

# Wissenschaftliche Nachrichten

Herausgegeben vom Bundesministerium für  
Unterricht und Kunst

Nr. 60 – September 1982

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

## Achtung, Leser der W. N., insbesondere Physiker!

Jeder Leser der W. N. kann das im Aulis-Verlag Deubner, Köln, vor kurzem erschienene Buch

W. Kranzer, **So interessant ist Physik!**

bis 31. 12. 1982 um zirka 23% verbilligt beziehen, wenn er den auf Seite 47 dieser Ausgabe befindlichen Kupon ausgefüllt an unsere Redaktion sendet. Näheres siehe Seite 47 im Anschluß an die Rezension.

Die Redaktion

## Zur Beachtung!

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

### INHALT:

Seite

#### GRUNDWISSENSCHAFTLICHE PROBLEME

Rechtfertigung einer zeitgemäßen Ethik .....	2
Buchbesprechung .....	5

#### BIOLOGIE, GEOWISSENSCHAFTEN

Industriemineralien in Österreich .....	5
Parasiten und parasitäre Erkrankungen .....	8
Durch Pilze hervorgerufene Krankheiten .....	9
Frage der Vererbung bei eineiigen Zwillingen .....	10
ad Rauschgifte .....	10
Domestikation .....	11
Das maximale Lebensalter .....	11
Etwas vom Känguruh .....	11
Kurznachrichten .....	12

#### CHEMIE

Flammen .....	14
Fotometrische Titrations zur Untersuchung von Metallkomplexen .....	15
Spektrendarstellung auf dem Oszillographen .....	17
Kurznachrichten .....	18
Buchbesprechungen .....	20

#### EXPERIMENTALPHYSIK

Die Leuchtstoffröhre – ein schönes Beispiel zum Thema Wechselstromwiderstände .....	21
Die Lichtausbeute von Glühlampen .....	23

#### MATHEMATIK

Die Anzahl der $SO_2$ -Darstellungen natürlicher Zahlen .....	25
Parallelogramme mit ganzzahligen Längen der Seiten und Diagonalen .....	27
Ungleichschenkelige Trapeze mit a, b, c, d, e, f, h, aus N .....	29
Rationalelementige Drehmatrizen im $R^3$ .....	33

#### PHYSIK, ASTRONOMIE

Sonnenenergie .....	34
Zur gefahrlosen Verwertung des radioaktiven Abfalls DESY: Aus DORIS I wurde DORIS II .....	39
Eine elementare Ableitung der Gleichung $E = M \cdot c^2$ .....	40
Radfahrer zieht 40-Tonnen-Gerät .....	41
Eine vielversprechende Theorie der Galaxienbildung .....	42
Neue Wege für optische Fernrohre .....	43
Der 2,4-m-Spiegel für das Raumteleskop ist fertiggestellt .....	43
Die Radarerkundung von Asteroiden und Kometen läuft an .....	44
Bald soll die Venusoberfläche unseren Blicken offenliegen .....	44
IR-Himmelsdurchmusterung beginnt .....	45
Kurznachrichten .....	46
Buchbesprechungen .....	47

#### WIRTSCHAFTS- UND SOZIALGEOGRAPHIE, WIRTSCHAFTSINFORMATIONEN

Die Zukunft der Bergbauern in Österreich .....	48
Golf-Kooperationsrat – neuer Wirtschaftsfaktor im Mittleren Osten .....	50
Buchbesprechungen, Neuerscheinungen .....	51

# GRUNDWISSENSCHAFTLICHE PROBLEME

Dr. Franz Anton

## Rechtfertigung einer zeitgemäßen Ethik

Die Absicht der unter diesem Titel abgedruckten Gedankengänge, die in den folgenden Heften fortgesetzt werden sollen, ist es, die Philosophielehrer darauf hinzuweisen, daß ethische Probleme zunächst einmal aus ihrem Gesamtzusammenhang überdacht werden müssen. Es kann sich dabei nur um einen Versuch und um eine Skizze handeln. Wenngleich also keine Lehre vorgetragen wird, so ist die Form einer folgerichtigen geschlossenen Darstellung trotzdem die zweckvollste; denn nur so kann man den Zusammenhang aller ethischen Detailprobleme, auf welchen es ja ankommt, sehen. Das Bewußtsein, nur skizzenhaft formulieren zu können, verbietet es, den Belegapparat bis in alle Einzelheiten auszuweiten. Es wird daher aus der Literatur nur auf das hingewiesen, was dem Leser als Hilfe eigener Information dienen könnte; Entscheidendes dabei herauszugreifen ist angestrebt.

Welcher Nutzen aus den vorgebrachten Gedankengängen für den Unterricht gefunden werden könnte, soll in einem Nachwort behandelt werden.

Zunächst wird lediglich um vorurteilsfreie Auseinandersetzung mit dem Gesagten gebeten.

### Aufweis des Problems einer zeitgemäßen Ethik

Der Gegensatz zwischen den jungen und den älteren Menschen ist in den Bereichen, die man heute, ziemlich ungenau freilich, als den „Westen“ bezeichnet, groß.

Er ist längst über einem begreifbaren Generationenkonflikt hinaus. Es mangelt an Verständnis füreinander.

Es sind verschiedene Welteinstellungen, die zeitlich nebeneinander als eigene Phänomene aufgetreten sind. Die meisten Jugendlichen leben in den Möglichkeiten des Augenblicks, und dies in unduldsamer Ausschließlichkeit; sie fragen gar nicht danach, was vor ihnen gewesen sei, geschweige denn, was jederzeit von allen getan werden sollte. Sie übernehmen wohl Zeichen früherer Zeiten, wie zum Beispiel Kleidermoden, aber den Sinn dieser Zeichen in ihrer Zeit überdenken sie keineswegs. Die eigene Ausdruckskraft wird dadurch leer.

Die älteren Generationen sind es, die alles „Neue“ als unverständlichen Avantgardismus bezeichnen. Sie haften sich an irgend etwas, das zufällig in ihrer Tradition steht und das jeder gedankenlose Journalist als Nostalgie bezeichnet, halten es für zeitlos gültig.

So verzahnen sich in der Gegenwart eine nichtssagende Ausdruckskraft, welche eigentlich in die Zukunft weisen sollte, und verschwommene Gefühle, die an eine echte Tradition gar nicht anknüpfen können.

Nimmt man aber nun an, daß Jugend jeweils in ihrer Ahnung der eigenen Zeit so voraus ist, wie es die Realität des geschichtlichen Geschehens verlangt, und die Alten die von der Menschheit errungenen Werte in die Zukunft einzubringen hätten, so enthüllt sich die Unmöglichkeit des Nebeneinanderbestehens der uns sichtbaren Welthaltungen in einem „Fortschritt“ der Welthaltungen, außer man erkennt an, daß sich der „Westen“ zumindest in der Leere zur Vergangenheit hin und der zur Zukunft hin als eine Art Paradox des Fortschrittes selbst aufhebt.

Wer weder in die Zukunft schaut noch sich um die Vergangenheit kümmert, läßt es bei einem Nebeneinander bleiben. Dann bietet sich leicht die laute Redensart an, wir lebten in einer Epoche der pluralistischen Kultur, und das sei gut so, jedermanns Lebenswert könnte dadurch zu seinem Recht kommen.

Aber hiezu ist zu sagen: **Kultur verlangt wohl nicht inhaltliche Einierheit, aber als Minimum an Kultur einen gemeinsamen, d. i. einheitlichen Willen, Kultur zu haben.**

Eine Anmerkung zur Veranschaulichung der Sachlage:

In der Demokratie müssen die pluralen Meinungen der einzelnen anerkannt werden; dennoch werden die politischen Entscheidungen jeweils immer nach einer bestimmten Richtung hin gefällt. Ein Kompromiß ist niemals eine Addition divergierender Auffassungen. Auch hier ist nur eine Vereinigung sinnvoll. Das Gegeneinander der Meinungen gliedert nur die für die demokratische Gesellschaft belangvollen Aktivitäten aus, macht das eine politische Tun vorrangig, das andere nachrangig. Eine Demokratie im bloßen formalen Pluralismus geübt, müßte jegliches politisches Wirken aufheben.

In der Proklamation eines unüberwindlichen kulturellen Pluralismus ist es dem „Einigen“ geradezu unmöglich gemacht, sein Tun als eines „in der mit anderen gemeinsamen Welt“ zu verstehen; sein komplexer Lebenswert wird zerstört. Auch dies ist ein Paradox, es führt in eine geschichtliche Leere.

Da diese Überlegungen zunächst für den Bereich des „Westens“ angestellt wurden, könnte man versucht sein, einer Auffassung des westlichen Strukturalismus zuzustimmen, die meint, daß „unsere“ Kultur („Zivilisation“) allen anderen aufzwingt, ihr „ähnlich“ zu werden, indem sie diesen ihre seit Descartes gültige „Methode“ auferlegt oder sie zerstört. Darf sich die Philosophie damit zufrieden geben? Sie ist auch in Gegenwart ihrer Aufgabe nicht enthoben, über die Deutungen von Einzelwissenschaften hinauszugehen, also gegebenenfalls das Eingeschworene auf die intellektualistische Deutung der Welt, die sich in der angezogenen Auffassung manifestiert, als nicht unbedingt anzuerkennen.

Sonst könnte eine sehr beunruhigende Frage sich melden: Stehen wir vor dem Ende „unserer“ Kultur (Zivilisation), und ahnt die Jugend dies vielleicht? Sind die „Alten“ blind geworden?

Es ist nun interessant festzustellen, daß in einem kleinen Sektor der Soziologie, und zwar gerade dort, wo versucht wird, zu philosophischen Fragestellungen vorzustoßen, eine Querschnittanalyse der sich „wissenschaftlich verstehenden Zivilisation“ ein ähnliches Gegeneinander aufgewiesen werden kann, wie es in diesem Zusammenhang, ausgehend von Gegensätzen zwischen jung und alt, skizziert worden ist. Nicht die „Geschichte“ noch eine „Utopie der Zukunft“ begründe „die Selbstbestimmung und Selbstverantwortung des einzelnen Menschen, sondern Rückblick und Vorblick auf sein eigenes gelebtes Leben“. „Die Beschränktheit des Menschen, im Zeithorizont des eigenen Lebens muß angenommen werden.“ Die Flucht daraus ist abzulehnen. „Man lebt nur sich selbst.“ So stelle sich heute „das Problem der Autonomie des moralisch politischen Subjekts vielleicht am schärfsten gegenüber den ‚materialistischen‘ Humantechiken . . .“ „Die technisch-wissenschaftliche Zivilisation mit ihren Sachzwängen, die Entwicklung der Lebensbereiche ‚materialistischen Charakters‘ wie Technik, Ökonomie, politische Organisation, Rechtsordnung und, neuerdings zuzuzählen, Meinungsbeherrschung und Bildungsplanung vernichten immer mehr die subjektiv-sittliche Selbständigkeit der Person, lassen ihre Selbstvervollkommnungsimpulse in ihrer Verwirklichung in der Welt sich leerlaufen . . .“<sup>2)</sup>

Da wird genau auf das Grundproblem hingewiesen, dem sich, weiterführend gedacht, unser heutiges Denken zuwenden muß: Die Frage Kants „Was soll ich tun?“<sup>3)</sup>

Allerdings in jener Form, die wir ihr heute geben müssen, deshalb, weil den einzelnen Menschen nun seit langem klar geworden ist, daß sie nicht absolut, sondern in Gemeinschaft lebende Individuen sind:

Was sollen wir tun? Diese Frage ist in unserer Zeitlage ein brennendes existenzielles und geschichtliches Problem. Und die Bestimmung einer „Ethik“ ist somit das vorrangige philosophische und kulturelle Problem unserer Zeit<sup>4)</sup>, wobei der Ausdruck „Ethik“ zunächst nur als Gebrauchswort genommen werden darf.

