnis einer einzigen extrem schwachen Wechselwirkung (der **Superschwachen Kraft**) ist, die beide Änderungen zugleich herbeiführt.

Ohne auf noch kompliziertere Einzelheiten einzugehen, muß man wohl noch einige Jahre warten, ehe die bereits in Gang befindlichen Versuche zu konkreten Einblicken führen. Eines aber ist klar: Die Erforschung der Welt des Kleinsten ist noch lange nicht abgeschlossen!

LITERATUR:

Scient. A., Februar 1988, S. 30, R. K. Adair, A Flaw in a Universal Mirror.

Ein neuer Weg der automatischen Sprachübersetzung

Erste Versuche – ohne Erfolg

In der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg begann man sich erstmals mit maschineller Sprachübersetzung zu beschäftigen. Damals jedoch waren Computer noch primitiv und teuer. Außerdem konnte die traditionelle Linguistik den Computerfachleuten noch nicht genügend präzise Sprachanalysen liefern. Die Folge war, daß sich bald niemand mehr mit der Utopie eines Sprachübersetzungscomputers befaßte.

In den siebziger Jahren kam es jedoch zu einer rasanten Entwicklung auf dem Gebiet der Elektronik. Die Computer wurden schneller und billiger, ihre Kapazität größer. Auch in der Linguistik wurden Fortschritte gemacht. Die Linguisten machten die Erfahrung, daß Computer geeignet sind, ihre Theorien zu überprüfen. Dadurch durchlebt die automatische Übersetzung derzeit eine Renaissance, die sich auf Fortschritte sowohl in der Elektronik als auch in der Sprachwissenschaft gründet.

Neue Projekte in Europa in Japan

Die größten Investitionen auf dem Gebiet der neuen Sprachtechnologie werden derzeit in der EG und in Japan gemacht.

In Europa arbeiten gegenwärtig etwa 100 Fachleute am multinationalen EUROTRA-Projekt. Ziel dieses Projekts ist es, eine vollautomatische Übersetzung zwischen 7 der 9 offiziellen Sprachen des gemeinsamen Marktes zu ermöglichen. Bis jetzt (1988) ist man über das Stadium der theoretischen Vorbereitung nicht weit hinausgekommen. Die derzeitigen Programme übersetzen noch immer ca. 23% eines Textes falsch.

Von den japanischen Firmen konnte nur FUJITSU ein teilweise funktionierendes System vorstellen, jedoch nur für das Sprachenpaar Englisch/Japanisch.

DLT verwendet eine Zwischensprache

Die erwähnten Projekte streben eine direkte Übersetzung von einer Nationalsprache in eine andere an. Weil damit noch kein durchschlagender Erfolg erzielt werden konnte, will der niederländische Computerkonzern BSO mit seinem DLT-System (distribuita lingvo-tradukado = aufgeteilte Sprachübersetzung) einen neuen Weg gehen. Die Übersetzung wird auf zwei Stufen aufgeteilt.

Erste Stufe: Halbautomatische Übersetzung beim „Sender“ aus der Quellsprache, z. B. aus dem Englischen, in die Zwischensprache. Diese ist nahezu identisch mit der Plansprache Esperanto und wird von der DLT-Gruppe „IL“ (= interlingvo) genannt. Halbautomatisch ist die Übersetzung deshalb, weil der Computer vom Sender Erklärungen verlangt, ehe ein bestimmter Text in IL geschrieben wird.

Zweite Stufe: Vollautomatische Übersetzung beim Empfänger; der IL-Text wird in die gewählte Zielsprache, z. B. Französisch, übersetzt. Es wird also nicht direkt Englisch-Französisch übersetzt, sondern Englisch-IL-Französisch.

Mit dem DLT-System sollen nur „sachliche“ Texte übersetzt werden, wie z. B. Bankberichte, Wetterprognosen, Handbücher für Techniker, offizielle Protokolle usw., nicht jedoch belletristische Werke, politische Ansprachen oder Zeitungsartikel, in denen Wortspiele vorkommen. Während andere Systeme nur solche Texte akzeptieren, die von Unklarheiten und Mehrdeutigkeiten „gereinigt“ wurden, will DLT unveränderte Originaltexte übersetzen.

Die zweistufige Übersetzung hat zwar den Nachteil, daß sich das Fehlerisiko verdoppelt, dennoch überwiegen die Vorteile.

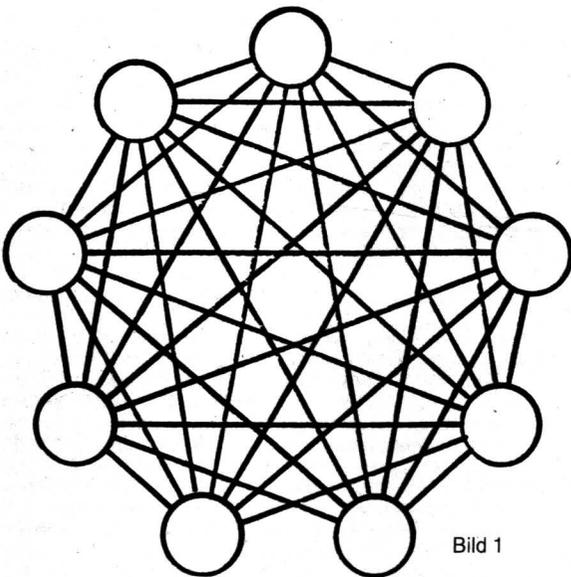


Bild 1

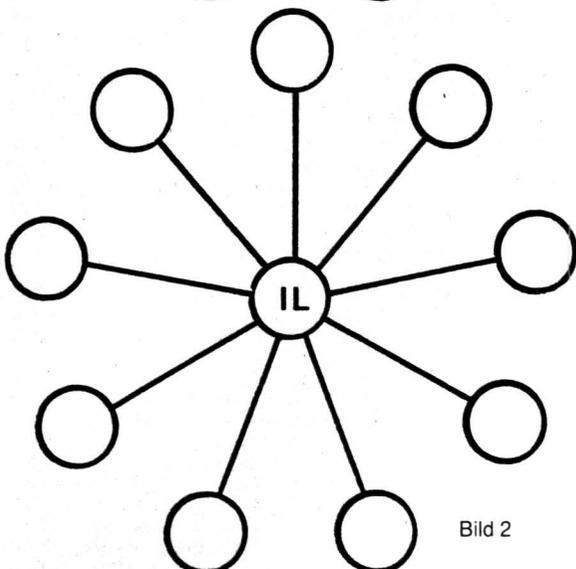


Bild 2

Mehr Vorteile als Nachteile

Der erste Vorteil liegt in der Reduzierung der benötigten Übersetzungsprogramme. Für die 9 offiziellen Sprachen der EG sind z. B. $9 \times 8 = 72$ Programme notwendig, wenn das System EUROTRA mit Direktübersetzungen verwendet wird. Jede Nationalsprache müßte in jede andere übersetzt werden (Bild 1).

Bei Verwendung einer Zwischensprache (DLT-Projekt) braucht man nur $2 \times 9 = 18$ Programme. Denn für jede Nationalsprache genügt die Übersetzung aus der bzw. in die Zwischensprache IL (Bild 2).

Zweiter Vorteil: IL ist immer eine der beiden Sprachen. IL kann aber aus mehreren Gründen vom Computer leicht verarbeitet werden: Einerseits wegen der agglutinierenden Struktur, der einfachen Regeln, der eindeutigen grammatikalischen Endungen (alle Substantive enden auf -o, alle Adjektive auf -a, die Gegenwartsform aller Zeitwörter auf -as usw.) und der Unveränderlichkeit der Morpheme.

Andererseits können Texte Morphem für Morphem statt wie üblich Buchstabe für Buchstabe kodiert werden. Das bedeutet, daß IL-Texte um 50% billiger und schneller übermittelt werden können als dieselben Texte in z. B. Englisch.

Ein dritter Vorteil: Man kann Arbeit einsparen, indem man Informationen, die ja nicht an eine bestimmte Nationalsprache gebunden sind, in IL verfaßt und speichert und nur bei Bedarf in die jeweilige Nationalsprache übersetzt.

Der vierte Vorteil liegt in der Anpassungsfähigkeit des Systems. Es ist einfach, weitere Sprachen anzukoppeln, wenn das System einmal funktioniert. Für jede neu hinzukommende Sprache sind nur zwei weitere Übersetzungsprogramme erforderlich – nämlich in und aus IL. Ohne Zwischensprache (wie z. B. bei EUROTRA) müßten dagegen 18 neue Programme entwickelt werden, würde etwa eine 10. Sprache zu den derzeit 9 offiziellen Sprachen der EG hinzukommen.

Die DLT-Arbeitsgruppe besteht aus rund 20 Personen aus mehreren Nationen. Es handelt sich um Computerfachleute und Linguisten, die alle am Hauptsitz der BSO in Utrecht eng zusammenarbeiten.

Die bisherige Arbeit in Utrecht konzentrierte sich hauptsächlich auf Esperanto/IL. Einige Arbeiten, vor allem jene, die nicht direkt mit Esperanto zusammenhängen, sind an Universitäten und einzelne Fachleute vergeben worden.

Die zentrale Bedeutung der Zwischensprache

Als Zwischensprache könnte auch ein Zahlencode verwendet werden. Allerdings gibt es damit kaum Erfahrungswerte. Es besteht auch die Gefahr der zu starken Bindung des Zahlencodes an eine der im DLT verwendeten Sprachen. Esperanto ist aber eine autonome Sprache mit 100jähriger Entwicklung. Es gibt eine Reihe von Wörterbüchern, Literatur, Fachbücher und Fachartikel sowie theoretische linguistische Abhandlungen über Syntax und Semantik in Esperanto.

Syntax und Semantik werden innerhalb der DLT-Gruppe getrennt bearbeitet. Das automatische Syntax-Analyse-Programm funktioniert bereits für Sätze in IL. Im derzeitigen Entwicklungsstadium braucht der Computer zirka eine Minute, um die syntaktische Beschreibung eines Satzes von durchschnittlicher Länge (ca. 15 Wörter) durchzuführen. An der weiteren schrittweisen Verkürzung des Analyseprozesses wird gearbeitet. Das endgültige Ergebnis der Syntax-Analyse erscheint graphisch als Baum (Baum der Abhängigkeiten oder „tree structures“): Jedes Wort hängt von irgendeinem anderen ab.

Dr. Klaus Schubert hat für DLT eine formale Wortgrammatik des Esperanto vorbereitet. Ausgehend von den Werken von Kalocsay und Waringhien (die ihrerseits auf jenen von René de Saussure basieren) über die Wortbildung in Esperanto, arbeitete Schubert eine genaue Beschreibung der Wortanalyse und Wortsynthese in IL aus, in höchst formaler und automatisierbarer Form. Mit der tatsächlichen Programmierung dieser Wortgrammatik als Teil des DLT-Systems wurde im September 1987 begonnen. Die Wortgrammatik stellt in gewissem Sinn das Fundament von DLT dar.

Der wahrscheinlich wichtigste Vorteil liegt in der Produktivität der Morpheme: In schöpferischer Freiheit kann man aus einer relativ kleinen Zahl von gelernten Wortelelementen eine um ein Vielfaches größere Zahl von Wörtern bilden. Da das Zusammensetzen der Morpheme nach den Regeln der Wortgrammatik erfolgt, kann ein Leser oder Zuhörer sogar den Sinn solcher Wörter erfassen, die er zuvor noch nie gehört hat.

Die semantische Arbeitsgruppe beschäftigt sich mit der Erstellung von elektronischen Wörterbüchern und solchen Programmen, die die Auswahl der Wörter bei der Übersetzung treffen.

Im Mittelpunkt der Wörterbucharbeit steht das einsprachige IL-Wörterbuch, das in zwei parallelen Teilen hergestellt wird: ein syntaktischer Teil, der nur jene Informationen enthält, die das syntaktische Analysierungsprogramm benötigt (z. B. die Transitivität der Verben und andere sogenannte „Wertigkeiten“) und ein semantischer Teil, der umfangreiche Informationen enthält über die Arten von Zusammenhängen, in denen ein Wort aufscheinen kann.

Bis jetzt sind drei Wörterbücher auf mehr oder weniger experimenteller Basis erstellt worden, und zwar Englisch/IL (3500 Eintragungen), IL/Französisch und ein einsprachiges IL-Wörterbuch (1000 Wurzelwörter in ausführlicher Behandlung). Im Vergleich dazu hat das Plena Ilustrita Vortaro des Esperanto 15 000 Eintragungen. Die gesamte Wörterbucharbeit wird auf längere Sicht auch das Esperanto selbst wesentlich bereichern, weil die traditionellen Esperanto-Wörterbücher verbessert und vervollständigt werden können.

Fachwörterbücher

Der Anfang wurde 1985 auf dem Gebiet der Flugzeugwartung mit der Erstellung eines Fachwörterbuches gemacht (1100 Fachausdrücke). Die erste Probeübersetzung des DLT wurde am 1. 12. 1987 im Rahmen einer Pressekonferenz vorgeführt. Es handelte sich um eine Labor-Version mit 2000 englischen Wörtern.

Bis 1993 soll eine kommerzielle Version entwickelt werden, die Englisch-IL-Französisch übersetzt. Das System soll in den 90er Jahren durch den Anschluß weiterer Sprachen ausgebaut werden.

Internationale Enzyklopädie

Schon in den herkömmlichen Wörterbüchern, wie dem Plena Ilustrita Vortaro des Esperanto findet sich ein großes Quantum an Allgemeinwissen, z. B. über Geographie, Zoologie, Physik usw. Dies könnte die Grundlage für die Erstellung einer internationalen Enzyklopädie sein. Es ist ja weitaus ökonomischer, dieses riesige enzyklopädische Wissen in nur einer Sprache zusammenzutragen, zu speichern und zu aktualisieren. Für diese Aufgabe ist Esperanto/IL außerordentlich gut geeignet.

Textbank

Um dem DLT-Team bei Fragen der Lexik zu helfen, wird schon bald die sogenannte „Textbank“ in Funktion gehen, in die Texte informativen Charakters in Esperanto eingegeben werden. Es handelt sich um eine Sammlung von wissenschaftlichen und ähnlichen Artikeln, die im Computer in kodierter Form gespeichert werden; sie sind für jede Art von Wortstatistiken, syntaktischen und semantischen Forschungen geeignet. Gegenwärtig enthält diese Textbank ca. 200 000 Wörter und wird nach Bedarf wachsen. Die Ergebnisse dieser Forschungen werden auch für Esperantologen außerhalb von BSO verfügbar sein.

Eignet sich DLT nur für Europa?

Das Projekt DLT entsteht im Sprachraum der Europäischen Gemeinschaft. Prinzipiell jedoch war immer vorgesehen, es auf nicht indo-europäische Sprachen auszudehnen, z. B. auf das Japanische und Chinesische.

Interessanterweise gibt es bereits ein einziges demonstrierbares, allerdings begrenztes automatisches Übersetzungssystem, das von Lajos Mohai entwickelt worden ist. Es übersetzt aus dem Esperanto ins Ungarische und wurde bei der Konferenz INTERKIBERNETIK 1985 in Budapest vorgeführt. Das Ungarische ist ja vom linguistischen Standpunkt eine nicht indo-europäische Sprache.

In verschiedenen Studien von japanischen Fachleuten, die an der automatischen Übersetzung Japanisch/Englisch arbeiten, werden häufig die schwerwiegenden Probleme betont, die die Unterschiede zwischen europäischen und nicht-europäischen Sprachen aufwerfen, so z. B. im Bereich der Syntax oder in der Tatsache, daß manche Inhalte in der anderen Sprache schwierig oder gar nicht ausgedrückt werden können.

Die vorliegenden Sprachanalysen lassen aber den Schluß zu, daß beim Übersetzen z. B. vom Englischen ins Französische im Vergleich zu einer Übersetzung Japanisch/Englisch nicht wesentlich andere, sondern nur mehr Probleme auftreten. Computer sind aber Meister in quantitativer Hinsicht.

Man kann daher optimistisch sein, daß die für indo-europäische Sprachen entwickelten Programme des DLT auch auf andere Sprachen angewendet werden können.

(kompil. R. kaj W. Klag, Wien 1988)

LITERATUR:

- SCHUBERT, Klaus (1986): Wortgrammatik der Zwischensprache in DLT. Utrecht: BSO/Research.
 SCHUBERT, Klaus (1986): Syntactic Tree Structures in DLT. Utrecht: BSO/Research.
 PAPEGAAL, B. C. (1986): Word Expert Semantics. Red. V. Sadler/A. P. M. Witkam. Dordrecht/Riverton: Foris.
 LANGUAGE MONTHLY Nr. 52, January 1988.
 SCHUBERT, Klaus: De artefarita lingvo al lingvo de artefarita inteligento, in: LITERATURA FOIRO n-ro 109, novembro 1987.
 WARINGHIEN, LEVREAUD u. a.: PLENA ILUSTRITA VORTARO DE ESPERANTO kun SUPLEMENTO, Paris: Sennacieca Asocio Tutmonda, 1987.

Tiefere Blicke ins Weltall

A. Die Anlage

Seit der Erfindung des Fernrohrs durch Galilei ist man mit diesen Geräten unerhört weit in die Tiefen des Weltalls vorgezogen. Während Galileis Teleskop die Reichweite des unbewaffneten menschlichen Auges um das 20fache erhöhte, werden heute mit dem 5-m-Hale-Teleskop auf dem Mt. Palomar millionenmal lichtschwächere kosmische Strukturen sichtbar, als sie Galilei offenbar wurden. Jedoch verhindert die Turbulenz der Atmosphäre auch heute lediglich die Unterscheidung von zehnmal geringerem Ausmaß als für Galilei. Ebenso verschluckt die Lufthülle den Großteil der einfallenden elektromagnetischen Wellen, wodurch eine Vielzahl von Erscheinungen uns überhaupt verborgen bleibt, wenn sie an andere als an die optischen Spektralabschnitte gebunden sind.

Radiointerferometer, VLBA

Das hat sich mit der Entwicklung der Radioastronomie und der Beobachtung außerhalb der Atmosphäre grundsätzlich geändert. Radiowellen sind besonders deshalb von großem Vorteil, weil sie vom Erdboden aus registriert werden können und außerdem kosmische Wolken durchdringen, die für Licht opak sind. Dann ist es auch wichtig, daß Radiostrahlen infolge ihrer größeren Wellenlänge kaum von der Luftunruhe verschmiert werden. Allerdings ist die Feststellung der Richtung, aus der ein Radiostrahl kommt, ein schwieriges Problem. Sie ist selbst beim dtz. größten schwenkbaren Radioteleskop, dem 100-m-Gerät in der Eifel, nicht genauer auszumachen als für das unbewaffnete menschliche Auge, nämlich mit nur rund einer Bogenminute.

Das Auflösungsvermögen von Fernrohren und Mikroskopen ist nämlich zum Verhältnis der Wellenlänge zum Durchmesser der Geräteapertur proportional. Wollte man mit einem Radiofernrohr dieselbe Richtungsqualität wie das Hale-Teleskop erzielen, nämlich 1", dann müßte der Durchmesser der Empfangsantenne mehrere Dutzend km betragen. Das ist natürlich unrealisierbar. Aber es gibt Mittel, dem auszuweichen, über die schon in vielen Ausgaben der Wiss. Nachr. berichtet wurde. In den 60er Jahren besann man sich auf die Möglichkeit, an die Stelle mit einer Riesenantenne mit einer Reihe getrennt aufgestellter kleiner Antennen dieselbe Wirkung zu erreichen, wie die übergroßen Antennen. Der größte Abstand, der zwischen den kleinen Antennen vorhanden ist, entspricht dem Durchmesser der äquivalenten Großantenne. Man nennt das eine **Synthese-Abbildung**, die schon seit Jahren auf der ganzen Welt angewandt wird. Dabei ergaben sich Richtungspräzisionen, die die optischen weit übertreffen. Dabei ergaben sich Richtungspräzisionen, die die optischen weit übertreffen. England, die Niederlande und die USA gehörten zu den ersten Ländern, die davon Gebrauch machten. Die Anlagen nennt man **Radiointerferometer**, weil **interferometrische Überlagerungen** die wesentliche Grundlage bilden. Die größten Anlagen dieser Art erhielten den Namen **VLBA (= Very Long Base Arrays)**, sie haben sich bestens bewährt. Die Einzelantennen sind oft unabhängig voneinander verschiebbar aufgestellt, um Strahlen aus verschiedenen Richtungen besser erfassen zu können.

