

Wissenschaftliche Nachrichten



Herausgegeben vom Bundesministerium
für Unterricht und Kunst

Nr. 65 – April 1984

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

INHALT:

Seite

GRUNDWISSENSCHAFTLICHE PROBLEME

„Evolutionäre Erkenntnistheorie“ im Blickfeld der Metatheorie 2

BIOLOGIE, GEOWISSENSCHAFTEN

Schmerz und Sucht 6
Aulandschaft 9
Abwasserreinigung – Trinkwasseraufbereitung 11
Chromosomenanomalien beim Menschen 12
Chromatische Adaption bei Meeresalgen 12
Der Lachs als Zuchtfisch 12
Trinkwasser wird knapp 13
Luftverschmutzung 13
Thermophile Organismen 13
Altersveränderungen der Augenlinse 14
Amphibiengifte 14
Kurznachrichten 14
Neuerscheinungen 15

CHEMIE

Erfahrungen mit einem chemischen Praktikum 15
Kurznachrichten 21
Buchbesprechungen 23

EXPERIMENTALPHYSIK

Hochspannungs-Demonstrationsgerät LABORSTAT 23
Neue Physikgeräte der OLA 25
Versuche zur Frequenzmodulation 25

MATHEMATIK

Faktorenzerlegung großer Zahlen 27
Verteilungsprobleme in der Kombinatorik 27
Die Dreiecke von Morley und Napoleon 30
Aufgabenecke 33
Buchbesprechungen 33

PHYSIK, ASTRONOMIE

Die Versorgung mit elektrischer Energie 33
Warum eine neue Meterdefinition? 35
Quantenhaftes Verdunsten 36
Neuer Aspekt in der Kernphysik? 37
C³-Laser für Glasfaseroptik 37
Das Geotron 38
Marskrater, Zeugen vergangener Ereignisse 38
Ein Experiment mit dem Halley-Kometen 39
Die Raummission „Galileo“ 39
Auf der Suche nach Planetensystemen 41
Ein zweiter Millisekunden-Pulsar entdeckt 41
Der erste Pulsar in einer anderen Galaxie entdeckt 41
Ein Weg zur Messung der Querbewegung von Galaxienhaufen 42
Zur Geschichte der Hubble-Beziehung 42
Mitteilungen der O. P. G. 44
Kurznachrichten 45

WIRTSCHAFTS- UND SOZIALGEOGRAPHIE, WIRTSCHAFTSINFORMATIONEN

Zur Schreibung chinesischer geographischer Bezeichnungen
mit lateinischen Buchstaben 46
Die Bevölkerungszunahme – Langzeitproblem Nr. 1
in der Volksrepublik China 48
Der Nationalpark Hohe Tauern – ein Berggebietsmodell im Aufbau 49

Zur Beachtung!

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

GRUNDWISSENSCHAFTLICHE PROBLEME

Dr. Franz Anton

Die nachstehende Abhandlung bezieht sich unmittelbar auf eine Auffassung, wie sie R. Riedl in den WN Nr. 61 dargelegt hat. Es muß darauf hingewiesen werden, daß damit nicht eine Polemik eröffnet werden soll. Die WN dienen ihrer Zielsetzung nach ausschließlich der Information der AHS-Professoren, in diesem Fall den Philosophielehrern. Es wird Hilfe dazu gegeben, daß der philosophische Unterricht nicht zum Vortrag von weltanschaulichen Dogmen erstarrt, sondern das Gewissen der Kritik in jungen Menschen erweckt. Gerade aus diesem Grund muß in jeder Art von Philosophieren die Unterscheidung Kants der Fragen „Quid facti? Quid juris?“ besonders lebendig bleiben. Kein Schritt von seiner Einzelwissenschaft zur philosophischen Problemlösung darf getan werden, wenn nicht jeweils geprüft ist, um welche **Kernfrage** es geht. Daß es sich im besonderen Fall des Problemkreises „Biologie der Erkenntnis“ um eines der wichtigsten Themen menschlichen Wahrheitsstrebens handelt, kann nicht übersehen werden. Wie sehr es darauf ankommt, zum Kern jeweils vorzudringen, möge ein Zitat einer Überlegung aufweisen. Im Rahmen seiner Denkbemühungen letzter Zeit hat Schelling vor mehr als 140 Jahren niedergeschrieben: „Ich könnte mir jenes Wesen (sc. das Produkt des natürlichen Werdens) etwa als ein ursprünglich selbst blindes, durch alle Stufen des Werdens nach Bewußtsein ringendes denken, und der Mensch wäre alsdann derjenige Moment – der Punkt, in welchem die bis dahin blinde Natur zum Selbstbewußtsein gelangt wäre. Aber eben dies kann nicht sein, denn unser Selbstbewußtsein ist keineswegs das Bewußtsein jener durch alles hindurchgegangenen Natur . . . und schließt keineswegs eine Wissenschaft alles Werdens in sich.“ (Schelling, *Ausgewählte Werke*, Neudruck, 1974, *Wissenschaftliche Buchgesellschaft* 1974, *Philosophie der Offenbarung oder Begründung der positiven Philosophie*, Bd. I, S. 5/6.)

F. A.

Alfred Locker *)

„Evolutionäre Erkenntnistheorie“ im Blickfeld der Metatheorie

1.0 Einleitung

1.1 Den Menschen beschäftigt von alters her die Frage nach seiner Entstehung und nach dem Ursprung seiner Fähigkeiten. Religion und Philosophie geben eine Antwort auf diese Frage; aber was sie zu sagen haben, befriedigt viele Menschen nicht mehr. Sie erwarten lieber von der Wissenschaft einen Aufschluß über sich selbst und verdrängen nur zu leicht das Problem, ob eine Einzelwissenschaft (wie etwa die Biologie) sich nicht auf sie ganz überfordernde Fragen einläßt, wenn sie dieser Erwartung entgegenkommen will. Gibt sie sich nicht gern der Selbsttäuschung hin, bisher nicht möglich gewesene Lösungen erbringen zu können? Gerät die Wissenschaft nicht in die Gefahr der Selbstzerstörung, wenn sie glaubt, ein ungeheures Menschheitsthema unter ein wenig reflektiertes Konzept (wie das der „Evolution“ [1]) bringen zu können? Deutet nicht der in der vermeintlichen Lösung auftretende Widerspruch und der Denkfehler der versuchten Herleitung (oder Erklärung) dessen, was ein Unternehmen dieser Art bereits voraussetzen muß, ein notwendiges Scheitern an?

1.2 Im folgenden soll der Artikel „Evolution und Erkenntnis“ [2] zum Anlaß für Auseinandersetzung mit einer Anschauung genommen werden, die immer mehr Verbreitung findet, obwohl sie leicht als irrig erweisbar ist. Die Diskussion wird in mehreren Etappen vor sich gehen: Anschließend an die Richtigstellung einiger Irrtümer wird der Ansicht entgegengetreten, bei Lernen und Erkennen handle es sich um einen Algorithmus; durch metatheoretische Erwägungen läßt sich die „evolutionä-

re Erkenntnistheorie“ (EET) definitiv widerlegen, ehe der Nachweis erfolgt, daß ihre Lösungen (wie z. B. die Aufklärung der „Entstehung von Bewußtsein“) auf Verfehlen der Unterscheidung zwischen gegenständlich faßbarem Apparat (wie dem Gehirn) und nicht-gegenständlich Gegebenem (wie dem Bewußtsein) beruhen.

2.0 Einige Richtigstellungen

2.1 Wird die Erkenntnistheorie, die ein Zweig der Philosophie ist, mit der „Evolution“-Theorie in Verbindung gebracht (ja, besteht sogar die Absicht, erstere letzterer unterzuordnen), so ist es unangebracht, diese vermeintliche Vereinigung mit dem Terminus **Metatheorie** zu belegen; in Wahrheit ist letztere eine (nach dem Beispiel der Allgemeinen und Mathematischen Systemtheorie) aufgebaute Theorie, die in der Zusammenfassung mehrerer Disziplinen (a) die zwischen ihnen bestehenden Gemeinsamkeiten als Gesetzmäßigkeiten höherer Ordnung festhält und (b) die auf der höheren Betrachtungsebene auftretenden, begründenden Systemgesetzmäßigkeiten beschreibt. Zum Unterschied von Einzelwissenschaften (etwa der Biologie), die sich an Gegenständen (wie den Organismen) orientiert, handelt es sich hier um eine Wissenschaft über Wissenschaft(en) (oder Theorie über Theorie[n]). Damit ist zum Ausdruck gebracht, daß die Methodologie der Metatheorie keine empirische ist, sondern in struktural/relationaler Behandlung ihrer Probleme der Mathematik (bzw. Metamathematik) ähnlich ist. Sie soll zur Beurteilung der EET herangezogen werden.

2.2 Eine Art Definition wird mit dem Lorenzschon Diktum: „Evolution ist ein erkenntnisgewinnender Prozeß“ zu geben versucht. Es leuchtet vordergründig ein, kann aber vor kritischem Denken nicht bestehen. Denn es ist zu fragen, wie ein Prozeß, der nach der Vorstellung der Naturwissenschaft ein objektiver (d. h. nach Gegenständlichkeit und Geltung vom Beobachter unabhängiger) Vorgang ist, Erkenntnis gewinnen soll, wenn **Erkenntnis an ein Subjekt gebunden** ist. Von einem Prozeß ist evtl. festzustellen, daß er Komplexitätszunahme erfährt und herbeigeführte oder erlittene Änderungen beibehält. Selbst dort, wo solche Änderungen sich auf das Prozeßmilieu beziehen und dieses gewissermaßen „widerspiegeln“, haben sie nichts mit Erkenntnis, ja nicht einmal mit Kenntnis zu tun. Auch letztere erfordert ein Subjekt, das allerdings, im Gegensatz zu Erkenntnis, von seiner Kenntnis nicht berührt wird. Die Kenntnis der Tatsache – sehen wir von Relativbewegung ab –, daß die Erde sich um die Sonne dreht, ist für die „conditio humana“ uninteressant; nicht dagegen die Erkenntnis des Menschen, daß er sterblich ist. Das vorgeblich metaphorische, tatsächlich aber suggestive Reden, dessen sich die Vertreter der EET bedienen, täuscht über fundamentale Gegebenheiten hinweg.

2.3 Der Wissensgewinn, den „Evolution“ erbringen soll, bedeute eine „Einsicht in die Vorbedingungen der Vorbedingungen“. Von diesen zu sprechen, steht jedoch der EET schlecht an, da sie, entgegen der Versicherung, in diese Einsicht gewonnen zu haben, dieselben gar nicht beachtet. Sie erkennt nicht einmal, daß sie selbst bloßes (wenn auch in ihrem Fall unrichtiges) **Modell-Konstrukt** ist, dem ein Modellkonstrukteur (oder Beobachter) vorangeht. Meint dieser, sich bescheiden an den Rand von „evolutiven“ Ereignissen stellen zu können, um diese, so wie sie sind, zu registrieren, dann übersieht er, daß (a) ihn seine Beobachterposition außerhalb des Geschehens plazierte, das er zu beobachten beteuert und (b) alles, was er beobachtet, von Voraussetzungen bestimmt ist, die bereits in ihm selber stecken. Daher gerät er mit der Behauptung, er und sein Erkenntnisvermögen entstamme der „Evolution“, ohne zur Kenntnis zu nehmen, daß „Evolution“ sein eigenes Gedankenprodukt ist, in Schwierigkeiten, die noch näher ausgeführt werden müssen.

2.4 Der Wortführer der EET stellt fest, „daß unsere Denkmuster sich in solcher Übereinstimmung mit den von der Evolution geschaffenen Naturmustern (befinden), daß ein Zufall ausscheidet; beide müssen die gleichen Ursachen haben“; er vertritt sonach den Standpunkt der „**Abbildtheorie**“ (oder „Korrespondenztheorie“), die **naivste Ansicht** über das Erkennen, die sich nur denken läßt, wenn das Denken sich selbst ausschaltet. Wird angenommen (SCHEMA), daß das Subjekt (X_s) das objektiv Gegebene (X_o) gemäß Relation 1 einfach abbildet

*) Prof. Dr. Alfred Locker, Inst. f. Theoret. Physik, TU Wien, Karlspl. 13/136, 1040 Wien.

– die EET „weiß“ allerdings mehr, nämlich daß das Subjekt und seine „Denkmuster“ aus der Anpassung an die „Naturmuster“ „entstehen“ –, dann wird diese Annahme doch nur von einem Subjekt vorgetragen, das zur Aussage über die „Abbildung“ befähigt ist, damit (entsprechend der Relation 2) über ihr steht, d. h. nicht zu ihr gehört (und schon gar nicht durch sie entstanden sein kann).

$$\text{Schema: } X_s \xrightarrow{2} (X_o \xrightarrow{1} X_s)$$

3.0 Worüber die Auseinandersetzung geht

3.1 Nun sei zugestanden, daß auch Relation 2 (im Schema) eine Realität reflektiert. Hier wäre es allerdings besser, von Wirklichkeit zu sprechen, weil dieses Wort auf die nichtdingliche Vorgegebenheit hinweist, die das Subjekt und sein Erkenntnisvermögen „umgreift“. Dennoch ist im Auge zu behalten, daß jeder **Aussage** über Realität (oder Wirklichkeit) das menschliche Subjekt vorausgehen muß, weil nur dieses (über sich und seine Vorbedingung) sprechen kann, womit Wirklichkeit in der Sprache „gestiftet“ wird.

3.2 So kommt es zu einer wechselseitigen Bedingtheit, die jedoch, um zu bestehen (ja, auch nur, um erkannt zu werden), eines über sie Hinausgehenden bedarf; das Subjekt erfährt an sich die (von sich her waltende) **Vorgegebenheit der Wirklichkeit**, die sich aber erst in ihm „zur Sprache bringt“. Dieser tiefen Problematik sucht die EET auf zu einfache Weise zu entgehen, indem sie Erkenntnis als ein Wechselspiel von „Realität“ und „erkenntnisgewinnendem Prozeß“ hinstellt. Bleibt es bloß bei Hervorhebung dieser Wechselbeziehung (die sich in Kreis- oder Schraubenschemata niederschlägt [3]), ohne daß die Voraussetzung für sie berücksichtigt wird, dann resultiert eine viel zu kurz greifende Sicht, die sich nicht nur durch allgemeine Überlegungen, sondern anhand strikter (formaler) Gegebenheiten widerlegen läßt.

3.3 Von Vorbedingungen anerkennt die EET (im Einklang mit der „Evolutions“-Theorie) bloß „Naturgesetze“ und „Urmaterie“; aus bestimmten Konstellationen als Anfangsbedingungen soll, im wesentlichen über Mutation und Selektion, alles weitere (wenn auch nicht streng Voraussagbare) folgen; etwa in der Weise, daß bei zunehmender Komplexität materieller Strukturen der Zufall sich immer mehr einschränkt [4]. Die EET zieht nur **empirische Voraussetzungen** in Betracht und übersieht die **nicht-empirischen**, der Methodologie der Naturwissenschaft unzugänglichen Voraussetzungen, ohne die sie aber selbst nicht auszukommen vermag. Erklärt sie Natur (vorgegebene Wirklichkeit also) für identisch mit dem begrifflich faßbaren Mechanismus einer „Evolution“, dann hat sie ungegenständlich Vorgegebenes auf konstruiertes Gegenständliches unzulässig reduziert. Die Diskussion geht daher um die Prüfung der Frage, ob etwas, das man unvermeidlich voraussetzen muß, ehe man Wissenschaft betreibt, sich „wissenschaftlich“ herleiten, damit seiner Ungegenständlichkeit berauben läßt oder ob man bei einem solchen Versuch nicht „in des Teufels Küche“ gerät.

4.0 Nicht-algorithmische Natur von Lernen und Erkennen

4.1 Die EET meint, „einen allgemeinen Algorithmus schöpferischen Lernens gefunden zu haben“. Um die Stichhaltigkeit dieser Auffassung zu untersuchen, ist auf das Wesen des Algorithmus und auf Lernen und Erkennen näher einzugehen. Ein **Algorithmus** ist ein eindeutiges (formalisierbares) Verfahren zur schematischen (regelmäßig abfolgenden) Lösung von Aufgaben, die (a) streng umschrieben, d. h. definiert sind und (b) durch eine Menge von Grundoperationen (oder aus dieser zusammengesetzten, abgeleiteten Operationen) erreicht werden können, sofern (c) die Bedingungen für den Fortgang der Operation, die im Hinblick auf die zu lösende Aufgabe vorgegeben sind, erfüllt werden. Demgemäß ist es möglich, z. B. einen Algorithmus für das Schachspiel zu entwerfen; dagegen ist es unmöglich, für gewisse Formen von Lernen, insbesondere „Lernen des Lernens“, einen Algorithmus anzugeben [5]. Die definitive Grenze ist durch **Berechenbarkeit** gekennzeichnet, was heißt, daß es nicht auf die Quantität der zu bewältigenden Aufgabe ankommt, sondern auf die Formalstruktur des Mathematischen selbst. Daher ist es auf keinen Fall möglich, einen Algorithmus für „Kenntnisgewinn“ anzugeben, wenn (a) nicht festgelegt ist, was zu erwerben ist und (b) das zu Erlernende nicht eine Struktur besitzt, die diesseits der Grenze der Berechenbarkeit liegt. Darüber täuscht auch sog. heuristisches Programmieren nicht hinweg.

4.2 Von gewissen Ausnahmen abgesehen, ist Lernen nicht algorithmisierbar. Die Ausnahmen sind durch jene Bereiche gegeben, für die sich Lernalgorithmen erstellen und zur Instruktion von **lernenden Automaten** machen lassen. Es ist

dem Hausverstand nicht einsehbar, daß es beschreibbare, aber nicht effektiv, d. h. mit Hilfe von Algorithmen hinsichtlich bestimmten Kriterien entscheidbare Sätze gibt [6]. In der Theorie der Entscheidbarkeit wird dieses Problem dargelegt durch den Unterschied zwischen Wahrheitswert und Wahrheitsbedingung (Bedeutung) einer Funktion [7]. Auch vom induktiven Schließen, dem auf Intuition folgenden Auffinden allgemeiner Regeln, die (a) aus Beobachtungen Voraussagen zu machen und (b) aus beschreibbaren Hypothesen die diese bestätigenden oder falsifizierenden Experimente aufzuzeigen gestatten, ist bekannt, daß es nicht-rekursiv, d. h. nicht algorithmisierbar ist, ein Umstand, der gleichfalls bezeugt, daß es **beschreibbare**, aber **nicht erlernbare** Funktionen gibt [8].

4.3 Der Algorithmus benötigt für (mechanische) Berechnung einer (vom menschlichen Subjekt erkannten) Funktion selbst kein Subjekt; maschinelles Denken und Erkennen (z. B. „pattern recognition“) ist möglich, weil ein Subjekt als Konstrukteur der Maschine dieser ihre Aufgabe vorgegeben hat. Demgegenüber wird bei echtem Lernen und Erkennen etwas erarbeitet, das vorher nicht bekannt war; das Moment des Kreativen geht ebenso über rein Funktionales hinaus wie das Inhaltliche des Erkannten formale Geltung (und Wahrheit) hinter sich läßt, um als Sachverhalt aufzutreten. Das Problem stellt sich hier im Zusammenhang des Erkennenden mit dem Erkannten; wiewohl bei Denken, Lernen, Erkennen ein Zusammenwirken von Induktion und Deduktion erforderlich ist, bleiben die Vorgänge solange rein von ihrer Form bestimmt, als sie gegenständlich nichts bedeuten. **Bedeutung** tritt auf den Plan, wenn bereits in den Prämissen der Vorgänge **Begriffe** vorliegen, die durch wirkliche (oder real/gegenständliche) Erkenntnis gefüllt sind, was besagt, daß allein aus Erkennen (oder Erkenntnisvermögen) Erkennen hervorgeht. Dadurch wird aus dem Schließen ein Urteilen, das (bei Erkenntnis) den Urteilen ebenso tangiert wie es auch (mindestens implizit) das Wahrheitsproblem zum Anknüpfen bringt.

5.0 Metatheoretische Zurückweisung der von der EET vorgebrachten „Genese“-Erklärungen

5.1 Analog zum Bereich des Mathematischen, in welchem der (zeitlich durchführbaren) Rechenoperation – unabhängig von der Frage ihrer Ausführbarkeit – die zeitlose Form der Funktion vorangeht [9], ist im Bereich des Realen für Erkenntnis eine Voraussetzung erforderlich, die Ausführung des Erkennens ermöglicht. Die Instanzen der **vorangehenden** Instruktion (oder Bedingung) und der **nachfolgenden** Ausführung sind ebenso deutlich voneinander getrennt, wie sie (im Vollzug) miteinander verbunden sind, daß eine Verwischung zwischen ihnen (wie ein Zusammenwerfen beider) ausgeschlossen sein sollte. Durch die erwähnten Kreisschemata läßt sich die EET jedoch zur Versicherung hinreißen, die „Entstehung“ der Form (Instruktion) aus der Ausführung nachgewiesen zu haben. Ihr Anspruch geht sogar noch weiter: Wie der Erkenntnisprozeß die ihn bedingende Form in einer Weise hervorbringt, daß die „a-priori . . . alle a-posteriori (sind)“, komplexifiziert er sich auch fortlaufend im Wechselspiel mit der „objektiven Realität“; ja, nähert sich dieser so stark an, daß es faktisch zur Isomorphie von „Denkmustern“ und „Naturmustern“ kommt (2.4).

5.2 Die Kreisrelationen verlangen, metatheoretisch betrachtet zu werden: Sie stehen nicht nur in Verbindung mit der Frage der Berechenbarkeit (oder Rekursivität), sondern auch mit jener Problematik der Metalogik, die durch das Auftreten von **Paradoxien** gekennzeichnet ist. Unter ihnen ist der „Kreter“ die bekannteste, die sich auf den Satz: „Ich lüge“ bringen läßt. Die Unaufhaltsamkeit der endlos in sich selbst kreisenden Paradoxie ist (teilweise) behebbar durch ihre Umformung in einander ablösende **Sprachebenen** [10], die als ihr Modell fungieren und so entweder Konsistenz oder Inkonsistenz der Aussage darlegen [11]. Entscheidend für eine rekursive oder paradoxe Relation ist jedoch der Umstand, daß keines der Elemente, die in sie eingehen, sich selbst begründen kann, vielmehr jedes (und damit die Funktion als ganze) von einem außerhalb ihrer stehenden, ihr übergeordneten Raum aus konzipiert sein muß (Poincaré-Prinzip [12]). Läßt sich demnach Rekursivität oder Paradoxie nur von einer Basis aus behandeln, die nicht selbst in sie einbezogen ist (Abbildung 1), so ist damit der schon bekannte Sachverhalt bestätigt (vgl. Schema Abschn. 2.4).

5.3 Zwischen (kreativer) Setzung und (operativ ausführbarer) Kreisrelation besteht (ebenso wie zwischen Vorbedingung rationalen Argumentierens und dem Argumentieren selber) keine Identität, auch keine eindeutige Verbindung, sondern die fundamentale, nicht mehr überholbare Metarelation der **Komplementarität**. Glaubt der Anhänger der EET, auch die Set-

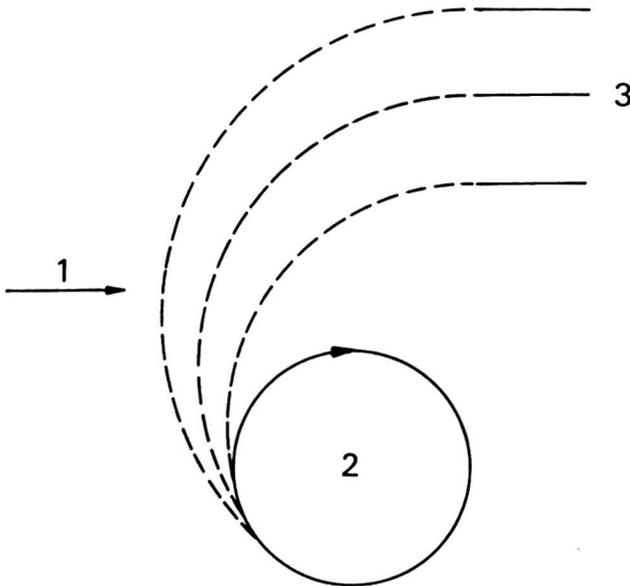


Abb. 1: Schematischer Zusammenhang zwischen Setzung oder Formulierung (1) und Ausführung eines Paradoxes (2) und seiner Überführung (Auflösung) in Sprachebenen (3).

zung (die ähnlich der Selbständigkeit eines Beobachters seinem Beobachtungsgut zu verstehen ist) in die Kreisrelation einfügen zu können, dann würde er für die erweiterte Relation wieder einer Setzung bedürfen (Abbildung 2). Die stete Transzendenz des Erkennungssubjekts dem (gegenständlichen) Erkennen gegenüber reißt jedoch keinen leeren „regressus ad infinitum“ auf, sondern bringt die Tatsache des Hineinreichens des Subjekts in „Unendlichkeit“ deutlich zum Bewußtsein. Geht doch die unendliche (besser: endlose) Bildung neuer Setzungspfeile (bei Einschluß der früheren in die Zirkularität) in Abbildung 2 der infiniten (abzählbar unendlichen) Zahlenreihe konform (in der Philosophie: der „schlechten Unendlichkeit“), der die überabzählbare (aktuale) Unendlichkeit („wahre Unendlichkeit“ der Philosophie) gegenübersteht [13]. Wo immer **autologische Relationen** mit ihrer Beschreibung von Beschreibung, Beobachtung von Beobachtung oder Erkennung von Erkennung [14] vorliegen oder Aussagen zu machen sind wie: eine Theorie wäre komplex genug, um sich selbst zu beschreiben, hängt deren Formulierung und Erfassung stets von einem ihnen übergeordneten Standpunkt ab.

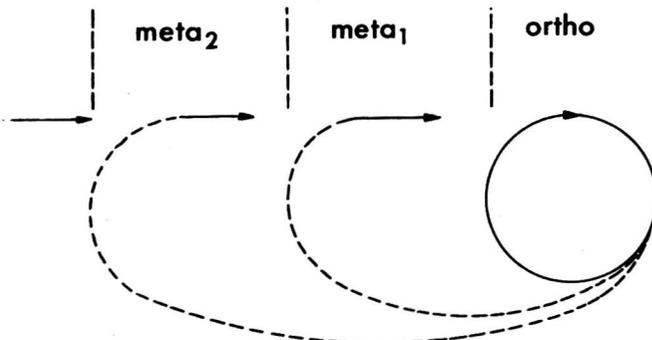


Abb. 2: Notwendigkeit eines (weiteren) Setzungspfeils auf höherer Sprachebene bei Einbeziehung der Setzung für Zirkularität (auf niederer Sprachebene) in erweiterte Zirkularität.

5.4 Die Komplementarität läßt sich auch wie folgt verdeutlichen (Abbildung 3): Geht auf dem untersten Niveau der Sprachhierarchie, dem der Objekt- oder Orthosprache, ein Programm (eine Form) scheinbar aus dem Prozeß (dem Operieren) hervor, dann erbringt die Aussage auf der nächsthöheren Schichte sprachlicher Differenzierung, der der Metasprache, schon das Gegenteil dieser Verhältnisse; die Widersprüchlichkeit beider Aussagen wird durch die Feststellung auf der Ebene der Metasprache₂ gelöst, dergemäß die bisherige **Unentschiedenheit aspektabhängig** und die (relativ) **definitive Darstellung** der Verhältnisse in der Bestimmung der Relata der Komplementarität durch das ihnen Übergeordnete zu suchen ist. Der Vergleich zwischen Abbildung 2 und 3 liegt nahe.

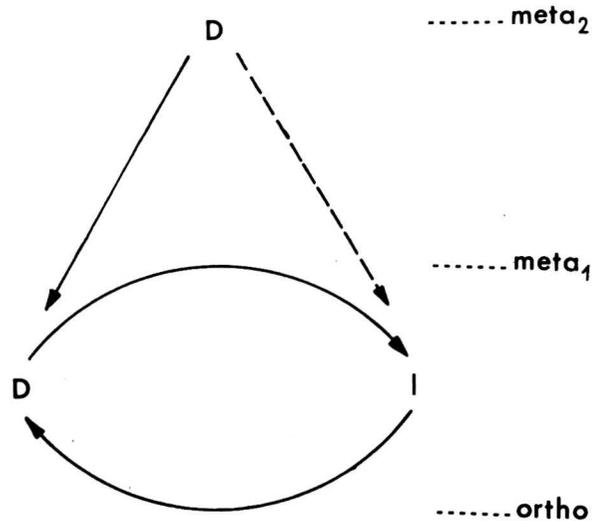


Abb. 3: Veranschaulichung der struktural relationalen Zusammenhänge bei Komplementarität: Auf der Ebene der Orthosprache geht scheinbar die Beschreibung (oder Form) (D) aus ihrer Interpretation (I) (z. B. einem Naturvorgang oder der Ausführung einer Berechnung) hervor; die Aussage auf der Ebene der Metasprache₁ legt zunächst die Möglichkeit einer gegenteiligen Abhängigkeit dar: der komplementäre Sachverhalt der Beziehung von D und I kann vollständig nur unter Einbeziehung einer Beschreibung (D) auf der Ebene der Metasprache₂ erfaßt werden. Erfordert diese Beschreibung wieder eine Interpretation, so muß weiter in der Sprachhierarchie aufgestiegen werden.

6.0 Die Unmöglichkeit einer „Entstehung“ von Sprache oder Bewußtsein

6.1 Die EET gibt vor, gezeigt zu haben, wie „die Faktoren der organischen Schöpfung“ – gemeint ist „Evolution“ – „den menschlichen Geist erschaffen“ haben [15]. Hierzu ist einiges zu bedenken. Von „Entstehung“ eines Algorithmus kann man nicht sprechen, weil er als vorgegebene mathematische Struktur dem Menschen „aufgeht“. Auch dem Denken und der Sprache geht (a) die Erkenntnisform (a-priori) und (b) das Denk-, Sprech- und Erkennbare der Wirklichkeit voran, ehe es sich im Akt des Subjekts aktualisiert. Der Glaube, daß das als Vorausgehendes (und Gestaltendes) sich Offenbarende von etwas „geschaffen“ wurde, das sich erst im Laufe der „Evolution“ gestaltet, läßt in einen **Trugschluß** geraten, weil der einen solchen „Gestaltungsprozeß“ Vertretende auch für seine Behauptung das Vorgehende anerkennen muß [16]. Die in der Sprache sich kundgebende Grammatik zeugt von der Macht der Wirklichkeit und gestattet als gleiche Grundstruktur „der“ Sprache kontingente Ausformung empirischer Sprachen [17]. Die wesensmäßige Einheit von „Vernunft ist Sprache“ (Hamann) versteht Platon als Teilnahme („methexis“) des Menschen an dem, was Vernunft von sich vermittelt der Sprache offenbart. Der Trugschluß, der entsteht, wenn man das Gegebene erklären und von anderem (ihm Unterworfenen) ableiten will, liegt allen „Genese“-Modellen [18] zugrunde; er wird besonders deutlich beim Versuch, das Bewußtsein als etwas Entstandenes darzustellen.

6.2 Die Ungereimtheit, an einer „Entstehung“ von Bewußtsein festzuhalten, wird aus der Identifikation von Bewußtsein mit Subjekt ersichtlich; „Entstehung“ des letzteren würde gleichbedeutend sein mit seinem Hervorkommen (seiner „Emergenz“) aus einem objektiven Naturprozeß, genannt „Evolution“. Da sich aber das Subjekt nicht unter die Methodologie der „galileischen Wissenschaft“ bringen, d. h. sich nicht zählen, messen oder wägen läßt, muß es „Epiphänomen“ eines objektiven Systems genannt, anschließend aber nicht weiter beachtet werden. Als Produkt einer „Evolution“ – wenn man darunter deskriptiv den Werdezusammenhang zwischen Organismen versteht [19] – ist bestenfalls der „Apparat“ des Bewußtseins, das Gehirn, anzusprechen. Doch begründet dieser Umstand nicht die Ansicht, die Komplexitätszunahme des Apparates führe zu immer mehr Bewußtsein (und beim Menschen zuletzt zu Selbstbewußtsein). Zwar ist Auftreten und Tätigkeit des Bewußtseins an Vorhandensein und Funktionieren eines Gehirns gebunden, dennoch ist es keine Funktion (und erst recht kein Produkt) „seines Apparates“.

6.3 Das Problem der Vorgegebenheit besteht unverrückbar auch hier: nur dort, wo bereits ein Bewußtsein existiert, kann es sich als Bewußtsein wahrnehmen; für Erkennung von Bewußtsein als **meines** Bewußtseins muß **ich** (als Subjekt) schon vorhanden sein. Ist Subjekt [20] ungegenständliche Voraussetzung jeder Erkenntnis, besonders der Erkenntnis, ein Ich zu sein und Bewußtsein zu haben, dann kann nicht sinnvoll von „Entstehung“ von Bewußtsein gesprochen werden [21]. Ebenfalls nicht gerechtfertigt ist es, hier wieder das Voraussetzende und das Vorausgesetzte durch einen Kreisprozeß zu verbinden (und damit gleichzeitige „Entstehung“ beider anzudeuten). Hermann Weyl (1885–1955), der große Mathematiker, bekennt seine Ehrfurcht vor dem Unerklärlichen, wenn er [22] „das rätselhafte Reale“ bewundert, „in dessen Natur es liegt, daß ihm die gegenständliche Welt“ (und es ließe sich ergänzen: „und es sich selbst“) „in Bewußtseinserlebnissen erscheint“.

7.0 Schlußbetrachtung

Biologen werden der EET möglicherweise zustimmen, weil sie von Fachkollegen konzipiert wurde und ihre Wissenschaft aufzuwerten scheint. Beifall, der sich seinem eigenen Vorurteil zuwendet, ist allerdings kein Güte- und Gültigkeitsausweis für eine Theorie; für sie ist allein Bestehenkönnen vor der Vernunft entscheidend. Das Angebot der EET, sich der Falsifikation zu stellen [23], geht ins Leere, da es sich bei ihr nicht um eine empirische Theorie handelt und nur für eine solche das Kriterium der Falsifikation von Bedeutung ist. Die Auseinandersetzung mit der EET wird solange geführt werden müssen, als sie widervernünftig Vernunft („Geist“, Sprache, Denken) zum Produkt der „Evolution“ gedradert. Anerkennung der Vernunft durch die EET würde aber der Selbstliquidation dieser Lehre gleichkommen, der sie naturgemäß emotionalen Widerstand entgegengesetzt.

Anmerkungen und Literatur

- [1] Evolution im wahren Wortverständnis (Auswicklung) weist auf schon Vorhandenes, ihr Substrat, hin. Demgegenüber ist (unter Anführungszeichen geschriebene) „Evolution“ gleichbedeutend mit einem Mechanismus, der aus nichts etwas produziert und aus Materiellem Leben, ja, sogar Vernunft und Sittlichkeit hervorbringt (besser: hervorbringen soll).

- [2] R. Riedl: „Evolution und Erkenntnis“, *Wiss. Nachr.* **61** (Jänner 1983), p. 5–9.
 [3] Im erwähnten Artikel die Abbildungen 1–3 (p. 6).
 [4] R. Riedl: „Die Strategie der Genesis“, Piper: München 1976.
 [5] Infolge seiner strengen Regelmäßigkeit ist der Algorithmus selbst nicht schöpferisch; das Moment der Kreativität liegt an seinem Beginn, dem Konzipieren der Funktion.
 [6] L. Löfgren: „Relative Explanations of Systems“, in: J. Klir (Ed.): „Trends in General Systems Theory“, Wiley, New York 1972, p. 340–407.
 [7] Ist z. B. die Bedeutung des Satzes: „Eine Turing-Maschine mit Gödel-Nummer z wird, wenn sie vom Argument x ausgeht, schließlich anhalten“ bekannt, so existiert doch keine effektive Methode, die für ein beliebiges x den Wahrheitswert zu dieser Wahrheitsbedingung liefert. (S. Kleene: „Introduction to Metamathematics“, Van Nostrand: Princeton N. J. 1952).
 [8] L. Löfgren: „Methodologies of the Induction Problem“, 5th Europ. Meeting on Cybern. a. Syst. Res., April 8–11 1980, Vienna.
 [9] D. Scott: „Outline of a Mathematical Theory of Computation“, Report No 2, University of Oxford, Programming Research Group 1970.
 [10] A. Tarski: „Logics, Semantics, Metamathematics“, Clarendon Pr.: Oxford 1956.
 [11] Nur eine Theorie, die ein Modell bildet (oder deren Beschreibung durch Interpretation ergänzbar ist), besitzt Konsistenz.
 [12] S. Kleene l. c. Anm. 7.
 [13] Da letztere nur aufweisbar, der Ratio aber nicht zugänglich ist, besteht auf Grund des Gödel-Satzes Uneindeutigkeit (und Unabgeschlossenheit) auch jeder, sich der Mathematik bedienenden empirischen Theorie.
 [14] L. Löfgren: „Life as an Autolinguistic Phenomenon“ in: M. Zeleny (Ed.): „Autopoiesis. A Theory of Living Organization“, North Holland: New York/Oxford 1981, p. 236–249.
 [15] K. Lorenz: „Nichts ist schon dagewesen“, in: R. J. Riedl & F. Kreuzer (Hrsg.): „Evolution und Menschenbild“, Hoffmann & Campe: Hamburg 1983, p. 138–144.
 [16] Wozu auch zu fragen wäre, aus welchem Grund jemand, der für Erkennen das dieses Ermöglichende zur Kenntnis nehmen muß, für das Sein solches Vorausgehende leugnet und sich über die Problematik durch ein Werde-Schema hinwegtäuscht.
 [17] A. Locker: „Meta-theoretische Voraussetzungen der Formalen und Empirischen Linguistik“, *Nova acta Leopoldina NF 54* (245) 67–96 (1981); A. Locker: „Evolution – Begriff und Theorie unter der Sonde von Sprach- und Wissenschaftskritik“ in: A. Locker (Hrsg.): „Evolution – kritisch gesehen“, Pustet: Salzburg/München 1983, p. 11–46.
 [18] A. Locker: „Selbstentstehung von Leben und Vernunft – ein Trugschluß. Die Unhaltbarkeit von Genesemodellen“ in: H. Nagl-Docekal (Hrsg.): „Überlieferung und Aufgabe. Festschrift für Erich Heintel“, Braumüller: Wien 1982, Bd. 2, p. 35–69.
 [19] Eine Umschreibung, die zwischen Evolution in wahrer Wortbedeutung und „Evolution“ als Mechanismus einzuordnen ist (vgl. Anm. 1).
 [20] A. Locker: „Essentials of a Cybernetic Model of Consciousness“, *Progr. Cyb. Syst. Res.* **7**, 323–328 (1980).
 [21] Das Wort „Entstehung“ meint immer Zustandekommen von etwas aus einem anderen (was allerdings einen Sprachverstoß mit sich bringt; vgl. A. Locker l. c. 1983, Anm. 17). Hingegen geht Nichtgegenständliches aus sich selbst hervor: Leben aus Leben, Gestalt aus Gestalt, Bewußtsein aus Bewußtsein (wenn auch jeweils repräsentiert an anderem).
 [22] H. Weyl: „Raum, Zeit, Materie“, Verlag Julius Springer, Berlin, 1923⁵.
 [23] Riedl l. c. Anm. 1 (p. 9).

BIOLOGIE, GEOWISSENSCHAFTEN

Prof. F. Muckenhuber

Ab Nr. 66 (Sept. 1984) übernehmen Frau Dr. Binder, Herr Mag. Dirnberger und Herr Dr. Niggler an Stelle des aus Altersgründen ausscheidenden bisherigen Spaltenleiters Herrn Prof. Muckenhuber die Leitung der Spalte „Biologie, Geowissenschaften“.

Danksagung

Lieber Kollege Muckenhuber!

Nachdem Sie von der Stunde Null an unermüdlich durch volle 17 Jahre diese Spalte gewissenhaft, mit liebevoller Bereitschaft und Umsicht betreut und mit ungezählten Beiträgen, obwohl schon lange im Ruhestand, bereichert haben, übergeben Sie nun die Leitung jüngeren Händen.

Ich darf Ihnen, lieber Freund, im Namen unserer Leser sowie im eigenen Namen für Ihr selbstloses, nie erlahmendes Engagement sehr herzlich danken! Unsere Zusammenarbeit hätte nicht besser sein können als wie sie es war. Sie haben es immer verstanden – obzwar das oft gar nicht leicht fiel – namhafte Autoren für Beiträge zu gewinnen und damit wesentlich zum Ansehen der „Wiss. Nachr.“ beigetragen.

Mit allen guten Wünschen für Ihr weiteres Wohlbefinden und der leisen Hoffnung, hin und wieder einen Beitrag aus Ihrer Feder zu erhalten, grüßt Sie in alter Verbundenheit

Ihr

Walter Kranzer

Schmerz und Sucht

Schmerz

Schon seit dem Bestehen der Menschheit stellt der Schmerz, ebenso wie die Sucht, eine große Geißel dar. Der Schmerz wurde zu verschiedenen Zeiten verschieden behandelt und läßt sich heute trotz modernster medizinischer Methoden nicht ohne Nebenwirkungen „betäuben“. So stellt uns die Schmerzbehandlung mit Medikamenten (Analgetika) vor ein großes Problem: Gegen starke Schmerzen gibt es heute praktisch kein Medikament, das nicht die Gefahr in sich trägt, abhängig zu machen.

Was ist Schmerz, wie sieht er aus, wo finden wir ihn und wie wird er behandelt?

Der Schmerz läßt sich nach seinem Entstehungsort in somatischen und viszeralen Schmerz aufteilen (s. Abb. 1): Von **somatischem Schmerz** spricht man dann, wenn die Schmerzempfindung von Haut, Muskeln, Gelenken, Knochen oder von Bindegewebe ausgeht. Ist der Reiz in der Haut lokalisiert, so bezeichnet man die dadurch ausgelöste Empfindung als Oberflächen-schmerz. Er ist gut lokalisierbar und klingt nach Beendigung des Reizes schnell wieder ab. Die Bedeutung des dabei auftretenden ersten Schmerzes liegt vor allem darin, daß er ge-

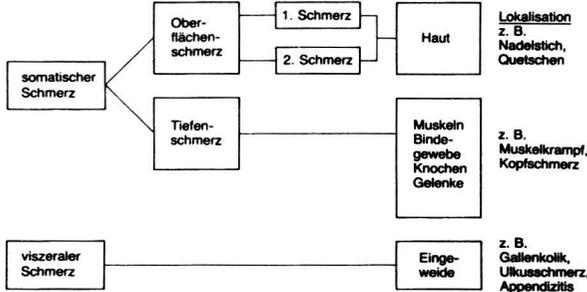


Abb. 1: Einteilung der Schmerzqualitäten nach ihrer Lokalisation (aus G. Thews, 1980, S. 560).

wöhnlich eine reflektorische Fluchtreaktion einleitet. Diesem ersten Schmerz folgt oft nach kurzer Pause ein zweiter Schmerz von dumpfem oder brennendem Charakter, der schwer zu lokalisieren ist und langsam abklingt.

Der von Muskeln, Gelenken, Knochen und Bindegewebe kommende Schmerz wird Tiefenschmerz genannt, dessen bekanntestes Beispiel der Kopfschmerz darstellt. Der Tiefenschmerz ist schwer lokalisierbar und ist genau wie der zweite Schmerz vielfach von affektiven und vegetativen Reaktionen wie Unlust, Übelkeit, Schweißausbruch und Blutdruckabfall begleitet.

Der **viszerale** oder **Eingeweide-Schmerz** hingegen tritt bei Dehnung der Bauchorgane, Spasmen der glatten Muskulatur, Mangel durchblutung und entzündlichen Erkrankungen auf.

Vorstellung der Schmerzentstehung

Der Schmerz wird von der Reizstelle, von spezifischen Schmerzrezeptoren (Nozirezeptoren) weg durch bestimmte Afferenzen (Nervenfasern) ins Rückenmark geleitet (s. Abb. 2, 3, 4).

Als Nozirezeptoren dienen vorwiegend freie Nervenendigungen der Schmerzfasern, sie befinden sich in der Haut, in Schleimhäuten und in der Gefäßwand, besonders zahlreich finden sie sich in schmerzempfindlichen Geweben wie Hornhaut, Trommelfell und Zahnpulpa, ebenso in ulzerösem Hautgewebe, wo nur Schmerz und keine anderen Empfindungen ausgelöst werden können. Dabei kommt es bei einer Verletzung (Noxe) zur Freisetzung körpereigener Substanzen (Schmerzstoffe) aus den geschädigten Zellen, die zu einer Erregung der Schmerzrezeptoren führen. Solche Schmerzstoffe sind u. a. Kinine, insbesondere Bradykinin, sowie verschiedene Neurotransmitter wie Histamin, Acetylcholin und Serotonin. Eine Erhöhung der Konzentration an Wasserstoffionen und Kalium-Ionen erfolgt ebenso wie eine Synthese von Prostaglandinen, die für den Dauerschmerz von großer Rolle sind. Eine Weiterlei-

tung des Schmerzreizes erfolgt einerseits über rasch leitende myelinhaltige A-Fasern und andererseits über langsam leitende myelinfreie C-Fasern bis zum Hinterhorn der grauen Substanz. Dort trifft die Nachricht über die Schmerzreize in Form von Aktionspotentialen ein (s. Abb. 3, 4). An den Umschaltstellen der Rückenmarkneuronen, den Synapsen, wird dadurch ein chemischer Transmitter ausgeschüttet, der auf die Hinterhornneurone erregend wirkt (s. Abb. 3). Bei ausreichender Erregungssumme entstehen in den Rückenmarkneuronen ebenfalls Nervenimpulse, die über die Axone zu motorischen Vorderhornzellen, zu sympathischen Seitenhornneuronen und über aufsteigende Bahnen in der weißen Rückenmarksubstanz zum Gehirn, wo es in der Hirnrinde zu einer Verarbeitung dieses Reizes und zum eigentlichen Schmerzgefühl kommt, weitergeleitet werden.

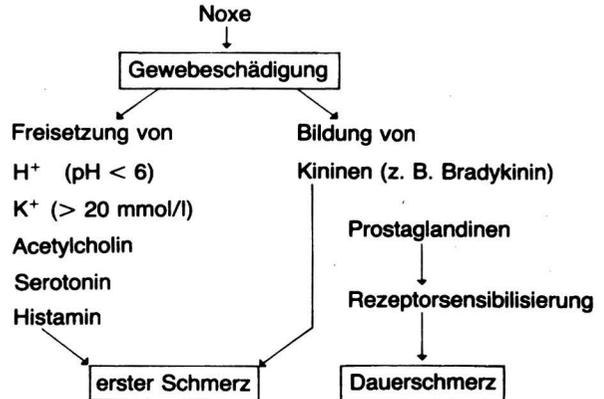


Abb. 2: Mediatoren, die nach Gewebeschädigung einen Schmerzreiz auslösen können (aus G. Thews, 1980, S. 562).

Klassische Vorstellung im Schmerzgeschehen

Schmerzleitung:

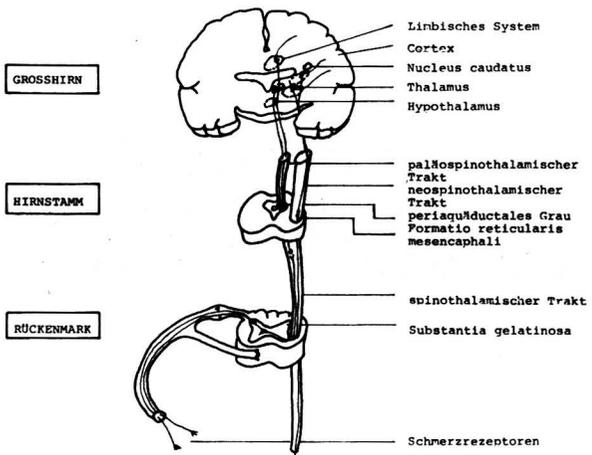


Abb. 3: Schmerzgeschehen, dargestellt als Blockdiagramm mit Sender, Übermittler und Empfänger sowie den jeweiligen Wirksubstanzen, die den Schmerz an verschiedenen Stellen bekämpfen.

Schmerzleitung und Substanz P

Der Schmerz wird von den Rezeptoren aufgenommen, über Nervenfasern bis ins Hirn geleitet und dort erst als Schmerz wahrgenommen (verändert nach L. Flohe [1978] und S. Snyder [1977]).

Es dienen also in den nichtmyelinisierten Schmerzfasern (C-Fasern) bestimmte Substanzen als erregende Transmitterstoffe. Eine solche Substanz wurde 1931 von Euler und Gaddum (Euler und Gaddum, 1931) gefunden. Es handelt sich dabei um die sogenannte **Substanz P (SP)**, ein Undecapeptid, bestehend aus folgenden 11 Aminosäuren mit folgender Aminosäuresequenz:

H-Arg-Pro-Lys-Pro-Gln-Gln-Phe-Phe-Gly-Leu-Met-NH₂
Für ihre Funktion als Neurotransmitter, so der Gräzer

*) Zoologisches Institut der Universität Salzburg, Akademiestr. 26, 5020 Salzburg, Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Hans Adam.

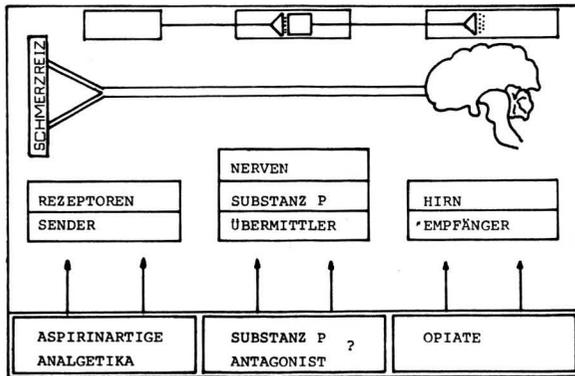


Abb. 4: Schmerzbahnen.

Schmerzforscher Professor Fred Lembeck (Lembeck, 1978), sprechen u. a. folgende Fakten:

1. In den dorsalen Rückenmarkswurzeln, wo periphere Schmerzfasern in das Rückenmark eintreten, fand sich ein höherer SP-Gehalt als in den ventralen.
2. In den synaptischen Vesikeln und Nervenendigungen, wo auch andere Überträgerstoffe gespeichert sind, wurde SP gefunden.
3. Aus solchen Speicherstellen konnte SP durch elektrische Reizung und hohe Kaliumkonzentration freigesetzt werden.

Ziel der SP-Forschung ist u. a., einen Wirkstoff zu finden, der verhindert, daß der Schmerzreiz durch SP weitergeleitet wird. Bisher konnte ein solcher SP-Antagonist nicht gefunden werden.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Experimentelle und Klinische Pharmakologie der Universität Graz (Vorstand Prof. Dr. Fred Lembeck) werden am Zoologischen Institut der Universität Salzburg (Vorstand: Prof. Dr. Hans Adam) phylogenetische SP-Studien durchgeführt. Demnach findet sich diese SP in nachweisbaren Mengen und in unterschiedlichen Konzentrationen in Hirn, Darm und Haut bei einem der ältesten Wirbeltiere überhaupt, nämlich in der Myxine glutinosa, zu deutsch Schleimaal. Bei *Branchiostoma lanceolatum* (Lanzettfischchen), *Salmo gairdneri* (Regenbogenforelle), *Bufo bufo* (Kröte) und *Xenopus laevis* (Krallenfrosch) konnte sie ebenfalls wie bei *Testudo kleinmanni* (Landschildkröte), *Lacerta sp.* (Eidechse) und *Teleogryllus comm* (Grille), gefunden werden (Bernatzky, 1981). In der Hydra konnte sie schon 1979 von Taban gefunden werden.

Derzeit sind am Zoologischen Institut d. Univ. Salzburg weitere Untersuchungen hinsichtlich ihrer Funktion bei niederen Tieren im Gange.

Schmerz und Endorphine

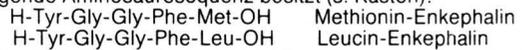
Es gibt Substanzen, die die Schmerzleitung am zentralen Ende stören: **Endorphine**: „Sie unterdrücken die Schmerzempfindungen, sie schützen nicht nur vor der Wahrnehmung des Schmerzes, sondern sind offenbar auch die materielle Grundlage des Lustgefühles und in der Stunde des Todes die Droge, mit der sich angstfrei, ja glücklich sterben läßt“ (Spiegel 1978, S. 166). So euphorisch darf die Wissenschaft diese „Droge“ heute allerdings nicht mehr sehen.

Weitweit beschäftigen sich Forschungsinstitute mit dieser Gruppe von Substanzen: Auf der Suche nach Analgetika, die keine Abhängigkeit hervorrufen, fanden 1973 die Schmerzforscher S. Snyder in Baltimore, E. Simon in New York und Terenius in Uppsala mittels radioaktiv markierter Opiate sogenannte Opiatrezeptoren in Teilen des Hirnstammes, vor allem in der Umgebung des Ventrikelsystems in der Nähe des Mittelhirns. Möglicherweise sind gerade diese Opiat-Rezeptoren für die euphorisierende Wirkung, für die Beseitigung von Unlust und Angst von Bedeutung.

Snyder interpretierte 1977 deren Vorhandensein folgendermaßen: „Die Natur hat wohl kaum Giftrezeptoren nur deshalb ins Gehirn gepflanzt, um es für Drogen empfänglich zu machen“ (Snyder, 1977).

Zwei Jahre später fanden schottische Biochemiker eine Antwort darauf: Sie isolierten jene körpereigenen Opiate, die sich an diese Opiatrezeptoren anlagern: Hughes und Kosterlitz aus Aberdeen extrahierten aus dem Gehirn von Schweinen Material, das auf isolierte Organe opiatartig wirkte. Sie entdeckten im Gehirn von Maus, Ratte, Meerschweinchen, Kaninchen, Schwein und Rind sowie im Dünndarm des Meerschweinchens die sogenannten Endorphine (aus endogen = von innen her und morphine = Rauschmittel aus Schlafmohn), die sie zu-

nächst als Enkephaline bezeichneten. Im selben Jahr wurden diese Substanzen von Pasternak u. a. auch noch im Gehirn des Rindes gefunden, Teschemacher wies sie in deren Hypophyse nach, Terenius und Wahlström im menschlichen Liquor cerebrospinalis (Hirn-Rückenmarkflüssigkeit). Weiters konnten Endorphine in den Nervengeflechten der Nieren, des Pankreas und der Plazenta sowie in Blut und Urin gefunden werden. Bei der Planarie (*Crenobia alpina*) fand sie Kerschbaum 1983 (Kerschbaum, 1983). Bei diesem Tier könnten Endorphine vermutlich als Neurotransmitter oder Neuroregulator Einfluß auf die Ernährung, den Verdauungsprozeß oder die Gonadenreife haben. Zwei strukturell sehr ähnliche Pentapeptide konnte 1975 Hughes aus dem Schweinehirn isolieren, deren Struktur folgende Aminosäuresequenz besitzt (s. Kasten):



Substanzen mit dieser Aminosäuresequenz extrahierten Simantov und Snyder 1976 aus dem Rinderhirn. Aus dem Hirn von Affen wurden sie 1976 von Simantov u. a. gewonnen und beim Menschen fanden sie unabhängig voneinander Wahlström und Frederickson im Jahr 1976.

Diese Pentapeptide Methionin-Enkephalin und Leucin-Enkephalin finden sich in besonders hoher Konzentration in folgenden Gebieten (s. Abb. 5):

- a) Hinterhorn des Rückenmarks
- b) Mediale Abschnitte des Hirnstammes
- c) Bestimmte zum limbischen System gehörende Kerngebiete.
- d) Dorsales Mittelhirn.

Zumindest die ersten drei der genannten Abschnitte des ZNS stehen in engem Zusammenhang mit dem Schmerzgeschehen:

- a) werden die von der Peripherie kommenden Schmerzreize erstmals umgeschaltet.
- b) befinden sich Knotenpunkte des Schmerzsystems, von wo aus schmerzregulierende, in den Cortex führende Nervenfasern ihren Ausgang nehmen.
- c) findet die psychische Verarbeitung des Schmerzgefühls statt.

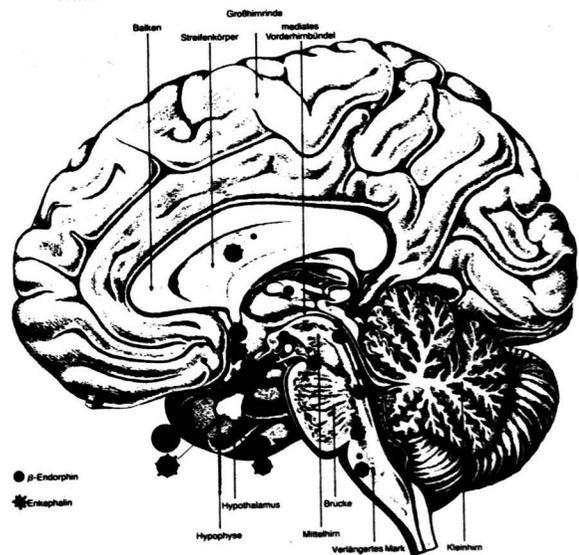


Abb. 5: Verteilung und Konzentration von Methionin-Enkephalin und β -Endorphin im Gehirn des Menschen (aus A. Herz, 1980, S. 87).

Pharmakologische und physiologische Wirkungen der Endorphine:

Grundsätzlich bestehen auffallende Ähnlichkeiten zwischen Endorphinen und Neurotransmittern:

1. Vorkommen in Nervenzellen (im Zellkörper, im Axon und in Nervenenden)
2. Freisetzung durch chemische und elektrische Stimulation und eine nachfolgende rasche Inaktivierung.

Da Endorphine die Ausschüttung klassischer Neurotransmitter (vermutlich auch von SP) hemmen, werden sie den hemmend wirkenden Neurotransmittern zugeordnet. Diese Entdeckung der Wirkungsweise der Endorphine öffnete neue Aspekte in der Schmerzforchung: Können sie als neue Substanzen helfen, den Schmerz zu unterdrücken, um damit ein schmerzfreies Leben zu ermöglichen?

Können sie zur Abhängigkeit führende schmerzlindernde Suchtgifte ersetzen? Fragen, deren Beantwortung im molekularbiologischen Bereich liegt und von enormer Bedeutung ist. Zum Mechanismus der Enkephalinhemmung hat Snyder 1977 folgendes Modell entwickelt:

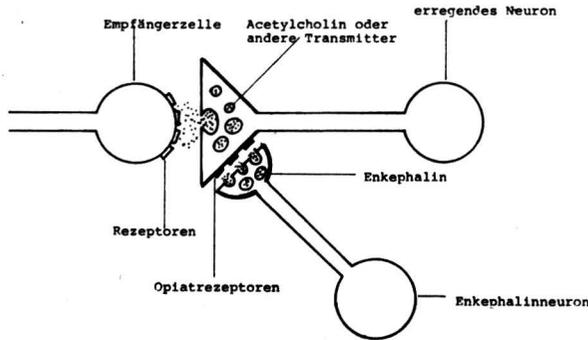


Abb. 6: Enkephalinhemmung (nach Snyder 1977). In der dargestellten Weise hemmt vermutlich Enkephalin die Schmerzleitung zwischen Rückenmark und Hirn: Die Ausschüttung von Neurotransmittern, wie z. B. Acetylcholin oder SP, wird durch ein angeschlossenes Enkephalin-Neuron gehemmt.

Endorphine und Streß

Neuere Forschungen zeigen, daß Endorphine nicht nur den Schmerz und das Schmerzerleben mindern und die Körpertemperatur und Nahrungsaufnahme regeln, sondern daß sie auch verschiedene andere Funktionen, wie Reaktionen auf den Schock und den Sexualtrieb, beeinflussen.