Das geht über die Bestrebungen hinaus, die Evolution der „Praxis“ an Sprache, Kommunikationsmedien und Systembildungen der Gesellschaft zu bestimmen.<sup>5)</sup>

## Anmerkungen zu I

<sup>1)</sup> Bezug genommen ist auf Cl. Lévy-Strauss, Strukturelle Anthropologie II/ 318 ff., S. 354 und S. 361, Suhrkamp 1967.

<sup>2)</sup> Bezug genommen ist auf H. Schelsky, Die Hoffnung Blochs, Kritik der marxistischen Existenzphilosophie eines Jugendbewegten, Klett-Cotta, 1979.

Zitiert sind vor allem Stellen der Seiten 45 f. und 74 f. Außer acht gelassen sind dabei Hinweise, die zur Erhärtung der eigenen Bemühungen H. Schelskys um „die Erfahrung als ein Lebens- und Denkprinzip“ dienen. Damit sich auseinanderzusetzen würde von dem ins Auge gefaßten Thema zu weit abführen.

<sup>3)</sup> Bekanntlich zu finden in Kants „Logik“, Kap. Schulbegriff und Weltbegriff der Philosophie, (W. Weischedels Kantausgabe, Darmstadt 1968, Bd. V/ S. 448).

<sup>4)</sup> Vgl. Verf. in WN. Nr. 57, 1981 u. Nr. 58/1982.

<sup>5)</sup> Bezug genommen ist auf O. Habermas/N. Luhmann, Theorie der Gesellschaft oder Sozialtechnologie, Suhrkamp 1971, S. 364.

## II

### Hinweise auf Gesamtlösungsversuche der ethischen Frage

Der Analyse dieser Abhandlung entsprechend kann jeweils nur zu primärem Ausgangsdenken, nicht zu den oft sehr aufschlußreichen Ergebnissen der ethischen Detailforschung Stellung genommen werden.<sup>6)</sup>

#### 1.

Die bisher aufgezeigte Problemlage wird von den Fragestellungen der analytischen Ethik und der sprachtheoretischen Metaethik her und daher auch deren Aussagen zum Gegenstand nicht sichtbar. Der einfache, aber entscheidende Grund hierfür ist, daß von Wortverständnissen aus Sachverständnisse nicht erlangt werden können<sup>7)</sup>, solange den genannten Richtungen der Gedanke zu Grunde liegt, daß Sprache alles sei und dennoch täuschen müsse. Die Bemühungen führen dann notwendig zu Scholastizismen, da ja jedes Hinwegkommen über die Täuschungen im einzelnen wieder durch Sprachtäuschungen versucht werden muß. Man kann eine Sachfrage jeweils nur besser oder schlechter veranschaulichen, wozu aber auch der sprachliche Ausdruck dient.

Damit ist auch eingeschlossen, daß die absolute Rationalisierung der Sachsprache durch Formalisierung erst dann Wirkungen im moralischen Verhalten erzeugen kann, wenn hinter dem Kleid der mathematischen Formulierung die Lebendigkeit einer Handlungsnotwendigkeit sichtlich begrifflich gemacht ist.

#### 2.

Es gibt neuerdings mancherlei Versuche, die ethischen Fragen unabhängig von schulphilosophischen Methoden grundsätzlich zur Erörterung zu stellen. Wichtig, wenn auch wissenschaftlich unterschiedlich fundiert, sind jene, die die Massenmedien nützend, unmittelbar in die Entfaltung des humanen Tuns eingreifen wollen.

Einige Beispiele können dies deutlich machen.<sup>8)</sup> So erörtern die Biowissenschaften die Möglichkeit eines bewußten Mitmachens der Evolution. Oder: man versucht, Erkenntnisse, die durch ökologische Erwägungen gewonnen worden sind, in eine allgemeine Ethik umzusetzen. Die Forderung A. Schweitzers, Ehrfurcht vor dem Leben zu haben, solle als Prinzip der Lebensgerechtigkeit dienen und die Gesamtheit von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik bestimmen. Oder: man deutet das Wort des gegenwärtigen Papstes, bei allem Tun in Übereinstimmung mit der objektiven Wirklichkeit zu bleiben, so daß Menschen in ihrem Wissen und Glauben zugleich leben können und Technik und Kultur einander ergänzen.

Im Hintergrund unseres Lebens und Denkens brechen derart Problematiken auf, die von der biologischen Grundlage unseres Daseins bis zu einem religiösen, d. i. absoluten Sichtwinkel reichen.<sup>9)</sup> Solange aber eine allgemeinbildende Ethik nicht von der Wurzel her gefunden ist, muß alles dieses Bemühen auch in die Verworrenheit führen, von der im vorigen schon die Rede war, denn Einzelausgänge sprechen verschiedenartig an.<sup>10)</sup> Es muß deshalb die Radikalität des Fragens in der Ethik noch grundsätzlicher angestrebt werden.

#### 3.

Den Gedanken der letztgenannten Radikalität hat W. Weischedel methodisch für die Fragestellungen der Ethik angewandt.<sup>11)</sup> Für ihn ist „der vollendete Skeptizismus“ „Grundzug der Gegenwart“. „Überall sind die sicheren Erkenntnis-

se, die gewissen Maßstäbe, die fordernden Leitbilder fraglich geworden. Dies zeigt sich im Alltagsleben ebenso wie in der Politik und Wirtschaft, in Religion, Wissenschaft und Kunst. Orientierungslosigkeit und Verlust des Gütigen breiten sich allenthalben aus.“ Auch in der Philosophie sei das radikale Fragen, d. i. anzuzweifeln, die einzige Möglichkeit, Probleme zu klären, und deshalb müsse auch die Ethik unserer Zeit eine radikal skeptische sein.

Dabei ergibt sich folgende Widersprüchlichkeit: „... beide, Skeptizismus wie Ethik, sind unabdingbare Elemente des gegenwärtigen Philosophierens, und zwar deshalb, weil sie beide notwendige Elemente des heutigen Menschseins sind. Der Mensch kann nicht, ohne sich selber aufzugeben, auf die ethische Problematik verzichten. Er kann aber auch nicht aus der ihm in seiner geschichtlichen Situation auferlegten skeptischen Haltung ... herauspringen“. So kommt es für den, der den Skeptizismus ernst nimmt, darauf an, „in der offenen Fraglichkeit zu existieren“.

Es bedürfe dazu dreier Grundentschlüsse: zum Skeptizismus selbst, zur Freiheit und zum Dasein in seiner Gestaltung.<sup>12)</sup>

Dieser theoretisch absolute Skeptiker<sup>13)</sup> weiß also um die Zirkelhaftigkeit seiner Überlegungen, nämlich aus der historischen Tatsache des Skeptizismus die Notwendigkeit des Skeptizismus erweisen zu wollen, daher hängt er letzten Endes alles an der Möglichkeit einer freien Entscheidung auf und leitet aus dieser Entscheidung überhaupt die einzelnen Formen ethischer Grundhaltungen, wie Wahrhaftigkeit, Sachlichkeit, Toleranz, Mitleid, Selbstbescheidung, Besonnenheit, Tapferkeit, Gerechtigkeit usw., ab.

Aber im selben Maße, als man die einzelnen Entschlüsse als aufgehängt an dem Entschluß zum Dasein, d. h. Mensch zu sein, denken muß, wird es immer einsichtiger, daß die uralten Probleme einer „Moral überhaupt“ und ihrer Berechtigung sowie der „Tugenden“ im einzelnen und in ihrem Zusammenhang nicht gelöst sind, da man immer wieder nach dem Wozu (Einheit) der Tugenden (Vielfalt) fragen kann.

W. Weischedel ist sich wohl dessen bewußt, daß Ethik aus einem Prinzip entwickelt werden müsse, er findet dieses Prinzip aber nur verbal im Skeptizismus.

Eine solche skeptische Ethik scheitert letzten Endes an dem Grundfehler und Irrtum, Reaktionen auf geschichtlich gewordene Situationen als unwiderrüfliche geschichtliche Ereignisse gelten zu lassen.<sup>14)</sup>

Damit ist begründet, daß ganz allgemein ein Versuch, die Ethik unserer Zeit gewissermaßen aus einem umgreifenden Ungewissen und Verbalen zu begründen, ein ethisches Existieren nicht auslösen kann.

Es mündet dann praktisch in ein nützliches Verhaltenssystem innerhalb eines „Wir“, vereinheitlicht in einer „praktischen Grundnorm“ für ein erträgliches Miteinander, etwa lautend: „Beachte, daß der andere ein bedürftiger Mensch ist wie du selbst, und handle demgemäß.“<sup>15)</sup>

Da scheint im Ansatz A. Camus schon früher weitergekommen zu sein; das Schicksal kann absolut absurd sein für den Menschen, dennoch ist sein Schöpferum im Rahmen des Schöpferischen überhaupt möglich: „kühnes und nüchternes Denken, die klare Tat, die Großzügigkeit des wissenden Menschen“ wird gefordert.

Ein moralisches Gesetz sei notwendig.<sup>16)</sup>

#### 4.

Nun scheint es so, daß die moderne Menschheit in ihrem Glauben an die Macht der Wissenschaft in der wissenschaftlichen Grundeinstellung ihre Einheit findet. Es liegt dann der Gedanke nahe, das bewährte exakte Verfahren der Naturwissenschaften als Vorbild und Maßstab für das Durchdenken des Ethischen zu übernehmen.<sup>17)</sup> Die Exaktheit der Naturwissenschaften, so mannigfaltig diese auch im Hinblick auf die Forschungsgegenstände sein mögen, beruht auf der Anwendung der Quantifizierung, d. h. exakt ist, was quantitativ verglichen werden kann.

Aber da ist eine grundsätzliche Schwierigkeit festzustellen, was das Tun des Menschen betrifft. Das menschliche Tun im allgemeinen ist der Möglichkeit nach von einer unendlichen Variabilität<sup>18)</sup>. Nur vom Ziel her gesehen scheint jedes Tun einlinig zu sein und eingeschränkt; die Abschattungen sind zahllos, wozu kommt, daß alle Einzelheiten der Zeit nach unüberschaubar sind, obgleich Anlaß und Folge einer Tat und deren subjektive Bewertung herkömmlich ein einziger sittli-

cher Zug bleiben, etwa beispielsweise als Extremfall Mord und Sühneverhalten. Bei dieser Sachlage wäre jedes Prinzip einer Ethik, gerade vom Quantitativen her untersucht, immer nur hypothetisch und nicht kategorisch formulierbar.