Die größte heutige VLBA ist ein riesiger Y-förmig angeordneter Antennenverband auf einer hochgelegenen Wüstenebene im Zentralteil von New Mexico. 27 beliebig einstellbare Parabolantennen befinden sich auf den drei Y-Armen. Jeden Arm umgibt eine 21 km Schienenanlage mit festen Antennenstationen. Die Aufnahmen der Antennen werden durch unterirdische Wellenleiter der Zentrale übermittelt, wo aus dem entstehenden Interferenzmuster die interessierenden Schlüsse gezogen werden. Die Schienenradialen ermöglichen Verschiebungen von 0,6 bis 21 km der 9 Antennen eines Arms. Die Frequenz ist von 330 MHz (Δ 90 cm) bis zu 23 GHz (Δ 1,3 cm) einstellbar. Die Richtungsauflösung beträgt 0,1". Trotz der hervorragenden Ergebnisse sind gewisse Objekte, z. B. Quasare, zu klein, um von der VLBA genauer untersucht werden zu können. Dazu bedürft-

te es einer Antennenanordnung, die Tausende km überbrückt. Die Antennenanordnungen können dann nicht mehr über Draht- oder Funkübertragung an die Zentrale gehen, vielmehr wird das aufgenommene Muster jeder Antenne auf Magnetband festgehalten und gespeichert. Dieses wird an die Zentrale gesandt, wo das Interferenzmuster durch simultanes Abspielen im Labor entsteht. Für diese Methode hat man in den vorausgehenden zwei Jahrzehnten schon gute Erfahrungen gemacht.

Das geplante VLBA-System

Nun soll ein VLBA-System entstehen, das die Basislänge 8000 km hat. Die Planung hierfür begann 1985. Es wird über 10 Antennen je 25 m Durchmesser verfügen und bei $\lambda = 3,5$ mm arbeiten. Die Antennenstandorte sind nach sorgfältiger Prüfung so über die USA verteilt, daß die Basen gute Bildqualität verbürgen, möglichst wenig von menschlichen Radiosendungen gestört werden, möglichst geringen Einfluß des atmosphärischen Wasserdampfs erfahren und guten Zugang zu den lokalen technischen Einrichtungen haben. 5 Antennen werden in großer Höhe der ziemlich trockenen, wolkenarmen Ebene der SW-Staaten der USA stehen. Ein Anordnungsoperator wird in der Lage sein, ganz kurzfristig das System auf plötzlich eintretende unerwartete Ereignisse (z. B. Supernova-Ausbrüche) einzustellen. In Sonderfällen wird man 10 andere Radioteleskope aus der übrigen Welt dazuschalten können.

Derzeit (Anfang 1988) nimmt die erste der geplanten Antennen in Pie Town, New Mexico, ihre Arbeit auf, 5 andere befinden sich schon in verschiedenen Aufbauphasen. Das ganze System soll 1992 fertiggestellt sein.

In der Mitte der 90er Jahre hofft man, über die erste außerirdische Interferometer-Antenne zu verfügen. Sie wird dann die Daten der Boden-VLBA ergänzen und wohl das erste Glied einer außerirdischen VLBA sein.

Die Zeitmessungen

Bei der Übertragung der Magnetplatten an die Zentrale ist die extrem exakte Zeitmessung und -registrierung von ganz ausschlaggebender Bedeutung! Deshalb muß über sie noch einiges gesagt werden.

Um die Antennendaten ordnungsgemäß und zeitgerecht aufzunehmen, zur Zentrale befördern und dort synchronisieren zu können, dürfen nur Uhren extremster Genauigkeit Verwendung finden. Die meisten Empfänger sind mit Transistor-Vorverstärkern ausgestattet, die zur Vermeidung von Hintergrundgeräuschen auf 15 K gehalten werden. Auch die erforderliche Frequenzkonstanz bedarf besonderer Maßnahmen. Dazu dient ein Wasserstoff-Maser. Die Uhren halten für $\frac{1}{2}$ Stunde die Frequenz mit Fehlern von nur wenigen unter 10^{15} Schwingungen konstant. Deshalb können die Aufnahmen in halbstündige Datenketten zerschnitten werden, was das Ausmaß des für Abbildung nötigen Aufwandes drastisch reduziert.

VLBA brauchen Bandweiten von mindestens 100 MHz, damit auch sehr schwache Radioquellen zugänglich werden. Eine einzelne 40 cm wird 8 km Magnetband enthalten, auf dem während 12 Stunden $7 \cdot 10^{12}$ bits an Daten zu speichern sind. Pro Tag werden pro Antenne 2 auf Band aufgenommen und an die Zentrale versandt. Daneben wurden noch andere Störmöglichkeiten überlegt und Gegenmaßnahmen getroffen. 20 Bänder können simultan verarbeitet werden, so daß man noch andere Nicht-VLBA-Antennen einbeziehen kann.

Über Aufgaben und Anwendungen dieser VLBA wird im nächsten Beitrag berichtet.

B. Lösungschancen für offene Probleme Erdforschung

Manchmal wird aufwendigen Untersuchungen der Astronomen entgegeng gehalten, es wäre besser, wichtige, die Erde betreffende Dinge zu klären, als namhafte Beträge Fernzielen der Himmelskunde zuzuleiten. Das gegenwärtige VLBA-Projekt ist ein klares Zeichen dafür, daß zunächst als rein astronomische Einsätze aufzufassende Tätigkeiten auch für die Erforschung unseres Planeten von Bedeutung sein können. Zu nennen sind da in erster Linie die Erforschung der Folgen der Plattentektonik, die variierende Tagesdauer sowie die Veränderungen der Erdgestalt infolge der Einflüsse der Gezeiten.

Die ständigen Lagebeobachtungen der Himmelspositionen extrem distanter Himmelskörper (z. B. Quasare), die als absolut unveränderliche Fixpunkte für uns anzusehen sind, ergeben Schwankungen, die allein durch die ungleichförmige Rotation und Gestaltänderungen des Erdkörpers verursacht sind. Das wirkt sich u. a. auf die Antennenabstände der Systemkomponenten aus. Die VLBA ist imstande, Distanzänderungen zwi-

schen zwei Systemantennen festzustellen, die kleiner als die benützten Radiowellenlängen sind. Die VLBA registriert somit **Abstandsschwankungen von 1 cm** als Veränderungen der Erdgestalt. Das ist keineswegs krankhafte Rekordsucht, sondern verschafft Aussagen über den Zusammenhang mit Erdbeben, wenn sich längs ausgedehnter Bruchlinien winzige Verrückungen der Platten vollziehen. Daran haben erdbebenanfällige Staaten größtes praktisches Interesse. Da der Bruchlinienverlauf auch von der Erdrotation beeinflusst wird, müssen Schwankungen der Tageslänge im Ausmaß von 10^{-4} s mit den sehr genauen Maseruhren erfaßt und die damit verbundenen Veränderungen der Pollagen von wenigen mm festgestellt werden können. Das gelingt natürlich nur bei Rücksichtnahme irdisch bedingter Störeffekte wie der Einflüsse der Lufthülle und Ionosphäre auf die Radiostrahlung, der gravitativen Lageinflüsse an den Antennenstandorten und der relativistischen Strahlenkrümmung im solaren Schwerfeld. Die hierzu nötigen, höchst komplizierten Rechnungen erledigen das krustendynamische Projekt der NASA sowie die Projekte POLARIS und IRIS.

Daneben dient die VLBA der interplanetaren Navigation. Die vorhin erwähnten Projekte haben sich bereits bestens bei den letzten sowjetischen Vega-Missionen zu Venus und dem Halley-Planeten bewährt. Ein Vega-Raumerschiff ließ ferner im Juni 1985 bei der Venusumrundung einen Ballon frei, der einen 1,7-GHz-Sender trug. Beim Abstieg des Ballons durch die Venusatmosphäre wurden von der damaligen VLBA die den Ballon schüttelenden Windgeschwindigkeiten (Dopplereffekt) gemessen, die bis zu 220 km/h betragen.

Auch der Vorbeiflug der Sonde GIOTTO am Halley-Planeten konnten dank ähnlicher Unterstützung verbessert werden.

Darüber hinaus werden die Erfolge Anreize für Techniker sein, die beteiligten Geräte und Verfahren weiter zu verbessern.

Sternentwicklung

Das Auflösungsvermögen der VLBA wird einige 10^{-4} Bogensekunden betragen. Das ist der Winkel, unter dem der Zwischenraum zweier benachbarter mm-Skalenstriche auf einem Meßband einem Beobachter in ca. 2000 km Entfernung erscheint! Auf unsere Milchstraße übertragen heißt das, wir werden Objekte mit Durchmessern von ungefähr einer Astron. Einheit wahrnehmen. In den fernsten himmlischen Regionen werden die Objektdurchmesser einige Lj betragen dürfen, ohne uns zu entgehen. D. h. es werden uns bisher verborgene Kerne von Galaxien und Quasaren zugänglich sein. Der Ausstoß von großen Plasmakomplexen aus den Quasar- und Galaxissternen in engen Bündeln gehört zu den dringenden ungelösten Fragen. Ihre Geschwindigkeiten sind nur wenig von der des Lichtes verschieden. Wenn sie überdies fast in der Sehnlinie zu uns ihre Quellen verlassen, erhalten wir durch relativistische und Projektionseffekte den Eindruck, sie bewegen sich mit Überlichtgeschwindigkeit. Ob diese Interpretation richtig ist, bedarf aber noch der Klärung.

Aufzuklären wäre auch, ob die scheinbare Helligkeit von Quasaren deshalb größer sein kann als ihrer Distanz entspräche, wenn sich die vom Quasar ausgestoßenen Jets fast mit Lichtgeschwindigkeit auf uns zu bewegen, wie die Relativitätstheorie fordert. Derartige Plasmajets ereignen sich alle paar Jahre und könnten von Schwarzen Löchern in der Kernzone des Quasars oder der Galaxie ausgelöst sein. Zu entscheiden, ob das so ist, könnte eine VLBA-Aufgabe sein.

Was die Sternentwicklung betrifft, bildet das Auftreten von Maseraktivitäten von Hydroxyl und Wasserstoff in den sehr jungen Sterne umgebenden Gashüllen, aber auch in Staubwolken in der Umgebung aktiver roter Riesen offene Fragen. VLBA-Bilder könnten Aufklärungen über die zugrundeliegenden dynamischen Vorgänge geben, die den bestehenden Radioteleskopen noch entzogen sind. Der OH-Maser könnte über den Stark-Effekt magnetische Feldzustände offenlegen und deren Rolle beim Entstehen von Sternembryos aufklären.

Kosmische Distanzen

Die Abstandsmessungen im Kosmos sind ein sehr schwacher Punkt der Kosmologie. Dennoch hängt von der Kenntnis der Distanzen eine Fülle offener Fragen ab. Dazu gehören keine geringeren als jene nach Masse, Energie und Ausdehnung des Weltalls. In wenigen Fällen sind direkte Messungen möglich und erfolgreich. Das ist beispielsweise der Fall, wenn ein Supernovaausbruch stattfindet und die sich ausdehnenden Gebilde materieller Art hinsichtlich ihrer Geschwindigkeit (Dopplereffekt) und ihrer trigonometrischen Verlagerung (bis auf Meßfehler) sichere Distanzdaten liefern. Das war bereits der Fall beim Supernovaeignis im Vigno-Haufen im Jahre

1979. Die trigonometrische Expansion war $0,003''/\text{Jahr}$, die Ausbreitung erfolgte mit $11\,000\text{ km/s}$. Das ergab die Entfernung 60 Lichtjahre mit dem Fehler von 35% infolge auftretender Meßfehler, die aber nur gerätebedingt sind.

Ausblicke

In den führenden „Weltraum-Staaten“ Westeuropa, Sowjetunion, Japan und den USA befaßt man sich bereits mit Fragen extraterrestrischer VLBA. Es wurde bereits vorgeschlagen, die europäische Raumagentur zusammen mit der NASA mögen einen gemeinsamen Satelliten namens **Quasat** starten, der mit einer $10\text{ bis }20\text{ m}$ langen Antenne versehen sein soll und ab der Mitte des nächsten Jahrzehnts die Erde umkreisen soll. Die Challenger-Katastrophe stellt jedoch die Beteiligung der USA in Frage. Die Sowjetunion plant ebenfalls ein extraterrestrisches VLBA-Projekt. Man hat dort die Absicht, zwei oder drei **Radio-Astron-Satelliten** in $75\,000\text{ km}$ Höhe auf Bahnen um die Erde zu senden. Europäische und US-Experten sind zur Teilnahme eingeladen. Die USA zögern allerdings mit der Teilnahme.

Darüber hinaus denkt man sogar schon daran, Antennen von mehreren km Durchmesser zu verwenden, die nicht um die Erde, sondern um die Sonne kreisen sollen. Da gäbe es Basislinien von einigen 100 Mio. km Länge und die Auflösung betrüge 10^{-6} Bogensekunden. Wenn die Sowjetunion in ferner Zukunft das verwirklichen würde, könnte man Flecken auf anderen Sternen unserer Milchstraße sichtbar werden lassen. Ob das praktisch zufriedenstellend realisiert werden kann, ist natürlich offen, aber der Gedanke allein ist faszinierend.

LITERATUR:

Scient. Am. Jänner 1988, S. 44, K. I. Kellermann, A. R. Thompson, The Very-Long-Baseline Array.

Hyaden und kosmische Distanzen

Das große Auflösungsvermögen, von dem der vorangehende Beitrag berichtete, bezieht sich nur auf Radio-, nicht aber auf optische Strahlen. Deshalb kann es nicht in der Lage sein, den Abstand des uns nächsten Sternhaufens der Hyaden bestimmen zu helfen. Die Distanz der Hyaden ist deshalb so wichtig, weil aus ihr auf die Abstände weiter entfernter Objekte geschlossen werden darf. Zwar gehören die Hyaden aus diesem und aus anderen Gründen zu den bestuntersuchten Sternhaufen, aber ihr Abstand ist noch immer nicht mit der gewünschten Sicherheit bekannt. Das ganz zuverlässige trigonometrische Verfahren der Parallaxenbestimmung liefert für die Hyaden den Wert $\pi = 0,02''$, aber ohne die nächsten Dezimalen, dazu ist die Distanz der Hyaden ein wenig zu groß. Das ist sehr schade. Da die kosmische Abstandsleiter von der Hyadendistanz D_H ausgeht und auf ihr beruht, bedingt jede notwendig werdende Änderung von D_H immer stärkere Veränderungen größerer und größter Distanzen als D_H , bis hinauf zur Abmessung des überblickbaren Universums.

Der Beginn der zentralen Kernreaktionen eines Sterns, sein sogenanntes **Nullalter**, markiert sich an jedem Ort des H-R-Diagramms, an dem der Stern die Hauptreihe betritt. Das Nullalter der Hyaden, dem numerisch das zugehörige Verhältnis von Leuchtkraft zu Temperatur entspricht, gestattet, die analogen Größen und mit ihnen die Abstände weiter entfernter Systeme abzuleiten. Anhand der Cepheiden in den Sternhaufen gelangt man zur Kenntnis noch größerer Abstände, und das geht mittels anderer Faktoren weiter bis zu den durch die spektralen Rotverschiebungen abschätzbaren Quasardistanzen.

Im Jahre 1908 wies L. Boss auf den Umstand hin, daß infolge der Nähe der Hyaden aus den sich infolge der Sternbewegungen ändernden Himmelspositionen (die Sternbahnen verlaufen parallel) die Entfernung erschlossen werden kann. Wächst der Winkelabstand zweier Haufensterne im Laufe der Zeit, dann bewegen sie sich auf uns zu, sinkt er, dann entfernen sie sich von uns. Die von uns beobachteten Zu- bzw. Abnahmen in einem bestimmten Zeitintervall liefert (bei der durch die Linien-Rotverschiebung bestimmten Sternengeschwindigkeit v) die Möglichkeit, D_H zu berechnen. Das geschah im Jahre 1952 durch L. Boss, der diese Methode auf 39 Hyadensterne anwandte. Er fand $D_H = 132\text{ Lj}$. 1968 ergaben sich bei den analogen Messungen von P. Wayman, L. S. T. Simms und K. Blackwell der gleichgroße D_H -Wert.

Alles schien somit in bester Ordnung zu sein, als G. Wallerstein ein Jahr später Widersprüche zwischen $D_H = 132\text{ Lj}$ bei einem anderen Bestimmungseffekt feststellte. Die Doppelsterne hatten bei Zugrundelegung von $D_H = 132\text{ Lj}$ andere Leuchtkräfte als die tatsächlichen. Der Widerspruch verschwand jedoch bei der Annahme $D_H = 158\text{ Lj}$ und ließ einen systematischen Fehler bei den früheren Messungen vermuten. 1975 ermittelte R. Hanson am Lick-Obs. aus den Eigenbewegungen auch lichtschwächerer Sterne $D_H = 175\text{ Lj}$. Der Grund für das Zustandekommen der früheren Werte lag in der Ungenauigkeit der Deklinationsmessungen. Im Jahre 1975 ergab sich für das Team von Th. E. Corbin anhand von 150 Hyadensternen $D_H = 150 \pm 6\text{ Lj}$.

Das erregendste Ergebnis stellte sich jedoch anhand einer anderen Bestimmungsart heraus. Sie beruht auf dem Umstand, daß unter den Hyadensternen auch Doppelsterne vorhanden sind. Das ist schon lange bekannt. Natürlich hat man die visuellen Binarien zur Distanzmessung in derselben Weise verwendet, wie das bei solchen Objekten üblich ist. Leider erwiesen sich jedoch die Untersuchungen der Umlaufbahnen als wenig aufklärend, daß man so nicht viel weiterkam. Mit optisch interferometrischen Methoden konnten jedoch bedeutend bessere Ergebnisse erzielt werden, die verlässlichere Resultate bringen als die früheren. Dies und das Heranziehen von Mondbedeckungen ergaben D_H -Werte, die gut zu den von Wallerstein 1966 gefundenen passen. Das Massen-Leuchtkraft-Verhältnis ergibt sich nur dann richtig, wenn D_H mit etwa 145 Lj eingesetzt wird, 130 Lj liefert zu geringe Massen.