Die Konzentration von Endorphinen im Körper steigt proportional mit der durch Streß verursachten Bildung von Hormonen (Adrenalin) an (Teschemacher, 1978). Dabei wird dieses β -Endorphin neben anderen Hormonen auch von der Hypophyse an das Blut abgegeben (Guillemin, 1977). „Diese Ausschaltung eines an und für sich existenzhaltenden Warnsystems, wie es der Schmerz darstellt, erscheint in bedrohlichen Situationen sinnvoll, weil dadurch die Verteidigungsmöglichkeiten des Individuums verbessert und somit seine Existenzhaltung in weiterem Sinne gewährleistet wird“ (Teschemacher, 1978, S. 1270).

Endorphine und Akupunktur

Mayer und Mitarbeiter (Mayer u. a., 1977) führen eine durch Akupunktur ausgelöste Analgesie auf die Ausschüttung von Endorphinen zurück. Dieser analgetische Effekt kann nämlich durch Naloxon, eine Substanz, von der bekannt ist, daß sie auch Morphinwirkungen aufhebt (Morphinantagonist), verhindert werden. Auch Pomeranz und Clim (1976) berichten über eine erfolgreiche Anwendung der Elektroakupunktur bei Tieren. Die dabei auftretende langanhaltende Analgesie wird ebenfalls durch Naloxon aufgehoben.

Endorphine und Sucht

Schon vor vielen Jahren haben Dole und Nyswander der Sucht eine Stoffwechselstörung des Gehirns zugrunde gelegt.

Möglicherweise spielt dabei eine Störung des Endorphin- und Enkephalinhaushalts eine große Rolle: „Im Ruhezustand sind die Opiatrezeptoren mit einer bestimmten Menge Enkephalin versorgt. Führt man Morphin zu, so bindet es sich an die gleichen Rezeptoren und verstärkt den analgetischen Effekt des Enkephalinsystems. Bei anhaltender Opiatzufuhr werden die Zellen, die Opiatrezeptoren haben, damit überladen und veranlassen die Enkephalin-Neuronen, die Ausschüttung von Enkephalin zu beenden. Die Empfängerzellen sind nun nur dem Morphin ausgesetzt und reagieren damit. Endet die Morphinzufuhr, so finden die Opiatrezeptoren weder Morphin noch Enkephalin vor, und dies stellt den Beginn der Entziehungssyndrome (Angst, Niedergeschlagenheit, krampfartige Bauchschmerzen, Gliederschmerzen, Verzweiflung) dar“ (Snyder, 1977, S. 53–54).

Sucht ist ein Zustand von chronischer Vergiftung und ist laut WHO dann gegeben, wenn folgende Bedingungen zutreffen:

1. Zwang, eine Substanz ständig einzunehmen und diese sich auf jede Weise zu verschaffen.
 2. Neigung zur Erhöhung der Dosis.
 3. Psychische und physische Abhängigkeit bei Unterbrechung der Zufuhr: Abstinenzsyndrom.
- „Vielleicht erklärt der beobachtete Endorphinmangel die gro-

ße Rückfälligkeit von Opiatsüchtigen: Sie könnten versuchen, den Mangel mit von außen zugeführtem Opiat auszugleichen“ (Herz, 1980, S. 85).

Endorphine und Schmerztherapie

Die anfängliche Hoffnung, mit Endorphinen ideale schmerzstillende Wundermittel gefunden zu haben, wird heute nicht einmal mehr von der Tagespresse kolportiert.

Endorphine sind aus mehreren Gründen heute und wahrscheinlich auch in der Zukunft kaum therapeutisch einsetzbar: Das geringere Problem stellt ihre Peptidnatur dar. Denn, obwohl Peptide im Magen-Darm-Trakt sehr schnell abgebaut werden und Endorphine nur bei direkter Injektion ins Gehirn analgetische Wirkung zeigen, könnte man dieses Problem durch leichte Veränderungen in der chemischen Struktur lösen. So hat z. B. der Schweizer Pharmakonzern Sandoz ein künstliches Enkephalin hergestellt, das im Magen nicht mehr zerstört wird. Folgende Tatsachen sind aber nicht zu übersehen: Alle bisher bekannten Opiate verursachen, wenn sie dem Körper von außen zugeführt werden, die gleiche physische und psychische Abhängigkeit wie Morphin.

Dem Ziel einer wirksamen Schmerzbekämpfung ohne den gegenwärtigen Nebenwirkungen (Sucht) wird man erst dann einen Riesenschritt näherkommen, wenn es gelingt, die Begriffe Schmerz und Sucht auf molekularbiologischer Ebene zu trennen.

Chemie der endogenen Opiate

Der Ausdruck „endogene Opiate“ wird als Überbegriff verwendet. Ganz exakt ist dieser Begriff Opiate nicht, da sich Enkephaline und Endorphine in ihrer chemischen Natur von natürlichen Opiaten deutlich unterscheiden: Die natürlichen Opiate gehören zu den Alkaloiden, während endogene Opiate Peptide sind, also aus einer Kette von Aminosäuren bestehen. Körper eigene Substanzen mit opiatartiger Wirkung werden als Endorphine (= endogene Morphine) zusammengefaßt.

Die Substanzgruppen der endogenen Opiate bestehen aus Bruchstücken des β -Lipotropin (LPH), das wiederum ein Bruchstück des Präproopiomelanocortin darstellt, wobei man zwei Systeme unterscheidet:

- a) die Endorphine oder Endomorphine,
- b) die Enkephaline.

Das LPH besteht aus 91 Aminosäuren: Ab der 61. Aminosäure beginnen die Sequenzfolgen der Enkephaline und Endorphine.

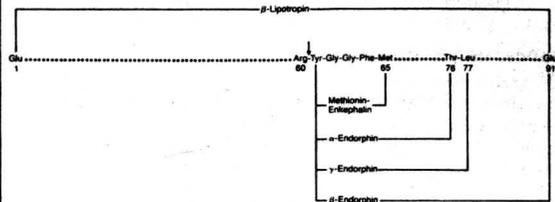


Abb. 7: Aminosäuresequenz von LPH, Leucin-Enkephalin, Methionin-Enkephalin und weiteren vier Endorphinen. Die hier dargestellten Teilsequenzen des LPH vom Schwein unterscheiden sich von denjenigen des Menschen in den Positionen 84 (Ile), 87 (Tyr) und 91 (Glu) (aus Herz, 1980, S. 87).

Aminosäuren

Arg	Arginin
Glu	Glutaminsäure
Gly	Glycin
Met	Methionin
Phe	Phenylalanin
Thr	Threonin
Tyr	Tyrosin

Die Aminosäuresequenz des Methionin-Enkephalin ist auch im β -Endorphin enthalten, das in der Hypophyse vorkommt. Dieses ist selbst wieder ein Bruchstück des β -Lipotropin (LPH). LPH hingegen besitzt keine Opiatwirkung, wohl aber das daraus durch enzymatische Spaltung entstehende β -Endorphin.

LITERATUR:

Bernatzky, G., Saria A., Adam H., Lembeck, F.: Substance P and Somatostatin in lower vertebrates. Naunyn Schmiedeberg's Arch. of Pharmacology, **316**, Suppl. R 1-R 82 (1981).

Costa, E., Trabucchi, M.: The Endorphins. Advances in Biochemical Psychopharmacology Vol. **18**, Raven Press, New York, 379 Seiten (1978).

Dole and Nyswander: Heroin addiction-metabolic disease. Arch. intern. Med. Vol. **120**, 19 (1967).

Euler, U. S., Gaddum, J. H.: An unidentified depressor substance in certain tissue extracts. J. Physio. Vol. **72**, 74 (1931).

Flohe, J., Frederichs, E.: Alte Probleme und neue Aspekte in der Analgesieforschung. Arzneimittel-Forsch./Drug Res. Vol. **28**, 99-106 (1978).

Guillemin, R.: Beta-Lipotropin and endorphins: impication of current knowledge. Hosp. Prac. Nov. p. 53-60 (1978).

Guillemin, R., Vargo, T., Rossier, J., Minick, S., Ling, N., Rivier, C., Vale, W., Bloom, F.: Science Vol. **197**, 1367-1369 (1977).

Herz, A.: Die Endorphine: ein Schlüssel zum Verständnis von Schmerz, Sucht und psychischen Störungen. Deutsche Medizinische Wochenschrift, Vol. **11**, 3717-373 (1979).

Herz, A.: Biochemische und pharmakologische Aspekte der Drogensucht. Spektrum der Wissenschaft, Vol. **4**, 78-90 (1980).

Hughes, J., et al.: Purification and properties of enkephalin—the possible endogenous ligand for the morphine receptor. Life Sci. **16**, 1753 (1975).

Kerschbaum, H., Hacker, G., Pohlhammer, K., Treiblmaier, K., Adam H.: Endorphinähnliche Immunreaktivität bei *Crenobia alpina* (Planarie, Turbellarie), Mikroskopie, in Druck (1983).

Kosterlitz, H. W.: Opiates and Endogenous Opioid Peptides. North-Holland P.C. Amsterdam, New York/Osford. 456 Seiten (1976).

Lembeck, F.: Ist Substanz P ein Neurotransmitter? Deutsche Medizinische Wochenschrift, Vol. **5**, 183-185 (1978).

Mayer, D. J., Price D. D., Rafii, A.: Antagonism of acupuncture analgesia in man by the narcotic antagonist naloxone. Brain Res. **121**, 368 (1977).

Melzack, R.: Das Rätsel des Schmerzes. Info Nr. 1, 6909, Hippokrates Verlag (1979).

Moisl, F.: Sucht: Drogen. UB, Vol. **47**, 7-18 (1980).

Pasternak, et al.: An endogenous morphinelike factor in mammalian brain. Life Sci. Vol. **16**, 1765 (1979).

Pille gegen Schmerz und Leid? Der Spiegel, Vol. **8**, 32, (1978).

Pomeranz, B., Clim, D.: Naloxone blockade of acupuncture analgesia: Endorphine implicated. Life Sci. Vol. **19**, 1757 (1976).

Rupprecht, R.: Das Schmerzempfinden des Menschen und der Tiere. UB 30, 2-11 (1979).

Simantov, R., et al.: The regional distribution of a morphine-like factor enkephalin in monkey brain. Brain Res. Vol. **106**, 189 (1976).

Snyder, S.: Opiate Receptors and Internal Opiates. Scientific American, Vol. **236**, 44-58 (1977).

Taban, Ch., Cathieni, M.: Localisation of substance P like immunoreactivity in Hydra. Experientia **35**: 811-822 (1979).

Taube, H. D.: Opiatrezeptoren und Endorphine, Anaesthetics Vol. **27**, 2-9 (1978).

Terenius, L., Wahlström, A.: Endorphins and clinical pain, an overview. 261-277 (1978).

Terenius, L. et al.: Morphine-like ligand for opiate receptors in human CSF. Life Sci. Vol. **16**, 1759 (1975).

Teschemacher, H. et al.: A peptide-like substance from pituitary that acts like morphine. Life Sci. Vol. **16**, 1771 (1975).

Teschemacher, H.: Endorphine — die endogenen Liganden der Opiatrezeptoren. Drug Res. Vol. **28**, (II), 1268-1270 (1978).

Thews, G., Mutschler, E., Vaupel, P.: Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen (Ein Lehrbuch für Pharmazeuten und Biologen, 792 Seiten, Wissenschaft. Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart (1980).

Wahlström, A. et al.: Characterization of endorphins (endogenous morphine-like factors) in human CSF and brain extracts. In: Kosterlitz, H. W. (ed): Opiates and endogenous opioid peptides. pp. 49-56, Amsterdam/North-Holland (1976).

Dr. Arnold Zimmermann*)

Aulandschaft

Die einzelnen Teillabschnitte

„Jeder Fluß strebt dem Meer zu“, heißt es in einer alten Schlagermelodie. „Jedes fließende Gewässer erodiert so lange, bis es sein Ausgleichsgefälle erreicht hat“, formuliert nüchtern der wissenschaftliche Text. Recht behält eher das Lied, die Wissenschaft aber nähert sich hier nur der Realität, ohne sie zu erreichen. Denn das „ideale“ Ausgleichsgefälle bleibt — in der Natur nie verwirklicht — Theorie. Nichtsdestoweniger ist diese Theorie von großem prognostischen (und damit praxisbezogenen) Wert. Sie besagt letztlich, daß ein Flußlauf im Idealfall eine vom Ursprung bis zur Mündung verflachende Parabel beschreibt. Im steilen Oberlauf wird somit Überschußenergie frei, die sich in verstärkter Schlepp- und Erosionskraft des Wassers äußert. Mit dem allmählichen Verflachen der Gefällekurve wird die Transportkraft des Wasserlaufes langsam aufgezehrt; daß sie nicht ganz erlischt, ist auf die durch Zubringer verstärkte Wasserführung zurückzuführen. Nun tritt der Tiefenschurf gegenüber seitlicher Erosion zurück. Pendelnde Strömungsbebewegungen des Wasserkörpers modellieren Prall- und Gleithänge heraus. Aus dem gestreckten Kerbtal des Quell- und Wildbachbereiches wird ein zunächst schmales, mehr oder weniger gewundenes Sohlental. Die Gleitufer bieten erstmals Raum für Gehölzstreifen, in denen vor allem Grauerden und Grauerlen stark zur Geltung kommen. Noch wird vorwiegend grobes Material (Schotter, Kies, in flacheren Sedimentationsstrecken auch Sand) aus dem vielfach erosionszerfurchten Sammelge-

biet transportiert. Erst auf den feinkörnigeren Ablagerungen des Mittel- und Unterlaufes (Sand, Schluff, Ton) entwickelt sich die ganze Palette vielfältigster Auenv egetation vom Spülsaum bis zur Hartholz-Au. Im Vorland windet sich der Fluß nun in Mänderschlingen durch tertiäres oder erdgeschichtlich jüngeres Aufschüttungsmaterial. Infolge der sanfteren Landschaftsformen nimmt das natürliche Überflutungsareal beiderseits des Flusses bedeutend zu. Wirbelnde Strömung wechselt mit ruhigen Flachwasserzonen, in denen Feinsedimente (Schlick) abgesetzt werden. Das Sohlgefälle sinkt im Unterlauf gewöhnlich unter 0,3%. Damit überdeckt nun die Sedimentation feinsten Partikel bei weitem die schon sehr schwache Erosionsleistung der Normalwasserführung.

Vom Quell- bis zum Unterlauf eines Fließgewässers herrschen somit recht unterschiedliche Abtragungs-(Erosions-) und Aufschüttungs-(Sedimentations-) Bedingungen.

Im Laufe der jungtertiären und quartären Landformung änderten sich diese Bedingungen mehrmals; so etwa im Eiszeitalter (Pleistozän), wo in den Alpentälern durch das Gletschereis sogenannte Trogtäler ausgeschürft wurden, während im Vorland die pleistozänen Terrassenfolgen entstanden.

Die Vegetation

Im Oberlauf ist für die Artenzusammensetzung der Ufergehölzstreifen vor allem deren Widerstandskraft gegen die hier noch gewaltige mechanische Zerstörungskraft des geschlebe-führenden Wildwassers maßgebend. Deshalb bilden Pionierweidengebüsche aus Grauweide, Purpurweide und Reifweide, meist zusammen mit der Grauerle, oft die einzige nennenswerte Auengesellschaft in der „Forellenregion“ (Abb. 1). Diese „Alleskönner“ unter den Auegehölzen sind wahre Regenerationswunder. Ihre Zähigkeit und ihr ungläubliches Ausschlagvermögen macht sich der Mensch im sogenannten „Lebendbau“ zunutze.

Demgegenüber ist die Auwaldserie im Vor- bzw. Tiefland hauptsächlich ökophysiologischen „Streß“-Situations ausgesetzt: dem ständigen, unberechenbaren Wechsel zwischen Überflutung und Austrocknung, der fortwährenden Übersandung bzw. Schlicküberdeckung, periodischem Grundwasseranstieg und damit verbundener Sauerstoffverknappung. In Anpassung an diesen so instabilen Lebensraum hat sich hier eine bunte Abfolge von ufernahen zu ufer- bzw. grundwasserfernen Pflanzengemeinschaften entwickelt, die im folgenden näher gekennzeichnet sei (Abb. 1).

ALPENVORLAND

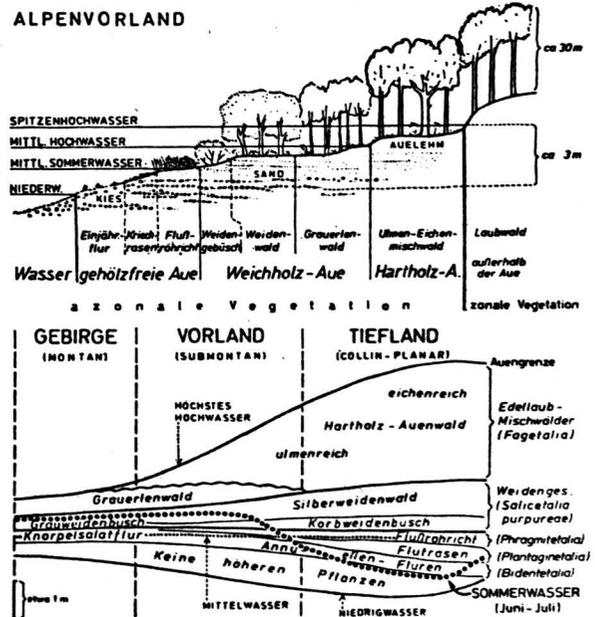


Abb. 1: Oben: Schematischer Querschnitt durch die vollständige Serie der Auenv egetation am Mittellauf eines Flusses im Alpenvorland. Der Grauerlenwald kann auf gleichem Niveau liegen wie der Weidenwald. Unten: Schematischer Längsschnitt durch die Vegetationsabfolge in Flußauen von den Alpentälern bis ins küstennahe Tiefland in Beziehung zum Jahresmittel (dünn punktiert) und Sommermittel (dick punktiert) sowie zur Schwankungshöhe des Wasserstandes. Aus H. ELLENBERG, 1963.

*) Institut für Umweltwissenschaften und Naturschutz, Heinrichstraße 5, 8010 Graz.

Spülsaum, Flutrasen und Schleiergesellschaften

Am Gewässerrand setzt sich speziell bei Hochwasserführung neben Schwebstoffen („Flußtrübe“) auch pflanzliches und tierisches „Getreibsel“ ab; eine düngende Fracht, die an Uferaufragigkeiten, an ins Wasser ragendem Weidengeäst, im Netzwerk rankender Lianen und dergleichen hängenbleibt. Demzufolge gedeihen in solchen Spülsaumen neben rasch vergänglichen Annuellenfluren (Annuelle = einjährige Kräuter) stickstoffliebende (nitrophile) Stauden besonders üppig, insbesondere solche, die sich rasch wieder aus dem „Schlamassel“ emporarbeiten können. So etwa das mit Klimmhäkchen versehene Klett-Labkraut (*Galium aparine*), ein sogenannter „Spreizklimmer“. Andere wieder, wie z. B. die Zaunwinde (*Calystegia sepium*) oder die neuerdings sich stark ausbreitende Stachelgurke (*Echinocystis lobata*), ein Kürbisgewächs, überspinnen schleierartig („Schleiergesellschaft“) alles mit einem zähen Fasernetz, um sich den Platz an der Sonne zu sichern. Ebenso machen sich die Waldrebe (*Clematis vitalba*), der Hekken-Knöterich (*Fallopia dumetorum*), die Kratzbeere (*Rubus caesius*), aber auch Neubürger (Neophyten), wie die gefürchtete Goldrute (*Solidago gigantea*, *S. canadensis*) im fast undurchdringlichen „Schleierdschungel“ breit.

In Dellen, wo stehendes Wasser sich länger hält, entwickeln sich Flutrasen. Die hier gedeihenden Arten, z. B. die Kriechquecke (*Agropyron repens*), das Weiße Straußgras (*Agrostis stolonifera*) oder der Kriechende Hahnenfuß (*Ranunculus repens*), gelangen mit einer anderen „Strategie“ zum Erfolg. Indem sie lange unter- oder oberirdische Ausläufer treiben, die sich an den Knoten rasch bewurzeln, sind sie in der Lage, in kurzer Zeit offene Bodenflächen zu überziehen und damit z. B. Bodenwunden zu schließen. Daß dies dem Bodenabtrag entgegenwirkt, braucht nicht eigens betont zu werden.

Röhricht

Am geläufigsten ist wohl das Schilf-Röhricht. Wir finden es längs der Fließgewässer nur in natürlichen oder künstlichen Rückstauräumen. Stärkere Strömung würde die starren Halme knicken. Da langsam ziehende bzw. stehende Gewässer im allgemeinen sauerstoffarm sind, verschaffen sich die typischen Röhrichtpflanzen durch ein besonderes Luftkammernsystem (Aerenchym) in den Wurzelstöcken und Halmen die benötigten Reserven. Da, wie z. B. beim Schilf, die im Schlamm „kriechenden“ Wurzelstöcke (Polykorme) untereinander verbunden sind, entsteht auf diese Weise ein „kommunizierendes System“. Auf dem sandigen Uferdamm unserer Vorlandflüsse wird das Schilf-Röhricht gewöhnlich durch das biegsame Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*) ersetzt. Bei Hochwasser vermag es, die leichten Böden vor übermäßiger Erosion zu schützen und so zum Schutz der Ufer beizutragen.

Pionier-Weidengebüsch

Auch im Mittel- und Unterlauf der Flüsse und Ströme stellt sich, einigermaßen naturbelassenes Flußregime vorausgesetzt, zähes Weidenbuschwerk ein. Die Artenzusammensetzung dieses der Weichholzaue im eigentlichen Sinne vorgelagerten Ufer-„Mantels“ ist freilich anders als diejenige der ungezähmten Wildwasserstrecken. Neben der fast allgegenwärtigen Purpurweide vermögen hier vor allem Mandel- und Korbweide den wechselhaften, mitunter höchst strapaziösen Lebensbedingungen zu trotzen; wie andere schmalblättrige Weidenarten auch, sind sie in der Lage, binnen Stunden auf feuchtem, vom Hochwasser eben freigegebenen Sand zu keimen und sich dauerhaft zu verankern.

Weichholz-Au

Diese Zone erhebt sich nur wenig über das Mittelwasserniveau. Sie wird daher bei jeder Ausuferung des Flusses überflutet. Diesen fast noch „amphibischen“ Verhältnissen ist abermals ein Weiden-Erlengehölz, zum Teil mit Schwarzpappel im Nebenbestand, am besten gewachsen. Freilich ist hier die Strömungsgewalt ausufernder Fluten schon bedeutend reduziert, die Biegefestigkeit der Sprosse wird kaum mehr beansprucht. So geben diesem Teil der Au oft mächtige, malerisch wirkende Baumriesen ihr Gepräge. Silber- und Bruchweide, Schwarz- und Silberpappel sowie mancherlei Pappel-Hybriden, besonders im Wiener Raum auch die Kanada-Pappel, erreichen hier zum Teil eindrucksvolle Dimensionen. Die in der Au häufig betriebene Niederwaldwirtschaft hinterläßt andererseits auch vielstämmige Stockausschläge, wie man es speziell bei der Schwarzerle immer wieder beobachten kann. Heute ist das „Auf-den-Stock-Setzen“ ufersäuernder Weiden und Erlen zu einem wesentlichen Bestandteil der „Gewässerpflege“ geworden (Vorbeugemaßnahme gegen Uferabbrüche).

Die grundwassernahe Weichholz-Au entspricht wohl am besten dem „Urbild“ einer Auenlandschaft: üppiges Grünen, ein weiß-gelbes Blütenmeer im Vorfrühling, Vorhänge aus wuchernden Schlingpflanzen, von geschäftigem Treiben erfülltes Halbdunkel im Sommer, Wolken blutsaugender Moskitos, modernes Totholz als Keimbett neuen Lebens, von „Entengrütze“ grün schillernde Auentümpel; unbedingte Lebenskraft kennzeichnet diese zwar relativ kurzlebige, aber ungemein raschwüchsige und nahezu unbegrenzt erneuerungsfähige Waldgemeinschaft. Wohl zu Recht können wir hier noch vom „europäischen Urwald“ sprechen.

Hartholz-Au

Auf höheren, über dem durchschnittlichen Grundwasserspiegel gelegenen Niveaus, die nur noch episodisch (zumindest in dreijährigem Rhythmus) überflutet werden, ändert sich das Waldbild grundlegend. Auf reiferen, bereits einem Verbrauchsprozeß unterworfenen Böden stockt breitblättriger Laubwald, in dem sogenannte Kernhölzer den Ton angeben: Stieleiche, Flatter- und Feldulme, Esche, Hainbuche und Feldahorn bilden die schattende Baumschicht. Dazu gesellt sich gelegentlich die Winterlinde. In den Gebirgstälern spielen neben der Esche vor allem Bergahorn und Fichte auch in der Au eine gewisse Rolle. Eine artenreiche Sträucher-Garnitur (u. a. Schneeball, Spindelbaum, Hartriegel, Weißdorn) belebt zusammen mit der Traubenkirsche sowie der natürlichen Baumverjüngung den Unterwuchs. Den Waldboden decken zahlreiche Schattenkräuter, die wir auch aus Buchen- oder Schluchtwäldern kennen. Aus der Fülle seien nur Haselwurz (*Asarum europaeum*), Waldmeister (*Galium odoratum*), Efeu (*Hedera helix*), Bärenlauch (*Allium ursinum*) und Sternmiere (*Stellaria holostea*) genannt; Frühlingsknotenblume (*Leucojum vernum*), Schneeglöckchen (*Galanthus nivalis*), Blau- und Gelbsterne (*Scilla bifolia*, *Gagea lutea*), Lerchensporn (*Corydalis solida*), Buschwindröschen (*Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*), Scharbockskraut (*Ficaria verna*) und Nieswurz (*Helleborus dumetorum*) zählen zu den bekanntesten ersten Frühlingsboten in der Au.

Kontaktgesellschaften

Da der naturbelassene Fluß (heute für Mitteleuropa schon ein theoretischer Fall) im Mittel- und insbesondere im Unterlauf seine Mäanderschlingen ständig verlagert, ergeben sich unregelmäßige Abtragungs-, An- und Auflandungsmuster. Die genannte Zonierung vom Spülsaum bis zur Hartholz-Au ist daher ebenfalls nicht streng „zonar“, vielmehr lassen sich mosaikartige Verflechtungen der einzelnen Typen beobachten. Dieses Bild kompliziert sich weiter durch die Verknüpfung der Auwaldserie mit zwar ebenfalls grundwassernahen Kontaktgesellschaften, die aber nicht mehr an flußtrübeführende Überflutungsniveaus gebunden und folglich keine eigentlichen Auen-gesellschaften mehr sind: etwa mit Verlandungstümpeln im Bereich von Altwässern, mit anmoorigen Seggenbüschen auf Gleyböden, mit Schwarzerlen-Brüchern in randlichen Geländesenken, wo der Grundwasserspiegel kaum einmal 10 cm unter Fluß sinkt. Auf offenen Böden mit geringer Wasserkapazität, z. B. auf Kies- und Schotterbänken, kann sogar ausgesprochene Trockenvegetation aufkommen. Insbesondere in den Donauauen haben sich unter den dortigen kontinentalen Klimaverhältnissen solche „Heißländer“ ausgebreitet. (Diese letzteren sind allerdings, da sie der Flußdynamik ausgesetzt sind, noch der Auenvegetation im eigentlichen Sinne zuzuordnen.)

Einige Bemerkungen zur Ökologie und funktionellen Bedeutung der Auwälder

Fassen wir die genannten Ufergehölz- und Auwaldtypen unter dem Aspekt ihres Standortes nochmals kurz zusammen. Ufernahe Wälder werden primär edaphisch, das heißt in unserem Fall von der Flußdynamik geprägt. In der aufgeschotterten Talau der Gebirgsflüsse herrscht das Grauweiden-Pioniergehölz; die Weiterentwicklung (Sukzession) führt in der Regel zum Grauerlen-Auwald. In Engtälern mit sehr schmaler Talsohle stocken an Stelle eigentlicher Auwälder nur Saumgehölze bzw. Schluchtwälder mit höherem Edellaubholz-Anteil (Esche, Bergahorn, Bergulme, Sommerlinde). Die Böden sind hier wohl deutlich grund-, oft auch hangwasserbeeinflußt, ohne aber (ausgeprägt) staunab zu werden. Auf den von sauerstoffärmerem Wasser durchsickerten Feinsand- und Schlickböden des Vorlandes gehen diese Bachbegleit-„Galerien“ allmählich in schwarzerlenreiche Gesellschaften über, um schließlich mit der Silberweiden-Au in Kontakt zu treten. Wird der Bereich unterhalb der mittleren Hochwasserlinie vom Mandelweiden-Gebüsch eingenommen, so ist die Weichholz-Au mit Silber- und Bruchweide ein zwar ufernaher, aber doch schon relativ be-

ständiger Pionierwald von regional unterschiedlicher Zusammensetzung. Im Gefolge von Grundwasserabsenkungen durch Flußbegradigung fallen Weichholz-Auen vielfach trocken. Sofern sie nicht überhaupt andersartiger Nutzung zum Opfer fallen, nähern sie sich dadurch ökologisch dem Typus der Hartholz-Au. Auch der Hartholz-Auwald zeigt – je nach Flußdynamik und durchschnittlichem Grundwasserstand – wechselnde Ausbildungsformen (feuchte, frische, trockene Hartholz-Au). Er besetzt im wesentlichen die uferfernere Zone höher gelegener Niveaus und vermittelt damit bereits zu den Edellaubholzwäldern außerhalb der Aulandschaft. Größere, zusammenhängende Bestände gibt es in der Steiermark nur noch an der Mur zwischen Graz und Radkersburg. Das derzeitige Flächenmaß dieser Restwälder ist schwer abzuschätzen, da sie einerseits durch umfangreiche Rodungen ständig dezimiert werden, andererseits, wie erwähnt, durch das Trockenfallen von Weichholz-Auwäldern wiederum an Fläche dazugewinnen. Durch forstliche Eingriffe, wie Reihenpflanzung von Eschen, Einbringen der Rotbuche, aber auch durch den fortschreitenden Ausfall der Ulme (Ulmensterben!) verlieren diese Umwandlungsstadien allerdings zunehmend ihren naturnahen Charakter.

Betrachten wir den Auwald nun als ein System, wie es – gleichnishaft – auch für die menschliche Gesellschaft relevant erscheint, nämlich als Ökosystem. Ein Ökosystem wird allgemein in hohem Maße durch seinen spezifischen Energiedurchsatz gekennzeichnet. Im Ökosystem „Auwald“ ist dieser Energiedurchsatz außerordentlich hoch, wohl der höchste in einem Waldökosystem überhaupt. Dem entsprechen außerordentliche Wuchsleistungen der Gehölze und ein dichter Unterwuchs von fast dschungelartigem Gepräge. Dennoch handelt es sich hier nicht etwa um ein luxurierendes System, im Gegenteil: rascher, intensiver Stoffaufbau ist im Auwald eine Überlebensfrage. Die Anpassung an periodisch wiederkehrende Zerstörung durch Überflutungen ist so weit gediehen, daß wir von einer geradezu zyklischen Dynamik sprechen können, also von regelmäßiger, gewissermaßen „programmierter“ Rückkehr zum Ausgangspunkt; denken wir in diesem Zusammenhang nur an das fast unglaubliche Ausschlagvermögen ufernaher Gehölzarten, der Weiden und Erlen. Und hier verbergen sich aber auch schon Parallelen und Gegensätze zur expandierenden Wirtschaftsentwicklung: auch diese strebt mit allen Mitteln höchsten Energiedurchsatz, höchste Produktionsleistung an – nur ist sie eben nicht auf Katastrophenereignisse, wie z. B. Rohstoffschwund, Zusammenbruch gewohnter Umweltbedingungen vorprogrammiert. Während im zyklischen System „Auwald“ nach der Katastrophe Verlorenes wieder ersetzt, ja durch Stoffzufuhr (Überschwemmungssedimente) sogar überkompensiert wird, deutet nichts darauf hin, daß im expandierenden System „Wirtschaft“ die Katastrophe zugleich Erneuerung sein könnte.

Stören wir nun diese natürliche Dynamik des Auwaldes nachhaltig, indem wir etwa durch Regulierung rigoros in den Grund- und Tagwasseraustausch eingreifen, verlieren die bisher so fein aufeinander abgestimmten Funktionsabläufe und Anpassungsformen plötzlich ihren Sinn. Die Natur vermag sich zwar auf andere Weise durchzusetzen, indem sie einen veränderten Waldbestand von längerer Lebensdauer, allerdings geringerer Produktionskraft, aufbaut; gewöhnlich wird aber eine Regeneration des Waldbestandes nicht zugelassen. So gehen auch die für den Menschen unmittelbar bedeutungsvollen Funktionen des Auwaldes endgültig verloren: Grundwasseranreicherung und -erneuerung (ein Wassertropfen mag auf seinem Weg zum Meer wohl ungezählte Male den Transpirationsstrom der Bäume passieren), Staubfilterung, Erhöhung der Luftfeuchtigkeit (die sowohl für die Landwirtschaft als auch für städtische Zusammenballungen von besonderem Wert ist), Akkumulation von Talbodensedimenten. Gerade in den am intensivsten kultivierten Niederungen sind Auwälder darüber hinaus oft letzte Zufluchtsstätten einer natürlichen Tier- und Pflanzenwelt. Vergessen wir daneben nicht, was wir unseren Gewässern als Vorfluter aller möglichen Abwässer zumuten, wobei nach Flußbegradigung und Rodung des Auwaldes für landwirtschaftliche Flächen auch die Belastungssituation durch Pestizide wesentlich verschärft wird.

Schlagwortartig läßt sich somit der ökologische Wirkungsgrad von Auwäldern in bezug auf Wasserhaushalt, Luft und Klima, Biotop- und Artenschutz folgendermaßen zusammenfassen:

- höchste Produktionsleistung, die sich in einer enormen Anreicherung pflanzlicher und tierischer „Biomasse“ äußert;
- dadurch Beschleunigung der Bodenreife mit verstärkter Ausfilterung von Grundwasserverunreinigungen;
- zugleich erhöhter Grundwasserumsatz (Transpiration!) und

- damit Qualitätsverbesserung desselben;
- Beschattung des Gewässers erhöht dessen Sauerstoffgehalt und damit dessen Selbstreinigungskraft;
- periodische Anreicherung des Grundwassers durch Überflutung;
- Hochwasserbremsung und Geschieberückhalt;
- Uferstabilisierung bzw. Erosionsschutz im allgemeinen;
- verbessernde Wirkung auf Luft und Klima (Ausfilterung von Staubpartikeln, gemilderte Temperaturextreme bei erhöhter Luftfeuchtigkeit, Windschutz);
- biologische Regeneration des kultivierten Umfeldes;
- Wildeinstand bzw. Nahrungsbiotop im allgemeinen, Brutgebiet für Vögel, Laichplatz für Amphibien und so weiter fort.

Gefährdung der Auen und Maßnahmen zu ihrem Schutz

Nach dem bisher Ausgeführten erübrigt sich wohl ein besonderer Hinweis auf die Schutzwürdigkeit unserer letzten Auen-Reste und die Notwendigkeit, sie vor jeder weiteren Dezimierung zu bewahren. Die zuletzt durchgeführten Bestandsaufnahmen in der Steiermark (H. OTTO, 1981) zeigen deutlich, wie erschreckend schlecht es hier um die Auwälder, sowohl flächen- als auch zustandsmäßig, bestellt ist. Man muß, wie es in dieser Studie heißt, einen geradezu alarmierenden Rückgang und eine fortschreitende Zerstörung der Auwälder einschließlich der Ufervegetation insgesamt konstatieren. Grundwasserabsenkungen mit nachfolgender Austrocknung des Bodens, Grund- und Tagwasserverschmutzung, ja sogar -verseuchung in höchst bedenklichem Ausmaß, beschleunigte Hochwasserspitzen – sind das nicht brennend aktuelle Mahnzeichen eines allzu blinden Fortschrittglaubens? Sollte der Mensch wirklich keine inhaltsreichere Beziehung zu seiner natürlichen Umwelt aufbauen können?

Welche Maßnahmen können nun zielführend sein, das, was uns an Aulandschaft noch verblieben ist, wirksam zu schützen?

Ein wirksamer Schutz der wenigen intakten bzw. regenerationsfähigen Auwälder, Aulandschaften und markanter Ufergehölzstreifen ist auf lange Sicht nur zu erreichen, wenn sowohl die Allgemeinheit als auch die öffentlichen Stellen ausreichend informiert werden. (Derzeit fehlen offenbar auch bei der Mehrzahl jener Dienststellen, die Projekte im engeren und weiteren Aubereich realisieren, wesentliche Voraussetzungen, beginnend bei geeigneten Unterlagen, um Eingriffe in den Naturhaushalt mit der notwendigen Vorsicht durchführen zu können.)

Im Anschluß folgt ein sechs Punkte umfassender, erster Vorschlag für Sofortmaßnahmen:

1. Die bedeutenden Auen und Aulandschaften sollen, sofern dies nicht bereits geschehen ist, unter Naturschutz gestellt werden.
2. Für die bedeutenderen Flüsse sind „Wasserwirtschaftliche Grundkonzepte“ bzw. „Abflußpläne“ zu erarbeiten.
3. Im Rahmen der Waldfunktionspläne sind die Auwälder hinsichtlich ihrer Schutz- und Wohlfahrtsfunktion hochrangig zu bewerten.
4. Im Rahmen der örtlichen und überörtlichen Raumplanung sind ausreichende Voraussetzungen für eine umfassende Informations- und Aufklärungsarbeit zum Schutz der Auen zu schaffen.
5. Alle bereits bestehenden Richtlinien, Erlasse, Dienstsanweisungen und dergleichen, die geeignet sind, zum Schutz der Auen beizutragen, sind konsequent einzuhalten.
6. Die organisatorischen und finanziellen Voraussetzungen für eine regelmäßige und sachkundige Pflege der Ufervegetation sind zu verbessern, weil dadurch viele Sanierungs- und Regulierungsmaßnahmen von vornherein überflüssig werden.

Abwasserreinigung – Trinkwasseraufbereitung

Die ständig steigende Umweltbelastung durch Abwasser aus Industrie und Haushalt stellt eine zunehmende Bedrohung des wichtigsten Lebenselements Wasser dar. Aus diesem Grund wird versucht, die vorhandenen Technologien der Abwasserbeseitigung zu verbessern bzw. neue Verfahren zu entwickeln. Der steigende Abwasseranfall macht bei bestehenden Anlagen eine Kapazitätserweiterung vor allem bei Spitzenbelastungen erforderlich.

Bei Überbelastung einer biologischen Kläranlage (Anstieg des Sauerstoffbedarfs) kann eine ausreichende Sauerstoffversorgung mit herkömmlichen Methoden nicht mehr gewährlei-

stet werden. Die Folgen sind schlechte Reinigungsleistung und starke Geruchsemissionen.

Durch Einsatz von technischem Sauerstoff ist eine Abhilfe möglich. Folgende Faktoren sprechen für eine Verwendung der Sauerstoffbegasung im Belebtschlammbecken:

- Reduzierung bzw. Beseitigung der Geruchsbelastigung.
- Raumeinsparung – kleinere Belebungsbecken, höhere Schlammkonzentration, das heißt gleichzeitig größere Kapazität der Anlage.

- Bessere Schlammigenschaften – besseres Absetzverhalten, bessere Schlammverdickung.

Unter diesen Gesichtspunkten wurden verschiedene Verfahren entwickelt:

- Das PSB-Verfahren (Partielle Sauerstoffbegasung):

Im Überlastungsfall wird reiner Sauerstoff ins Belebungsbecken eingetragen.

Der notwendige Sauerstoff kann schnell und in der gewünschten Menge eingetragen werden, der Klärwerksbetrieb kann aufrechterhalten werden, der technische Aufwand ist relativ gering, eine Abdeckung des Belebungsbeckens ist fallweise möglich.

- Das Bio-2-Verfahren:

Durch eine ideale Strömung im Reaktor wird eine Durchmischung von gereinigten oder teilweise gereinigten Abwässern mit dem Abwasserzulauf vermieden. Die Sauerstoffbegasung kann genau dem Sauerstoffbedarf angepaßt werden.

Man erreicht bei gleichbleibendem Volumen eine höhere Kapazität bzw. bei gleichbleibender Abbauleistung bis zu 80% Volumensparnis.

- Das Aquo-3-Verfahren:

Dieses Verfahren dient sowohl der Abwasserbeseitigung als auch der Trinkwasseraufbereitung. Es beruht auf der oxidierenden Wirkung von Ozon, es übertrifft das Chlor um 40%. Organische Substanzen (toxische, Geruchs-, Geschmacks- und Farbstoffe) werden zu niedermolekularen Verbindungen abgebaut.

(Umweltschutz 6/1983)

Chromosomenanomalien beim Menschen

Der Mensch gehört zu den cytogenetisch am besten untersuchten Objekten. Die wesentlichen Voraussetzungen dafür waren die Entwicklung der Lymphocytenkultur und die Verbesserung der Präparationstechnik.

Auf Grund großer, auslesefreier Reihenuntersuchungen ist bekannt, daß ca. 6 von 100 Neugeborenen einen veränderten Chromosomensatz aufweisen. Die einzelnen Anomalien treten mit unterschiedlicher Häufigkeit auf.

So sind z. B. keine autosomalen Monosomien bekannt, sondern ausschließlich Trisomien, die praktisch nur die Chromosomen 13, 18 und 21 betreffen. Gonosomale Monosomien sind durchaus möglich, aber wesentlich seltener als gonosomale Trisomien. Die Ursache dieser unterschiedlichen Häufigkeit ist die unterschiedliche Überlebensrate der betreffenden Keime.

Die Häufigkeit von Chromosomenanomalien ist unter Spontanaborten etwa dreihundertmal größer als bei Neugeborenen, das heißt ca. die Hälfte von ihnen besitzt einen chromosomalen Defekt. Dabei wurden Trisomien nahezu sämtlicher Autosomen festgestellt (davon ein Drittel mit Trisomie 16, weiters sterben bereits 80% der Feten mit Trisomie 21 intrauterin ab). Die meisten gonosomalen Trisomien werden dagegen ausgeglichen. Das Fehlen jeglicher autosomaler Monosomien unter den Neugeborenen und unter den Spontanaborten ist dadurch zu erklären, daß die betreffenden Keime bereits vor der Nidation unbemerkt zugrunde gehen.

Es wird vermutet, daß 20% aller Zygoten aberrant sind. Die meisten Trisomien entstehen als Folge einer non disjunction in einer der beiden Reifeteilungen. Für die Analyse x-chromosomaler Aneuploidien steht ein biochemischer Marker, das zelluläre Oberflächenantigen Xg, das X-chromosomal vererbt wird, zur Verfügung. Eingehende Untersuchungen lassen den Schluß zu, daß ein Großteil der gonosomalen Aberrationen durch den Verlust des Y-Chromosoms entsteht. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Hälfte der Triploidien auf Dispermie zurückgeht. Ein Viertel der Fälle entsteht durch Verschmelzung einer diploiden Eizelle mit einer normalen Samenzelle.

In diesem Zusammenhang wurde auch die Möglichkeit parthenogenetischer Entwicklung beim Menschen überprüft. Parthenogenetische Entwicklungsprozesse sind grundsätzlich möglich und liegen nicht selten den ovariellen Teratomen, einer Form gutartiger Geschwülste, zugrunde. Teratome entstehen

aus einer unbefruchteten diploiden Eizelle, sie weisen differenzierte Gewebsanteile auf, die sich von allen drei Keimblättern herleiten.

Durch die Befruchtung einer kernlosen Eizelle kann es zur Bildung von Blasenmolen („Windeier“) kommen. Es entstehen blasenförmig aufgetriebene Chorionvilli, ein Fetus wird aber nicht gebildet.

(Biologie in unserer Zeit 5/1983)

Chromatische Adaptation bei Meeresalgen

Pflanzen benutzen zur Lichtabsorption verschiedene Pigmentsysteme als Antennen. Die bekanntesten sind wohl Chlorophyll a und Chlorophyll b. 98% der in limnischen und terrestrischen Lebensräumen vorkommenden Pflanzen benutzen diese beiden Pigmentsysteme. Dagegen sind es nur rund 13% im Lebensraum Meer. Rotalgen benutzen Chlorophyll a und verschiedene Phycobiliproteine, braun pigmentierte Algen Chlorophyll a und Carotinoide, Kiesel- und Braunalgen Fucoxanthin, Dinoflagellaten Peridinin.

Die photosynthetischen Absorptionsspektren zeigen, daß Rot- und Braunalgen die „Grünlücke“ der Grünalgen schließen und sie in solchen Spektralbereichen noch aktiv sind, in denen Grünalgen normalerweise „blind“ sind (500 bis 600 nm.)

Diese Beobachtungen bekommen im Zusammenhang mit der Wassertiefe, in denen die Algen vorkommen, eine besondere Bedeutung.

Mit der Meerestiefe ändert sich nicht nur die verfügbare Lichtmenge, sondern auch die spektrale Zusammensetzung. Die Wellenlängen über 700 nm werden bereits innerhalb von einem Meter Wassertiefe absorbiert, alle übrigen Wellenlängen (300 bis 700 nm) dringen tiefer ein. Die Durchlässigkeit des trüben Küstenwassers ist 575 nm, die des klaren ozeanischen Wassers für 465 nm besonders gut.

Es wurden nun aber auch Grünalgen entdeckt, die in Tiefenregionen anzutreffen sind, entgegen der Theorie von der komplementären chromatischen Adaptation. Umgekehrt leben auch einige Rotalgen im Übergang der Gezeitenzone zur Spritzwasserzone. Im Mittelmeer wurde nachgewiesen, daß, entgegen der theoretischen Erwartung, der Anteil der Grünalgen mit der Wassertiefe steigt.

Nach eingehender Untersuchung der Pigmente zeigte sich, daß Tiefengrünalgen ein von den Flachwassergrünalgen abweichendes Absorptionsspektrum aufweisen. Sie haben ein deutliches Absorptionsmaximum um 540 nm. Das Pigment, das diesen Spektralbereich absorbiert, wurde als Siphonanthin bezeichnet und ist typisch für die siphonalen Grünalgen. Siphonanthin schließt die Grünlücke.

Die Grünlücke kann aber auch durch Erhöhung der Chlorophyllkonzentration geschlossen werden.

Manche Tiefengrünalgen nutzen diese Möglichkeit und erscheinen durch die starke Chlorophyllanreicherung fast schwarz, sie absorbieren dann nahezu alle Wellenlängen.

Für die vertikale Zonierung der Algen hat das quantitative Lichtangebot demnach weit größere Bedeutung als die spektrale Zusammensetzung.

(Biologie in unserer Zeit 4/1984)

Der Lachs als Zuchtfisch

Mit einem Überschuß an Eiern, die in den Versuchsgewässern der Universität Washington gewonnen wurden, gelang es, viele neue Lachsbestände zu gründen. In den Eiern müssen die Augenanlagen der sich entwickelnden Fische bereits sichtbar sein. Ab diesem Stadium kann man mit den Eiern vorsichtig hantieren, ohne sie zu beschädigen.

Zwischen 1967 und 1970 hat man damit die Quinnet-Bestände im Michigansee geschaffen, 1970 beschloß man, den Erie-see und den Ontariosee mit Quinnet zu besiedeln.

1980 wurden Eier auch nach Chile geliefert und hat damit die Gewässer der südlichen Fjordzone des Landes besiedelt. 1982 strömten bereits erwachsene Quinnet in die Flüsse zurück, und zwar in Mengen, die über allen Erwartungen lagen. Nun ist geplant, auch die Gewässer im Bereich der Magellan-Straße zu besiedeln, um über den Lachs die großen Krillbestände in den antarktischen Gewässern zu nutzen.

Durch ähnliche Programme konnte man auch die Bestände des Kisuksch-Lachses, Buckellachses, Keta-Lachses und des Atlantischen Lachses vergrößern.

Der Kizutsch-Lachs hatte ein ursprüngliches Verbreitungsgebiet, das von der Arktis bis zum mittleren Kalifornien reichte. Er laicht gerne in kleinen Flüssen ab, die im Herbst abgelaichten Eier liegen während der Wintermonate in schützenden Kies-schichten. Zwischen März und Juni schlüpfen die Jungfische, die sich während des Sommers von wasserlebenden Insekten ernähren, sie fressen aber bei Gelegenheit auch ungeschützte Lachseier. Während des zweiten Winters bleiben sie noch im Fluß, im zweiten Frühjahr wandeln sie sich zur Wanderform um. In den kälteren nördlichen Regionen brauchen sie für ihre Entwicklung zur Wanderform mit 2,5 Jahren etwas länger. Die Kizutsch-Lachse verbringen dann zirka 1,5 Jahre im Meer und kehren im Alter von 3 Jahren in das Laichgewässer zurück.

Durch gezielte Ernährung und optimale Umweltbedingungen kann die Entwicklung beschleunigt werden.

An der Universität Washington wurden umfangreiche Experimente durchgeführt, man brachte Lachse in Brutanstalten rascher zur Wanderform, diese kehrten nach einem Meeresaufenthalt von 18 Monaten zurück und waren damit bereits nach zwei Jahren laichbereit. Außerdem konnte die Rückkehrzeit von 1,25% auf 6,42% gesteigert werden.

Die verschiedenen Zuchtmethoden wurden vielfach verfeinert und abgewandelt. Die erzielten Erfolge sind entsprechend spektakulär. So stammen fast sämtliche Keta-Lachse, die in japanischen Binnengewässern gefangen werden, aus Brutanstalten. Der Atlantische Lachs ist von Experten als eine vom Aussterben bedrohte Art bezeichnet worden, jetzt scheint seine Zukunft gesichert.

(Spektrum der Wissenschaft 9/1983)

Trinkwasser wird knapp

Die Vereinten Nationen haben dieses Jahrzehnt zur internationalen Wasserdekade erklärt. Insbesondere Trinkwasser ist in den Entwicklungsländern noch lange keine Selbstverständlichkeit. In diesen Ländern sterben jährlich 12 bis 20 Millionen Menschen durch verunreinigtes Wasser bedingte Krankheiten.

Durch wachsende Umweltverschmutzung wird nun auch in den Industrieländern reines Wasser knapp. Ein Zeichen dafür sind kostspielige Wasseraufbereitungsanlagen, oft mit der Folge, daß die Behandlung des Wassers neue Schadstoffe entstehen läßt.

In Österreich verbrauchen Bevölkerung und Gewerbe jährlich zirka 600 Millionen m³ Grund- und Quellwasser, die Industrie zirka 550 Millionen m³, dazu werden noch 1050 Millionen m³ Oberflächenwasser gewonnen.

Nur wenige Staaten Europas können sich einen solch sorglosen Umgang mit ihren Wasserreserven leisten.

Trotz des Überflusses gibt es bereits Mangelgebiete in Österreich infolge rücksichtsloser Beeinflussung des lokalen Wasserhaushaltes, besonders in niederschlagsarmen Gebieten, weiters infolge örtlicher hygienischer Beeinträchtigung.

Ein Salzburger Brunnen, der auf chlorierte Kohlenwasserstoffe hin untersucht wurde, ließ eine großräumige Verschmutzung des Grundwassers erkennen. Zahlreiche gesperrte Brunnen in Wien und Niederösterreich beweisen die Brisanz dieser Verschmutzungsart. Neben den chlorierten Kohlenwasserstoffen gibt es eine ganze Reihe anderer Gefährdungen des Trinkwassers.

1. Bakterien und Viren: Ein Problem ist hier die Lebensdauer der Keime und die davon abhängige Dimensionierung von Wasserschutzgebieten. Die Überlebenschancen von Keimen kann z. B. bei Salmonellen mehrere Jahre, bei Escherichia coli ein halbes Jahr betragen. Im Vergleich dazu ist die Verweilzeit des Trinkwassers in der Trinkwasserschutzzone II mit 60 Tagen festgelegt.
2. Nitrit-Nitrat-Gehalt: Es herrschen hier immer noch Unsicherheiten bezüglich des Grenzwertes (z. Z. 50 mg/l). Das Nitrat entstammt zumeist der intensiven Landwirtschaft und den diversen Sickergruben.
3. Schwermetalle: Sie haben mit mehreren tausend Jahren eine ähnliche Persistenz wie chlorierte Kohlenwasserstoffe.
4. Haloforme: Sie können bei der Trinkwasseraufbereitung durch Chlorung entstehen.

(Naturschutz 6/1983)

Luftverschmutzung

Die Luft über Österreich wird, wenn überhaupt, nur zaghaft besser. Teilerfolge wie bei der Verminderung des SO₂ und des Pb stehen steigende Werte bei den Stickoxiden gegen-

über. Die Ursachen für die Verringerung der Schwefelemissionen sind:

- Verminderter Schwefelgehalt der Heizöle (z. B. bei Heizöl schwer von 3,3% auf weniger als 3%).
- Reduzierter Energieverbrauch – der Energieverbrauch zwischen 1979 und 1982 ist um fast 14% zurückgegangen.

Bei den SO₂-Emissionen ist daher eine deutliche rückläufige Tendenz zu beobachten. 1979 wurden allein durch die Verbrennung von Heizöl schwer 215 000 Tonnen SO₂ in die Luft geblasen. 1982 waren es nur mehr 120 000 Tonnen. Derzeit schätzt man die Summe der „hausgemachten“ SO₂-Emissionen auf 400 000 Tonnen.

Stickoxide:

Die Stickoxidemissionen werden derzeit auf 200 000–220 000 Tonnen/Jahr geschätzt. Für die nächsten zehn Jahre wird mit einer ständigen Zunahme der Stickoxidbelastung gerechnet. Hauptverursacher der Stickoxid-Emissionen ist der Verkehr mit zirka 45–70%. Durch die „Abmagerung“ der Treibstoffgemische konnte die CO-Emission verringert werden, allerdings auf Kosten eines vermehrten Stickoxid-ausstoßes.

Echte Chancen auf eine Reduktion der Stickoxidemissionen bestehen in Österreich erst ab 1986. Ab diesem Zeitpunkt soll bleifreies Benzin angeboten werden und dadurch besteht auch die Möglichkeit, die Autos mit wirksamen Katalysatoren auszustatten. Weiters erhofft man bei neuen Kraftwerken eine deutliche Reduktion des Stickoxidausstoßes erreichen zu können.

Blei:

Der Bleigehalt der Luft hat sich in den letzten Jahren deutlich verringert. Allein in diesem Jahr wird eine 50%ige Abnahme registriert als Folge der Reduktion des Bleigehaltes im Normalbenzin. 1984 ist eine weitere Bleireduktion vorgesehen (auf 0,15 g/l).

Bei allen Überlegungen muß der milde Winter 1982/83 berücksichtigt werden, dennoch kann man in einigen Bereichen von einer zaghaften Besserung sprechen.

(Umweltschutz 10/1983)

Thermophile Organismen

Die Untersuchungen von heißen Quellen und kochenden Schlammflöchern hat ergeben, daß auch im Bereich des Siedepunktes noch Leben möglich ist.

Mäßig thermophile Organismen mit einem Temperaturoptimum zwischen 45 °C und 75 °C kennt man schon lange. Sie finden sich in Kühlwässern von Industrieanlagen, feuchtem Heu und in Thermalquellen. Als Rekordhalter unter den Eukaryonten gilt der Pilz „Thermoascus aurantiacus“, er erträgt gerade noch Temperaturen von 62 °C.

Extrem thermophile Organismen können noch weit höhere Temperaturen verkraften, ja sie fühlen sich erst bei hohen Temperaturen wohl. Das Archaeobakterium Sulfolobus z. B. bevorzugt 80 °C, unter 60 °C fällt es bereits in Kältestarre.

In den Solfatarengeländen Islands wurden in verschiedenen Wässern mit Temperaturen zwischen 80 °C und 100 °C große Mengen an Bakterien nachgewiesen.

Mit Methanothermus fervidus wurde ein Bakterium gefunden, welches bei 97 °C noch lebensfähig war.

Das in tieferen Wasserschichten heißer Quellen lebende Bakterium Pyrodictium occultum (Verborgenes Feuernetz) bevorzugt bei mäßig erhöhtem Druck im anaeroben Medium Temperaturen um 105 °C. Unter 80 °C hört Pyrodictium zu wachsen auf, kann aber auch bei tiefen Temperaturen noch jahrelang überleben, sofern das Milieu anaerob bleibt.

Experimente mit Pyrodictium brachten noch ein überraschendes Ergebnis. Pyrodictium ist in der Lage, Pyrit (FeS₂) zu bilden. Das Eisen und der Schwefel entstammen dabei dem jeweiligen Kulturmedium. Es könnte demnach dieses Bakterium zur Bildung von Lagerstätten sulfidischer Erze beitragen.

Wie sich diese Organismen vor der Hitze schützen, daß die DNA funktionstüchtig bleibt und die Enzyme nicht denaturieren, ist weitgehend noch unklar. Übrigens wären solche hitzestabile Enzyme sicher auch industriell nutzbar.

Die Frage, welche Temperaturen die oberste Grenze jeglichen Lebens sind, kann ebenfalls nicht beantwortet werden. Es wird berichtet, daß Bakterienkulturen unter erhöhtem Druck sogar bei 250 °C noch optimale Entwicklung zeigten.

(Spektrum der Wissenschaft 9/1983)

Altersveränderungen der Augenlinse

Die Linse ist mit 35% Proteinanteil das eiweißreichste Organ unseres Körpers. Die von der Linse selbst synthetisierten Proteine, auch Kristalline genannt, sind in anderen Geweben unseres Körpers nicht zu finden, d. h. sie sind organspezifisch. Neben Protein enthält die Linse auch noch 1–2% anorganische Bestandteile und 60–65% Wasser.

Durch eine spezielle Anordnung der Proteine (Kristalline und Albuminoide) entsteht eine dicht gepackte, durchsichtige Materie. Protein und Wasser stehen in einem ausgewogenen Phasengleichgewicht. Der Abbau von Kohlenhydraten liefert die Energie für die Aufrechterhaltung dieser biologischen Gleichgewichte und die Erhaltung der Durchsichtigkeit der Linse.

Ändert sich das Protein-Wasser-Gleichgewicht, durch Anhäufung von Wasser oder durch Änderung der Packungsdichte der Proteine, so ändert sich auch die Lichtdurchlässigkeit infolge erhöhter Lichtstreuung sowie infolge eines veränderten Stoffwechsels.

Die Linsenfasern sind nicht mehr teilungsfähige, kernlose Zellen mit langer Lebensdauer. Nachdem eine Linsenfasern sich zur vollen Länge ausgebildet hat, stellt sie die Proteinproduktion ein und bildet den Zellkern zurück. Durch Umwelteinflüsse kann die festgelegte Grundausstattung einer Linsenfasern verändert werden. Solche Veränderungen werden auch als postsynthetische Veränderungen bezeichnet. Die veränderten Moleküle können aber nicht aus der Linse herausgeschafft werden, sie ballen sich zusammen und bilden hochmolekulare Aggregate in der Linse. Je älter ein Proteinmolekül ist, desto wahrscheinlicher wird eine postsynthetische Veränderung. Es sind davon aber auch die Enzyme betroffen, und das Altern der Linse äußert sich dann darin, daß bestimmte Reaktionsabläufe erschwert werden. Durch eine Verminderung des Energiepools werden die linseneigenen Abwehrkräfte geschwächt, und oxidative Prozesse bekommen eine besondere Bedeutung. In der alternden Linse können hochreaktive Peroxidradikale gebildet werden. Die beobachteten Veränderungen sind jeweils im Linsen Kern am stärksten.