Aber das wäre vielleicht gar nicht so wesentlich. Man könnte ja jeden Imperativ auch so fassen: Wenn du ein Mensch sein willst, so mußt du . . . " Diese Formel ist allgemein und variabel, denn es kann für Mensch Beliebiges eingesetzt werden; die Formel ist aber auch zwingend, was das Tun anlangt. Sie spricht ein Gebot aus, sich so und so zu betragen<sup>19)</sup>.

Da „Mensch“ als Klasse gilt, so kann nicht Tier als Inhalt eingesetzt werden; die Ethik als Wissenschaft würde damit einen Ausgang vom Absurden vermeiden und dennoch genau die menschliche moralische Situation treffen.

Mit dieser Formel wäre sogar der jetzt als modern geltenden wissenschaftlichen Forschung entsprochen, daß jedes moralische Urteil nur „universalierbar und präskriptiv“ sein muß<sup>20)</sup>.

Aber es gibt einen unlöslichen Knoten in dem formulierten hypothetischen Satz. Das ist die Vorstellung und der Begriff vom Menschlichen, der auch nicht unexakt bleiben darf: Welches Menschliche ist gemeint und damit welche Wirklichkeit schafft der gemeinte und vorgestellte „Mensch“?

Hier ist etwas übersehen, was beiseite geschoben wird, setzt man vorschnell mit einer Antwort ein, die aus dem alten Ethikinventar genommen ist, etwa, es käme nur auf die Gesinnung an, oder, der glückseligkeitssuchende oder der nützlichkeitsstrebende Mensch usw.<sup>21)</sup>.

Man übersieht das, was man als das Hic-Rhodus-hic-salta-Problem bezeichnen könnte; nämlich, daß jede als ethisch relevante Handlung als bedingt von dem entscheidenden Sprung in eine gewollte Wirklichkeit zu gelten hat. Das Hic-Rhodus-hic-salta geht jedem formalen Prinzip voraus.

Damit zeigt sich also: die von der modernen „Moralphilosophie“ als wichtig angenommene, sogenannte IS/OUGHT-Question<sup>22)</sup> trifft die Kernsituation des sich moralisch gebenden Menschen nur unzulänglich: wohl gibt es eine Kluft zwischen Aussagen, die durch ein Soll charakterisierbar sind, und jenen, die ein Ist enthalten, aber die Wirklichkeit stellt sich nicht vor das Soll, sondern das Soll steht vor der Wirklichkeit und greift in diese durch den sich entscheidenden Menschen ein.

Der Mensch greift in die Wirklichkeit sogar auch dann ein, wenn er nur durch ein huschendes Lächeln einen Zustand oder die Tat eines anderen ablehnt und damit sich selbst zu prüfen oder andere zu kritisieren beginnt. Neue Kausalreihen entstehen, d. i. eine andere Wirklichkeit formt sich aus, für die jeder einzelne und die Gemeinschaften eintreten müssen<sup>23)</sup>.

Man könnte nun bei Anerkennung des Hic-Rhodus-hic-salta-Problems und folgenden Effektes trotz Abrückens von der Wichtigkeit der Is/ought-question an der Forderung nach Quantifizierung um der Exaktheit willen festhalten; ja feststellen, daß es dann offenbar Grade des ethischen Verhaltens gibt, d. h. verschiedene Intensitäten, mit denen man in die Wirklichkeit als moralischer Mensch eingreift. Das Ziel der Forschung könnte es dann sein, derartige Intensitäten der Messung zugänglich zu machen. Dann spiele auch die unendliche Quantität der Möglichkeiten ethischen Verhaltens keine Rolle mehr.

An dieser Stelle sei aber an die Anregung Hegels erinnert, der bekanntlich bei der Erörterung des „Maßes“ vom Umschlagen des Quantitativen in das Qualitative gesprochen hat<sup>24)</sup>.

Die Frage würde dann lauten: Welches Maß müßte eine Intensität haben, um ins Qualitative umzuschlagen, wenn eine Tat als ethisch oder moralisch beurteilt wird? An dieser Frage jedoch scheitern alle methodisch exakten Überlegungen grundsätzlich. Denn mit der Festlegung eines solchen Maßes werden alle Glieder der Kausalreihe, die vor dem Umschlagenspunkt liegen, eliminiert; aber gerade sie sind in einer sittlichen Handlung wegen des schon einmal erwähnten inhaltlichen Einheitszuges wesentlicher, zum anderen handelt es sich um eine Festsetzung des Maßes, also selbst wieder eine sittlich zu bewertende Entscheidung mit Hic-Rhodus-hic-salta-Effekt.

Was eingangs dieser Überlegungen beiseite geschoben worden ist, meldet sich in seiner ganzen Bedeutung wieder:

das Ethische ist nur qualitativ erfaßbar. Eine von der naturwissenschaftlichen Methode übernommene Betrachtungsweise führt zu keinen brauchbaren Ergebnissen für die Problematik des sittlichen Tuns<sup>25)</sup>.

Damit ist aber selbst die Tauglichkeit der wissenschaftlichen Universalität in Frage gestellt, was bedeuten würde, daß unsere „Kulturfrage Ethik“ überhaupt nicht gelöst werden könnte.

Die ethische Fragestellung muß noch umfassender und genuiner angegangen werden.

## 5.

Die vorstehenden kritischen Bemerkungen gestatten jedoch eine Feststellung:

Das Sittliche kann der wirklichen Ausübung noch als eine menschliche Möglichkeit sui generis aufgefaßt werden, die sich an jedem einzelnen und in menschlichen Gruppierungen zeigt und den Spielraum pluraler Verwirklichungen verlangt, ohne daß deswegen irgendeine Notwendigkeit gesehen wird, diese Pluralität als kulturbestimmend hinzunehmen; das Einmalige wird als Soll erlebt, das Plurale ist bezogen auf die Welt der Sachen. Die Verklammerung von Sollen und Sein muß daher in eigener Kompetenz gefunden werden. Das beinhaltet, daß das Ethische zugleich formal, aber unabhängig vom „wissenschaftlichen“ Vernunftbegriff, und material, aber unabhängig von einem Sachzwang, gefunden werden muß.

Die ethische Frage unserer Zeit ist aus einer Sicht heraus, auf die, wie Historiker der Ethikproblematik wissen, I. Kant, M. Scheler und N. Hartmann besonders aufmerksam gemacht haben, neu zu beschreiben<sup>26)</sup>.

(wird fortgesetzt)

## Anmerkungen zu II

<sup>6)</sup> Man vergleiche unter diesem Gesichtspunkt die mannigfachen moralphilosophischen Versuche in dem Sammelband von M. Riedel (Herausgeber), Rehabilitation der praktischen Philosophie, Bd. I Geschichte, Probleme, Aufgaben, 1972 und Bd. II Rezeption, Argumentation, Diskussion, 1974, Verlag Rombach, Freiburg, sowie den Versuch einer Einordnung der erwähnten Fragestellungen und Lösungen in J. Mader, Moral, Philosophie und Wissenschaft, in die Probleme der Ethik in Tradition und Gegenwart (so der Untertitel). Wien—München 1979.

<sup>7)</sup> Der Satz beispielsweise „Moral ist subjektiv“ würde noch im 17. Jahrhundert noch ganz anders verstanden werden als derzeit. In unserem Verständnis verbirgt sich dahinter das Problem der Gültigkeit oder der Relativität oder der Willkür des ethischen Verhaltens, einige sehr wesentliche Sachfragen. Vordem wäre man wahrscheinlich bei der sachlichen Aufnahme desselben Satzes von dem auch vielschichtigen Gedanken ausgegangen, daß alles Ethische im Denkhorizont des Absoluten oder ewig Bleibenden oder Notwendigen verwurzelt ist, was bei Kants und Schopenhauers Vorstellungen vom intelligiblen Charakter der sittlichen Persönlichkeit noch nachklingt. Das sind alles tatsächliche Probleme, die nicht mit einem Schlag gelöst werden können, sondern nur in verschiedenen Denkhorizonten „besprochen“ werden müssen. Hierbei hilft aber keine Analyse oder Einführung einer anderen Ebene, sondern nur eine Synthese in einer einzigen Ebene, nämlich jener, in der sich die vorhandene Sprache bewegt. Aus der Synthese entsteht dann ein neues Verständnis der Sachlage. Selbst die mathematisierten Naturwissenschaften bedürften einer Beobachtungsprobe, meint E. Oeser in Wissenschaft und Information, 1976, Bd. I, S. 28.

<sup>8)</sup> Illustrativ erwähnt, nicht zitiert oder diskutiert, seien G. Ruis, Die prekäre Frage nach der Ethik in den Biowissenschaften, im Spectrum der Zeitung „Die Presse“ am 29./30. 8. 1981.

(Derselbe in einem Rundfunkvortrag, ORF v. 21. 9. 81, unter dem Titel: Hat die Ethik einen evolutionären Ursprung?)

G. Altner, Grundsätze und Perspektiven zu einer Ethik der Ökologie, 1979, vom Autor als Grundlage eines Vortrages im Manuskript freundlicherweise zur Verfügung gestellt.

H. Kohlenberger, Der Papst als Philosoph (sc. Johannes Paul II.) in einer Rundfunksendung (ORF) am 11. 9. 1979.

O. K. Flechtenstein, Was denken die Futurologen über die Moral der Zukunft? Ein Rundfunkskizzen, gesendet (ORF) am 28. 9. 1972.

<sup>9)</sup> Über den Zusammenhang der Begriffe: Fortschritt, Eschatologie, Evolution, Struktur, Pluralismus vgl. die Verhandlungen des Siebten Deutschen Kongresses für Philosophie in Münster in Westfalen 1962. Herausgeber H. Kuhn und F. Wiedeman unter dem Titel „Die Philosophie und die Frage nach dem Fortschritt“, 1964.

<sup>10)</sup> Hält man sich angesichts derartiger Versuche die Ausführungen A. Gehlens in seinem Buch „Moral und Hypermoral, eine pluralistische Ethik“, 1969, gleichsam eine Abrechnung mit den Bestrebungen unserer Zeit, vor Augen, so wird bei aller gebotenen Distanzierung von dort die Einsicht bleiben müssen, daß Natur des Menschen und Kultur derzeit in eine sehr fragwürdige Konstellation gekommen sind, so daß der Fortbestand von Natur und Mensch als Geistwesen gleichermaßen in Frage gestellt scheinen.

<sup>11)</sup> W. Weischedel, Skeptische Ethik, Suhrkamp, 1976.

<sup>12)</sup> Das Zitierte findet sich a. a. O.:

S. 13, S. 37  
S. 184  
S. 179 ff., S. 186  
§§ 78 bis 89

Die außerordentlich treffenden Ausführungen zu Einzelfragen, vor allem zu „Gewissen“, „In-Ordnung-Sein“, „Normen“, sollen nicht unerwähnt bleiben.

<sup>13)</sup> Dazu vom selben Autor: Der Gott der Philosophen, 4. Teil, Darmstadt 1972.

<sup>14)</sup> Es ist bemerkenswert, daß sich bei Fichte eine Widerlegung des theoretischen Skeptizismus aus der bloßen Tatsache des Handelns aufweisen läßt. Vgl. E. Storheim, Fichtes Widerlegung des Skeptizismus, in K. Hammacher (Hgb.), Der Transzendente Gedanke, 1981, S. 309 ff.