Natürlich hat man auch die spektroskopischen Doppelsterne beachtet. A. Batten und Wallerstein nahmen den spektroskopischen Doppelstern HD 27149 in die Zange, dessen beide Partner fast dieselbe Helligkeit besitzen. Beide sind Hauptreihensterne mit einem 75tägigen Umlauf. Die dabei auftretenden Geschwindigkeiten ergeben $0,91$ und $1,04$ Sonnenmassen. Ihre Helligkeiten stimmen nur dann mit der Sonnenmasse überein, wenn für den Abstand 145 Lj substituiert werden. Den besten Abschluß der Untersuchungen brachte jedoch der spektroskopische Doppelstern HD 27130. Wir sehen die Bahnebene genau von der Seite, also auch wenn sie einander beim Umlauf verdecken. Das ist sehr glücklich, denn die Umlaufperioden samt Daten sind bekannt, aus denen **deshalb** die Massen und Leuchtkräfte jedes Partners ohne Kenntnis des Abstandes von uns eindeutig hervorgehen. Das Massen-Leuchtkraft-Verhältnis ist nur dann korrekt, wenn $D_H = 144 \pm 13\text{ Lj}$ beträgt. Die Unsicherheit von etwa 10% geht auf die mangelhafte Kenntnis zurück, in welchem Verhältnis Wasserstoff und Helium im Vergleich zur Sonne dort zueinander stehen. Geringe Verbesserungen sind noch möglich, aber die vertretenen Haufenmodelle sind bereits so gut fundiert, daß man in absehbarer Zeit vielleicht ganz auf die Hyadendaten verzichten und die theoretischen Aussagen an deren Stelle benützen kann. Nach den bisherigen Messungen darf man wohl mit $D_H = 147 \pm 10\text{ Lj}$ rechnen. Aber es ist durchaus möglich damit zu rechnen, daß auch dieses „Faktum“ vielleicht noch einmal geändert werden mußte.

LITERATUR:

Sky and Tel., Februar 1988, S. 138, P. Hodge, How Far Are the Hyades?

Alternative Energie: Photovoltaik in der BRD

In der Jännerausgabe 1988 der Physikalischen Blätter erschien ein Artikel, der sich mit der Photovoltaik befaßt und einen Appell an Physiker und Industrie darstellt, diesem Gebiet hohe Aufmerksamkeit in Theorie und Praxis zu widmen. Autoren sind Univ.-Prof. Dr. A. Goetzberger vom Fraunhofer-Institut für Solarenergie-Systeme in Freiburg/Breisgau und Dr. G. Eisenbeiß vom Bundesministerium f. Forschung u. Technik (BMFT) in Bonn. Der Beitrag hat nicht nur die Aufgabe, diesen Aspekt der Energiefreisetzung vorzustellen, er ist auch eine Aufforderung an die zuständigen Stellen, der Erforschung und praktischen Anwendung erhöhtes Gewicht und größere Unterstützung zuteil werden zu lassen. Es ist auch angeführt, was in der BRD in dieser Richtung geschieht.

Die Umwandlung von Lichtenergie in die Energie elektrischer Ströme wäre wegen des Überflusses an Sonneneinstrahlung und des Fehlens schädlichen Abfalls eine ideale Lösung der Energieprobleme. Aber mit Ausnahme der Anwendung in Taschenrechnern, Armbanduhrn und Spielzeug fehlen Großanlagen der solaren Energienutzung. Zwar befindet

sich auf der Nordseeinsel Pellworm eine 300-kW-Anlage, und es existieren Planungen für ähnliche Einrichtungen, aber die Umwandlung Licht → elektrischer Strom ist ein Gebiet, das weiter als alle anderen regenerativen Energielieferanten von der technischen und ökonomischen Realisierung entfernt ist. Eine photovoltaisch produzierte kWh ist noch um ca. eine Größenordnung der konventionellen Erzeugungsmethode gegenüber teurer. Die kWh des Stroms aus dem Werk in Pellworm kostet 3,75 DM. Sollten größere Anlagen von 20 bis 50 MW entstehen, dann schätzt man auf einen Preisunterschied von 0,40 DM im sonnigen Süden, auf einen solchen von rd. 1,0 DM in der BRD pro kWh gegenüber der heutigen Stromversorgung. Strom aus fossilen Energieträgern oder aus nuklearen Anlagen ist auf jeden Fall billiger, aber in südlichen Ländern könnten Dieselgeneratoren durch die Photovoltaik verdrängt werden.

Heute ist der Fotostrom dort verwendbar, wo die Kosten keine größere Rolle spielen, etwa in weit entfernten Bojen, Fernseh- und Telefonumsetzern und ähnlichem. Der Preis von Solarzellen ist zu hoch, und ihr Anteil an der gesamten Energieversorgung ist nur ganz winzig. Ohne staatliche Unterstützung dürfte die Photovoltaik aus eigener Kraft kaum ernstzunehmenden Umfang annehmen. Dazu sind überzeugende Vorschläge und Anregungen seitens Forschung und Industrie an die zuständigen staatlichen Stellen unerlässlich! Aber Appelle an Physiker und Ingenieure, ihren Einfallsreichtum in dieser Richtung zu aktivieren, könnten zu intensiverer Tätigkeit und namhaften Fortschritten führen.

Derartige Bestrebungen müssen vor allem den nachstehenden Zielen dienen:

1. Senkung der Fertigungskosten;
2. Erhöhung der Wirkungsgrade η , aber ohne den Grobentsatz schädlicher wie Cd oder As, deshalb
3. Stärkung der einschlägigen Grundlagenforschung (Solarinverter, Batterien, Laderegler, passende Verbindungen zu den Verbrauchern u. ä.);
4. Entwicklung der geeigneten System- und Anwendungstechnik;
5. Bereicherung der Anwendungsformen der Photovoltaik.

Die Entwicklung der einschlägigen Förderbudgets betragen im Mio. DM:

	vor 1983	1983 bis 1985	1986 bis 1988
Für kristallines Si:			
als Basisstoff	20	52	95
als Zelltechnologie	72	75	41
für amorphes Si	9	18	35
für andere Stoffe	8	13	11
Hochleistungszellen	—	1	23
Studien, Anwendungstechnik	5	7	22
Wasserstoff/Photovoltaik	—	—	18
Gesamt	115	166	245

Die Erzeugung von Solarzellen aus kristallinem Si benützt die sehr teuren elektronischen Bauelemente, deren Verunreinigungen nur 10^{13}cm^{-3} betragen dürfen. Das muß auf billigere Art geschehen. Das BMFT fördert bereits andere Verfahren für billigeres Solar-Si bei einigen Firmen, u. a. Siemens und Bayer, bei denen Alu-thermisch vorgegangen wird.

Das Herstellen von Si-Scheiben durch Zerschneiden von Si-Blöcken mit Diamantsägen erbringt 50% Materialverluste. Das könnte mit Folienguß, Folienziehen aus der Schmelze, Aufspritzen sowie durch Schmelzen und Rekristallisieren aus mit Si-Pulver gepreßten Scheiben billiger geschehen. Dies und die zugehörigen Nebenschritte (Diffusion von Phosphor, um in $0,5 \mu\text{m}$ Tiefe einen p-n-Übergang zu schaffen, Kontaktgitter und Antireflexschicht) werden in der BRD bereits in verschiedenen Anlagen beherrscht (BMFT-geförderte Versuche der AEG in Wedel). Zusammenarbeit mit Japan und den USA ist erwünscht.

Die Verbilligungsbestrebungen bei der Zellenbearbeitung seitens AEG und Telefunken werden gefördert und gleichzeitig der Wirkungsgrad zu verbessern gesucht. Im Augenblick betragen die Wirkungsgrade (η) etwas mehr als 0,10, es wurden aber in kalifornischen Labors bereits die doppelten Werte erzielt, aber das ist noch sehr teuer. Die an der Univ. Erlangen von Prof. Hezel betriebene und bundesgeförderte Entwicklung der Siliciumnitrid-Inversions-schichtzelle soll die Solarzelle verbessern.

Kristallines Si hat trotz hoher technischer Güte einen Nachteil, es absorbiert Photonen nur mit Hilfe von Phononen, sein Absorptionskoeffizient ist für Sonnenlicht sehr klein. Daher

stellt man Dünnschichtzellen (Dicke $\approx 1 \mu\text{m}$) aus anderen Stoffen her, zu denen auch Si gehört. Das BMFT unterstützt zwei unterschiedliche Wege und ein deutsch-französisches Eureka-Projekt. Ziel ist die Produktion großflächiger Solarzellen mit η 0,1, die auch langfristig stabil sind, ohne dabei auf billigere Verfahrensweisen verzichten zu müssen.

Was die Erhöhung der Wirkungsgrade betrifft, so hofft man Erfolge mit einer Tandemzelle zu erreichen. Sie besteht aus mehreren Halbleiterschichten mit gegenseitig abgestimmten Banddicken, deren jede nur für einen bestimmten Frequenzbereich Photonen in Elektrizität verwandelt. Die oberste Schicht absorbiert den kurzwelligsten Lichtanteil, das langwelligere Licht durchdringt sie und wird erst in der nächsten Schicht verwertet usw. Theoretisch sollte man auf $\eta = 0,5$ kommen, hofft aber, daß die praktische Ausführung doch $\eta \approx 0,3$ erbringen wird. In der BRD ist man auch diesbezüglich tätig, zumal noch ausgiebige Forschungsarbeit auf dem Gebiet zu leisten ist und aktiven Wissenschaftlern Erfolge ihrer Forschungen verspricht. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft bereitet eine Förderungsbekanntmachung vor, die alle zuständigen Persönlichkeiten zu forcierter Forschungsarbeit anregen soll.

LITERATUR:

Phys. Bl., Jänner 1988, G. Eisenbeiß, A. Goetzberger, Strom aus Licht – Photovoltaik, eine Herausforderung für Physik und Technik.

Pionentherapie von Krebs bei SIN

SIN, das **Schweizer Institut für Nuklearforschung** in Villigen, nw. von Zürich, wurde als Annexanstalt der ETH (Eidgenössische Technische Hochschule) im Jänner 1968 gegründet. Die Bauarbeiten begannen schon im gleichen Jahr, die Experimente wurden 1974 aufgenommen. Der werkseigene Beschleuniger – Injektorzyklotron als Vorbeschleuniger und ein neuartiges Ringzyklotron – bringen Protonen auf 10 bis 72 MeV, Deuteronen auf 10 bis 65 MeV und ^4He auf 20 bis 130 MeV. Es wird ab 1985 hauptsächlich zur Produktion medizinischer Radioisotopen und polarisierter Pionen verwendet. Daneben laufen auch sehr anspruchsvolle Versuche auf dem Gebiet der Grundlagenforschung.

Durch den Beschuß einer Kohlenstoffscheibe mit 10^{15} Protonen/s der Energie 590 MeV entstehen Pionen, Myonen und Neutronen als Sekundärteilchen, die magnetisch den Experimentiereinrichtungen zugeleitet werden. Die maximalen Anzahlraten betragen bei

Pionen	$2 \cdot 10^9 \pi/s$,
Myonen	$10^7 \mu/s$,
Neutronen	$10^5 n/s$.

Im Jahre 1984 liefen bei SIN 10 Experimente der Niederenergie, 45 der Hochenergie und 10 der Biologie. Im biologischen Bereich hat sich SIN besonders durch die Tumorbekämpfung mittels Bestrahlungen mit negativen Pionen hervorgetan.

Es ist zwar längst bekannt, daß Tumorzellen durch die Bestrahlung mit Röntgenlicht oder instabile Elementarteilchen zerstört werden. Allerdings leiden dabei auch gesunde Zellen des menschlichen Körpers infolge der Einwirkungen der die Gewebe durchquerenden ionisierenden Strahlen. Im Gegensatz dazu zerfallen Pionen erst am Ende ihres Weges durch den Patienten, und zwar durch den Einfang seitens der positiven Kerne von O, C, N. Die getroffenen Kerne explodieren, ihre ionisierten Trümmer und die dabei freiwerdende Gamma- und Röntgenstrahlung zerstören in einer kleinen Umgebung die Tumorzellen, ohne gleichzeitig das übrige durchstrahlte Gewebe nennenswert zu schädigen. Infolge der größeren Masse (1 Pion hat 273 Elektronenmassen) ist die Reichweite der Pionenstrahlen weit genauer definiert als bei anderen der in Betracht kommenden Strahlen. Außerdem wirkt π auf O-arme und O-reiche Gebilde gleich stark, während Gamma- und Röntgenstrahlen O-arme Zellen (das sind die Tumorzellen) weniger als O-reiche (gesunde Zellen) angreifen.

Die exakte Einstellung des Strahlendes auf den Tumor bedarf höchst aufwendiger Vorverfahren, der hochpräzisen Einstellung des Pionenstrahls mit Hilfsmitteln, die SIN entwickelt und hergestellt hat. Die relativ biologische Wirksamkeit ist etwa 1,5mal besser als bei Röntgenbehandlung.

Außer SIN befassen sich gegenwärtig nur noch die Anlagen LAMPF in San Alamos, USA, und TRIUMPF in Vancouver, Kanada, mit der Pionentherapie. Die beiden Anlagen und SIN dürfen als „Pionenfabriken“ angesprochen werden, weil erst deren Pionenproduktion hoch genug ist, um die erforderlichen

Dosisleistungen zu erbringen. Die anfänglich zu geringen SIN-Dosen erwiesen sich für eine wirkungsvolle Behandlung als nicht ausreichend. Die Stanford-Universität in den USA hat das **Piotron** als leistungsfähigen Pionen-Applikator konzipiert. Er wurde am 22. Juni 1980 bei SIN in Betrieb genommen. Er enthält 120 supraleitende Spulen, die zu je 60 ringförmig angeordnet sind. Sie bündeln und lenken die Pionen zum Tumor. Der Kranke wird dabei durch 3,2 m dickes Eisen gegen unerwünschte Strahlen (vor allem Neutronen) gesichert. Der enge Impulsbereich der Pionen ist so gewählt, daß sie alle im Tumor zur Ruhe kommen und daher nur dort ihre Wirkungen entfalten können. Bei ausgedehnten Tumoren ist die Bestrahlung **dynamisch**, d. h. der Patient wird bewegt und nicht die Strahlung variiert.

Die Betriebsstromdichte in den 0,5 mm starken Stromleitenden, mit supraleitenden Nb-Ti-Drähten durchsetzten Einzeldrähten der Magnetspulen beträgt 200 A/mm². Um das zu erreichen, ist die Kühlung auf 5 K erforderlich. Die aufwendige Kühltechnik hat man am SIN entwickelt.

Aufnahmen mit Computer-Tomograph im Kantonsspital am liegenden Patienten ermöglichen die Berechnung der Konturen des Gewächses. Die Daten werden auf Magnetplatten festgehalten und den Ärzten übergeben. Für die Bestrahlung wird der Patient in den beweglichen Innenzylinder der Bestrahlungseinheit eingeschoben, der in einem wassergefüllten Außenzylinder liegt. Bei der Bestrahlung wird der Kranke mäanderrförmig bewegt, die Geschwindigkeit der Bewegung variiert plangemäß, der Strahl bleibt fest. Die komplette Behandlung (20 Fraktionen in schwereren Fällen) verteilt sich auf etwa 5 Wochen. Die Behandlung (Dosenstärke usw.) wird ständig durch mehrere Hilfsmittel überprüft.

Klinische Erfahrungen

1982 wurde bei 26 Patienten vorher unbehandelter Tumore im Bauch- und Beckenabschnitt das Verfahren begonnen. Bis Ende 1984 waren es 93 Kranke. Bis heute ereigneten sich nur vereinzelte Rückfälle, besonders, wenn schon vor Behandlungsbeginn Metastasen existierten. Definitive Schlüsse kann es aber erst nach mehrjähriger Erprobung geben, die Chancen sind jedoch hoffnungsvoll!

Mit den genannten Fakten kann und soll die häufig erhobene Frage nach dem Sinn der teuren und aufwendigen mikromaterialien Forschung beantwortet werden. Ohne in die Tiefe gehende Grundlagenerforschung, ohne Quantenmechanik, ohne die Entdeckung der vielen instabilen Bausteine der Materie wären medizinische Anwendungen dieser Art ausgeschlossen. Ist solches nicht sein Geld wert?

Quelle: 2000 (EIR) Dok./Inf. SIN, Juni 1984.

Ein Positronen-Mikroskop

In der letzten Zeit hatten wir mehrmals Gelegenheit, über neue Mikroskope zu berichten, deren Erfinder in einem Falle sogar mit dem Nobelpreis geehrt wurden. Nunmehr gibt es neben dem Elektronen- auch ein Positronen-Mikroskop, das TPM (= Transmission-Positron-Microscope). Der erste Bericht über Abbildungen mit dem TPM beweist die Möglichkeit eines solches Gerätes. Das Interesse am TPM bezieht sich auf die Unterschiede gegenüber den vom TEM (= Transmission-Electron-Microscope) erzeugten Bildern. Die Unterschiede beruhen auf den abweichenden Verhaltensweisen bei den Streuungen negativer Elektronen bzw. positiver Positronen an den Kern- und Hüllenbausteinen. Der Vergleich der gewonnenen Bilder erlaubt Rückschlüsse auf den Atombau.

Das Gerät, mit dem das in der am Schluß genannten Zeitschrift veröffentlichte Bild gewonnen wurde, bedient sich eines verlangsamten e⁺-Strahls, der Bildanalysetechnik und der vergrößerten Aufnahme auf verschiedenen dünnen Filmen, dem sogenannten **Moderation-Verfahren**. Der Erfolg beruht tw. darauf, daß die zunächst unzureichende e⁺-Intensität verstärkt wird. Dabei wird die ursprünglich große Strahlenenergie (≈ 0,1 bis 0,5 MeV) beim Durchfliegen eines W-Kristalls thermalisiert und die e⁺ sodann von dort mit der Wahrscheinlichkeit 10⁻³ bis 10⁻⁴ als ≈ 2 eV-Strahl wieder ausgesandt. Dieser Strahl von 3,5·10⁵ e⁺/s wird auf einen 1,7 mm breiten Fleck des Targets fokussiert. Die das Target durchlaufenden Positronen werden mittels einer Objektiv-Linse abgebildet und hinterher durch die Projektionslinse über einen 3-Platten-Kanal-Elektronenvervielfacher auf die Phosphorschirm-Anode (CEMA) gelenkt. CEMA wandelt jedes Positron in ein Lichtsignal, das von einem Bildanalyse-Gerät sichtbar gemacht wird. Als e⁺-Quelle diente einfach ionisiertes Natrium.

Ergebnisse: Das Bild erschien auf einem VYNS in 55facher Vergrößerung, die Folien waren weniger als 80 nm dick. Die Auflösung betrug einmal 9[±]1 μm, ein andermal 4,5±0,5 ηm. Letzteres stimmt gut mit der Voraussage von 4±1 ηm überein.

Der Vergleich unter denselben Bedingungen aufgenommenener TEM- und TPM-Bilder informiert über Atom-Formfaktoren auf Grund der voneinander abweichenden Streueffekte. Infolge der starken Abhängigkeit von der Kernladung Z sind sensible Mikroanalysen zu erwarten.

LITERATUR:

Phys. Rev. Lett., 18. 1. 1988, S. 169, J. Van House, A. Rich, First Results of a Positron Microscope.

OSIR Mag. Manfred Oswalden, BRG VII, Kandiggasse 39

Wir blättern im Kalender

Betrachten wir, am Beginn eines neuen Jahres stehend, diesen Kalender genauer, dann wird unser Blick vielleicht auch auf eine Reihe von Zahlen und Buchstaben mit merkwürdigen Namen fallen, wie „Sonnenszirkel“, „Goldene Zahl“, „Epakte“ usw. Diese sogenannten Kalendergrößen, die oft übergangen werden, sind für die Zeit- und Festrechnung eines Jahres von grundlegender Bedeutung.

Zeichenerklärung: J = Jahreszahl, (a/b) = ganzzahliger Quotient bei der Division der natürlichen Zahl a durch die natürliche Zahl b. R (a/b) = Rest bei dieser Division. Es gilt: a = b · (a/b) + R (a/b).