Die biologischen Altersveränderungen sind sicher Faktoren, die zum „Alterskatarakt“ (Grauer Star) beitragen, sie sind aber nicht die einzigen schädigenden Prozesse. Man ist heute der Meinung, daß Linsentrübungen die Folge einer Addition von Schäden sind.

(Spektrum der Wissenschaft 9/1983)

Amphibiengifte

Eine bahnbrechende Entwicklung könnte sich bald bei der Bekämpfung von Infektionskrankheiten abzeichnen, nachdem die Therapie mit herkömmlichen Antibiotika durch immer widerstandsfähiger werdende Erreger Rückschläge hinnehmen muß. Die Arbeitsgruppe von Prof. G. Habermehl am Chemischen Institut der Tierärztlichen Hochschule Hannover fand heraus, daß sich im Schleim von Amphibien Stoffe befinden, die sich durch eine nachhaltige antimikrobielle Wirkung auszeichnen und darüber hinaus offenbar keine Widerstandskraft bei den krankmachenden Keimen erzeugen.

Bislang war man aber davon ausgegangen, daß die Giftstoffe (Steroide, Alkaloide, Peptide, biogene Amine), die zusammen mit dem Schleim von den Hautdrüsen der Amphibien ausgeschieden werden, ausschließlich der Feindabwehr dienen. Neuere Forschungen ergaben jedoch, daß diese Giftstoffe in den Hautsekreten der Amphibien vornehmlich für die mikrobielle Infektionsabwehr zuständig sind.

Es zeigte sich, daß Amphibien, bei denen man den giftigen Schleim entfernt hatte, binnen weniger Tage an schweren Hautinfektionen erkrankten und schließlich verendeten. Brachte man die „entgifteten“ Tiere jedoch in eine sterile Umgebung, so überlebten sie ohne Komplikationen, und wenn sie einige Zeit später, nachdem sie ausreichend neuen Schleim produziert hatten, in ihre ursprünglichen Terrarien zurückgesetzt wurden, blieben sie ebenfalls gesund. Außerdem konnte an Zellkulturen eindeutig die keimhemmende oder keimtötende Wirkung des isolierten Rohsekrets nachgewiesen werden.

Die Natur selbst hat die Wirksamkeit dieser Schleimgifte unter Beweis gestellt: Seit es die Amphibien gibt, leben sie in einem feuchten Lebensraum, der wie ihr eigener eiweißreicher Körperschleim einen idealen Nährboden für die verschieden-

sten krankmachenden Keime darstellt. Trotzdem konnten sie sich bis heute erfolgreich behaupten, was nicht nur für die Wirksamkeit dieser Giftstoffe spricht, sondern auch dafür, daß es den Mikroben wie Bakterien nicht gelang, dagegen Abwehrkräfte zu entwickeln.

Was die Krankheitserreger in Jahrtausenden nicht schaffen, ist dem Menschen in kürzester Zeit gelungen – fast alle Amphibien sind vom Aussterben bedroht und stehen daher als Rohstofflieferant nicht zur Verfügung. Erst die chemische Synthese wird zeigen, inwieweit diese Substanzen in der Heilbehandlung eingesetzt werden können.

Auch bei Stachelhäutern wurden keimhemmende Substanzen unterschiedlichster chemischer Herkunft gefunden, die zum Teil auch eine wachstumshemmende Wirkung auf Tumorzellen aufweisen und möglicherweise eines Tages in der Krebstherapie Anwendung finden könnten.

(Presse vom 12. 11. 1983)

Kurznachrichten

Die **antarktische Weddell-Robbe** (*Leptonychotes weddellii*) gehört zu den besten Tauchern: Sie kann über eine Stunde lang und bis zu 600 m tief tauchen. Das Verhalten ihrer Organe bei diesem Geschehen kann als Beispiel auch für die anderen Säugetiere des Meeres angesehen werden. Wenn dieses Tier taucht, wird der Herzschlag sofort von 55 Schlägen auf rund 15 in der Minute verlangsamt; dadurch werden statt 40 Liter nur noch 6 Liter Blut pro Minute herumbewegt. Die Blutgefäße verengen sich, um den Blutdruck und die Verteilung des Blutes in den Organen konstant zu halten. Der Blutdruck bleibt stets um 160 mbar. Die reduzierte Blutmenge wird aber nicht auf alle Organe gleichmäßig verteilt, sondern die Durchströmung des Gehirns wird auf Kosten des übrigen Körpers gleich stark gehalten. Die meisten Organe erhalten nur noch ein Zehntel bis ein Zwanzigstel der normalen Blutmenge. Während des Tauchens nimmt der Blutzucker stark ab. In den ersten 5 bis 10 Minuten nach dem Auftauchen sinkt er noch weiter, während die Herzleistung stark erhöht wird, so daß das gesamte Blutvolumen 60 Liter erreicht. Erst dann steigt die Glukosekonzentration. Unter Wasser wird die Glukose mangels Sauerstoff nur bis zur Milchsäure abgebaut, so daß diese gegen Ende des Tauchvorganges den dreifachen Wert erreichen kann. Die Robbe enthält in ihrem Blut insgesamt rund 1000 mmol Sauerstoff. In 70 Minuten verbraucht das Gehirn etwa 36 mmol, das heißt nur etwa 3 bis 4% seines Blutsauerstoffes. Ein menschliches Gehirn würde während dieser Zeit 90% der Sauerstoffreserve verbrauchen. Auch für den Herzstoffwechsel verbraucht die Robbe in dieser Zeit nur 14% des Sauerstoffes – im Vergleich dazu würde das Menschenherz 57% beanspruchen. Eine 500 kg schwere Robbe verbraucht in der Stunde rund 3750 mmol Sauerstoff. Dem größten Teil der Körpermasse bleibt nur ein intensiver Gärungsstoffwechsel als Energiequelle. Die verhältnismäßig geringe Größe des Gehirns in Beziehung zur Gesamtmasse, insbesondere auch zum Blutvolumen, scheint der Robbe in erster Linie die langen Tauchzeiten zu ermöglichen. Der Gesamtstoffwechsel des Gehirns erreicht bei der Robbe nur ein Viertel von dem eines menschlichen Gehirns.

(Naturwiss. Rundschau 2/83)

Eine Erkrankung der **Augenbindehäute** (hämorrhagische Konjunktivitis) fand in jüngster Zeit in Zentral- und Südamerika und einigen arabischen Ländern und dann auch in England starke Verbreitung. Vorwiegend werden Erwachsene von dieser überaus ansteckenden Viruserkrankung befallen. Die Krankheitssymptome (Blutungen in den Bindehäuten, Juckreiz im Auge, starker Tränenfluß und Schwellung der Lymphknoten vor dem Ohr) treten sehr rasch und intensiv auf, klingen aber nach 8–10 Tagen wieder ab. Bleibende Augenschäden sind bisher nicht bekannt geworden. Auf dem europäischen Festland wird diese Krankheit wahrscheinlich infolge der besonderen Infektiosität bald auftreten.

Eine Erhöhung von **Leukämieerkrankungen** als Folge von Röntgenbestrahlungen wurde von Forschern der Universitäten Oxford und London bei der Untersuchung von gut 14 000 Patienten festgestellt. Auch die Häufigkeit von anderen Krebserkrankungen wurde bei den dabei Untersuchten als eindeutig erhöht festgestellt, eindeutige Aussagen über die Relation zwischen der erhaltenen Strahlendosis und dem Auftreten der Leukämie konnten aber noch nicht gefunden werden.

(Naturwiss. Rundschau 2/83)

Neuerscheinungen

- Lorenz, K.
Der Abbau des Menschlichen.
1983 / 293 Seiten / S 274, - / Piper.
- Die ökologische Wende.**
Industrie und Ökologie – Feinde für immer?
Herausgegeben von Günter Kunz / 1983 / 240 Seiten / S 97, - / dtv.
- Zimmermann, A.
Naturführer Bärenschützklamm.
1982 / 110 Seiten / S 90, - / Österr. Alpenverein Sektion Mixnitz.
- Mackwitz, H. W. / Köszegi, B.
Zeitbombe Chemie.
Strategien zur Entgiftung unserer Welt.
1983 / 284 Seiten / S 228, - / Orac Pietsch.
- Gruhl, H.
Das irdische Gleichgewicht.
1982 / 336 Seiten / S 243, - / Erb.
- Jungk, R.
Menschenbeben.
1983 / 224 Seiten / S 190, - / Bertelsmann.
- Cousteau – Umweltausebuch 1
Bestandsaufnahme eines Planeten.
199 Seiten / S 152, - / Klett-Cotta.
- Cousteau – Umweltausebuch 2
Saurer Regen und andere Katastrophen.
230 Seiten / S 152, - / Klett-Cotta.
- Nachtigall, W.
Biostrategie.
Eine Überlebenschance für unsere Zivilisation.
280 Seiten / S 227, - / Hoffmann und Campe.
- Taylor, G. R.
Das Geheimnis der Evolution.
373 Seiten / S 274, - / Fischer.
- Ivanov, V. V.
Gerade und Ungerade.
Die Asymmetrie des Gehirns und der Zeichensysteme.
1983 / 224 Seiten / S 213, - / Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.
- Unsóld, A.
Evolution kosmischer, biologischer und geistiger Strukturen.
2. Aufl. / 1983 / 150 Seiten / S 243, - / Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.

Ernährung und Gesellschaft.

Mit Beiträgen zahlreicher Fachwissenschaftler.
Herausgeber: E. Ehlers / 1983 / 238 Seiten / S 517, - / Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.

Ökologie im Bau- und Planungswesen

Herausgeber: W. Engelhardt / 1983 / 190 Seiten / S 353, - / Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft.

Das Buch „Niederösterreich im Wandel der Zeiten“, zugleich Katalog des NO Landesmuseums, verfaßt von **Univ.-Prof. Dr. Erich Thenius**, Paläontologisches Institut der Universität Wien, liegt nun in einer dritten, völlig neu bearbeiteten Auflage vor.

Das Buch stellt mit 156 Seiten nicht nur einen Führer durch die in letzter Zeit neu aufgestellten paläontologischen Sammlungen des Museums in der Herrngasse, Wien 1, dar, sondern überhaupt eine gemeinverständliche und angenehm lesbare Zusammenfassung und Schilderung der Geschichte des pflanzlichen und tierischen Lebens auf dem Boden des Bundeslandes.

Der außerordentlich mannigfaltige geologische Aufbau Niederösterreichs wird an Hand einer Skizze dargestellt. Ebenfalls kurz und in übersichtlicher Form werden die Arten der Fossilbildung sowie die Möglichkeiten einer relativen und absoluten Zeitbestimmung erörtert und grafisch die Dauer der erdgeschichtlichen Ereignisse mit einem Kalenderjahr verglichen.

Die Erörterung der Pflanzen- und Tierwelt der verschiedenen Zeitabschnitte geschieht in klarer und lebhafter Form. Durch zahlreiche Skizzen und Aufnahmen von wichtigen und kennzeichnenden Landschaftsformen, Fundstellen und Rekonstruktionsversuchen von Lebensbildern erhält die Schilderung eine beachtliche Lebendigkeit. Zahlreiche Abbildungen und 264 klare Strichskizzen von kennzeichnenden Fossilien auf 9 Tafeln leisten dem Lehrer und überhaupt jedem interessierten Naturfreund wertvolle Hilfe bei der Bestimmung von Fundstücken bei Wanderungen. Auch den Schülern können diese Möglichkeiten einer zeitlichen Einordnung von Ablagerungen zu einer sinn- und freudvollen Beschäftigung mit der umgebenden Natur anleiten.

Ein Verzeichnis der Fachausdrücke, Hinweise auf die wissenschaftliche Literatur sowie 4 erdgeschichtliche Tabellen mit radiometrischen Daten erleichtern die Verbindung zu den Ereignissen und dem Stand der wissenschaftlichen Forschung, ein Register der besprochenen Objekte und Begriffe schließlich erweitert und erleichtert die Verwendung des Werkes.

So kann abschließend und zusammenfassend festgestellt werden, daß das Buch für jeden an der heimatischen Natur interessierten einen sehr brauchbaren Beihilfe, einen Führer nicht nur durch die Sammlungen des Museums, sondern überhaupt durch die Geschichte des Heimatbodens darstellt. Die Anschaffung des Buches kann allgemein empfohlen werden, für Schul- und Lehrerbüchereien erscheint sie wohl selbstverständlich. Auf Grund der überaus vielen Abbildungen auf sehr gutem Papier erscheint der Preis von S 70, - dankenswert niedrig gehalten.

Wien, im März 1984

Prof. Franz Muckenhuber

CHEMIE

Dr. Edith Jarisch

Hannes Molzer*)

Erfahrungen mit einem chemischen Praktikum

Im folgenden Beitrag sollen Erfahrungen wiedergegeben werden, die in den vergangenen zehn Jahren in der chemischen Arbeitsgemeinschaft eines Wiener Realgymnasiums gemacht wurden.

Das Programm dieser Arbeitsgemeinschaft wird zunächst anhand eines Gesamtverzeichnisses der Übungsbeispiele (plus Literaturangaben) vorgestellt. In den folgenden Nummern dieser Zeitschrift wird eine Auswahl entsprechender Arbeitsvorschriften (im Verzeichnis durch halbfetten Druck hervorgehoben) publiziert werden.

Für Anfragen steht der Verfasser dieses Beitrages gern zur Verfügung.

1. Grundlagen der Analytischen und Allgemeinen Chemie

Sicherheit beim chemischen Experimentieren (1, 2)

Die Identifizierung von Ionen mit einfachsten Mitteln (3, 4)

Das Prinzip eines Halbmikro-Trennungsganges (5, 6)

Die Aufnahme und Berechnung von Titrationskurven (7)

Einführung in die Photometrie (8)

Die photometrische Bestimmung von Kupfer in Messing (9)

Die gasanalytische Bestimmung von Kohlendioxid (10)

Einführung in die Chromatografie (11, 12, 13)

Eigenschaften und Anwendung von Ionenaustauschern (14)

Die Messung von Neutralisations- und Verbrennungswärmen (15, 16, 17)

Der experimentelle Vergleich von Reaktionsentropien (18)
Die photometrische Messung einer Reaktionsgeschwindigkeit und einer Aktivierungsenergie (9)

Einführung in die Spektralphotometrie (19)

Eine spektralphotometrische Untersuchung der Massenwirkung (20)

2. Photometrische Übungsbeispiele

Absorptionsspektren von Lösungen (d-d und f-f Übergänge) (21, 22)

Die Messung molarer dekadischer Extinktionskoeffizienten (21, 23)

Konstitution und Lichtabsorption organischer Farbstoffe (9)

Photometrische Untersuchung eines EDA-Komplexes und von Indikatoren (9, 24)

Die Bestimmung der pK-Werte von Indikatoren (22)

Die photometrische Untersuchung des NERNSTschen Verteilungsgesetzes (25)

Die photometrische Ermittlung eines Löslichkeitsproduktes (26)

3. Elektrochemische Übungsbeispiele

Die Beobachtung der Ionenwanderung auf Indikatorpapier und im U-Rohr (27)

Prinzip einer konduktometrischen Titration (28)

Der Vergleich der Abscheidungspotentiale von Chlorid-, Bromid- und Jodidionen (17, 27)

Prinzip einer potentiometrischen Titration (29)

Der Vergleich der Säurestärken homologer Carbonsäuren (17, 30)

Die innerelektrolytische Titration von Permanganat-Ionen (29)

Die coulometrische Titration von Thiosulfat-Ionen und Wasserstoff-Ionen (29)

Der Betrieb einer Brennstoff-Zelle (31, 32)

*) Pädagogische Akademie des Bundes in Wien, 1100 Wien, Ettenreichgasse 45a, Tel. 62 91 92/245 Durchwahl.

4. Übungsbeispiele mit Bezug zur Organischen Chemie

Die Synthese einer organischen Verbindung (Triphenylcarbinol); Umkristallisieren; Schmelzpunktsbestimmung (33)

Die Synthese von Cyclohexen und Dibromcyclohexan (33)

Die Synthese von Benzoesäure (33)

Die Synthese von Diethylether (33)

Die Identifizierung (ausgewählter) organischer Verbindungen (34)

Die optische Aktivität und der FARADAY-Effekt (17)

Die Untersuchung der Inversion von Rohrzucker (35)

Einführung in die Gaschromatografie (17, 36)

Die Untersuchung eines Reaktionsmechanismus mit Hilfe der Gaschromatografie (36)

Die Untersuchung der Bindungsverhältnisse in Komplexverbindungen (7, 15)

5. Biochemische Übungsbeispiele

Die Ermittlung einer Peptidsequenz (37)

Die elektrophoretische Trennung von Eiklar-Proteinen

Das pH-Optimum eines Enzyms (7, 38)

Die Untersuchung der Substratspezifität eines Enzyms (39)

Ein Versuch zur Molekularen Evolution (40)

LITERATUR:

- (1) H. MOLZER, Lehrerhandbuch zum Lehrbuch „Chemie für die Unterstufe der AHS“. R. Oldenbourg Verlag und G. Westermann Verlag, Wien
- (2) I. LEWISCH und H. MOLZER, Lehrerhandbuch zum Lehrbuch „Physik und Chemie für die 3. Klasse Hauptschule“. R. Oldenbourg Verlag und G. Westermann Verlag, Wien.
- (3) G. JANDER und E. BLASIUS, Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie. S. Hirzel Verlag, Stuttgart, 1973.
- (4) H. MOLZER, Eine Trainingsscheibe zur Erlernung von Nachweisreaktionen. PRAXIS (Chemie) 26, 215 (1977).
- (5) H. MALISSA, Qualitative anorganische Halbmikroanalyse. Verlag der Wiener Medizinischen Akademie, 1970.
- (6) H. MOLZER, Die Durchführung qualitativer anorganischer Halbmikroanalysen in Schülerübungen. PRAXIS (Chemie) 24, 117 (1975).
- (7) H. MOLZER und W. HAMEDINGER, Programmierbare Rechner als Lehrmittel im praktischen Chemieunterricht. PRAXIS (Chemie) 26, 156 (1977).
- (8) H. MOLZER, Eine Meßanordnung zur Einführung in die Photometrie. PRAXIS (Chemie) 25, 157 (1976).
- (9) K. HAGENSTEIN, Handbuch zum Dr.-Lange-Laborphotometer. Dr. Bruno Lange GmbH, Berlin, 1968.
- (10) F. P. TREADWELL, Kurzes Lehrbuch der Analytischen Chemie. Franz Deuticke, Wien, 1946.
- (11) H. MOLZER, Chemie für die Unterstufe der allgemeinbildenden höheren Schulen. R. Oldenbourg Verlag und G. Westermann Verlag, Wien.
- (12) Dünnschichtchromatografie auf POLYGRAM-Mikro-Fertigfolien. Macherey-Nagel und Co., 516 Düren, BRD.
- (13) H. MOLZER und M. HAUER, Ein praktisch kostenloser „Gaschromatograph“. PRAXIS (Chemie) 27, 323 (1978).
- (14) Lehrbehelf des chemischen Grundpraktikums des Instituts für Anorganische Chemie der Universität Wien (1972).
- (15) J. A. CAMPBELL, Allgemeine Chemie. Verlag Chemie, Weinheim, 1975.
- (16) NUFFIELD Chemie Stufe 2 (Teil II). Quelle und Meyer, Heidelberg, 1978.
- (17) GRIFFIN-GERRARD Catalogue 77. Mr. Dr. Frederikstraat 19-23, Breda, Niederlande.
- (18) H. MOLZER, Die elektrochemische Messung von Reaktionsentropien. PRAXIS (Chemie) 28, 44 (1979).
- (19) Handbuch zum BECKMAN-Spectralphotometer ED 1204. Beckman Instruments GmbH, Frankfurter Ring 115, D-8000 München 40.
- (20) H. MENKE und H. WENCK, Bestätigung des Massenwirkungsgesetzes bei Bildung und Zerfall farbiger Komplexsalze mit Hilfe einfacher photometrischer Versuche. PRAXIS (Chemie) 23, 253 (1974).
- (21) F. A. COTTON und G. WILKINSON, Anorganische Chemie. Verlag Chemie GmbH, Weinheim, Bergstraße, 1974.
- (22) Instruction Sheet, Griffin Spectrophotometer. Griffin and George Ltd., Ealing Road, Alperton, Wembley, Middlesex, HA0 1HJ.
- (23) Chemieunterricht heute – ein Handbuch für Lehrer. Verlag Moritz Diesterweg, 1972.
- (24) G. BECKER und A. WOLF, Methylorange. PRAXIS (Chemie) 22, 201 (1973).

- (25) A. WOLF, Bestimmungen einer Gleichgewichtskonstanten auf photometrischer Grundlage. PRAXIS (Chemie) 20, 225 (1971).
- (26) H. MENKE und H. WENCK, Einfache kolorimetrische und photometrische Versuche zu Begriff und Ermittlung des Löslichkeitsproduktes. PRAXIS (Chemie) 25, 1 (1976).
- (27) F. BUKATSCH und W. GLÖCKNER (Herausgeber), Experimentelle Schulchemie (Physikalische Chemie I), Band 4/I. Aulis Verlag Deubner und Co. KG, Köln, 1972.
- (28) B. MÜSSIG, Konduktometrische Titration. PRAXIS (Chemie) 20, 168 (1971).
- (29) H. MOLZER, Die Durchführung elektrochemischer Analysen ohne großen technischen Aufwand. PRAXIS (Chemie) 26, 188 (1977).
- (30) F. STROHBUSCH, Neuere Erkenntnisse der Säure-Basen-Theorie. Chemie in unserer Zeit, 16. Jahrgang, August 1982.
- (31) R. FLÜGEL, Elektrochemische Brennstoffzellen im Unterricht. Phywe-Nachrichten, Ausgabe A124/1704.
- (32) Instruction Sheet, Griffin Fuel Cell Kit. Griffin and George Ltd., Ealing Road, Alperton, Wembley, Middlesex, HA0 1HJ.
- (33) G. KEMPTER, Organisch-chemisches Praktikum. Friedrich Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1971.
- (34) R. L. SHRINER, R. C. FUSON und D. Y. CURTIN, The Systematic Identification of Organic Compounds. John Wiley and Sons Inc., New York, London, Sydney 1964.
- (35) W. JUNGBAUER, Die Inversion von Rohrzucker. PRAXIS (Chemie) 25, 64 (1976).
- (36) R. ENGLER und E. WIEDERHOLT, Gas-Flüssig-Chromatographie in Versuchen. Arbeitsbuch zum Gas-Chromatographen Technochem 177, Gesamthochschule Wuppertal 1978.
- (37) H. MOLZER, Die Ermittlung einer Peptidsequenz in Schülerübungen. PRAXIS (Chemie) 24, 154 (1975).
- (38) F. BUKATSCH und W. GLÖCKNER (Herausgeber), Experimentelle Schulchemie (Organische Chemie III), Band 6/II. Aulis Verlag Deubner und Co., Köln, 1976.
- (39) H. MOLZER, Die photometrische Untersuchung der Substratspezifität eines Enzyms. PRAXIS (Chemie) 27, 236 (1978).
- (40) H. MOLZER, Ein einfacher Versuch zur molekularen Evolution. PRAXIS (Chemie) 25, 334 (1967).

Die Identifizierung von Ionen mit einfachsten Mitteln

Aufgabe: Die Kationen und Anionen wasserlöslicher Salze sollen mit Hilfe von Ammoniakwasser, Natronlauge, Schwefelsäure, Salzsäure, Silbernitrat und Bariumchlorid identifiziert werden.

Prinzip: Viele in Wasser gelöste Kationen bilden mit Hydroxidionen (aus Ammoniakwasser und Natronlauge) charakteristisch gefärbte Niederschläge. Darüber hinaus kann die in einigen Fällen auftretende Löslichkeit dieser Niederschläge im Überschuß des Reagenz zur Identifizierung der Ionen herangezogen werden. Die von einigen Kationen mit Chlorid- und Sulfationen gebildeten Niederschläge, die Eigenfarbe der hydratisierten Ionen und die durch manche Ionen hervorgerufene Flammenfärbung stellen weitere einfache Hilfsmittel der Identifizierung dar.

Mehrere Anionen zersetzen sich bei Einwirkung verdünnter oder konzentrierter Schwefelsäuren unter Bildung charakteristisch riechender oder gefärbter Gase bzw. Dämpfe. Silberionen und Bariumionen bilden mit einigen Anionen Niederschläge, deren Löslichkeit in Ammoniakwasser oder Säure als charakteristische Merkmale der Anionen angesehen werden können (3).

Theorie: Farbigkeit von Ionen, Emissionsspektren, Löslichkeit, Komplexbildung, Reaktionsschemata.

Praktische Durchführung: Die Urprobe ist gemäß der Anzahl der Nachweisreaktionen in mehrere Portionen zu teilen. Bitte um unbedingte Rücksprache vor dem Einsatz der konzentrierten Schwefelsäure!

Als Resultat der durchgeführten Arbeiten gelten die Formeln der analysierten Salze.

Abkürzungen in den folgenden Tabellen:

N = Niederschlag

im Ü lsl = im Überschuß löslich

Tr = Trübung

Die Aufnahme von Titrationskurven

Aufgabe: Es ist festzustellen, in welcher Weise sich der pH-Wert einer stark basischen Lösung (bzw. der Lösung einer schwachen Säure) beim allmählichen Hinzufügen einer stark

Kation	Farbe in wäßriger Lösung	Flamme	+NH ₃	+NaOH	+H ₂ SO ₄	+HCl
Ag ⁺	–	–	gelber N im Ü Isl	brauner N	–	weißer N in NH ₃ Isl
Hg ²⁺	–	–	weißer N HgNH ₂ Cl	gelber N	–	–
Pb ²⁺	–	fahl blau	weißer N	weißer N im Ü Isl	weißer N	weißer N
Cu ²⁺	blau	grün	blauer N im Ü Isl	blauer N	–	–
Ni ²⁺	grün	–	grüner N im Ü Isl	grüner N	–	–
Co ²⁺	violett	–	graublauer N	blauer N	–	–
Fe ²⁺	grün	–	graugrüner N, später braun	graugrüner N, später braun	–	–
Fe ³⁺	gelb	–	rostbrauner N	rostbrauner N	–	–
Mn ²⁺	blaßrosa	–	bräunlichrosa N	bräunlichrosa N	–	–
Al ³⁺	–	–	weißer N	weißer N im Ü Isl	–	–
Zn ²⁺	–	–	weißer N im Ü Isl	weißer N im Ü Isl	–	–
Ba ²⁺	–	grün	ev. Tr	ev. Tr	weißer N	–
Sr ²⁺	–	rot	–	–	weißer N	–
Ca ²⁺	–	rot	weißer N	weißer N	ev. weißer N	–
Mg ²⁺	–	–	weißer N	weißer N	–	–
Na ⁺	–	gelb	–	–	–	–
K ⁺	–	violett	–	–	–	–
NH ₄ ⁺	–	–	–	bei Erwärmen Geruch nach NH ₃	–	–

Anion	+ verd. H ₂ SO ₄ (gelöste Probe)	+ AgNO ₃	+ BaCl ₂	+ concH ₂ SO ₄ (trockene Probe)	Farbe
CO ₃ ²⁻	Gas, geruchlos	weißer N, Isl HNO ₃	weißer N, Isl HNO ₃	Gas, geruchlos	–
SO ₃ ²⁻	Gas, stechend süßl.	weißer N, Isl HNO ₃	weißer N, Isl HNO ₃	Gas, stechend süßlich	–
S ₂ O ₃ ²⁻	Gas, stechend süßl., später kolloid. Schwefel (milchig)	weißer N, später schwarz Isl HNO ₃	weißer N, Isl HNO ₃	Gas, stechend süßlich	–
SO ₄ ²⁻	–	–	weißer N, unisl. HNO ₃	–	–
NO ₂ ⁻	Gas, braun, giftig!	–	–	Gas, braun, giftig!	–
NO ₃ ⁻	–	–	–	beim Erhitzen Gas, braun, giftig!	–
F ⁻	–	–	weißer N, in viel HNO ₃ Isl	„Kriechprobe“	–
Cl ⁻	–	weißer N, unisl HNO ₃	–	beim Erhitzen Gas, stechend	–
Br ⁻	–	gelber N, unisl HNO ₃	–	beim Erhitzen Gas, stechend	–
I ⁻	–	gelber N, unisl HNO ₃	–	beim Erhitzen violette Dämpfe	–
PO ₄ ³⁻	–	weißer N, Isl HNO ₃	weißer N, Isl HNO ₃	–	–
CrO ₄ ²⁻	Orangefärbung	gelber N, Isl HNO ₃	gelber N, Isl HNO ₃	Orangefärbung	gelb
SCN ⁻	Unterscheidung von Chlorid: blutrot mit FeCl ₃	weißer N, unisl HNO ₃	–	–	–

[Neben diesen Tabellen wurden den Schülern Ausschneidebögen – Xeroxkopien – zur Verfügung gestellt, mit deren Hilfe „Trainingsscheiben“ angefertigt werden konnten, die es erlaubten, die Nachweisreaktionen einzuüben, ohne sich an die Positionen der Angaben auf den Tabellen zu gewöhnen (4).]

sauren (bzw. basischen) Lösung ändert. Da dieser Vorgang der volumetrischen Bestimmung („Titration“) einer Lauge (Säure) mittels einer Säure (Lauge) entspricht, bezeichnet man den Graph $pH = f$ (Volumen der zugesetzten Säure bzw. Lauge) als „Titrationkurve“.

Prinzip:

- Zu 25 ml einer 0,1-M-NaOH-Lösung (Natronlauge) fügt man portionsweise 0,1 M HCl und mißt den pH-Wert (potentiometrisch) mit Hilfe einer Glaselektrode.
- 100 ml 0,01 M Essigsäure werden „vorgelegt“ und mit 1-ml-Portionen einer 0,1 M NaOH titriert.

Theorie: Theorie der Glaselektrode und des Feldeffekttransistors; theoretische Deutung des Verlaufs der Titrationskurven:

Unter den angegebenen Bedingungen (Titration einer starken Base mit einer starken Säure) kann der Verlauf der Titrationskurve bis zum Äquivalenzpunkt durch die Gleichung

$$pH = 14 + \lg \frac{0,0025 - 0,0001x}{0,025 + 0,001x}$$

dargestellt werden (x ... ml 0,1 M HCl). Für den Kurvenverlauf ab dem Äquivalenzpunkt kann man die Gleichung

$$pH = -\lg \frac{0,0001(x-25)}{0,025 + 0,001x}$$

verwenden. Es wird empfohlen, die experimentellen und theoretischen Titrationskurven mit Hilfe eines programmierbaren Taschenrechners oder eines Computers zu vergleichen.

Die Errechnung des Kurvenverlaufes für den Fall „Titration einer schwachen Säure mit einer starken Lauge“ (7):

a ... Anfangskonzentration der schwachen Säure

b ... die jeweilige Konzentration der NaOH; sie wird für den unter „Prinzip“ angegebenen Fall folgendermaßen berechnet (l ... Konzentration der verwendeten Lauge; x ... ml zugesetzter Lauge):

$$b = \frac{0,001x}{0,1 + 0,001x}$$

alle anderen Konzentrationen wurden mit dem Buchstaben c und den entsprechenden Indizes bezeichnet.

Bei vollständiger Dissoziation der NaOH gilt: $b = c_{Na^+}$.

Die Konzentration der undissoziierten Säuremoleküle in Lösung, c_{HA} , ist gegeben durch: $c_{HA} = a - c_{A^-}$.

Da die Lösung elektrisch neutral ist, gilt: $c_{Na^+} + c_{H^+} = c_{A^-} + c_{OH^-}$.

Mit Hilfe dieser Beziehungen kann man für c_{HA} schreiben:

$$c_{HA} = a - b - c_{H^+} + c_{OH^-}$$

Desgleichen für c_{A^-} : $c_{A^-} = b + c_{H^+} - c_{OH^-}$.

Unter Einbeziehung des bekannten Ausdrucks für die Säurekonstante K_s erhält man:

$$c_{H^+} = K_s \frac{a - b - c_{H^+} + c_{OH^-}}{b + c_{H^+} - c_{OH^-}}$$

Solange die Lösung sauer ist, also bis zum Äquivalenzpunkt, kann man c_{OH^-} vernachlässigen:

$$c_{H^+} = K_s \frac{a - b - c_{H^+}}{b + c_{H^+}}$$

Nun löst man die quadratische Gleichung nach c_{H^+} und berücksichtigt, daß der pH-Wert berechnet werden soll:

$$pH = -\lg \frac{\sqrt{b^2 + 2K_s b + K_s^2 - 4K_s(b-a)} - b - K_s}{2}$$

Vereinfachend kann für den Kurvenverlauf nach dem Äquivalenzpunkt die Gleichung

$$pH = -\lg \frac{K_w}{b-a}$$

verwendet werden.

Mit Hilfe eines Computers (z. B. Home-Computer TI99/4a) können Titrationskurven für verschiedene Werte von K_s („K“), a und l auf dem Bildschirm eines Monitors veranschaulicht werden (TI BASIC):

```

10 read K, a, l
20 call clear
30 print „K=“; K
40 print „a=“; a
50 print „l=“; l
60 for i = 1 to 20
70 print
80 next i
100 b = l*x/(100+x)
110 w = SQR [(b+K) ^ 2 - 4*K*(b-a)] - b - K
120 if w >= 0 then 150
130 p = -log [1 - E - 14/(b-a)]/log (10)
140 go to 160

```

```

150 p = -log (w/2)/log (10)
160 call vchar (24-p, x+5,42,1)
170 next x
180 input A$
190 if (A$ = „end“) then 200 else 210
200 end
210 go to 10
220 data 1 - E-5, 1 - E-2, 1 - E-1

```

An dieser Stelle können n Sätze weiterer Werte eingesetzt werden!

```

220 + 10 n end
run

```

Nach Programmstart erscheinen die ersten drei eingegebenen Werte für K , a und l und wandern an den oberen linken Bildrand. Die entsprechende Titrationskurve wird aufgezeichnet. Nach Erscheinen eines blinkenden Fragezeichens wird „enter“ eingegeben, falls man die nächsten Werte und den nächsten Graph zu sehen wünscht. Gibt man statt dessen „end“ ein, wird die Vorführung beendet.

Praktische Durchführung: 25 ml 0,1 M NaOH werden in ein 150-ml-Becherglas gebracht, welches mit der Einstab-Meßkette, einem Magnetrührer und der die 0,1 M HCl enthaltende Bürette versehen ist. Die Glaselektrode wird mit Hilfe eines Puffers (z. B. 3,81 g Borax/l Lösung = pH 9,2) kalibriert.

Vor Beginn der Titration fügt man wenige Tropfen des Indikators Phenolphthalein zu und beobachtet dessen Verhalten während des Säurezusatzes.

Ebenso verfährt man bei der Titration einer schwachen Säure mit einer starken Base.

Anschließend werden vom Lehrer basische und saure Lösungen (NaOH und HCl) ausgegeben, deren Konzentrationen durch Titration zu ermitteln sind.

Einführung in die Photometrie

Aufgabe: Es ist der Zusammenhang zwischen der durch eine farbige Lösung erfolgenden Lichtabsorption und der Konzentration dieser Lösung zu untersuchen. Dieser Zusammenhang kann zur Konzentrationsmessung herangezogen werden (Photometrie).

Prinzip: Ein Strahl gelben Lichtes trifft nach dem Durchgang durch eine Kaliumpermanganatlösung auf einen lichtabhängigen Widerstand (LDR, light dependent resistor), der, gemeinsam mit einem Mikroamperemeter, einem Akkumulator und einem Schalter Bestandteil eines Stromkreises ist. Die gemessene Stromstärke ist ein Maß für die Intensität des Lichtstrahls und damit für die Konzentration der absorbierenden Lösung.

Theorie: Lichtabsorption durch (delokalisierte) Elektronen, durch Charge-Transfer und durch $d-d$ -Übergänge; das LAMBERT-BEER-Gesetz: Bei dem vorliegenden Übungsbeispiel ist die Abhängigkeit des Wertes $\lg(i_0/i)$ von der Konzentration der Permanganatlösung (c) zu messen (Graph auf Millimeterpapier).

i_0 ... Strom, der bei Durchgang des Lichtstrahls durch reines Wasser gemessen wird (Leerwert)

i ... Strom, der bei Durchgang des Lichtes durch die Probelösung gemessen wird

Der gemessene Strom ist der Lichtintensität (I) linear proportional: $i = \text{const.} \cdot I$.

Der Wert $\lg \frac{i_0}{i} = \lg \frac{\text{const.} \cdot I_0}{\text{const.} \cdot I} = \lg \frac{I_0}{I}$ wird als

„Extinktion“ (E) bezeichnet. Er ist der Konzentration der Lösung proportional und hängt außerdem noch von der Schichtdicke (d) der Küvette ab, die sich im Verlaufe des Versuches jedoch nicht ändert ($k = ed$; e ... Extinktionskoeffizient, der für die Lösung charakteristisch ist; d ... Schichtdicke).

$$E = \lg \frac{I_0}{I} = kc \text{ LAMBERT-BEER-Gesetz}$$

Praktische Durchführung (verdunkelter Übungsraum):

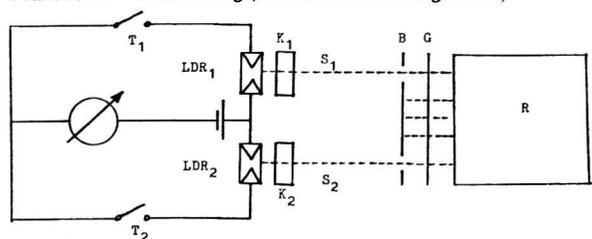


Abb. 2

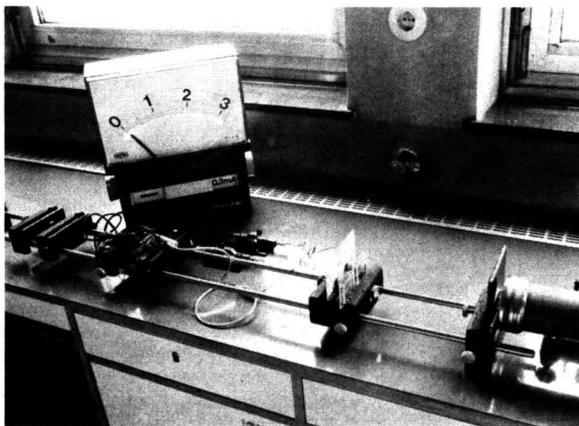


Abb. 3

Licht einer Reuterlampe (R), deren Lichtstärke durch ein Netzgerät reguliert werden kann, trifft auf eine Platte aus Farbglass (G), auf welche ein Karton geklebt wurde (B; Blende), in den man mittels Korkbohrer zwei kreisrunde Löcher gestanzt hat. Die beiden durch diese Vorrichtung erzeugten parallelen Strahlen gelben Lichtes (S_1, S_2) durchdringen zwei Küvetten gleicher Breite (und daher gleicher Schichtdicken der Flüssigkeiten) (K_1, K_2) und belichten zwei auf einem Karton montierte lichtabhängige Widerstände (LDR_1, LDR_2). Filter, Küvetten und LDRs können in den Reitern einer optischen Bank befestigt werden. Ein LDR und ein Taster (T_1, T_2) sind jeweils Bestandteile eines Stromkreises, beiden Kreisen sind ein Edison-Akkumulator und ein Mikroamperemeter gemeinsam.

Diese Meßanordnung wird nun so justiert, daß bei abwechselnder Betätigung der Taster durch beide LDRs der gleiche Strom i_0 fließt. Die Küvetten sind dabei mit Wasser gefüllt. Anschließend ersetzt man das Wasser in einer der Küvetten durch Kaliumpermanganatlösungen verschiedener Konzentration: Man beginnt mit einer Lösung von ca. 0,3 g $KMnO_4/100$ ml Lösung („Lösung der Konzentration 1“), verdünnt diese Lösung dann mit Wasser im Verhältnis 1 : 1 („Lösung der Konzentration 0,5“) und die daraus resultierende Lösung wieder mit Wasser im Verhältnis 1 : 1 usw. Durch den entsprechenden LDR fließen dann jeweils die verschieden großen Ströme i . Man berechnet die Extinktionen und zeichnet den Graph $E = f(c)$ (Abb. 4).

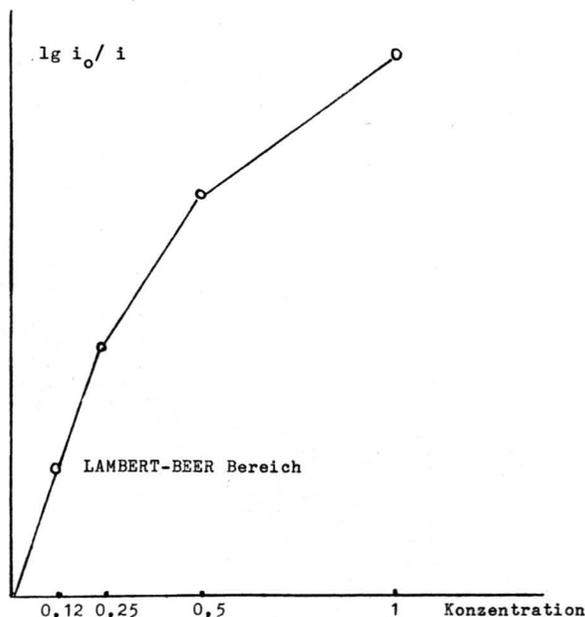


Abb. 4

Der lineare Teil des Graphs heißt „LAMBERT-BEER-Bereich“. Bei photometrischen Messungen sollen die zu messenden Konzentrationen so gewählt werden, daß die entsprechenden Extinktionen in diesem Bereich liegen (8).

Die photometrische Bestimmung von Kupfer in Messing

Aufgabe: Der Kupfergehalt eines Messinggegenstandes ist photometrisch zu bestimmen und in Gewichtsprozenten anzugeben (9).

Prinzip: Der Messinggegenstand wird abgewogen und dann in konzentrierter Salpetersäure gelöst. Ein Teil der in definierter Weise mit Wasser verdünnten Lösung wird mit Ammoniak versetzt, und der gebildete tiefblaue Kupfertetrammin-Komplex wird zur photometrischen Bestimmung der Cu^{2+} -Ionen herangezogen. Vorher wird unter Verwendung eines Spektralphotometers und von Cu^{2+} -Lösungen bekannten Gehaltes eine Eichgerade ermittelt (Wellenlänge 560 nm).

Theorie: Lambert-Beer-Gesetz; Komplexbildung; Lichtabsorption durch d-d-Übergänge.

Praktische Durchführung:

1. Aufnahme der Eichgeraden.

Man stellt eine Standardlösung her, indem man eine wäßrige Lösung von 1,9645 g $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ mit destilliertem Wasser auf 1000 ml auffüllt.

Von dieser Lösung werden 2 ml (enthalten 1 mg Cu)
4 ml und
6 ml in je eine Photometer-

küvette pipettiert. In jede Küvette gibt man drei Milliliter 25%ige Ammoniaklösung und füllt mit destilliertem Wasser auf zehn Milliliter auf. Danach werden die Extinktionen der drei Eichlösungen bei 560 nm gemessen (Leerwert Wasser) und gegen die Cu-Mengen auf Millimeterpapier aufgetragen.

2. Aufbereitung der Probe

Der Messinggegenstand, dessen Kupfergehalt bestimmt werden soll, wird nach dem Abwiegen in einem Reagenzglas in 1–2 ml conc HNO_3 gelöst (Abzug!). Die Lösung wird ohne Verluste in einen 500-ml-Meßkolben gespült. Man füllt mit destilliertem Wasser bis zur 500-ml-Marke auf. Nach sorgfältiger Durchmischung werden 4 ml dieser Lösung entnommen und in eine Küvette pipettiert. Man setzt 3 ml 25%ige Ammoniaklösung zu und füllt mit destilliertem Wasser auf 10 ml auf. Aus der Extinktion der Probe kann nun mit Hilfe der Eichgeraden der Cu-Gehalt von 4 ml Probelösung ermittelt werden.

Den Cu-Gehalt des Messinggegenstandes erhält man durch Multiplikation mit 125 (4 ml wurden aus 500 ml Probelösung entnommen).

Beispiel:

Gemessene Extinktionen:	1 mg Cu	0,105
	2 mg Cu	0,230
	3 mg Cu	0,348
	Probe	0,208

Der Extinktion von 0,208 entsprechen laut Eichgeraden 1,8 mg Cu. Im Messinggegenstand befinden sich also $125 \cdot 1,8 = 225$ mg Cu.

Das Gewicht des Messinggegenstandes betrug 0,3355 g. Er enthält daher $225 \cdot 100/336 = 67\%$ Kupfer.

Der experimentelle Vergleich von Reaktionsentropien

Aufgabe: Die Entropieänderungen (ΔS), welche im Verlauf zweier Reaktionen auftreten, sollen elektrochemisch gemessen und miteinander verglichen werden.

Prinzip: Die Entropie einer Reaktion, welche einer elektrochemischen Zelle zugrunde liegt, kann bestimmt werden, indem man die Temperaturabhängigkeit der elektromotorischen Kraft (EMK) dieser Zelle mißt. Es gilt:

$$n \cdot F \cdot \frac{dEMK}{dT} = \Delta S \quad (1)$$

F ... FARADAY-Konstante ($96,85 \text{ kJ} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$)

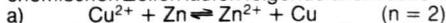
n ... Anzahl der bei einem an der Elektrode ablaufenden Elementarvorgang ausgetauschten Elektronen

Theorie: Die Ableitung von Gleichung (1); Entropien hydratisierter Ionen; galvanische Zellen.

Praktische Durchführung (18):

1. Die untersuchten elektrochemischen Zellen

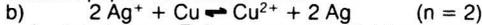
In den in unserer Arbeitsgemeinschaft untersuchten elektrochemischen Zellen laufen folgende chemische Reaktionen ab:



Die Kathode besteht aus einer Zinkelektrode, die in eine wäßrige Lösung von $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, $c = 0,1 \text{ mol/l}$, eintaucht. Die Anode besteht aus einer Kupferelektrode, die in eine wäßrige $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ -Lösung, $c = 0,1 \text{ mol/l}$, eintaucht. (Für das bekannte DANIEL-Element werden Lösungen von $c = 1 \text{ mol/l}$ vorgeschrieben.)

Die beiden, die Elektrodenflüssigkeit enthaltenden 100-ml-Bechergläser stecken in Ausnehmungen einer Styroporplatte, welche, zur Vermeidung von Wärmeverlusten, auf der Oberfläche eines thermostatisierbaren Wasserbades schwimmt. Als

Stromschlüssel dient ein U-Röhrchen aus Glas, welches mit einer gesättigten KNO_3 -Lösung gefüllt und mit Röllchen aus Toilettenpapier verschlossen ist.



Auch bei dieser Zelle verwenden wir Lösungen von $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ bzw. AgNO_3 als Elektrodenflüssigkeiten ($c = 0,1 \text{ mol/l}$). Die Silberelektrode besteht aus einer Silberdrahtspirale.

2. Die Messung der EMK

Die elektromotorischen Kräfte der beiden zu vergleichenden Zellen werden mit Hilfe einer Potentiometerschaltung gemessen.

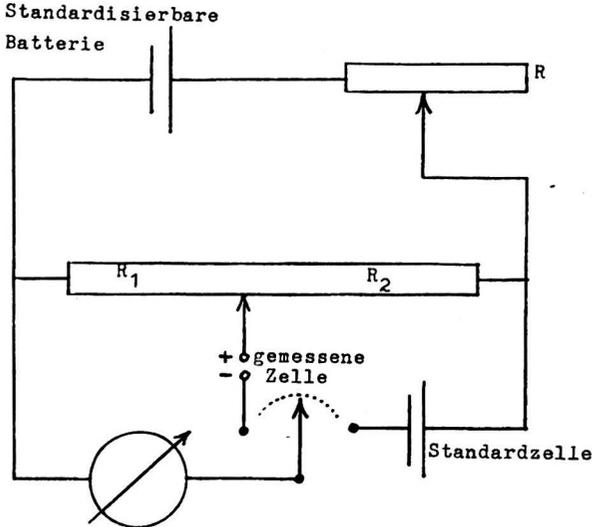


Abb. 12

Durch Variation des Widerstandes R_2 kann Stromlosigkeit am Galvanometer hervorgerufen werden ($\text{EMK}_{\text{Standard}}$ ist die elektromotorische Kraft einer Zelle bekannter Spannung). Im Zustand der Stromlosigkeit gilt:

$$\text{EMK}_{\text{Zelle}} = \frac{\text{EMK}_{\text{Standard}} \cdot R_1}{R_1 + R_2}$$

Als Standardzelle dient eine gewöhnliche Taschenlampenbatterie, deren Effektivspannung allerdings vor den Messungen genau auf 1,0186 V eingestellt wurde. Dies geschah durch Variation des Widerstandes R bis zur Nullanzeige am Galvanometer (Kippschalter auf „Standardisierung“).

Wir verwenden ein Potentiometer der Firma WALDEN PRECISION APPARATUS Ltd. (Modell P30), beziehbar durch die Firma GRIFFIN, Breda, Niederlande, welches es erlaubt, eine einfache 4,5-V-Batterie nach Standardisierung (Schalter S auf Standardisierung; R bis zur Nullanzeige am Galvanometer verstellen) als Vergleichselement zu benutzen. Unter der Voraussetzung, daß ein WESTON-Normalelement (1,0186 V) als Standardelement eingesetzt wurde, kann man dann nach Einstellen der Nullanzeige am Galvanometer (S auf Messung) den Meßwert auf einer Skala direkt ablesen. Das WESTON-Element wird durch diese Vorgangsweise geschont.

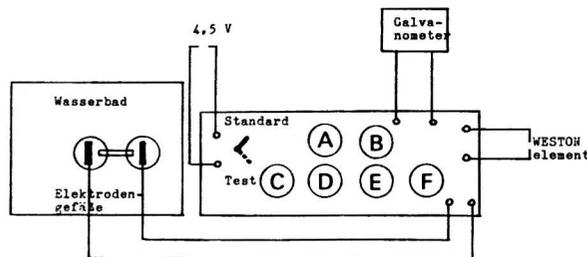


Abb. 13

Abb. 14: Die zur Messung von Reaktionsentropien verwendeten Geräte von links nach rechts: ein thermostatisches Wasserbad mit der Zelle, das „Decade-Potentiometer Type P 30“ der Firma WPA, das WESTON-Normalelement und ein Spiegelgalvanometer, auf dem die standardisierbare Batterie steht. Alle Geräte können durch die Lehrmittelfirma GRIFFIN, Breda, Niederlande, bezogen werden.

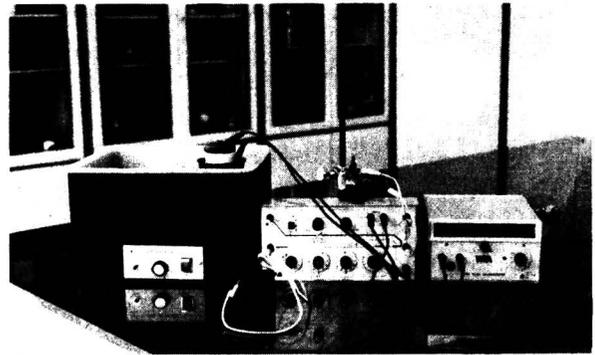


Abb. 14

Die Drehknöpfe A und B werden so justiert, daß bei Stellung des Kippschalters auf „Standardize“ das Galvanometer keinen Ausschlag zeigt. (Schalter immer nur ganz kurz betätigen, um das WESTON-Element zu schonen!) Nach der Durchführung der Standardisierung schließt man den Kontakt zwischen den beiden Elektrodengefäßen durch Einlegen des Stromschlüssels (Zn, Cu-Elektroden; Zn = Kathode, schwarzer Kontakt). Man justiert die Drehknöpfe C, D, E und F auf ca. 1 Volt (Zelle Cu/Zn) und dann weiter, bis bei Stellung des Kippschalters auf „Test“ am Galvanometer kein Strom ablesbar ist. Man liest die Spannung auf den Skalen C, D, E und F und die Temperatur in den Gefäßen der Zelle ab. Nun legt man den Stromschlüssel auf die Styroporplatte und erhöht die Temperatur in den Elektrodengefäßen um ca. 10 Grad. Mit Hilfe des Stromschlüssels wird der Kontakt nun wieder geschlossen und die Spannung der Zelle sowie die Temperatur der Elektrodenflüssigkeit gemessen. Wenn die Badtemperatur bei ca. 45 °C angelangt ist, wechselt man die Elektroden (Cu/Ag) bzw. Elektrodenflüssigkeiten und die KNO_3 -Lösung des Stromschlüssels, stellt C, D, E, F auf ca. 0,4 V (Zelle Cu/Ag) und mißt die EMK dieser Zelle im Temperaturbereich 40–60 °C.

3. Typische Meßergebnisse

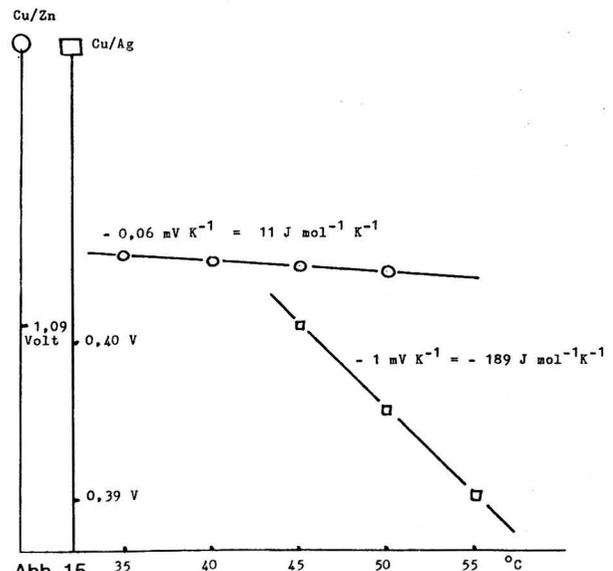


Abb. 15

4. Erklärung der Meßergebnisse

Die Entropieänderung eines reagierenden Systems ergibt sich aus der Differenz der Entropien des Systems im Endzustand und im Anfangszustand. Diese Entropien können wieder aus den Entropiebeiträgen der einzelnen Reaktionspartner zusammengesetzt werden. Diese partiellen Entropien bringen den „Grad der Gleichmäßigkeit der Verteilung der Materie“ in den Reaktionspartnern zum Ausdruck. Die folgende Tabelle zeigt die molaren Standardentropien der an den untersuchten Reaktionen beteiligten Partner.

Cu	33,47 J mol ⁻¹ K ⁻¹	Cu ²⁺ (aq)	-111,3 J mol ⁻¹ K ⁻¹
Zn	41,79 J mol ⁻¹ K ⁻¹	Zn ²⁺ (aq)	-108,7 J mol ⁻¹ K ⁻¹
Ag	42,84 J mol ⁻¹ K ⁻¹	Ag ⁺ (aq)	73,6 J mol ⁻¹ K ⁻¹
		SO ₄ ²⁻ (aq)	18,5 J mol ⁻¹ K ⁻¹

Die Entropien der hydratisierten Ionen sind für die Diskussion der von uns betrachteten Reaktionen von ausschlaggebender Bedeutung. Diese von W. M. LATIMER bereits 1926 gesammelten relativen partiellen Entropien gelten für Lösungen der Aktivität 1. Der Entropie des H^+ -Ions wurde der Wert 0 zugeordnet. Die stark negativen Entropiewerte kommen dadurch zustande, daß durch die Hydratation der Ionen die Struktur des Wassergitters stark verändert wird: die Wassermoleküle werden von den gelösten Ionen angezogen, und das Volumen des Wassers wird dadurch so stark verringert, daß der durch die Zufügung des gelösten Stoffes bewirkte Zuwachs der Gesamtentropie überkompensiert wird. Dieser Effekt ist um so größer, je mehr positive Ladungen die Ionen tragen und je kleiner sie sind (Ionenradius von Zn^{2+} 74 pm, Ionenradius von Ag^+ 126 pm). Die positive Entropie des Sulfations kann mit dessen Größe erklärt werden, welche eine ausreichende Annäherung der Wasserdipole verhindert. Wir können nun die Reaktionsentropien der untersuchten Reaktionen unter Zuhilfenahme der Tabelle berechnen und kurz diskutieren:

$$Cu/Zn - 108,7 + 33,47 - (-111,3) - 41,79 = -5,63 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

Die Entropieänderung ist gering, da sowohl die beiden an der Reaktion beteiligten Metalle als auch die entladenen und entstehenden Ionen fast gleich große Entropien haben.

$$Ag/Cu - 111,3 + 85,68 - 147,34 - 33,47 = 206,43 \text{ J mol}^{-1}\text{K}^{-1}$$

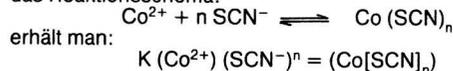
Die stark negative Entropie dieser Reaktion findet ihre Erklärung in der Entladung der Silberionen (positive Entropie) und in der Entstehung von Cu^{2+} -Ionen, welche die Struktur des Wassergitters im Sinne einer ungleichmäßigeren Verteilung („höheren Ordnung“) der Wassermoleküle beeinflussen.

Eine spektralphotometrische Untersuchung der Massenwirkung

Aufgabe: Es sind photometrische Experimente zum Thema „Massenwirkung“ durchzuführen. Die Meßergebnisse sind graphisch auszuwerten.

Prinzip: Bei der Reaktion rotvioletter hydratisierter Co^{2+} -Ionen mit farblosen Thiocyanat-Ionen entsteht die blaue Verbindung Kobaltthiocyanat. Wegen der verschiedenen Extinktionsmaxima des freien Ions und des Komplexes können die Verschiebungen ihrer Konzentrationen bei Thiocyanatzusatz (Massenwirkung) photometrisch verfolgt werden. Durch graphische Auswertung der Meßergebnisse kann außerdem ermittelt werden, in welchem molaren Verhältnis sich Co^{2+} -Ionen mit Thiocyanat-Ionen verbinden.

Theorie: Durch Anwendung des Massenwirkungsgesetzes auf das Reaktionsschema:



Unter den Versuchsbedingungen ist die Abnahme der Co^{2+} -Konzentration kaum meßbar, während die Zunahme der Konzentration des Kobalt-Thiocyanat-Komplexes wegen dessen extrem guter Lichtabsorption deutlich verfolgt werden kann. Wir machen daher im vorliegenden konkreten Fall die – dem Massenwirkungsgesetz eigentlich widersprechende – Annahme, die Co^{2+} -Konzentration (und damit auch $K[Co^{2+}] = A$) bleibe (praktisch) konstant:

$$A (SCN^-)^n = (Co[SCN]_n) \text{ bzw. } \lg A + n \lg (SCN^-) = \lg (Co[SCN]_n)$$

Trägt man $\lg (SCN^-)$ gegen den Logarithmus der Konzentration (bzw. den Logarithmus der Extinktion) des Komplexes auf, erhält man eine Gerade mit der Steigung $tga = n$ (20).

Praktische Durchführung: Zunächst bereitet man eine 0,02-M- $CoCl_2$ -Lösung und bestimmt deren Extinktionskurve ($E = f(\lambda)$). (Extinktionsmaximum 525 nm, nur geringe Extinktion bei 610 nm, dem Extinktionsmaximum des Komplexes.)

Nun löst man 2 g Kaliumthiocyanat in den in der Küvette enthaltenen 20-ml- Co^{2+} -Lösung (COLEMAN-Photometer) und bestimmt die Extinktionen dieser Lösung bei und in der Umgebung von 610 nm. Diese Lösung ist 1,03 M an SCN^- . Die „Schulter“ der Kurve bei 610 nm stammt von der durch den Komplex hervorgerufenen Extinktion.