Bei Fortsetzung der neuesten Fichteforschung, wie sie in dem eben herangezogenen Sammelwerk zum Ausdruck kommt, wird sich wahrscheinlich herausstellen, daß die ethischen Überlegungen Fichtes von fundamentaler Bedeutung sind. Vgl. a. a. O. insbesondere die Seiten 38, 112, 114.

<sup>15)</sup> So formuliert von W. Kamlah in M. Riedel a. a. O., I, S. 109.

<sup>16)</sup> Vgl. Verfasser, Die Philosophie von Menschen in der Revolution, Wissenschaftliche Nachrichten, Nr. 25, 1971.

<sup>17)</sup> Über den Begriff der Exaktheit, s. H. Rombach, Strukturontologie, Eine Phänomenologie der Freiheit, 1971, S. 36 f. (Unterschied und Unverträglichkeit der Begriffe „exakt“ und „genau“, da jeweils auf verschiedenen ontologischen Ebenen.

<sup>18)</sup> Im Anschluß an den frühen Wittgenstein sagt W. Stegmüller, Hauptströmungen der Gegenwartsphilosophie, 1975<sup>6</sup> (Bd. I, S. 568). „Es ist unmöglich, die Intensionale Vagheit und Mehrdeutigkeit von Ausdrücken zu beseitigen.“

<sup>19)</sup> Man vergleiche hierzu die Überlegungen E. Husserls zur hypothetischen Formulierung von Wert und sittlichem Handeln nach A. Roth, E. Husserls ethische Untersuchungen, dargestellt anhand seiner Verlesungsmanuskripte. Phänomenologica 7, 1960. Es findet sich etwa folgender Zusammenhang: „Wenn W ein Wert, und, wenn dazu kommt, daß, wenn A, so W, so ist auch A ein Wert.“ S. 85.

Im übrigen drückt „wenn“ die Bedingung für eine inhaltliche Aussage aus, s. F. Tschirch, Geschichte der deutschen Sprache, Bd. II, S. 54.

<sup>20)</sup> R. M. Hare zitiert nach der Übersetzung in: Texte zur Ethik, DTV, 1980, S. 110 f. Im Original: prescriptivity and universalizability (Freedom and reason. Oxford, 1963, S. 89).

<sup>21)</sup> Die bisher vertretenen Auffassungen sind zusammengestellt und kritisiert bei H. Reiner, Die philosophische Ethik, Heidelberg, 1964.

<sup>22)</sup> The IS-Ought Question, A collection of papers on the central problem in moral Philosophy, Edited by W. D. Hudson, Macmillan, 1969.

Im übrigen liest man die berühmte Ausgangsstelle für die IS/ OUGHT-Question bei D. Hume vielleicht doch nicht aus dem Zusammenhang unvoreingenommen genug. Sie lautet zunächst tatsächlich so, daß ein „imperceptible change“ von is/is not zu ought/ought not festgestellt wird.

Aber D. Hume erklärt auch, daß sich die Entzwecke des menschlichen Handelns nicht durch Vernunft erklären lassen, sondern gänzlich den Gefühlen und Neigungen der Menschen anheimgegeben sind. Und dann heißt es wörtlich: „... es kann nicht immer ein Ding y geben, um dessentwillen ein Ding x gewünscht wird: Irgend etwas muß um seiner selbst willen und wegen seiner unmittelbaren Harmonie oder Übereinstimmung mit menschlichem Gefühl und menschlicher Neigung wünschenswert sein.“ (Texte, a. a. O., S. 71.) Derart existentiell gedacht, sieht das Sein/Sollens-Problem doch anders aus!

Irgendwie führen u. E. die verwendeten Ausdrücke „unmittelbar“, „Harmonie mit“ von der sogenannten „Hume-Guillotine“ doch weg. (M. Black, in IS/ OUGHT-Question wie oben, S. 100.)

<sup>23)</sup> Vgl. zum Problem der Verantwortung W. Schulz, Philosophie in der veränderten Welt, 1981<sup>7</sup>, 5. Teil.

<sup>24)</sup> G. W. F. Hegel, Wissenschaft der Logik, I/1, Ausführungen unter dem Titel „Das Maß“.

Für unseren Zusammenhang taucht das Problem schon sehr eindringlich in Platons Politikos auf, 283b–284c.

S. dazu auch die Artikel „Maß“ im hist. Wörterbuch der Philosophie, Bd. V, 1980, und „Quantität“ im Handbuch phil. Grundbegriffe, Bd. 4, 1973.

<sup>25)</sup> F. Wagner, Weg und Abweg der Naturwissenschaft, Denk- und Strukturformen, Fortschrittsglaube und Wissenschaftsreligion, 1970, spricht von der „Preisgabe“ der „Sinn- und Wesensfrage nach der Seinswahrheit und Existenzwahrheit“ in der kommenden Zeit. Er weist auf den Historiker H. Adams hin, der bereits 1905 vorausgesagt habe, daß „Recht“ als „Norm und Grundsatz“ verschwinden und durch Gewalt ersetzt werden würde. Sitte würde zur Polizei. Sprengstoffe würden kosmische Stärke erreichen. Die Auflösung würde die Ordnung überwinden. S. 159. Solche „Prognosen“ müssen doch zur philosophischen Nachdenklichkeit reizen!

<sup>26)</sup> An diesem Stand hat sich seit Th. Litts Darstellung in der Ethik der Neuzeit, 1931 (Nachdruck Darmstadt, 1968), im Grunde nichts geändert: Formalismus, Wertethik, Synthese.

## Buchbesprechung

**Friedrich Wallner, Philosophische Probleme der Physik** – Klagenfurter Beiträge zur Philosophie, Reihe: Lehrmaterialien, Wien 1980, Verlag des Verbandes der wissenschaftlichen Gesellschaften Österreichs, 90 Seiten.

Wenn Philosophie (nach Aristoteles) Prinzipienlehre, insbesondere Prinzipienlehre der Wissenschaften ist, so gehört auch die Behandlung der Grundlagen der Physik zu ihren Aufgaben. Bedenkt man, daß Physik in ihrer heutigen Gestalt die theoretischste aller Wissenschaften ist und damit näher als alle anderen an Erkenntnis- und Wissenschaftstheorie heranrückt, weiters, daß die wesentlichen Fragen nach der Natur der Materie und nach dem Aufbau des Kosmos ehemals Domäne der Philosophie gewesen sind, so ist es verständlich, daß die physikalische Grundlagenproblematik ein ganz besonderes Anliegen der Philosophie ist. Angesichts dessen muß auch der Philosophielehrer wenigstens einigermaßen darüber informiert sein (auch deshalb, um mit dem Physikunterricht Fühlung halten zu können). Für die Nicht-Naturwissenschaftler erwachsen hier große Schwierigkeiten. Der Verfasser des vorliegenden Bändchens hat nun den Versuch unternommen, in knappster Form die nötigen Informationen zu bieten. Er geht zunächst auf das Wesen naturwissenschaftlicher Denkweise ein. Sodann entwickelt er die Grundgedanken der Relativitätstheorie und der Quantentheorie, wobei die philosophie-näheren Fragen besonders herausgestellt werden. Auf die verschiedenen Arten des Raumbegriffes wird ausführlicher eingegangen, auch die logischen Probleme, vor die die moderne Physik gestellt wird (mehrwertige Logik) werden gestreift. Die philosophie-nächste Problematik kommt im Schlußkapitel „Einheit der Natur und Einheit der Physik“ zu Wort. Der Verfasser setzt sich hier mit K. Fr. v. Weizsäcker's Erörterungen über die „Bedingungen der Möglichkeit der Erfahrung“ auseinander. Sicherer Ergebnis bleibt, daß auch in der Physik Subjekt und Objekt nicht toto coelo getrennt gedacht werden dürfen. Zentrales Anliegen einer Philosophie der Physik ist also (wie auch Einstein betont hat, „Deutsche Literaturzeitung“, 1924, Sp. 1686) der Problemkreis, der seit Kant mit dem Terminus „Affinität“ bezeichnet wird.

Karl Nawrath

# BIOLOGIE, GEOWISSENSCHAFTEN

Prof. F. Muckenhuber

Michael A. Götzingler<sup>1)</sup>

## Industriemineralien in Österreich

Als Industriemineralien werden diejenigen mineralischen Rohstoffe bezeichnet, die als Minerale auf Grund besonderer Eigenschaften (Härte, Dichte, Temperaturbeständigkeit, Leitvermögen u. a.) – nach Anreicherung – direkt einer Verwendung zugeführt werden. Die Stellung der Industriemineralien innerhalb der mineralischen Rohstoffe und Energieträger gibt folgende Übersicht, in der auch die Bestimmungen des Berggesetzes (1975) berücksichtigt sind.

Mineralische Rohstoffe und Energieträger

1. Erze und Erzminerale (bergfrei, mit Ausnahme der Uran- und Thoriumminerale: bundeseigen);
2. Industriemineralien (bergfrei; bundeseigene: Steinsalz u. dgl.; grundeigene: z. B. Magnesit, Dolomit; sonstige: z. B. Vermiculit);
3. Steine und Erden, Baustoffe (unterliegen nicht den Bestimmungen des Berggesetzes, 1975);
4. Kohle, Torf und Ölschiefer (bergfrei);
5. Kohlenwasserstoffe (bundeseigen).

Den wirtschaftlichen Stellenwert innerhalb der Gesamtproduktion fester mineralischer Rohstoffe in Österreich zeigt die Abbildung 1, basierend auf den Daten der Tabelle 1 (für das Jahr 1979).

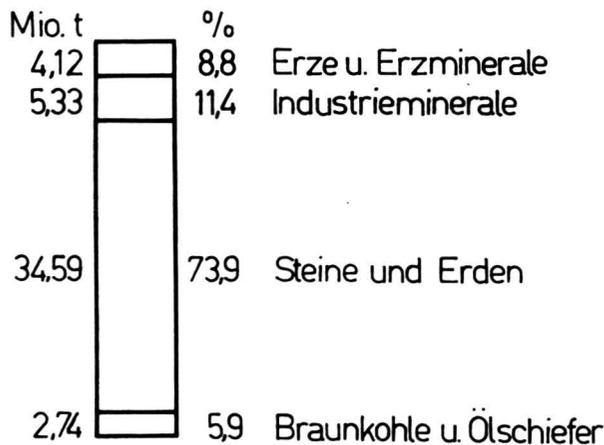
<sup>1)</sup> Dr. Michael A. Götzingler, Institut für Mineralogie und Kristallographie der Universität Wien, 1010 Wien, Dr.-Karl-Lueger-Ring 1.

**Abb. Tabelle 1:** Produktionszahlen fester mineralischer Rohstoffe in Österreich (für die Jahre 1979 und 1980), Angaben in 1000 Tonnen.