Der **Sonnenszirkel** gibt die Stellung eines Jahres im Sonnenzyklus an. Das ist eine Periode von 28 Jahren, nach deren Ablauf die Monatsdaten wieder auf die gleichen Wochentage fallen. Dieses Zusammenfallen tritt im allgemeinen schon früher ein (nach fünf, sechs oder elf Jahren), stets aber nach 28 Jahren. Insbesondere kehrt der 29. Februar erst nach 28 Jahren zum gleichen Wochentag zurück. Nach Ablauf eines Sonnenzyklus ist auch die Stellung des Jahres in der Schaltperiode wieder die gleiche.

So fällt z. B. der 1. Jänner 1989 auf einen Sonntag, daher auch der 1. Jänner 2017. Jedes der beiden Jahre ist jeweils das erste Jahr nach einem Schaltjahr (gleiche Stellung in der Schaltperiode).

Die Berechnung des Sonnenszirkels erfolgt mittels der Formel

$$\text{Sonnenszirkel} = R(J + 8/28) + 1.$$

Beispiel: Sonnenszirkel 1989 = R(1989/28) + 1 = 10.

Das Zusammenfallen von Monatsdatum und Wochentag nach 28 Jahren gilt ohne Einschränkung nur für den Julianischen Kalender (bis 1582). Bei unserem Kalender, dem Gregorianischen Kalender, ist streng darauf zu achten, daß nicht der 28. Februar der Jahre 1700, 1800, 1900, ferner 2100, 2200, 2300 usw. beim Vorrücken um 28 Jahre überschritten wird. In diesen Fällen tritt eine Verschiebung um einen Wochentag zurück ein.

Der **Sonntagsbuchstabe**. Da jedes Gemeinjahr mit seinen 365 Tagen um einen Tag mehr als 52 volle Wochen besitzt, rückt der folgende Jahresanfang gegenüber dem verflossenen um eine Stelle in der Wochentagsreihe vor, bei einem Schaltjahr beträgt die Verschiebung zwei Tage. Aus der Anzahl der Wochentage und der Länge der Schaltperiode ergibt sich so die Länge des Sonnenzyklus: 7 × 4 = 28 Jahre.

Innerhalb eines Jahres läßt sich die Zuordnung zwischen den Monatsdaten und den Wochentagen mit Hilfe eines einzigen Buchstabens, den man Sonntagsbuchstabe nennt, beschreiben.

Jedem Tag des Jahres wird einer der sieben Buchstaben von A bis G zugeordnet. Beim Neujahrstag beginnt man mit A, dem 2. Jänner wird B zugeschrieben, dem 3. Jänner C usw. Der Buchstabe, der auf den ersten Sonntag des Jahres fällt, heißt Sonntagsbuchstabe. Setzt man die Zuordnung fort, indem man immer nach G wieder mit A beginnt, dann erhalten alle Sonntage den gleichen Buchstaben, ebenso alle anderen Wochentage.

Im Jahre 1989 fällt der 1. Jänner auf einen Sonntag, daher ist der Sonntagsbuchstabe 1989 = A. Diesen Buchstaben findet man auch beim 26. März, der also auch auf einen Sonntag fällt (Ostersonntag 1989). Wegen des Vorrückens des Jahresanfangs in der Wochentagsreihe geht umgekehrt der Sonntagsbuchstabe nach einem Gemeinjahr um einen Buchstaben zurück, nach einem Schaltjahr um zwei Buchstaben. Außerdem wurde für die Schaltjahre eine besondere Regelung getroffen. Dem zusätzlichen 29. Februar fällt der Buchstabe D zu, der bereits für den 1. März vergeben wurde. Anstelle einer Änderung

aller Tagesbuchstaben vom 1. März bis zum 31. Dezember wird für diesen Zeitraum dem Schaltjahr ein zweiter Sonntagsbuchstabe zugeordnet, der um einen Buchstaben gegenüber dem ersten Sonntagsbuchstaben des Schaltjahres zurückliegt. So galt im Schaltjahr 1988 (Sonntagsbuchstabe CB) der Buchstabe C für Jänner und Februar, hingegen B für den Rest des Jahres.

Aus der folgenden Tabelle (für 1901 bis 2099) kann der Sonntagsbuchstabe mit Hilfe des Sonnenzirkels entnommen werden.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
FE	D	C	B	AG	F	E	D	CB	A	G	F	ED	C
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
B	A	GF	E	D	C	BA	G	F	E	DC	B	A	G

Beispiel:

Sonnenzirkel 1989 = 10, Sonntagsbuchstabe 1989 = A.
Berechnung des Sonntagsbuchstabens aus der Jahreszahl J:
A = 1, B = 2, C = 3, D = 4, E = 5, F = 6, G = 7
 $r = R(J/100)$, $s = (J/100)$, $a = R(s/4)$

Jul. Sonntagsbuchstabe = $R(s + 2 + 6r + 6(r/4)/7) + 1$
Greg. Sonntagsbuchstabe = $R(2a + 6r + 6(r/4)/7) + 1$

In Schaltjahren ist der nachfolgende Buchstabe vorzusetzen.
Beispiel:

Greg. Sonntagsbuchstabe 1989 = $R(2 \cdot 3 + 6 \cdot 89 + 6 \cdot 22/7) + 1$
 $R(672/7) + 1 = 1 \dots A$.

In unserem Kalender kehren die Sonntagsbuchstabe erst nach 400 Jahren in der gleichen Anordnung wieder.

Die **Goldene Zahl** (Mondzirkel). Zur Berechnung des Osterdatums ist die Kenntnis der Mondphasen erforderlich. Sie werden mit Hilfe der Goldenen Zahl und der Epakte beschrieben.

Der Mond vollführt sein Phasenspiel in einem Zeitraum von 29,53059 Tagen. Da nun 235 solcher synodischer Mondmonate 6939,68865 Tage enthalten und 19 Jahre (zu 365,25 Tagen) 6939,75000 Tage, fallen nach 19 Jahren die Mondphasen auf die gleichen Monatsdaten. Auf diese Weise entsteht ein 19jähriger Zyklus der Mondphasen (Metonscher Zyklus). Die Stellung eines Jahres wird durch die Goldene Zahl angegeben.

Goldene Zahl = $R(J/19) + 1$

Beispiel: Goldene Zahl 1989 = $R(1989/19) + 1 = 14$.

Im Julianischen Kalender sind durch die Goldenen Zahlen alle Mondphasen der betreffenden Jahre festgelegt, insbesondere auch die Daten der Ostervollmonde. (Der früheste Ostervollmond kann am 21. März eintreten, der späteste am 18. April.) Für die Bestimmung des Osterdatums ist neben der Kenntnis der Goldenen Zahl also nur noch die Kenntnis des Sonntagsbuchstabens erforderlich.

Die **Epakte** (Mondzeiger). Im Julianischen Kalender bleibt die Differenz von 235 Mondmonaten und 19 Jahren unberücksichtigt. Die einmal für 19 Jahre festgelegten Mondphasen kehren nach starrem Schema immer wieder. In etwa 300 Jahren macht der Fehler aber bereits einen ganzen Tag aus. Daher bedient man sich in unserem Kalender zur genaueren Beschreibung der Mondphasen der sogenannten Epakte (griech. epagēin = hinzufügen). Man versteht darunter die Anzahl der Tage, die man zum letzten Neumond des Vorjahres hinzufügen muß, um zum Neujahrstag zu gelangen, also das Mondalter am 1. Jänner. Um mit dem Lauf des Mondes in Einklang zu bleiben, werden die Epakten, die wie die Goldenen Zahlen einem 19jährigen Zyklus unterliegen, immer wieder korrigiert: Erhöhung um eine Einheit nach siebenmal 300 Jahren und das achte Mal nach 400 Jahren, gezählt ab dem Jahre 1800, bei dem ebenfalls eine solche Korrektur vorgenommen wurde (Mondgleichung der Epakte). Außerdem ist zu berücksichtigen, daß in unserem Kalender bei den Jahren 1700, 1800, 1900, ferner 2100, 2200, 2300 usw. der Schalttag entfällt. Daher werden mit diesen Jahren die Epakten um eine Einheit vermindert (Sonnengleichung der Epakte).

Diese verhältnismäßig einfache (zyklische) Berechnungsweise des Ostervollmondes steht in guter Übereinstimmung mit dem komplizierten Lauf des Mondes.

Den insgesamt 30 Epakten sind folgende Ostervollmonddaten zugeordnet (M = März, A = April):

Epakte	Ostervollmond	Epakte	Ostervollmond	Epakte	Ostervollmond
0	13A	10	3A	20	24M
1	12A	11	2A	21	23M
2	11A	12	1A	22	22M
3	10A	13	31M	23	21M
4	9A	14	30M	24, 25	18A
5	8A	15	29M	(25), 26	17A
6	7A	16	28M	27	16A
7	6A	17	27M	28	15A
8	5A	18	26M	29	14A
9	4A	19	25M		

(25) bedeutet die „Ausnahmeepakte“ 25, die bei $R(J/19) > 10$ gilt. (Die Ausnahmeepakte ist durch die Tatsache bedingt, daß den 30 Epakten nur 29 Ostervollmonddaten zugeordnet sind.)

Die Epakte kann folgendermaßen aus der Jahreszahl berechnet werden:

G = Goldene Zahl, $s = (J/100)$

Greg. Epakte = $R(11G + 27 + 29s + (s/4) + (8s + 13/25)/30)$

Bsp.: Gregorianische Epakte 1989 = ?

Wegen G = 14 erhält man

$E = R(11 \cdot 14 + 27 + 29 \cdot 19 + 4 + (8 \cdot 19 + 13/25)/30)$

$= R(154 + 27 + 551 + 4 + (165/25)/30)$

$= R(736 + 6/30) = R(742/30)$

$= 22$

Gregorianische Epakte 1989 = 22. Ostervollmond 1989 am 22. März.

Für die Ermittlung des Osterdatums ist wie beim Julianischen Kalender nur noch die Kenntnis des Sonntagsbuchstabens erforderlich. (Bei Schaltjahren ist der zweite Buchstabe zu nehmen.) Die folgende Tabelle gibt zu jeder Epakte und zu jedem Sonntagsbuchstaben das Datum des Ostersonntags an.

A	B	C	D
Epakte	Epakte	Epakte	Epakte
5-11: 9A	4-10: 10A	3-9: 11A	2-8: 12A
12-18: 2A	11-17: 3A	10-16: 4A	9-15: 5A
19-23: 26M	18-23: 27M	17-23: 28M	16-22: 29M
24-27: 23A	24-26: 24A	24-25: 25A	23: 22M
28-4: 16A	27-3: 17A	(25)-2: 18A	24-1: 19A

E	F	G
Epakte	Epakte	Epakte
1-7: 13A	0-6: 14A	6-12: 8A
8-14: 6A	7-13: 7A	13-19: 1A
15-21: 30M	14-20: 31M	20-23: 25M
22-23: 23M	21-23: 24M	24-28: 22A
24-0: 20A	24-29: 21A	29-5: 15A

Bsp.: Für 1989 erhält man in der Spalte A zur Epakte 22 den 26. März als Osterdatum.

Die in den Kalendern angeführte „Julianische Epakte“ gilt nicht für den Julianischen Kalender, sie ist vielmehr eine Hilfsgröße zur einfachen Berechnung der Gregorianischen Epakte.

Julianische Epakte = $R(11G/30)$

G ... Goldene Zahl

Bsp.: Jul. Epakte 1989 = $R(11 \cdot 14/30) = R(154/30) = 4$.

Um die Gregorianische Epakte zu erhalten, hat man die Sonnengleichung und die Mondgleichung der Epakte zu berücksichtigen. Es ergibt sich der folgende Zusammenhang:

Greg. Epakte = R(Jul. Epakte	+ 20/30) für	1582-1699
	+ 19	1700-1899
	+ 18	1900-2199
	+ 17	2200-2299
	+ 16	2300-2399
	+ 17	2400-2499
	+ 16	2500-2599
	+ 15	2600-2899

Bsp.: Greg. Epakte 1989 = $R(4 + 18/30) = 22$.

Die **Festzahl** (Jahrescharakter) gibt an, wieviele Tage der Ostersonntag vom 21. März entfernt liegt (frühestes Osterdatum am 22. März mit Festzahl 1, spätestes Osterdatum am 25. April mit Festzahl 35). Im Jahre 1989 fällt der Ostersonntag auf den 26. März, also gilt Festzahl 1989 = 5.

Berechnung der Festzahl aus der Jahreszahl J mit Hilfe der Gaußschen Osterformel:

$R(J/19) = a$, $R(J/4) = b$, $R(J/7) = c$, $R(19a + M/30) = d$,

$R(2b + 4c + 6d + N) = e$

Julianische Festzahl = $1 + d + e \dots M = 15, N = 6$

Die Julianischen Festzahlen kehren nach 532 Jahren in der gleichen Anordnung wieder, da sich die Julianischen Osterdaten - wegen 19 (Goldene Zahlen) \times 28 (Sonnenzirkel) = 532 - nach diesem Zeitraum wiederholen.

Gregorianische Festzahl = $1 + d + e$

$M = R(15 + s - (s/4) -$

$(8s + 13/25)/30)$

$N = R(4 + s - (s/4)/7)$

Von 1582 bis	1699	beträgt	M = 22, N = 2
	1700		M = 23, N = 3
	1800		M = 23, N = 4
	1900		M = 24, N = 5

Ausnahmefälle: $d = 29, e = 6$ hat Festzahl 29.
 $d = 28, e = 6$ hat Festzahl 28 bei $a > 10$.

(Die Gregorianischen Festzahlen würden erst nach 5 700 000 Jahren in der gleichen Anordnung wiederkehren.)

Da vom Osterdatum alle anderen beweglichen Feste abhängen, charakterisiert die Festzahl gleichsam die ganze Festrechnung eines Jahres, daher auch die Bezeichnung „Jahrescharakter“ für die Festzahl. Durch die Festzahl ist überhaupt der ganze Kalender eines Jahres bestimmt. Es gibt daher 35 (Festzahlen) \times 2 (Gemein- und Schaltjahre) = 70 verschiedene Kalender. Fertigt man diese ein für allemal an, dann hat man (abgesehen von den astronomischen Daten) bereits für jedes Jahr den Kalender.

Die **Römerzinszahl** (Indiktion) steht in keinem Zusammenhang mit den sonstigen Einrichtungen unseres Kalenders. Sie hat eine 15jährige Periode und diente früher (neben der Jahreszahl angegeben) zur Verhütung von Fälschungen in Urkunden. Die Angabe der Indiktion bot für die Zeitbestimmung wegen der verschiedenen Ären oft mehr Sicherheit als die Jahreszahl selbst.

$$\text{Römerzinszahl} = R(J + 2/15) + 1$$

Bsp.: Römerzinszahl 1989 = $R(1991/15) + 1 = 12$.

Der **Jahresregent**. Ordnet man Sonne, Mond und die fünf helleren Planeten nach ihren Umlaufzeiten im Tierkreis, dann erhält man folgende Reihe: 1. Saturn, 2. Jupiter, 3. Mars, 4. Sonne, 5. Venus, 6. Merkur, 7. Mond.

In astrologischer Deutung nahm man an, daß jeder dieser Planeten (weitere waren nicht bekannt) sowie Sonne und Mond jeweils ein Jahr lang „regiere“, wodurch ein siebenjähriger Zyklus entsteht.

$$\text{Jahresregent} = R(J + 2/7) + 1$$

Bsp.: Jahresregent 1989 = $R(1991/7) + 1 = 4 \dots$ Sonne.

Mit dem Jahresregenten wurde früher der Witterungscharakter eines Jahres in unmittelbarem Zusammenhang gebracht. Auch dem Hundertjährigen Kalender des Abtes Knauer – der Name rührt von einer Tafel der Osterdaten für hundert Jahre her – liegt ein siebenjähriger Wetterzyklus zu Grunde.

Der Planetenreihe verdanken die Wochentage ihre Namen. Man nahm an, daß jeder Planet jeweils eine Stunde des Tages regiere. Saturn regiert die erste Stunde des Samstags, Jupiter die zweite, Mars die dritte usw. Auf die erste Stunde des Sonntags entfällt bei zyklusartiger Fortsetzung die Sonne, auf die erste Stunde des Montags der Mond. Der Planet der ersten Stunde gibt dem betreffenden Tag den Namen. Für Dienstag erhält man Mars, für Mittwoch Merkur, für Donnerstag Jupiter und für Freitag Venus. Unsere Wochentagsnamen sind von den entsprechenden germanischen Gottheiten abgeleitet, der Dienstag von Ziu, Donnerstag vom Donnergott Thor und Freitag von Freia, der Gattin Wotans.

Kurznachrichten

Plutonium-Analytik in Umweltproben, schnell und höchst empfindlich – der Laser macht es möglich. Die moderne chemische Analytik ist längst soweit, daß sie im Prinzip „alles in allem“ nachweisen kann, aber die Spurenanalytiker sind trotzdem noch nicht zufrieden. Die heute zur Verfügung stehenden analytischen Methoden sind im untersten Spurenbereich nicht mehr genau genug. Oft sind sie sehr zeitaufwendig, sei es durch umständliche Probenvorbereitung oder durch lange Meßzeiten. Hilfe kam hier vom Laser mit seinem energiereichen, scharf gebündelten Lichtstrahl und seiner streng kohärenten Wellenlänge. Über ein solches Laserverfahren zur Spurenanalytik berichten H. J. Kluge und N. Trautmann in der Zeitschrift „Nachrichten aus Chemie, Technik und Laboratorium“ im Heft 11/88.

Die an der Universität Mainz arbeitenden Wissenschaftler standen vor dem Problem, in Umweltproben geringste Spuren des giftigen Plutoniums nachweisen zu müssen, die aus den Niederschlägen nach den Reaktorunfall in Tschernobyl stammten. Plutonium ist als radioaktives Element anhand seiner Strahlung im Prinzip leicht identifizierbar; die Nachweisgrenze läßt jedoch zu wünschen übrig, und die Meßzeiten liegen bei zweistelligen Stundenzahlen.

In Mainz hat man nun ein analytisches Verfahren, welches Resonanz-Ionisations-Spektroskopie (RIMS) heißt, für die Plutoniumanalytik optimiert. Dabei werden Plutoniumatome aus der zu untersuchenden Probe verdampft. Durch die Energie

von drei Laserkanonen wird in drei Schritten (Energienstufen) ein Elektron aus den Plutoniumatomen entfernt, es entstehen positiv geladene Plutoniumionen, die sich nach dem bekannten Verfahren der Massenspektroskopie nachweisen lassen.

Das Massenspektrometer kann auch die Isotopenzusammensetzung des Plutoniums ermitteln. Aus dieser Zusatzinformation erhält man Auskunft, ob die Plutoniumspuren in der Umwelt aus einem Reaktorunfall oder von Kernwaffentests stammen.

Schwimmende Fernrohre. Wir haben bereits von völlig neuen Herstellungsarten für Teleskopspiegel berichtet, die durch Rotation in zylindrische Behälter eingegossenen Glases entstehen. (Siehe W.N. Nr. 00, S. 000.) Dadurch erhält die allmählich (in viel kürzerer Zeit als sonst) erstarrte Glasoberfläche die Form eines Drehparaboloids. Nun ist wieder ein außergewöhnlicher Bauvorschlag, diesmal in Richtung auf verbesserte Trägerformen, entwickelt worden, der sich in Modellen zu bewähren scheint. Er stammt von der Coast Steel Ltd. in Port Coquitlam in British Columbia.