Bei Zusatz von weiterem KSCN wird diese Schulter entsprechend der wachsenden Konzentration des Komplexes höher.

Beispiel:

	(SCN^-) mol/l	E_{610}
20 ml 0,02 M $CoCl_2$ -Lösung	1,03	0,2
+ 2 g KSCN	1,55	0,4
+ 3 g KSCN	2,06	0,7
+ 4 g KSCN	2,57	1,06

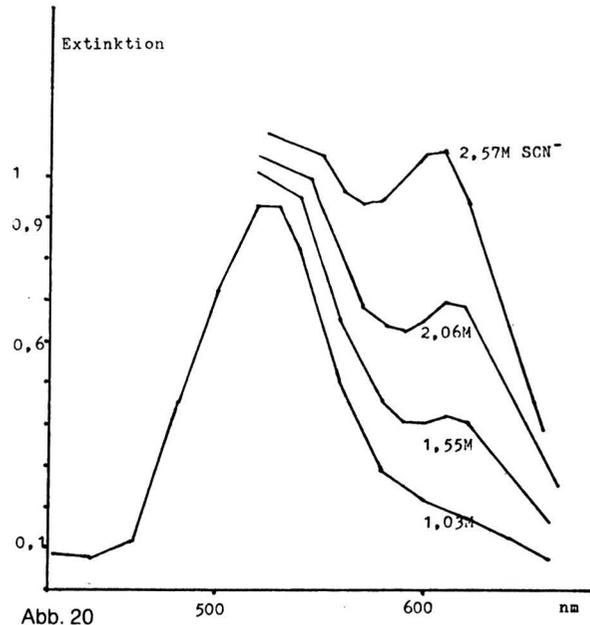


Abb. 20

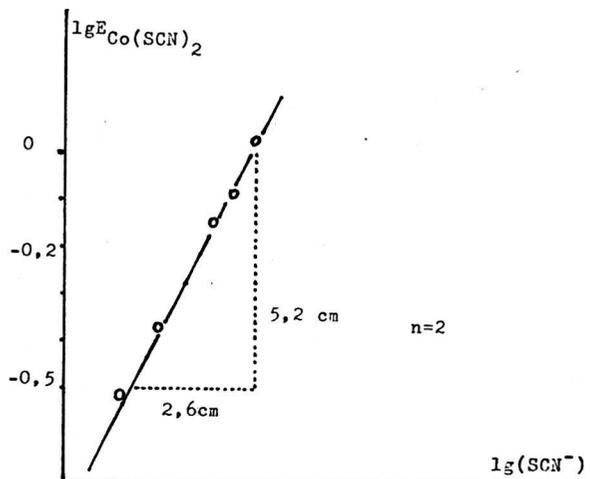


Abb. 21

Kurznachrichten

Gentechnologie und Medizin. Ein im Gewebe vorkommender Aktivator TPA (tissue plasminogen activator) kann Blutgerinnsel zum Auflösen bringen. Dieses Protein könnte möglicherweise zur Bekämpfung von Herzinfarkten eingesetzt werden, wenn es in genügender Menge verfügbar wäre. In San Francisco hat die Firma Genentech Inc. das zuständige Gen für das TPA aus einer Zelllinie eines menschlichen Melanoms gewonnen und in einer nicht näher genannten, nichtbakteriellen Zelle zur Expression gebracht. TPA dürfte gegenüber anderen gerinnungslösenden Substanzen, wie z. B. bakterielle Streptokinase, erhebliche Vorteile aufweisen. Die spezifische Wirkung von TPA ist die Umwandlung von Plasminogen in Plasmin, worauf eine ganze Kaskade von Reaktionen in Gang gesetzt wird, die schließlich zum Lösen des Gerinnsels führt.

Phenylketonurie, die zu schweren geistigen Fehlentwicklungen führen kann, wenn sie nicht rechtzeitig bei Neugeborenen entdeckt wird, ist auf einen genetischen Fehler zurückzuführen. Einer Arbeitsgruppe am Houston Medical Institute ist es nun gelungen, auch Träger des Gens der PKU zu identifizieren, wobei sie bestimmte Restriktionsenzyme benutzten, um gewisse Abschnitte der chromosomalen DNA zu untersuchen.

(Science News, 1983/22/340–342)

Methan in der Atmosphäre hat seit etwa 150 Jahren um rund 2% zugenommen. Es ist ein sehr langlebiger Spurenstoff und trägt zur Erwärmung der Atmosphäre ebenso bei wie Kohlendioxid. Man nimmt an, daß zu den Hauptproduzenten von Methan Termiten gehören. So wurde geschätzt, daß Termiten etwa 150 Millionen Tonnen Methan produzieren, die durch den bakteriellen Abbau von Zellulose in ihren Eingeweiden gebildet werden. Neuerliche Untersuchungen zeigten jedoch, daß auf das Konto der Termiten höchstens 30 Millionen Tonnen Methan kommen, es also noch andere methanproduzierende Faktoren geben müsse.

(Science News, 1983/17/260)

Glas, ein universeller Werkstoff. Heute werden bereits 50 Elemente und rund 200 Rohstoffe zur Erzeugung von Gläsern verwendet. Der größte Anteil der benutzten Glasarten geht in den optischen Bereich, die Elektro- und Chemotechnik. Hinsichtlich des Mengenbedarfs stehen jedoch Bauwirtschaft, Getränkeindustrie, Hauswirtschaft und Fahrzeugbau an erster Stelle. Die Entwicklungstendenzen bei neuartigen Gläsern gehen in Richtung der Verbesserung der Eigenschaften, aber auch völlig neue Anwendungen lassen sich mit Gläsern mit neuen Eigenschaften erschließen. Als wichtigste Glasbildner gelten immer noch SiO_2 , B_2O_3 und P_2O_5 . Fast alle Gläser enthalten jedoch zusätzlich „Glaswandler“, das sind die Oxide bestimmter Metalle, wie z. B. Na_2O , CaO , PbO , Al_2O_3 , La_2O_3 usw. Diese haben eine doppelte Funktion: Sie erniedrigen den Schmelzpunkt und erleichtern somit den Schmelzprozeß, aber sie geben auch dem Endprodukt ganz bestimmte Eigenschaften, die für die geplante Verwendung benötigt werden. Zur Homogenisierung der Schmelze und Entgasung („Läuterung“) wird je nach Glasart eine Temperatur zwischen 1200 °C und 1600 °C benötigt, wobei die Schmelze eine Viskosität ähnlich wie Olivenöl ($10^2 \text{ P} = 10 \text{ Ns/m}^2$) besitzt. Für eine Verarbeitung, wie Gießen, Walzen, Pressen, Blasen oder Ziehen, muß die Schmelze soweit abgekühlt sein, daß ihre Viskosität zwischen 10^2 bis 10^8 Ns/m^2 liegt. Bei allen Gläsern hat die Kurve Viskosität gegen Temperatur bei etwa 10^{12} Ns/m^2 einen Wendepunkt. An dieser Stelle liegt der Einfrier- oder Transformationsbereich T_g , bei dem sich der für Glas typische Zustand der Versprödung einstellt. Bei Flachglas liegt dieser Bereich zwischen 525 °C und 550 °C. Wohl ist hier die Beweglichkeit der Riesenanionen noch so groß, daß innere Spannungen abgebaut werden können, was etwa 30 bis 50 Minuten dauert. Daher ist eine programmierte Kühlung sehr wichtig. Neben dieser konventionellen Technik der Herstellung von Bauelementen aus Glas werden auch hier bereits Methoden der Pulvertechnologie verwendet. Dies ist besonders wichtig bei sehr kleinen Elektronikbauelementen, wie z. B. Glaseinbettungen von Halbleiterdioden, Transistoren, Schwingquarzen usw. Dabei wird feinst gemahlenes Glaspulver mit organischen Bindemitteln versehen, zu Formlingen gepreßt und langsam auf 600 °C bis 700 °C erhitzt. Das Bindemittel verdampft und das Glaspulver sintert gasdicht zusammen. Diese Pulvertechnologie hat auch besondere Bedeutung bei der Herstellung von Glaslotverbindungen mit Metallen, Keramik oder unterschiedlichen Glassorten. Als Lotgläser eignen sich besonders blei- und zinkhaltige Boratgläser. Erweichungstemperatur und Ausdehnungskoeffizient des Lotglases wird dem der Verbindungspartner angepaßt. So werden Bildröhren und Anzeigesysteme meist nach dieser Methode zusammengesetzt. Eine Eigenschaft des Glases, seine hohe Sprödigkeit, die zum Zerbrechen führt, ist besonders bei Pfandflaschen ein großer Nachteil gewesen. Auch hier haben neue Verfahren eine ganz erhebliche Verbesserung gebracht. Man weiß schon lange, daß besonders von kleinen Oberflächenrissen, Kratzern, aber auch Fehlstellen im Gefüge die Bruchfestigkeit abhängt. Eine Nachbehandlung der Oberfläche kann diese Verletzbarkeit der Oberfläche stark verringern: Unmittelbar nach der Formung werden Pfandflaschen im noch heißen Zustand mit organischen Zinn- oder Titanverbindungen besprüht. Dabei schlägt sich ein hauchdünner Film, der sehr fest haftet, aus den entsprechenden Metalloxiden auf dem Glas nieder. Dieser Film macht die Mikrorisse unschädlich. Nach dem Auskühlen werden zum Schutz des Oxidfilms noch reibungsmindernde Überzüge (wie z. B. Polyethylenglykol) aufgesprüht. Dieses Verfahren erhöht neben der Bruchfestigkeit auch zugleich die Bersfestigkeit. Eine neue Entwicklung sind die Glaskeramiken. Während man bei der Herstellung von Glas aus der Schmelze die Kristallisation verhindern will, kann jedoch bei ganz bestimmten Ansprüchen an das Endprodukt die Kristallisation sogar gewünscht sein. Seit langem bekannt sind die Trübgläser, die als Opal-Wirtschaftsgläser oder als Milchglas im Bauwesen verwendet werden. Hier bewirkt die Beimischung von feinst verteilten Oxiden oder auch die Auskristalli-

sation einer Komponente des Glases das Auftreten von Mikrokristallen in der sich abkühlenden Schmelze. Demgegenüber versteht man heute unter „Glaskeramik“ solche Systeme, bei denen zunächst das Glas wie üblich geschmolzen, geformt, aber jetzt durch eine ganz gezielte programmierte Wärmebehandlung zur Ausscheidung einer sehr großen Zahl – bis zu $10^{17}/\text{cm}^3$ – submikroskopisch kleiner Kristalle gebracht wird. Notwendig sind dabei Keimbildner, die eine Entglasung in Gang setzen sollen. Solche keimbildende Substanzen sind vor allem hochschmelzende Oxide, meist TiO_2 oder ZrO_2 , die sich bei beginnender Abkühlung als feindisperse Partikel ausscheiden. Der Kristallanteil im Volumen kann dabei bis zu 90% betragen. Besondere Bedeutung haben diese Glaskeramiken bei der Herstellung von hitze- und temperaturschockbeständigen Produkten gefunden, wie z. B. Herdplatten, Kochgeschirr, Brandschutzflachglas usw. Eine andere Anwendung von Glaskeramik finden die sogenannten „Zerodur“-Glaskeramiken bei der Herstellung von großen Teleskop-Spiegelgläsern. Bei solchen sehr komplex aufgebauten Systemen bilden sich winzige Quarz-Mischkristalle, die nicht nur eine hohe Formbeständigkeit, sondern auch eine ausgezeichnete Transparenz verleihen. So haben Zerodur-Spiegel ihre Unempfindlichkeit gegen Hitze und Kälte bereits bei Weltraumflügen bewiesen, wie z. B. im Satelliten METEOSAT.

In letzter Zeit haben auch Glasfasern für viele Zwecke Anwendung gefunden. Ursprünglich stellte man Glasfasern nur für Isolierzwecke und zur Verstärkung von Kunststoffen für das Bauwesen her. Erst später erkannte man auch die Anwendungsmöglichkeiten im optischen Bereich. So werden heute Lichtleiter nicht nur in der Medizin (z. B. Endoskopie) verwendet, sondern vor allem auch in der Nachrichtentechnik. Dabei ist vor allem eine möglichst verlustfreie Lichtleitung erforderlich. Dies gelingt mit den sogenannten „Gradientengläsern“, bei denen die Brechzahl stufenlos nach einer parabolischen Funktion von der Achse zum Mantel hin abfällt. Diese Bedingungen lassen sich durch eine Kombination von Glas- und Dünnschichttechnik erfüllen: Man läßt dabei z. B. durch hoch erhitzte Quarzröhren Sauerstoff mit genau dosierten Dampfgemischen aus Verbindungen von Si, Ge, B und P strömen. Diese Verbindungen schlagen sich als glasige Oxide entsprechend dem vorprogrammierten Mischungsverhältnis an der Innenwand der Röhre nieder. Anschließend wird das Rohr zum Erweichen erhitzt und durch Ausziehen und Evakuieren zum Kollabieren gebracht. Dabei erzielt man im Wellenlängenbereich von 0,9 bis 1,3 μm Dämpfungswerte unter 0,5 dB/km. Das bedeutet aber, daß Zwischenverstärker nur alle 30 bis 40 km benötigt werden, wobei aber jede Glasfaser etwa 1000 Telefongespräche gleichzeitig übertragen kann. Optische Faserleitungen werden aber neuerdings auch als extrem empfindliche Meßfühler („optische Sensoren“) verwendet, um in schlecht zugänglichen Anlagen z. B. Druck- und Temperaturänderungen zu messen.

Eine weitere Methode, um Gläser für spezielle Anwendungen zu erzeugen, beruht auf einer gezielten Oberflächenbehandlung. Die Belegung mit etwa 0,5 μm dicken Schichten kann das Transmissionsvermögen, das Reflexionsvermögen für UV-, sichtbares oder auch IR-Licht stark verändern. Leitfähige transparente Schichten vermindern die Wärmeabstrahlung oft beträchtlich, was zu einer wesentlichen Ersparnis an Heizenergie führen kann. Eine ganz andere Technik beruht auf der Erzeugung von Mikroporen auf Glasoberflächen. Hierzu werden Auslauge- und Ätzverfahren angewendet. Diese Mikroporen können eine weitgehende Entspiegelung bewirken, aber auch noch andere Funktionen besitzen, wie z. B. eine chemische Ankoppelung bestimmter funktioneller Gruppen und um Fixierung biologisch aktiver Substanzen zu ermöglichen. Solche Prozesse spielen eine wichtige Rolle in der Technologie der glasfaserverstärkten Kunststoffe in der Pharma- und Lebensmittelindustrie. Durchgängig poröse Glasmembranen und Glasröhren können auch für Trennverfahren von Gemischen oder die umgekehrte Osmose bei der Seewasserentsalzung eingesetzt werden.

(Umschau, 1983/24/739)

Nobelpreis für Chemie 1983 für Henry Taube: Henry Taube ist Professor für anorganische Chemie an der Stanford-Universität in Kalifornien. Der Nobelpreis wurde ihm für seine Arbeiten über die Reaktionsmechanismen der Elektronenübertragung bei Metallkomplexen verliehen. Gerade dieser Reaktionstyp spielt für lebende Zellen eine besonders große Rolle, da ja in vielen Enzymkomplexen Metall-Ionen das reaktive Zentrum bilden. Hier haben die Arbeiten von Taube an geeigneten Modellschubstanzen eine besonders befruchtende Rolle gespielt. Die Art der Bindung zwischen Metall-Ion und seinen Li-

genden wird heute durch die Ligandenfeldtheorie beschrieben. Soll aber ein Elektron durch das Zentralteilchen eines Metallkomplexes aufgenommen werden, so muß es erst die umhüllende Ligandenphäre durchdringen. Dabei sind oft ganz erhebliche Entfernungen zu überwinden. Die Forschungen Taubes beschäftigten sich daher vor allem mit der Lösung dieser Frage. Seine theoretischen und experimentellen Untersuchungen gingen dabei von der Tatsache aus, daß bei manchen Metallkomplexen die positiv dreifach geladenen Metall-Ionen stabiler als ihre nur zweifach geladenen Analoga sind. Bei einer Elektronenübertragungsreaktion ändert sich dabei die Ladungszahl des Zentral-Ions: aus einem labilen wird ein stabiles Ion oder auch umgekehrt.

Taubes konnte nun nachweisen, daß einer von sechs Liganden eines stabilen Komplexes zunächst in einen labilen Zustand übergeht. Er deutete dies damit, daß dieser Ligand zunächst an den Reaktionspartner anknüpft und damit geradezu eine Brücke für das Elektron gebildet wird, welches nunmehr auf den labil werdenden Komplex übergeht. Die Geschwindigkeit, mit der solche Elektronenübertragungen längs der Brücke erfolgen können, hängt ganz entscheidend von der Art des Liganden ab, der die Brücke bildet. Die große Reichweite dieser Entdeckung Taubes ist gerade in den letzten etwa zehn Jahren richtig erkannt worden, da damit ein ganz neues Licht auf viele biochemische Elektronenübertragungen geworfen wird.

(Umschau, 1983/25 – 26/754)

Buchbesprechungen

Dr. Otto-Albrecht Neumüller, Römpps Chemie-Lexikon, Band 3, H-L. Neubearbeitete und erweiterte achte Auflage 1983, 868 Seiten, 183 Schwarzweißzeichnungen im Text, Ganzleinen, gebunden DM 195,-; Best.-Nr. ISBN 3-440-04513-7, Reihe: Franckh-Fachlexikon, Francksche Verlagshandlung, Stuttgart.

Mit insgesamt 2430 Seiten Text (gegenüber „nur“ 2019 Seiten bei der 7. Auflage) liegt nunmehr mit Band 3 (Buchstaben H bis L) bereits die Hälfte des neubearbeiteten Gesamtwerkes vor. Vergleicht man mit der 7. Auflage, so kann man feststellen, daß beinahe kein einziges Stichwort unverändert stehengeblieben ist, viele wurden erheblich ausführlicher gefaßt und durch Hinweise auf DIN-Normen, Merkblätter, Richtlinien, Gesetze sowie kompetente Literatur neuerlich aktualisiert. Nicht mehr praktizierte Verfahren bzw. nicht mehr gebräuchliche Benennungen wurden gekürzt bzw. ausgeschlossen. Hier sei der Hinweis gestattet, daß gerade aus der Notwendigkeit der steten Aktualisierung eines derart umfangreichen Werkes bei im wesentlichen gleichbleibendem Umfang die vorhergehenden Auflagen keineswegs uninteressant werden – im Gegenteil: Sie bilden im Laufe der Zeit ein wertvolles historisches wissenschaftliches Nachschlagewerk, das jeweils den betreffenden Stand der Forschung und Technik repräsentiert! Auch der jeweilige Wandel des Denkens über bestimmte Sachgebiete (auch in der dargebotenen Literatur!) ist reizvoll zu verfolgen und kann dem Studierenden wie dem Fachmann so manchen Aufschluß vermitteln. Es sollten daher mit dem Erscheinen einer Neuauflage in Bibliotheken, Instituten und Schulen (so sehr dies auch aus Platzgründen erforderlich scheinen mag) nicht die früheren Auflagen „beiseite geschafft“ werden, sondern zugänglich bleiben. Abschließend seien noch einige Beispiele für neue oder stark erweiterte Stichwörter aufgeführt. (Tägliches Leben, Umwelt): Halogenwasserstoffe, Haushaltschemikalien, Heilpflanzen, Höchstmengen, Kampfstoffe, Kernwaffen, Klärschlamm, Klimatechnik, Körperschaften, Kometen, Lebensmittel. (Naturwissenschaften): Hall-Effekt, Landé-Faktor, Koopmans Theorem, Kirlian-Photographie, Kondo-Effekt. (Pflanzen): Haselnüsse, Hibiscus, Hirse, Holunder, Hülsenfrüchte, Hufatfisch, Hyazinthen, Kastanien, Kiwi, Kaktusfeigen, Klee, Kohl, Kresse, Lignin, Löwenzahn ... und so könnte man die Liste mit Stichworten sowohl aus den bereits genannten als auch aus anderen Gebieten (aktuelle Forschungsbeispiele, Medizin, Biochemie, Tiere, Abkürzungen ...) fortsetzen, einschließlich sprachlicher Regelungen (süß man Lösemittel oder Lösungsmittel?).

Leonhard A. Hütter

Heinz Werner Preuß, Atome und Moleküle als Bausteine der Materie. X + 298 Seiten, zahlr. Abb., gebunden, DM 48,-; Verlage O. Salle, Frankfurt, und Sauerländer Aarau, 1982.

„Dieses Buch“ – es trägt den Untertitel: Eine elementare und unterhaltsame Darstellung unseres Wissens über die Materie und wie dieses Bildung und Herausforderung sein kann – „widme ich meinem Sohn Glennfried“ – und man möchte nach dessen Lektüre sogliche hinzufügen: „... und allen jungen Menschen, die nach tieferen Zusammenhängen im Naturgeschehen und Naturverständnis suchen!“

Mit großem didaktischem und fachlichem Geschick versteht es der Autor, Professor für theoretische Chemie an der Universität Stuttgart, sein „Reich“ vor dem Leser

auszubreiten und ihm die Zusammenhänge zu erschließen – in einer Weise, die man nicht hinter dem mehr nach Routine klingenden Buchtitel (wenn auch nicht hinter dem Untertitel!) vermuten würde. Endlich einmal einer, der es wagt, nicht die Hälfte eines Buches der Erklärung von Vorstellungen und Modellen zu vergeben, die dann doch durch ein anderes Denken ersetzt werden müssen. „Denn nur die Wellenmechanik kann ein Verständnis der chemischen Bindung, der Molekülbildung liefern!“

In diesem neuen Sachbuch beschreibt der Autor die Theorien, die noch immer auch im Physik- und Chemieunterricht zu kurz kommen (aus dem oben angegebenen Grund?), die aber für unser heutiges Materieverständnis von grundlegender Bedeutung sind: Die Theorie der Wellen, das Verhalten der Elektronen, das quantenmechanische Atommodell des Wasserstoffs. Auf dieser Basis aufbauend, wird nicht nur der Bau der Atome und somit das Periodensystem der Elemente zwanglos verständlich, sondern auch die Eigenschaften der Atome und die Vielfalt ihrer Verbindungsmöglichkeiten.

Geschickt nutzt der Autor auch Gelegenheiten, um auf historische, gesellschaftliche und sogar philosophische Aspekte seines Arbeitsgebietes einzugehen und dabei auch Fragen unseres Umweltverhaltens mit einzubeziehen.

Leonhard A. Hütter

E. Wiederholt, R. Engler, Gas-Flüssig-Chromatographie im Chemieunterricht (Praxis-Schriftenreihe Chemie, Bd. 32), kart., 182 Seiten, 2. Auflage, 1983, Aulis-Verlag Deubner & Co., Köln.

Das auffallendste äußere Merkmal der Neuauflage dieser für die Unterrichtspraxis sehr brauchbaren Monographie ist die bessere Papierqualität, so daß nunmehr auch die Abbildungen gut herauskommen.

Im übrigen gilt alles, was bereits über die erste Auflage gesagt wurde (vgl. Bespr. Wiss. Nachr. Nr. 53, April 1980). Lediglich zwei Kapitel wurden überarbeitet, um die Gerätebeschreibungen der Marktentwicklung anzupassen. Kap. 3.5.3 (übrigens gehören jeweils nach der letzten Ziffer keine Punkte gesetzt!) bringt nun auch den für Schulen sehr gut geeigneten Gaschromatographen WLD 80-10 der Fa. MBM Lehrmittel GmbH, D-6238 Hofheim, der auch in den Wiss. Nachr. bereits vorgestellt wurde (vgl. Nr. 62, April 1983). Irreführend ist, wenn es heißt, daß dieses Gerät, neben dem der Fa. Technowa, ein „Doppelsäulengerät“ sei. Es sollte gesagt werden, daß es sich um die Einbaumöglichkeit und gleichzeitige Konditionierung zweier Säulen handelt, nicht jedoch um deren Parallelbetrieb, also einen „echten“ Zweisäulenbetrieb, wie er in teureren Geräten zur Korrektur der Basislinie gerne verwendet wird.

Leonhard A. Hütter

A. Jenette, W. Glöckner, Farbe, Farbstoffe, Färben (Praxis-Schriftenreihe Chemie, Bd. 13), kart., 74 Seiten, 4. Auflage, 1983, Aulis-Verlag, Deubner & Co., Köln.

Auf 74 Seiten über die Theorie des Phänomens „Farbe“, über Herstellung anorganischer und organischer farbiger Stoffe und Farbstoffe und über das Färben selbst abzuhandeln, ist bei der ungeheuren Fülle des Materials keine leichte Aufgabe. Dazu werden 25 Versuche zur Herstellung organischer Farbstoffe nicht nur gut beschrieben, sondern auch mittels guter Formelbilder dargelegt. Weitere 30 Experimente sind dem Färben selbst gewidmet. Eine „praxis“ gerechte Einführung in dieses interessante Thema, die in keiner chemischen Bücherei fehlen sollte.

Leonhard A. Hütter

Walter Wittenberger, Rechnen in der Chemie: Grundoperationen, Stöchiometrie, 11., völlig neu bearbeitete Auflage, Leinen, 382 Seiten, 44 Abb., mit 285 entwickelten Übungsbeispielen und 1070 Übungsaufgaben samt Lösungen. Springer-Verlag, Wien 1983.

Da die 10. Auflage des „Wittenberger“ in Nummer 53, April 1980, der Wissenschaftlichen Nachrichten ausführlich gewürdigt wurde, sei hier insbesondere auf die in der Neuauflage vorgenommenen Änderungen hingewiesen. Sie betreffen die Neugestaltung und leichtere Lesbarkeit des Inhaltsverzeichnisses, vor allem aber die konsequente Einführung und Anwendung des SI-Systems. Durch die Festlegung der Basisgröße „Stoffmenge“ mit der Basiseinheit „Mol“ sind eine Reihe von Änderungen nötig geworden. Zum Beispiel muß der Begriff „Normalität einer Lösung“ durch Angabe der Stoffmengenkonzentration ersetzt werden, wobei eine Größengleichung zu schreiben ist. Konnte man in guter alter Zeit einfach sagen: „wird mit 0,1 N Salzsäure titriert“, muß es jetzt heißen: „wird mit Salzsäure, $c(\text{HCl}) = 0,1 \text{ mol/l}$, titriert“. Derlei einschneidende Änderungen haben bewirkt, daß das ganze Buch neu bearbeitet werden mußte. Leider konnten dabei die bereits in der vorgenannten Besprechung geäußerten Wünsche noch nicht erfüllt werden. Nach wie vor fehlt ein Abschnitt über „Waagen und Wägen“ sowie ein Abschnitt über „Auswertung von Meßergebnissen und Einführung in die statistische Fehlerrechnung“, die auch ein Anfänger in den Grundzügen beherrschen muß. Nach wie vor sucht man auch vergeblich ein „weiterführendes Literaturverzeichnis“, das dem Lernenden anzubieten dem Verfasser wohl keinerlei Probleme auferlegt hätte. Erfreulicherweise wurde der logarithmische Rechenschieber auf eine Seite beschränkt und ein kurzer Abschnitt über elektronische Rechner eingefügt. Allerdings ist die Verallgemeinerung mit der „-“ Taste nicht richtig, und es wäre angebracht gewesen, die Vorteile des RPN-(Reverse Polish Notation)-Systems wenigstens anzudeuten.

Nun, Wünsche werden immer offen bleiben. Der „Wittenberger“ ist – und erst recht in seiner Neufassung! – ein unentbehrlicher Helfer nicht nur für den Lernenden, sondern auch für den „alten Hasen“, der es noch einmal übers Herz bringen muß, sich mit den Neuerungen anzufreunden.

Leonhard A. Hütter

EXPERIMENTALPHYSIK

Prof. Richard Lederer

Fr. Braun, Bregenz

Hochspannungs-Demonstrationsgerät LABORSTAT

Die Demonstrationsgerätfamilie LABORSTAT wurde für den Unterricht in Physik und Elektrotechnik entworfen. Dementsprechend ist die Verwendung an folgenden Schultypen gegeben:

Höhere allgemeinbildende Schulen:
Gymnasium
Realgymnasium
Lehrerbildungsanstalt

Höhere berufsbildende Mittelschulen:

Technische Lehranstalten
Technikum
Berufsschule
Berufsmittelschule

Hochschulen:

speziell Technische Hochschulen
Pädagogische Hochschulen

Universitäten:

speziell Technische Universitäten
Lehrkanzeln naturwissenschaftlicher Richtung

Über die für die Demonstration erforderlichen Kenntnisse in Physik bzw. Elektrotechnik verfügt jede naturwissenschaftlich ausgebildete Lehrkraft.

Die speziellen Erfordernisse sind in einer Gebrauchsanweisung genau angegeben. In dieser wird für jede Demonstration die Wirkungsweise beschrieben und die theoretischen Voraussetzungen erläutert.

Die zum LABORSTAT gehörigen Zusatzgeräte ermöglichen Versuche aus den Bereichen:

Elektrisches Feld

(Elektrostatik) sowie

Hochspannungstechnik.

Im Unterrichtsbereich Elektrisches Feld/Elektrostatik kann an Hand zahlreicher Versuche die Wirkung elektrischer Felder gezeigt werden.

In den theoretischen Bereich gehört die Veranschaulichung von Feldbildern sowie die Demonstration und die Messung elektrostatischer Feldkräfte.

Verschiedene Zusatzgeräte zeigen die Luftionisation bzw. die Erzeugung des elektrischen Windes.

Die praktische Bedeutung der elektrischen Feldkräfte, welche in den Verfahren der Elektrostatik Anwendung finden, wird in weiteren Versuchen dargestellt. Hierzu gehört die Technik des elektrostatischen Sprühens oder Beschichtens.

Ein anderes, neuerdings nicht weniger interessantes Gebiet ist die Aus- bzw. Abscheidung von geladenen Teilchen, z. B. zum Zwecke der Luftreinigung.

Für den Unterrichtsbereich Elektrotechnik/Hochspannungstechnik ermöglichen verschiedene Zusatzgeräte zum LABORSTAT Versuche, welche Verfahren und konstruktive Lösungen der Hochspannungstechnik verständlich machen.

Unter anderem sind dies die Ausgestaltung von Elektroden (je nach Anwendungszweck), praktische Ausführung von Hochspannungsarmaturen und Hochspannungsleitungen (Bündelleiter). Weiters werden einige Meßverfahren im praktischen Versuch erprobt.

Der Gerätesatz selbst ist als miniaturisiertes Hochspannungslabor konzipiert.

Auf Grund jahrelanger Erfahrung auf dem Gebiet der Hochspannungserzeugung ist es gelungen, eine sehr kompakte Demonstrationsanlage für Hochspannungsversuche und Experimente auf dem Gebiet der Elektrostatik zu entwickeln.

Jedes Klassenzimmer wird zum Hochspannungslabor!

Sie benötigen keinen abgegrenzten Versuchsstand!

Versuche sind auf jedem Tisch möglich!

Das Gerät ist absolut ungefährlich.

Es sind keine störenden Abschränkungen erforderlich, ebensowenig komplizierte und teure Verriegelungen.

Der LABORSTAT liefert Spannungen bis zu 70 kV.

Die sichere Funktion ist auch bei hoher Luftfeuchtigkeit gewährleistet (kein Trocknen mit einem Fön).

Für alle Versuche wird ein spezieller Miniaturhochspannungsgenerator verwendet, welcher unter Verwendung modernster Bauteile eine Hochspannung von bis ca. 70.000 Volt erzeugt. Trotzdem sind seine Abmessungen sehr gering (Zylinder 225 mm lang, 40/50 mm Durchmesser). Er wird mit einem elektrischen Speisegerät mit einer Spannung von 10 Volt versorgt. Trotz der Hochspannung von bis zu 70 kV ist die Vorführung ohne Schutzmaßnahmen möglich. Durch entsprechende Dimensionierung der Baugruppen sowie durch eine trägheitslose wirkende, elektronische Strombegrenzung führt eine Berührung unter Spannung stehender Teile zu keiner Gefährdung.

Nach den VDE-Vorschriften darf die Dauerkurzschlußstromstärke von derartigen Hochspannungsgeräten den Wert von 0,7 mA nicht überschreiten. Beim LABORSTAT beträgt der Dauerkurzschlußstrom weniger als 0,2 mA.

Die vom Hochspannungsgenerator gelieferte Stromstärke wird mit einem Meßgerät (0 bis 100 μ A) angezeigt. Die Hochspannung kann mit einem Drehknopf im Bereich von 25 bis 70 kV eingestellt werden.

Die Liste der Versuche, welche mit dem LABORSTAT möglich sind – Demonstrationen:

Versuchsnummer

- 1 Feldliniendarstellung
- 2 Messung elektrischer Feldstärke
- 3 Elektrostatischer Ventilator
- 4 Elektrostatisches (Segnersches) Rad
- 5 Elektrostatisches Versprühen von Flüssigkeit
- 6 Elektrostatisches Pulverbeschichten
- 7 Elektrostatisches Beflocken
- 8 Elektrostatische Schmirgelpapierherstellung
- 9 Elektrostatische Förderung von isolierenden Feststoffen
- 10 Trennung verschiedenartiger, pulverförmiger nichtleitender Stoffe
- 11 Glimmen / Sprühen / Durchschlag

- 12 Auswirkungen von Elektrodenformen
- 13 Einfachleitungen / Bündelleitungen für Hochspannung
- 14 Kugelfunkenstrecke
- 15 Elektrostatisches Roulette
- 16 Sicherheitsnachweis / Energieinhalt der Entladung
- 17 Elektrostatische Rauchabscheidung
- 18 Blitzableiter
- 19 Elektrostatisches Pendel
- 20 Wasserstrahlableitung

Für diese 20 Versuche sind insgesamt 36 Module erforderlich. Aus einer Zusammenstellung (Matrix) können je nach Wahl die erforderlichen Komponenten bestimmt werden.

Selbstverständlich kann auch zu einem späteren Zeitpunkt die Sammlung durch Zukauf erweitert werden.

In nächster Zeit wird die Versuchsreihe noch erweitert, wobei Anregungen aus dem Kreis der Anwender mitverwertet werden. Entsprechende Hinweise und Tips werden auch in Zukunft dankbar entgegengenommen. Es war und ist weiterhin das Ziel, der hier beschriebenen Entwicklung, den Lehrkräften eine Einrichtung zur Verfügung zu stellen, welche über die Möglichkeiten bisher verfügbarer Geräte hinausgeht.

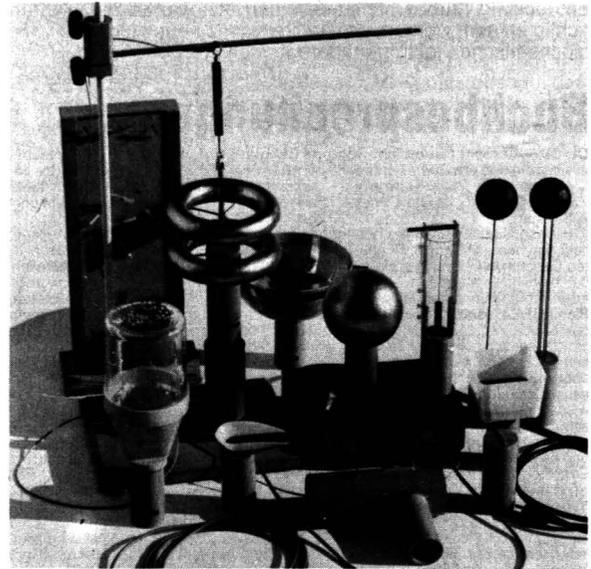


Abb. 1: LABORSTAT mit Zusatzgeräten.

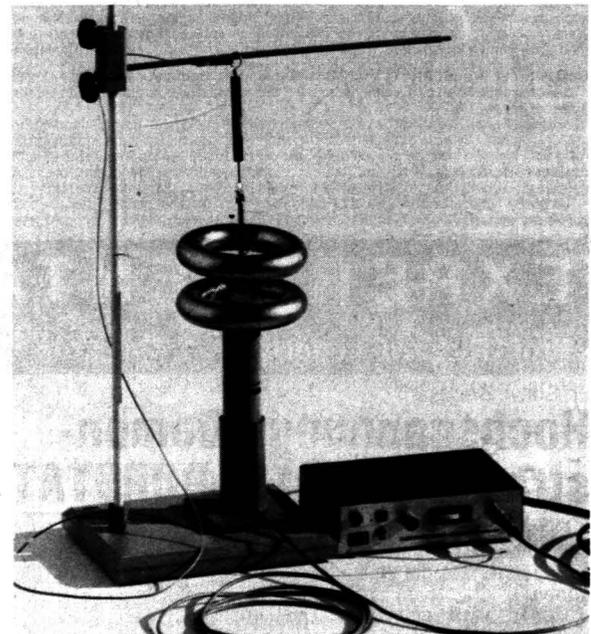


Abb. 2: Messung elektrostatischer Feldkräfte mit LABORSTAT (Versuchsnummer 2).

Neue Physikgeräte der ÖLA

Im Rahmen meiner langjährigen Tätigkeit sah ich mich immer wieder genötigt, experimentelle Hilfsmittel selbst herzustellen, wo es etwas Gleichwertiges im Lehrmittelangebot nicht gab. Einige dieser Geräte habe ich auch in meinen Physiklehrbüchern benützt. Es ist sicher unbefriedigend, wenn in einem Lehrbuch benützte Lehrmittel nicht im Lehrmittelhandel erhältlich sind. Die Österreichische Lehrmittelanstalt (ÖLA) hat diese Geräte (und andere) nun in ihr Physikprogramm aufgenommen und schließt damit eine sicher peinliche Lücke.

1. Set Kristallbau

Diese Zusammenstellung teils sehr einfacher Hilfsmittel dient der Demonstration wesentlicher Aspekte des Kristallbaus: Mit Stahlkugeln in einem Uhrglas kann (vom stabilen Gleichgewicht ausgehend) der Kristall als Anordnung kleinster Energie am Overheadprojektor veranschaulicht werden (2 Kristalltypen). Eine Kugelkuvette zeigt den kristallinen Zustand, Veränderungen des kristallinen Gefüges und Kristallfehler (nicht Versetzungen, die im Seifenblasenmodell gezeigt werden können). An den Bruchflächen eines Zinkstabes kann die kristalline Struktur der Metalle mit freiem Auge gesehen werden. Glimmerproben dienen zur Demonstration der ausgezeichneten Spaltebenen von Kristallen (Spalten von Glimmer, Schlagfiguren zeigen drei weitere Spaltebenen). Alle diese Versuche sind auf einfachste Weise durchführbar („nehme“) und sowohl für die Unterstufe als auch für die Oberstufe geeignet. Drei fotografische Aufnahmen von ebenen Kristallmodellen dienen als Beugungsgitter für Modellversuche zu Laue- und Debye-Scherrer-Aufnahmen, also zur Einführung in die Strukturuntersuchung mit Röntgenstrahlen.

2. Ein Wurfpeil, der immer trifft

Ein Wurfpeil wird mit einer Gummischleuder gegen ein Ziel geschossen, das durch einen recht einfachen Mechanismus im Moment des Pfeilabschusses frei zu fallen beginnt.

Das Gerät ist ungefährlich; es zeichnet sich durch einfache Handhabung und große Treffsicherheit aus. Vor allem aber wird mit ihm das Unabhängigkeitsprinzip auf eine Weise demonstriert, die erfahrungsgemäß sehr zur Schülerbelustigung beiträgt. So hat der Versuch einige Aussicht, sich in die unvergeßlichen Unterrichtserlebnisse vieler Schüler einzuordnen.

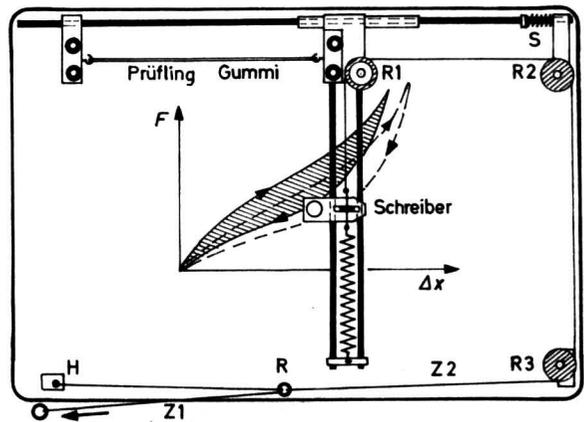
3. Temperaturstrahler

Eine frühere Ausführung dieses Gerätes ist in „SCHREINER, PHYSIK 2“, S. 72, und in der „ANGEWANDTEN PHYSIK“ auf S. 266 dargestellt: Ein zu einem Hohlraum gewickelter dunkler Rohrheizkörper, der innen und außen mit einem weißen Streifen aus keramischem Material belegt ist, wird auf etwa 750 °C aufgeheizt, so daß Absorption und Emission von Strahlung im sichtbaren Spektralbereich beobachtet werden können. So kann einerseits das Kirchhoffsche Gesetz der Strahlungslehre unmittelbar anschaulich ohne jede Messung (qualitativ) „gesehen“ werden. Vor allem aber zeigt das Gerät auch den Übergang zur Hohlraumstrahlung, die Unabhängigkeit der Schwarzen Strahlung vom Material des Strahlers, das gegen jeden realen Körper gleicher Temperatur höhere Emissionsvermögen des Schwarzen Strahlers. Fast gleiche Temperatur an der Innen- und Außenseite des Strahlers wird durch die hohe Wärmeleitfähigkeit des Metalls sichergestellt.

Um die Verwendungsmöglichkeiten des Gerätes zu erweitern, wurde es in einen Reflektor eingebaut. Infolge der hohen Leistung von 2 kW bei 220 V ist das Gerät auch bei stark verminderter Betriebsspannung noch als intensiver Ultrarotstrahler benützlich. Das ermöglicht weitere Versuche zur Strahlungslehre, speziell im Hinblick auf ihre Anwendungen in der Solartechnik (selektive Absorption durch Heizkörperlack, Absorberlack usw.).

4. Mechanischer Weg-Kraft-Schreiber

Das Gerät kann auf jedem Overheadprojektor fixiert werden; Abb. 1 zeigt den Aufbau: Zieht man an der Zugschnur Z 1, so wirkt die Kraft F über die Schnur Z 2 und die Umlenkrollen R 3, R 2 und R 1 sowohl am Prüfling als auch am Kraftmesser. Der Schreiber zeichnet auf der Glasplatte offenbar das Dehnungs-Kraft-Diagramm für den eingespannten Prüfling. Die auswechselbaren Meßfedern sind so dimensioniert, daß nun durch Überdecken mit einem mm-Raster die quantitative Auswertung



leicht möglich ist ($k = 5 \text{ N/cm}, 2 \text{ N/cm}, 1 \text{ N/cm}, 0,5 \text{ N/cm}$). Die Prüflinge kann man entweder zwischen Platten einklemmen (Drähte, Bänder) oder zwischen zwei Haken befestigen (Gummiringe usw.). Mehrere Sicherheitseinrichtungen sorgen dafür, daß auch beim Bruch von Prüflingen das Gerät nicht beschädigt wird (kleine Masse und elastische Bauweise des Läufers, Stoßdämpfer S, Anschlag des Ringes R an der Schnurhalterung H vor Anschlag des Läufers bei S verhindert Überlastung durch unvorsichtiges Ziehen). Durch sorgfältige Konstruktion und Materialauswahl konnte die in die Messung eingehende Reibung auf ein vernachlässigbares Ausmaß reduziert werden. Die farbigen Schreibstifte (billige Faserschreiber) sind leicht auswechselbar, so daß die Diagramme auch mehrfarbig erstellt werden können.

Von den vielen ausführbaren Versuchen und den damit behandelbaren physikalischen Themen und deren Anwendungen seien erwähnt: Dehnung und Entlastung einer Schraubenfeder (Hookesches Gesetz, Elastizität, reversibler Prozeß, konservatives System); wiederholte Dehnung und Entlastung von Gummi (Gummilastizität, irreversible Prozeß, Hysterese, „Erinnerungsvermögen“, Dämpfungseigenschaften bei Motoraufhängung und Autoreifen, mit ergänzenden Versuchen als Beispiel zur Entropie geeignet); Dehnung und Entlastung von Kunststoff, z. B. Polyethylen (plastische Verformung, Nackenbildung, Dehnungshärtung, Sicherheitsgurte, Bergseile, Fangstöße usw.); Dehnung von Metalldrähten, z. B. Cu (Proportionalitätsbereich, E-Modul, Fließen, Bruchbelastung, Einfluß von Wärmebehandlung usw.); Versuche zur Reibung. Entsprechende Zusatzteile und Materialproben sind dem Gerät beigegeben.

Vorteile des Gerätes sind: Alle Messungen können in kürzester Zeit und für jeden Schüler gut sichtbar durchgeführt werden. Ermüdende Meßserien werden so vermieden, die Ergebnisse liegen unmittelbar anschaulich in Diagrammen vor. Viele der darstellbaren Sachverhalte könnten durch Meßserien überhaupt nicht erfaßt werden, weil die Zeit für das mechanische Verhalten vieler Werkstoffe eine entscheidende Rolle spielt. Auch dieser Parameter kann in den Versuchen variiert werden. Das Gerät soll vor allem einen anwendungsorientierten Physikunterricht fördern, in dem wichtige Werkstoffeigenschaften eine breitere Diskussion verdienen.

Weitere Geräte werden im nächsten Heft der WN besprochen.

Literaturhinweis: Einige Bilder und Versuche mit den besprochenen Geräten sind in SCHREIBER, PHYSIK 1, S. 4, 93; PHYSIK 2, S. 54, 55, 72; ANGEWANDTE PHYSIK 1, S. 2, 3, 41, 42, 101, 248, 249, 266 zu finden.

Gustav Taschner

Versuche zur Frequenzmodulation

Die hier beschriebenen Versuche sind keineswegs eine Sensation. Sie sind relativ einfach durchzuführen und werden deshalb sehr ausführlich beschrieben, weil Versuchsbeschreibungen in den Sammlungen meist nur in einem Exemplar vorhanden und oft schwer auffindbar sind.

Zur Frequenzmodulation konnte man mit normal ausgerüsteten Sammlungen in den AHS und in vielen BHS bisher nichts zeigen. Nun ist es ja in diesen Schulen nicht unsere Aufgabe, Techniker heranzubilden, aber daß man nur eine Kreidezeichnung zu diesem Thema liefern konnte, war doch betrüblich. Diese Situation hat sich nun wesentlich geändert.

Möglichst ohne HF

In unseren Grundversuchen soll möglichst ohne Hochfrequenz gearbeitet werden, und zwar aus zwei Gründen:

Erstens sind HF-Versuche schwerer beherrschbar, störanfällig und mit unseren primitiven Hilfsmitteln sehr oft kein Vergnügen. Zweitens ist die Ausstrahlung von HF nur in schmalen Frequenzbereichen erlaubt, weshalb man eine öffentliche Propagierung von HF-Versuchen unterlassen sollte.

RC-Oszillator

Die grundlegende Änderung der Situation hat sich durch die Auslieferung des neuen RC-Oszillators an zahlreiche Schulen ergeben. Dieser RC-Oszillator weist sehr gute Eigenschaften auf, weshalb er ein wenig beschrieben werden soll.

Überraschend ist der sehr große Frequenzbereich von 0,1 Hz bis über 100 kHz, der über die Tonfrequenzversuche hinaus noch einige wertvolle Versuche ermöglicht.

Vier kurzschlußfeste Ausgänge, die alle parallel (ohne Umschaltung!) zur Verfügung stehen und deren Amplituden getrennt eingestellt werden können, erlauben eine optimale Anpassung an die Versuchserfordernisse.

Der Ausgang ganz links liefert eine Rechteckspannung mit bis zu 20 V Spitzenwert (positiv gegen Masse) an 1 kOhm Belastungswiderstand. Der zweite Ausgang stellt eine Sinusspannung mit 2,83 V effektiv, also 8 V von Spitze zu Spitze an 1 kOhm Belastung zur Verfügung. Der dritte Ausgang ist für die Ansteuerung von Lautsprechern und Schallköpfen ausgelegt und liefert 4 V Effektivspannung bei maximal 4 Watt Leistung.

Der vierte Ausgang stellt bis maximal 100 V effektiv bei 5 kOhm Belastungswiderstand zur Verfügung und kann außer bei speziellen Experimenten auch für die Ansteuerung von Frequenzmessern verwendet werden.

Die unabhängige Spannungseinstellbarkeit für die vier Ausgänge ist für manche Einsätze eine nervensparende Einrichtung. Der Leistungsausgang speist z. B. einen Lautsprecher, der Hochvoltausgang einen Frequenzmesser, und der dritte Sinusausgang beliefert das Oszilloskop, ohne daß eine Änderung einer Einstellung auch die beiden anderen Ausgänge beeinflußt.

Der RC-Oszillator besitzt auch zwei Buchsen für Amplituden- und Frequenzmodulation, denen wir uns nun besonders ausführlich zuwenden wollen, weil sie fast mühelose Experimente ermöglichen.

AM-Buchse

Wir stellen eine Frequenz von einigen hundert Hertz ein und führen die vom 4-V/4-Ohm-Ausgang abgegebene Spannung zum Oszilloskop. Die Einstellung der Y-Verstärkung auf 2 V/cm ergibt passend hohe Sinuskurven. Um die Wirkungsweise der AM-Buchse kennenzulernen, schließen wir eine ungeerdete stellbare Gleichspannung (z. B. vom Halbleiter-Netzgerät) mit dem Pluspol an die AM-Buchse, während der Minuspol geerdet wird.

Je nach Innenwiderstand der verwendeten Gleichspannungsquelle bricht die Sinusamplitude auch ohne Gleichspannung zusammen. Bei langsamer Erhöhung der Gleichspannung wird die Amplitude größer und erreicht bei etwa 5 V positiver Spannung an der AM-Buchse ihre anfängliche Höhe.

Das gleiche Bild ergibt sich bei Umkehrung der Polung, also bei Erdung des Pluspols und Verbindung des negativen Pols mit der AM-Buchse. Auch jetzt erreicht bei etwa 5 V negativer Spannung die Amplitude ihre anfängliche, das heißt ohne Beschaltung der AM-Buchse vorhandene Höhe.

Dieser einfache Versuch läßt bereits für spätere Versuche erwarten: eine variable Spannung („Modulationsspannung“) an der AM-Buchse wird die Amplitude in ihrer Höhe beeinflussen, „modulieren“.

FM-Buchse

Genau den gleichen Vorgang wiederholen wir an der FM-Buchse, also wir legen wieder zuerst steigende positive, dann steigende negative Spannung an der FM-Buchse an.

Ergebnisse: Gleich beim Beschalten deutliche Frequenzerhöhung, je nach Innenwiderstand der Gleichspannungsquelle über das doppelte der ursprünglichen Frequenz. Bei Erhöhung der positiven Spannung ein kontinuierliches Absinken der Frequenz, bis bei 16 Volt etwa die Hälfte der ursprünglichen Frequenz auftritt.

Die Auswirkung einer Gleichspannung an der FM-Buchse ist bei verschiedenen Fabrikaten von Funktionsgeneratoren sehr unterschiedlich. In den Betriebsanleitungen wird fast immer nur

eine bestimmte Polung angegeben, und man fragt sich dann natürlich, wie sich die umgekehrte Polung auswirken würde. Damit wir unseren RC-Oszillator gut kennenlernen können, wird eine komplette Untersuchung bei beiden Polungsmöglichkeiten durchgeführt.

Es möge gleich vorausgeschickt werden: Die maximale Frequenzerhöhung tritt bei etwa 3 V negativer Spannung auf. Wir ändern deshalb schrittweise von relativ großer positiver Spannung über Null zu ansteigender negativer Spannung.

Ausgangsfrequenz ohne Beschaltung der FM-Buchse: 500 Hz

16 V	positiv an FM-Buchse:	250 Hz
10 V	positiv an FM-Buchse:	610 Hz
5 V	positiv an FM-Buchse:	870 Hz
3 V	positiv an FM-Buchse:	1120 Hz
0 V	aber FM-Buchse beschaltet	1310 Hz
3 V	negativ an FM-Buchse	1460 Hz
5 V	negativ an FM-Buchse	840 Hz
7 V	negativ an FM-Buchse	330 Hz
8 V	negativ an FM-Buchse	36 Hz

Bei weiterer Erhöhung reißt die Schwingung ab.

Notwendigkeit einer Offset-Spannung

Wir greifen zunächst auf unsere Erfahrungen mit der AM-Buchse zurück. Die AM-Modulation verläuft bei positiver und negativer Spannung gleichartig. Würde man eine sinusförmige Wechselspannung an die AM-Buchse legen, käme es zu einer Frequenzverdopplung, weil sowohl beim Maximum als auch beim Minimum der Sinuskurve ein Maximum der Amplitude der „Trägerfrequenz“ eintritt, während bei allen Nullpunkten ein Minimum auftritt (ausprobieren!).

Damit keine Frequenzverdopplung eintritt, muß die ganze modulierende Sinuskurve in den positiven Bereich verschoben werden, das heißt, man muß eine Gleichspannung überlagern. Diese Gleichspannung hat in der Elektronik den Namen „Offset-Spannung“.

Die Notwendigkeit einer überlagerten Offset-Spannung erkennen wir auch für die FM-Buchse. Die Tabelle der Frequenzmessungen zeigt, daß wir entweder den Bereich von -8 bis -3 Volt oder den Bereich von -3 bis +16 V ausnützen können. In beiden Fällen muß die Amplitude der modulierenden Sinusspannung und die der Offset-Spannung so gewählt werden, daß man innerhalb eines der beiden Bereiche bleibt.

AM-Modulation mit 50 Hz

In den folgenden Abschnitten wollen wir einige Versuchsmöglichkeiten durcharbeiten, beginnend mit einfachstem Geräteeinsatz. Nach und nach wird der Geräteeinsatz und damit auch die Güte der Experimente gesteigert.

Wir setzen dabei voraus, daß der LC-Schwingkreis theoretisch und experimentell bereits erarbeitet wurde, daß die Ausbreitung von HF bereits bekannt ist und die Begriffe „Trägerwelle“ und „Modulation durch die zu übermittelnde NF“ dem Schüler nicht nur vorbeiziehende Schallwellen bedeuten.

An Geräten benötigen wir: RC-Oszillator, Stelltrafo, stellbare Gleichspannungsquelle und Oszilloskop.

Mittels RC-Oszillators erzeugen wir die Trägerfrequenz 600 Hz und stellen sie am Bildschirm dar (Spitzenwert etwa 4 V, das ergibt bei 2 V/cm eine Höhe von 2 cm nach oben und unten).

Der AM-Eingang des RC-Oszillators wird in folgender Weise beschaltet: Vom Stelltrafo (stellbare Wechselspannung) zum Minuspol der Gleichspannung, vom Pluspol der Gleichspannung zur AM-Buchse und von der Masse am Oszillator zum Stelltrafo zurück.

Von der AM-Buchse schalten wir außerdem zum Kanal B des Oszilloskops (DC-Stellung). Dadurch sehen wir am Bildschirm auch die Modulationsspannung.

Ergebnis: Die Oszillatorspannung bricht weitgehend zusammen.

Nun wird die Wechselspannung auf 1 bis 1,3 Volt gestellt.

Ergebnis: Modulation mit doppelter Frequenz.

Nun wird die 3-Volt-Gleichspannung überlagert.

Ergebnis: Wunderschöne Amplitudenmodulation.

Der riesige Vorteil an Anschaulichkeit besteht bei diesem Versuch darin, daß man die sinusförmige Trägerschwingung und die sinusförmige Modulation gleichzeitig sieht, was ja bei HF als Trägerschwingung nicht möglich ist.

Man überlege sich: Warum verschwindet bei höherer Gleichspannung die Modulation? Warum darf man auch die Wechselspannung 50 Hz nicht wesentlich größer einstellen?

(Wird fortgesetzt)

Faktorenzerlegung großer Zahlen

Die Methoden, mit denen man feststellen kann, ob eine sehr große Zahl prim oder zusammengesetzt ist, blicken auf eine lange Entwicklungsperiode zurück, in der der kleine Fermatsche Satz eine bedeutende Rolle spielte. Scharfsinnig erdachte zusätzliche Kriterien und der Einsatz von modernsten Großcomputern machen es möglich, nach kurzen Rechenzeiten 90- und mehrstellige Zahlen in dieser Richtung zu prüfen. So haben **H. W. Lenstra** (Univ. Amsterdam) und **H. Cohen** (Univ. Bordeaux) binnen 1 min 18 s Maschinenlauf feststellen können, daß eine willkürlich herausgegriffene 97stellige Zahl nicht zusammengesetzt ist!

Die noch viel schwierigere Aufgabe besteht jedoch darin, große Zahlen in ihre Primfaktoren zu zerlegen. Seit dem Ende der 60er Jahre trifft eine Gruppe von Mathematikern in Winnipeg, Kanada, zusammen, um Fortschritte im Faktorisieren mitzuteilen und die benützten Methoden zu diskutieren. Dabei wurde eine Liste jener 10 Zahlen aufgestellt, deren Zerlegung besonders dringlich erscheint (die sogenannte „Ten most wanted list“) und außerdem eine andere von weniger interessanten Zahlen (die sogenannte „Wanted list“). Manche Forscher widmeten bis zu 15 Jahre des Nachdenkens dem Problem.

Das Jahr 1971 brachte einen ersten großen Erfolg. **Brillhart** und **Morrison** waren bereits imstande, eine 40stellige Zahl zu zerlegen. Im Jahre 1982 zerlegten **G. Simmons**, **J. Davis** und **D. Holdridge** die 58stellige Zahl $N = 2^{193} - 1$ binnen 38,3 min Rechenzeit in ihre drei Primfaktoren, nämlich $N = 13\ 821\ 503 \cdot$

$61\ 654\ 440\ 233\ 248\ 340\ 616\ 559 \cdot$
 $14\ 732\ 265\ 321\ 145\ 317\ 331\ 353\ 282\ 383.$

Laut Beschluß der Am. Math. Soc. (AMS) ging man nämlich daran, eine Tabelle der faktorisierten Zahlen der Form $a^n \pm 1$ aufzustellen (die sogenannte „Cunningham Project Table“), der auch $2^{193} - 1$ angehört. Man sieht, von 1971 bis 1982 gab es beträchtliche Fortschritte. Während 1982 noch der Eindruck vorherrschte, daß man über die Zerlegung von Zahlen mit etwas mehr als 50 Stellen kaum hinauskommen könne, herrscht aufgrund der weiteren Forschungen begründeter Optimismus, mit vernünftiger Rechenzeit (höchstens 1 Tag) auch 70stellige Zahlen zerlegen zu können.

Das ist vor allem der Einführung von Computern mit parallel arbeitenden Recheneinheiten, weniger der erhöhten Rechengeschwindigkeit zu verdanken. Mit der Einführung des **Cray-Computers** konnte eine 52stellige Zahl in 1,9 h faktorisiert werden, wozu man vorher 100 Maschinenstunden benötigt hätte. Für 58 Stellen wären 8,8 h und für 60 Stellen 20 h nötig gewesen.

Die Leistung des Cray-Computers stieg deshalb, weil die Rechenzeit nicht mehr zur Stellenzahl, sondern zur Zahl der Positionsänderungen unter den Ziffern proportional ist.

Der weitere, oben kurz angedeutete Fortschritt bestand darin, daß der Automat auch gewisse Testzahlen zerlegt. Der Gewinn war die Verkürzung der Rechenzeit um fast eine Größenordnung. Statt in 8,8 h wurde eine 58stellige Zahl bereits in 1,8 h faktorisiert. Für 60 Stellen würden 2,5 h, für 63 Stellen 5,18 h gebraucht.