	1979	1980
<b>Erze und Erzminerale</b>		
Eisenerz (Siderit)	3 200,00	3 200,00
Eisenglimmer (Hämatit)	12,30	10,96
Wolframerze (Scheelit)	375,50	459,80
Blei-Zink-Erze (Bleiglanz, Zinkblende)	504,02	694,55
Antimonerz (Antimonit)	26,41	24,70
<b>Industriemineralerale</b>		
Feldspat	6,59	10,95
Baryt	0,31	0,25
Gips	670,93	698,65
Anhydrit	127,18	134,77
Steinsalz	0,97	1,02
Sudsalz	380,33	410,13
Dolomit	1 013,90	1 107,05
Magnesit	1 103,65	1 318,16
Quarz, Quarzit	217,58	218,65
Quarzsand	885,12	877,76
Kieselgur (1978)	0,54	—
Kaolin und Leukophyllit	330,09	340,98
Ton	46,07	61,64
Illitton	379,04	504,81
Traß	8,16	8,16
Graphit	40,52	36,70
Talk	116,42	116,71
<b>Steine und Erden</b>		
Brecherprodukte	15 700,90	
Bruch- und Mauersteine	2 043,00	
Sand und Kies	16 846,50	
<b>Kohle und Ölschiefer</b>		
Braunkohle	2 740,74	2 864,97
Ölschiefer	1,16	0,95

Nach ihrer Entstehung können die Industriemineralerale in drei Gruppen eingeteilt werden (hier werden nur österreichische Vorkommen berücksichtigt):

## Produktion mineralischer Rohstoffe in Österreich (1979)



Industriemineralerale aus magmatischen Gesteinen  
Feldspat, Glimmer (beide grundeigen),  
(Beryll, Spodumen – beide bergfrei)  
Anhang: Baryt, Fluorit (beide bergfrei).

Industriemineralerale aus Sedimentgesteinen  
Gips, Anhydrit (beide bergfrei), Schwefel,  
Steinsalz (bundeseigen),  
Dolomit, Magnesit (beide grundeigen),

Quarz und Quarzit, Quarzsande, Kieselgur  
(alle grundeigen),  
Phosphate – Phosphorit,  
Kaolin (bergfrei),  
Tone, Illitton, Traß (alle grundeigen).

Industriemineralerale aus metamorphen Gesteinen  
Graphit (bergfrei),  
Granat,  
Andalusit, Disthen, Sillimanit (alle grundeigen),  
Asbest (Hornblende- und Serpentin-asbest) (grundeigen),  
Talk, Leukophyllit (beide bergfrei),  
Vermiculit.

### Industriemineralerale aus magmatischen Gesteinen

Unter den magmatischen Gesteinen sind hauptsächlich die Pegmatite Träger mineralischer Rohstoffe. Die Pegmatite stellen Restkristallisate saurer Plutonite (Granite) dar, die durch ihre Korngröße (Kristalle bis Metergröße) und durch ihre akzessorischen Minerale ausgezeichnet sind. Der Hauptchemismus entspricht etwa dem eines Granites, die Hauptgemengteile sind Kalifeldspat, Glimmer (Muskovit und/oder Biotit), Quarz und untergeordnet Albit.

**Feldspat:** Abgebaut wird hauptsächlich Kalifeldspat ( $KAlSi_3O_8$ ) als Mikroklin oder Orthoklas, geringe Mengen Natrium können enthalten sein: Albitkomponente. Der Albit entmischt sich bei langsamer Abkühlung, so daß Perthit gebildet wird (Entmischungsspindeln von Albit in Kalifeldspat, oft auch mit freiem Auge sichtbar). In Österreich gibt es zahlreiche Pegmatitvorkommen, im Waldviertel wurde unter anderem das der Königsalm bei Senftenberg abgebaut. Die Feldspatgewinnung erfolgt jetzt im Zuge der Quarzsandaufbereitung (Melker Sande), die Produktion (1980) betrug knapp 11 000 Tonnen, das entspricht ca. 98 % des österreichischen Bedarfes. Verwendung findet Feldspat in der Glas- und Keramikindustrie, für Porzellanmassen.

**Glimmer:** Sowohl Muskovit ( $KAl_2[OH]_2Si_3AlO_{10}$ ) als auch Phlogopit ( $KMg_3[OH]_2Si_3AlO_{10}$ ), das eisenfreie Endglied der Biotit-Reihe sind gesucht. Wie der Kalifeldspat sind große Glimmervorkommen hauptsächlich an Pegmatite gebunden. Wertvoll sind große Glimmerplatten, die in der Elektroindustrie (Stanzteile für hitzebeständige Isolatoren, biegebar) verwendet werden. Einen Abbau gab es bei St. Leonhard/Saualpe, zusammen mit Beryll und Apatit. Österreich ist Glimmerplatten betreffend zu 100 % importabhängig. Der Bedarf an Glimmermehl (für Preßgut) ist jedoch durch Weißschiefer (Stmk.) und teilweise durch Talk (Stmk.) gedeckt.

**Beryll** ( $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ ) und **Spodumen** ( $LiAlSi_2O_6$ ) sind keine Industriemineralerale im strengen Sinn, da aus ihnen Beryllium bzw. Lithium gewonnen werden. Beide Minerale kommen in Pegmatiten vor, auf beide Minerale sind Prospektionsarbeiten in Österreich im Gange. Die Nachsuche gestaltet sich mitunter sehr schwierig, da beide Minerale extrem unscheinbar sein können und nach ihrem Aussehen keineswegs als Erzminerale zu bezeichnen sind – in klaren, gefärbten Kristallen sind sie als Edelsteine geschätzt (Smaragd aus dem Habachtal, Sbg.).

Beryll, meist trüb-hellgrün, wurden in den Pegmatiten bei Neumarkt/Mühlviertel, bei Königswiesen (NÖ.) und in der Saualpe gefunden. Spodumen tritt in Pegmatiten bei Spittal/Millstätter See auf und wurde aus einem erratischen Block bei der Ruine Landskron NE Villach sowie aus dem Radegunder Kristallin (Stmk.) beschrieben. Sowohl Beryllium als auch Lithium finden als Legierungsmetalle Verwendung (mit Cu, Al, Ni, Co, Fe und Mg), sie steigern die Härte und Temperaturfestigkeit. Beide Rohstoffe werden zur Gänze importiert.

Als Anhang zu den Industriemineralen magmatischer Bildung sollen Baryt und Fluorit genannt werden, da beide Minerale in der Spätfolge magmatischer Bildungen, in hydrothermalen Gängen vorkommen. Andererseits sind auch sedimentäre Bildungen wohl bekannt.

**Baryt**, Schwerspat ( $BaSO_4$ ), tritt oft in monomineralischen Gängen, jedoch auch vergesellschaftet mit Sulphidvererzungen (Bleiglanz, Zinkblende u. a.) auf, stellenweise bildet er die Gangart in Erzgängen (z. B. Bleiberg, Ktn.). Kleine Lagerstätten liegen am Kleinkogel/Kummerbauerstadt und am Südabhang des Großen Otter im Semmeringgebiet. Die jährliche Förderung am Kleinkogel beträgt knapp 300 Tonnen (sehr reiner „Blütenspat“) und deckt ca. 4 % des österreichischen Bedarfes. Nicht unbedeutende Mengen an Baryt liegen in den Blei-Zink-Lagerstätten Bleiberg und des Grazer Paläozoikums vor, werden jedoch derzeit nicht genutzt. Sehr

reiner Baryt wird für medizinische Zwecke (Röntgenkontrastmittel), etwas verunreinigter Schwespat wird als Füllstoff, Pigment oder als Bohrspat in der Erdölindustrie (Ausnutzung der hohen Dichte: Bohrspülungen und Gegendruckmittel) verwendet.

**Fluorit**, Flußspat ( $\text{CaF}_2$ ), tritt in vergleichbarer Weise wie Baryt als Gangart in Erzgängen zusammen mit Sulphidmineralen auf, bildet aber ebenso monomineralische Gänge; weiters gewinnen auch sedimentäre Bildungen immer mehr an Bedeutung. Die größte bekannte Lagerstätte in Österreich liegt im Gebiet Achselalm-Flecktrognal/Hollersbachtal (Sbg.), wo farblos bis hellblauer Fluorit zusammen mit Bleiglanz und Zinkblende vorkommt. Große Mengen brechen auch im Blei-Zink-Bergbau Bleiberg (Ktn.) bei, werden jedoch offenbar aus aufbereitungstechnischen Gründen nicht genutzt, obwohl Fluorit einen für Österreich besonders kritischen Rohstoff darstellt. Weitere Vorkommen sind bei Krimml (Sbg.), am Weißbeck (Ktn.) und stellenweise im Gutensteiner Kalk, z. B. in der Laussa bei Altenmarkt (Stmk.), bekannt. Diese Vorkommen scheinen nach bisherigem Wissen für eine wirtschaftliche Nutzung zu klein zu sein. Österreich ist daher zu 100 % importabhängig. Die Verwendung erfolgt als Säurespat (sehr rein) oder als Flußmittel (zusammen mit Kalk) in der Stahlindustrie. Weitere Abnehmer sind die Glas- und Emailindustrie; viel Fluor geht in Treibgasverbindungen mit der Verwendung von Spraydosen unwiederbringlich verloren.

### Industriemineralien aus Sedimentgesteinen

Unter den Sedimentgesteinen sind besonders die chemischen Sedimente, die Evaporite und die Rückstands-sedimente (Residuate) für die Gewinnung mineralischer Rohstoffe bedeutend.

Die erste Gruppe verdankt ihre Entstehung der Verdunstung des Meerwassers in mehr oder minder abgeschlossenen Meeresbecken, die zweite der Wirkung des Wassers bei der Verwitterung, beim Lösungstransport und bei der physikalischen Mineralaufbereitung.

**Gips** ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) und **Anhydrit** ( $\text{CaSO}_4$ ) sind in weitaus überwiegender Menge an die Basis salinärer Ausscheidungsfolgen (Kalk/Dolomit – Gips – Steinsalz) gebunden, die in mehreren Zyklen erfolgen können. Durch die Kompaktion als Folge des Überlagerungsdruckes und/oder durch schwache Metamorphose werden tiefliegende Teile der Gipsausscheidungen in Anhydrit umgewandelt (wobei erhebliche Mengen Wasser frei werden).

Im Jahre 1980 waren in Österreich acht Gipsbergbaue in Betrieb, von denen Puchberg am Schneeberg (NÖ.), Preinsfeld bei Heiligenkreuz (NÖ.), Wienern/Grundlsee (OÖ.) und Mooseck/Gölling (Sbg.) kurz genannt seien. Die Förderung betrug (1980) knapp 700 000 Tonnen Rohgips und knapp 135 000 Tonnen Anhydrit, womit der Inlandsbedarf voll gedeckt ist. Rohgips und Anhydrit werden in großen Mengen als Abbindeelemente in der Zementindustrie verwendet, Brandgips ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ) als Baustoff, für Gipsplatten, Anhydrit auch als Füllstoff u. a.

**Schwefel** (S) wird in verstärktem Maße durch die Entschwefelung von Kohlenwasserstoffen (Erdöl und Erdgas) gewonnen, ein Abbau erfolgt derzeit in Österreich nicht. Schwefel entsteht als vulkanisches Sublimationsprodukt, ist aber auch häufig zusammen mit Gips in Evaporitserien zu finden. Weiters fällt Schwefel bei der Blei-Zink-Erzverhüttung und beim Schwefelkiesabbrand an. Eine mögliche Gewinnung wäre aus der Pyritlagerstätte Tessenberg in Osttirol gegeben. Schwefel dient zum Vulkanisieren von Kautschuk, zur Herstellung von Schwefelsäure und anderen Chemikalien (Schwefelkohlenstoff, Sulfate, Sulfite u. v. a.).