Ein Großteil der Kosten eines Teleskops ist für die Halterung des massiven Primärspiegels aufzubringen, die seine Ausrichtung nur um weniger als 1" schmälern darf. Sowohl Durchbiegungen wie auch reibungsbedingte deformierende Wärmeströmungen müssen mit peinlicher Genauigkeit kompensiert werden. Der neue Vorschlag sieht den Einbau des Teleskops in einen Stahlwürfel vor, der seinerseits in eine Stahlkugel eingepaßt ist, die in einem großen Behälter auf dessen Wasserfüllung schwimmt. Die Wasserverdrängung würde den Großteil des Gewichtes tragen, die äquatoriale Unterstützung von Kugel und Teleskop müßte nicht besonders stark sein. Es wurde berechnet, daß die erforderlichen Toleranzen für die Kugel geringer als bei den üblichen Montagen und daher billiger sein dürften. Eine 8-m-Halterung alter Art kommt auf 14 Mio. Dollar, während die Schwimmlösung nur mit 5,4 Mio. Dollar zu beziffern ist. Die Firma hofft auf staatliche Unterstützung für den Bau eines kleinen Prototyps sowie auf das Interesse unter den Fernrohrbauern. (Lit.: Scient. Am., Nov. 1987, S. 40, T.H.B., Aequatic Astronomy.)

Supraleiter-Motor. Die Entdeckung von Supraleitern mit den Übergangstemperaturen um 90 K hat nicht nur weltweite Forschungen über die Ursachen der Erscheinung und nach Materialien mit noch höherem T_c ausgelöst, man ist auch bereits dabei, die ersten Ansätze technischer Anwendungen zu entwickeln. Das Hauptproblem in dieser Richtung ist, Drähte und Folien daraus herzustellen. Was die technische Nutzung betrifft, so ist bereits ein kleiner, aber in seiner Bedeutung entscheidender Schritt vollzogen.

Demnächst (die Meldung erreichte uns im Jänner 1988) wird in Boston Fachleuten der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft ein sehr kleiner Elektromotor vorgeführt werden, der durch die Ausnutzung der Eigenschaften des Y-Ba-CuO-Supraleiters (Übergangstemperatur 94 K) arbeitet. Sein „Anker“ macht 50 U/min, die Arbeitsleistung ist positiv, aber er ist noch zu klein, um bereits jetzt ökonomisch, praktisch und kommerziell von Nutzen zu sein. Aber er beweist, daß solche Motoren realisierbar sind.

Die Wirkungsweise beruht auf dem **Meißner-Effekt**, durch den magnetische Feldlinien abgestoßen werden. Auf dem Boden einer kreisförmigen Al-Platte sind 24 kleine Elektromagnete angebracht. Die Platte rotiert über zwei Al-Scheiben, mit dem Supraleiter überzogen. Sobald sich einer der Magnete dem Supraleiter nähert, wird der Elektromagnet mit Strom versorgt und um ihn entsteht ein Feld. Daraufhin reagiert der Supraleiter mit dem Aufbau eines eigenen Magnetfeldes, das der Magnet abstoßt. Bei der Abstoßung des Elektromagneten wird der Strom wieder unterbrochen, ein neuer Schritt gleicher Art kann neuerdings erfolgen usw.

Der Motor entstand am Argonne Lab. Wir werden sehen, wie dieser Durchbruch ausgebaut werden kann. (Lit.: New Scient., 7. 1. 88, The Fruits of Superconductivity.)

Indien baut das größte Radiofernrohr. In Narayangav bei Pune, 200 km östlich von Bombay, errichten ausschließlich indische Fachleute ein ganz großes Radioteleskop um 20 Mio. Dollar, das im Jahre 1992 betriebsbereit sein soll. Die Arbeiten werden bei 38 bis 150 MHz (\pm 7,9 bis 2 cm), bei 325 MHz (\pm 9 mm) und 610 MHz (\pm 0,49 mm) erfolgen. Die Anlage besteht aus e4-Einzelfernrohren von je 45 m Antennendurchmesser, die Y-förmig auf einem Gebiet von 25 km² angeordnet sein werden. (Die VLA in New Mexico hat 34 Teleskope mit 25 m Antennendurchmesser. S. den Artikel Tiefere Blicke ins Weltall in dieser Ausgabe.) Zwecks Material- und Kostenersparnis sind

die Parabolantennen aus Maschendraht hergestellt, wodurch aber der Einsatz für kürzere Wellenlängen unmöglich ist. Das Auflösungsvermögen wird einige Bogensekunden betragen und die Anlage die Eigenschaften der VLA in New Mexico und des Arecibo-Teleskops in sich vereinigen. Die Anlage wird auch ausländischen Astronomen zugänglich sein. (Lit.: St. u. Weltr., Dez. 1987, S. 673, R. Vaas, Indien baut größtes Radioteleskop.)

Fünf ms-Pulsare bekannt. Mit der Entdeckung zweier weiterer Millisekunden-Pulsare, von denen zwei in Kugelsternhaufen liegen, sind uns nun deren fünf bekannt, nämlich PSR 1937 + 21, $P = 1,56$ ms, entdeckt 1982, PSR 1953 + 29, $P = 6,13$ ms, entdeckt 1982, PSR 1855 + 109, $P = 5,36$ ms, entdeckt 1986, PSR 1821 - 24, $P = 3,05$ ms, entdeckt 1987 im Kugelhaufen M 68, Name noch unbek., $P = 11,076$ ms, entdeckt am 16. 10. 1987 im Kugelhaufen M 4. (Lit.: St. u. Weltr., S. 6, D. Johannsmann, Millisekundenpulsar in Kugelhaufen entdeckt.)

Mondrückseite – idealer Empfangsort für kosmische Radiowellen. Die Aufnahme und Analyse der Radiobotschaften von Himmelskörpern wird durch die irdischen Radiosendungen immer schwieriger. Radiosender, Polizei- und militärischer Funk, Flug-, Schiffs- und Wetterdienste und vieles andere produzieren ein Wellenchaos, das – verglichen mit den i. a. viel schwächeren Radiostrahlen aus dem Kosmos – in steigendem Ausmaß die astronomische Forschung stört. Diese Beeinträchtigungen veranlaßten schon im Jahre 1979 Astronomen des Dominion Astrophysics Obs. in Kanada ein verärgertes Schreiben an die Zeitschrift „Science“ zu senden, in dem auf die forschungsbehindernden Einflüsse hingewiesen und um die Unterstützung der wissenschaftlichen Forderungen ersucht wird.

Tatsächlich hat das CCIR (Int. Radio Consultative Comitee) einen Plan entwickelt, wie sich die kosmische Radioforschung von den terrestrischen Störungen befreien könnte. Danach wäre die **Rückseite des Erdmondes** zur geschützten Zone zu erklären, auf der nur passive Radioaktivitäten zugelassen sind, analog den Schutzmaßnahmen für Nationalparks. Ob, wie und wann das realisiert werden könnte, ist im Augenblick nicht abzuschätzen. Die NASA soll Studiengruppen den Vorschlag studieren lassen. Damit beschäftigt sich bereits ein Komitee von Astrophysikern unter der Leitung von Sally Ride. (Lit.: Sky and Tel., Februar 1988, S. 124, T. Kuiper, A Refuge for Radio Astronomy.)

Buchbesprechungen

Werner Timischl, Biomathematik, Eine Einführung für Biologen und Mediziner, Springer Verlag Wien, New York 1988, 199 Seiten, 48 Abb. S 275,-; Hörerpreis: S 220,-; flex. gb.

Die Einführung mathematischer Methoden in Biologie und Medizin erfolgte später als in anderen Wissenschaften. Die Zeitabhängigkeit der Konzentrationen von Medikamenten, Schadstoffen und radioaktiven Einflüssen im menschlichen, tierischen und pflanzlichen Organismus, Prognosen bzgl. Mehrgenerationen, Anteilswandlungen gemischter Populationen und anderes gaben den entscheidenden Anstoß. Nun hat W. Timischl die erforderlichen mathematischen Voraussetzungen, deren Biologen und Ärzte bedürfen, in einem Buchlein dargestellt, das in seiner didaktisch und – was besonders hervorzuheben ist – stilistischen Qualität seinesgleichen zu suchen hat. Jeder Begriff mathematischer wie biologischer Art ist unüberflüssig klar, stets anhand konkreter, durchwegs anwendungsbezogener und numerisch bis ins Einzelste berechnet, oft bildlich unterstützter Beispiele eingeführt. Obwohl die angesprochenen Biologen in den höheren Schulen mathematisch – mit Ausnahme von Differenzrechnungen und Differentialgleichungen – genügend vorgebildet sein müßten, um dem Text mühelos folgen zu können, führt der Autor auch die einfachsten mathematischen Sachverhalte so ausführlich ein, als ob keinerlei Voraussetzungen erfüllt wären. Dem Schülerverständnis sind so die Tore weit geöffnet. Die fachliche Korrektheit geht nirgends verloren und dort, wo einzelne Ableitungen zu verwickelt darzustellen wären, bedient sich der Autor unter Berufung auf den Beweismangel plausibler Erweiterungen, die auf der Hand liegen und den uninformierten Leser trotzdem voll befriedigen. Das gilt besonders für das Einführen der Differenzen- und Differentialquotienten, der Stetigkeit des Hauptsatzes von Differential- und Integralrechnung, der polynomialen, lokalen Approximation von Funktionen und die Einführung der Taylorreihen. Wie das geschieht, darf auch dem Mathematiklehrer als vorbildlich empfohlen werden. Neben dem alle neu eingeführten Begriffe sofort begleitenden Beispiele (oft ergänzt durch Literaturangaben) bildet eine Aufgabenfolge den Abschluß jedes der fünf Kapitel. Die Lösung dieser Übungsaufgaben ist stets numerisch beigefügt. Den Abschluß bildet eine hervorragende klare Einführung in das Programmieren in **BASIC**, die sich höchst vorteilhaft von der Knappheit der von den Computerfirmen mitgelieferten Benützungsanweisungen unterscheidet.

Die fünf Kapitel sind betitelt mit

1. Beobachtungsdaten; 2. Gleichungen; 3. Funktionen; 4. Differenzgleichungen; 5. Differential- und Integralrechnung; Anhang: Programmieren in BASIC.

Es sei nochmals betont, daß auch der Mathematiklehrer dem Buch wertvolle didaktische Anregungen entnehmen und daß die umfangreiche Aufgabendarbietung als beispielhafte Querverbindung der Fächer Biologie und Mathematik benutzt werden kann. Das Buch ist ferner AHS-Schülern der beiden höchsten Klassen sehr zum Studium zu empfehlen.

Der Verfasser, Herr Dozent Dr. Timischl, ist für das beispielhafte Werk wärmstens zu beglückwünschen!

Walter Kranzer

Dieter Czeschlik, Irrtümer in der Wissenschaft, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Tokio 1987, broschiert, 134 S., 49 Abb., DM 29,80.

Das Buch enthält 7 Vorträge, die im Rahmen einer im WS 1985/86 an der Universität Marburg unter dem Titel „Irrtümer der Wissenschaft“ gehalten wurden. Es stehen die Humanmedizin und die Biologie im Vordergrund, so daß den übrigen Naturwissenschaften nur geringer Raum zur Verfügung steht. Die einzige Ausnahme bildet die Ökonomie, über deren Fehlentwicklungen ungemein eingehend berichtet wird. In der Physik hingegen sind lediglich die N-Strahlen erwähnt, die Irrtümer des Ptolemäus werden übergangen.

Die Darstellungen im Buch sind sehr klar, doch werden bei den Lesern sehr eingehende Kenntnisse medizinischer und biologischer Art vorausgesetzt, ähnliches gilt z. T. auch hinsichtlich der Ökonomie. Die Kapitel lauten:

1. Wie und warum entstehen Irrtümer? Angeführt sind alle Ursachen von Fehlentwicklungen wie das Verharren auf unbewiesenen eigenen Ansichten und fehlerhaften Interpretationen bis zu bewußten Fälschungen, um die eigene These damit zu stützen (Vitalismus, Zitate aus der Naturphilosophie, die Entwicklung der Kolloidchemie und der Makromoleküle).
2. Die Macht der Fälschung. Gegenstand des Abschnittes sind die Lichthypothesen von Newton bis Huygens, der verderbliche Einfluß Lyssenkos auf die sowjetische Biologie, N- und Erdstrahlen. Abwehrproteinasen erfahren andererseits gründliche Besprechung mit schlüssigen Hinweisen auf die dabei aufgetretenen Fehler.
3. Das Gehirn als hormonbildendes Organ – Durchbruch und Irrwege der Konzepte. Zuerst wird über Betrug und Selbstbetrug des Forschers, aber auch von seinen Fähigkeiten gesprochen. Die Wege der Auxinforschung werden dargestellt, vor allem der Gegensatz in den Auffassungen von Scherrer und Bergmann einerseits und von Colten und Scholz andererseits. Die klassische Gliederung des autonomen Nervensystems in Sympathikus und Parasympathikus war zu eng, zwei Jahre gab es erbitterte Kämpfe gegen das Konzept der sekretorischen Nervenzelle, das bedeutende Forscher ablehnten.
4. Die Wahrheit der Irrtümer. Zur Philosophie des Irrtums werden Augustinus, Descartes, Kant, Schiller, Fichte, Hegel und Wittgenstein zitiert. Dann kommt die Sprache auf die ideologischen Wurzeln von Irrtum und Richtigkeit. In den philosophischen Texten werden Bezüge auf Gedichte von Mörike u. a. hergestellt. Am Schluß werden die Antworten von Bolzano u. a. auf die Frage „Was ist Philosophie?“ und ein kritisches Urteil über die Redeweise von den zwei Kulturen gegeben.
5. Prognosen und Fehlprognosen in der Ökonomie. Nach dem 2. Weltkrieg schien man das Konjunkturgeschehen im Griff zu haben, kurz-, mittel- und langfristige abgeben zu können. Das alles wird sehr gründlich anhand vieler konkreter Beispiele vorgebracht. Auch Prognosen für Börsen- und Wechselkurse sind eingeschlossen.
6. Irrtümer bei der Suche nach neuen Arzneimitteln. Die Beschreibung beginnt mit der Schilderung des zunächst völlig vergeblichen Kampfes gegen die Syphilis – auch Erasmus von Rotterdam und Ulrich Hutten waren Opfer dieser Seuche. Dann werden die Bemühungen von P. Ehrlich und von Wagner-Jauregg hervorgehoben, ebenso geht das Buch auf die Erfolge der Sulfonamide und des Penicillins ein. Natürlich sind die zahlreichen Versuchsenttäuschungen auseinandergesetzt, und zwar bis zurück in die Antike. Ohne Irrtümer gibt es keinen Fortschritt!
7. Ursachen großer und kleiner Irrtümer über die Funktion der Niere. Ausgehend von den antiken Vorstellungen über die Nierenfunktion und den z. T. modernen Auffassungen Galéns – illustriert durch etliche sehr informative Skizzen –, wird der entscheidende Beitrag des Mikroskops zur Aufklärung der verschiedenen Beziehungen und Wechselwirkungen aufgewiesen. Die Schilderung der begangenen Fehler lehrt, daß auch Irrtümer das Fortschreiten zu höheren „Wahrheiten“ durchaus fördern können.

Walter Kranzer

WIRTSCHAFTS- UND SOZIALGEOGRAPHIE WIRTSCHAFTSINFORMATIONEN

Prof. W. Sitte

Karl Socher

Die Argumente gegen einen EG-Vollbeitritt

Die Argumente gegen eine Vollmitgliedschaft Österreichs lassen sich in drei Bereichen finden: in den außen- und innenpolitischen, den ordnungspolitischen und den ökonomischen Bereichen. Eine Entscheidung für den Beitritt müßte die gesamten gegenwärtigen und zukünftigen Vor- und Nachteile in allen drei Bereichen berücksichtigen und gegeneinander abwägen. Die bisherigen Veröffentlichungen konzentrieren sich meist auf außenpolitische oder ökonomische Aspekte und lassen andere Gesichtspunkte außer acht. Sie kommen im allgemeinen zu einem positiven Saldo für einen Beitritt (Hummer – Schweitzer, 1987; Wifo-Gutachten 1988; Breuss – Stankovskiy, 1988; Seidel, 1987).

Außen- und Innenpolitik

Hier ist die früher vorherrschende Meinung der Völkerrechtler, die sich auch an der Schweizer Meinung orientieren, daß Österreich aus Neutralitätsgründen nicht EG-Mitglied werden könne, durch die Arbeit des Innsbrucker Völkerrechtlers Hummer (zusammen mit dem Passauer Schweitzer) erschüttert worden. Sie zeigen, daß sich mit einem Neutralitätsvorbehalt oder interpretativen Erklärungen ein Beitritt mit der Neutralität vereinbaren ließe, wobei die Stellung der EG zu diesem Vorbehalt oder zu dieser Erklärung offen ist.

Die Bedenken, daß der Beitritt Österreichs den Artikel 4 des Staatsvertrages verletzt und damit Interventionen der Signatarmächte (Sowjetunion, USA; wohl kaum der EG-Länder England oder Frankreich) heraufbeschwört sind trotz der faktischen Annäherung der Sowjetunion an die EG und einzelner, unverbindlicher Äußerungen von russischen Diplomaten nicht ganz zu zerstreuen. Der Artikel 4 verbietet nicht nur eine politische oder wirtschaftliche Vereinigung mit Deutschland, sondern auch Vereinbarungen, die eine solche Vereinigung fördern oder die Unabhängigkeit Österreichs beeinträchtigen. Es wäre denkbar, daß die Sowjetunion derzeit an einem Beitritt Österreichs interessiert sein könnte, weil ein Land, das aus seiner eigenen Willen erklärte Neutralität heraus den der EG-Gründung zugrundeliegenden Gedanken der politischen Integration ablehnt, diesen politischen Integrationsprozeß behindern muß.

Für eine harte Linie, die einmal sehr rasch nach der Gorbatschow-Ära anbrechen könnte, wären diese Bestimmungen eine Grundlage für unangenehme außenpolitische Pressionen. Theoretisch könnte sogar von den USA ein Hinweis auf diesen Artikel erfolgen. Diese Argumente werden von sowjetischer Seite um so eher kommen, als mit immer weitergehender Integration der der EG-Gründung zugrundeliegende ursprüngliche Gedanke der politischen Integration durch wirtschaftliche Integration wieder offener zutage treten wird. Schon jetzt wird von den EG-Ländern auf die sicherheits- und verteidigungspolitischen Konsequenzen einer gemeinsamen Außenwirtschaftspolitik hingewiesen. Je mehr Österreich von vornherein seine Ablehnung einer politischen Union äußert, desto sicherer wird die Ablehnung des Beitritts durch die EG.

Außenpolitisch wird Österreich auch während der ganzen Zeit der Verhandlung um einen Vollbeitritt von jedem EG-Land erpreßbar. Wenn man bedenkt, daß die Verhandlung des Freihandelsabkommens von 1972 mehr als zehn Jahre gebraucht hat, wird man für die Beitrittsverhandlungen ebenfalls zehn

Jahre als Mindestmaß ansetzen können. Gerade in Tirol sollten wir uns daran erinnern, daß Italien 1962 die österreichischen Integrationsverhandlungen mit einem Veto blockierte, weil es Österreich wegen der Südtiroler Ereignisse unter Druck setzen wollte. Etwas Ähnliches ist auch in Zukunft zu erwarten. Sicher ist gerade für Tirol auf die Dauer die Teilung des Landes untragbar, die dadurch noch verschärft wird, daß der nördliche und östliche Landesteil der EFTA, der südliche der EG angehört, aber dieses Problem der Teilung läßt sich auch durch den EG-Beitritt von Österreich letztlich nicht lösen, sondern bleibt danach noch bestehen.