Mit dem Typ **Cray XMP** hofft man, die Maschinenzeit auf $\frac{1}{4}$ zu reduzieren. Eine andere Methode der Verbesserung wendet **Wunderlich** an. Im Jahre 1970 begann er mit **ILLIAC IV** zu arbeiten, dem ersten Computer mit 64 separaten Einheiten. Dann erhielt Wunderlich Subventionen für die Arbeit an der britischen Maschine **DAP**, die bereits 4096 Prozessoren besitzt, von der aber nur wenige Exemplare in der Welt existieren. Er widmete sich den ganzen Sommer 1981 dieser Anlage am Queen Mary College in London. Seine Tätigkeit fand finanzielle Anerkennung, die ihm das Umsteigen auf **MPP** (= **Massively Parallel Processor**) erlaubte. MPP verfügt über 16 384 Parallelprozessoren. Das Gerät wird von der NASA zur Analyse der von den Satelliten übertragenen Daten benützt.

Sobald MPP voll eingesetzt sein wird, dürften 60stellige Zahlen binnen 1 h faktorisiert sein.

S. Wagstaff (Purdue Univ.), **J. Smith** und **C. Pomerance** (Georgia Univ.) ist ein anderes in gleicher Richtung tätiges For-

scherteam, das den Computer **EPOC** (= **Extended Precision Operand Computer**) benützt. Zur Addition zweier 128-bit-Zahlen muß eine Maschine, die nur 32-bit-Wörter verarbeiten kann, 10 Operationen ausführen. EPOC schafft dasselbe in einem einzigen Schritt! EPOC führt 100 Versuchs-Divisionen parallel zur übrigen Rechenfähigkeit aus.

Man erwartet von EPOC, 78stellige Zahlen in 24 h Rechenzeit zu faktorisieren. Daraus ist zu entnehmen, daß sich die Dinge in gutem Fluß befinden, der menschliche Geist bezwingt auch hohe Barrieren (aber nicht alle).

Allerdings werden die Geheimdienste über diese Entwicklung wenig Freude empfinden, weil sie sich nach anderen Codierungsverfahren umsehen müssen. Das dzt. gängige beruht auf der augenblicklich noch bestehenden Unmöglichkeit, bei 100stelligen Zahlen, die Produkte zweier Primzahlen sind, letztere zu identifizieren. Die Felle dürften ihnen wohl in absehbarer Zeit davonschwimmen!

LITERATUR:

Science, 2. 12. 1983, S. 999, Jean L. Marx, Factoring Gets Easier.

Karl Hofstätter, HTBLA Eisenstadt

Verteilungsprobleme in der Kombinatorik

1. EINLEITUNG

Die Kombinatorik hat im wesentlichen die Aufgabe, die Gesamtzahl der Möglichkeiten zu berechnen, die es beim **Anordnen**, **Vertauschen** oder **Auswählen** von Dingen (Elementen) einer gegebenen Menge nach bestimmten Gesichtspunkten gibt. Nach kurzer einführender Zusammenstellung der Grundlagen zur Klarstellung der verwendeten Terminologie, jedoch ohne alle Beweise, sollen in diesem Beitrag einige kombinatorische Probleme bei der **Verteilung** gegebener Elemente auf vorhandene Plätze betrachtet werden.

2. PERMUTATIONEN, KOMBINATIONEN UND VARIATIONEN

2.1 Permutationen

n untereinander unterscheidbare Elemente „**permutieren**“ heißt, sie in allen denkbaren Anordnungen (linear) zusammenstellen. Die Gesamtanzahl aller möglichen untereinander verschiedenen Permutationen (aller „Komplexe“ oder „Komplexionen“) bezeichnet man mit $P(n)$; sie ist gegeben durch

$$P(n) = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (n-2) \cdot (n-1) \cdot n = n! \quad n \in \mathbb{N}$$

Sind je k, l, m, \dots Elemente unter den gegebenen n Elementen untereinander ununterscheidbar, so bezeichnet man die Gesamtanzahl der nunmehr möglichen voneinander verschiedenen Komplexe mit $P(n; k, l, m, \dots)$; sie ist gegeben durch

$$P(n; k, l, m, \dots) = \frac{n!}{k! \cdot l! \cdot m! \cdot \dots}$$

$$n, k, l, m, \dots \in \mathbb{N}; k+l+m+\dots \leq n$$

2.2 Kombinationen

„**Kombinieren** von n Elementen zur k -ten Klasse ohne Wiederholungen“ heißt, je k von den n gegebenen verschiedenen Elementen in allen möglichen Anordnungen zusammenzustellen, aber so, daß in jedem Komplex ein bestimmtes Element nur einmal vorkommt. Komplexe aus denselben k Elementen, die sich nur durch deren Reihenfolge (d. h. durch Permutationen) unterscheiden, stellen nur eine einzige Kombination dar. Die Gesamtanzahl aller möglichen untereinander verschiedenen derart gebildeten Komplexe bezeichnet man mit $K(n; k)$; sie ist gegeben durch

$$K(n; k) = \binom{n}{k} = \frac{n!}{k! \cdot (n-k)!} \quad n, k \in \mathbb{N}; k \leq n$$

„Kombinieren von n Elementen zur k-ten Klasse mit Wiederholungen“ heißt, daß in einem Komplex jedes Element beliebig oft, also ein- bis k-mal, vorkommen kann; die Reihenfolge der Elemente eines Komplexes bleibt wieder unberücksichtigt. Die Gesamtanzahl aller möglichen untereinander verschiedenen derart gebildeten Komplexe bezeichnet man mit $K_{mw}(n; k)$; sie ist gegeben durch

$$K_{mw}(n; k) = \binom{n+k-1}{k} = \binom{n+k-1}{n-1} \quad n, k \in \mathbb{N}; k \leq n$$

2.3 Variationen

Variationen unterscheiden sich von den Kombinationen dadurch, daß auch unterschiedliche Permutationen derselben k Elemente als verschiedene Komplexe gewertet werden:

„Variieren von n Elementen zur k-ten Klasse ohne Wiederholungen“ heißt, je k von den n gegebenen verschiedenen Elementen in allen möglichen Anordnungen zusammenstellen, aber so, daß in jedem Komplex ein bestimmtes Element nur einmal vorkommt. Komplexe aus denselben k Elementen, die sich aber durch deren Reihenfolge unterscheiden, stellen verschiedene Variationen dar. Die Gesamtanzahl aller möglichen untereinander verschiedenen derart gebildeten Komplexe bezeichnet man mit $V(n; k)$; sie ist gegeben durch

$$V(n; k) = \frac{n!}{(n-k)!} \quad n, k \in \mathbb{N}; k \leq n$$

„Variieren von n Elementen zur k-ten Klasse mit Wiederholungen“ heißt, daß in einem Komplex jedes Element beliebig oft, also ein- bis k-mal, vorkommen kann; dieselben k Elemente in unterschiedlicher Reihenfolge ergeben wieder verschiedene Variationen. Die Gesamtanzahl aller möglichen untereinander verschiedenen derart gebildeten Komplexe bezeichnet man mit $V_{mw}(n; k)$; sie ist gegeben durch

$$V_{mw}(n; k) = n^k \quad n, k \in \mathbb{N}; k \leq n$$

3. VERTEILUNGSPROBLEME

3.1 Grundsätzliche Überlegungen

Nicht nur **Auswahlprobleme** (k Elemente aus einer Menge von n gegebenen Elementen nach bestimmten Vorschriften auswählen bzw. zusammenstellen), sondern auch **Verteilungsprobleme** (k Elemente aus einer Menge von n gegebenen Elementen nach bestimmten Vorschriften auf m vorhandene Plätze aufteilen) führen auf Kombinationen und Variationen.

Werden k Elemente auf m Plätze verteilt, so müssen jeweils $(m-k)$ wohlunterscheidbare („numerierte“) Plätze frei bleiben. Die Anzahl der Möglichkeiten, diese $(m-k)$ Leerstellen auf die vorhandenen m Plätze zu verteilen, ist offenbar gleich der Anzahl aller Kombinationen von m Elementen zur Klasse $(m-k)$, weil es auf die Reihenfolge der Leerstellen nicht ankommt:

$$K(m; m-k) = \binom{m}{m-k} \equiv \binom{m}{k} \equiv K(m; k)$$

Auf die übrigen k der m vorhandenen Plätze einer jeden einzelnen Leerstellenkonfiguration werden nun k Elemente je nach Besetzungsvorschrift verteilt. Dabei sind grundsätzlich folgende vier Fälle zu unterscheiden:

3.2 Verteilungen ohne Wiederholungen und ohne Rücksicht auf die Reihenfolge

3.2.1 Gesamtanzahl z aller möglichen Komplexe

In diesem Fall werden je k aus einer Menge von n verschiedenen Elementen auf die zu besetzenden Plätze jeder einzelnen Leerstellenkonfiguration so verteilt, daß in jedem Komplex ein bestimmtes Element nur einmal vorkommt. Verteilungen von denselben k Elementen bei derselben Leerstellenkonfiguration, die sich nur durch Permutationen der Elemente unterscheiden, stellen nur einen einzigen Komplex dar. Somit ergeben sich also $K(n; k)$ verschiedene Verteilungsmöglichkeiten zu jeder einzelnen der $K(m; k)$ Leerstellenkonfigurationen, und daraus folgt schließlich:

Die Gesamtzahl z aller möglichen untereinander verschiedenen Komplexe bei der Verteilung von k (aus n verschiedenen)

Elementen **ohne** Wiederholungen auf m vorhandene Plätze und **ohne** Berücksichtigung ihrer Reihenfolge ist

$$z = K(m; k) \cdot K(n; k) = \binom{m}{k} \cdot \binom{n}{k} \quad n, m, k \in \mathbb{N}; k \leq n; k \leq m$$

3.2.2 Sonderfälle

k = n, d. h.: Nicht nur eine Auswahl aus den gegebenen n Elementen, sondern alle zugleich werden auf die m vorhandenen Plätze verteilt:

$$z = \binom{m}{n} \cdot \binom{n}{n} = \binom{m}{n} \cdot 1 = \binom{m}{n} \equiv K(m; n) \quad n \leq m$$

Die Gesamtanzahl z aller möglichen Verteilungen ist in diesem Fall erwartungsgemäß gleich der Anzahl der möglichen Leerstellenkonfigurationen!

* Anzahl aller möglichen Komplexe, wenn k der Reihe nach alle Werte von 0 bis l annimmt ($0 \leq k \leq l$):

$$z = \sum_{k=0}^l K(m; k) \cdot K(n; k) = \sum_{k=0}^l \binom{m}{k} \cdot \binom{n}{k} \quad l \leq n; l \leq m$$

3.3 Verteilungen mit Wiederholungen und ohne Rücksicht auf die Reihenfolge

3.3.1 Gesamtanzahl z aller möglichen Komplexe

Zum Unterschied zu der Besetzungsvorschrift des letzten Abschnittes können nunmehr die zur Verfügung stehenden Elemente in einem Komplex auch mehrfach vorkommen, und zwar ein- bis k-mal; verschiedene Permutationen derselben Elemente bei derselben Leerstellenkonfiguration stellen aber wiederum nur einen einzigen Komplex dar. Somit ergeben sich zu jeder einzelnen der $K(m; k)$ Leerstellenkonfigurationen $K_{mw}(n; k)$ verschiedene Verteilungsmöglichkeiten, und daraus folgt:

Die Gesamtzahl z aller möglichen untereinander verschiedenen Komplexe bei der Verteilung von k (aus n verschiedenen) Elementen **mit** Wiederholungen auf m vorhandene Plätze **ohne** Berücksichtigung ihrer Reihenfolge ist

$$z = K(m; k) \cdot K_{mw}(n; k) = \binom{m}{k} \cdot \binom{n+k-1}{k}$$

$$n, m, k \in \mathbb{N}; k \leq n; k \leq m$$

3.3.2 Sonderfälle

* **k = n**, d. h.: Die Anzahl k der zu besetzenden Plätze ist gleich der Gesamtanzahl n der zur Verfügung stehenden Elemente. Da aber jedes Element mehrfach vorkommen kann, werden nicht notwendig alle n Elemente zugleich verwendet!

$$z = \binom{m}{n} \cdot \binom{2n-1}{n} \quad n \leq m$$

* Anzahl aller möglichen Komplexe, wenn k der Reihe nach alle Werte von 0 bis l annimmt ($0 \leq k \leq l$):

$$z = \sum_{k=0}^l K(m; k) \cdot K_{mw}(n; k) = \sum_{k=0}^l \binom{m}{k} \cdot \binom{n+k-1}{k}$$

$$l \leq n; l \leq m$$

3.4 Verteilungen ohne Wiederholungen, aber mit Rücksicht auf die Reihenfolge

3.4.1 Gesamtanzahl z aller möglichen Komplexe

Hier werden im Gegensatz zur Besetzungsvorschrift des Abschnittes 3.2 Verteilungen derselben k Elemente (die sich innerhalb eines Komplexes nicht wiederholen dürfen) auch dann als unterschiedlich gewertet, wenn sie sich bei derselben Leerstellenkonfiguration durch Permutationen unterscheiden. Es ergeben sich also zu jeder einzelnen der $K(m; k)$ Leerstellenkonfigurationen $V(n; k)$ verschiedene Verteilungsmöglichkeiten, und daraus folgt:

Die Gesamtzahl z aller möglichen untereinander verschiedenen Komplexe bei der Verteilung von k (aus n verschiedenen) Elementen **ohne** Wiederholungen auf m vorhandene Plätze **mit** Berücksichtigung ihrer Reihenfolge ist

$$z = K(m; k) \cdot V(n; k) = \binom{m}{k} \cdot \frac{n!}{(n-k)!}$$

$n, k, m \in \mathbb{N}; k \leq n; k \leq m$

3.4.2 Sonderfälle

* $k = n$, d. h.: Sämtliche n vorhandene Elemente werden zugleich auf die m vorhandenen Plätze verteilt:

$$z = \binom{m}{n} \cdot \frac{n!}{(n-n)!} = \binom{m}{n} \cdot \frac{n!}{1} = \binom{m}{n} \cdot n! = K(m; n) \cdot n! \equiv V(m; n)$$

Die Gesamtanzahl z aller möglichen Verteilungen ist in diesem Fall gleich der Anzahl $K(m; n)$ aller möglichen Leerstellenkonfigurationen multipliziert mit der Anzahl $n!$ von Permutationen der n Elemente innerhalb einer jeden einzelnen Leerstellenkonfiguration; dieses Produkt ist auch gleich der Anzahl der Variationen von m Elementen nur n -ten Klasse.

* Anzahl aller möglichen Komplexe, wenn k der Reihe nach alle Werte von 0 bis l annimmt ($0 \leq k \leq l$):

$$z = \sum_{k=0}^l K(m; k) \cdot V(n; k) = \sum_{k=0}^l \binom{m}{k} \cdot \frac{n!}{(n-k)!} \quad l \leq n; l \leq m$$

3.5 Verteilungen mit Wiederholungen und mit Rücksicht auf die Reihenfolge

3.5.1 Gesamtanzahl z aller möglichen Komplexe

Wie im Abschnitt 3.3 sollen die zur Verfügung stehenden n Elemente in den einzelnen Komplexen auch mehrfach vorkommen, also ein- bis k -mal; verschiedene Permutationen derselben Elemente bei derselben Leerstellenkonfiguration stellen aber diesmal verschiedene Komplexe dar. Daher ergeben sich zu jeder einzelnen der $K(m; k)$ Leerstellenkonfigurationen $V_{mw}(n; k)$ verschiedene Verteilungsmöglichkeiten, und daraus folgt:

Die Gesamtzahl z aller möglichen untereinander verschiedenen Komplexe bei der Verteilung von k (aus n verschiedenen) Elementen **mit** Wiederholungen auf m vorhandene Plätze **und mit** Berücksichtigung ihrer Reihenfolge ist

$$z = K(m; k) \cdot V_{mw}(n; k) = \binom{m}{k} \cdot n^k \quad n, k, m \in \mathbb{N}; k \leq n; k \leq m$$

3.5.2 Sonderfälle

* $k = n$, d. h.: Die Anzahl k der zu besetzenden Plätze ist gleich der Gesamtanzahl n der zur Verfügung stehenden Elemente. Da aber jedes Element in einem Komplex mehrfach vorkommen kann, werden nicht notwendig alle n Elemente zugleich verwendet (analog wie beim ersten Sonderfall in Abschnitt 3.3.2)!

$$z = \binom{m}{n} \cdot n^n \quad n \leq m$$

* Anzahl aller möglichen Komplexe, wenn k der Reihe nach alle Werte von 0 bis l annimmt ($0 \leq k \leq l$):

$$z = \sum_{k=0}^l K(m; k) \cdot V_{mw}(n; k) = \sum_{k=0}^l \binom{m}{k} \cdot n^k \quad l \leq n; l \leq m$$

* Anzahl aller möglichen Komplexe, wenn der Reihe nach 0 bis m **gleiche** Elemente auf die vorhandenen m Plätze verteilt werden ($n = 1, 0 \leq k \leq m$):

Mit $V_{mw}(1; k) = 1^k = 1$ sowie mit

$$2^m \equiv \binom{m}{0} + \binom{m}{1} + \binom{m}{2} + \dots + \binom{m}{m} = \sum_{i=0}^m \binom{m}{i}$$

(auf den Beweis mit Hilfe des Binomischen Lehrsatzes wird hier verzichtet) ergibt sich

$$z = \sum_{k=0}^m K(m; k) \cdot V_{mw}(1; k) = \sum_{k=0}^m \binom{m}{k} \cdot 1 = \binom{m}{0} + \binom{m}{1} + \binom{m}{2} + \dots + \binom{m}{m} \equiv 2^m (= V_{mw}(2; m) !)$$

Übrigens besteht bei nur einem vorhandenen Element kein Unterschied zwischen Variationen und Kombinationen mit Wiederholungen

$$\left(K_{mw}(1; k) = \binom{1+k-1}{k} = \binom{k}{k} = 1 \equiv 1^k = V_{mw}(1; k) \right),$$

also kann die Lösung unseres Sonderfalles auch so erfolgen:

$$z = \sum_{k=0}^m K(m; k) \cdot K_{mw}(1; k) = \sum_{k=0}^m \binom{m}{k} \cdot 1 = 2^m$$

4. BEISPIELE

Abschließend soll die Anwendung der Formeln des Abschnittes 3 an Hand von einigen Beispielen gezeigt werden. Häufig treten bei diesen Ergebnisse auf, die aus riesigen Zahlen bestehen; das hängt damit zusammen, daß die Zahlenwerte von $n!$ mit wachsendem n außerordentlich rasch ansteigen – so übersteigt etwa $70!$ bereits den Wert 10^{100} !

4.1 Auf wieviele Arten können 12 Schüler auf die 36 Sitzplätze eines Klassenzimmers verteilt werden?

(Verteilung der 12 unterschiedlichen Elemente „Schüler“, natürlich ohne Wiederholungen, aber mit Rücksicht auf die Reihenfolge: $n = k = 12, m = 36$)

$$z = K(m; n) \cdot V(n; n) = \binom{m}{n} \cdot n! = \binom{36}{12} \cdot 12! = \frac{36! \cdot 12!}{(36-12)! \cdot 12!} = 5,995556 \cdot 10^{17}$$

Diese Zahl ist fast gleich groß wie die Anzahl der Sekunden, die seit dem Urknall, also seit Anbeginn der Welt verstrichen sind (rund 20 Milliarden Jahre $\approx 6,3 \cdot 10^{17}$ Sekunden)!

4.2 Wieviele Möglichkeiten gibt es, einen bis neun **gleiche** Kegel auf die neun Kegelfelder zu verteilen?

(Verteilung des einen Elementes „Kegel“ mit Wiederholungen, die Berücksichtigung der Reihenfolge ist nicht relevant: $n = 1, m = 9, 1 \leq k \leq 9$)

$$z = \sum_{k=1}^9 K(9; k) \cdot V_{mw}(1; k) = \sum_{k=1}^9 \binom{9}{k} \cdot 1 = \sum_{k=0}^9 \binom{9}{k} - 1 = 2^9 - 1 = 511$$

4.3 Wieviele Möglichkeiten gibt es, einen bis neun **verschiedenfarbige** Kegel auf die neun Kegelfelder zu verteilen?

(Verteilung von insgesamt neun Elementen, der Reihe nach auf die neun vorhandenen Plätze ohne Wiederholungen, aber mit Rücksicht auf die Reihenfolge: $n = 9, m = 9, 1 \leq k \leq 9$)

$$z = \sum_{k=1}^9 K(9; k) \cdot V(9; k) = \sum_{k=1}^9 \binom{9}{k} \cdot \frac{9!}{(9-k)!} = \sum_{k=1}^9 \frac{9!}{k!(9-k)!} \cdot \frac{9!}{(9-k)!} = \sum_{k=1}^9 k! \cdot \left[\frac{9!}{k!(9-k)!} \right]^2 =$$

$$\sum_{k=0}^9 k! \cdot \binom{9}{k} = 17572113$$

Auch zur Größenordnung dieser Zahl ein anschaulicher Vergleich: Rechnet man pro Keuelstellung eine Minute, so braucht man zum Aufstellen sämtlicher verschiedener Komplexe 33.41 Jahre ohne Pause!

3.4 Wieviele Möglichkeiten für verschiedene Lochungen einer Lochkarte mit 12 Zeilen und 80 Spalten gibt es?

(Verteilung des einen Elementes „Loch“ auf die 12 · 80 = 960 vorhandenen Plätze mit Wiederholungen: $n = 1, m = 960, 0 \leq k \leq m$ – wenn auch kein Loch als ein Komplex gilt!)

$$z = \sum_{k=0}^m K(m; k) \cdot V_{mw}(n; k) = \sum_{k=0}^m \binom{960}{k} \cdot 1 = 2^{960} = 9.7453 \cdot 10^{288}$$

(mit $V_{mw}(1; k) = 1$)

Wären auch seit dem Urknall bis heute in jeder Sekunde z. B. je eine Milliarde Lochkarten mit verschiedenen Lochungen hergestellt worden, so müßten zu unserer Verblüffung immer noch fast alle der noch möglichen verschiedenen Lochkombinationen gestanzt werden – so riesig groß ist diese Zahl!

3.5 Beim Sportfoto gibt es insgesamt

$$V_{mw}(3; 12) = 3^{12} = 531441$$

verschiedene Tipmöglichkeiten (also Anordnungen der $n = 3$ Elemente $1 - 2 - x$ auf die $k = 12$ Plätze einer Totokolonne mit Wiederholungen und mit Rücksicht auf die Reihenfolge), darunter befindet sich genau ein Zwölfer.

Wieviele Elfer und wieviele Zehner sind ebenfalls darunter?

Elfer: Ein Elfer tritt auf, wenn einer der zwölf möglichen Plätze von einem falschen der drei Elemente $1 - 2 - x$ eingenommen wird. Die Anzahl z aller Elfer ist daher gleich der Gesamtanzahl von Möglichkeiten bei der Verteilung von je einem Element (also $k = 1$) aus $n = 2$ Elementen (das sind die beiden falschen aus $1 - 2 - x$!) auf die $m = 12$ Plätze der sonst richtig ausgefüllten Tipkolonnen (ob mit oder ohne Wiederholungen bzw. mit oder ohne Rücksicht auf die Reihenfolge ist für $k = 1$ und $n = 2$ einerlei: $K(2; 1) = K_{mw}(2; 1) = V(2; 1) = V_{mw}(2; 1) = 2$!). Es ergibt sich daher:

$$z = K(m; k) \cdot 2 = K(12; 1) \cdot 2 = \binom{12}{1} \cdot 2 = 12 \cdot 2 = 24 \text{ Elfer}$$

Zehner: Bei einem Zehner werden zwei der zwölf möglichen Plätze von zwei falschen der drei Tipmöglichkeiten $1 - 2 - x$ eingenommen. Die Anzahl z aller Zehner ist daher gleich der Gesamtzahl von Möglichkeiten bei der Verteilung der beiden falschen Elemente ($k = n = 2$) mit Wiederholungen und mit Rücksicht auf ihre Reihenfolge auf die $m = 12$ Plätze der sonst richtig ausgefüllten Kolonnen:

$$z = K(m; k) \cdot V_{mw}(n; k) = K(12; 2) \cdot V_{mw}(2; 2) = \binom{12}{2} \cdot 2^2 = \frac{12 \cdot 11}{1 \cdot 2} \cdot 4 = 264 \text{ Zehner}$$

Füllt man also einen kompletten Satz von 531441 verschiedenen Tipkolonnen bei einer Sporttorrunde aus, so sind genau ein Zwölfer, 24 Elfer und 264 Zehner dabei – lohnt sich das?

Die Dreiecke von Morley und Napoleon

Im folgenden Beitrag soll gezeigt werden, wie zwei einzigartige Sätze über das Dreieck mit den Geometriekenntnissen der achten bzw. neunten Schulstufe bewiesen werden können.

1. a) Das Morleysche Dreieck

Erst um die Jahrhundertwende fand der Amerikaner Frank Morley eine interessante Eigenschaft des Dreieckes: Werden in einem Dreieck die Innenwinkel gedrittelt, dann schneiden sich die einer Seite anliegenden Dreiteilenden in den Eckpunkten eines gleichseitigen Dreieckes, dem Morleyschen Dreieck.

Wahrscheinlich ist dieser Satz so spät gefunden worden, weil die Dreiteilung des Winkels mit Zirkel und Lineal als unlösbares Problem erkannt worden war.

Es ist erstaunlich, wie umfangreich die Literatur darüber ist. In der Zeitschrift „American Mathematical Monthly“, November 1978, werden nicht weniger als 116 Veröffentlichungen über diesen Satz angeführt, ohne dabei den Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben.

Es wurden mehrere Beweise für diesen Satz geliefert. Während der Beweis von Morley sehr schwer verständlich ist, sind seither einige elementare Beweise erbracht worden. Der folgende Beweis setzt nur Geometriekenntnisse aus der achten Schulstufe voraus.

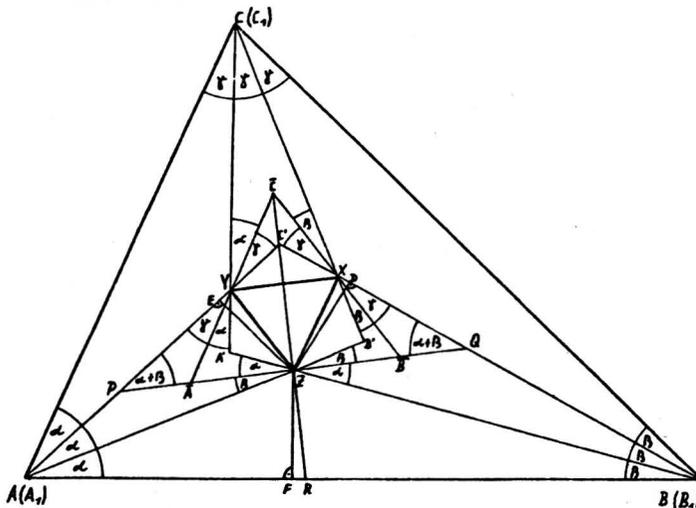


Abb. 1

In Abb. 1 teilen die Strecken AZ und AY den Winkel BAC, BZ und BX den Winkel ABC und CY und CX den Winkel ACB in drei gleiche Teile.

Es sei $\sphericalangle BAC = 3\alpha$, $\sphericalangle ABC = 3\beta$ und $\sphericalangle ACB = 3\gamma$.

Zum besseren Verständnis des Beweises ist es vorteilhaft, ein Hilfsdreieck $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ nach folgender Vorschrift zu konstruieren: $\sphericalangle AZ\bar{A} = \sphericalangle CX\bar{C} = \beta$, $\sphericalangle BZ\bar{B} = \sphericalangle CY\bar{C} = \alpha$ und $\sphericalangle AY\bar{A} = \sphericalangle BX\bar{B} = \gamma$.

Betrachtet man nun das Viereck $AZ\bar{A}Y$, findet man aus der Winkelsumme $\sphericalangle Z\bar{A}Y = \alpha + \beta + \gamma = 60^\circ$. Dasselbe gilt für $\sphericalangle Z\bar{B}X$ und $\sphericalangle X\bar{C}Y$. Wie aus der Konstruktion hervorgeht, haben die Punkte X, Y und Z eine eindeutige Lage auf den Seiten des Dreieckes $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$. Um den Satz von Morley zu beweisen, nehmen wir an, X, Y und Z seien die Mittelpunkte der Seiten des gleichseitigen Dreieckes $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ und beweisen, daß dies richtig ist.

Nun nehmen wir an, in Abb. 1 seien alle Linien und Punkte außer den Punkten \bar{A} , \bar{B} und \bar{C} ausgelöscht und nur noch die Winkel des ursprünglichen Dreieckes ABC bekannt. Wenn wir beweisen können, daß nur unter der Annahme, X, Y und Z seien die Seitenmittelpunkte des gleichseitigen Dreieckes $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$, das ursprüngliche Dreieck ABC rekonstruiert werden kann, ist der Satz von Morley bewiesen.

Wir tragen von den Seitenmittelpunkten X, Y und Z des Dreiecks \overline{ABC} Strahlen auf, die mit den Seiten dieses Dreiecks folgende Winkel einschließen:

$$\sphericalangle \overline{B}XB_1 = \gamma, \sphericalangle \overline{B}ZB_1 = \alpha, \sphericalangle \overline{A}ZA_1 = \beta, \sphericalangle \overline{A}YA_1 = \gamma, \sphericalangle \overline{C}YC_1 = \alpha \text{ und } \sphericalangle \overline{C}XC_1 = \beta.$$

A_1, B_1 und C_1 seien die Schnittpunkte dieser Strahlen. Sie müssen existieren, da $\alpha + \beta < 60^\circ, \beta + \gamma < 60^\circ$ und $\alpha + \gamma < 60^\circ$ ist. Es ist zu zeigen, daß sie mit A, B und C identisch sind!

Wir finden: $\sphericalangle ZA_1Y = \alpha, \sphericalangle XB_1Z = \beta$ und $\sphericalangle XC_1Y = \gamma$.
Nun fällen wir die Normalen von Z auf XB_1 und YA_1 .

Da nach Annahme X, Y und Z Seitenmittelpunkte des gleichseitigen Dreiecks \overline{ABC} sind, folgt $\sphericalangle A_1YZ = \sphericalangle ZXB_1 = 60 + \gamma$.
Weiter gilt $\sphericalangle A_1EZ = \sphericalangle B_1DZ = 90^\circ$.

Daraus ergibt sich: $\triangle ZEY \cong \triangle ZDX$ (SWW).
Weiters gilt $\sphericalangle DZB_1 = 90^\circ - \beta$ und $\sphericalangle EZA_1 = 90^\circ - \alpha$.

Nun spiegeln wir das Dreieck B_1ZD an der Seite B_1Z und $\triangle A_1ZY$ an A_1Z .

Da $\sphericalangle A_1ZB_1 = 180^\circ - \alpha - \beta = \sphericalangle DZB_1 + \sphericalangle EZA_1$ und $ZD = ZE$ ist, gelangen die gleichlangen Seiten nach der Spiegelung in FZ zur Deckung.

Wir finden: $\sphericalangle ZA_1B_1 = \alpha$ und $\sphericalangle ZB_1A_1 = \beta$.
Auf die gleiche Weise erhalten wir $\sphericalangle XB_1C_1 = \beta, \sphericalangle XC_1A_1 = \gamma, \sphericalangle YA_1C_1 = \alpha$ und $\sphericalangle YC_1A_1 = \gamma$.

Das Dreieck $A_1B_1C_1$ hat die Innenwinkel des ursprünglichen Dreiecks $3\alpha, 3\beta$ und 3γ sowie die Eigenschaft, daß sich die einer Seite anliegenden Winkeldreiteilenden in den Mittelpunkten X, Y und Z der Seiten des gleichseitigen Dreiecks \overline{ABC} schneiden. Da die Winkel α, β und γ allgemein angenommen wurden, gilt dies für jedes beliebige Dreieck.

Zu einem Dreieck ABC gibt es also nur ein einziges gleichseitiges Dreieck \overline{ABC} , das nach obiger Vorschrift konstruiert wird, und zu jedem gleichseitigen Dreieck gibt es nur ein Dreieck mit gegebenen Innenwinkeln, dessen den Seiten anliegende Winkeldreiteilende sich in den Seitenmittelpunkten des Dreiecks \overline{ABC} schneiden.

Die Punkte A_1, B_1 und C_1 sind daher identisch mit A, B und C. Da die Rekonstruktion des Dreiecks ABC nur mit der Annahme, die Punkte X, Y und Z seien Seitenmittelpunkte des gleichseitigen Dreiecks \overline{ABC} , möglich war, ist damit der Satz von Morley bewiesen.

Der Beweis für die Gleichseitigkeit des Dreiecks XYZ folgt analog dem Beweis für den Satz von Morley. Auch hier ist es für das Verständnis förderlich, wenn man dazu ein Hilfsdreieck nach folgender Vorschrift konstruiert.

1. b) Ein Dreieck von Taylor und Marr

Im Jahre 1914 fanden die beiden Schotten Taylor und Marr eine Verallgemeinerung des Morleyschen Satzes. Sie zeigten, daß für jedes Dreieck auch die den Seiten anliegenden Dreiteilenden der Außenwinkel sich in den Eckpunkten eines gleichseitigen Dreiecks schneiden.

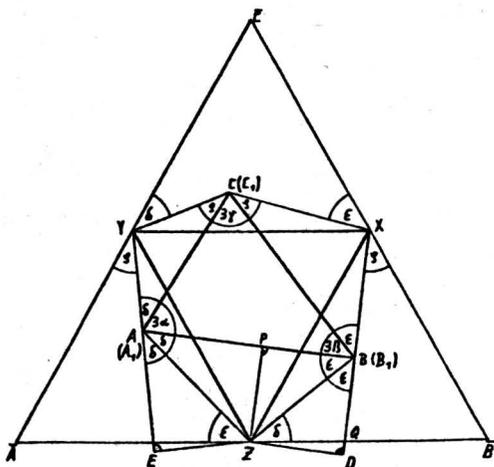


Abb. 2

In Abb. 2 seien die Innenwinkel des Dreiecks ABC:
 $\sphericalangle BAC = 3\alpha, \sphericalangle ABC = 3\beta$ und $\sphericalangle ACB = 3\gamma$.
Die Dreiteilung der Außenwinkel ergibt dann:
 $\sphericalangle BAZ = 60^\circ - \alpha = \delta, \sphericalangle ABZ = 60^\circ - \beta = \epsilon, \sphericalangle CBX = 60^\circ - \beta = \epsilon,$
 $\sphericalangle BCX = 60^\circ - \gamma = \varphi, \sphericalangle ACY = 60^\circ - \gamma = \varphi,$
 $\sphericalangle CAY = 60^\circ - \alpha = \delta.$

Durch die drei Punkte X, Y und Z werden unter diesen Winkeln gerade Linien gelegt:
 $\sphericalangle ZBZ = \sphericalangle CYC = \delta, \sphericalangle AZA = \sphericalangle CXC = \epsilon$
und $\sphericalangle BXB = \sphericalangle AYA = \varphi$.

$\overline{A}, \overline{B}$ und \overline{C} sind die Schnittpunkte dieser Geraden.
Das Dreieck \overline{ABC} ist gleichseitig, wie man aus dem Viereck $ZBXB$ ersehen kann:

$$\sphericalangle ZBX = 360^\circ - \delta - \varphi - [360^\circ - (2\epsilon + 3\beta)] = \alpha + \beta + \gamma = 60^\circ.$$

Das gleiche gilt für die beiden anderen Winkel!
Um zu beweisen, daß das Dreieck XYZ gleichseitig ist, denken wir uns in Abb. 2 alles weggelöscht mit Ausnahme der drei Punkte $\overline{A}, \overline{B}$ und \overline{C} . Wenn wir die Winkel des ursprünglichen Dreiecks ABC kennen, können wir unter der Annahme, daß X, Y und Z die Seitenmittelpunkte des gleichseitigen Dreiecks \overline{ABC} sind, das ursprüngliche Dreieck ABC rekonstruieren.

Wir tragen von den Seitenmitten des Dreiecks \overline{ABC} , also den Punkten X, Y und Z nach innen Strahlen auf unter folgenden Winkeln:

$$\sphericalangle \overline{B}XB_1 = \varphi, \sphericalangle \overline{C}XC_1 = \epsilon, \sphericalangle \overline{C}YC_1 = \delta, \sphericalangle \overline{A}YA_1 = \varphi, \sphericalangle \overline{A}ZA_1 = \epsilon, \sphericalangle \overline{B}ZB_1 = \delta.$$

A_1, B_1 und C_1 sind die Schnittpunkte entsprechender Strahlen. Es muß nun gezeigt werden, daß sie mit A, B und C identisch sind. Wir fällen vom Punkt Z die Normalen auf die Geraden durch die Punkte XB_1 und YA_1 , wodurch wir die Fußpunkte D und E erhalten.

Es gilt $\sphericalangle DZB = -90^\circ + (\varphi + 60^\circ)$ und $\sphericalangle DZB_1 = \delta + \varphi - 30^\circ$, da $\sphericalangle XQB = 120^\circ - \varphi$ ist.

Daraus folgt $\sphericalangle DZB_1 = 90^\circ - \epsilon$.
Genauso finden wir $\sphericalangle EZA_1 = 90^\circ - \delta$. Wegen der Annahme, daß X, Y und Z Seitenmitten von $\triangle ABC$ sind und wegen $\sphericalangle ZXD = \sphericalangle ZYE = 60^\circ - \varphi$ und $\sphericalangle ZDX = \sphericalangle ZEY = 90^\circ$ folgt: $\triangle ZDX \cong \triangle ZEY$.

Daraus ergibt sich: $DZ = EZ$. Ferner gilt $\sphericalangle ZBD = \epsilon$ und $\sphericalangle ZAE = \delta$.

Nun spiegeln wir das Dreieck ZDB_1 an der Seite ZB_1 und das Dreieck ZEA_1 an der Seite ZA_1 .

Da $\sphericalangle DZB_1 + \sphericalangle EZA_1 = 180^\circ - (\epsilon + \delta)$ und $EZ = DZ$ ist, kommen diese gleichlangen Seiten auf der Strecke PZ zur Deckung. Daraus folgt $\sphericalangle PB_1Z = \sphericalangle ZB_1D = \epsilon, \sphericalangle PA_1Z = \sphericalangle EA_1Z = \delta$. Führt man dieselben Überlegungen auch bezüglich der Punkte X, Y und Z durch, ergibt sich, daß die den Seiten des Dreiecks $A_1B_1C_1$ anliegenden Dreiteilenden der Außenwinkel sich in den Seitenmittelpunkten des gleichseitigen Dreiecks \overline{ABC} , also in den Punkten X, Y und Z schneiden. A_1, B_1 und C_1 sind identisch mit den Eckpunkten des Grunddreiecks A, B, C, da jedem Dreieck ABC genau ein gleichseitiges Dreieck \overline{ABC} entspricht, das nach obiger Vorschrift konstruiert wird und umgekehrt jedem gleichseitigen Dreieck \overline{ABC} genau ein Dreieck ABC mit bestimmten Winkeln entspricht, für das die den Seiten anliegenden Dreiteilenden der Außenwinkel sich in den Punkten X, Y und Z schneiden.

Da die Rekonstruktion des Dreiecks ABC nur unter der Annahme, X, Y und Z seien die Seitenmittelpunkte des gleichseitigen Dreiecks \overline{ABC} , möglich ist, ist der Satz bewiesen.

Die beiden Dreiecke von Morley und von Taylor und Marr haben parallele Seiten, wie man aus den beiden Abbildungen leicht ersieht. In Abb. 1 schließen die Strecken AB und \overline{AB} den Winkel $\alpha - \beta$ ein. In Abb. 2 ist der Winkel zwischen AB und \overline{AB} $\beta - \alpha$, woraus die Behauptung bewiesen ist.

Schließlich sei noch erwähnt, daß man durch Dreiteilung der erhabenen Außenwinkel $180 + 3\alpha, 180 + 3\beta$ und $180 + 3\gamma$ auf analoge Weise ein gleichseitiges Dreieck erhält. Für dieses, ebenfalls von Taylor und Marr gefundene Dreieck kann ein ganz analoger Beweis geführt werden.

2. a) Das äußere Napoleonische Dreieck

Es ist wenig bekannt, daß Napoleon Bonaparte, der Kaiser der Franzosen, eine Eigenschaft des Dreiecks entdeckt hat. Man weiß zwar nicht, wann und wo ihm das gelungen ist, aber eines gilt heute als sicher: Der große Feldherr hat nicht genügend mathematische Kenntnisse besessen, um seinen Satz auch beweisen zu können. Er lautet: Wenn man in einem Dreieck auf die drei Seiten nach außen gleichseitige Dreiecke aufsetzt, dann bilden die Mittelpunkte dieser Dreiecke wieder ein gleichseitiges Dreieck.

Der eleganteste Beweis dafür wurde erst vor einigen Jahren erbracht. Er stammt von Ross Honsberger, derzeit Professor an der University of Waterloo.

Welch ein Zufall! Dieser Name verleitet einen fast dazu, an eine posthume Niederlage des Feldherrn zu denken, aber diesmal auf dem Felde der Mathematik.

Zum Beweis betrachte man die Abb. 3.

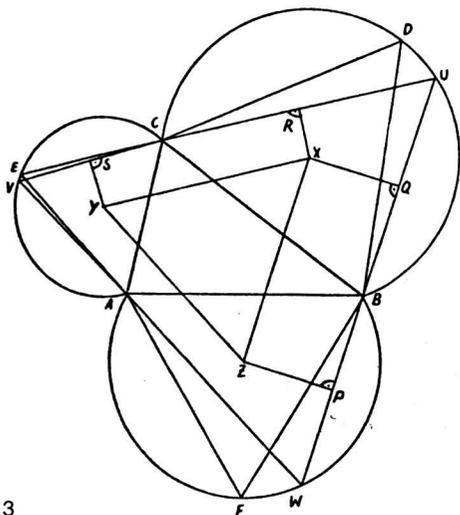


Abb. 3

Auf die Seiten des gegebenen Dreiecks ABC sind die drei gleichseitigen Dreiecke ABF, BCD und ACE aufgesetzt. Die Punkte X, Y und Z seien ihre Mittelpunkte und die drei Kreisbogen Teile ihrer Umkreise. Nehmen wir nun an, das Dreieck XYZ sei nicht gleichseitig, und es gelte: $XY < XZ$. Nun zeichnen wir eine Parallele zur Strecke XZ durch den Punkt B, also UWIXZ.

Der Punkt U wird über C hinaus mit V geradlinig verbunden, dann liegt der Punkt A auf der Strecke VW.

Das Dreieck UYW ist gleichseitig, da die Winkel bei U, V und W 60 Grad betragen (Peripheriewinkel über dem selben Kreisbogen sind gleich!).

Jetzt fällen wir noch die Normalen von X und Z auf die Strecke UW, wodurch man die Punkte P und Q erhält. Desgleichen seien die Punkte R und S die Normalprojektionen von X und Y auf die Strecke UV.

Wenn man vom Mittelpunkt eines Kreises die Normale auf eine Sehne fällt, wird diese dadurch halbiert. Daher folgt wegen $XZ \parallel UW$: $UW = 2 \cdot XZ$. Da das Dreieck XYZ als nicht gleichseitig vorausgesetzt wurde und daher XY zu UV nicht parallel sein muß, ergibt sich $UV \leq 2 \cdot XY$. Wegen $UV = UW$ resultiert daraus $XY \geq XZ$, ein Widerspruch zur Annahme $XY < XZ$.

Da also die Annahme, das Dreieck XYZ sei nicht gleichseitig, zu einem Widerspruch führt, folgt, daß es gleichseitig ist, womit der Satz von Napoleon bewiesen ist.

Man wundert sich, daß es 200 Jahre gedauert hat, bis jemand auf diese originelle Idee kam. Dieser Beweis kann auf der neunten Schulstufe durchgeführt werden.

2. b) Das innere Napoleonische Dreieck

Wenn man in einem Dreieck auf die drei Seiten nach innen gleichseitige Dreiecke aufsetzt, dann bilden die Mittelpunkte dieser Dreiecke ebenfalls ein gleichseitiges Dreieck, welches als inneres Napoleonisches Dreieck bezeichnet wird.

Anders formuliert: Spiegelt man die drei Eckpunkte des äußeren Napoleonischen Dreiecks an den entsprechenden Seiten des Grunddreiecks, dann bilden die Spiegelpunkte wieder ein gleichseitiges Dreieck.

In Abb. 4 ist zum beliebigen Dreieck ABC das äußere Napoleonische Dreieck $X_1Y_1Z_1$ eingezeichnet, von dem wir bereits wissen, daß es gleichseitig ist. Die Punkte X_2, Y_2, Z_2 sind die Spiegelpunkte von X_1, Y_1 und Z_1 an den entsprechenden Seiten des Dreiecks.

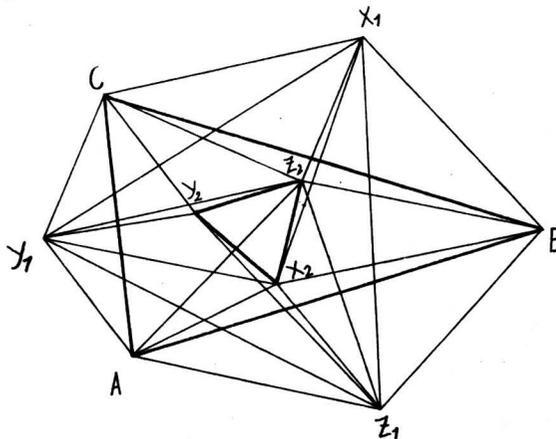
Da $\sphericalangle X_1BC = \sphericalangle X_2BC = 30^\circ$ und $X_1X_2 \perp BC$ ist, folgt die Gleichseitigkeit des Dreiecks X_1BX_2 mit der Seite $a/\sqrt{3}$ ($a = BC, b = AC, c = AB$).

Daher ist $X_1X_2 = a/\sqrt{3}$. Ebenso findet man $Z_1Y_2 = Y_1Z_2 = a/\sqrt{3}$; denn $AY_2 = b/\sqrt{3}, AZ_1 = c/\sqrt{3}$ und $\sphericalangle Y_2AZ_1 = \sphericalangle Y_1AZ_1 - 60^\circ = \alpha$, woraus $\triangle AY_2Z_1 \sim \triangle ABC$ folgt. Dazu analog findet man $\triangle AZ_2Y_1 \sim \triangle ABC$.

Nun untersuchen wir das Dreieck X_2BZ_1 .

Es gilt $X_2B = a/\sqrt{3}$ und $Z_1B = c/\sqrt{3}$.

Da $\sphericalangle X_1BZ_1 = 60^\circ + \beta$ und $\sphericalangle X_1BX_2 = 60^\circ$ ist, hat man $\sphericalangle X_2BZ_1 = \beta$.



Daher gilt $\triangle X_2BZ_1 \sim \triangle ABC$, weil zwei Seiten im selben Verhältnis stehen und der eingeschlossene Winkel gleich ist. Für die dritte Seite muß daher gelten: $Z_1X_2 = b/\sqrt{3}$. Ebenso ist $\triangle X_1BZ_2 \sim \triangle ABC$ mit $X_1B = a/\sqrt{3}, Z_2B = c/\sqrt{3}$ und $X_1Z_2 = b/\sqrt{3}$. Schließlich ist auch $Y_1Y_2 = b/\sqrt{3}$.

Als Zwischenergebnis halten wir fest: Die Eckpunkte des Dreiecks $X_2Y_2Z_2$ haben zu den jeweils nächsten Eckpunkten des Dreiecks gleiche Abstände: $X_1Z_2 = Z_1X_2 = Y_1Y_2 = b/\sqrt{3}$, wobei b die kürzeste Seite des Grunddreiecks ist.

Nun untersuchen wir die Dreiecke $X_1Z_1X_2, Z_1Y_1Y_2$ und $Y_1X_1Z_2$. Alle drei haben als längste Seite die Seite des äußeren Napoleonischen Dreiecks und außerdem die Seite $b/\sqrt{3}$.

Wenn auch die dritte Seite gleich ist, dann sind sie kongruent.

Dies ist tatsächlich der Fall: Da $\triangle X_1BX_2$ gleichseitig ist, folgt $X_1X_2 = a/\sqrt{3}$. Wegen $\triangle AY_2Z_1 \sim \triangle ABC$ ergibt sich $Z_1Y_2 = a/\sqrt{3}$. Ebenso finden wir $Y_1Z_2 = a/\sqrt{3}$.

Wegen der gleichsinnigen Kongruenz $\triangle X_1Z_1X_2 \cong \triangle Z_1Y_1Y_2 \cong \triangle Y_1X_1Z_2$ und dem Zusammenfallen ihrer längsten Seiten mit den Seiten des äußeren Napoleonischen Dreiecks $X_1Y_1Z_1$ muß gefolgert werden, daß $\triangle X_2Y_2Z_2$ gleichseitig ist.

Die beiden Napoleonischen Dreiecke sind zwar konzentrisch, aber ihre Seiten sind nicht parallel.

Der gemeinsame Schwerpunkt der beiden Napoleonischen Dreiecke $X_1Y_1Z_1$ und $X_2Y_2Z_2$ ist auch Schwerpunkt des Grunddreiecks.

Beweis: Man belege die Punkte X_1, Y_1, Z_1, X_2, Y_2 und Z_2 mit gleichen Massen m. Der gemeinsame Schwerpunkt aller dieser Massenpunkte liegt im gemeinsamen Mittelpunkt der beiden Napoleonischen Dreiecke. Die Lage des gemeinsamen Schwerpunktes ändert sich nicht, wenn man die Massen der beiden Spiegelpunkte X_1 und X_2 im Mittelpunkt der Seite a, die Massen der beiden Punkte Y_1 und Y_2 im Mittelpunkt der Seite b und die Massen der beiden Punkte Z_1 und Z_2 im Mittelpunkt von c vereinigt.

Der Schwerpunkt des Dreiecks, das aus den Seitenmittelpunkten eines Dreiecks gebildet wird, fällt aber mit dem Dreiecksschwerpunkt zusammen. Damit ist der Satz bewiesen.

Abschließend sei noch bemerkt, daß das äußere Napoleonische Dreieck zentrisch ähnlich ist zum größten, dem Grunddreieck umgeschriebenen, gleichseitigen Dreieck und die halbe Seitenlänge besitzt. Das innere Napoleonische Dreieck hingegen ist aber nicht zentrisch ähnlich zum kleinsten, dem Grunddreieck eingeschriebenen, gleichseitigen Dreieck.

LITERATUR:

- H. S. M. Coxeter, Unvergängliche Geometrie, Birkhäuser Verlag, Basel 1963.
- R. Honsberger, Mathematical Gems, The Mathematical Society of America, 1973.
- F. G. Taylor u. W. L. Marr, Proceedings of Edinburgh, Math. Soc. XXXII, 119–150 (1914).
- H. Dörrie, Mathematische Miniaturen, Wiesbaden 1969.
- K. Steiner, Einige Sätze über das Dreieck aus neuerer Zeit, Wiss. Nachrichten, Wien, Sept. 1976.
- K. Steiner, Zum Satz v. Morley, Elemente der Mathematik, Vol. 32/5, Basel 1977.
- K. Steiner, Zwei Extremwertaufgaben aus der Dreiecksgeometrie, Wiss. Nachrichten, Wien 1978.

Aufgabenecke, Wilhelm Körperth

Aufgabe Nr. 2

a) Eine durch den Term $x + 10y$ dargestellte Zahl sei durch n teilbar. Für welchen Wert von ξ legt $y + \xi \cdot x$ eine ebenfalls durch n teilbare Zahl fest? ($x, y, \xi \in \mathbb{Z}; n \in \mathbb{N}$).

b) Wie läßt sich unter Benützung des Ergebnisses aus a) die Teilbarkeit einer ganzen Zahl durch 7, 11, 13, 17, 19, 23 ... untersuchen?

Ernst Domkowitzsch

Um Einsendungen der Lösungen von Aufgabe 2 an den Bearbeiter der Aufgabenecke, Herrn **OstR. Wilhelm Körperth**, 1070 Wien, Neustiftgasse 111/14, bis 1. September 1984 wird gebeten. Die Namen der Einsender richtiger Lösungen werden samt Andeutung von Lösungsgedanken in der Nr. 67, Jänner 1985, der Wiss. Nachrichten erscheinen.

Buchbesprechungen

Lambacher-Schweizer, Kugelgeometrie, neu bearbeitet von **Gottfried Groschopf**. Ernst Klett-Verlag, Stuttgart, 1983, 84 Seiten, flexibel geb. 98 Abb.

Obwohl die sphärische Trigonometrie aus den Lehrplänen weitgehend verschwunden ist, bewegen zahlreiche Bitten von Mathematiklehrern, die in der Deutschen Bundesrepublik gymnasiale Grundkurse aus Astronomie leiten, den Klett-Verlag, eine Neubearbeitung des – offenbar vergriffenen – Klettbuches Nr. 708 herauszubringen.

Das ist nun geschehen. Dem mit dieser Aufgabe betrauten Herrn Prof. Groschopf ist damit ein glänzender Wurf gelungen! Denn die Aufbereitung und Gliederung des Stoffes ist ein Meisterstück angewandter moderner Didaktik!

Der Leser wird von der ersten Seite an durch aufgelistete Fragestellungen auf die jeweils angepeilten Lehrsätze hingeführt, was die sehr klaren, übersichtlichen und verständlichen Beweise – ohne Einbuße an Strenge – gut zugänglich macht.

Kann gelegentlich ein Beweis aus Raum- oder Sachgründen in elementarer Form nicht ganz korrekt (etwa durch Berufung auf die Anschauung) durchgeführt werden, so wird der Leser gefragt, an welcher Stelle der Beweis unvollständig ist, was den Leser zu genauer Analyse veranlaßt und sein kritisches Denken fördert.

Auch die reiche Ausstattung mit Abbildungen unterstützt das Begreifen des Lesers, zumal die Figuren durch ihre Konzipierung allein schon hohe Aussagekraft besitzen.

Ein weiteres Attribut ist die Vielzahl der den Text begleitenden Aufgaben. Die ausführlich beschriebenen Lösungen am Schluß des Buches nehmen 21 Seiten, d. i. ein Viertel des Buchumfangs, ein. Natürlich fehlt auch das Stichwörterverzeichnis nicht. Die 5 Kapitel lauten:

- I) Geometrie auf der Kugel (30 Seiten)
- II) Mathematische Erdkunde (6 Seiten)
- III) Mathematische Himmelskunde (19 Seiten)
- IV) Kartenentwürfe (7 Seiten)

Besonders zu begrüßen ist das letzte Kapitel, das die wichtigsten Kartenprojektionen der Kugeloberfläche bespricht, darunter auch die Merkatorkonstruktion. Erfreulich das Eingehen auf Fragen der Winkel- und Flächentreue.

Dem Buch ist eine Sternkarte beigelegt.
Das Büchlein ist wärmstens zu empfehlen, seine Gestaltung macht die Lektüre zu einem angenehmen, lehrreichen Vergnügen!

Walter Kranzer

Rudolf J. Taschner, Holzwege zur Mathematik I, eine Einführung in die höhere Mathematik. BI-Wissenschaftsverlag Mannheim, Wien, Zürich, 1983. 358 S., flex. geb.

In den meisten Klassen höherer Schulen, besonders in Trainingskursen für die mathematischen Olympiaden, gibt es mathematisch besonders Begabte und zugleich an dieser Wissenschaft Interessierte. Diesen sollte nach Meinung des Rezensenten in der siebenten Klasse das Buch von Taschner in die Hand gedrückt werden, und zwar mit dem Rat, schon im vorletzten Schuljahr den ersten der drei vom Autor vorgezeichneten Wege zu studieren und die beiden anderen Wege erst in der letzten Schulstufe zu beschreiten! Das Buch zeichnet sich nämlich trotz wissenschaftlicher Strenge durch klare Verständlichkeit, sorgfältig überlegte didaktische Aufbereitung und vorbildlichen Stil aus, so daß es Hochbegabten durchaus empfohlen werden kann.

Das Buch ist jedoch vor allem Hochschülern, die ein einschlägiges Fach studieren, sowie Mathematiklehrern zur Auffrischung ihrer Hochschulkenntnisse wärmstens zur Lektüre ans Herz zu legen. Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, daß der Leser nicht durch übertriebene Formalisierung abgeschreckt, sondern durch viele (zulässige!) Verbindungen zu anschaulichen Interpretationen motiviert wird.

Das Buch führt auf drei Holzwegen in den mathematischen Forst. Deshalb die Bezeichnung „Holzwege“. Auch der Holzfäller erkundet auf verschiedenen Wegen den Wald, Wege, die stets dort im Wald enden, wo das jeweils gesteckte Ziel erreicht ist.

Jeder der drei Wege im Buch umfaßt drei Kapitel, und zwar:

1. Weg: Zu Zahlen und Funktionen.
 - I) Natürliche Zahlen und geometrisches Rechnen.
 - II) Reelle Zahlen und stetige Funktionen.
 - III) Komplexe Zahlen und kubische Gleichungen.
2. Weg: Zu Differentialen und Integralen.
 - I) Differentiale und Ableitungen.
 - II) Integrale und elementare Funktionen.
 - III) Gleichungen und Differentialgleichungen.
3. Weg: Zur linearen Algebra und analytischen Geometrie.
 - I) Lineare Gleichungssysteme und Matrizen.
 - II) Pfeile und Vektoren.
 - III) Ebene und Raum.

Der Rezensent ist von diesem Buch deshalb besonders beeindruckt, weil es seine didaktischen Auffassungen in vielen Belangen bestätigt und rechtfertigt. Als Beispiel sei die Art der Einführung der komplexen Zahlen hervorgehoben. Am Ende jedes Kapitels werden Anwendungen und Ergänzungen mit Fragestellungen gebracht. Die Anwendungen sind lebensnah und interessant, z. T. auch auf technische Probleme ausgerichtet, was für den Lernenden von großem Nutzen ist. Die beigefügten Abbildungen ergänzen gut den Text. Die korrekte Herleitung von Taylor- und Fourierreihen kann von begabten AHS-Schülern ohne weiteres verstanden werden.

Die Logarithmen werden über das Integral eingeführt, Uneigentliche Integrale bleiben nicht unerwähnt, auf die Gammafunktion wird in einer Aufgabe kurz hingewiesen. Die Einführung in die projektive Geometrie wird stark durch Bezüge zur Anschauung unterstützt.

Auf Schritt und Tritt spürt man die lebendige eigene Unterrichtserfahrung des Autors.

Sachverzeichnis und chronologisch geordnetes Namensverzeichnis beschließen das Werk, auf dessen 2. Teil man gespannt warten darf.

Die Tendenz des Buches kommt am besten in folgendem Satz des Autors im Vorwort zum Ausdruck: „Daß der Studierende sich mit lebendigem mathematischen Denken auseinandersetzt, ist nämlich wesentlicher, als daß ihm ein nach allen Seiten abgesichertes Gerüst angeboten wird.“

Walter Kranzer

PHYSIK, ASTRONOMIE

Dr. Walter Kranzer

Kurt Wagner, Klagenfurt

Die Versorgung mit elektrischer Energie

Zur Beschreibung der sehr komplexen Vorgänge, die mit der Erzeugung, Fernleitung und Verteilung der elektrischen Energie zusammenhängen, müssen zahlreiche Hilfsmittel aus Mathematik, Physik, Elektrotechnik, aber auch aus der Wirtschaftslehre herangezogen werden. Eine auch nur einigermaßen vollständige Erörterung im Unterricht ist daher nicht möglich. Einige Aspekte, die in erster Linie als Hintergrundinformation für den Lehrer dienen sollen und die nicht in allen Lehrbüchern zu finden sind, werden im folgenden behandelt.