**Steinsalz** (NaCl) soll hier nur in aller Kürze erwähnt werden. In weiterer Folge der Meeresverdunstung entstehen nach der Gipsausfällung die bekannten Steinsalzlager mit ihrer oft mannigfaltigen Mineralogie. Im Jahre 1980 waren in Österreich vier Bergbaue in Betrieb: Ischl und Hallstatt (OÖ.), Altaussee (Stmk.) und Hallein (Sbg.). 2,2 Mio. m<sup>3</sup> Salzsole wurden gewonnen, ca. 1000 Tonnen Steinsalz wurden bergmännisch abgebaut, 410 000 Tonnen Sudsalz wurden produziert. Der Bedarf Österreichs ist zu 100 % gedeckt.

**Dolomit** ( $\text{Ca Mg} [\text{CO}_3]_2$ ) und **Magnesit** ( $\text{Mg CO}_3$ ): Die Entstehung der gesteinsbildenden Dolomite ist im späten Diagenesestadium anzusetzen, wobei weiträumige Schichtkomplexe erfaßt werden. Magnesit kann sich ebenfalls sedimentär bilden, die großen Lagerstätten sind nach ihrem Auftreten als

metasomatisch zu deuten. Von beiden Mineralrohstoffen besitzt Österreich genügend große Mengen, die Produktionen (1980) liegen für Dolomit bei 1,1 Mio. Tonnen, für Magnesit bei 1,3 Mio. Tonnen. Praktisch die ganze Menge wird der Hochfeuerfestindustrie zugeführt. Magnesitbergbaue befinden sich bei Radenthein (Ktn.), Hochfilzen (Tirol), Hohentauern, Oberdorf und Breitenau (Stmk.). Die Abbaue Sattlerkogel/Veitsch und Eichberg/Semmering liegen derzeit still.

**Quarz** ( $\text{SiO}_2$ ), **Quarzit** und **Quarzsande**: Quarz tritt lokal in mächtigen Gängen (z. B. bei Gutenbrunn, NÖ.) auf, Quarzite (z. B. bei Penk, NÖ.) sind metamorphe Quarzsande. Quarzsande werden in Österreich in großem Umfang abgebaut (Linzer und Melker Sande) und verwendet: Glas-, Gießerei- und Bausande, Filter u. v. a. In Summe wurden im Jahre 1980 1,1 Mio. Tonnen Quarzit und Quarzsande abgebaut; der Bedarf an hochwertigen (Glas-)Sanden ist durch die inländische Produktion jedoch nicht gedeckt.

**Kieselgur**, Diatomeenerde ( $\text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ): Die Bildung dieser organischen Sedimente erfolgte im Miozän, was durch Fossilfunde und Stratigraphie belegt ist. Die bekannten Vorkommen liegen im Raum Limberg-Maissau (NÖ.) und wurden bis 1978 auch abgebaut: 540 Tonnen (1978). Verwendung fand die gebrannte Kieselgur als poröser Leichtbaustoff für Ofenauskleidungen. Weitere Vorkommen im Raum Afenz (Stmk.) werden derzeit auf ihre Abbauwürdigkeit untersucht.

Phosphate – **Phosphorit**: In ihrer Pauschalzusammensetzung nähern sich die Phosphorite dem Apatit ( $\text{Ca}_5 [\text{OH}, \text{F}] [\text{PO}_4]_3$ ), stellen jedoch komplex zusammengesetzte Mineralgemenge (Konkretionen) dar. Ihre Herkunft wird mit fossilen Knochenzusammenschwemmungen erklärt, andere Bildungen (Guano) werden diskutiert. In Österreich kommen sogenannte Phosphoritsande vor, die in Oberösterreich den Linzer Sanden entsprechen. Ein gezielter Abbau findet derzeit nicht statt, Untersuchungen sind jedoch im Gange. Eine Zeitlang waren auch die Höhlenbärenknochen der Drachenhöhle bei Mixnitz (Stmk.) für die Phosphatgewinnung (Düngemittelindustrie) herangezogen worden.

**Kaolin** besteht hauptsächlich aus dem Mineral **Kaolinit** ( $\text{Al}_2 [\text{OH}]_4 \text{Si}_2 \text{O}_5$ ) und entsteht bei der Umwandlung von Gesteinen mit granitischer Zusammensetzung aus Kalifeldspat. Die Umwandlung kann sowohl durch Oberflächenwässer (Moore) als auch durch hydrothermale Wässer erfolgen. Kaolinit ist als nichtquellendes Tonmineral auch Bestandteil der „mageren“ Tone. Derzeit steht in Österreich nur ein Betrieb bei Schwertberg (OÖ.) auf Kaolin in Abbau – die Aspanger Kaolin- und Steinwerke AG fördert Leukophyllit-Sericit. Die Lagerstätten Mallersbach (umgewandelter Bittescher Gneis) und Niederfladnitz bei Retz (NÖ.) (umgewandelter Thaya-Granit) liegen derzeit still. Die Produktion an Rohkaolin betrug im Jahre 1980 ca. 143 000 Tonnen, was mit den knapp 200 000 Tonnen Leukophyllit aus Aspang (NÖ.) ca. 50 % des österreichischen Bedarfes deckt. Als Nebenprodukte fallen noch Quarzsande an.

**Ton** und **Illitton**: Unter den Tonmineralen lassen sich quellbare (Halloysit und Montmorillonit) und nichtquellbare (Kaolinit und Illit) unterscheiden; erstere sind Bestandteile der „fetten“ Tone. Für die Herstellung feuerfester, säurefester und keramischer Erzeugnisse (einschließlich „Leca“ – light expanded clay aggregate) werden hauptsächlich Halloysit, Montmorillonit und Illit führende Gesteine herangezogen. Im Jahre 1980 waren in Österreich elf Tonbergbaue in Betrieb, von denen drei (OÖ., Stmk.) Illitton fördern. Die Produktionen betragen (1980) 61 600 Tonnen Ton und knapp 505 000 Tonnen Illitton. Die Rohmaterialien für die Ziegelindustrie sind in diesen Zahlen nicht inbegriffen. Die Verwendung ist sehr mannigfaltig: Brenngut – Keramik, Adsorptiva (Filterung von Lebensmitteln, Wein u. a.), Füllstoff, Trägermittel für Chemikalien, Farben und Lacke, Bindemittel, Einsatz in Feuerlöschern.

**Traub** ist durch Lösungen umgewandeltes vulkanisches Gestein (Trachyandesit) des Gleichenerger Vulkangebotes. Der Abbau befindet sich bei Gossendorf (Stmk.) und fördert knapp 8200 Tonnen (1980) Roh-Traub für die Zementindustrie.

### Industriemineralien aus metamorphen Gesteinen

Während der Regionalmetamorphose kommt es lokal zu Element- und Mineralanreicherungen; in der Regel entstehen neue Minerale, die bei den jeweiligen Druck- und Temperaturbedingungen stabil sind. Gleichzeitig auftretende tektonische Bewegungen können diese Mineralanreicherungen wie-

der in einzelne Schollen zerlegen. Dies wirkt sich beispielsweise in den alpinen Lagerstätten sehr störend für den wirtschaftlichen Abbau aus.

**Graphit (C)** ist die hexagonale Modifikation des Kohlenstoffes. Nach der Entstehung lassen sich vier Typen unterscheiden:

Großkristalline (Flinz-)Graphite vom Typus Passau sind derzeit wirtschaftlich unbedeutend.

Mittelkristalline Graphite entstanden aus regionalmetamorphen Faulschlammbildungen (Sapropelle). Sie enthalten oft größere Mengen an qualitätsminderndem Pyrit. Viele derartige Lagerstätten sind aus der Böhmisches Masse bekannt, derzeit im Abbau befindet sich nur der Bergbau Amstall-Trandorf bei Spitz (NÖ.).

Feinkristalline Graphite oberkarbonischer Phyllite der Grauwackenzone sind aus regionalmetamorphen Kohlenflözen hervorgegangen. Die Bergbaue Kaisersberg und Sunk (Stmk.) fördern derartigen Graphit.

Anorganisch gebildeter Graphit ist in größeren Mengen aus pegmatoiden Gängen bekannt, kommt jedoch in geringen Mengen auch in einzelnen Pegmatiten und in einem Biotitit des mittleren Kampales (NÖ.) vor.

Die Kohlenstoffgehalte abbauwürdiger Graphite liegen in der Regel über 40 %. Im Jahre 1980 wurden knapp 37 000 Tonnen Rohgraphit (bedarfsdeckend) gefördert; im Jahre 1964 lag Österreich mit ca. 102 000 Tonnen an der Weltspitze, das entsprach ca. 27 % der Weltförderung an Rohgraphit! Wegen seiner guten Leitfähigkeit (Elektrizität) und seiner hohen Temperaturbeständigkeit wird Graphit für Kathoden, in der Stahlindustrie, für Tiegel u. a. verwendet. Der Verbrauchsanteil für die Bleistiftferzeugung liegt unter 3 %.

**Granat:** Vornehmlich als Schmuckstein wird der Tiroler Granat, ein Almandin ( $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$ ) aus Glimmerschiefern des Ötz- und Zillertales verwendet. In der Schleifmittelindustrie könnte Granat ebenfalls eingesetzt werden, es wird jedoch davon derzeit kein Gebrauch gemacht.

**Andalusit, Disthen, Sillimanit** (alle  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{SiO}_4$ ): Nur Disthen kommt in einigen Gesteinen der Alpen (Tirol, Sbg. und bei Admont, Stmk.) in auffälligen Mengen vor; derzeit findet keine Gewinnung statt. Andalusit ist aus Glimmerschiefern der Stubai Alpen (Tirol) und aus einem Pegmatit des Waldviertels bekannt; Sillimanit kommt untergeordnet in einigen Granuliten des Waldviertels vor. Das Einsatzgebiet aller drei Minerale ist die Hochfeuerfestkeramik.

**Asbest:** Man unterscheidet Hornblendasbest, der in seiner Zusammensetzung meist dem Aktinolith ( $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{OH}]_2\text{Si}_8\text{O}_{22}$ ) nahesteht, und Serpentinasbest, der meist gut der Formel  $\text{Mg}_3(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$  entspricht und auch Chrysotil genannt wird. Beide Minerale kommen in basischen bis ultrabasischen Gesteinen vor, in Österreich war ein kleiner Bergbau bei Rechnitz (Bgl.) in Betrieb, weitere Vorkommen sind aus Salzburg und Tirol bekannt. Hornblendasbest ist hart und brüchig, er wird zu feuerfesten Platten gepreßt. Serpentinasbest ist weich, biegsam und kann zu Geweben versponnen werden, daher ist hier die Faserlänge qualitätsbestimmend. Die Asbest-Technologie ist sehr mannigfaltig (Kupplungs- und Bremsbeläge, Dichtungsringe, Feuer-schutzmaterial, Isoliermassen u. v. a.). Asbeststaub ist erwiesenermaßen gesundheitsschädlich (Lungenkrebs); Ersatzstoffe sind nur beschränkt einsetzbar.