Für Wien ergibt sich bei einem Vollbeitritt die Beeinträchtigung seiner Funktion als UNO-City. Für alle Bundesländer werden Länderrechte verlorengehen und der föderalistische Aufbau der Bundesrepublik weiter verringert werden. Die Elemente der direkten Demokratie werden ebenfalls abgebaut werden müssen. Ein kleines Land mit speziellen, eigenen Interessen (Bergbauern, Transitverkehr), Eigenrechten der Länder (Bodenrecht, Umwelt, Bau usw.), Mitbestimmung der Sozialpartner in der Wirtschaftspolitik usw. wird seine Eigenheiten verlieren. Auch wenn man über zu große Rechte der Länder oder die Einschränkung der Marktwirtschaft durch die Sozialpartner verschiedener Meinung sein kann, so ist doch die Mehrheit der Bevölkerung dafür. Der Föderalismus stärkt die Demokratie durch die größere Verantwortung der Entscheidungsträger, die Sozialpartnerschaft fördert den Grundkonsens, der für die Erhaltung der Demokratie notwendig ist.

Ordnungspolitische Argumente

Der große Vorteil eines Beitritts kann aus liberaler Sicht in dem Zwang zu einer liberaleren Wirtschaftspolitik gesehen werden. Während die liberale Schweiz diesen Zwang nicht braucht, ist er für Österreich notwendig. Dagegen muß allerdings eine Reihe von Zweifeln angemeldet werden:

Der Zwang zu einer liberaleren Politik wird auch ohne Beitritt im eigenen Interesse immer stärker. Es ist unbestritten, daß sich Österreich einer Deregulierung, Liberalisierung, Privatisierung und einem Subventionsabbau auch dann nicht entziehen kann, wenn es keinen Beitritt vollzieht. Es wird dann, so wie die Schweiz schon heute, auf einzelnen Gebieten auch Abkommen mit der EG abschließen oder eventuell auch autonom die EG-Regeln übernehmen. Der Abbau der Subventionen an die verstaatlichten Unternehmen sollte auch vor 1992 schon vollzogen sein. Wenn wir uns für eine liberale Politik auf den Zwang von außen stützen müssen, erklären wir uns eigentlich selbst für unmündig. Zum Teil würden österreichische Regulierungen nur durch EG-Regulierungen ersetzt werden.

Österreich könnte umgekehrt eine Reihe von hemmenden Regulierungen oder Eingriffen in die Wirtschaftspolitik, die die EG vornimmt, nicht übernehmen oder vernünftige, notwendige Eingriffe früher als die EG vornehmen. Ein Beispiel ist die Regulierung am Agrarmarkt, deren Übernahme sicherlich falsch wäre, weil sich die zukünftige marktwirtschaftliche Agrarpolitik in den Vorschlägen von Präsident Reagan, die Agrarpreisstützung in Direktinkommenstransfers an die Bauern umzugestalten, schon jetzt in Österreich schrittweise verwirklichen ließe, während die EG noch lange dafür brauchen wird. Ein Beispiel für eine frühere Übernahme ist die Einführung der amerikanischen Autoabgasvorschriften durch Österreich, während die EG-Länder nachhinken. Auch die Lebensmittelvorschriften sind z. B. in Österreich schon strenger als in den EG-Ländern.

Eine liberalere Politik nach innen könnte durch protektionistische Maßnahmen auch außen abgeschirmt werden, die letztlich einem kleinen Land mehr schaden als einem großen, das heißt, selbst als Vollmitglied kann Österreich unter Umständen schlechter dran sein, als wenn es in einem freien Handelsge-

biet außerhalb bliebe. Durch die Zollunion bzw. die Protektion nach außen kommt es zu Trade-diverting-Effekten, so etwa würden österreichische Handelsströme in die und aus der Schweiz, die USA und Japan behindert und in die EG umgelenkt, obwohl bei Freihandel dieser Austausch günstiger wäre. Diskriminiert z. B. die EG gegen japanische Autos, so würde Österreich als Land ohne Autoproduktion geschädigt. Voraussetzung für den Vorteil eines Nichtbeitritts bleibt allerdings eine liberale Handelspolitik der Nicht-EG-Länder, insbesondere der USA und Japans. Eine Bildung von vier Welthandelsblöcken (EG, US, Comecon, Ostasien) sollte aber als nichtoptimale Lösung nur befürchtet, aber nicht durch den Beitritt zur EG unterstützt werden. Der Osthandel Österreichs inklusive seiner Transitfunktion würde an Bedeutung noch mehr verlieren. Derzeit hat Österreich im Durchschnitt gegenüber dem Osten einen freieren Handel als die EG. Bei einem Vollbeitritt ist es nicht sicher, ob Wien noch Standortvorteile für den Osthandel bieten kann.

Damit ist eine weitere Bedingung verbunden, die nämlich das GATT weiterhin für einen weltweiten Freihandel, nicht nur in bezug auf Zölle, sondern auch die nichttarifären Handelshemmnisse und die Dienstleistung sorgt. Die Einbeziehung der Dienstleistungen in das GATT ist gerade von den USA durchgesetzt worden und macht ebenfalls einen EG-Beitritt Österreichs weniger notwendig. Auch die von den USA vorgeschlagene Aufnahme der UdSSR in das GATT würde sich sehr vorteilhaft für Österreich auswirken.

Die EFTA wird sicherlich (wie auf der Brüsseler Minister-tagung im Februar 1988 festgestellt wurde) auf mehreren Gebieten Erleichterungen mit der EG multilateral aushandeln: Vereinfachung der Ursprungszertifikate, Auftragswesen der öffentlichen Hand, Produkthaftung, landwirtschaftliche Subvention im Verarbeitungsbereich, indirekte Steuern usw. Eine Gefährdung von Österreich aus zu empfehlende Ausgestaltung der EFTA zu einer Zollunion mit der EG wäre ein weiterer Schritt, der Diskriminierungen im Handelsbereich verringern würde.

Viele Bereiche von Handels-, Dienstleistungs- und Kapitalhemmnissen lassen sich im Rahmen europaweiter, OECD- oder weltweiter Abkommen verringern, wie z. B. technische Normen, die als nichttarifäre Handelshemmnisse wirken, in dem Komitee Europäischer Normen (CEN) oder Dienstleistungs- und Kapitalverkehrshindernisse im Rahmen der OECD, Forschungsprogramme wie Eureka usw., bei denen Österreich überall schon Mitglied ist. Dieser Weg europaweiter Abkommen sollte verstärkt eingeschlagen werden.

Die Zentralisierungs- und Regulierungstendenzen in der EG beeinträchtigen die Unabhängigkeit Österreichs, die föderalistische Struktur und die Sozialpartnerschaft. Wenn die EG nur zu mehr Markt und weniger Staat führen würde, wäre dies keine Gefahr; tatsächlich tendiert aber eine pluralistische Demokratie ohne einen Grundkonsens über die Begrenzung des Staates zu immer mehr Eingriffen: Die Landwirtschaft und der Stahlbereich in der EG sind abschreckende Beispiele.

Der ökonomische Bereich

Hier muß zwischen dem größeren Markt für Waren, Dienstleistungen und Kapital sowie dem freien Markt für Arbeitskräfte, Niederlassungen von Unternehmen und Boden unterschieden werden. Der freie Handel mit Waren, Dienstleistungen und Kapital bringt einem Land auf jeden Fall auf Dauer Gewinne.

Für den Außenhandel gilt heute, daß die statischen Integrationseffekte durch das Assoziationsabkommen von 1972 weitgehend schon erschöpft sind. Durch die Übernahme der EG-Außenzölle, die niedriger sind als die österreichischen, entsteht ein kleiner negativer Effekt. Ein positiver Effekt durch den Beitritt selbst stellt sich dann ein, wenn der Abbau von bisherigen nichttarifären Handelshemmnissen gegenüber den EG-Ländern im selben Ausmaß wie innerhalb der EG-Länder erfolgt. Österreich als kleines Land kann dadurch mehr gewinnen als große EG-Länder. Es sind vor allem die dynamischen Effekte von größeren Märkten, die Wohlstandvermehrung wirken können. Soweit es möglich ist, könnten die Effekte auch durch europaweite oder internationale Abkommen erzielt werden. Ebenso könnte der Effekt einer Wettbewerbsverstärkung, der sich für die Konsumenten vorteilhaft auswirkt, durch Förderung des Wettbewerbes auch ohne Beitritt zur EG zumindest teilweise autonom erzielt werden. Ein positiver Effekt kann durch zukünftige Vermeidung protektionistischer Maßnahmen der EG entstehen, und auch das nur unter der Voraussetzung, daß andere Blöcke (US, Japan, Comecon) ebenfalls protektionistische Maßnahmen ergreifen. Dagegen wären auch die Trade-diverting-Effekte anzuführen.

Bei den Dienstleistungen ist der für Österreich wichtige Fremdenverkehr praktisch vollkommen integriert. Ein Vollbei-

tritt könnte nur die Senkung von Verbrauchssteuern beschleunigen, was aber auch ohne Beitritt schon vorher erfolgen kann. Der ermäßigte Mehrwertsteuersatz für Beherbergung müßte allerdings auf den vollen EG-Satz (derzeit 20 Prozent) erhöht werden, so daß per saldo keine Steuerentlastung entsteht.

Österreich hätte die Chance, ein Finanzplatz so wie die Schweiz zu werden. Das Bankgeheimnis ist besser als in der Schweiz, bei Aufhebung der Devisenkontrollen – die auch ohne Beitritt erfolgen muß und kann – würde sich eine rasche Entwicklung ergeben. Innerhalb der EG wäre Österreich gezwungen, die Anonymität abzuschaffen, das Bankgeheimnis den EG-Vorschriften anzupassen und die Quellensteuervorschriften der EG zu übernehmen. Die Angleichung der Bankaufsichtsregeln des KWG (die von den BIZ-Ländern und nicht der EG ausgehen) erfolgt schon jetzt. Eine Verstärkung des Wettbewerbes wäre zuerst durch Abschaffung der Habenzinskartelle und der Bedarfsprüfung in Österreich selbst durchzusetzen, ohne ihn durch das freie Zulassen ausländischer Banken zu erzwingen.

Die Liberalisierung z. B. bei der Inländerschutzklausel bei öffentlichen Aufträgen, Aufbrechung von Monopolen, wie das Tabakmonopol, wird sowieso notwendig sein. Auch das Kartellrecht wird noch stärker als bisher dem europäischen angepaßt werden müssen. Ein allgemeines Verbot von Subventionen wird auch im Inland die Wettbewerbsverzerrungen verringern.

Wenn es zu einem Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) kommt, innerhalb dessen Österreich nur im Arbeitskräfteverkehr etwas mehr diskriminiert ist, so müßte dies ökonomisch kein Nachteil sein. Ein freizügiger Außenhandel (ohne Freizügigkeit von Kapital und Arbeit) kann für ein einzelnes Land sogar gegenüber der vollen Freizügigkeit Vorteile bringen: So hätte die USA, wenn sie nicht Anfang dieses Jahrhunderts die Freizügigkeit der Einwanderung beschränkt hätte, einen solchen Zustrom (billiger) Arbeitskräfte (vor allem aus China) gehabt, daß das Einkommen nicht so stark hätte steigen können wie mit der starken Kapitalinvestition und Rationalisierung. Das Heckscher-Ohlin-Theorem zeigt die Tendenz zu einer Angleichung der Faktorpreise durch internationalen Handel auch bei Unbeweglichkeit der Produktionsfaktoren, ohne daß es sofort zu Gleichschaltung der Faktorpreise durch Faktorwanderungen kommen muß.

Die Gefahr des Einstroms lohndrückender Arbeitskräfte, vor allem aus der Türkei, trifft die reichen EG-Länder noch stärker, so daß hier wohl Maßnahmen gegen diesen Einstrom getroffen werden. Vor allem für die Schweiz würde sich ein solcher Zustrom einkommensverringend auswirken, die sicherlich ihre Beschränkungen gegen den Zustrom von Gastarbeitern aufrecht erhält und damit auch gegen Österreicher diskriminieren würde. Ohne Beitritt würde dagegen beim Abwandern hochqualifizierter Arbeitskräfte kaum eine größere Behinderung als jetzt auftreten. Für die Abwanderung in Außer-EG-Länder, wie die USA, wäre ein Beitritt ebenfalls nicht nützlich. In manchen Bereichen, wie Fremdenverkehr und Studenten, ist kaum mit einer protektionistischen Haltung der EG zu rechnen. Für die Zuwanderung und das Studium von Südtirolern ließen sich die jetzigen Begünstigungen durch Österreich in der EG kaum aufrecht erhalten. Die Angleichung der Ausbildungsbedingungen und der Diplome usw. ist auch ohne Beitritt notwendig und möglich.

Eine größere Freizügigkeit in der Zulassung zum Markt ist jedenfalls in Österreich notwendig. Gerade hier läßt sich aber das „infant industry“-Argument anführen: Bei einer Lockerung der Zulassung würden ausländische Wettbewerber bevorzugt, weil es in Österreich noch nicht ausreichend Unternehmer in den liberalisierten Branchen gibt. So würden ausländische Handelsketten, Industrie- und Fremdenverkehrsbetriebe einen Vorteil erlangen. Bei vielen Berufen wäre zuerst der Marktzutritt in Österreich für Österreicher selbst zu liberalisieren (z. B. Ärzte, Krankenhäuser, Apotheken, Fremdenführer, Skilehrer, Rauchfangkehrer, Leichenbestatter usw.), bevor EG-Freiberufler nach Österreich einwandern, die einen Vorteil hätten, weil im Ausland häufig kürzere Zeiten für den Befähigungsnachweis genügen und keine Bedarfsprüfung erfolgt.

Für Banken und Versicherungen sind zumindest bisher keine protektionistischen Maßnahmen der EG sichtbar. Österreichische Bankenzulassungen in einem EG-Land dürfen z. B. in einem anderen EG-Land Filialen gründen. Bei protektionistischen Maßnahmen auf dem Banken- und Versicherungsgebiet würde Österreich bei einem Beitritt gegenüber der Schweiz diskriminieren müssen; dabei wäre es wohl besser, gemeinsam mit der Schweiz zu gehen. Die Gründung ausländischer Filialen und Töchter sowie Beteiligungen an Banken sind derzeit durch die Devisenkontrolle der Nationalbank beschränkt und nicht durch ausländische Regelungen.

Auf anderen Gebieten ergeben sich zum Teil durch einen EG-Beitritt keine Vorteile, zum Teil Nachteile: Der Schilling ist schon jetzt dem EWS-System, das eigentlich ein DM-Block ist, viel mehr angenähert als mehrere andere EG-Währungen. Österreich kann die Hartwährungspolitik sogar besser weiterführen, als wenn es in Zukunft – so wie die Deutsche Bundesbank schon heute – unter französischem Druck zu einer weichen Politik und zu Interventionskäufen gezwungen würde. Auch der Schweizer Franken wird sicher selbständig (und hart) bleiben. Kürzlich wurden die Nicht-EG-Länder sogar zum Beitritt ins EWS eingeladen. Der Ecu könnte in Österreich neben dem Schilling verwendet werden, wobei er sich dann durchsetzen würde, wenn er stabiler als der Schilling wäre, was noch nicht sicher erscheint.

Für Tirol würde ein schwerwiegendes Problem entstehen. Der Transitverkehr durch Tirol könnte nicht mehr beschränkt werden. Schon heute wird ein Beitrittsansuchen die Forderung auf freien Transit hervorrufen und Österreich erpreßbar machen, denn auf die Dauer ist bei Vollmitgliedschaft keine Möglichkeit der Beschränkung durch Nachtfahrverbot, Mautregelungen, Tonnagebegrenzung usw. gegeben.

Für den Fremdenverkehr würde die Niederlassungsfreiheit zusammen mit der Freizügigkeit der Arbeitskräfte und dem freien Bodenerwerb Nachteile bringen. Durch Betriebsgründungen ausländischer Unternehmer, die mit ausländischen Arbeitskräften arbeiten, würde die Identität und die Eigenart des Landes, die gerade die Attraktivität ausmacht, verringert. Durch die Freigabe des Bodenerwerbes, die zwar im Moment noch nicht vorgenommen werden müßte, aber untrennbar mit der Niederlassungsfreiheit verbunden ist, würde entweder eine weitere Verbauung von Fremdenverkehrslandschaften mit Zweitwohnungen, Apartmenthäusern usw. erfolgen oder – wenn dies durch Flächenwidmungsvorschriften verhindert wird – die Bodenpreise so hinauftreiben, daß Inländer keinen Grund mehr erwerben können.

Wie lange sich in einer politischen Gemeinschaft Sonderregelungen etwa für Bergbauern aufrecht erhalten lassen können, ist fraglich. Das Tiroler Höfegesetz, das den bäuerlichen Familienbetrieb schützt, wird ebenfalls kaum mit der Niederlassungsfreiheit vereinbar sein.

Finanziell ist zu erwarten, daß Österreich als über dem EG-Durchschnittseinkommen liegendes Land einen Nettobeitrag leisten muß. Die Anpassung des Steuersystems an die EG-Richtlinien kann auch ohne Beitritt erfolgen. Beim Übergang zum Ursprungsprinzip entsteht ein Steuerfall in Höhe des Mehrwertsteuersatzes auf das Handelsbilanzdefizit, der derzeit Subventionscharakter hat und eine Konkurrenzverschlechterung, die eine Abwertung des Schillings erfordern könnte. Das vorgesehene Clearingsystem für den Übergang könnte diese Probleme mildern. Steuerausfälle entstehen auch durch die Abschaffung der Luxussteuer und Gewerbesteuer, die aber auch ohne EG-Beitritt abgeschafft werden sollten, allerdings eine Erhöhung der Einkommenssteuer notwendig machen werden, wenn nicht endlich mit dem Abbau von Staatsaufgaben und -ausgaben im Budget begonnen wird.

Abwägung

- Der gemeinsame Markt wird fast mit Sicherheit nicht schon 1992 in Kraft treten.
- Der Vorteil, bei einem Beitritt mitzuentcheiden, ist für ein kleines Land sehr gering, vor allem wenn die wichtigen Entscheidungen schon vor dem möglichen Beitrittstermin gefallen sind.
- Eine liberale Politik kann auch ohne Beitritt betrieben werden. Vor allem mit einer liberalen Ordnungspolitik und konsequenter Privatisierung könnte der Wachstumsvorsprung, den Österreich bis zum Debakel in der verstaatlichten Industrie gegenüber den meisten EG-Staaten besaß, wieder erreicht werden.
- Wenn Nicht-EG-Märkte für Waren und Dienstleistungen offen bleiben, was mit Hilfe der USA und des GATT gelingen müßte, werden die dynamischen Märkte außerhalb der EG sein. Denn: Wenn die EG protektionistisch nach außen wird, wird sie auch nach innen erstarren und wenig dynamisch sein. Dann wäre es für Österreich besser, nicht beizutreten. Wenn die EG dagegen nach außen und innen nicht protektionistisch ist, besteht keine Notwendigkeit, beizutreten.
- Der frühere Bundeskanzler Klaus sagte einmal zur Beitrittsfrage (als die Neutralität noch als ein Hindernis angesehen wurde): „Lieber arm, aber neutral.“ Heute könnte man diese Worte abwandeln: „Lieber arm, aber frei und neutral“, wobei die Armut durch eine eigenständige, liberale Wirtschaftspolitik überwunden werden kann. Der Schweizer Minister Kellenberger sagte einmal, daß man als Nicht-EG-

Land nicht den aufrechten Gang verlieren dürfe und mit einer aktiven und imaginativen Integrationspolitik gegen eine „Satellisierung“ kämpfen müsse.

Derzeit ist eine Mehrheit der Bevölkerung für den Beitritt. (Wenn auch vielleicht nicht die Mehrheit, die für eine Totalrevision der Verfassung – wie sie der Beitritt sehr wahrscheinlich erfordert – notwendig ist.) Die Wirkungen sind aber zu wenig bekannt. Passen wir auf, daß es nicht wie 1938 läuft, wo ebenfalls ein bedeutender Teil der Bevölkerung für den Anschluß war, aber schon wenige Monate später die bittere Realität erlebte. Dann ist es aber zu spät, etwa durch die Volksabstimmung oder ein Volksreferendum wieder auszutreten.