1. Elektrizitätserzeugung und Elektrizitätsverbrauch in Österreich

Alle Angaben sind der Bundesstatistik der Österreichischen Elektrizitätswirtschaft für das Jahr 1982 entnommen. Als Energieeinheit wird die Terawattstunde verwendet (1 TWh = 10^9 kWh). Zur Einordnung dieser Größe: Der Gesamtverbrauch der Bundesländer Wien bzw. Vorarlberg an elektrischer Energie betrug 1982 6,8 TWh bzw. 1,6 TWh.

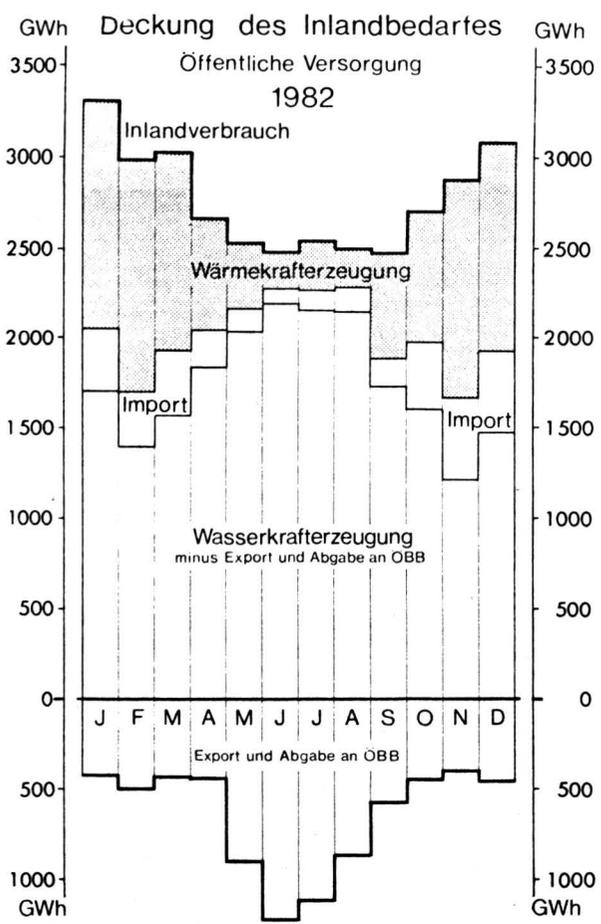
In der Tabelle sind für die letzten 60 Jahre die gesamte jährliche Erzeugung (1. Zeile), der Anteil der Wasserkraft an ihr (2. Zeile) und der Pro-Kopf-Verbrauch (3. Zeile) angegeben.

	1922	1932	1942	1952	1962	1972	1982
TWh	1,8	2,2	4,7	8,0	17,8	29,4	42,9
%	54	81	61	79	68	59	72
kWh/Person	280	290	610	1020	2200	3730	5010

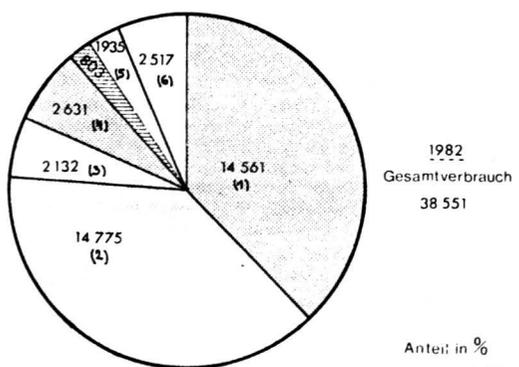
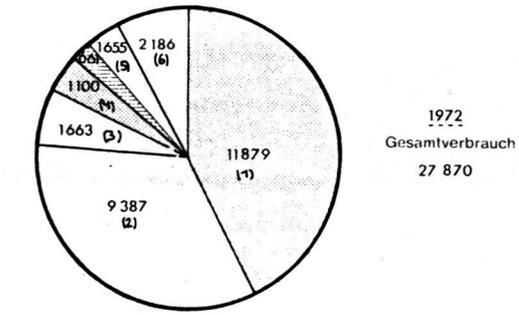
Die höchste Belastung tritt an Mittwochen auf. Am Mittwoch, dem 19. Jänner 1982 um 11 Uhr 30, betrug sie 5414 MW. Der Erzeugungskoeffizient der Wasserkraftwerke hatte in diesem Jahr den Wert 1,06. Er gibt das Verhältnis der tatsächlich gelieferten Energie zum Regelarbeitsvermögen an. Letzteres bezieht sich auf ein fiktives Jahr, dessen energiewirtschaftliche Größen aus Mittelwerten einer zusammenhängenden Reihe von Jahren bestehen. 1982 war also vom Wasserangebot her besser als das Regeljahr.

Der derzeitige Anteil der Wasserkraft von etwa 70% dürfte wirtschaftlich gesehen bereits optimal sein. Eine zuweilen propagierte Steigung auf 80% hätte den Nachteil, daß im Winter mehr Strom importiert werden müßte. Aus der Graphik „Dekung des Inlandbedarfes“ ersieht man, daß das Verhältnis Wasser- zu Wärmekraft im Laufe des Jahres stark schwankt. Zur Abdeckung der Grundlast auch in den Wintermonaten ist demnach genügend elektrische Energie aus Wärmekraft bereitzustellen.

In der Graphik „Aufgliederung des Stromverbrauches“ werden die Jahre 1972 und 1982 verglichen. Unter Tarifabnehmer sind Haushalt, Gewerbe und Landwirtschaft zu verstehen. Ihr Anteil am Gesamtverbrauch ist in den letzten 10 Jahren fast um ebensoviele (4,6%) gestiegen, wie derjenige der Industrie (4,8%) gesunken ist. Die Verluste durch Eigenverbrauch und Fernleitung sind mit etwa 7% durchaus nicht zu vernachlässigen.



Aufgliederung des Stromverbrauches
Angaben in GWh



Anteil in %		
1972	1982	
(1) Industrie	42,6	37,8
(2) Tarifabnehmer	33,7	38,3
(3) Verkehr	6,0	5,5
(4) Öffentliche Anlagen	3,9	6,9
(5) Eigenverbrauch	5,9	5,0
(6) davon Pumpspeicherung	(2,4)	(2,1)
Verluste	7,9	6,5

1 mm² = 5,0 GWh

- Die 6 größten Abnehmer aus der Industrie waren 1982 (in TWh)
- | | |
|--------------------------|-----|
| Metallerzeugung | 3,1 |
| Chemische Industrie | 2,1 |
| Papier und Zellulose | 0,8 |
| Steine u. Erden, Glas | 1,2 |
| Metallverarbeitung | 1,2 |
| Nahrungs- u. Genußmittel | 0,7 |
- Der Energieinhalt (in TWh) der 6 größten Speicher beträgt
- | | | |
|---------------|------------|------|
| Kölnbrein | Kärnten | 0,59 |
| Schlegeis | Tirol | 0,32 |
| Kaunertal | Tirol | 0,29 |
| Moserboden | Salzburg | 0,25 |
| Sellrain-Silz | Tirol | 0,24 |
| Lünersee | Vorarlberg | 0,23 |

2. Das Verbundnetz

Das österreichische Verbundnetz war im Jahre 1945 im wesentlichen ein 110-kV-Netz. Der steigende Stromverbrauch erforderte höhere Kraftwerksleistungen, für den Transport der Energie war daher der Übergang auf höhere Spannungsebenen notwendig. Heute besteht das Netz aus ca. 5700 km 110-kV-, 2000 km 220-kV- und 700 km 380-kV-Leitungen. Mit dem Ausbau des Verbundnetzes und mit dem stärker vermaschten Netzbetrieb sind auch komplizierte Schutzeinrichtungen, die jede Störung sofort erkennen und auf ein Minimum beschränken, erforderlich geworden. Für Wartung und Entstörung stehen 9 Leitungs- und Trassenerhaltungstrupps mit insgesamt 120 Fachkräften jederzeit einsatzbereit zur Verfügung. Der Kraftwerkeinsatz und die Schaltungen in den Umspannwerken erfolgen auf Veranlassung des Bundeslastverteilers in Zusammenarbeit mit den Landeslastverteilern und den Partnergesellschaften im Ausland.

Für einen reibungslosen Verbundbetrieb sind einige Forderungen zu stellen:

1. Die Summe der von allen angeschlossenen Kraftwerken produzierten Leistungen muß gleich der Summe der Verbraucherleistungen einschließlich der Verluste aller Art sein.
2. Die Frequenz muß sehr genau mit der Sollfrequenz von 50 Hz übereinstimmen.
3. Die Spannungen an den Verbrauchern müssen innerhalb enger Grenzen mit den vorgesehenen Sollspannungen übereinstimmen.
4. Da der Verbundbetrieb von verschiedenen Partnern (Landes- und Sondergesellschaften sowie ausländischen Partnern) durchgeführt wird, müssen die Übergabeleistungen genau definiert und eingehalten werden.

Am Ort des Kraftwerkes kann an zwei Stellen eingegriffen werden. Die Ventileinstellung der Turbine regelt deren Leistung, die Spannung an der Erregerwicklung des Generators beeinflusst seine Klemmenspannung. Durch Spannungsregler an jedem Generator wird dem Netz eine Spannung aufgedrückt, die nahezu den verlangten Verbraucherspannungen entspricht. Noch verbleibende Abweichungen werden an den Regulierwicklungen der Transformatoren ausgeglichen.

Alle Maschinen, die in das Netz einspeisen, müssen parallel (synchron) laufen. Parallellauf bedeutet: Die Drehzahlen der beteiligten Generatoren sind verkehrt proportional zu ihren Polzahlen. Der Synchronlauf muß nicht durch Regler erzwungen werden. Einmal synchron laufende Maschinen bleiben in diesem Zustand, weil in einer Maschine, die von der Nenndrehzahl abweicht, sofort Ausgleichsströme entstehen, die Drehmomente zur Folge haben, welche die Maschine wieder auf die richtige Drehzahl bringen. Nur wenn eine Maschine neu ans Netz geschaltet werden soll, muß sie vor dem Zuschalten mit Hilfe des Turbinenreglers synchronisiert werden.

Diese Selbstsynchronisierung funktioniert jedoch nur bei stabilem Netz. Störungen (Leitungsausfall, starke Belastungsschwankungen) lösen im Inneren der Maschine Vorgänge aus, die nur durch ein System von Differentialgleichungen 5. Ordnung beschrieben werden können.

Der Synchronlauf geht verloren, und die betroffene Maschine muß vom Netz getrennt werden.

Nun ist aber das Netz im Verbundbetrieb dauernd von Belastungsschwankungen betroffen. Alle oben genannten Forderungen lassen sich durch eine genaue Frequenz-Leistungsregelung erfüllen. Zu diesem Zweck werden einige Speicherwerke als Leit- oder Frequenzhalterwerke bestimmt. Sie geben nicht wie die übrigen Kraftwerke konstante Leistung an das Netz ab, sondern ihre Leistungsabgabe wird den jeweiligen Erfordernissen des Netzes angepaßt. Je mehr Maschinen zur Frequenzhaltung eingesetzt sind, um so mehr verteilen sich die Lastschwankungen, und jede der Maschinen hat nur kleine Regelbewegungen durchzuführen. In Österreich übernehmen die

Zemkraftwerke in Mayrhofen diese wichtige Aufgabe, weiters auch Kaprun und Malta.

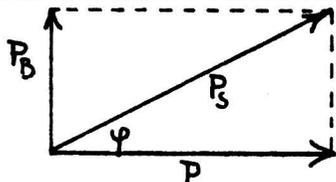
Unser Netz ist in das westeuropäische UCPT-Netz eingebunden. (Union pour la coordination de la production et du transport de l'électricité). Das hat den Vorteil, daß die Abnehmer selbst den höchst unwahrscheinlichen, gleichzeitigen Ausfall von 3 Großkraftwerken nicht bemerken würden, da die in diesem Fall in Österreich nicht mehr mögliche Frequenzhaltung sofort von den Partnerländern übernommen würde. Natürlich wird man versuchen, diesen kostspieligen Fall des nicht vertragsbedingten Strombezugs aus dem Ausland zu vermeiden.

3. Blindstromkompensation

Kapazitiver Widerstand $1/\omega C$ und induktiver Widerstand ωL des Wechselstromkreises lassen sich nach bestimmten Regeln, die die Art der Schaltung berücksichtigen, zum Blindwiderstand X zusammenfassen. Für Reihenschaltung von Kapazität und Induktivität gilt für den Blindwiderstand X und den Blindstrom I_B (Stromkomponente senkrecht zur Spannung)

$$X = \omega L - 1/\omega C, I_B = U/X,$$

wobei U der Effektivwert der Gesamtspannung ist. Dem Blindstrom entspricht eine Blindleistung P_B . Sie bildet mit der Scheinleistung P_S und der Wirkleistung P ein rechtwinkeliges Dreieck. φ ist die Phasendifferenz zwischen Strom und Spannung.



Bezeichnung	Formel	SI-Einheit
Scheinleistung	$P_S = U \cdot I$	VA
Wirkleistung	$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$	W
Blindleistung	$P_B = U \cdot I \cdot \sin\varphi$	var (Voltampere réactif)

U und I bedeuten die Effektivwerte von Spannung und Strom. Sie werden durch Volt- und Amperemeter im Wechselstromkreis gemessen. Aus ihnen errechnet sich stets die Scheinleistung.

Die Blindleistung an sich ist mit keinem Energieverbrauch verbunden, da die Energie ja in den Feldern gespeichert ist. Da die meisten Verluste im Netz $I^2 \cdot R$ -Verluste sind, ist die Blindleistung an den Verlusten beteiligt, nicht aber an der Energieabgabe an den Verbraucher. Blindströme belasten das Verbundnetz zusätzlich. Zur Senkung der Blindleistung muß der Phasenwinkel φ verkleinert werden. Dies erreicht man durch zusätzliche kapazitive Widerstände (Kondensatorbatterien), die den Blindstrom, der häufig durch Induktivitäten (Transformator, Motorwicklungen) hervorgerufen wird, teilweise kompensieren sollen. Die Blindstromkompensation erfolgt bei den Großabnehmern und teilweise auch in den Umspannwerken.

4. Stromimport und Stromexport

Für die Sicherung der Stromversorgung spielt der Austausch elektrischer Energie mit den Nachbarstaaten eine große Rolle. Manchmal wird die Meinung vertreten, daß etwa ein weiterer Ausbau der Wasserkraft nicht nötig sei, da Österreich zur Zeit mehr Strom exportiert als importiert. Die Notwendigkeit der Exporte soll erläutert werden. Mit ausländischen Partnern bestehen Tauschverträge verschiedener Art: Abtausch von Spitzenenergie gegen Grundlastenergie, Abtausch von Sommer- gegen Winterenergie (wobei eine Winter-kWh zwei Sommer-kWh gleichgesetzt wird), Lieferungen für Pumpenergie gegen daraus erzielte Erzeugung. Andere Stromlieferungsverpflichtungen entstanden bei der Finanzierung des Baues von Großkraftwerken. Schließlich sind Stromexporte auch im Rahmen des internationalen Verbundbetriebes erforderlich, der, wie beschrieben, Österreich beachtliche Vorteile hinsichtlich der Versorgungssicherheit bringt.

In Zukunft wird auch der Austausch mit den Ostblockländern intensiviert. Mit dem kohleereicheren Polen besteht ein Stromimportvertrag von 1,6 TWh jährlich, und ab 1985 beginnt ein Austauschvertrag mit der UdSSR zu laufen, durch den ein Teil unserer hydraulischen Sommerenergie in den Winter verlagert wird.

Auf Grund der geographischen und der Netzsituation bestehen in Österreich auch Durchleitungen von elektrischer Energie, d. h. von einem Anrainerland werden über unser Netz Energiemengen in ein drittes Land geliefert. Für diese Durchleitungen werden lediglich Peagen, meistens in Form von elektrischer Energie, verrechnet bzw. bezogen.

5. Die Hochspannungs-Gleichstrom-Kurzkupplung (HGÜ)

Während der Stromaustausch innerhalb des UCPT-Netzes keinerlei technische Schwierigkeiten bereitet, ist eine direkte Verknüpfung dieses Netzes mit dem COMECON-Netz der Oststaaten nicht möglich. Der Grund ist nicht ohne weiteres einzusehen, werden doch beide Netze mit der gleichen Frequenz von 50 Hz betrieben. Die E-Wirtschaft begründet so: „Die Philosophie der Netzregelung ist unterschiedlich.“ Gemeint ist etwa folgendes: Im westlichen Netz ist jedes Land angehalten, selbst sehr genau für die Frequenzhaltung zu sorgen und nur in Notfällen die Hilfe der Partner in Anspruch zu nehmen. Das östliche Netz wird großzügiger behandelt, es kommt öfters zu Abschaltungen oder gar Zusammenbrüchen. Eine Zusammenschaltung würde die Nachteile auf uns übertragen.

Für die Stromlieferung aus der CSSR nach Österreich mußte sich bisher ein bestimmtes Kraftwerk aus dem COMECON-Netz abtrennen und sich über eine grenzüberschreitende Leitung mit unserem Netz synchronisieren. Dieses System erfordert komplizierte Schaltvorgänge und ist für die nach den neuen Verträgen auszutauschenden Energiemengen nicht mehr anwendbar. Daher entschloß sich Österreich zum Bau der HGÜ, die in Dürnröhr (NÖ.) mit einem Kostenaufwand von 1,2 Milliarden Schilling errichtet und am 1. September 1983 in Betrieb genommen wurde. Der ankommende Wechselstrom wird gleichgerichtet und nach ganz kurzer Wegstrecke (Kurzkupplung) wieder in Wechselstrom umgewandelt. Dadurch erzielt man eine „Frequenzelastizität“, die den Stromtransport in beiden Richtungen unabhängig von den beiden im Augenblick herrschenden effektiven Netzfrequenzen ermöglicht. Die Verbindung mit dem COMECON-Netz besorgt eine neu errichtete 420-kV-Leitung von Slavetice (CSSR) nach Dürnröhr. Auf österreichischer Seite ist die HGÜ direkt in die 420-kV-Sammelschiene des Umspannwerkes Dürnröhr eingebunden.

Die Gleich- bzw. Wechselrichtung in der HGÜ erfolgt über 1056 Thyristoren (Durchmesser 10 cm, Sperrspannung 4,2 kV).*) Die Nennleistung der HGÜ beträgt 550 MW, davon sind 150 MW für die Beteiligung der Schweiz reserviert. Auf der Gleichstromseite wird diese Leistung durch einen Strom von 3790 A bei einer Spannung von 145 kV erzielt. Die auftretende Blindleistung beträgt nicht weniger als 306 Mvar, sie wird durch Filter und Kondensatorbatterie kompensiert. Die Anlage kann in Zukunft durch einen 1000-MW-Block erweitert werden.

*) Der Aufbau beider Seiten ist völlig symmetrisch, so daß ein Wechsel der Transportrichtung jederzeit erfolgen kann.

Warum eine neue Meterdefinition

Im Bestreben, ein einheitliches Maßsystem einzuführen, dessen Einheiten durch unveränderliche Objekte in der Natur definiert und so jederzeit reproduzierbar sind, wurde (nachdem schon Chr. Huygens 1644 dafür die Länge des Sekundenpendels vorgeschlagen hatte, was an der Ungleichmäßigkeit des irdischen Schwerfeldes scheiterte) von Talleyrand 1791 in Paris zu diesem Zweck eine Konferenz in Paris einberufen, welche den zehnmillionsten Teil des durch die Pariser Sternwarte gehenden Erdmeridianquadranten als Längeneinheit ins Auge faßte. Obwohl die damals stattfindende Vermessung des Erdmeridians zwischen Dünkirchen und Barcelona erst 1798 abgeschlossen war, setzte man (wegen der durch die französische Revolution bedingten Wirren) schon im Jahre 1795 das Meter in der oben genannten Weise fest. Ein Jahr später war der Meterprototyp aus Platin (bei 0° C: 25 mm breit, 4 mm dick, 1 m lang) als Endmaßstab hergestellt und in Paris zur Aufbewahrung deponiert worden. Das ist das sogenannte **Meter der Archive**.

Im Jahre 1875 beschlossen mehrere Staaten die **Meterkonvention**. Im Jahre 1889 war daraufhin das international anerkannte **Urmeter** hergestellt, das seither in Sèvres bei Paris aufbewahrt wird. Das Urmeter ist eine Pt-Ir-Legierung, hat x-förmigen Querschnitt, ist kein Endmaßstab (um mögliche Abriebe der Endflächen zu vermeiden) und durch alle erdenklichen Maßnahmen gegen mechanische, thermische sowie chemische Veränderung geschützt. Die Endmarken sind eingeritzt, ihre Breite gab in der Mitte unseres Jahrhunderts den Ausschlag, nach einer besseren Definition zu suchen.

Bei der genaueren Erdvermessung durch F. W. Bessel ergab sich ein etwas anderer Wert für die Länge des Erdmeridianquadranten (auch erkannte man langsam, daß der Erdkörper nicht drehsymmetrische Gestaltung besitzt), womit die ursprüngliche

che, im Urmeter festgehaltene Meterdefinition unhaltbar (wohl aber als großer Anschauungshinweis nützlich) geworden war.

Um nicht alle paar Jahre das Meter wegen der fortschreitenden Exaktifizierung neu definieren zu müssen, einigten sich die Gelehrten, die Längeneinheit faktisch durch das Urmeter verbindlich festzulegen, ohne den Erdmeridian zu erwähnen.

Die Verfeinerung der Meßmethoden und -geräte zusammen mit den aus theoretischen und praktischen Gründen höher und höher geschraubten Genauigkeitsansprüchen erzwingen in den fünfziger Jahren unseres Jahrhunderts die Revision der Meterdefinition. Die Meßungengenauigkeit des Urmeters von $1/7$ Mikrometer war für die akut gewordenen Bedürfnisse zu grob. Aus diesem Grunde definierte man im Jahre 1960 das Meter als das $1\,650\,763,73$ fache der Vakuumwellenlänge der orangefarbenen Spektrallinie, die das Isotop ^{86}Kr nach elektrischer Anregung beim Quantenübergang $5d^5-2p^{10}$ emittiert.

Während die Meterdefinition von 1875 volle 85 Jahre gehalten hatte, kam die Definition des Jahres 1960 schon nach zwei Jahrzehnten ins Wanken. Zwar gibt der Laser eine Lichtquelle höchster, aber doch nicht absoluter Stabilität ab. D. h. es ist damit zu rechnen, daß das, was heute als die stabilste Laserfrequenz angesehen wird, morgen durch eine bessere und übermorgen durch eine noch bessere ersetzt werden kann, was jedesmal die Neudefinition des Meters erfordern würde. Zudem sind die Präzisionsansprüche der Astrophysiker (10^{-12} des Meßwertes!) mit der 1960er Definition nicht zu erfüllen. Also sieht man sich schon 23 Jahre nach der zweiten Definition (Wellenlängen-Definition) zu einer abermaligen Revision genötigt.

Sie wurde der im Oktober 1983 stattgehabten **Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM)** durch das **Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM)** vorgeschlagen. Die Recommendation M 1, 1982, lautete (die authentische Fassung muß in französischer Sprache abgefaßt sein):

„Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de $1/299\,792\,485$ de seconde.“

Der wesentliche Unterschied gegenüber der Fassung von 1960 besteht darin, daß man nicht mehr auf eine bestimmte Laserstrahlung angewiesen ist, sondern mit Hilfe eines Lasers die **definierte Länge zu verwirklichen** hat! Je leistungsfähiger die Laser, desto genauer wird man, ausgehend von der unveränderlichen Lichtgeschwindigkeit, die vorgeschriebene Länge herstellen bzw. messen können. Eine Kette ständiger Neudefinitionen ist dadurch nicht mehr nötig! Das ist ein großer Fortschritt, der die Neuformulierung nach kaum zwei Dutzend Jahren rechtfertigt.

In deutscher Sprache lautet die Definition:

„Das Meter ist die Länge der Strecke, die das Licht im Vakuum während der Dauer einer $1/299\,792\,485$ Sekunde zurücklegt.“

Es ist wert, aufzuzeigen, welche Überlegungen im Lichte der heutigen Physik im Hinblick auf die jüngste Meterdefinition anzustellen sind. Nur so erhält man einen Begriff von der dzt. erreichten außerordentlichen Strenge der Wissenschaft Physik!

Als erstes fällt in der neuen Definition das Wort „Licht“ anstelle des Ausdrucks „elektromagnetische Strahlung“ auf. Mit „Licht“ ist der Wellenlängenbereich von 400 bis 700 nm gemeint, in Zukunft vielleicht Laserlicht schlechthin, das sich von Frequenzen 0,8 THz ($\lambda = 0,375$ mm) bis zu den Röntgenwellenlängen erstrecken könnte. (Viele Laser geben ja schon seit jeher Infrarot-Strahlung ab.)

Die Wendung „elektromagnetische Strahlung“ wurde wegen zweier potentiell störender Möglichkeiten eliminiert.

a) Noch weiß niemand, ob Photonen tatsächlich die Ruhmasse Null haben. Die derzeit angebbare Obergrenze für die Ruhmasse beträgt ca. $1,8 \cdot 10^{-51}$ kg, was dem Massenäquivalent eines 0,25-Hz-Quants entspricht. (Um Mißverständnisse zu vermeiden: Die Ruhmasse hat nichts mit der Frequenz, also der Photonenergie, zu tun, der Vergleich dient nur der Veranschaulichung!) Wären $1,8 \cdot 10^{-51}$ kg das Massenäquivalent der Photonenergie $h \cdot \nu$ gemäß $h\nu/c^2$, dann betrüge die Frequenz ν lediglich 0,25 Hz, was dem λ -Wert **1,2 Mio. km** entspricht! Derartig geringfügige Strahlungsquanten entstehen im H-Atom beim Übergang vom Quantenzustand $n = 445$ in $n - 1 = 444$. In diesem Zustand beträgt die wahrscheinlichste Distanz des Elektrons vom H-Kern, dem Proton, das 445^2 fache des Bohrradius $5,29 \cdot 10^{-11}$ m, d. s. etwa 0,01 mm, die Länge einer ansehnlichen Bakterie. Atome von so großer Ausdehnung heißen **Rydberg-Atome**. (Was die Möglichkeit einer endlichen Ruhmasse des Photons betrifft, so ist Näheres in der Nr. 57, Sept. 1981, der Wiss. Nachr. auf Seite 41, „Eine erregende Vision“, nachzulesen.) Bei elektromagnetischer Strahlung von nur einigen Mikrohertz könnte die allfällige Ruhmasse des Photons Di-

spersionseffekte hervorrufen und damit die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Strahlung beeinflussen.

b) Was die extrem hohen Frequenzen betrifft, also die harte Gamma-Strahlung, so ist damit zu rechnen, daß sich vielleicht eines Tages **Raum und Zeit als gequantelt** herausstellen könnten. Auch das würde das Spiel verderben. Kritisch wird diese Sache, wenn die Wellenlänge auf die **Planck-Wheeler-Länge**

$$(G \cdot h/2\pi \cdot c^3)^{1/2} \approx 10^{-35} \text{ m}$$

und die Wellenzahl $k = 1/\lambda$ auf die **Planck-Zeit**

$$(G \cdot h/2\pi \cdot c^5)^{1/2} \approx 10^{-43} \text{ s}$$

schrumpfen. Werden Genauigkeiten von 10^{-14} angestrebt, dann ist, eben aus den vorgebrachten Gründen, das Wort „Licht“ in der Meterdefinition der bessere Ausdruck, der automatisch Extremsituationen ausschließt. (Wieder zur Veranschaulichung: 10^{-14} -Genauigkeit bedeutet für Längen der Größenordnung des Abstands Erde-Mond einen Fehler von weniger als 4 Mikrometern!)

Die nächsten kritischen Gedanken knüpfen sich an das Wort **„Vakuum“**. Wird damit nur die Abwesenheit von Atomen im Lichtweg verstanden, so genügt diese Auffassung modernen Ansprüchen nicht mehr. Da ist einmal die lokale Verringerung der Lichtgeschwindigkeit in Schwerfeldern – gefordert von der Relativitätstheorie, bestätigt durch die Laufzeitmessungen von Shapiro an Radarechos von der Venus, die knapp an der zwischen Erde und Venus befindlichen Sonne vorbeilaufen –, die ein Unsicherheitselement darstellen. Existiert etwa eine große Masse (z. B. ein Schwarzes Loch) in der Nähe eines sonst atomfreien Lichtweges, so wird dadurch die Lichtlaufzeit größer. Ähnliche Wirkungen könnten die im Lichtweg von nahen Kernexplosionen (z. B. Supernovaausbrüchen) aufgebauten starken elektromagnetischen Felder ausüben.

Schließlich krümmen Schwerfelder die Raum-Zeit, also auch den Lichtweg, so daß der Begriff „geradlinig“ in Frage gestellt ist. Wenn aber Photonen mit etwaiger endlicher Ruhmasse den Raum erfüllen, ist dieser nicht mehr als leer anzusehen (z. B. Photonen der kosmischen 2,7-K-Hintergrundstrahlung).

Das alles bedeutet, daß vom „Vakuum“ derzeit noch nicht exakt gesprochen werden kann. Die beste Interpretation ist die Identifizierung des **Vakuums** mit dem **leeren intergalaktischen Raum**, im Englischen **„free space“** genannt. Leider gibt es im Französischen nur das Wort **„vide“**, aber keine verbale Unterscheidung von Vakuum und free space.

Einwände gegen den Ausdruck **„Zeitintervall“** sind ebenfalls in relativistischer Sicht vorzubringen. Die Schwierigkeit besteht in der fehlerlosen Übertragung einer Uhr von einem zum anderen Ende des Lichtweges. Zum Glück ist das aber eine Frage der Realisierung und nicht der Definition, so daß der Einwand unerheblich wird. Anders liegt die Sache, wenn es um den Durchlaufungssinn des Lichtes entlang dem Weg geht. Am besten ist es, den Mittelwert der Hin- und der Her-Laufzeit zu nehmen. Andere relativistische Einflüsse auf den Zeitablauf werden durch die Deutung des Wortes „Sekunde“ als **„lokale Sekunde“** abgefangen. Unter der Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes ist stets die **Gruppen-, nicht die Phasengeschwindigkeit** zu verstehen. Das macht die Berücksichtigung der Krümmung der Wellenfront (z. B. Kugel- oder Planwelle) überflüssig.

Ein Stein des Anstoßes ist die schreckliche **Zahl $1/299\,792\,485$** in der Definition. Nicht aus physikalischen, sondern aus emotionalen, aber auch aus praktischen Gründen. Die meisten Taschenrechner liefern nur 8 Stellen. Das muß aber hingenommen werden. Unser Einheitensystem ist derart fest verwurzelt, daß eine Änderung ausgeschlossen ist, z. B. das Festlegen der Maßzahlen von h , c mit 1.

LITERATUR:

Nature, 2. 6. 1983, S. 373, B. W. Petley, New Definition of the Metre.

Quantenhaftes Verdunsten

Schon im Jahre 1912 erkannten die Forscher Peter J. W. Debye, Max Born und Theodor v. Kármán, daß die Übertragung von Wärmeenergie durch Festkörper und Flüssigkeiten quantenhaft erfolgt. Im klassischen Bild sind es Stoßwellen, die das besorgen. Aber ebenso wie die elektromagnetischen Wellen ihre Energie in individuellen **Photonen** realisieren, sind die Energieträger elastischer Wellen in festen und flüssigen Medien individuelle **Phononen**. Der Vorstellung der Photonen als Lichtteilchen entspricht die Vorstellung der Phononen als „Schallteilchen“

In weiterer Analogie zum **photoelektrischen Effekt** müßte es auch einen **phonoelektrischen Effekt** geben. Danach wären Phononen für den Austritt von Atomen aus den Oberflächen fester oder flüssiger Stoffe maßgeblich. Das Atom tritt aus, sobald die Energie des einfallenden Phonons die Ablösearbeit des Atoms aus dem Verband der es umgebenden Partikeln erreicht oder übertrifft.

Die Physiker M. J. Baird, F. R. Hope, A. F. G. Wyatt der Univ. Exeter, Großbritannien, konnten nun diesen Gedankengang im Experiment als richtig nachweisen, indem sie die Ablösung einzelner Atome aus flüssigem ${}^4\text{He}$ beobachteten.

Das Unternehmen war deshalb so schwierig, weil Phononen in den beiden Phasen verschiedener Stoffe nur eine sehr kurze freie Weglänge besitzen. Die freie Weglänge nimmt mit der Phononenergie sehr rasch ab. Erregt man in der Probe nahe ihrer Oberfläche ein Phonon, so erreicht es meist gar nicht die Oberfläche, um ein Einzelatom aus der Oberfläche zu reißen.

Zum Glück ist aber die mittlere freie Weglänge in flüssigem ${}^4\text{He}$ ziemlich groß, falls die Phononenergie (also die Schallfrequenz $E = h \cdot f$) über einem kritische Wert liegt, der bei ${}^4\text{He}$ größer als die Ablösearbeit eines Atoms aus dem flüssigen Verband ist.

Die drei Exeter Physiker gingen nun so vor: Sie brachten einen Wärmepulsgeber in genügend kleinem Abstand zur Oberfläche in flüssiges ${}^4\text{He}$ und kühlten alles auf 0,1 K ab. Die Wärmequelle war mit einem Bolometer außerhalb der Flüssigkeit starr verbunden. Die Anordnung konnte mit einer Art Wägelchen senkrecht zur Oberfläche verschoben werden. Das Bolometer fungierte als Detektor für einzeln eintreffende He-Atome. Es wurde für zahlreiche unterschiedliche Einstellungen der Lage des Systems Wärmegeber-Bolometer relativ zur Oberfläche die Zeit zwischen der Abgabe des Wärmepulses (Phonons) und der Ankunft des von ihm abgelösten Atoms im Bolometer gemessen.

Natürlich erzeugt der Pulsgeber mehrere Phononen sehr verschiedener Frequenzen. Aber ihre Geschwindigkeiten im ${}^4\text{He}$ sind proportional zu ihren Frequenzen. Die energieschwachen Phononen gelangen also — sofern sie nicht schon früher gestreut werden — an die Oberfläche, sind aber zu energiearm, um Atome wegschleudern zu können. Phononen mit überkritischer Frequenz (d. i. Energie) lösen ein Atom ab, das nach kurzer Flugzeit vom Bolometer registriert wird. Je höher die Phononenergie, desto kürzer die Laufzeit des Atoms von der Oberfläche zum Bolometer.

Aus den Minimallaufzeiten in Verbindung mit den verschiedenen Positionen von Erhitzer und Bolometer relativ zur He-Oberfläche ergaben sich Werte, die genau mit der theoretischen Prognose im Sinne quantenhaften Verdunstens übereinstimmen.

Die Publikation des Forschungsteams endete mit den Worten:

„Flüssiges ${}^4\text{He}$ ist demnach die erste Flüssigkeit, bei der wir die Verdunstung auf atomistischer Grundlage verstehen.“

LITERATUR:

Scient. Am., Oktober 1983, S. 68, Quantum Evaporation.

Neuer Aspekt in der Kernphysik?

Hinter dem bescheidenen Titel „Vergleich von Nukleon-Strukturfunktionen bei Deuterium und Eisen“ eines Vortrages bei der Frühjahrstagung 1983 der DPG in Wuppertal verbirgt sich ein Sachverhalt, der die Forschungsrichtung in der Kernphysik in neue Bahnen lenken könnte. Es wurde nämlich über experimentelle Ergebnisse von am SPS (Superprotonensynchrotron) des CERN seitens der EMC (Europ. Myon Collaboration) angestellten Untersuchungen berichtet, die nachdenklich stimmen.

Gegenstand der Versuche war die Streuung von Elektronen (e^-) an Nukleonen (N, d. s. Protonen p und Neutronen n), aus der die Strukturfunktion $F(x)$ von N ableitbar ist. Man stellte fest, daß $F(x)$ nicht separat von jeder der Variablen E (Energie) und P (Impuls) abhängt, sondern nur vom Verhältnis x , in dem der von N auf „seine“ Quarks übertragene Impuls P_q zum Gesamtimpuls des Nukleons steht:

$$0 \leq x = P_q/P_N \leq 1.$$

Diese Versuche gaben auch Aufschluß über die Impulsverteilung unter den das Nukleon konstituierenden Quarks ($p = uud, n = udd$). Man kam dabei zur Überzeugung, daß zwischen „Valenz-Quarks“ und „See-Quarks“ zu unterscheiden ist. Jedes N baut sich aus drei Quarks auf, deren Quantenzahlen die Quantenzahlen des N bestimmen. Das sind die Valenz-

Quarks. Zu ihnen kommen noch die zahlreichen See-Quarks, deren Quantenzahlen jedoch einander neutralisieren, so daß sie diesbezüglich nicht in Erscheinung treten.

Bei großem Impulsübertrag P_q auf die Quarks, also bei großem x , spielen die See-Quarks nur eine untergeordnete Rolle, ihr x -Wert ist kleiner als 0,2. Im Verlaufe der EMC-Arbeiten mußte die bis dahin geltende Ansicht revidiert werden, daß Nukleonen stets denselben Gehalt an Quarks besitzen, wenn e und μ hoher Energie auf sie treffen. Das Indiz: Die Strukturfunktion der Nukleonen im Atomkern von Eisen ist anders als das $F(x)$ der Nukleonen in Deuterium. In Eisen herrscht bei kleinem x Quarküberschuß, bei großem x jedoch Quarkmangel!

Das legt die Deutung nahe, daß die Quarks in den Nukleonen doch nicht so streng konfiniert sind (infrared slavery), wie es den Anschein hatte. Vielmehr dürften die „Wände“ (man verzeihe den unpassenden Ausdruck, dem Autor fällt kein besserer ein!) des Nukleons doch gegenüber den Quarks eine gewisse Durchlässigkeit aufweisen, sobald die Kernbausteine einander sehr nahe kommen. Nach Überschreiten der Nukleonen-„Wände“ könnten größere Bereiche von Quarkmaterie entstehen, z. B. „Trauben“ von 6 oder 12 Quarks. Die Quarkverteilung in isolierten Nukleonen ist danach von jener in den dicht gepackten Nukleonen der massiveren Atomkerne verschieden. Man könnte sagen, die massiveren Atomkerne zeigen „Weiße Bezirke“ hinsichtlich der Quarkverteilung.

Sollten sich diese Ansätze eines neuen Gesichtspunktes bestätigen (seitens einer Gruppe von US-Physikern ist das schon geschehen), dann darf mit einem frischen Fahrtwind in der Kernphysik gerechnet werden, die Implikationen wären unabsehbar!

LITERATUR:

Umschau i. W. u. T., 5. 8. 1983, S. 458, D. Rein, Schlüssel zu einer neuen Kernphysik?

C³-Laser gut für Glasfaseroptik

Die Güte der Signalübertragung mittels Laserpulsen entlang von Glasfasern (Glas ist in sehr allgemeinem Sinne aufzufassen) hängt von der Durchsichtigkeit des Fasermaterials ab, aber auch von der im Medium erfolgenden Streuung des Laserlichtes. Bei Quarzfasern sind beide Forderungen nicht unter einen Hut zu bringen gewesen. Die Transparenz von Quarz ist für 1,55- μm -IR-Licht am besten, aber die Streuung dieser Wellen ist zu hoch, um Übertragungen über weite Strecken ohne sehr viele Zwischenverstärker möglich zu machen. Die starke Streuung ist eine Folge der spektralen Weite des emittierten Laserlichtes, m. a. W., es ist für die Zwecke der Nachrichtenübertragung nicht genügend monochromatisch. Wohl herrschen andererseits gute spektrale Bedingungen für 1,3- μm -Licht, aber dafür ist wieder Quarz zu wenig durchsichtig.

Won-Tien Tsang, Ralph Logan und Anders Olsson haben nun in den Bell Labs einen Laser entwickelt, mit dem Signale über ein 104 km langes Quarzfasersystem ohne Zwischenverstärker übertragen werden können. Der Kurzname des Gerätes lautet **C³-Laser**.

Zwei etwas unterschiedlich lange quaderförmige Halbleiter (Länge der Seitenkanten 136 μm bzw. 121 μm) liegen mit parallelen Endflächen nebeneinander, getrennt nur durch einen 5 μm weiten Hohlraum. Die Quader sitzen zwecks guter Wärmeableitung auf einem Kupferblock.

Jeder Quader enthält einen 136 bzw. 121 μm langen Streifen von GaInAsP als aktivem Material. Die Streifen sind längs einer Geraden angeordnet, die auf den parallelen Endflächen senkrecht steht. Jeder der beiden Quader wirkt als Halbleiter-Diode (D_1, D_2). Durch Hin- und Herreflektieren der Strahlung im Hohlraum werden die etwa 6 Frequenzen mit Ausnahme einer einzigen eliminiert, deren spektrale Weite kleiner als 0,1 nm ist. Das macht die Streuung für Übertragungszwecke bedeutungslos. Außerdem beträgt die erhalten gebliebene Frequenz 1,55 μm , ist also der optimalen Quarztransparenz angepaßt.

Im Zuge der praktischen Erprobung des C³-Lasers in den Bell Labs wurden über die schon genannte Distanz von 104 km pro Sekunde 10^9 bits übertragen, und zwar ohne Zwischenverstärkung! Die Fehlerquote war 1 unter 10^9 Signalen. Das heißt, man könnte die gesamte Encyclopedia Britannica in einer halben Stunde übertragen!

Die binär übermittelte Information erfolgt mittels Amplitudenmodulation der Pulse. Der Null entspricht eine kleine, der Eins eine große Pulsamplitude.

Die beiden Halbleiterquader entstehen durch Spaltung des Ausgangskristalls längs einer Gitterebene. Glücklicherweise

muß die Differenz der verschieden langen Kanten der Spaltstücke nicht allzu genau eingehalten werden, wie man anfänglich befürchtete. Das ermöglicht die Massenproduktion des C³-Lasers.

Die unterschiedliche Kantenlänge bewirkt die Aussonderung aus den entstehenden Frequenzen beim Hin- und Herreflektieren zwischen den parallelen Endflächen von D₁, D₂, so daß nur eine einzige Frequenz erhalten bleibt. Es ist jene, für welche die Diodenlängen ganzzahlige Vielfache der halben Wellenlänge sind.

Eine weitere grundlegende Eigenschaft der C³-Technik ist die Möglichkeit, D₁ und D₂ unabhängig voneinander durch die Wahl der Injektionsströme und damit der Laserfrequenz zu beeinflussen. Die neue Technik verspricht, weitverbreitete Anwendung zu finden.

LITERATUR:

Phys. Today, Okt. 1983, S. 20, BMS, Novel Laser for Fibre-Optic Communication.

Erst nur eine Vision: Neutrinos „durchleuchten“ die Erde Das Geotron

Je länger man die Naturschätze der Erde ausbeutet, desto magerer werden die Konzentrationen in den Lagerstätten oder erschöpfen sich gänzlich. Die Aufschließungstechniken haben schon aus diesem Grunde einen hohen Grad der Leistungsfähigkeit erreicht. Außerdem gehen die Bemühungen unentwegt weiter, neue Depots von Rohstoffen in der Erde zu finden. Erdöl und Erdgas stehen da an einer sehr vorderen Stelle der Wunschliste.

Vier namhafte Physiker, nämlich A. de Rújula (CERN), Sh. Glashow (Harvard, Nobelpreisträger), R. R. Wilson (Columbia) und G. Charpak (CERN) haben in veränderter Form eine Idee aufgegriffen, die der Nobelpreisträger Alvarez vor etlichen Jahren entwickelt und in die Tat umgesetzt hatte. Er wollte mit Hilfe von Myonen, den Zerfallsprodukten der sekundären kosmischen Strahlung, die in der Hochatmosphäre entstehen, die Große Pyramide „durchleuchten“, um vielleicht vorhandene, noch unentdeckte Grabkammern zu entdecken. (Das Unternehmen wurde infolge des 6-Tage-Krieges Israel–Ägypten abgebrochen, später wieder aufgenommen, leider ohne fruchtig zu werden.) Je nachdem, wieviel feste Materie die aus der Höhe kommenden Myonen durchqueren, zeigen die Detektoren unterschiedliche Ankunftsdaten an. Sie verraten so die Existenz allfälliger Hohlräume.

De Rújula war der erste unter den oben genannten Physiker, der überlegte, ob ein ähnliches – natürlich entsprechend modifiziertes – Experiment nicht auch mit Neutrinos bei anderen, viel größeren Objekten angestellt werden könnte. Diese müßten wegen der außerordentlichen Kollisionsunlust der Neutrinos statt einer Pyramide Partien des Erdkörpers oder die ganze Erde sein. Das heißt, auf solche Weise eröffnet sich die Chance, das Erdinnere gründlich zu erforschen!

Eine Neutrinoquelle an irgendeinem Punkt der Erdoberfläche, die den Teilchenstrahl ins Erdinnere lenkt, und ein Detektor am Strahlaustrittsort wären in der Lage – falls die Quelle beliebig verschiebbar ist – nicht nur Dichteprofile der Erde zu liefern, sie könnten auch Vorkommen von Erdöl, Erdgas sowie von Erzadern aufspindig machen. De Rújula überzeugte die drei anderen Forscher von der Seriosität seines Vorschlages. Tatsächlich publizierte Harvard im März 1983 den 113 Seiten langen preprint HUTP-83/AO19, der das Verfahren erläuterte.

Bekanntlich nimmt der an sich winzige Wirkungsquerschnitt von Neutrinos für Reaktionen mit Materie zu, wenn die Neutrinoenergie steigt. (Ein Neutrinostrahl, hervorgegangen aus spontanen Kernzerfällen, müßte einen 100 Lichtjahre dicken Bleischild durchlaufen, damit er darin zu 50% absorbiert werde!) Für die Tomographie der Erde im gedachten Sinn wären TeV-Neutrinos geeignet, weil deren Reichweite in Materie weder viel größer noch viel kleiner als der Erddurchmesser ist. Rújula denkt an den Bau eines Synchrotrons, das Protonen auf 10 bis 20 TeV beschleunigt. Der Radius des Umlaufkanals für die Protonen wäre mit 6 bis 12 km zu veranschlagen. Das von ihm Geotron genannte Gerät sollte sich schwimmend im Meer befinden, damit es an verschiedenen Orten der Meeresoberfläche durch bloßes Verschieben zum Einsatz kommen kann.

Der Protonenstrahl hat ein Target zu treffen, aus dem er sekundär Pionen und/oder Kaonen stark gebündelt entstehen läßt. Diese laufen durch den Zerfallstunnel, in dem sie auch disintegrieren. Unter ihren Zerfallsprodukten befinden sich Neutrinos, die – wie ihre „Eltern“ – scharf gebündelt die Anlage verlassen und längs einer Sehne (die auch der Erddurchmesser sein darf) das Erdinnere durchqueren. Das Teilsystem, bestehend aus dem Protonentransport, dem Target und dem Zerfallstunnel, erhielt die Bezeichnung Snout.

Ein schwieriges Problem stellt sich bei der Strahlstabilisierung auf einer schwimmenden Anlage. Jede der bestehenden Beschleunigungsanlagen ruht auf soliden Fundamenten, die sogar Einrichtungen zum Abfangen von Mikroeben und des Gezeitenhubes der Erdkruste besitzen. Das geht bei schwimmenden Anlagen nicht, an die Stelle der starren Verankerung hat die viel schwierigere elektronische Selbstkorrektur der Strahlführung zu treten. (Die Magnetgeometrie erfordert Genauigkeiten von 0,1 mm auf Distanzen von Hunderten Metern!) Die Wellenbewegung des gerätetragenden Meeres hat einen Gang von Sekunden, während die fast mit Lichtgeschwindigkeit dahinfliegenden Neutrinos binnen Millisekunden die Erde durchlaufen. In dieser Hinsicht droht also keine große Gefahr.

Als Aufstellungsort denkt man an die Umgebung von Tahiti. Bauzeit und Kosten werden auf 3 Jahre bzw. auf 2 Mrd. Dollar geschätzt. Vielleicht findet man sogar mit 1 Mrd. Dollar das Auslangen, wenn man die Windungen der supraleitenden Spulen nicht wie am Fermi Lab. aus einer Nb-Ti-Legierung, sondern aus einer Nb-Sn-Legierung herstellt. Da könnte die Feldflußdichte von 5 Tesla am FNAL auf 7,5 T steigen.

Welche Signale gehen nun von Neutrinoskollisionen mit den Atomkernen aus? Die unmittelbare Folge des Zusammenstoßes ist die Emission eines Schauers geladener Partikel, der sich in der Flugrichtung der Neutrinos weiterbewegt und das von ihnen getroffene Medium ionisiert. Sogar neutrale Pionen sind dessen fähig. Infolge der engen Strahlbündelung entsteht ein Geräusch, das von akustischen Detektoren wahrgenommen wird. Jedes aus dem Snout fliegende Neutrino dürfte pro cm an die 100 Wechselwirkungen ausüben. Das Schallsignal hätte (nach Rújula) die Stärke von einigen 10⁻¹⁰ N/cm², falls ein 200-TeV-Geotron zur Verfügung stünde. Die Tonfrequenz läge zwischen 1 Hz und mehreren 100 Hz. Das Verhältnis Signal zu Rauschen dürfte 10⁻³ bis 10⁻⁵ sein.

Aus den Laufzeiten der akustischen Signale ergeben sich Informationen über das durchlaufene Material, dessen Beschaffenheit über die Schallgeschwindigkeit entscheidet.

Schwierig ist die Strahlumlenkung, sie soll ja bei der Lagerstättenuche unter keinem allzu großen Winkel in die Erdkruste eindringen. Wünscht man beispielsweise, daß der Strahl maximal nur 6 km tief in die Erdkruste eindringt, dann ist die Distanz Geotron–Detektor mit 280 km zu bemessen. Läuft der Strahl durch den Erdmittelpunkt, dann durchquert er 10⁷ kg Materie, wodurch die Strahlintensität lediglich um ein paar Prozent abnimmt.

Natürlich ist das alles Zukunftsmusik, aber, wie die jüngste Geschichte der Hochenergiephysik lehrt, es folgen auf die kühnsten Denkanstöße meist rasch die verwirklichenden Taten!

Überflüssig herauszustreichen, welche enorme wirtschaftliche Bedeutung die Realisierung der gegenständlichen Gedanken haben könnte. Zugleich ist das eine schlagkräftige Antwort auf die skeptische Frage, wozu denn die teure Hochenergiephysik überhaupt gut wäre.

LITERATUR:

Phys. Today, August 1983, S. 20, GBL, Less Elusive Neutrinos to Look for Oil and Gas Deposites.

Marskrater, Zeugen vergangener Ereignisse

Meteoriten, die unter Einfallswinkeln von weniger als 85° die feste Oberfläche eines Planeten oder eines Mondes treffen, erzeugen kreisförmige oder nahezu zirkuläre Krater. Ist jedoch das letzte Bahnstück vor der Kollision um weniger als 5° gegen den Grund geneigt („streifender“ Einfall), dann hat der Krater eine deutlich elliptische Form, wobei die große Achse in der Einfallsebene liegt. Das ergaben ausgedehnte Laborversuche.

Während der Trümmerauswurf bei zirkulärem Krater eine einigermaßen dreh-symmetrisch um die Impaktstelle verteilt ist, gleicht die Verteilung des liegengebliebenen Gesteins bei streifendem Einfall, grob gesprochen, den Flügeln eines Schmetterlings, dessen Leib die große Achse simuliert. Auch das ist experimentell erwiesen.

In der Frühzeit des Sonnensystems schwirrten mehr und größere Gesteinsbrocken um die Sonne als heute. Die Planeten wirkten als gravitative „Staubsauger“ und fegten den Planetenraum mit der Zeit immer leerer, ohne allerdings mit dieser Tätigkeit bis heute fertig geworden zu sein.

Diese Entwicklung läßt sich aus der statistischen Analyse der Krateralter ablesen. Je älter ein Krater ist, desto narbenreicher erscheint sein Randwall, sei es infolge der darauf von späteren Meteoriten erzeugten sekundären Krater, sei es durch Spuren thermisch bedingter Veränderungen, hervorgerufen von den

starken Temperaturunterschieden zwischen Tag und Nacht, falls keine nennenswerte Gashülle das hindert, die aber andererseits erodierenden Staub wirken läßt.

Der Erdmond und der Planet Mars sind daher gut geeignete Forschungsobjekte. Die Krater werden nach ihrem geschätzten Alter in Altersklassen eingeordnet. Da zeigt sich, daß die Kraterdichte auf der Oberfläche des getroffenen Himmelskörpers mit dem Alter zunimmt.

Die Kraterstatistik ermöglicht auch Aussagen über die Wahrscheinlichkeitsdichte in der Verteilung der Einfallsrichtungen sowie über die Wahrscheinlichkeit streifender Impakte. Nach den Laborbefunden beträgt die Wahrscheinlichkeit streifenden Einfalls nur 0,007. Was unseren Mond betrifft, so stimmen Wirklichkeit und Theorie gut überein. Auf den Maria (den erstarren Lavaseen) ist nur ein einziger elliptischer Krater vorhanden, der länger als 3 km ist.

Ganz anders beim Mars. Dort sind ca. zehnmals mehr elliptische Krater vorhanden als theoretisch auftreten dürften.

Man teilte 176 dieser Krater, wie gesagt, in Altersklassen ein und konnte der weiteren Untersuchung interessante, aufschlußreiche Informationen entnehmen.

a) Die Mittelpunkte der Hauptachsen der Krater einer Altersklasse liegen ungefähr auf einem Großkreis der Marsoberfläche, sie sind dazu ungefähr wie Tangenten orientiert.

b) Je jünger die Krater der jeweiligen Altersklasse sind, desto kleiner ist der Winkel zwischen dem zugehörigen Großkreis und dem Marsäquator.

M. a. W., die Hauptachsenrichtung drehte mit der Zeit von der eher nord-südlichen zur ost-westlichen Richtung.

Den Katalog der 176 Marskrater erstellten und analysierten Peter H. Schultz und Anne B. Lutz-Garihan. Dabei gewannen sie die Überzeugung, daß die schleichenden Einstürze nicht von im Sonnensystem herumirrenden Meteoriten, sondern von Marsbegleitern rühren, die, in niedrigen Umlaufbahnen begriffen, infolge der Bremsung in der früheren Marsatmosphäre so viel an Geschwindigkeit einbüßten, daß sie gegen den Marsboden spiralförmig und ihn schließlich unter großen Einfallswinkeln (= kleinen Erhebungswinkeln) streifend trafen.

Außerdem stellte sich noch folgendes heraus: Die Bahnebenen der Marsbegleiter müssen zu gleichen Zeiten nahezu übereinstimmende Neigung zur Äquatorebene des Mars gehabt haben. Offenbar kam es nicht zur Bildung eines größeren Mondes aus vielen kleinen Trümmern. Der Radius des nicht entstandenen Mondes hätte nach den Berechnungen des Teams mindestens 112 km lang werden müssen.

Für das allmähliche Drehen der Richtungen der Kraterachsen gegen die Ost-West-Richtung kann eine systematische Drehung der Bahnebene des Satellitenschwarmes nicht verantwortlich gemacht werden, weil dafür keine Ursachen denkbar sind. Wohl aber findet die Richtungsänderung in Bewegungen der Marskruste eine natürliche Erklärung, obwohl heute keine Plattenbewegungen der Marskruste mehr stattfinden.

Die Drehung der Kraterhauptachse setzte nämlich erst von dem Zeitpunkt an ein, in dem der Mars vulkanische Aktivität zu entwickeln begann. Die damals noch sehr unausgewogene Massenverteilung in der Planetenkruste sowie das Hochfließen von dichter Mantelmaterie veränderten das Trägheitsmoment der zentrifugal in Bewegung gesetzten Regionen. In solchen Fällen wird die Masse so umverteilt, daß sich die Hauptträgheitsachse der Drehachse nähert, die Hauptmasse aber gegen den Äquator wandert. Diese Erklärung steht in gutem Einklang mit den Beobachtungen.

Es bestehen auch Indizien, daß die jetzigen polaren Teile der Marskruste früher in niedrigeren areographischen Breiten lagen.

Die Änderungen in der Achsenorientierung der Krater, die infolge streifenden Einsturzes entstanden, spielen eine ähnliche Informationsrolle wie die paläomagnetischen Befunde bzgl. der Erdkruste für die Plattentektonik auf unserem Planeten.

LITERATUR:

Scient. Am., Oktober 1983, S. 70, Star Grazers.

Ein Experiment mit dem Halley-Kometen

Im Februar 1986 wird der berühmte Halleysche Komet der Sonne am nächsten kommen. Japan, Europa und die UdSSR planen, mit Raumsonden aus unmittelbarer Nähe einige Geheimnisse des Kometen zu entschlüsseln. Zwei Forscher der Nuffield Radio Astronomy Laboratories in Jodrell Bank haben eine völlig verschiedene Art der Sondierung vorgeschlagen. R. Norris und J. Ponsony (Univ. of Manchester) wollen mit dem

57-m-Mark-IA-Radioteleskop von Jodrell Bank mittels genau abgestimmter Mikrowellensignale den Kometen anstrahlen und aus der dadurch verursachten Modifikation dessen eigener Radioemission Schlüsse auf verschiedene physikalische Eigenschaften des Objekts ziehen.

Man weiß seit 1973 auf Grund der Begegnungen mit dem Kometen Kohoutek, daß diese Himmelskörper Radiowellen aussenden. Die OH-Moleküle im Kometen verstärken in einer Maser-Aktion die kosmische 2,7-K-Hintergrundstrahlung. (Maser = Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation; das geht analog zum Laserprozeß vor sich, nur verstärkt dieser Lichtwellen.)

Der Zustand des Kometen (Dichte, Temperatur u. a.) erlaubt der UV-Strahlung der Sonne, bei den OH-Molekülen eine Besetzungsinversion zu erzeugen. Das heißt, Elektronen besetzen, angeregt durch die Strahlung, höhere metastabile Niveaus, aus denen sie schlagartig in tiefere Energiezustände zurückkehren, sobald Photonen mit genau jener Energie von außen eintreffen, die beim Übergang der angeregten Teilchen emittiert wird.

Daher verstärken Kometen den 18-cm-Anteil der 2,7-K-Strahlung aus dem Weltraum, allerdings nur äußerst schwach. Im Radiospektrum des Kometen erscheint eine schwache Radiolinie, die sich höchstens um einige Zehntel Watt vom Radiokontinuum abhebt. Die Linie ist infolge der thermischen Dopplerverbreiterung etwa 20 kHz weit.

Wird nun der Komet von der Erde aus mit ausreichender Energie in der betreffenden Frequenz angestrahlt, dann kommt es zur Sättigung der Anregungsniveaus mit Elektronen und Verstärkung des irdischen Signals. Folge: Die Hintergrundstrahlung findet kaum mehr unbesetzte Inversionsniveaus vor, sie sind vom irdischen Signal gefüllt worden. Bei der Entleerung wird daher die im ungestörten Zustand vorhandene Radiolinie unmerklich. Dieser Unterschied im Verhalten der Kometenemission ist die Grundlage für Informationen über seinen physikalischen Zustand.

Leider begegnet der Plan einigen Schwierigkeiten. Vor allem, weil der 18-cm-Bereich durch internationale Abkommen für den passiven Betrieb reserviert ist. Die Erlaubnis zu aktiver Betätigung müßte erst eingeholt und gegeben werden.

Wegen des Abkommens existieren auch kaum geeignete Geräte, wie etwa Klystronquellen für 18-cm-Wellen. Sonderfertigung kostet an die 100 000 Dollar.