**Talk** ( $\text{Mg}_3[\text{OH}]_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$ ) kommt in den Alpen häufig in der Nähe großer Magnesitlagerstätten vor; es sind über 50 Talk-schiefervorkommen bekannt. Besonders groß ist die Lagerstätte Rabenwaldkogel bei Anger (Stmk.), wo im Jahre 1980 knapp 117 000 Tonnen gefördert wurden. Dies deckt den österreichischen Bedarf voll. Die Entstehung solcher Lagerstätten wird metasomatisch erklärt, Einzelheiten sind jedoch noch unklar (z. B. die Herkunft der Lösungen). Talk wird als Füllstoff, Gleitmittel, in der Papier- und Gummiindustrie, als Trägerstoff in der chemischen Industrie, für Farben und Lacke, keramische Massen und als Puder verwendet.

**Leukophyllit** ist ein Gestein, welches Sericit (= feinkörniger Muskovit) und hellen Chlorit führt. Es wird von der Aspanger Kaolin- und Steinwerke AG abgebaut (SW Aspang, NÖ.). Die Jahresproduktion (1980) näherte sich der 200 000-Tonnen-Grenze. Der Anwendungsbereich ist ähnlich dem Kaolin bzw. Talk.

**Vermiculit** ist ein magnesiumreiches, glimmerähnliches Schichtsilikat von brauner bis goldgelber, auch grüner Farbe (leicht mit Biotit zu verwechseln). Das Auftreten ist in Österreich an Reaktionszonen saurer ( $\text{SiO}_2$ -reicher) Ganggesteine

an Ultrabasiten ( $\text{SiO}_2$ -arme Gesteine) gebunden. Die ersten Funde größerer Mengen wurden aus dem Waldviertel bekannt; mineralogische und lagerstättenorientierte Untersuchungen sind im Gange.

Charakteristisch (Name!) ist das Verhalten des Vermiculites bei rascher Erhitzung (500 bis 800 °C): der hohe Wassergehalt entweicht unter Zerstörung der Struktur, die Mineralplättchen expandieren senkrecht zur Plättchenebene um das Zwanzig- bis Dreißigfache des ursprünglichen Volumens. Das so gewonnene Produkt stellt einen begehrten Mineralrohstoff dar: Isolator (Temperatur, Schall, Elektrizität) mit geringem Raumgewicht, feuerfest bis ca. 1400 °C, chemisch relativ inert und mit großer Oberfläche. Demnach wird Vermiculit in loser Schüttung (Ofenauskleidung, Saugmittel) oder zu Feuerfestplatten gepreßt verwendet.

Mit dieser Übersicht soll ein Rohstoffsektor vorgestellt werden, der in der Rohstoffwirtschaft Österreichs einen vielleicht etwas unscheinbaren, jedoch nicht unwichtigen Platz einnimmt. Gleichzeitig wird zum Ausdruck gebracht, daß auf diesem Gebiet die Lagerstättenuche in Österreich sicherlich noch lohnend ist.

#### Verwendete Literatur:

- Becherer, K. et al. 1976: Naturgeschichte Österreichs, S. 69–172: Mineralvorkommen und Bodenschätze; Forum Verlag, Wien 1976.  
Berggesetz 1975: Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich, 259. Bundesgesetz, ausgegeben am 13. Mai 1975.  
Haditsch, J. G., 1979: Erze, feste Energierohstoffe, Industriemineralie, Steine und Erden, in: Grundlagen der Rohstoffversorgung, Heft 2, BMFHGI, Wien 1979.  
Hoizer, H., 1980: Mineralische Rohstoffe und Energieträger. In: Oberhauser, R.: Der geologische Aufbau Österreichs, Springer, Wien 1980.  
Österr. Montan-Handbuch 1981, 55. Jahrgang, BMFHGI, Wien 1981.  
Stern, G. & Weber, L., 1979: Neue Rohstoffaktivitäten in Österreich. Berg- und Hüttenm. Mh. 124. Jahrgang, Heft 10, 456–464.  
Weber, L. & Weiß, A., 1981: Verwendung und Verarbeitung mineralischer Rohstoffe. In: Grundlagen der Rohstoffversorgung, Heft 1, BMFHGI, Wien 1981.

## Parasiten und parasitäre Erkrankungen

Die medizinische Parasitologie beschäftigt sich mit den Lebewesen, die dauernd oder zeitweise auf Kosten eines anderen lebenden Organismus leben. Nach dieser herkömmlichen Definition gehören eigentlich alle Erreger von Infektionskrankheiten hieher. In der Medizin aber beschränkt man den Kreis der Parasiten auf die betreffenden Protozoen, auf die endoparasitisch lebenden Würmer und auf eine Reihe von Arthropoden.

Eine Infektion mit Endoparasiten kann durch folgende Möglichkeiten erfolgen: Durch Aufnahme von verunreinigtem Obst, Gemüse und Wasser, von nicht oder nur ungenügend gekochtem Fleisch, das Entwicklungsstadien von parasitischen Würmern und von Toxoplasma enthalten kann, im Fleisch von Krebsen und Krabben können sich Vorstadien des Lungengels finden; Entwicklungsstufen von Endoparasiten können auch durch den Kontakt mit Hunden, Katzen und dgl. aufgenommen werden; Larven von Hakenwürmern können aktiv durch die Haut eindringen, andere aber durch den Stich von Insekten, Zecken u. a. übertragen werden. Gewisse Parasiten können bei einer Schwangerschaft auch auf den Fetus übertragen und Trichomonaden beim Geschlechtsverkehr weitergegeben werden.

An und für sich sind in Mitteleuropa die Lebensbedingungen für einen Endoparasiten schwieriger als in warmen Gebieten und damit dessen Chancen bedeutend geringer, durch den heutigen Verkehr aber ist die Möglichkeit für den Erwerb einer derartigen Erkrankung durchaus nicht zu unterschätzen. Es muß weiter unbedingt festgehalten werden, daß die Chance für eine Infektion während eines 14tägigen Urlaubes in einem südlichen Lande wesentlich größer ist als die während eines vielmonatigen Zusammenseins mit Gastarbeitern an einem heimischen Arbeitsplatz. Es ist ferner bisher nicht gelungen, gegen irgendeine parasitäre Erkrankung einen Impfstoff zu entwickeln. Nur bei Reisen in Malariagebiete ist die regelmäßige Einnahme von Medikamenten angezeigt, die den Ausbruch der Erkrankung, nicht aber eine Infektion verhindern. Wir müssen uns daher ernstlich – nicht ängstlich – überlegen, was wir zu tun haben, um das Risiko einer derartigen Infektion möglichst niedrig zu halten und in Mitteleuropa folgende prophylaktische Maßnahmen durchhalten:

Kein enger Kontakt mit Hunden, die vor allem die Echinokokkose übertragen können! Die Finne des Hundebandwurmes verursacht eine der gefährlichsten Erkrankungen, die

chemotherapeutisch überhaupt nicht und chirurgisch nur bedingt heilbar ist. Hunde können auch die Eier des Hundespulwurmes ausscheiden, dessen Larven beim Menschen zu schweren Augenschädigungen führen können. Man muß es daher als geradezu verantwortungslos bezeichnen, wenn Hunde nicht davon abgehalten werden, ihre Exkremente auf Kinderspielflächen u. ä. Erholungsräumen abzusetzen. Gerade Kinder sind natürlich besonders gefährdet; in den letzten Jahren sind zahlreiche Erkrankungsfälle bekannt geworden.

Kein enger Kontakt mit Katzen während einer Schwangerschaft! Diese Tiere scheiden bestimmte Entwicklungsstadien des Erregers der Toxoplasmose aus, die nach etwa 2 Tagen infektionstüchtig sind. Diese Krankheit ist zwar für einen Erwachsenen nicht aufregend, der Erreger kann aber bes. für einen Embryo gefährlich werden, da er die Plazentaschranken überwinden und zu schweren Mißbildungen am Baby führen kann (Wasserkopf, Augenschädigungen, geistige Entwicklungsstörungen). Überdies können Katzen auch den Hundebandwurm (in einer besonders schweren Verlaufsform) übertragen.

Strikte Vermeidung des Genusses von rohem oder ungenügend gekochtem Fleisch während der Schwangerschaft! In einem hohen Prozentsatz der rohen oder halbrohen Fleischgerichte lassen sich infektionstüchtige Toxoplasmen nachweisen. Wer regelmäßig rohe Rindfleischgerichte konsumiert, wird über kurz oder lang außerdem einen Rinderbandwurmbefall in Kauf nehmen müssen. Die Gefahr, sich mit einem Schweinebandwurm oder Trichinen zu infizieren, ist in Österreich infolge der vorgeschriebenen Fleischschau als gering zu bezeichnen. Mit Jauche gedüngtes Gemüse ist häufig mit Wurmeiern kontaminiert. Die Infektionsquelle ist aber heute relativ unbedeutend. Besonders in gewissen Waldgebieten der Heimat kommt das Frühsommer-Meningoenzephalitis-Virus vor. Eine Zeckenimpfung ist unbedingt zu empfehlen.

Trinkwasser ist bes. im Süden oft nicht einwandfrei, häufig mit Ruhramöben und Wurmeiern kontaminiert.

Wer in die Tropen fährt, sollte außer den besprochenen Infektionsquellen folgende weitere Vorsichtsmaßnahmen beachten: Ohne Malaria-Chemoprophylaxe in die Tropen zu fahren, ist purer Leichtsinn (das entsprechende Mittel wird vom Arzt verordnet und muß bereits mindestens 2 Wochen vor Antritt der Reise genommen werden). Für bestimmte Gebiete Afrikas ist auch eine Chemoprophylaxe gegen Schlafkrankheit angezeigt!

Nur im Meer, niemals in Flüssen oder Seen baden! Der Kontakt mit verunreinigtem Süßwasser in den Tropen birgt in hohem Maße die Gefahr einer Infektion mit Schistosoma-Arten in sich. Die Therapie der durch diese Würmer hervorgerufenen Bilharziosen ist bei manchen Menschen auch mit den heute zur Verfügung stehenden Medikamenten problematisch.

Hakenwurm-Infektionen und einige andere parasitäre Erkrankungen erwirbt man durch Kontakt der bloßen Haut mit den im Erdboden lebenden infektionstüchtigen Larven dieser Parasiten.

Auf den Genuß von rohem Süßwasserkrebs- und Krabbenfleisch sollte man unbedingt verzichten, weil dadurch die Möglichkeit einer Infektion mit einigen Wurmartarten besteht; die Krankheiten, die durch diese Würmer hervorgerufen werden, sind aber z. T. sehr schwer zu behandeln.

Wer einen Urlaub im sonnigen Süden oder gar in den Tropen verbracht hat und im Anschluß daran an hartnäckigen Durchfällen, länger anhaltendem Fieber, furunkulösen Hautveränderungen u. ä. leidet, sollte umgehend den Arzt aufsuchen und dabei auf den Aufenthalt im Süden aufmerksam machen. Es darf einfach nicht vorkommen, daß in Mitteleuropa Menschen an Malaria oder Kala-Azar sterben, weil den Krankheitserscheinungen keine oder zu spät Beachtung geschenkt wurde. Wer einen längeren Aufenthalt in den Tropen hinter sich hat, sollte sich auch bei völligem Wohlbefinden einer Tropenrückkehrer-Untersuchung unterziehen. Es gibt tropische Parasiten, die sich erst nach längerer Zeit durch deutliche Krankheitserscheinungen bemerkbar machen. Zu diesem Zeitpunkt kann aber bereits eine gesundheitliche Schädigung eingetreten sein, die nur schwer gutzumachen ist. Die anhaltende stürmische Entwicklung neuer Medikamente hat sich auch bei der Behandlung parasitärer Erkrankungen segensreich ausgewirkt. Noch vor 20 Jahren entzog sich der größere Teil der durch Parasiten hervorgerufenen Erkrankungen einer sicheren Behandlung. Heute sind jene Parasiten, deren Therapie Schwierigkeiten bereitet, auf eine kleine Zahl zusammengeschmolzen.