Weil eine Abwägung der erwarteten Vor- und Nachteile wegen der unabsehbaren Entwicklungen nicht möglich ist, wäre die beste Strategie, sich zwar die Option einer Mitgliedschaft offen zu halten, aber im Inneren durch eine verfassungsrechtliche Festlegung alle jene EG-Regelungen, die längerfristig von Vorteil sind, schon jetzt zu übernehmen. Als zweitbeste Lösung wäre auch ein Beitrittsansuchen in Erwägung zu ziehen, um in konkreten Verhandlungen die Bedingungen für einen Beitritt zu erkunden. Ohne das Beitrittsansuchen sind die Vor- und Nachteile eines Beitrittes nicht herauszufinden. Aber das sollte keineswegs daran hindern, schon vor und während der lang dauernden Verhandlungen durch autonomen Nachvollzug, bilateralen Verhandlungen mit der EG (auch gemeinsam mit der Schweiz), Verhandlungen im Rahmen der EFTA und europäischer sowie weltweiter Abkommen so viele „Freiheiten“ wie möglich zu übernehmen, so daß schließlich auch ein Nichtbeitritt keine großen Nachteile bringen würde. Die schlechteste Lösung wäre ein Ansuchen, das mit allen Mitteln unter Inkaufnahme aller schwerwiegenden Nachteile den raschen Abschluß anstrebt und dabei die vielfältigen Möglichkeiten des frühzeitigen Nachvollzugs multilateraler und bilateraler Verhandlungen auf europäischer und weltweiter Ebene vernachlässigt.

LITERATUR:

- Bruss, F. – Handler, H. – Stankovsky, J.: *Österreichs Optionen einer EG-Annäherung und ihre Folgen* (Gutachten des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung Wifo-Gutachten), 1988.
- Bruss, F. – Stankovsky, J.: *Institut für Angewandte Sozial- und Wirtschaftsforschung (Hrsg.), Österreich und der Binnenmarkt*, 1988.
- Hummer, W. – Schweizer, M.: *Österreich und die EWG* (Gutachten für die Vereinigung österreichischer Industrieller), 1987.
- Seidel, H.: *Österreich und die europäische Integration*, in: „Aus erster Hand“ der Ersten Österreichischen Spar-Casse Bank, 3/87.

Der Aufsatz von Univ.-Prof. Dr. Karl Socher, Institut für Wirtschaftstheorie und Wirtschaftspolitik der Universität Innsbruck, wurde zuerst in der Zeitschrift „WIRTSCHAFTSPOLITISCHE BLÄTTER“, 35, 1988, H. 3 (Hrsg.: Bundeskammer der gewerblichen Wirtschaft), veröffentlicht.

Vgl. zur EG-Problematik auch GW-UNTERRICHT Nr. 31 und 32 sowie „WISS. NACHR.“

Peter Cerwenka

Der Alpen transit und sein verkehrspolitisches Umfeld*)

*) Vortrag vor dem Verkehrsausschuß der Industrie- und Handelskammer für München und Oberbayern am 11. Februar 1988 in München.

1. Einleitung und Gliederung

In der öffentlichen Meinung der Alpenländer nimmt der *alpenquerende Straßengütertransit* eine zunehmend dominierende Rolle ein. Diese Rolle ist ziemlich eindeutig die eines „Buhmanns“ oder „Prügelknaben“. Es ist daher verständlich, daß dieser „Prügelknabe“ seine Rolle überdenkt und als ersten Schritt hierzu die gegen ihn vorgebrachten Argumente auf Stichhaltigkeit und die darauf basierenden Forderungen auf ihre Wirksamkeit hin überprüft bzw. von einer neutralen Instanz überprüfen läßt. Einige dieser in den letzten Jahren stets wiederkehrenden Forderungen lauten etwa:

„Gütertransit gehört auf die Bahn.“

„Gütertransit soll im Korridor kanalisiert werden.“

„Gütertransit ist als kombinierter Verkehr durchzuführen.“

Schon hier stellt sich die Frage, warum derartige Forderungen gerade an den Gütertransit gestellt werden, nicht aber an Personenstransit oder Güter- und Personen-Binnenfernverkehr.

Zu diesem Fragenkomplex hat die PROGNOSE AG, Basel, für die „International Road Transport Union“, Genf, die erwähnte Überprüfung durchgeführt. Diese Untersuchung liegt nun vor, und ein Anliegen der folgenden Ausführungen ist es, daraus einige wichtige Resultate vorzustellen.

Da diese Untersuchung aber nur die bestehende Situation prüft und keinerlei prognostische Elemente enthält, soll in einem zweiten Teil ein kurzer Ausblick auf die wahrscheinliche nachfrageseitige Entwicklung des transalpinen Güterverkehrs und ihre Ursachen gegeben und anschließend versucht werden, durch Einbeziehung von sich in der Verkehrspolitik andeutenden Entwicklungen die angebotsseitige Bewältigung dieser Nachfrage zu erörtern. Doch dieser letzte Punkt ist eher als eine Art „Gedankenspielerei“ anzusehen, denn als eine fundierbare Prognose.

2. Analyse des alpenquerenden Straßentransits oder: ein Feindbild stürzt

Hier werden, wie schon angekündigt, einige zentrale Ergebnisse aus der genannten, kürzlich abgeschlossenen Studie¹⁾ vorgestellt. Es ist in diesem Rahmen nicht möglich, auf methodische Fragen und Datenprobleme einzugehen; der interessierte Leser findet sie im allgemein zugänglichen Untersuchungsbericht. Zunächst seien zwei Ergebnistabellen vorgestellt und interpretiert.

Tabelle 1 zeigt für die Alpenländer Österreich und Schweiz sowie für einige wichtige Länder, die in den Alpenländern Straßengütertransit verursachen, deren gesamte auf ihrem Territorium im Jahr 1983 erbrachte Straßenfahrleistung von Pkw, Bussen und Güterkraftfahrzeugen (GKFZ), und zwar umgerechnet in Pkw-Einheiten-km, sowie die auf jedem der genannten Territorien 1983 im Transit durch fremde GKFZ erbrachten Fahrleistungen (ebenfalls umgerechnet in Pkw-Einheiten-km) und schließlich den Fahrleistungsstand der letztgenannten Gruppe an den gesamten Straßenfahrleistungen.

Tab. 1: Straßenfahrleistungen in einigen europäischen Ländern 1983

Befahrenes Land	Gesamte Straßenfahrleistung (Pkw + Bus + GKFZ) (Mio. Pkw Ekm)	Fahrleistung fremder Transit-GKFZ ²⁾ (Mio. Pkw Ekm)	Anteil der Fahrleistung fremder Transit-GKFZ (%)
Österreich	33.400	548	1,64
Schweiz	40.100	90	0,22
BRD	373.800	1.739	0,47
Frankreich	314.500	1.416	0,45
Italien	282.200	34	0,01
Niederlande	78.800	69	0,09
Belgien und Luxemburg	52.800	420	0,80
Dänemark	27.900	274	0,98

¹⁾ GKFZ = Güterkraftfahrzeuge
Quelle: Cerwenka et al.: a.a.O. S. 55.

Bevor die Zahlen kurz interpretiert werden, ist noch ein Hinweis zur gewählten Vergleichsgröße, nämlich „Straßenfahrleistungen“ mit der Dimension „Pkw-Einheiten-km“, angebracht. Diese Vergleichsgröße dürfte für gesamtterritoriale Vergleichsuntersuchungen am ehesten geeignet sein, da diese Größe (im Gegensatz etwa zu Verkehrsaufkommen oder Fahrtenanzahl) die wohl direkteste Proportionalität zu Energieverbrauch und Schadstoffemissionen aufweist.

Nun aber zu der Ergebnisinterpretation. Man sieht, daß in Österreich zwar der genannte Anteil mit 1,64% am höchsten ist (gefolgt von Dänemark mit 0,98% sowie Belgien und Luxemburg mit 0,80%), aber man erkennt auch, daß selbst der höchste Anteil immer noch sehr gering ist. Resümee aus dieser Analyse ist: Der Straßengütertransit wird in der öffentlichen Meinungsbildung deutlich überschätzt, und die empirische Fundierung von Tab. 1 stützt somit die bereits an anderer Stelle²⁾ vom Verfasser aufgestellte These, die da lautet: „Jede gesellschaft-

liche Gruppierung, jede Interessengemeinschaft, jedes menschliche Kollektiv braucht zur Ablenkung von gruppeninternen Problemen und zur Aufrechterhaltung der eigenen heilen Welt ein gemeinschaftliches Feindbild... Der Transitverkehr entspricht einem solchen Feindbild in hervorragender Weise.“

Die festgestellten geringen Anteile sollen jedoch keineswegs zu einer pauschalen Verharmlosung dieser einen Straßentransitkomponente (nämlich des Straßengütertransits) führen, sondern sie sollen zeigen, daß isoliert gegen diese eine Komponente gerichtete Kampagnen sachlich unbegründet sind und daß Bemühungen zur Entlastung von Straße und Umwelt bei allen Komponenten mit gleichem Nachdruck anzusetzen haben.

Bestehende Engpässe im Straßengüterverkehr können also im allgemeinen nicht dem Straßengütertransit angelastet werden, und die Forderung, daß bei der Verlagerung von Verkehrsanteilen von unverträglicheren auf verträglichere Verkehrsmittel im Güterverkehr „zuallererst beim Transitverkehr angesetzt werden“ müßte, wie dies erst jüngst wieder in einer Publikation³⁾ zu lesen war, entbehrt somit einer einleuchtenden Begründung.

Tab. 2 zeigt für dieselben Länder die spezifischen Mineralölsteuereinnahmen und sonstige unabwendbare Straßenbenutzungsgebühren aus dem gesamten grenzüberschreitenden Straßengüterverkehr (also nicht nur aus dem Transitverkehr) der Jahre 1985/86.

Tab. 2: Straßenbenutzungsabgaben in einigen europäischen Ländern aus dem grenzüberschreitenden Straßengüterverkehr 1985/86

Befahrenes Land	Nettodieselmotorkraftstoffpreis 1986 (ECU/l)	Spezifische Mineralölsteuereinnahmen (ECU/1000 tkm)
Österreich	0,44	0,71 + 23,34 ^{a)}
Schweiz	0,57	0,00 + 14,47 ^{b)}
BRD	0,40	4,79
Frankreich	0,46	0,51
Italien	0,37	6,96
Niederlande	0,27	6,81
Belgien und Luxemburg	0,32	6,97
Dänemark	0,19	0,00
Mittelwert	—	4,13

^{a)} Straßenverkehrsbeitrag (350 6S/1000 tkm).

^{b)} Schwerverkehrsabgabe (15 sfr/Tag und GKFZ Annahme: 6 t Beladung, 100 km/Tag und GKFZ).

Quelle: Cerwenka et al.: a. a. O.

Mit Hilfe der Tab. 21 soll die Berechtigung der Klage überprüft werden, die von den beiden Hauptalpenländern Österreich und Schweiz immer wieder vorgebracht wird und die etwa lautet: „Durch unsere Länder wird ohne zu tanken durchgefahren, wir müssen zur Abdeckung unserer Wegekosten beim Straßengüterverkehr zusätzliche Abgaben einfordern.“ (Auch hier kann wiederum aus Zeitgründen nicht auf die Methodik eingegangen werden, sie ist aber in der zitierten Untersuchung nachlesbar.)

Resümee aus dieser Tab. 2 ist, daß die Klage der beiden Länder zwar grundsätzlich berechtigt ist, daß man aber in beiden Ländern mit der Einführung von besonderen Abgaben für den Straßengüterverkehr hinsichtlich der realisierten Höhe doch einigermaßen über das Ziel des internationalen Mittelwertes hinausgeschossen ist. (Dabei ist in Österreich die Brennermaut nicht mitgerechnet, da diese theoretisch durch Ausweichen auf die Bundesstraße umgangen werden kann.) Neben den beiden gezeigten Tabellen, welche gesamtterritoriale Sachverhalte im internationalen Vergleich erhellen sollen, wurden auch noch speziell zwei wichtige Achsenquerschnitte des transalpinen Gütertransits untersucht, um dem häufig erhobenen Argument zu begegnen, daß gesamtterritoriale Betrachtungen nicht aussagekräftig seien, da sie lokale Konzentrationen außer Betracht lassen. Bei den beiden untersuchten Achsenquerschnitten handelt es sich zum einen um den Querschnitt Brenner (Autobahn und Bahn) und zum anderen um einen Schnitt durch die Autobahn- und Bahnachse im südlichen Tessin zwischen Bellinzona und Lugano.

Bei diesen Achsenuntersuchungen waren zwei Fragestellungen zu beantworten, nämlich:

- Wie groß ist der Transitanteil mit fremden GKFZ („Fremdtransit“) an der gesamten Belastung im Straßenquerschnitt der Achse?
- Wäre eine Verlagerung des Fremdtransits auf die Bahn im Huckepack-Verkehr von der Bahn zu bewältigen?

Die Ergebnisse des Jahres 1985 für die beiden Straßenachsen-Querschnitte sind in Tab. 3 zusammengestellt.

Tab. 3: Straßenbelastungen in zwei alpentransitrelevanten Achsenquerschnitten 1985

	Pkw-Einheiten pro Tag			
	Fremdtransit- Straßen- güterverkehr	Restlicher Straßen- güterverkehr	Straßen- personen- verkehr	Summe
Achsenquerschnitt Brenner 1985	7.210 = 32% (= 11,72 Mio. t)	1.560 = 7%	13.786 = 61%	22.556 = 100%
Achsenquerschnitt südliches Tessin 1985	750 = 3% (= 0,56 Mio. t)	5.530 = 22%	19.071 = 75%	25.351 = 100%

Quelle: Cerwenka et al.: a. a. O., S. 73 und 76.

Das zusammenfassende Ergebnis für den *Brennerachsen-Querschnitt 1985* besagt, daß durch die Verlagerung des Transits mit ausländischen Güterkraftfahrzeugen auf die Bahn die Straße zu etwa einem Drittel entlastet würde, daß aber die Bahn in ihrem derzeitigen Ausbauzustand mit ihrer derzeitigen Kapazität von etwa 5 bis 8 Millionen Tonnen pro Jahr diesen Transit in Höhe von zusätzlich ca. 15 Millionen Tonnen^{a)} zu den tatsächlich im Jahr 1985 transportierten ca. 4 Millionen Tonnen keinesfalls zu übernehmen in der Lage wäre.

Das zusammenfassende Ergebnis für den *Achsenquerschnitt im südlichen Tessin 1985* besagt, daß durch die Verlagerung des Transits mit ausländischen Güterkraftfahrzeugen auf die Bahn die Straße nur zu etwa 3% entlastet würde und daß die Bahn diese Übernahme derzeit noch ohne Infrastruktur-Ausweitung bewältigen könnte.

Beide Resultate zusammenfassend kann man also feststellen, daß dort, wo eine Verlagerung des alpenquerenden Straßengütertransits mit fremden Güterkraftfahrzeugen von der Straße auf die Bahn seitens der Bahn mit ihrem derzeitigen Zustand bewältigt werden kann, diese Verlagerung nur eine sehr geringe Entlastung bringt und daß dort, wo die Verlagerung zu einer fühlbaren Straßenentlastung (um ca. ein Drittel) führen würde, die Bahn zur Übernahme nicht in der Lage wäre.

Resümee aus allen diesen Analysen ist, daß dem Straßengütertransit keine Sonderrolle zugeteilt werden kann. Ein fremdes Transit-GKFZ erzeugt – unter sonst gleichen Bedingungen – nicht mehr oder weniger Umweltbelastung als etwa ein Güterkraftfahrzeug im Binnenverkehr. Auch hinsichtlich der territorialen (verkehrs- oder fahrleistungsbezogenen) Abgaben nimmt der Straßengütertransit keine Sonderstellung ein. Eine einseitige Konzentration von Maßnahmen zur Erreichung umwelt- und verkehrspolitischer Ziele auf den Straßengütertransit wäre insofern verfehlt, als dieser allein in der Regel zu geringer Bedeutung hat, um ein hinreichendes Potential zur Erreichung dieser Ziele zu liefern.

In diesem Zusammenhang erscheint es durchaus angebracht, einmal über folgende, in einer jüngst gegründeten verkehrspolitischen Zeitschrift abgedruckte Äußerung⁵⁾ nachzudenken: „Da die Möglichkeiten zur Verkehrsverlagerung von der Straße auf die Schiene beim Urlauberverkehr relativ gering sind, wird dieser Personentransitverkehr bis auf weiteres wohl oder übel auf der Straße akzeptiert werden müssen.“ Es sei hier – ohne jeden weiteren Kommentar – die wohl an Revolution grenzende Frage angeschlossen, warum eigentlich diese offenbar nicht in Frage zu stellende Priorität für den *Personentransitverkehr* gilt?

3. Ausblick auf die Zukunft unter Einbeziehung verkehrspolitischer Spekulationen

Bevor man sich an die mengenmäßige Abschätzung der zukünftigen Entwicklung des Alpentransits heranwagt, erscheint es angebracht, zunächst einmal Vergangenheit und

Ausgangszustand kurz zu beleuchten. Dies ist in Tab. 4 geschehen, in welcher diese Mengen für 1980 und 1985 in einer doppelten Disaggregation dargestellt sind, nämlich in einer räumlichen Disaggregation und in einer verkehrsmittel-spezifischen (modalen) Disaggregation. Bei der *räumlichen* Disaggregation werden drei Alpenregionen gebildet, das sind *Brenner*⁶⁾, *Schweiz insgesamt* (San Bernardino, Gotthard, Simplon und Großer St. Bernhard) und *Frankreich ohne die Küstenstrecke* (Mt. Blanc, Mt. Cenis/Frejus).

Tab. 4: Güterverkehr (in Mio. t) über die Alpen (Österreich, Schweiz, Frankreich)^{a)}

Güterverkehr	Jahr	Schiene	Huckepack ^{b)}	Straße	Total
Österreich ^{c)}	1980	3,5	0,1	10,6	14,2
	1985	3,9	0,4	13,8	18,1
Schweiz ^{d)}	1980	10,5	0,7	0,3	11,5
	1985	9,6	1,3	0,9	11,8
Frankreich ^{e)}	1980	7,9	0,5	9,9	18,3
	1985	7,0	0,9	10,8	18,7
Total	1980	21,9	1,3	20,8	44,0
	1985	20,5	2,6	25,5	48,6
Schätzung für 2000		?	?	?	70–80

^{a)} Quellen: Für 1980: Stab für Gesamtverkehrsfragen (Hrsg.): *Transalpine Güterverkehr – Gesamtüberblick 1981 bis 1984*, Bern 1986. Für 1985: Schweiz: ebenda. Österreich: Angaben des Amtes der Tiroler Landesregierung sowie eigene Schätzung. Frankreich: Hochrechnung unter Zuhilfenahme der EUROSTAT-Statistiken 1984 und 1985. Für 2000: Spannweite nach einigen zum Teil noch laufenden, nicht veröffentlichten Studien.

^{b)} Gütergewicht ohne das Gewicht der Straßenfahrzeuge.

^{c)} Österreich: Transit via Brenner.

^{d)} Schweiz: gesamter Transit (San Bernardino, Gotthard, Simplon, Großer St. Bernhard).

^{e)} Frankreich: Transit via Mt. Blanc, Mt. Cenis/Frejus.

Bei der *modalen* Disaggregation werden die drei „Modi“ *Schiene, Straße und Huckepack* betrachtet.