Schließlich sorgen die Bewegungen des Kometen und der Erde zu zeitlich variierenden Dopplerverschiebungen, die nur besonders sensible Instrumente ausgleichen können. Nach den bereits vorliegenden Erfahrungen mit Raumsonden ist das aber das am leichtesten zu bewältigende Problem, falls die nötigen Mittel bereitstehen.

Die angestrebten Informationen sind: 1. Studium des Energiepumpens seitens der Sonnenphotonen. 2. Genauere Messung der OH-Emissionsfrequenz. Sie ist dzt. mit ± 200 Hz Fehler behaftet, angestrebt werden nur ± 5 Hz Ungenauigkeit. 3. Andere physikalische Parameter des Kometen.

Norris und Ponsony sind dennoch optimistisch.

LITERATUR:

Sky and Tel., Okt. 1983, S. 292, How to Switch off a Comet.

Die Raummission „Galileo“

Nach den Jupitervorbeifügen von Pioneer 10, 11, aber noch vor dem Start der Voyagersonden faßte die NASA den Entschluß, das Jupitersystem genauer in Augenschein zu nehmen. Das Projekt erhielt den Namen **Galileo**, dazu im Jahre 1977 den entscheidenden Segen des US-Kongresses. Zwar hatten die Pioneer- und später die Voyagersonden interessante, teilweise ungeahnte Aufschlüsse über den Riesenplaneten samt Satelliten erbracht, jedoch auch neue Fragen aufgeworfen und etliche alte (z. B. über den physikalischen Zustand und die chemische Beschaffenheit der Jupiteratmosphäre) offen gelassen.

Fast könnte man das Jupitersystem mit seinem Ring und den vielen Monden als Miniaturausgabe eines Planetensystems ansprechen, mit dem entscheidenden Unterschied, daß Jupiter um eine oder zwei Größenordnungen zu massenarm ist, um, wie bei „richtigen“ Fixsternen, das nukleare Brennen anzufachen. Besonders interessant ist u. a. die vulkanisch aktive Io, auch die Oberflächenstrukturen von Europa geben Rätsel auf.

An sich sollte Galileo schon längst auf den Weg geschickt worden sein, aber die Schwierigkeiten mit der Entwicklung des Raumtransporters verzögerten den Start, weil Galileo die erste mit dem Space Shuttle in den Weltraum gebrachte Planeten-

sonde sein wird. Nun ist der Transporter in einer Reihe von Erprobungsflügen als einsatzbereit erwiesen, so daß von dieser Seite dem Projekt nichts mehr im Wege steht. Allerdings haben die Sorgen mit dem Transporter zu Veränderungen in der Gestaltung von Galileo gezwungen, die ein weiteres Verschieben des Starts bewirkten. Ferner, obwohl der Transporter nun verläßlich arbeitet, hat man auch an ihm bedeutende Verbesserungen und Verstärkungen vorgenommen, die Zeit in Anspruch nahmen und nehmen. Der **Start von Galileo** wird also erst im Jahre 1986 erfolgen.

Galileo ist eigentlich ein **Doppelgespann** von **Sonde** und **Orbiter**. 150 Tage vor der Ankunft im Zielraum trennen sich Sonde und Orbiter, wonach der Orbiter hinter der Sonde zurückbleibt. Sobald der Orbiter dem Jupitermond Io auf 1000 km (!) nahekomm (kleinste Distanz), bewegt sich die Sonde auf die Jupiterwolken hin, die den Äquator des Planeten bedecken. Der Sonde fällt die Aufgabe zu, die von ihr beim Durchfliegen der Atmosphäre registrierten Daten dem Orbiter zuzufunkeln, der als Relaisstation für die weitere Signalübermittlung zur Erde fungiert. Er nimmt diese Tätigkeit ein paar Stunden nach seiner größten Annäherung an Io im Abstand von 230 000 km vom Jupiter auf.

Nach dem Eintritt in die Wolkenhülle erfährt die Sonde in etwa 90 km Höhe die stärkste Verzögerung von $250 \cdot g = 2,5 \text{ km/s}^2$ (!). In ca. 60 km Höhe öffnet sich der Hauptfallschirm, nachdem der Hitzeschild „verbraucht“ ist, in 48 km Höhe beginnen die Messungen. Während der ersten Abstiegsstunde durchquert die Sonde die bereits einigermaßen bekannten Wolkenschichten, die Tröpfchen von NH_3 , NH_4HS und H_2O enthalten. Was darunter liegt, kennen wir nicht. Dank der weiteren 75 Abstiegsminuten werden wir das nach Empfang und Analyse der Meßdaten erfahren. Hoffentlich hält die Sonde den fürchterlichen Bremsstoß aus. Er konnte im Windkanal nicht simuliert werden, denn die Eintrittsgeschwindigkeit in die oberste Wolkenschicht beträgt 50 km/s (kein Druckfehler! Die Venussonde traf mit 12 km/s auf die Gashülle des Planeten). Der Hitzeschild hat fast dieselbe Masse wie die übrige Sonde.

Die Jupitersonde werden weder Schwefelsäuretröpfchen noch 95 bar-Drücke oder Temperaturen um 480 °C bedrohen, wie sie bei den weichen Landungen der Venussonden auftreten. Erst beim Eindringen in die tiefsten Schichten, in denen die Werte auf 20 bar und mehrere hundert Celsiusgrade steigen, könnten die Bedingungen kritisch werden. Es ist anzunehmen, daß der noch unerforschte Teil der Gashülle des Planeten vorwiegend aus H_2 und He zusammengesetzt ist.

Etwa eine Stunde, nachdem der Orbiter die an ihn gerichtete Meldung der Sonde weitergegeben hat, werden seine Retroraketen gezündet. Sie brennen 46 min. lang. Dies, um den Orbiter, unterstützt vom Schwerfeld von Io, in eine langgestreckte elliptische Umlaufbahn um den Planeten zu bringen, die durch weite Teile des Jupitersystems führt. Ein Umlauf wird 200 Tage dauern. Die Distanz des systemäußersten Bahnpunktes soll 250 Jupiterradien betragen, d. s. 17,8 Mio. km.

Die Besonderheit der Orbiterführung liegt im Ausnützen der von den Monden – bei möglichst nahen Vorbeifügen – auf den Orbiter ausgeübten Schwerkkräfte. Mit Raketenantrieb allein wäre das nicht ausführbar, zuviel Treibstoff würde verbraucht. Für eine gravitationsgestützte Lenkung ist nur Treibstoff für Geschwindigkeitsänderungen von rund 100 m/s erforderlich, ohne Schweretechnik müßte der Treibstoff $\Delta v \approx 6 \text{ km/s}$ schaffen. Infolge der 11 bis 12 billardartigen Bahnänderungen bei den nahen Vorbeifügen an den vier galileischen Monden (Io, Europa, Ganymed, Kallisto) wird die Bahn natürlich sehr kompliziert (ohne Computerhilfe wäre das Berechnen des Wegverlaufes aussichtslos), wird aber dafür eine reiche Ernte an Informationen einbringen. In der Zeitschrift „Sky and Telescope“ (Sept. 1983, S. 102) ist die nachstehende Tabelle veröffentlicht worden, aus der die Details des Weges im Jupitersystem abzulesen sind. (Einige weniger interessierende Spalten haben wir weggelassen.) Was die angegebenen Auflösungsfähigkeiten betrifft, so werden die theoretisch besten Auflösungen nicht faktisch erzielt werden, weil dies die Eigenbewegung des Orbiters verhindert. D. h., bessere Auflösungen als 20 m sind nicht zu erwarten! Die meisten Vorbeifüge an den Monden ändern, wie schon gesagt, die Bahn. Deshalb erhielten die Bahnen nach jeder drastischen Änderung eine neue Bahnnummer.

Bahn-Nr.	Datum des knappsten Vorbeifluges am Mond	Kleinster Abstand vom Mond (km)	Beste Oberflächenauflösung (m)
1	18. 3. 89 an Ganymed	834	17
2	21. 5. 89 an Ganymed	1 146	23
3	22. 7. 89 an Kallisto	494	10
4	1. 9. 89 an Europa	1 400	28

Bahn-Nr.	Datum des knappsten Vorbeifluges am Mond	Kleinster Abstand vom Mond (km)	Beste Oberflächenauflösung (m)
5	10. 10. 89 an Europa	200	4
6	9. 11. 89 an Kallisto	6 346	127
7	2. 12. 89 an Europa	25 000	500
7	3. 12. 89 an Ganymed	3 258	65
8	21. 12. 89 an Ganymed	1 722	34
9	17. 1. 90 an Europa	472	9
10	22. 2. 90 an Kallisto	40 630	813
10	23. 2. 90 an Ganymed	3 680	74
11	13. 4. 90 an Kallisto	277	6
11	14. 4. 90 an Ganymed	45 955	919

Natürlich kann der jetzt aufgestellte „Fahrplan“ in den bis zur Ausführung der Mission liegenden Jahren noch Änderungen erfahren. Aber er wird sicher ungefähr so aussehen, wie die Tabelle es anzeigt. Übrigens wurden bereits mehrere Kursmodelle durchgerechnet, worauf wir aber hier nicht eingehen.

Die Forschungsziele

a) Sonde. Erkundung der Höhenprofile von Temperatur, Druck, Dichte und vorhandenen Molekülararten in der Jupiteratmosphäre, vor allem des Heliumanteils. Wolkenschichten, Gehalt an festen und flüssigen Kleinpartikeln in der Gashülle in Abhängigkeit von der Höhe. Der Durchsatz von thermischer und solarer Energie in den verschiedenen Höhen. Registrieren von Blitzentladungen, allfällige damit einhergehende Bildung von organischen Molekülen bei Anwesenheit von Methan und Ammoniak. Die einschlägigen Geräte sind:

Atmosphärenstruktur-Instrument, arbeitet von 0 K bis 540 K und 0 bar bis 28 bar.

Neutralmassen-Spektrometer, entdeckt Teilchen bis zur Massenzahl $A = 150$.

Helium-Detektor, zeigt mit 0,1% Genauigkeit an.

Nephelometer, zeigt Teilchen von 0,2 μm bis 20 μm Durchmesser an, wenn von ihnen mindestens $3/\text{cm}^3$ vorhanden sind.

Nettofluß-Radiometer mit 6 IR-Filtern für $0,3 \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,1 \text{ mm}$.

Fischaugensensor für das Erkennen von Blitzen und energiereichen Partikeln in der inneren Magnetosphäre; Arbeitsbereich 1 Hz bis 0,1 MHz.

b) Orbiter. Kartographische Aufnahme der galileischen Monde mit 1 km Auflösung. Beobachtung der atmosphärischen Zirkulation bei Jupiter durch 20 Monate. Erkundung der Oberflächenzusammensetzung von Jupiter und seinen Monden, ebenso Aufbau und Temperatur der Planetenatmosphäre, der Aerosole und Teilchen in ihr. Wärmefluß im Vergleich zur Sonneneinstrahlung. Stärke und Veränderungen des jovianischen Magnetfeldes. Hochenergetische Elektronen, Protonen und massive Ionen in der Planetenumgebung. Abschätzen von Verteilung und Energie der Elektronen und Ionen mit geringer Energie. Elektromagnetische Wellen samt deren Wechselwirkung mit Teilchen. Masse, Ladung und Geschwindigkeit der Teilchen. Genaue Massenbestimmung von Jupiter und seinen Monden mit Radiowellen und Spezialantenne. Messung der Radien der Objekte. Die einschlägigen Geräte sind:

IR-Spektrometer für Nah-Kartographierung, Bereich 0,7 μm bis 5,2 μm , Auflösung 0,03 μm .

Festkörper Abb.-System mit 800×800 CCD-Sensoren und 8 Filtern.

UV-Spektrometer für $115 \text{ nm} \leq \lambda \leq 430 \text{ nm}$.

Photopolarimeter-Radiometer für Linien im sichtbaren und für IR-Banden im nahen IR-Bereich, Radiometrie für $\lambda > 0,42 \text{ mm}$.

Magnetometer für Feldstärken 16 Gamma bis 16 384 Gamma. ($1\gamma = 10^{-4}$ Gauß)

Detektor für energiereiche Partikeln, und zwar Elektronen mit 15 keV bis 11 MeV und Ionen mit 20 keV bis 55 MeV.

Spektrometer für Plasmawellen für die Bereiche a) 6 bis 31 Hz, b) 50 Hz bis 200 kHz, b) 0,1 bis 5,65 MHz.

Plasma-Detektor für 1 eV bis 50 keV, in 64 Bändern arbeitend.

Staub-Detektor für Teilchen von 10^{-16} g bis 10^{-6} g .

Geräte für Radiostrahlung des Jupiter und seiner Monde, S- und X-Band-Signale.

Zahlreiche Geräte sind entweder Verbesserungen früherer oder Neuschöpfungen. Man darf sich von dieser Mission Aufklärungen erwarten, die auch über die Urmaterie im entstehenden Sonnensystem und die Prozesse der Planetenbildung Aussagen enthalten. Diesbezüglich sind vor allem die Ergebnisse über den Heliumgehalt im System des größten Planeten der Sonne von Bedeutung.

LITERATUR:

Sky and Tel., August 1983, S. 99, T. V. Johnson, Cl. M. Yeates, Return to Jupiter: Project Galileo.

Auf der Suche nach Planetensystemen

Unsichtbare Begleiter (oder Partner) von Sternen verraten sich durch die wellenförmige Form der Projektion der Bahn des sichtbaren Objekts auf die Himmelskugel. Das ist die Folge des gravitativen Einflusses des Partners auf die Eigenbewegung des wahrnehmbaren Sterns. Bekanntlich war Sirius der erste Fixstern, der auf diese Weise als Doppelstern erkannt wurde. Sein lichtschwacher Begleiter konnte erst viel später gesehen werden. Seither sind viele gleichartige Systeme identifiziert worden, doch waren die Massen des unsichtbaren Himmelskörpers stets grob von derselben Größenordnung wie die Sonnenmasse, falls mehr oder weniger kleiner, so doch immer groß genug, um als Stern zu gelten, in dem das Wasserstoffbrennen abläuft.

Um es gleich vorwegzunehmen: Unsichtbare Partner, die wegen ihrer zu geringen Masse Planeten sein könnten, hat man noch nicht gefunden. Die Masse bestimmt sich nach den Keplergesetzen aus der Amplitude und dem Zeitverlauf der wellenförmigen Bahn des sichtbaren Sterns, vorausgesetzt, die Meßdaten – sie sind i. a. winzig klein – besitzen ausreichende Genauigkeit.

Die optisch betriebene Suche gründet sich auf die astrometrischen Befunde der letzten 40 Jahre. Sie wird neuerdings durch die Infrarot-Überwachung von etwa 30 besonders sonnennahen Sternen ergänzt und ihre Informationen mit den Ergebnissen der optischen Daten verglichen. Die erhöhte Leistungsfähigkeit im IR-Bereich ermöglicht die Anwendung der Speckle-Interferometrie auch für diesen Spektralabschnitt und beständige die Zuverlässigkeit der optisch-astrometrischen Methoden glänzend. (Bei der Speckle-Interferometrie wird die bildverschmierende Wirkung der Luftturbulenzen dadurch stark herabgesetzt, daß in rascher Folge Fotos aufgenommen, der Fourieranalyse unterworfen und danach die Bilder überlagert werden. Das so gewonnene Bild ist fast mit dem Beugungsbild identisch, was die Schärfe betrifft; s. Wiss. Nachr. Nr. 48, Sept. 1978, S. 33, Wege zur Ausschaltung der Luftturbulenzen bei Fernrohraufnahmen.)

Die ersten diesbezüglichen IR-Beobachtungen erfolgten mit dem 4-m-Fernrohr des Kitt Peak Obs. auf der Wellenlänge 2,2 µm. McCarthy, F. Low und Susan Kleinmann orteten auf Anheiß die unsichtbaren Begleiter in vier nahen Mehrfachsystemen.

Ein anderer Erfolg betrifft das Binärsystem **Zeta Aquarii A, B** in 76 Lj. Distanz. Der Begleiter B von A hat 0,2 Sonnenmassen, er umkreist den Hauptstern in 25,5 Jahren. Man entdeckte auch einen Begleiter des B-Sterns im Winkelabstand von 0,17", was ca. 4 A. E. entspricht (≈ 600 Mio. km Bahnradius). Es überraschte, daß der Begleiter rund sechsmal heller strahlt, als seiner Masse entspräche.

Die Existenz eines Begleiters von **CC 20,986** wurde schon lange vermutet. Die IR-Bilder brachten es nun an den Tag. Der Begleiter hat 0,12 Sonnenmassen und nur 0,3" Bahnradius.

Xi im Gr. Bären ist ein Doppelstern, bei dem jede Komponente sich selbst wieder als astrometrischer oder spektroskopischer Doppelstern verriet. Es handelt sich also um ein Vierfachsystem in 25 Lj. Abstand von uns.

Lalande 21185 ist deshalb interessant, weil die widersprüchlichen Astrometriebeobachtungen mit der IR-Methode Aufklärung fanden. Das System befindet sich in nur 8 Lj. Sonnenabstand. Jetzt weiß man zuverlässig, daß kein Begleiter mit mehr als 5 Jupitermassen existiert, obwohl mindestens zwei Begleiter vorhanden sind. Ihre Massen liegen daher in jenem Grenzbereich, in dem das Einsetzen des H-Brennens erfolgen oder unterbleiben kann. Je nachdem sind es Sterne oder Planeten.

Am ehesten könnte Barnards Stern Planeten besitzen. Nachstehend die Ergebnisliste (Sky and Tel., VIII/83).

Objekt	Spek. Typ	ABST. (Lj.)	Begleiter (Sonnenmassen)
Zeta Cnc A, B	F7	82	dreifach
Zeta Cnc C	G2	82	1,25
Zeta Aqr B	F3 IV	76	0,22
α Oph	A5 III	54	–
BD + 41° 328	G5 V	42	0,38
CC 1299	MO	40	dreifach
Wolf 1062	M4	34	0,076
Xi ¹ Ori	GO V	33	0,12
Wolf 922	M4 · 5e	27	0,23
Xi UMa A, B	GO V	25	vierfach
μ Cas	G5 VI	25	0,10
CC 20,986	M3 V	24	0,12 oder weniger
Ross 614	dM4 · 5e	13	0,08
Lalande 21185	M2	8	vielfach

LITERATUR:
Sky and Tel., August 1983, S. 114, Planet-Size. Stars or Star-Size Planets?

Ein zweiter Millisekunden-Pulsar entdeckt

Der Krebsnebel pulsar war länger als ein Jahrzehnt hindurch mit der Pulsperiode von rund 33 ms der Rekordhalter unter den bekannt gewordenen rotierenden Neutronensternen. Erst vor etwa vier Jahren stieß man auf ein noch rascher um die eigene Achse bewegtes Objekt, nämlich auf den Pulsar PSR 1937 + 214 mit der noch kürzeren Pulsperiode von ca. 1,5 ms. (S. W. N., 62, April 1983, S. 30, Ein Pulsar mit 642 Umdrehungen pro Sekunde.) Die Astronomen fragten sich natürlich, ob hier singuläre Einzelfälle vorlägen oder ob man bis jetzt die Suche nach Pulsaren aus dieser Periodenklasse nicht ernsthaft genug betrieben habe. Wäre letzteres der Fall, müßte die nunmehr einsetzende Jagd im ms-Bereich laufend auf derartige Himmelskörper stoßen. Das ist aber vorläufig nicht massiv eingetreten, es wurde nur ein weiterer ms-Pulsar, und zwar von Boriakoff et al. aufgestöbert, dessen Periode P grob 6,1 ms beträgt. Das kam so:

Der Gamma-Satellit COS B hatte einige Punktquellen entdeckt, die nicht optisch identifiziert werden konnten. Man war lediglich imstande, die Fehlerrechtecke anzugeben, innerhalb derer die Objekte liegen müßten. Daraufhin nahm das 300-m-Radioteleskop von Arecibo in Puerto Rico die systematische Fahndung nach etwaigen Radioquellen in diesem Rechteck ab 1980 auf. Im Fehlerrechteck, das der Gamma-Quelle 2CG 065 + 00 zugeordnet war, wurden die Astronomen fündig. Sie entdeckten dort den **Pulsar PSR 1953 + 00**, der den zweiten bekannt gewordenen ms-Pulsar darstellt, wenn man den Krebsnebel pulsar nicht zu dieser Klasse rechnet.

PSR 1953 + 00 gehört – im Gegensatz zum **Einzelobjekt PSR 1937 + 214** einem **Binärsystem** an. Das ergab sich aus den regelmäßigen Schwankungen der Periode, die als Doppellereffekt während der Umlaufbewegung zweier Partner zu deuten ist. Nach den vorläufigen Beobachtungen haben die Systemparameter folgende Werte.

VLA-Position, bez. auf 1950,0:
Rektaszension $\alpha = 19^{\text{h}}53^{\text{m}}(26,7 \pm 0,24)^{\text{s}}$
Deklination $\delta = 29^{\circ}00' (42,00 \pm 3,2)''$
Periode $P = (6,13317 \pm 0,00002) \text{ ms}$
Periodenänderung $\dot{P} \leq 5,8 \cdot 10^{-16} \text{ s/s}$
Alter $P/2\dot{P} \geq 1,675 \cdot 10^5 \text{ a}$

Auf die Himmelskugel projizierte maximale Umlaufgeschwindigkeit $v_{\text{proj}} = (6,02 \pm 0,02) \text{ km/s}$

Abstand $D \approx 3,5 \text{ kpc}$

Umlaufperiode im Binärsystem (Exzentrizität $e = 0$ angenommen) $P_{\text{orb}} = (120 \pm 4) \text{ d}$

Projiz. Halbachse $a \cdot \sin i = (9,9 \pm 0,1) \cdot 10^6 \text{ km}$ ($i =$ Winkel zwischen Bahnebene und der Normalebene zur Sehlinie)

Der Pulsar ist der Primärstern des Systems, sein Begleiter ist unsichtbar und dürfte ein entarteter Zwergstern geringer Masse sein.

In der Zeitschrift „Nature“ befaßten sich anschließend an den Entdeckungsbericht (Ausgabe vom 4. 8. 1983) nicht weniger als 6 weitere Artikel mit Hypothesen über die Evolution des Systems. Sie berechneten, basierend auf den Annahmen von 2; 1,4; 1; 0,5 Sonnenmassen, die diesen Werten entsprechenden anderen Parametergrößen. Daher sind die oben angeführten Zahlenwerte nicht als bereits feststehend anzusehen. Dennoch dürften sie einigermaßen der Wirklichkeit entsprechen.

LITERATUR:
Nature, 4. 8. 1983, S. 147, V. Boriakoff, R. Buccheri, F. Fauci, Discovery of a 6,1-ms Binary Pulsar PSR 1953 + 00.

Der erste Pulsar in einer anderen Galaxie entdeckt

Im Gegensatz zu den extrem distanten Quasaren gehören alle bis jetzt entdeckten Pulsare unserer Milchstraße an. Seit Mai 1981 wissen wir aber, daß dies nicht immer so sein muß, denn es wurde ein Pulsar entdeckt, der in der Großen Magellanschen Wolke (GMW) liegt. Während der systematischen Suche nach Pulsaren in dieser Sternansammlung (dzt. ist bereits ein Viertel der GMW diesbezüglich untersucht, das Unternehmen geht weiter) mit dem 64-m-Radioteleskop von Parkes, Neuseeland, fiel im oben angegebenen Zeitpunkt das – nachher als PSR 0529-66 bezeichnete – Objekt auf. Um zuverlässigere Anhaltspunkte für die Klassifikation als Pulsar zu erlangen, nahm man die Radioquelle im Februar 1982 erneut unter die Lupe und konnte die im Mai des vorangegangenen Jahres noch dürftig

gestützten Beobachtungen voll bestätigen.

Die Pulsperiode beträgt

$$P = (0,957\ 140\ 7 \pm 3 \text{ Einheiten der letzten Dezimale}) \text{ s.}$$

Ebenso wurde die Position der Radioquelle auf engeres Himmelsfeld eingeschränkt als im Mai 1981.

Für die Zugehörigkeit zur GMW sprechen nicht nur die Lage der Quelle, sondern auch die Frequenzabhängigkeiten in den Ankunftszeiten der periodisch wiederkehrenden Signale. Die Elektronendichte in der intersellaren bzw. intergalaktischen Materie auf dem Weg vom „Sender“ zu uns beeinflusst nämlich die Laufzeiten der Wellen in Abhängigkeit von ihrer Frequenz unterschiedlich. Aus diesen Unterschieden in der Ankunftszeit ergibt sich die Möglichkeit, die von den Wellen vorgefundene Elektronendichte pro Lichtjahr in der Sehlinie zu berechnen. Der Vergleich mit den bereits bekannten Werten bzgl. der GMW lieferte dann den Abstand der Radioquelle.

Außerdem befindet sich in nur 8' Winkelabstand eine variable Röntgenquelle. Der Pulsar könnte somit der ihr zugeordnete Neutronenstern (als Supernovarest) sein. Noch ist die Radio-position nicht genügend gut bekannt, um die Identität der Radio- und der Röntgenquelle behaupten zu können. Es ist aber anzunehmen, daß genauere Vermessungen das bestätigen werden.

LITERATUR:

1. Sky and Tel., Oktober 1983, S. 399, Extragalactic Pulsar Discovered.
2. Nature, 26. Mai 1983, S. 307, J. G. Ables et al., A Radio Pulsar in the Large Magellanic Cloud.

Ein Weg zur Messung der Querbewegung von Galaxienhaufen

Die Bestimmung der zur Sehlinie senkrechten Geschwindigkeitskomponente kosmischer Objekte ist nur bei relativ nahen Sternen auf trigonometrischem Wege möglich. Gemessen wird die relative Verschiebung des Objektbildes auf Fotoplatten, die in Abständen von Jahren oder Jahrzehnten aufgenommen wurden. Besäße etwa eine Galaxie im Abstand des Andromedanebels die Seitengeschwindigkeit 330 km/s, dann würde sich ihr Bild nach 100 Jahren erst um etwa 0,01" seitlich verschieben. Derartige Messungen sind wegen der unscharfen Ränder der Galaxienfotos unmöglich und bei den noch distanteren Galaxienhaufen wohl nie direkt ausführbar.

Seit aber in den letzten Jahren kosmische Gravitationslinien entdeckt wurden, besteht begründete Hoffnung, mit Hilfe eines optisch-relativistischen Effektes in naher Zukunft das Problem zu lösen. Die Masse eines Galaxienhaufens ist nämlich groß genug, um ein Gravitationsfeld zu erzeugen, das auf die kosmische 2,7 K-Hintergrundstrahlung analog einer optischen Linse wirkt. Zwar ist dieses Schwerfeld viel zu schwach, um elektromagnetische Wellen für uns merklich abzulenken, aber infolge der zur Sehlinie senkrechten Bewegungskomponente des Haufens ist eine andere Wirkung zu erwarten, die bei optischen Linsen längst bekannt ist. Sie wollen wir daher vorerst besprechen.

In Abb. 1 sieht man eine Konvexlinse, die sich mit der Geschwindigkeit v normal zur optischen Achse bewegt. Das Licht fällt in Richtung der optischen Achse von links her ein. Wegen der Linsenbewegung sinkt die Photonenenergie beim Auftreffen in der linken Linsenhälfte (sie fällt in die Bewegungsrichtung), während sie in der anderen Linsenhälfte steigt. Dadurch vermindert sich die Helligkeit der Lichtquelle für den zur Rechten der Linse zu denkenden Beobachter B in der einen Linsenhälfte, während ihm im anderen Linsenteil die Strahlung etwas heller erscheint.

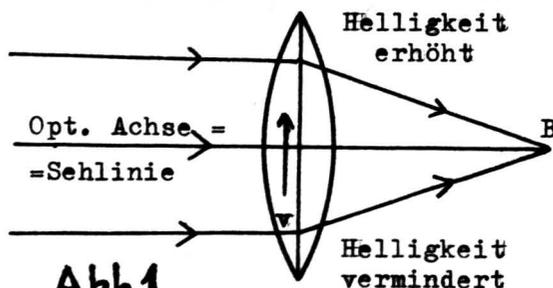


Abb.1

Dasselbe gilt natürlich ebenso für die 2,7 K-Hintergrundstrahlung hinsichtlich des von einem Galaxienhaufen erzeugten Gravitationsfeldes als Linse. Die Hintergrundstrahlung der Frequenz ν entspricht der Schwarzkörpertemperatur $T = 2,7$ K. Die Helligkeitsänderung ΔB_ν läßt sich daher quantitativ durch eine äquivalente Temperaturänderung ΔT ausdrücken, und zwar nach der Formel

$$\Delta T = \frac{c^2}{2k\nu} \cdot \frac{\Delta\nu}{\nu} \cdot \frac{\Delta B_\nu}{B_\nu}$$

in der k die Boltzmann-Konstante bedeutet. Die Isotropie der Hintergrundstrahlung ist so groß, daß lediglich Schwankungen von etwa 0,3 mK auftreten, die mit den derzeit vorhandenen Geräten gerade noch feststellbar sind. Die Schwankungen infolge des oben besprochenen Gravitationslinsen-Effektes wären erst meßbar, wenn sich die Detektoren noch um eine Größenordnung sensibler verhalten würden. Ein Galaxienhaufen von $3 \cdot 10^{15}$ Sonnenmassen, dem Radius 500 kpc und der Lateralgeschwindigkeit 6000 km/s würde beispielsweise die Helligkeitstemperatur um $\Delta T \approx 0,15$ mK schwanken lassen. Der Effekt ist sowohl zur Geschwindigkeit v als auch zur Linsenstärke proportional.

In den vorläufig rohen Rechnungen sind etliche kosmologische Korrekturen unberücksichtigt geblieben. Es ist daher den Theoretikern und den Observatoren überlassen, die Kalkulationen zu verschärfen bzw. empfindlichere Geräte zu entwickeln. Die stürmische Entwicklung der Beobachtungsmittel – sie ist laufend zu verfolgen (z. B. an den CCD-Sensoren!) – stärkt die Erwartung für die baldige Beantwortbarkeit der Frage nach den Lateralgeschwindigkeiten von Galaxienhaufen.

LITERATUR:

- Nature, 24. 3. 1983, S. 315, M. Birkinshaw, S. F. Gull, A Test for Transversal Motions of Clusters of Galaxies.

Zur Geschichte der Hubble-Beziehung

Die Entwicklung der Kosmologie in unserem Jahrhundert ist durch zwei fundamentale Entdeckungen geprägt. Als erste ist die Erkenntnis, daß das **Universum expandiert**, als zweite der Nachweis für die Existenz der isotropen **kosmischen 2,7 K-Hintergrundstrahlung** zu nennen. Die Bedeutung der beiden Einsichten mag am besten aus dem Vergleich der vor etwa 60 Jahren mit den heute im Mittelpunkt der Diskussionen stehenden Problemen hervorgehen. Noch zu Beginn der zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts erregte die Frage, ob die auf den Himmelsfotos sichtbaren Nebelflecken die Bilder von gasförmigen oder aus Sternen aufgebauten Strukturen sind, die der Milchstraße angehören, oder ob sie außergalaktische Positionen einnehmen, die Gemüter der Fachleute. Heute werden hingegen bereits Untersuchungen über die frühesten Phasen des gesamten Universums, etwa ab 10^{-35} s nach dem Urknall, durchgeführt.

Die Expansion des Weltalls konnte erst entdeckt werden, als man über die Distanzen R und die Radialgeschwindigkeiten v_r der Galaxien Bescheid wußte. Mit Hilfe des Dopplereffektes waren die v_r -Werte der „Nebel“ bereits zu bestimmen, ehe sie noch in Einzelsterne aufgelöst waren. Dem amerikanischen Astrophysiker **V. M. Slipher** gebührt das Verdienst, als einer der ersten seines Faches v_r gemessen zu haben. Im Jahre 1914 fand er, an der Lowell-Sternwarte tätig, daß sich M 31 (d. i. der Andromedanebel, der als einziger mit freiem Auge sichtbar ist), mit $v_r = -300$ km/s auf uns zubewegt (deshalb das negative Vorzeichen des v_r -Wertes). 11 Jahre später hatte Slipher schon bei 41 „Nebeln“ v_r gemessen und bemerkt, daß sich 36 davon von uns entfernen. Der Mittelwert ihrer Radialgeschwindigkeiten betrug $\bar{v}_r = +375$ km/s, maximal waren es sogar + 1125 km/s.

Distanzen im Kosmos

Als wesentlich schwieriger erwies sich die Bestimmung der Distanzen: Erst 1923 glückte es mit dem damals leistungsfähigsten Fernrohr der Welt, dem 2,5-m-Spiegel auf dem Mt. Wilson, die Randgebiete von M 31 in Einzelsterne aufzulösen, womit der Andromedanebel als Sternsystem von der Art unserer Milchstraße ausgewiesen war.

Die zuverlässigste Methode der **Distanzmessung** ist die **trigonometrische**. Als Basis dient der Erdbahndurchmesser D . In Zeitabständen von einem halben Jahr nimmt die Erde diametrale Bahnpositionen ein, so daß ein Himmelskörper von den Durchmesserendpunkten aus unter etwas verschiedenen Winkeln am Himmel erscheint. Der Sehwinkelunterschied heißt **doppelte Parallaxe** 2π des Objekts. Selbst bei den nächsten

Fixsterne ist π kleiner als $1''$, wird daher stets in Bogensekunden angegeben. Die Objektdistanz R ist gleich $D/2\pi$ mit $D = 298$ Mio. km (π im Bogenmaß). Als Distanzeinheit wurde das Parsec (pc) gewählt. Mit π in Bogensekunden gilt $R = 1/\pi$ pc · M.a.W., aus dem Abstand 1 pc erscheint der Erdbahnradius unter dem Sehinkel $1''$.

Die trigonometrische Methode reicht leider nur bis 30 pc. Als sich herausgestellt hatte, daß bei den **Cepheiden**, einem Typus veränderlicher, da pulsierender Sterne (benannt nach dem Stern Delta im Sternbild Cepheus) eine Beziehung zwischen ihrer Helligkeitsperiode P und ihrer absoluten Leuchtkraft L (die sogenannte **Perioden-Leuchtkraft-Beziehung**) besteht, boten sich diese Himmelskörper als weitreichende Distanzindikatoren an. Man entdeckte Cepheiden nicht nur in distanten Sternhaufen der Milchstraße, sondern auch in anderen Galaxien. Mit dem Cepheiden-Verfahren lassen sich Entfernungen bis zu 4 Mpc ermitteln. (M 31 hat von uns 0,7 Mpc Abstand.)

Inzwischen wußte man, daß sich das Sonnensystem mit ca. 250 km/s um das galaktische Zentrum bewegt. Da nur bei ganz wenigen, sehr nahen Galaxien negative v_r -Werte auftreten, während die weiter entfernten ausnahmslos von uns wegstreben, war klar, daß die Ausnahmefälle auf die Eigenbewegung der Sonne in der Milchstraße zurückgehen.

Die Cepheiden-Leuchtkraft konnte mit Hilfe des offenen Sternhaufens der **Hyaden** überprüft werden. Die Bahnen der Hyadensterne konvergieren, in die Vergangenheit verlängert, gegen den Entstehungsort des Systems, seinen sogenannten **Apex**. Der Winkel α , den die Sehlinie zu den Hyaden mit dem Geschwindigkeitsvektor des Haufens bildet, stimmt mit dem Winkel überein, der zwischen den Sehlinien zum Haufen bzw. zum Apex liegt. v_r ergibt sich aus dem Dopplereffekt, also gilt für die tangentielle Geschwindigkeitskomponente v_t die Gleichung $v_t = v_r \cdot \tan \alpha$ und damit für den Haufenabstand $R = v_t/\beta \cdot \beta$ ist der Verschiebungswinkel der Hyadensterne während eines Jahres. (Ist die jährliche Ortsveränderung in ähnlichen Fällen unmerklich, dann kann sie nur aus der meßbaren Verschiebung während eines längeren Zeitraumes berechnet werden.) Der Hyadenabstand beträgt ca. 41 pc. Die nunmehr gesicherten Leuchtkraftwerte der Hyadensterne erlaubten Vergleiche ihrer scheinbaren Helligkeit mit jenen von Hauptreihensternen jeweils gleicher Farbe (also gleicher Oberflächentemperatur) in anderen Sternhaufen unserer Milchstraße (sowie der in ihnen vorhandenen Cepheiden), also waren sämtliche Sternhaufen in der Milchstraße astronomisch zu erfassen.

Um noch tiefer in den Weltraum vorzudringen, benützte Hubble die **hellsten Sterne** in den stellar auflösbaren Galaxien. Einerseits sind sie heller als die Cepheiden, also auf größere Distanzen sichtbar, andererseits schien ihm die Annahme vertretbar, daß die hellsten Sterne in unserer und den anderen Galaxien wohl etwa dieselbe Leuchtkraft besitzen. Die Kalibrierung erfolgte an Galaxien, in denen Cepheiden auszumachen waren.

Abgesehen von der Unsicherheit der zugrunde liegenden Annahme über die Leuchtkraft der hellsten Sterne, blieb dennoch eine Unzahl von Galaxien übrig, die sich der Hubbleschen Distanzbestimmung entzogen. Es ergaben sich aber auch bei den Cepheiden Schwierigkeiten, weil sich nämlich später herausstellte, daß nicht alle Cepheiden die gleiche P-L-Beziehung haben, weshalb die bis dahin gewonnenen Abstände um den Faktor 2 nach oben korrigiert werden mußten.

Dazu kam, daß das, was Hubble für die hellsten Sterne in den Galaxien gehalten hatte, in Wirklichkeit kompakte Emissionsnebel, d. s. Ansammlungen von ionisiertem Wasserstoff (sogenannte H II-Gebiete), waren. Die Fotoplatten der 20er Jahre erlaubten noch nicht, H II-Gebiete in entfernteren Galaxien als solche zu erkennen. (Nur in den 30 nahen Galaxien des **Lokalen Haufens**, zu dem M 31 gehört, hatte Hubble tatsächlich die hellsten Sterne beobachtet.) Trotz eifriger Bemühens war es ihm nicht einmal bei M 31 gelungen, einen Emissionsnebel zu identifizieren. Es waren Baade und später Sandage, die feststellten, daß die Emissionsnebel im Mittel um $1,8^m$ heller als die hellsten Sterne sind. Deshalb und wegen der anderen damaligen Unsicherheiten hatte Hubble die Distanzen der Galaxien um den Faktor 6 bis 7 zu klein angegeben.

Die **Kugelsternhaufen** fallen auch in weiter entfernten Galaxien auf. Die an den in der Milchstraße vorhandenen gewonnenen Daten über ihre Leuchtkraft ermöglichten, die Distanz der elliptischen Galaxis M 87, dem hellsten Mitglied des Virgo-Galaxienhaufens, zu bestimmen. Mit dem 5-m-Spiegel auf dem Mt. Palomar konnten dort nämlich an die 2000, und auf den ersten im Jahre 1975 mit dem Fernrohr in Cerro Tololo aufgenommenen Fotos gar etwa 4000 Kugelsternhaufen festgestellt werden. Damit war auch die Distanz des Virgo-Haufens ermittelt, sie beträgt 17 Mio. pc. Wesentlich für die Rechtfertigung dieser

Schlüsse ist der Umstand, daß die Leuchtkraft der Kugelsternhaufen ziemlich gleichbleibend, nämlich $-9,7^m$ ist.

Galaxien sind nicht die umfassendsten Organisationsformen der kosmischen Materie. Ihnen sind die **Galaxienhaufen** und diesen die **Superhaufen** übergeordnet. Hubble sagte sich, daß in den Galaxienhaufen die am hellsten erscheinenden Mitglieder wohl ungefähr dieselbe absolute Leuchtkraft haben dürften (in Analogie zu seiner Überlegung bzgl. der hellsten Sterne in den einzelnen Galaxien). Die scheinbaren Helligkeiten der hellsten Mitglieder verschiedener Haufen müßten sich daher umgekehrt wie die Abstandsquadrate verhalten und so Distanzabschätzungen erlauben.

Dazu sollte aber wenigstens von einem Galaxienhaufen der Abstand bekannt sein. Das war beim Virgo-Haufen der Fall. Auf diese Weise gaben die jeweils **hellsten elliptischen Galaxien** in den einzelnen Haufen die weitreichendsten Distanzindikatoren ab, haben sie doch eine um 10 bis 11 Größenklassen höhere Leuchtkraft als die hellsten kompakten H II-Gebiete in den Galaxien. Das entspricht einer mindestens 10 000mal größeren scheinbaren Helligkeit, also der 100fachen Entfernung, aus der sie noch für uns gegenüber den in Betracht stehenden H II-Gebieten zu sehen sind.

Im Jahre 1924 fiel C. Wirtz eine schwache Korrelation zwischen den v_r -Werten und den Winkeldurchmessern von Galaxien auf. Je kleiner der scheinbare Durchmesser, desto größer war die Rotverschiebung der Spektrallinien. Wirtz erblickte darin (zu Unrecht, wie sich später herausstellte) eine Bestätigung des **de Sitterschen Modells des Universums**, das de Sitter aus der Allgemeinen Relativitätstheorie (ARTh) abgeleitet hatte. Dieses Modell wurde in den Jahren 1916–1917 – also unmittelbar nach der Publikation der ARTh – konzipiert. Damals kannte man erst drei Rotverschiebungen von Galaxien, darunter jene von M 31, welche letztere sich als einzige der drei dem Sonnensystem nähert. Nach dem Modell von de Sitter sollten die Rotverschiebungen mit wachsenden Distanzen zunehmen.

Lundmark und Strömberg führten gleichartige wie die Wirtzschen Beobachtungen durch, kamen aber im Jahre 1925 zu der von Strömberg geäußerten Ansicht, daß kein Zusammenhang zwischen Radialgeschwindigkeiten und Distanzen bestünde.

Hubble beschäftigte sich in derselben Richtung mit dem Problem, gab aber nicht wie Lundmark und Strömberg auf. Im Jahre 1928 kannte er bereits zuverlässige Abstände von 18 Galaxien aus dem Virgo-Haufen. Das lineare Anwachsen der Rotverschiebung mit dem Abstand war nicht mehr zu übersehen, die Strömbergsche These widerlegt. **1929 formulierte Hubble die nach ihm benannte Beziehung als Proportionalität von Radialgeschwindigkeit v_r und Entfernung R der Galaxien:**

$$(1) \quad v_r = H \cdot R.$$

Der mit H bezeichnete Proportionalitätsfaktor heißt **Hubble-Konstante**.

Hubble deutete die Gleichung (1) als Indiz für die **Expansion des Universums**. Andere Interpretationen wurden zwar versucht, konnten aber nicht aufrechterhalten werden.

Die Arbeiten des Hubble-Teams wurden so ernst genommen, daß man ihm die Hälfte der Beobachtungszeit am damals größten Fernrohr der Welt zugestanden hatte.

Die Hubble-Beziehung erwies sich als Konsequenz des in den Jahren 1922 bis 1924 aus den Feldgleichungen der ARTh von **Friedmann** abgeleiteten **Modells des Universums**.

Drückt man die Dopplerverschiebung der Spektrallinie vermöge der Größe $z = (\lambda_{\text{Labor}} - \lambda_{\text{Objekt}})/\lambda_{\text{Labor}}$ aus, dann findet man für $v_r \ll c$, $c =$ Lichtgeschwindigkeit, mit der ausgezeichneten Näherungsformel

$$(2) \quad v_r = c \cdot z = H \cdot R$$

das Auslangen. Kommt jedoch v_r dem Wert c zu nahe, dann ist die exakte relativistische Formel (2') zu benutzen

$$(2') \quad v_r = \frac{(z+1)^2 - 1}{(z+1)^2 + 1} = H \cdot R, \quad -1 < z < \infty.$$

Wie schon gesagt, legte Hubble seinen Rechnungen die scheinbaren Helligkeiten und die absoluten Leuchtkräfte, d. h. die Größenklasse m bzw. M , der hellsten Sterne in den Galaxien der Lokalen Gruppe zugrunde, die einschlägigen Daten von anderen Galaxien waren ihm damals noch nicht zugänglich. Auf Grund der Messungen an 29 nahen Galaxien außerhalb der Lokalen Gruppe, die er bis zum Jahre 1935 auswertete, fand er für die Radialgeschwindigkeit die Formel

$$v_r = 1,22^{m-M}/10$$

$$\text{oder} \quad \log v_r = 0,2(m-M) - 1.$$

Zusammen mit der aus dem Hertzsprung-Russell-Diagramm für Hauptreihensterne geltenden Beziehung

$$\log R = 0,2(m-M) + 1$$

erhielt Hubble für H zunächst den Wert

$$H = 535 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} / \text{Mpc},$$

der von Haus aus als zu große angesehen werden mußte. Der **Kehrwert von H** gibt nämlich den Zeitraum T an, in dem sich die dzt. in 1 Mpc Abstand befindlichen Objekte seit dem Urknall fortbewegt haben. M. a. W., **1/H ist das Weltalter T**. 1935 betrug T nach Hubble

$$T = 10^6 \text{ pc} / 535 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} = 3 \cdot 10^{22} \text{ m} / 5,35 \cdot 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 5,6 \cdot 10^{16} \text{ s} \approx 2 \text{ Mrd. Jahre.}$$

Danach wäre das Weltall jünger als die Erde, die vor 4,6 Mrd. Jahren entstand. Das ist natürlich unmöglich. Tatsächlich wurde H im Laufe der folgenden Jahre dank der Bereinigung von Unsicherheiten und apparativ bedingten Fehlerquellen schrittweise verkleinert.

Im Jahre 1928 begann auch Milton Humason, angeregt durch Hubble, mit dem 2,5-m-Teleskop die Radialgeschwindigkeit von Galaxien zu messen. Nach 7 Jahren verfügte er bereits über 150 Spektren. 1940 lag der von Humason registrierte v-Rekord bei + 40 000 km/s. Das entspricht dem z-Wert 0,13. (Dzt. ist 3,61 das größte beobachtete z.)

Die erste Reduktion von H fand im Jahre 1955 statt. Auf Grund neuer Bestimmungen der Rotverschiebungen und wegen der notwendig gewordenen Revision der P-L-Beziehung der Cepheiden gaben Humason, Mayall und Allan Sandage **H mit 180 km · s⁻¹/Mpc** an.

Sandage, der die Forschungen seines – bereits toten – Lehrers Hubble fortsetzte, hielt sich an die (gleichfalls als Distanzindikatoren brauchbaren) **Nova-Ausbrüche** in nahen und in entfernten Galaxien, einschließlich der Ausbrüche in der Milchstraße. Das Ergebnis war, daß die Leuchtkräfte der Magellanschen Wolken (Abstand der Großen M. W. 42 kpc, der Kleinen M. W. 47 kpc), ferner von M 31, M 33 und NGC 6922 um 2,3^m größer als die Hubbleschen Werte sind. Außerdem fand Sandage, daß – wie schon oben erwähnt – Hubble die hellsten Emissionsnebel (= H II-Gebiete) außerhalb der Lokalen Gruppe für die hellsten Sterne gehalten hatte. Letztere sind aber im Mittel um 1,8 Größenklassen schwächer als die H II-Gebiete. Die nun erforderlich gewordene zweite Korrektur der Hubbleschen Konstante ergab für sie einen Wert zwischen **50 und 100 km · s⁻¹/Mpc**. Der große Spielraum (Faktor 2!) für H erklärt sich aus den noch jetzt bestehenden Unsicherheiten, z. B. bezüglich der sicher vorhandenen Streuung der Leuchtkraftwerte der Leitobjekte.

Nach zehnjähriger Pause nahm Sandage im Jahre 1968 die früheren Arbeiten wieder auf. Er fand, daß die hellste elliptische Galaxie NGC 4472 des Virgo-Haufens die absolute Leuchtkraft $L = -21,7^m$ besitzt. An ihr werden die Leuchtkräfte der hellsten Galaxien in allen anderen Haufen gemessen. Die lineare Hubble-Beziehung wird bis zu $v_r = 140\,000 \text{ km/s}$ [$z = 0,86$; hier ist die relativistische Formel (2') anzuwenden!] bestens durch Beobachtungen bestätigt. Die auftretenden winzigen Abweichungen sind der stets vorhandenen Pekuliarbewegung der Galaxien zuzuschreiben. Daher ist es berechtigt, die Hubble-Beziehung für noch weiter entfernte Objekte als gültig anzusehen und aus deren Rotverschiebung mittels (2') auf den Abstand zu schließen. Allerdings wirkt die Gravitation der hinter jeder Distanzgruppe zurückgebliebenen Massen verzögernd, worauf aber hier nicht eingegangen werden möge. Das hängt von der mittleren Massendichte im Weltall ab.

Gegenwärtig legen einige Astronomen ihren Arbeiten $H = 50 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} / \text{Mpc}$, andere den Mittelwert $H = 75 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} / \text{Mpc}$ zugrunde, und einige plädieren sogar für die obere Schranke des Spielraums, d. s. $100 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} / \text{Mpc}$. Sandage fand in den nahen Galaxienhaufen $H = 57 \pm 3 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} / \text{Mpc}$, im Virgo-Haufen $H = 57 \pm 6 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} / \text{Mpc}$ und bei den Sc-I-Galaxien mit $v_r \geq 3000 \text{ km/s}$ den Wert $H = 55 \pm 6 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} / \text{Mpc}$. Das gäbe Distanzfehler von nur mehr 20% gegenüber früheren Fehlschätzungen von einigen Größenordnungen. Die eben angeführten Ergebnisse stoßen aber teilweise auf Widerspruch, das letzte Wort ist da noch lange nicht gesprochen!

Die Einschränkung des H-Spielraums, die Klärung des Ausmaßes der gravitativen Expansionsverzögerung, die Fragen, ob das Weltall offen oder geschlossen ist, d. h., ob es ewig expandieren oder nach einiger Zeit wieder kontrahieren werde, sind wohl die reizvollsten Probleme der heutigen Kosmologie, welche die Forschung noch lange befruchten und beschäftigen werden.

LITERATUR:

I. D. Nowikow, Evolution des Universums, Verlag MIR, Moskau, BSB B. G. Teubner, Leipzig 1982, S. 30 ff.

Ju. N. Jefremow, In den Tiefen des Weltalls, Verlag MIR, Moskau, BSB B. G. Teubner, Leipzig 1982, S. 137 ff.

Mitteilungen der Ö.P.G.

Institut für Festkörperphysik der Universität Wien*)

Dem Institut gehören vier ordentliche und drei außerordentliche Professoren sowie etwa 30 Universitäts- und Vertragsassistenten an. Die Lehrveranstaltungen des Instituts umfassen Pflicht- und Spezialvorlesungen, Anfängerpraktikum und mehrere Praktika für Vorgesessene. Bei den Forschungsarbeiten, die aufgrund der Größe des Instituts im folgenden nur kurz beschrieben werden, sind im Durchschnitt etwa 20 Studenten im Rahmen ihrer Dissertationen beteiligt. Internationale Kooperationen bestehen mit Instituten in USA, UdSSR, ČSSR, BRD, DDR, Frankreich, Großbritannien und Ägypten.

Elektronenmikroskopie

Elektronenmikroskopische Untersuchungen werden in engem Zusammenhang mit mechanischen Eigenschaften, Phasenumwandlungen und Ordnungs-Unordnungs-Übergängen in Metallen und Legierungen durchgeführt. Im Vordergrund steht derzeit die Untersuchung der Phasenumwandlung von Kobalt.

Verformung von Metallen

Das Verfestigungsverhalten und Sintern von reinen Metallen bei hohen Verformungsgraden wird mittels eines Ultraschallverfahrens untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Untersuchung der Dauerschwingfestigkeit rißfreier und rißbehafteter Werkstoffe.

Legierungen

Einerseits werden neue theoretische Konzepte zur Beschreibung von Frühausscheidungen und der elektrischen Leitfähigkeit in metallischen Legierungen entwickelt. Das Schwergewicht der Experimente liegt andererseits auf Untersuchungen der Mikrostruktur von Legierungen (Nahordnung bzw. Nahentmischung) und der Versetzungsstruktur bei sehr hoher Verformung mit mechanischen, elektrischen und elektronenmikroskopischen Meßmethoden.

Tiefemperaturphysik

An reinen Metallen und Legierungen werden Tieftemperaturmessungen ($T \sim 4.2\text{K}$) der Wärmeleitung, der elektrischen Leitfähigkeit, der Hallkonstanten, der Thermokraft und der magnetischen Widerstandsänderung durchgeführt. Daraus lassen sich Erkenntnisse über die elektronische Struktur und die Elektronenstreuprozesse gewinnen.

Plastizität

Unter Benützung von Elektronenmikroskop, Präzisionsformungsmaschinen, Kryostaten und div. Kristallzuchtanlagen werden Gleitsysteme und Versetzungen zur Klärung der Anisotropie und Gleitgeometrie im krz Gitter (Alkalimetalle) ebenso wie die sogenannten Anomalien des Tieftemperaturverhaltens kfz und hex Metalle untersucht.

Auf theoretischem Gebiet werden Berechnungen der Stabilität von Versetzungsreaktionen, der Selbstenergie und -spannung von Versetzungen in anisotropen Medien durchgeführt. Versetzungsdämpfungsmechanismen werden untersucht.

Innere Reibung

Zur Untersuchung der Wechselwirkung von Punktdefekten und Versetzungen werden Messungen der Inneren Reibung und des Elastizitätsmoduls durchgeführt. Weiters laufen Untersuchungen zum Beitrag extremer Versetzungsstrukturen zur Inneren Reibung.

Halbleiterphysik

Die elektrischen Eigenschaften von Leitungselektronen und Fremdatomen in Halbleitern werden mittels Fouriertransformationsspektroskopie im Infrarot untersucht.

Die weltweit industriell benutzte Methode der Kernwandlungs-Dotierung des Halbleiters Silizium wird für Verbindungs-halbleiter, wie das für die Optoelektronik wichtige Gallium Phosphid angewandt. Der erst vor 3 Jahren entdeckte, aufsehenerregende Quanten-Halleffekt (Präzisionsbestimmung der Feinstrukturkonstante) wird in Heterostrukturen aus Galliumarsenid

*) Strudlhofgasse 4, 1090 Wien
Institutsvorstand: o. Univ.-Prof. Dr. F. Stangler

und Gallium-Aluminiumarsenid untersucht; die für die Beobachtbarkeit erforderliche zweidimensionale Elektronen-Schicht bildet sich an der Grenzschicht der beiden Halbleiter der Heterostruktur.

Die Entwicklung von billigen Solarzellen wird auf der Basis von metallurgischem Silizium betrieben. Im Jahre 1983 gelang mit der Herstellung von solchen Zellen mit 10% Wirkungsgrad ein entscheidender Fortschritt.

Synthetische Metalle

Dotiertes Polyazetylen und interkalierter Graphit zeigen hohe elektrische Leitfähigkeit, wobei besonders mit letzterem Werte nahe jener der begleitenden Metalle erreichbar sind. Zur Untersuchung der Leitungsmechanismen werden Halleffekt- und Magnetowiderstands-Experimente durchgeführt. Die Bindungsverhältnisse und die Mikrostruktur von Polymeren werden mittels Ramanstreuung und optischen Absorptions-Messungen untersucht.

Die Arbeiten zu den Themenkreisen „Halbleiterphysik“ und „Synthetische Metalle“ werden zum Großteil am Ludwig-Boltzmann-Institut für Festkörperphysik (Leitung: o. Univ.-Prof. Dr. K. Seeger) durchgeführt.

a. Univ.-Prof. F. Kuchar

Kurznachrichten

Schallteilchen benehmen sich wie Lichtteilchen. Stoßversuche an Atomen gelingen nicht nur mit Lichtteilchen (Photonen), sondern auch mit Schall- oder Wärmeteilchen, postulieren die theoretischen Physiker. Ein Photon genügender Energie stößt aus einem Atom ein Elektron heraus, dieser Vorgang ist unter dem Namen photoelektrischer Effekt bekannt. Ähnliches passiert mit einem **Phonon**. Es soll ein ganzes Atom aus dem Anziehungsbereich seiner Nachbarn herauschlagen, wenn es genügend Energie, mindestens die Bindungsenergie (bei einer Flüssigkeit die Verdampfungswärme), übertragen hat. Die restliche Energie bekommt das Atom als kinetische Energie mit auf den Weg. In Analogie zum photoelektrischen Effekt wird der Vorgang als **phonokinischer Effekt** bezeichnet.

Das britische Physiker-Team M. J. Baird, F. R. Hope und A. F. G. Wyatt von der Universität in Exeter hat den phonokinischen Effekt erstmalig nachweisen können. (Nature 304 vom 28. Juli 1983, S. 305, 325–326.) Sie erzeugten in flüssigem Helium durch schubweises Erhitzen Phononen. Die Energie der durch die Phononen ausgestoßenen Heliumatome wurde mit einem Bolometer (empfindliches Widerstandsthermometer) gemessen.

Unter 0,1 Kelvin kalte Phononen vermochten kaum ein Atom herauszuschlagen, außerdem zerfielen sie nach kürzester Flugstrecke. Hingegen konnten Phononen von 9,5 bis 14 Kelvin einige Zentimeter weit fliegen. Sie ließen durch Stoßprozesse deutliche Mengen von Heliumatomen verdampfen. Wärmere Phononen waren übrigens langsamer als kältere.

Die Versuche wurden auch mit normalem Helium-4 durchgeführt, dem das leichte Helium-3-Isotop zugesetzt war. Helium-3-Atome ließen sich wegen der geringeren Masse und der damit verbundenen kleineren Verdampfungsenergie leichter als Helium-4 von den Phononen herausstoßen (siehe auch Artikel „Quantenhafter Verdunster“).

Petra Schulz

Einsteinium-Eigenschaften entdeckt. Das exotische, künstliche, radioaktive Element Einsteinium, ein Abfallprodukt von Wasserstoffbombenversuchen und Kernkraftwerken, konnte von amerikanischen Forschern aus Los Alamos National Laboratory erstmals auf seine chemischen und physikalischen Eigenschaften hin näher untersucht werden. Nur ein Staubkörnchen stand den Wissenschaftlern für ihre Versuche zur Verfügung, mit dem sie äußerst sparsam haushalten mußten. Zu allem Unglück war das kostbare exotische Element wenig haltbar, denn schon nach 20 Tagen war nur noch die Hälfte der Substanz vorhanden, der verschwundene Rest war radioaktiv zerstrahlt. Trotzdem gelangen den Experimentatoren Messungen an einem unsichtbaren Krümel von einem Millionstel eines Millionstel Gramms, das sie vorher in das seltene Metall Ytterbium eingeschmolzen hatten.

Wichtige Eigenschaften ließen sich hierbei ableiten: Einsteinium ist ein zweiseitiges Metall wie der Knochenbestandteil Calcium, kann also zwei Wasserstoffatome an sich binden. Außerdem verflüchtigt es sich beim Erwärmen viel leichter als das Leichtmetall Calcium.

Dank bisheriger Forschungsergebnisse kann Einsteinium künftig möglicherweise den giftigen Kernbrennstoff Plutonium

aus Atomkraftwerken verdrängen, kann als Strahlungs- und Neutronenquelle dienen sowie bei der Erkennung von Krankheiten mithelfen.

Petra Schulz

Quelle: Industrial Research & Development, April 1983, S. 60.

Die Lichtgeschwindigkeit c als Längeneinheit. Das Bestreben, die Maßeinheiten der physikalischen Grundgrößen an Naturkonstanten zu orientieren, und die hohe Genauigkeit der c-Messung (derzeit $c = 299\,792\,456,2 \pm 1,1$ m/s) veranlaßten das Komitee des Intern. Bureau of Weights and Measures den Vorschlag ernstlich zu erwägen, nach dem die Meterdefinition folgendermaßen lauten soll: „1 m ist die in 1/299 792 458 Sekunden von einer ebenen elektromagnetischen Welle im Vakuum zurückgelegte Strecke.“ Falls der Vorschlag angenommen wird, steht künftig nicht mehr die Größe von c bei Versuchen zur Erhöhung der Genauigkeiten zur Debatte. Vielmehr wäre die Länge des Meters zu modifizieren! (Lit.: Scient. Am., VI. '82, S. 63, 299, 792, 458 m/s.)