Bei dem Summenekwert (d. h. integriert über alle drei Alpenregionen und alle drei Modi) ist zusätzlich zu den Werten für 1980 und 1985 noch eine prognostische Spannweite für das Jahr 2000 angegeben. Diese Spannweite von 70 bis 80 Millionen Tonnen für den gesamten Alpentransit⁷⁾ spiegelt die Einschätzung einiger noch nicht veröffentlichter Studien wider. Der Wert liegt also etwa 50% über dem von 1985.

Einer genaueren Eingrenzung dieser Spannweite möge hier keine zu große Bedeutung beigemessen werden; wesentlich erscheint die Größenordnung des Gesamtzuwachses in der genannten Höhe von ca. 50%, die durchaus nicht utopisch erscheint. Hierzu seien drei Tendenzen erörtert, die diese Entwicklungseinschätzung stützen:

Tendenz 1: Die fortschreitende internationale (also *räumliche*) Arbeitsteilung bewirkt bei gleichzeitig zunehmender *funktionaler* Zerlegung des Produktionsprozesses in immer mehr Teilstufen selbst bei gleichbleibender Menge an Endprodukten zwangsläufig eine Zunahme im grenzüberschreitenden Güterverkehrsaufkommen. Das heißt, die einzelnen Bestandteile eines Produktes – inklusive des Endproduktes selbst – queren von der ersten Bearbeitungsstufe bis schließlich hin zur Verwendung des Endproduktes beim Verbraucher zunehmend häufiger nationaler Grenzen. Der Wertschöpfungsprozeß unterliegt immer mehr dem Multi-Territorialitäts-Prinzip.

Bewußt wird dabei vom Wertschöpfungs- und nicht nur vom Produktionsprozeß gesprochen, da der reine Produktionsprozeß wertmäßig am gesamten Wertschöpfungsprozeß einen immer kleiner werdenden Anteil einnimmt. Trotz der zunehmenden Multi-Territorialität des Wertschöpfungsprozesses kann und wird es zunehmend zu organisatorisch-dispositiven Konzentrationen kommen (Stichwort: multinationale Konzernbildung), die für immer größere Produktpaletten das gesamte Wertschöpfungsmanagement übernehmen. An die Stelle des Austausches mononational hergestellter Waren tritt also die multinationale Produktion und Verteilung.

Tendenz 2: Die Schaffung eines einheitlichen Marktes in Europa, d. h. die weitgehende Beseitigung von nationalen Grenzen bei gleichzeitiger Harmonisierung der Transportbedingungen, wird zu einem überproportionalen Anstieg jener Transporte führen, die man heute als Transit bezeichnet, die aber ebenso wie (grenzüberschreitender) Versand und Empfang dann zu Binnenverkehren (eines einheitlichen europäischen Marktes) geworden sein werden, die sich nur durch höhere durchschnittliche Transportweiten von heutigen Bin-

nenverkehren unterscheiden. Daraus folgt, daß die Transportleistung stärker zunehmen wird als das Transportaufkommen.

Ein Problem besonderer Art entsteht dabei durch „politische Inseln“, d. h. dadurch, daß der rechtlich vereinheitlichte Markt räumlich „Löcher“ enthält, wie sich das zur Zeit für Österreich, die Schweiz und Jugoslawien abzeichnet. Potenziert werden die Probleme in diesen „Insel-Ländern“ noch dadurch, daß sie auch untereinander nicht abgestimmt vorgehen. Zwei schon jetzt ersichtliche Beispiele mögen das illustrieren:

- Die rigide Kontingentierung der Straßengütertransport-Genehmigungen durch Jugoslawien führt zu einer Verlagerung der Straßentransporte zwischen Griechenland und der Bundesrepublik Deutschland mittels Ro/ro-Fähre über die Adria und Italien auf die ohnehin stark belastete Strecke über den Brenner.
- Die Gewichtsbegrenzung für Güterkraftfahrzeuge in der Schweiz auf 28 Tonnen führt im Verkehr zwischen Italien und der Bundesrepublik Deutschland sowie den Benelux-Ländern zu einer deutlichen Verdrängung des Straßengütertransits aus der Schweiz vor allem nach Österreich zum Brenner. Das von der Schweiz u. a. vorgebrachte Argument der Umweltschonung gilt nur für die Schweiz selbst (und auch das nur eingeschränkt). Betrachtet man hingegen Europa insgesamt, so wird durch dieses *unabgestimmte* Vorgehen infolge der durch die Verdrängung eingetretenen, zum Teil erheblichen Umwege europaweit der Schadstoffausstoß erhöht. (Dies sei nicht als Plädoyer für die Aufhebung der Gewichtsbegrenzung in der Schweiz, sondern als Plädoyer für ein international sinnvoll abgestimmtes Vorgehen verstanden. Es ist klar, daß damit ein heikler Punkt berührt wird, nämlich die Infragestellung von Teilen nationaler Souveränität.)

Tendenz 3: Die Nachfrage nach Gütern wird sich in Europa differenzieren und diversifizieren. Der Markt wird noch mehr als bisher ein Käufermarkt werden, der von den Wünschen des Kunden nach bestimmter Qualität, nach Liefertermin, Zahlungskonditionen usw. diktiert wird.

Auch diese Bedürfnis-Diversifikation ist grundsätzlich mit einer Ausweitung des Einzugsbereiches der Herkunft von Gütern, gemessen vom jeweiligen Standort des Endnachfragers aus, verbunden, denn man begnügt sich eben – wenn man z. B. in München wohnt – nicht mehr mit Äpfeln aus Bayern, sondern will die Wahl haben zwischen Äpfeln aus Bayern und solchen aus Südtirol oder Kalifornien, und man will die Wahl haben zwischen Äpfeln und Orangen, und man will diese Wahl auch möglichst das ganze Jahr über haben. Diese Ausweitung des „Zugriffsradius“ führt aber zwangsläufig zur überproportionalen Zunahme von jenen Transporten, die Transit verursachen.

Wenden wir uns nach diesen, die Entwicklung der *Gesamtnachfrage* repräsentierenden Indizien nun abschließend den drei die *modale* Aufteilung betreffenden Fragezeichen von Tab. 4 zu. Hinter ihr verbirgt sich das, was man „landläufig“ als „Verkehrspolitik“ bezeichnet. Eine solche – international abgestimmte – zu orten, fällt außerordentlich schwer. Die nun folgenden Überlegungen mögen daher am ehesten als Szenario⁸⁾ einer Spekulation betrachtet werden, die sich vielleicht nur wenig von Astrologie oder Handleskunst unterscheiden mag:

Für die *Schweiz* dürfte das im folgenden skizzierte Szenario noch am ehesten „Verwirklichungskraft“ besitzen (die Verkehrspolitik der Schweiz zeichnet sich nämlich durch hohe Stabilität aus): Eine Anhebung des zulässigen Gesamtgewichtes für Lkw-Züge von derzeit 28 Tonnen ist völlig unvorstellbar. Gleichzeitig versichert die Schweiz immer wieder, daß sie einen Transit durch ihr Land EG-konform durch Kombinierten Verkehr gewährleistet und auch bei steigender Nachfrage gewährleisten wird. Dies wird durch eine neue Eisenbahn-Alpentransversale (NEAT) geschehen, für die zur Zeit ein Variantenentscheid zur Abstimmung durch den Souverän, also durch das Volk, vorbereitet wird. Der Verfasser persönlich hält den Gotthard-Basistunnel aus gesamteuropäischer Sicht für die zweckmäßigste dieser Schweizer Varianten, zumal wenn die Trassenführung so gewählt wird, daß später eine Ausweitung zum Alpenbahn-Ypsilon möglich ist (Abb. 1). Ein großer Vorteil dieser Variante besteht darin, daß auch das Südportal in Schweizer Hand ist und ein Bahnbetrieb nicht der Willkür italienischer Streiks und sonstigen Unwägbarkeiten ausgesetzt ist. Der Vorteil für eine Prognose im Hinblick auf die Schweiz ist dabei, daß es dort eine seit vielen Jahren klar erkennbare Verkehrspolitik gibt, die keinesfalls durch ein Arrangement mit der EG verwässert werden wird.

Nun zum *Brenner*, wo die Verhältnisse anders liegen. Allein die Tatsache, daß in Österreich in der Vergangenheit infolge

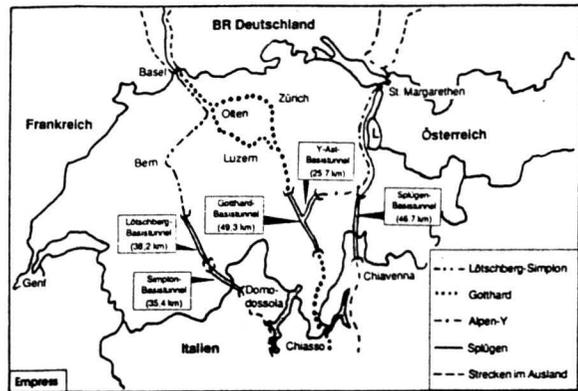


Abb. 1: C
s
t

Quelle: De
ner 1988, 5

zweier miteinander heftig rivalisierender Ministerien mit häufigen Ministerwechseln keine klare verkehrspolitische Linie erkennbar war und man sich erst jetzt angesichts leerer Kassen (quasi als Ersatz für den Infrastrukturausbau) mit (der wesentlich billigeren) Verkehrspolitik zu beschäftigen beginnt, daß ferner eine sinnvolle infrastrukturelle Maßnahme hier auf jeden Fall eine übernationalen Einigung bedarf und diese Maßnahme überdies in einem politisch hochsensiblen Gebiet liegt, hat so viel Zeit verstreichen lassen, daß hier ein enormer Problemdruck entstanden ist und man sich in eine Sackgasse hineinmanövriert hat, aus der kurz- und mittelfristig kein Ausweg zu sehen ist. Einige dieser unlöslichen Konflikte seien nachfolgend angedeutet:

- Einerseits hat es Österreich eilig, EG-Mitglied zu werden, andererseits betont Österreich, daß eine Anhebung des zulässigen Gesamtgewichtes von 38 auf 40 Tonnen beim Lkw-Zug nicht in Frage kommt.
- Einerseits ist Österreich an einem *langen* Brenner-Bahn-Basistunnel interessiert. Andererseits baut Italien derzeit die bestehende Strecke in einer Weise aus, daß man den Eindruck hat, als sollte von italienischer Seite ein Scheiteltunnel präjudiziert werden, um nicht historische Wunden national-politischer Art aufbrechen zu lassen.⁹⁾
- Einerseits betont Österreich, wie dringend ein neuer Brenner-Bahntunnel ist, andererseits ergreift die jeweils von irgendeiner Baumaßnahme betroffene Bevölkerung alle erdenklichen Rechtsmittel zur Verhinderung und Verzögerung, auch wenn es sich nicht um Straßen-, sondern um Bahn-Infrastrukturen handelt, was sich schon jetzt bei der Bahnumfahrung Innsbruck abzeichnet.¹⁰⁾
- Die bereits für Sommer 1987 angekündigte Präsentation¹¹⁾ der Brenner-Machbarkeitsstudie zögert sich immer weiter hinaus. Ein Finanzierungsmodell oder überhaupt ein international vereintes Vorgehen kann man noch nicht einmal im Ansatz erkennen.

Soweit eine desillusionierende Bedenk-Liste in „Sachen“ Brenner.

4. Schlußanmerkung

Zum Abschluß sei noch eine Anmerkung zur derzeitigen „Bahn-Euphorie“ aus der Sicht eines intensiven Bahnbenutzers angebracht, welcher der Bahn sehr gewogen und an einem nachfragegerechten Erscheinensprofil der Bahn daher interessiert ist. Wenn die Bahnen in Zukunft trotz des Güterstrukturwandels ihre Marktposition behaupten bzw. als gleichwertiger Partner auf den Transportmärkten auftreten wollen, müssen sie ihre historisch gewachsene Selbsteinschätzung als staatlich geschütztes Monopol hin zu einem attraktiven, am Markt aktiv auftretenden Dienstleistungsbetrieb wandeln, der insbesondere auch im grenzüberschreitenden Verkehr als Kooperationspartner für andere Verkehrsträger interessant sein muß.

Manchen Eisenbahnverwaltungen muß offensichtlich in Erinnerung gebracht werden, daß es sich bei ihnen nicht um Selbstversorgungsanstalten mit angeschlossenen Transportunternehmen handelt, das ohne die Behinderung durch Transportgüter ohnehin am besten funktioniert. Auch wären international vereinheitlichende Abstimmungen dringend vonnöten, da offenkundig die Koordinationsschwierigkeiten zwischen unterschiedlichen nationalen Bahnverwaltungen nicht wesentlich geringer zu sein scheinen als zwischen unterschiedlichen Verkehrsträgern.

PHYSIKALISCHE BLÄTTER, 12 Hefte, DM 118,- plus Porto, Physik Verlag, D-6940 Weinheim/Bergstr., Postf. 1260.

STERNE UND WELTRAUM, 12 Hefte, DM 84,- plus Porto, Verlag Sterne und Weltraum, Dr. H. Vehrenberg, Postfach 140 365, D-4000 Düsseldorf 14.

CERN-COURIER (wahlweise in engl. oder franz. Sprache), 12 Hefte, kostenlos auf Verlangen interessierter Stellen, Publ. Inform. Office CERN, CH-1211 Genf 23

Aulis Verlag Deubner & Co. KG, 5 Köln 1, Antwerpener Straße 6-12: **PRAXIS DER NATURWISSENSCHAFTEN**, 3 Teile: Physik, Chemie, Biologie, je 12 Hefte jährlich, Preis pro Teil DM 51,60 jährlich, für Studenten und Referendare DM 46,80, jeweils zuzüglich Versandkosten, 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 Versandkosten, geeignet für Lehrkräfte und Studenten an Haupt-, Real- und höheren Schulen (Klassen 5-10) und Dozenten an Pädagogischen Hochschulen.

PRAXIS GEOGRAPHIE, 12 Hefte im Jahr, Einzelpreis DM 10,-, Abo-Preis DM 7,80. Westermann, Braunschweig. Auslieferung in Österreich: Morawa, Wien.

CHEMIE IN UNSERER ZEIT, 6 Hefte, DM 34,- plus Porto, Verlag Chemie GmbH, D-6940 Weinheim / Bergstraße, Postfach 1260.

Österreichische Chemie-Zeitschrift, Organ der Ges. Österr. Chemiker mit Nachrichten über Kurse u. Vorträge für AHS-Lehrer. Erscheint 11 mal im Jahr. Bezugspreis inkl. Porto u. MwSt. S 636,-. Für AHS- u. BHS-Lehrer S 450,-, für Studenten S 380,-.

PHYSIK IN UNSERER ZEIT, 6 Hefte, DM 34,- plus Porto, Verlag Chemie GmbH, D-6940 Weinheim / Bergstraße, Postfach 1260.

GEOGRAPHISCHE RUNDSCHAU, 12 Hefte, Einzelheft DM 8,- zuzüglich DM 1,- Versandkosten. Abonnementpreis DM 6,80 zuzüglich DM 1,-. Westermann, Braunschweig; Auslieferung in Österreich durch Morawa, Wien.

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT, internationale Ausgabe der „Scientific American“ in deutscher Sprache. Erscheint monatlich zum Preis von DM 7,80 einschließlich Porto.

Anmerkungen

¹⁾ P. Cerwenka, S. Rommerskirchen: Analysen des internationalen Straßengüterverkehrs unter Berücksichtigung des Straßengütertransits. Untersuchung der PROGNOS AG im Auftrag der „Internationalen Road Transport Union“, Genf, Basel 1987.

²⁾ P. Cerwenka: Ein ungeliebtes Kind und seine Wiege: der Transitverkehr. In: ÖVG-Spezial, Band 6, Wien 1984, S. 121.

³⁾ H. Koch: Verkehrspolitik und Eisenbahn. In: H. Koch, H. Lindenbaum (Hrsg.): Höchste Eisenbahn – Wohin fahren die ÖBB? S. 25.

⁴⁾ 11,72 Mio. t \times 1,25 = 14,65 Mio. t. (Der Faktor 1,25 berücksichtigt das Leertankgewicht der GKFZ beim Huckepacktransport.)

⁵⁾ G. Estermann, F. Schwarz-Herda: Transitverkehr einmal anders gesehen. In: Verkehrspolitik. 1. Jg. (1987), Nr. 1, Wien 1987, S. 18.

⁶⁾ Der Alpen transit von und nach Südosteuropa, der nur einen kleinen Anteil ausmacht, wird hier nicht einbezogen.

⁷⁾ Der Alpen transit von und nach Südosteuropa, der nur einen kleinen Anteil ausmacht, wird hier nicht einbezogen.

⁸⁾ Dabei bleiben die französischen Alpenquerungen außer Betracht, da sie nicht so sehr in Konkurrenz zu den anderen Alpenquerungen stehen.

⁹⁾ Vgl. INFO der Gesellschaft für Verkehrspolitik, Nr. 5 v. 31. Dezember 1987, S. 1.

¹⁰⁾ Vgl. INFO der Gesellschaft für Verkehrspolitik, Nr. 5 v. 31. Dezember 1987, S. 2.

¹¹⁾ Vgl. Deutsche Verkehrs-Zeitung, Nr. 150 v. 16. Dezember 1986, S. 2.

Entnommen der Zeitschrift „Berichte zur Raumforschung und Raumplanung“, 31, 1987, H. 5-6.

Vgl. zu dieser Thematik auch das Unterrichtsbeispiel „Transitland Tirol“ von A. Erhard in der Zeitschrift „Praxis Geographie“, 18, 1988, Heft 10.

Interessante Neuerscheinungen

Aebli, H.: **Grundlagen des Lehrens**. Klett-Cotta, Stuttgart, 1987, 427 Seiten. Haubrich, H., u. a.: **Didaktik der Geographie konkret**. Oldenbourg, München 1988, 443 Seiten.

Nolzen, H. (Hrsg.): **Physische Geofaktoren**. Band 10/I des Handbuchs des Geographieunterrichts. Aulis-Verlag, Köln, 1988, 270 Seiten.

Lechner, Egger-Schauer: **Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre**. Industrieverlag Linde, Wien, 1987, 853 Seiten.

Müller, Sitte, Suida (Hrsg.): **Salzburg, mittlere Ostalpen, Wien**. Exkursionsführer zum 21. Deutschen Schulgeographentag in Salzburg. Salzburg, 1988, 205 Seiten.

Beckel und F. Zwittkovits: **Österreich-Satelliten-Bild-Atlas**. Druckhaus Nonntal Bücherdienst. Salzburg 1988.

Zur Beachtung!

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

IMPRESSUM: „Wissenschaftliche Nachrichten“, Fortbildungsorgan des Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Sport für AHS- und BMHS-Lehrer. Erscheint dreimal jährlich, im Jänner, April und September. Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Eigentümer: Bundesministerium für Unterricht und Kunst, 1010 Wien, Minoritenplatz 5, Tel. 0 22 2 / 66 21. Postanschrift der Redaktion: Dr. Christian Wolny, Institut für Festkörperphysik der Universität Wien, 1090 Wien, Boltzmann-gasse 5, Telefon 0 22 2 / 34 26 30. Hersteller: Bohmann Druck und Verlag Gesellschaft m. b. H. & Co. KG., 1110 Wien, Leberstraße 122, Tel. 74 15 95.

Offenlegung nach § 25 des Mediengesetzes:

Medieninhaber: Bund, vertreten durch das BMUK; Geschäftsführer: Sektionschef Leo Leitner, BMUK, 1010 Wien, Minoritenplatz 5. Unternehmensgegenstand: Herausgabe einer dreimal jährlich erscheinenden periodischen Zeitschrift. Grundlegende Richtung: Fortbildung und wissenschaftliche Information der AHS- und BMHS-Lehrer für Philosophie und die realistischen Unterrichtsgegenstände.