Asteroiden mit großer Tageslänge. Wegen ihrer i. a. geringen Größe erfolgt die Drehung um die eigene Achse bei den meisten Asteroiden ziemlich rasch. Doch gibt es Ausnahmen. In der jüngsten Zeit fand man solche Objekte mit folgenden Rotationsperioden:

1982 DV	.....	3 ^d 3 ^h ,
182 Elsa	.....	3 ^d 8 ^h ,
1689 Floris-Jan	.....	6 ^d 1 ^h ,
1981 QA	.....	6 ^d 4 ^h ,
288 Glauke	.....	≈ 47 ^d .

Derzeit sind 9 Asteroiden bekannt, die für eine Eigendrehung länger als zwei Erdentage brauchen. Die Drehdauer wird den periodischen Helligkeitsschwankungen entnommen, die infolge der unterschiedlich starken Reflexion des Sonnenlichtes an den verschiedenartig strukturierten Oberflächenregionen auftreten. Deshalb sind die Umlaufzeiten so lange nicht mit der in der Himmelskunde gewohnten Präzision zu bestimmen, solange nicht die Inaugenscheinnahme von nahe vorbeifliegenden Raumsonden aus erfolgen kann. (Lit.: Sky and Tel., Juni 1983, S. 504, The Slowest-Spinning Asteroids.)

Ein neuartiger Variablenstern. Der 14^m-Stern PG 1159-035 besitzt Eigenschaften, welche die Aufmerksamkeit der Fachwelt auf sich lenken. Schon die Oberflächentemperatur von rund 120 000 K sowie das Ausmaß der Schwerebeschleunigung an seiner Oberfläche von mehr als $10^4 \cdot g = 100 \text{ km/s}^2$ lassen aufhorchen. PG 1159-035 ist obendrein veränderlich, u. a. treten Perioden von 460 s und 539 s auf. Im HRD (Hertzprung-Russell-Diagramm) liegt sein Bild in keiner der Instabilitätszonen, im Spektrum fehlen die H-Linien, wohl aber sind Linien von ionisiertem He vorhanden. Aus den die Variabilität bewirkenden Sternoszillationen könnte unter Rücksichtnahme auf die Oberflächentemperatur eine Zusammensetzung des Sterninneren aus 10% Kohlenstoff und 90% Sauerstoff geschlossen werden, wenn dem nicht die beobachteten Periodizitäten der Helligkeit widersprächen. Das Objekt ist offenbar der erste Vertreter einer neuen Klasse von veränderlichen Sternen. (Lit.: Sky and Tel., Juni 1983, S. 506, The Case of PG 1159-035: A New Type of Variable Star.)

Ein Schwarzes Loch im Zentrum der Milchstraße? Die Beobachtung des galaktischen Zentrums ist nur in jenen Frequenzbereichen möglich, deren Strahlung die Massen interstellarer Materie zwischen uns und dem Zentrum unbehindert durchdringen vermögen. (Sichtbarem Licht ist das galaktische Zentrum total unzugänglich.) Und da häufen sich die Indizien für ein vorhandenes Schwarzes Loch.

Am NRAO (Nat. Radio Astr. Obs.) registrierte man ein kompaktes, S-förmiges Objekt, das offenbar glühendes Gas in Form von Jets auswirft, von denen die Radiostrahlung stammt.

Noch gravierender sind die Röntgen- und Gamma-Spektren zu werten, die von Ballons mit geeigneten Detektoren an Bord aufgenommen wurden. M. Leventhal (Bell Labs.) meldet das Auftreten von 511 keV Gammaphotonen, also der Vernichtungsstrahlung bei e^-e^+ -Zerstrahlung. Die Positronen müssen natürlich vorher entstehen, was nur unter gewaltigem Energieaufwand statthaben kann. Überdies schwankt die Intensität der 511-keV-Linie innerhalb eines halben Jahres um den Faktor 3 bis 4. Weil keine Wirkung rascher als das Licht fortschreitet, ist der Durchmesser der Positronenquelle höchstens 0,5 Lj. Energien derartiger Größe, erzeugt auf relativ kleinem Raum, sprechen stark für die Existenz eines Schwarzen Loches im Zentrum unserer Milchstraße, obwohl die Winkelauflösung der Gamma-Detektoren erst 4° bis 5° beträgt. Weitere Beobachtungen werden uns hoffentlich dem Sachverhalt näherbringen. (Lit.: 1. Sci. News, Bd. 121, S. 293, 1. 5. 1982; 2. Science, M. M. Waldrop, Bd. 216, S. 838, 21. 5. 1982.)

WIRTSCHAFTS- UND SOZIALGEOGRAPHIE WIRTSCHAFTSINFORMATIONEN

Prof. W. Sitte

Zur Schreibung chinesischer geographischer Bezeichnungen mit lateinischen Buchstaben

Um die chinesischen Schriftzeichen in das lateinische Alphabet westlicher Sprachen übertragen zu können, pflegte man nationale Umschriftsysteme zu verwenden, die jeweils für das Englische, Französische, Deutsche usw. speziell entwickelt wurden. Seit dem ersten Transkriptionsversuch durch den Jesuitenmissionar Matteo Ricci im Jahr 1605 hat man mehr als 50 verschiedene Umschreibungssysteme entwickelt. Die stärkste internationale Verbreitung fand das von Thomas Francis Wade 1859 geschaffene und von Herbert Allen Giles 1892 verbesserte sogenannte Wade-Giles-System. 1979 wurde es in der Volksrepublik China durch die Hanyu-Pinyin-Umschrift, oft verkürzt nur Pinyin genannt, ersetzt. Sie ist seither das offizielle Transkriptionssystem der Volksrepublik für das lateinische Alphabet. Nur Hongkong und Taiwan bedienen sich noch der Umschreibung nach dem Wade-Giles-System.

Das Hanyu-Pinyin-System wurde schon in den fünfziger Jahren in der Volksrepublik eingeführt, verfiel aber dann in der Zeit der Kulturrevolution der Diskriminierung und wurde danach wieder eingeführt. Es besteht aus 20 Konsonanten und den Vokalen des lateinischen Alphabets. Die meisten entsprechen ungefähr dem deutschen Lautwert. Ausnahmen sind vor allem:

j = Jeep (englisch) vor I- und Ü-Lauten
q = tj, wie im Wort SchatTJahr
x = ch, wie in iCH
ch = tsch
zh = dsch
sh = sch
a = in der Silbe -ian zu ä
o = in -ong zu u
u = nach j, q, y, x zu ü
ao = au
ei = eight (englisch)

Neuerdings setzt sich das Hanyu-Pinyin-System auch außerhalb der Volksrepublik international immer stärker durch. Auch die meisten neueren Atlanten verwenden es. Leider finden wir es noch nicht in den neuen österreichischen Schulatlanten. Dagegen verwendet es die von Kümmerly & Frey 1983 neu herausgegebene Straßenkarte von China im Maßstab 1 : 5 Mio.

Die abgebildete Karte (Abb. 1) zeigt die heutige Verwaltungsgliederung der Volksrepublik. Mit Hilfe der Nummerierung kann man in Tabelle 1 die Namen der einzelnen Einheiten feststellen. Zuerst steht die Pinyin-Transkription und dann folgt der Name in der Schreibweise, die der Österreichische Oberstufenatlas (Verlag Hölzel, Wien 1982) verwendet. Tabelle 2 bringt in gleicher Weise die Namen wichtiger Städte, Tabelle 3 die einiger Flüsse.

Tabelle 1

PROVINZEN:

1 Heilongjiang	Heilungkiang
2 Jilin	Kirin
3 Liaoning	Liaoning
4 Hebei	Hopeh
5 Shandong	Schantung
6 Shanxi	Schansi
7 Shaanxi	Schensi
8 Jiangsu	Kiangsu
9 Anhui	Anhwei
10 Henan	Honan
11 Gansu	Kansu
12 Zhejiang	Tschekiang
13 Hubei	Hupeh
14 Sichuan	Szetschuan
15 Qinghai	Tsinghai
16 Fujian	Fukien
17 Jiangxi	Kiangsi
18 Hunan	Hunan
19 Guizhou	Kweitschou
20 Guangdong	Kwangtung
21 Yunnan	Jünnan

AUTONOME REGIONEN:

A1 Nei Monggol	Innere Mongolei
A2 Ningxia	Ningsia-Hui
A3 Guangxi	Kwangsi
A4 Xinjiang	Sinkiang
A5 Xizang	Tibet

REGIERUNGSUNMITTELBARE STÄDTE:

B Beijing	Peking
Ti Tianjin	Tientsin
S Shanghai	Schanghai

Tabelle 2

Guangzhou	Kwangtschou (Kanton)
Nanjing	Nanking
Chongqing	Tschungking
Xi'an	Hsian
Ürümqi	Urumschi
Qingdao	Tsingtau
Chengdu	Tschengtu
Lanzhou	Lantschou
Lüda	Lüta (Pt. Arthur)
Changchun	Tschangtschun
Zhengzhou	Tschengtschou

Tabelle 3

Changjiang	Jangtschekiang
Huang he	Hwangho
Xijiang	Hsikiang (Sikiang)

W. S.

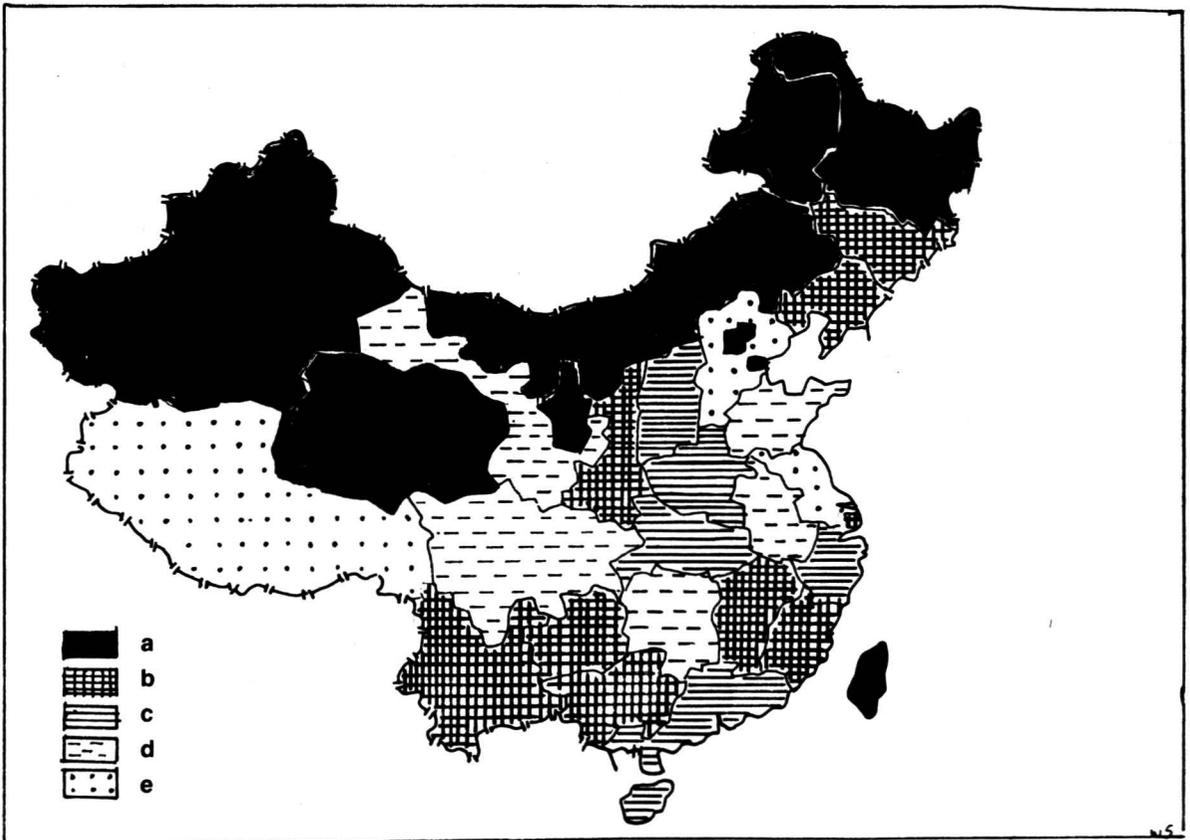
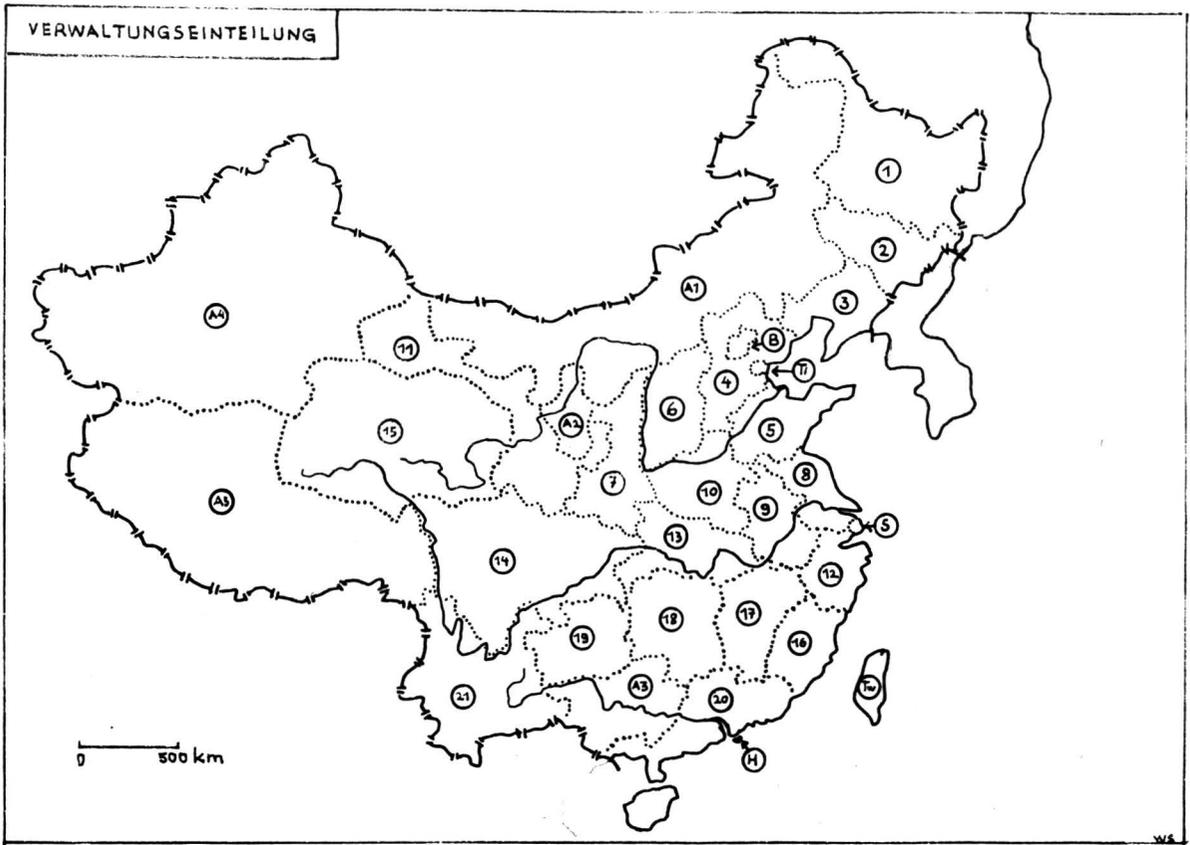


Abb. 1: Bevölkerungswachstum 1953 bis 1982 in den Verwaltungseinheiten (Entw. W. S.)

- a: sehr stark überdurchschnittlich (über 130%)
- b: überdurchschnittlich (78,1 bis 130%)
- c: durchschnittlich (68 bis 78%)
- d: leicht unterdurchschnittlich (50 bis 67,9%)
- e: stark unterdurchschnittlich (weniger als 50%)

Die Bevölkerungszunahme — Langzeitproblem Nummer 1 in der Volksrepublik China

Das Bevölkerungsproblem ist eines der wichtigsten Probleme, das die wirtschaftliche, gesellschaftliche und politische Entwicklung der Volksrepublik China in den nächsten Jahrzehnten beeinflussen wird. Damit hängt nicht nur die Frage der Sicherstellung der Ernährung zusammen, sondern es sind auch Probleme im Zusammenhang mit der Bereitstellung von Ausbildungs- und Arbeitsplätzen, mit der Energieaufbringung, mit der Altersversicherung, mit der materiellen Versorgung der Bevölkerung usw. damit verbunden. Nicht zuletzt berührt es auch sozial- bzw. individualpsychologische Fragen.

Es hat 180 Jahre gedauert, ehe sich die chinesische Bevölkerung von zirka 270 Millionen (1770) auf zirka 540 Millionen (1950) verdoppelt hatte. Die nächste Verdoppelung auf über eine Milliarde Menschen (1982) vollzog sich dagegen in drei Jahrzehnten.

Untersucht man den Zeitraum nach der Gründung der Volksrepublik (1949) näher, so kann man heute auf Grund der vorliegenden Quellen fünf verschiedene Perioden der Bevölkerungsentwicklung unterscheiden.

I. Zwischen 1950 und 1957 lagen die jeweiligen Geburtenraten sehr hoch, während gleichzeitig die Sterberaten abzunehmen begannen. Im Durchschnitt betrug in einem Jahr die Geburtenrate in dieser Zeit 36%, die Sterberate 14% und der natürliche Bevölkerungszuwachs pro Jahr 13 Millionen Menschen.

II. Zwischen 1958 und 1961, es war die Zeit des „Großen Sprunges nach vorn“ und schwerer Naturkatastrophen, fiel die Geburtenrate auf einen jährlichen Mittelwert von 23%, während gleichzeitig das Mittel der Sterberate auf 17% stieg. Pro Jahr wuchs damals Chinas Bevölkerung nur um 4 Millionen.

III. In der anschließenden Periode von 1962 bis 1971, in ihr lagen auch die stürmischen Jahre der „Großen Proletarischen Kulturrevolution“, kam es zu einem ungemein starken Bevölkerungswachstum, das gewissermaßen unter der Devise abließ: „Je mehr Menschen, desto besser.“ Der Durchschnittswert der Geburtenrate pro Jahr betrug in dieser Zeit 36%, derjenige der Sterberate 9%. Die Bevölkerung wuchs damals jährlich im Mittel um 20 Millionen!

IV. Ab 1972 wurde es der politischen Führung klar, daß bei der Fortsetzung eines derart starken Wachstums der Bevölkerung nicht nur alle volkswirtschaftlichen Zuwächse aufgezehrt, sondern letztlich auch die Gesamtsituation in der Volksrepublik unhaltbar werden würde. Im Zeitraum 1951 bis 1973 vergrößerte sich beispielsweise das gesamte Bruttosozialprodukt um das Vierfache, der Pro-Kopf-Wert nahm dagegen nur um das Doppelte zu. Oder: Während die gesamte Getreideproduktion von 1951 auf 1973 von 135 Millionen auf 265 Millionen Tonnen anstieg, veränderte sich die Produktionsmenge pro Kopf der Bevölkerung bloß von 342 kg auf 358 kg. In den siebziger Jahren begannen daher mit zunehmender Intensität offizielle Bemühungen, das unkontrollierte Bevölkerungswachstum einzudämmen.

Tatsächlich trat zunächst ein Rückgang der Geburten ein. Während 1970 durchschnittlich 75 000 Kinder pro Tag zur Welt kamen (auf das ganze Jahr umgerechnet ergibt das 27,4 Millionen), wurden 1979 im Durchschnitt nur noch 47 000 pro Tag geboren (was in der Umrechnung auf das ganze Jahr 17,2 Millionen ergibt). Für die ganze Periode von 1972 bis 1979 machte die Geburtenrate im Schnitt 22% pro Jahr aus, die Sterberate 7%.

1981 wurden jedoch bei einer Geburtenrate von 21% wieder 20,7 Millionen Neugeborene gezählt; die Sterberate lag damals bei 6%, was in absoluten Zahlen ausgedrückt 6,3 Millionen Gestorbene bedeutet. 1981 machte daher der natürliche Bevölkerungszuwachs 14,4 Millionen Menschen aus. Bedenkt man, daß Chinas Bevölkerung jung ist (zirka 50% unter 21) und daß in den nächsten Jahren jährlich über 20 Millionen in das heiratsfähige Alter kommen, zwischen 1983 und 1985 sogar 25 Millionen (Auswirkung des Baby-Booms der sechziger Jahre), versteht man die Verschärfung der Maßnahmen im Rahmen der chinesischen Familienplanungspolitik, zumal sowohl die Auswanderungsalternative (die Anzahl der im 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts emigrierten „Überseechinesen“

soll 16 Millionen betragen) als auch die Expansionsalternative von der derzeitigen Regierung als nicht diskutabel angesehen werden.

V. Anfang 1982 riefen das ZK der KP Chinas und der Staatsrat in einer Anweisung die Kader des Staates, die Angestellten und Arbeiter sowie die Städter zur **1-Kind-Ehe** auf. Auch die Landbevölkerung wurde zur 1-Kind-Familie aufgerufen. Allerdings kann die Geburt eines zweiten Kindes in besonderen Fällen geprüft und genehmigt werden. Mit dieser Zielsetzung hofft man, die Bevölkerung Chinas bis zum Jahr 2000 unter 1,2 Milliarden zu halten. Für 1985 werden 1,06 Milliarden anvisiert. Ende 1982 zählte man in der Volksrepublik 1,015 Milliarden Einwohner.

Die wichtigsten **Mittel zur Erreichung** dieses Zieles sind: umfassende Aufklärung und Beratung, Spätheirat, späte Geburt (Frauen, die erst nach dem 25. Lebensjahr ein Kind bekommen, haben das Recht auf längeren Schwangerschaftsurlaub), Gratisverteilung von Verhütungsmitteln (allerdings nur an Verheiratete!), Zulassung der Abtreibung (aber nicht mehrmals), Sterilisation (auch beim Mann), wirtschaftliche Begünstigungen (Arbeitsplatz, Wohnung), sozialpolitische Maßnahmen (Altersheime und -pensionen, damit der Glaube, nur Söhne bedeuten eine Altersversicherung, der besonders noch auf dem Land anzutreffen ist, ad absurdum geführt wird), aber auch Sanktionen im Falle von Verstößen gegen die 1-Kind-Regel. (So erhält nur das erste Kind soziale Vergünstigungen, wie kostenlose ärztliche Betreuung, kostenlose Kinderhorte bzw. -gärten und kostenlose Grundschulausbildung. In der Landwirtschaft werden mit Bauern, die die Geburtenkontrolle untergraben, keine „Selbstverantwortlichkeitssystem-Verträge“ abgeschlossen.) Die Familienplanung ist direkt dem Staatsrat unterstellt und auf allen gesellschaftspolitischen Ebenen, bis herab zu den Danweis, durch Komitees bzw. Verantwortliche vertreten. Nach der neuen chinesischen Verfassung (4. 12. 1982) hat das Ehepaar „beiderseitig die Pflicht zur Familienplanung“.

Trotz bereits feststellbarer Erfolge dieser Familienpolitik (in den großen Städten Beijing, Shanghai, Tianjin und vier Provinzen beläuft sich der Anteil der Eltern mit nur einem Kind 1983 auf 80 bis 90% aller Eltern), ist die Frage, ob es der Volksrepublik bis 2000 gelingen wird, jährlich nur eine Bevölkerungszunahme von 9,5% zu erreichen und damit unter 1,2 Milliarden Einwohnern zu bleiben, noch offen. Von allen 1981 geborenen Kindern Chinas hatten 28,1% bereits zwei oder mehr Geschwister, 25,4% waren Zweitgeborene und nur 46,5% Erstgeborene. Vor allem wird der Erfolg wahrscheinlich davon abhängen, ob es gelingt, die ländliche Bevölkerung (80% der Bevölkerung) von der 1-Kind-Ehe zu überzeugen, was nicht nur wegen der großen Kinderliebe der Chinesen nicht ganz so leicht sein wird.

Ein starker Teil der landwirtschaftlichen Produktion erfolgt derzeit noch händisch. Dabei ist jede Arbeitskraft wichtig. Durch die Einführung des „**Verantwortlichkeitssystems**“, bei dem die einzelnen Familien für die zugewiesenen Felder die volle Verantwortung tragen und die über die festgelegten Ablieferungsmengen hinausgehenden Erträge frei verkaufen dürfen, bedeutet jedes weitere Kind eine zusätzliche Arbeitskraft. Wird hier der gesamtwirtschaftliche Wunsch nach Produktionserhöhung nicht zu Ausnahmegenehmigungen führen?

Ein weiteres Problem, das bei konsequenter Durchsetzung der 1-Kind-Familie auftaucht: In der nächsten Generation wird es keine Brüder, Schwwestern, Tanten, Onkels geben und auf zwei Großelternpaare (die Lebenserwartung wird länger) wird es nur einen Enkel geben. Das muß Auswirkungen auf das zwischenmenschliche Beziehungsgefüge, das Sozialverhalten, die Erziehung und anderes vieles mehr haben.

Die 1-Kind-Familie als demographische Zielsetzung ist ein großes Experiment, das sicher unterschiedlich beurteilt wird. Alle, die sich mit Bevölkerungsfragen beschäftigen, werden es jedoch aufmerksam beobachten, und vielleicht wird es in manchen Ländern der Dritten Welt Schule machen.

In der angeschlossenen **Karte** *) (Abb. 1) wurde das **Bevölkerungswachstum** (also natürliche Zunahme plus Binnenwanderung) in den einzelnen Verwaltungseinheiten für die Zeit von 1953 bis 1982 in der Weise dargestellt, daß ausgehend vom durchschnittlichen Wachstum ganz Chinas je zwei darüberliegende (sehr stark überdurchschnittliches bzw. überdurchschnittliches Wachstum) und je zwei darunterliegende Wertstufen (leicht unterdurchschnittliches bzw. stark unterdurchschnittliches Bevölkerungswachstum) gebildet wurden.

*) Zur Orientierung verwende man die Karte der Verwaltungsgliederung auf Seite 47 dieses Heftes!

Tabelle 1

Nummer auf der Karte auf Seite 47	Verwaltungseinteilung	Einwohner 1953	Einwohner 1982	Zunahme 1953 bis 1982 in %
14	Sichuan	62 303 999	99 713 310	60,0
10	Henan	44 214 594	74 422 739	68,3
5	Shandong	48 876 548	74 419 054	52,2
8	Jiangsu	41 252 192	60 521 114	46,7
20	Guangdong	34 770 059	59 299 220	70,5
18	Hunan	33 226 954	54 008 851	62,5
4	Hebei	35 984 644	53 005 875	47,3
9	Anhui	30 343 637	49 665 724	63,6
13	Hubei	27 789 693	47 804 150	72,0
12	Zhejiang	22 865 747	38 884 603	70,0
3	Liaoning	18 545 141	37 721 693	92,6
17	Jiangxi	16 772 865	33 184 827	97,8
1	Heilongjiang	11 897 309	32 665 546	174,6
21	Yunnan	17 472 737	32 553 817	86,3
7	Shaanxi	15 881 281	28 904 423	82,0
19	Guizhou	15 037 310	28 552 997	89,9
16	Fujian	13 142 712	25 931 106	97,3
6	Shanxi	14 314 485	25 291 389	76,7
2	Jilin	11 290 073	22 560 053	99,8
11	Gansu	12 928 102	19 569 261	51,4
15	Qinghai	1 676 000	3 895 706	132,4
A3	Guangxi	19 560 822	36 420 960	86,1
A1	Nei Monggol	6 100 104	19 274 279	216,0
A4	Xinjiang	4 873 608	13 081 681	168,4
A2	Ningxia	(1 500 000)	3 895 578	159,4
A5	Xizang	1 273 969	1 892 393	48,5
S	Shanghai	6 204 417	11 859 748	91,1
B	Beijing	2 768 149	9 230 687	233,4
Ti	Tianjin	2 693 831	7 764 141	188,2
Tw	Taiwan	7 591 298	18 270 749	140,7
	CHINA	590 194 715	1 026 503 884	73,0

Um die Analyse zu erleichtern, sind außerdem die Ergebnisse der letzten Volkszählung im Jahre 1982 mit denen der Volkszählung von 1953 in absoluten Zahlen als Vergleich angeführt.

Die Angaben dieser beiden **Volkszählungen** besitzen einen hohen Genauigkeitsgrad. Bei einer detaillierten Analyse der räumlichen Differenzierung wird man selbstverständlich noch weitere Daten benötigen. Ich möchte in diesem Zusammenhang auf das von **H. Dürr und U. Widmer** bearbeitete Buch „**Provinzstatistik der Volksrepublik China**“ (Mitteilungen des Instituts für Asienkunde 131, Hamburg 1983) verweisen. Dort werden mit insgesamt 1100 Indikatoren sozioökonomische Strukturen und Trends in den Provinzen beschrieben. Bei Abfassung meines Aufsatzes war es in Wien allerdings noch nicht zu erhalten.

Quellen:

Liu Zheng and others: China's Population: Problems and Prospects. New World Press, Beijing, 1981. 1981/82 China Official Annual Report, Kingsway Intern. Publications, Hongkong 1981. Beijing Rundschau 1982, Nr. 45; 1983, Nr. 7, Nr. 16. China im Aufbau 1983, Nr. 6. C. W. Pannell and L. J. C. Ma: China: E. Arnold, London, 1983. Geographical Review, April 1983. La Recherche Nr. 139 (1982). W. Kraus: Wirtschaftliche Entwicklung und sozialer Wandel in der Volksrepublik China: Springer, Berlin, 1979. Statistik des Auslandes: Länderkurzbericht Volksrepublik China 1983; Kohlhammer, Stuttgart, 1983. Informationen zur politischen Bildung 198 (Die Volksrepublik China); Bonn, 1983. China aktuell, November 1982, Hamburg. H. Dürr, Ostasien; in Harms Asien 2, München 1982.

Wolfgang Sittl

Peter Haßlacher

Der Nationalpark Hohe Tauern — ein Berggebietsmodell im Aufbau

„Wir sind gerade dabei, eine Bestandsaufnahme der Tiroler Landschaften nach naturwissenschaftlichen und volkswirtschaftlichen Kriterien vorzunehmen. In diesem Verzeichnis des Lebensraumes kommt der **Existenz eines Nationalparks**, der gewissermaßen das höchste Modell für den Landschaftsschutz und den Erholungsraum darstellt, **richtungsweisende Bedeutung** zu.“

(Zitat aus der Rede von Landeshauptmann Wallnöfer anlässlich der Unterzeichnung der Dreiländervereinbarung von Heiligenblut, Oktober 1971.)

Angeregt durch die ersten Nationalparks in den USA (Yellowstone National Park, 1872) und Kanada (Banff National Park, 1885), gab es in Österreich bereits im Jahre 1909 die ersten Initiativen für einen „Naturschutzpark“ in den Hohen Tauern. Von der Hartnäckigkeit der Naturschutzorganisationen und alpinen Vereine getragen, überlebte diese Idee zwei Weltkriege und bewirkte schließlich die „**Dreiländervereinbarung**“ zwischen Kärnten, Salzburg und Tirol vom 21. Oktober 1971. Trotz der

damals einmütig abgegebenen Bekenntnisse zur möglichst raschen Realisierung des Nationalparks zwischen der Birnlücke im Westen und dem Katschberg im Osten wurden die ersten Schritte zur Verwirklichung durch den Erlaß von Verordnungen und Gesetzen erst zu Beginn der 80er Jahre gesetzt. In diesem Zeitraum entwickelte sich der Planungsraum für den Nationalpark in den Hohen Tauern zu einem Musterbeispiel alpiner Raumordnungspolitik, welches deutlich aufzeigt, daß Bergregionen immer häufiger in den Mittelpunkt von Interessenskonflikten zwischen den Nutzungsansprüchen der Technik (E-Wirtschaft, Tourismus, Verkehrswege usw.) und des Naturschutzes geraten. Aus diesem Widerstreit zwischen Ökonomie und Ökologie kann mittlerweile auch abgeleitet werden, daß Naturschutzanliegen (z. B. Flächenschutz) nur mehr über das Instrument der Raumordnung, unter dem ausgleichenden Aspekt des gleichzeitig Schützens und Förderns, erreichbar sind. Erst nachdem die Grundzüge der Förderung für die Nationalparkregionen auch im Gesetzestext feststünden, gelangen der Nationalparkplanung die durchschlagenden Erfolge.

1. Gründe für die Realisierungsverzögerungen

● Die **ungeschickte Propagierung der Nationalparkidee** durch die Überbetonung des Schutzgedankens (Reservat) weckte bei der ortsansässigen Bevölkerung die Befürchtung eines Naturschutz-Glassturzes (Einschränkung der Rechte der bäuerlichen Grundbesitzer, Erschwernisse bei der traditionellen Almbewirtschaftung, Enteignung ohne Entschädigung, keine Förderung usw.), welche schließlich zur Abwehrhaltung gegen den Nationalpark als „Fortschrittshemmnis“ wuchs.

● Die Planung der Grenzziehungs- und Zonierungsvorschläge fand bis gegen Ende der 70er Jahre unter Ausschluß der betroffenen Gemeinde- und Grundbesitzervertreter statt (Planung „von oben“).

● Ein Hauptproblem stellen die großen **Disparitäten** zwischen den struktur- und entwicklungsschwachen Nationalparkgemeinden und

– einerseits hochentwickelten Fremdenverkehrszentren **außerhalb** des Planungsraumes dar (z. B. Zillertal, Stubaital, Saalbach usw.), sowie den

– andererseits wirtschaftlich besser gestellten Gemeinden mit Industrieanstaltungen und skitechnischen Transportanlagen **innerhalb** der Nationalparkgemeinden.

Von insgesamt 33 im Planungsraum des Nationalparks (Größenordnung der Dreiländervereinbarung 1971) gelegenen Gemeinden gehören nämlich 19 in die Reihe der Förderungsgebiete der „Sonderaktion des Bundeskanzleramtes zur Stärkung entwicklungsschwacher ländlicher Räume in Berggebieten Österreichs“.

Sie sind besonders in Osttirol geprägt von den charakteristischen Merkmalen traditionell peripherer Gebiete: schlechte Erreichbarkeit bzw. große Distanz zu Zentren, Niedriglohnselbst, hoher Anteil an Pendlern (insbesondere Wochenpendlern), vorwiegend Einsaisonalität des Fremdenverkehrs, Arbeitslosigkeit rund um die 20%, niedriges gemeindeeigenes Steueraufkommen – z. B. rund 28% in den Gemeinden des Virgentales. In den Fremdenverkehrszentren bzw. Kraftwerksgemeinden hingegen liegt dieser Prozentanteil gemessen am gesamten Steueraufkommen einer Gemeinde vergleichsweise wesentlich höher:

Kaprun	80,5%	(Gletscherskigebiet, Tauernkraftwerke)
Sölden im Ötztal	80,5%	(Gletscherskigebiet)
Krimml	71,8%	(Tagesausflugsverkehr „Krimmler Wasserfälle“)

Darüber hinaus besteht zwischen den Nationalparkgemeinden nördlich des Alpenhauptkammes (Salzburger Planungsraum) und den Kärntner und Osttiroler Gemeinden ein großer Unterschied im **Ausbaugrad des Tourismus**.

Prozentanteile der Nationalpark-Gemeinden (33) von Kärnten (9), Salzburg (14) und Tirol (10) an den Gesamtsummen der Übernachtungen im Winter-, Sommerhalbjahr, Fremdenverkehrsjahr 1979/80, der Betten (Stichtag 31. 8. 1980) und der Transportkapazität der Aufstiegshilfen (1980):

	Übernachtungen im			Betten	Transportkapazität
	Winter	Sommer	FV-Jahr		
Kärnten	16,7	20,8	19,2	21,2	13,6
Salzburg	68,9	55,5	60,6	56,1	67,1
Tirol	14,4	23,7	20,2	22,7	19,3
Gesamtsumme:	2.327.354	3.777.113	6.104.467	63.270	29.646.557

Quelle: Haßbacher, 1982 a: 208

Für die Osttiroler Gemeinden im geplanten Nationalpark Hohe Tauern ist es aufgrund dieser Unterschiede in der touristischen Entwicklung nach wie vor völlig unverständlich, warum in Salzburg ein Gletscherskigebiet (Kaprun-Kitzsteinhorn) bzw. Kraftwerksanlagen mit der Realisierung des Nationalparks vereinbar sind, während in Osttirol das Gletscherskigebiet im Venedigerbereich und das Kraftwerk Osttirol als **die** zwei Entwicklungspfeiler der Region durch das Nationalparkprojekt behindert werden.

Durch die Größe des Planungsraumes (1971) von rund **2600 km²** ergaben sich durch die immer stärkere Inwertsetzung alpiner Regionen durch den Fremdenverkehr und die Energiewirtschaft zwangsläufig eine Reihe von **Interessenskonflikten**. (Beispiel Osttirol: Haßbacher, Jansche 1981)

Kraftwerksprojekte:

Kraftwerk Osttirol (Dorfertal/Matrei i. O.)	Tirol
Kraftwerkgruppe Fragant (+ Nachreichprojekte)	Kärnten
Kraftwerk Oberpinzgau	Salzburg

Erschließungsprojekte für den Skitourismus:

Venediger Süd-West (Prägraten)	Tirol
Berger Törl, Greiwiesen (Kals)	
Wurtenkees (Flattach)	Kärnten
Hochalmkees (Malta)	
Sonnblickkees	
Hocheiser (südlich Kaprun-Kitzsteinhorn)	Salzburg
Schareck	

Bei der Lösung dieser Interessenskonflikte wurden in den einzelnen Bundesländern unterschiedliche Wege beschritten. In **Salzburg** wurde dem Nationalpark der Vorzug gegenüber den anderen Nutzungskonkurrenten gegeben. Im Bundesland **Kärnten** hingegen wurde die Nationalparkfläche in etwa auf die bestehenden Naturschutzgebiete „Großglockner“ und „Schobergruppe-Nord“ reduziert und damit den anderen Projekten östlich der Großglockner-Hochalpenstraße freier Lauf gelassen. In **Osttirol** besteht durch den Regierungsbeschluß der Tiroler Landesregierung vom Juli 1971 (vor der Dreiländervereinbarung im Oktober 1971!), wodurch der Nationalpark Hohe Tauern weder Entwicklungsgebiete für den technisierten Tourismus noch für die Wasserkraftnutzung in der Glockner- und Venedigergruppe behindern dürfe, ein **vorprogrammierter Interessenskonflikt** zwischen großtechnischen Projektanlagen sowie den daraus resultierenden Folgewirkungen und einer behutsamen, auf ein Bergbauerngebiet abgestimmten Entwicklungsplanung.

● Gerade in Osttirol (hintere Iselregion) ist eine Politik des „Nicht-Entscheidens“ der gravierendste Grund für die Verzögerungen jeglicher weiterer Projekte. Die Entscheidung wird nämlich beim Kraftwerksprojekt zwischen Bundes- und Landeskompentenz (Oberste Wasserrechtsbehörde und Naturschutzbehörde) hin- und hergeschoben. Damit fehlen der einheimischen Bevölkerung auch die Zielvorgaben künftiger Regionalpolitik sowie endogene Entwicklungsinitiativen.

● Um die ortsansässige Bevölkerung für den Nationalpark zu gewinnen, fehlten bis zu Beginn der 80er Jahre **Vorstellungen bzw. Konzepte zur Nutzung alternativer Entwicklungspotentiale** für eine diesem Berggebiet angepaßte regionale Entwicklung.

2. Internationale Anforderungen an einen Nationalpark: Nationalparkkriterien

Ursprünglich waren die Kriterien für die Ausweisung von Nationalparks insbesondere großräumigen **Naturlandschaften** vorbehalten, welche in ihrem natürlichen Zustand erhalten bleiben sollten. Durch die Übertragungsschwierigkeiten auf die seit Jahrhunderten durch Bauernhand genutzte alpine Berglandschaft wurden die anlässlich der Hauptversammlung der IUCN (International Union for Conservation of Nature and National Resources) 1969 in New Delhi beschlossenen Nationalparkkriterien im September 1972 in Banff und im Grand Teton National Park modifiziert und nunmehr auch **Kulturlandschaften** in Nationalparkareale aufgenommen.

Dabei wurde allen Regierungen empfohlen, den Ausdruck „Nationalpark“ für Gebiete zu reservieren, die folgenden Kriterien entsprechen:

- **Größe:** mindestens 1000 ha (= 10 km²) müssen der Kategorie der geschützten Naturlandschaften zurechenbar sein;
- **Naturbelassenheit:** vom Menschen nicht bzw. nur unwesentlich veränderte „interessante“ Ökosysteme;
- **kontrollierte Zulassung des Tourismus** („sanfter“, nicht-technisierter Tourismus);
- **Nutzung:** Die Ausbeutung der natürlichen Quellen ist grundsätzlich hintanzuhalten (Abbau von Bodenschätzen, Entnahme von Holz und anderen Pflanzen, Bau von Dämmen und anderen Konstruktionen zur Bewässerung und Gewinnung hydroelektrischer Energie);
- **rechtlicher Schutz:** Der Schutz des Nationalparkgebietes muß gesetzlich verankert und auf **Dauer** ausgerichtet sein;
- **faktischer Schutz:** Um als Nationalpark gelten zu können, muß neben dem gesetzlichen Schutz auch ein faktischer Schutz durch ausreichend vorhandene finanzielle Mittel und entsprechendes Personal zur Überwachung gesichert sein.

Defizite bei den nunmehr vorliegenden Gesetzen für den Nationalpark in Kärnten und Salzburg liegen zur Zeit im unkoordinierten Bereich der Verwaltung, in den Unterschiedlichkeiten der Schutzbestimmungen (qualitativer Aspekt von Nationalparkkriterien), in der verhältnismäßig intensiven Nutzung verschiedener Nationalparkbereiche, im zu gering verankerten de-facto-Schutz, in der mangelnden bzw. fehlenden Koordination(sbereitschaft) der Nationalpark-Entwicklungsaktivitäten sowie des einheitlichen Erscheinungsbildes (corporate identity).

3. Entwicklungsstand der rechtlichen und planerischen Grundlagen

Die Vereinbarung der Länder Kärnten, Salzburg und Tirol über die Schaffung des Nationalparks Hohe Tauern (z. B.: LGBl. für Kärnten Nr. 72/1971) war ursprünglich mit dem Ziel getroffen worden, einen **gemeinsamen Nationalpark** über die Landesgrenzen hinweg zu errichten. Teils durch die Säumig-

keit der anderen Bundesländer veranlaßt, teils zur Setzung eines besonders kräftigen politischen Willensaktes, verordnete das Land Kärnten als erstes Bundesland den Nationalpark Hohe Tauern im Alleingang:

15. September 1981: Verordnung der Kärntner Landesregierung, womit der Nationalpark „Hohe Tauern“ in Kärnten eingerichtet wird (LGBl. Nr. 81/1981)
 1. Juli 1983: Kärntner Nationalparkgesetz (LGBl. Nr. 55/1983)

Nach der Lösung der Interessenskonflikte zwischen der Energiewirtschaft, dem Tourismus und dem Nationalpark beschloß das Land Salzburg nach vorbildlich an der Basis geführten Gesprächen und Verhandlungen die Errichtung des Nationalparks:

19. Oktober 1983: Gesetz über die Errichtung des Nationalparks Hohe Tauern im Land Salzburg (LGBl. Nr. 106/1983)

Für das Bundesland Tirol zeichnet sich zu diesem Zeitpunkt noch keine Beendigung dieser regionalpolitischen Auseinandersetzung ab.

Zielsetzungen der Nationalparkgesetze

- Erhaltung der Schönheit und Ursprünglichkeit zum Wohle der Region und der Republik, der Wissenschaft und Förderung der regionalen Wirtschaft (durch entsprechende Entwicklungsprogramme und Konzepte in den Nationalparkregionen);
 - Bewahrung der charakteristischen Tier- und Pflanzenwelt einschließlich ihrer Lebensräume sowie historisch bedeutenswerter Objekte und Landschaftsteile;
 - Naturerlebnis für einen möglichst großen Kreis von Menschen.
- Sowohl im Kärntner als auch Salzburger Nationalparkgesetz ist der **Aspekt der Förderung** stark akzentuiert:
- Vorsorge für die Erhaltung und Pflege der natürlichen Umwelt sowie von historisch oder kulturell wertvollen Landschaftsteilen oder Objekten;
 - Erhaltung und Verbesserung des Erholungswertes der Nationalparkregion und der naturnahen Ausgestaltung dieses Erholungsraumes;
 - Maßnahmen, die der Betreuung und Information der Besucher eines Nationalparks dienen;
 - Entwicklung der Land- und Forstwirtschaft, des Fremdenverkehrs und anderer im Einklang stehender Wirtschaftszweige;
 - Schutz vor natürlichen Gefahren, schädigenden Umwelteinflüssen oder Elementarereignissen.
- (Zitat aus Kärntner Nationalparkgesetz, IV. Abschnitt, S. 14)

Der Nationalpark Hohe Tauern (siehe Karte) ist sowohl in Kärnten als auch in Salzburg in **Zonen** geteilt, deren Grenzziehung durch Verordnungen festgelegt werden:

Kernzonen (Naturschutzgebiete)	Außenzonen (Landschaftsschutzgebiete)	Sonderschutzgebiete (Reservate)
-----------------------------------	--	------------------------------------

Verwaltung:

Kärnten:

Nationalparkkomitee:

7 Mitglieder: 3 Bürgermeister, 3 von der Landesregierung zu bestellende Mitglieder, 1 Vertreter der überregionalen Nationalparkkommission (Matrei i. O.);

Salzburg:

Nationalparkfonds mit dem

a) Nationalparkkuratorium: 7 Mitglieder: Vorsitzender (zuständiger Landesrat), 2 von der Landesregierung entsandte Mitglieder, 2 Bürgermeister aus den Salzburger Nationalparkgemeinden, 2 bäuerliche Grundbesitzervertreter;

b) **Fondsbeirat**: Vorsitzender + weitere 24 Mitglieder

Sitz: Neukirchen am Großvenediger

Größenverhältnisse (siehe Karte):

● **Nationalparkplanungsraum** lt. Dreiländervereinbarung von 1971: **2600 km²**

● Kärnten:	Kernzone	145 km ²
	Außenzone	55 km ²
		<u>200 km²</u>

Nationalparkgemeinden: Heiligenblut, Großkirchheim (ehemals Döllach i. M.), Winklern

● Salzburg:	Kernzone	431 km ²
	Außenzone	235 km ²
		<u>666 km²</u>

Nationalparkgemeinden: Krimml, Wald, Neukirchen a. Grv., Bramberg, Hollersbach, Mittersill, Uttendorf, Kaprun, Fusch, Rauris

● **Tirol:** (Vorschlag der Geschäftsstelle der Nationalparkkommission Hohe Tauern aus dem Jahre 1977)

Kernzone	424 km ²
Außenzone	294 km ²
	<u>718 km²</u>

In Kärnten dürfte der Nationalpark mit größter Wahrscheinlichkeit nicht mehr nach Osten hin erweitert werden. Im Bundesland Salzburg ist die Planung des Nationalparks im Pongau und Lungau beabsichtigt.

4. Nationalpark und regionale Entwicklung

In den vorliegenden Nationalparkgesetzen ist der **Aspekt der Förderung** und damit die Gewährleistung der **regionalen Entwicklung der Nationalparkgemeinden** bei der Mitsprache der ortsansässigen Bevölkerung voll verankert. Im Jahre 1978 wurde mit der Konzipierung von **Modellgebieten** begonnen, in denen auch die ersten praxisbezogenen Erfahrungen gesammelt werden konnten (Haßbacher, 1984).

Einen entscheidenden Schritt zur **Bewußtseinsbildung** bei der einheimischen Bevölkerung bzw. zur **Umsetzung** der Entwicklungsvorstellungen stellten die 1982 erstmals vom Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz zur Förderung von sichtbaren Nationalparkinfrastrukturen zur Verfügung gestellten S 4,5 Mio. (1983: S 5,5 Mio.) in den Modellgebieten (Oberes Mölltal, Oberer Oberpinzgau, Virgental) dar. Für die Nationalparkregion in Salzburg standen für 1983 erstmals ca. S 6 Mio. an Förderungsmitteln bereit (1984: mehr als S 10 Mio.), die wie folgt aufgeschlüsselt sind:

Sanierung von Almgebäuden	S 4.199.000,-
Almseilbahnen	S 80.000,-
Schutzhüttensanierung	S 500.000,-
Maßnahmen für Parkbesucher	S 80.000,-
Pflege der Kulturlandschaft	S 708.000,-
Denkmalschutz	S 450.000,-
Summe:	<u>S 6.017.000,-</u>

In dieser gesamten „Entwicklungsarbeit“ für die nun einsetzende Ausgestaltung des Nationalparks wird es vor allem auf die **Mobilisierung der regionsinternen Fähigkeiten und Entwicklungspotentiale** ankommen. Dazu zählt neben allem Know-how **von außerhalb der Region** die eigene „Selbsterforschung und Selbstfindung“ in der Erfassung von regionstypischen Dingen, Spezialitäten, Alltäglichem; die Wiederbelebung überkommener Produkte, Fähigkeiten, Handwerke; sowie die Innovation insbesondere bei neuen Formen eines nationalparkangepaßten Tourismus.

Spätestens seit der Gegenüberstellung der Erscheinungsformen von „hartem Reisen“ und „sanftem Reisen“ und dem Plädoyer für eine „sanfte Tourismusentwicklung“ des Futurologen Robert Jungk (1980) und den zehn dringlichen Geboten für eine defensive Tourismuspolitik (COTAL-Kongreß in Torremolinos 1981) ist der Begriff des **„sanften Tourismus“** auch in Tourismuskreisen bekannt. Im sanften Tourismus verhalten sich Gast- und Gastgeber gegenüber der Natur verträglich. Das Natur-, Kultur- und Landschaftserleben wird mit eigener, persönlicher Leistung erreicht. Der mechanisierte Massentransport spielt dabei als Fortbewegungsmittel eine untergeordnete Rolle. Der Schweizer Fremdenverkehrsexperte Jost Krippendorf (1982) hat dazu für touristische Entwicklungsstrategien, allgemeine Eigenschaften und Rahmenbedingungen des Tourismus eine Reihe von Gegensatzpaaren aufgestellt, von denen einige hier erwähnt seien:

- erschließen, ohne zu planen
- Projektdenken
- jede Gemeinde plant für sich
- besonders wertvolle Landschaften besonders intensiv nutzen
- Tourismusedwicklung auswärtigen Promotoren überlassen
- nur ökonomischen Nutzen betrachten
- privaten Verkehr begünstigen
- Anlagen auf Spitzenverkehr dimensionieren
- allgemeine Technisierung und Mechanisierung der touristischen Anlagen
- zuerst planen, dann erschließen
- Konzeptdenken
- in größeren Räumen planen
- besonders wertvolle Landschaften freihalten
- ortsansässige Bevölkerung bestimmen und teilhaben lassen
- alle ökonomischen, ökologischen und sozialen Vor- und Nachteile abwägen
- öffentlichen Verkehr begünstigen
- Anlagen auf Durchschnittsbedarf dimensionieren
- Förderung nichttechnisierter Tourismusformen

PHYSIKALISCHE BLÄTTER, 12 Hefte, DM 94,- plus Porto, Physik Verlag, D-6940 **Weinheim** / Bergstr., Postf. 1260.

STERNE UND WELTRAUM, 12 Hefte, DM 79,- plus Porto, Verlag Sterne und Weltraum, Dr. H. Vehrenberg, Postfach 140 365, D-4000 Düsseldorf 14.

CERN-COURIER (wahlweise in engl. oder franz. Sprache), 12 Hefte, kostenlos auf Verlangen interessierter Stellen, Publ. Inform. Office CERN, CH-1211 **Genf 23**

Aulis Verlag Deubner & Co. KG, 5 Köln 1, Antwerpener Straße 6-12: **PRAXIS DER NATURWISSENSCHAFTEN**, 3 Teile: Physik, Chemie, Biologie, je 12 Hefte jährlich, Preis pro Teil DM 51,60 jährlich, für Studenten und Referendare DM 46,80, jeweils zuzüglich 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.

GEOGRAPHIE IM UNTERRICHT, 12 Hefte jährlich, DM 54,-, Studenten DM 49,20, jeweils zuzüglich Versandkosten, geeignet für Lehrkräfte und Studenten an Haupt- und höheren Schulen (Klassen 5-10) und Dozenten an Pädagogischen Akademien.

CHEMIE IN UNSERER ZEIT, 6 Hefte, DM 34,- plus Porto, Verlag Chemie GmbH, D-6940 **Weinheim** / Bergstraße, Postfach 1260.

Österreichische Chemie-Zeitschrift, Organ der Ges. Österr. Chemiker mit Nachrichten über Kurse u. Vorträge für AHS-Lehrer. Erscheint 11mal im Jahr. Bezugspreis inkl. Porto u. MwSt. S 560,-. Für AHS- u. BHS-Lehrer S 400,-, für Studenten S 337,-.

PHYSIK IN UNSERER ZEIT, 6 Hefte, DM 34,- plus Porto, Verlag Chemie GmbH, D-6940 **Weinheim** / Bergstraße, Postfach 1260.

GEOGRAPHISCHE RUNDSCHAU, 12 Hefte, Einzelheft DM 8,- zuzüglich DM 1,- Versandkosten. Abonnementpreis DM 6,50 zuzüglich DM 1,-. **Westermann**, Braunschweig; Auslieferung in Österreich durch Morawa, Wien.

SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT, internationale Ausgabe der „Scientific American“ in deutscher Sprache. Erscheint monatlich zum Preis von DM 7,80 einschließlich Porto.

Im **Virgental/Osttirol** wird an einem **Modell** für eine sanfte Tourismusentwicklung als Alternative zur projektierten Erschließung „Venediger Süd-West“ gearbeitet. In diesem Tal auf der Südabdachung der Venedigergruppe werden Wanderwegeninfrastrukturen und touristische Suprastrukturen (Hütten, Jausenstationen) exemplarisch in allen Höhenstufen (Tal-, Almen- und Bergmähderstufen, hochalpiner Bereich) ausgebaut und qualitativ verbessert sowie Verbesserungen für den unbedeutenden Winterfremdenverkehr getätigt (Langlaufzentrum Virgen). Erste Erfolge haben sich insbesondere im Anstieg der Übernachtungen in der Vor- und Nachsaison gezeigt.

Jedoch auch diese gegenüber technischen Großprojekten wenig kapitalintensiven Investitionen benötigen Förderungen aus dem Bundesbudget bzw. den Länderbudgets. Kärnten hat dafür mit dem Bund eine Vereinbarung nach Artikel 15 a B-VG über Vorhaben im Land Kärnten getroffen, an welchen der Bund und das Land Kärnten interessiert sind. Im BGBl. Nr. 604/1983, Artikel VII, § 13 ist auch die Förderung des Nationalparks Hohe Tauern in Kärnten enthalten. Für Salzburg bzw. Tirol sind ähnliche Vereinbarungen im Entwurf vorbereitet.

LITERATUR:

Amt der Kärntner Landesregierung (1983): Der Kärntner Nationalpark Hohe Tauern. In: Kärntner Nationalparkschriften, Bd. 1, Klagenfurt, 78 S.

Aurad, F. (1982): Der Nationalpark Hohe Tauern – ein Projekt höchster geographischer Bedeutung – Schritte zur Verwirklichung. In: Mitteilungen der Österreichischen Geographischen Gesellschaft, Bd. 124, S. 89–130.

Draxl, A. (1979): Idee und Initiativen zur Gründung eines Nationalparks in den Österreichischen Alpen bis zum Europäischen Naturschutzjahr 1970. In: Alpenvereinsjahrbuch 1979, S. 131–135.

Haßbacher, P. und W. Janschke (1981): Unterschiedliche Nutzungsansprüche im Nationalpark Hohe Tauern (Beispiel Osttirol). In: GW-Unterricht, Nr. 8, S. 29–47 (+ 1 Folie).

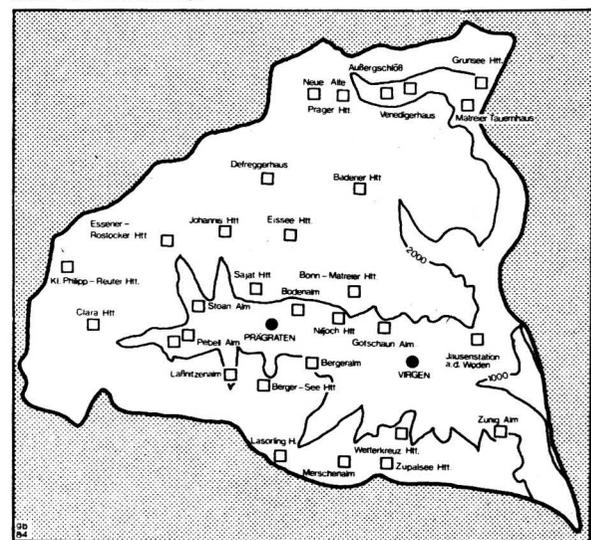
Haßbacher, P. (1982a): Realisierung des Nationalparks Hohe Tauern – Ein Problem regionaler Unterschiede in der Fremdenverkehrsentwicklung. In: Alpenvereinsjahrbuch 1982/83, S. 203–214.

Haßbacher, P. (1982b): Zur Problematik von Grenzziehung und Zonierung im Nationalpark Hohe Tauern. In: Natur und Landschaft 57, H. 7/8, S. 248–255.

Haßbacher, P. (1982c): Der „sanfte Tourismus“ – eine Möglichkeit der Regionalentwicklung. In: Allgemeine Forstzeitung 93, F. 4, S. 93–94.

Haßbacher, P. (1984): Praxisbezogene Entwicklungsplanung im Nationalpark Hohe Tauern in der Verbindung Berglandwirtschaft – Tourismus (Oberes Mölltal/Kärn-

MODELL „VIRGENTAL“ Hütten und Jausenstationen



ten, Oberpinzgau/Salzburg, Virgental/Osttirol). In: Lendi, M. und W. J. Reith (Hrsg.): Regionalentwicklung im Berggebiet. Schweiz – Österreich: Strategien im Vergleich. BOKU-Raumplanung Schriftenreihe Nr. 1, Wien.

Krippendorf, J. (1982): Tourismus und regionale Entwicklung – Versuch einer Synthese. In: Krippendorf, J., P. Messerli und H. Häni (Hrsg.): Tourismus und regionale Entwicklung. Reihe „Themahefte“ der Programmleitung des NFP „Regionalprobleme“, Bern, S. 365–382.

Die Österreichische Geographische Gesellschaft unternimmt zu **Pfingsten** (9. Juni bis 12. Juni 1984) unter Leitung von Mag. P. Haßbacher eine **Exkursion** in das Gebiet des geplanten **Nationalparks Hohe Tauern**.

Das Quartier wird für alle drei Nächte in Matrie sein. Die Teilnahme steht auch Nichtmitgliedern offen. Die Teilnahmegebühr (Bahn, Bus, Maut, Halbpension) ab Wien beträgt S 1900,-. Für Teilnehmer, die nicht von Wien anreisen, ist Zell/See als Treffpunkt gewählt.

Genaueres Programm bzw. Anmeldungen bitte bei der ÖGG in Wien (1071 Wien, Karl-Schweighofer-Gasse 3, Tel. 93 30 325) anfordern.