Wer aber auch in sinnvoller Weise die Möglichkeiten der Prophylaxe beachtet, braucht sich vor Parasiten und parasitären Erkrankungen nicht zu fürchten.

(Nach Univ.-Doz. Dr. H. Aspöck, Hygiene-Institut d. Univ. Wien)

## Durch Pilze hervorgerufene Krankheiten

Zwar sind Mykosen des Menschen schon lange bekannt, ihre Bedeutung wurde aber erst in den letzten Jahrzehnten voll erkannt. Diese Infektionskrankheiten haben als Erreger mikroskopisch kleine Pilze und sind im Vergleich zu den Bakterienkrankheiten als selten zu bezeichnen. Mit Ausnahme der Grindblasen sind Mykosen nicht ansteckend. Die meisten der pathogenen Pilze leben als Saprophyten in der Natur, einige sind normale Saprophyten des Menschen, wie z. B. *Candida albicans*, der Erreger des Soors, der schon normalerweise auf den Schleimhäuten anzutreffen ist und nur pathogen wird, wenn die Abwehr des Organismus ungenügend ist. (Diese Krankheit ist dadurch gekennzeichnet, daß in der Mundhöhle ein weißlicher Belag eines Pilzfadengeflechtes auftritt.) Der größte Teil der pathogenen Pilze lebt normalerweise im Boden auf zerfallenden organischen Stoffen (Pflanzenresten, tierischen Exkrementen u. a.). Der Mensch infiziert sich, wenn Sporen oder Hyphen über die natürlichen Wege oder bei Verletzungen in den Körper eindringen.

Die Körpertemperatur kann für die Einnistung der pathogenen Pilze ein Hindernis darstellen. Sie sind in der Tat wenig darauf eingerichtet, sich bei einer Temperatur von 37 °C zu entwickeln. Diese Temperatur bildet für die meisten von ihnen nicht das Optimum für ihr Wachstum. Das beste Beispiel ist der eingekapselte Hefepilz *Cryptococcus neoformans*, der bei ungefähr 40 °C abstirbt und der z. B. das Kaninchen nicht infizieren kann, da dessen Innentemperatur zu hoch liegt. Andererseits entwickeln sich die Pilze der Grindblasen nicht bei 37 °C und schmarotzen einzig und allein in der Hornschicht und den Haaren. Schließlich kann man feststellen, daß in den tropischen Ländern, in denen sich die Pilze mehr an höhere Temperaturen angeglichen haben, die tief eindringenden Mykosen häufiger sind als in den gemäßigten Zonen, ohne damit einen ursächlichen Zusammenhang annehmen zu wollen. Im Kulturmedium bei einer Temperatur von 20 °C findet man die pathogenen Pilze, mit Ausnahme der Hefepilze in Form von Fäden mit einem Durchmesser von 2–4 Mikron. Die Pilze, die diese Form in vivo behalten, verursachen im Organismus lokale Schädigungen. Die Erreger der tiefen generalisierten Mykosen haben eine völlig andere parasitäre Phase: Sie treten in Form eines Hefepilzes auf, die viel geeigneter ist, den Organismus auf dem Blut- oder Lymphwege zu verseuchen. Trotzdem sind die Mykosen häufig chronische Krankheiten mit einer langsamen Entwicklung; manche davon sind gekennzeichnet durch die Lokalisierung des Parasiten in Körnern verschiedener Form und Größe, die von 300 Mikron bis zu einigen Zentimetern reicht. Der Pilz bildet in den Höhlungen des Knochengewebes körnige Gebilde, es entstehen starke Deformationen des Skelettes. Diese Krankheit, ein „Myzetom“, kann verschiedene pilzliche Verursacher haben, sie führt unter Ausbildung eines entzündlichen Pseudotumors mit mehreren Fistelbildungen zu den besagten Mißbildungen. Da die pilzlichen Erreger keine Toxine produzieren, sind die Schädigungen ganz auf die Infektionsstellen beschränkt. Im befallenen Körper wird aber auch nur eine geringe Produktion von Antikörpern ausgelöst.

Die Histoplasmose wütet in den Tälern des Mississippi und des Ohio. Dort ist sie seit langem als eine seltene und tödliche Mykose bekannt. Aber während des letzten Krieges hat man auf Grund der obligatorischen Röntgenuntersuchungen festgestellt, daß eine große Anzahl der Rekruten aus diesen Gegenden Verkalkungen in den Lungen hatte. Es lag nahe, die Ursache dieser Veränderungen der Tuberkulose zuzuschreiben, aber der Hauttest mit Tuberkulin erwies sich bei sehr vielen dieser Leute als negativ. Man kam dann darauf, einen gleichen Test mit dem Filtrat einer Kultur von *Histoplasma capsulatum*, dem Erreger der Histoplasmose, vorzunehmen, und diese Reaktion war positiv. Man konnte den Pilz aus dem Mist von verschiedenen Vögeln und auch Fledermäusen isolieren. Man bezeichnet diese sehr oft tödlich verlaufende Mykose als „Rache der Pharaonen“.

Die Chromoblastomykose ist eine Krankheit, die auf Madagaskar bekannt wurde. Es gibt zwei verschiedene pilzliche Erreger, die man auf Holz gefunden hat. Der Pilz *Claudosporium carrionii* ist in den Trockengebieten, der andere, *Phialophora pedrosoi*, dagegen in den feuchten Küstengebieten der Insel beheimatet.

Die Pilze sind völlig unempfindlich gegenüber den antibakteriellen Antibiotika, die üblicherweise gebraucht werden. Diese Eigenschaft ist sehr wertvoll, weil sie ermöglicht, im Laboratorium eine Pilzkultur von einem bakteriellen Erreger freizumachen. Beim Menschen stört die Gabe von Breitbandantibiotika das Gleichgewicht Bakterien/Pilze in der Darmflora, wodurch die Entwicklung der *Candida* ermöglicht wird. Auf diese Weise wird das Auftreten einer Soor-Mykose begünstigt, die sich über den ganzen Darmkanal ausbreiten kann. Nun hat man aber auch Antibiotika, die das Wachstum zahlreicher Pilze verhindern, ohne auf Bakterien einzuwirken. Das Nystatin ist so ein Breitspektrumantibiotikum, das mit Erfolg bei Infektionen der Haut und Schleimhäute durch *Candida*-Pilze angewendet wird. Das Amphotericin B ist bei tiefreichenden Mykosen wirksam, es wird intravenös verabreicht. Das Griseofulvin entfaltet eine starke Wirkung auf die Dermatophyten.

(Nach Enzyklopädie „Leben und Mensch“, Verlag R. Kister, Genf)

## Frage der Vererbung bei eineiigen Zwillingen

Die Frage nach der Vererbung bei eineiigen Zwillingen wurde an der Universität von Minnesota (Thomas Bouchard und Mitarbeiter) intensiv behandelt. Besonders instruktiv sind natürlich die Beobachtungen an 9 Zwillingspaaren, bei denen die Partner von frühester Kindheit getrennt waren und unter ganz verschiedenen Verhältnissen lebten. Die Paare wurden zusammengeholt und durch 6 Tage von Fachkräften (Medizern, Psychologen und Psychiatern) intensiv getestet und untersucht. Bei diesen Studien überlappten sich die vielen Untersuchungen und Prüfungen derart, daß jede Eigenschaft mehrfach und auf verschiedene Weise untersucht wurde. Als Ziel der Arbeiten gibt Bouchard an, den Einfluß der Umwelt auf die Ausbildung psychischer Wesenszüge zu erfassen. Um so provozierender findet er jene Ergebnisse, die den Einfluß der Vererbung klar erkennen lassen. Am meisten Vertrauen finden die physiologischen Befunde. Man fand völlige Übereinstimmungen in den Enzephalogrammen; das beweist, daß die Nervenbahnen im Gehirn der Zwillinge vollkommen gleich „verdrahtet“ sind. Die Übereinstimmungen in den Ergebnissen psychologischer Proben sind für die Zwillinge besser, als man erwarten würde, wenn dieselbe Person den Test zweimal macht. Der Gefühlswert der Umgebung hat keinen nennenswerten Einfluß auf die geistige Entwicklung. In einem Falle wurde einer der Zwillinge in einem spartanischen Haushalt unter strengster Disziplin, der andere von einer zärtlich liebenden und nachgiebigen Mutter aufgezogen. Beide zeigten die gleichen Züge von Neurose und Hypochondrie. Sogar leichte Störungen wie geringe Depressionen oder Phobien können genetisch determiniert sein.

Von den angeführten Beispielen soll nur eines genauer angeführt werden: Vor 47 Jahren wurden die Zwillinge Oskar Stöhr und Yack Yufe in Trinidad als Kinder einer deutschen Mutter und eines jüdischen Vaters geboren. Durch die Trennung des Elternpaares in der damals emporbrandenden Woge des Nazismus wurde das Brüderpaar kurz nach der Geburt auseinandergerissen. Der eine wurde zunächst nationalsozialistisch, der andere im Geiste des Judentums (später in einem israelischen Kibbutz) erzogen. Heute ist der eine in Deutschland in der Gewerkschaft tätig, der andere führt einen Bekleidungsladen. Beim Zusammentreffen trugen beide Schnurrbärte, sehr ähnlich geformte Stahlbrillen und Sporthemden. Beide lieben scharf gewürztes Essen und süße Liköre, sind zerstreut, schlafen oft vor dem Fernseher, finden es lustig, im Gedränge zu niesen, spülen die Toilette vor der Benutzung, und so geht es noch in vielen Dingen weiter. Trotz der verschiedenen Muttersprache zeigen beide verblüffende Übereinstimmungen in der Ausdrucksweise, auch im Benehmen, Temperament und in der Art, wie anfallende Probleme angegangen werden. Dabei wurde doch der eine von der Mutter, der andere vom Vater erzogen.

(Nach Naturwiss. Rundschau 1/82)

## ad Rauschgifte

**Heroin**, eines der gefährlichsten Rauschgifte, wird aus dem Schlafmohn gewonnen, der hauptsächlich im „Goldenen Dreieck“ zwischen Thailand, Burma und Laos angebaut wird. Mohnkapseln werden mit einem Spezialmesser mit drei Klängen geritzt. Der austretende, sich bald verfärbende Milchsaft wird am nächsten Tag abgeschabt. Eine Mohnkapsel liefert bis zu 0,05 Gramm Rohopium. In diesem sind 25 verschiedene Alkaloide. Der wichtigste Stoff ist das Morphin, das wegen seiner schmerzstillenden Wirkung bekannt ist. Aus 10 kg Mohnsaft gewinnt man durch eine chemische Umsetzung 1 kg eines weißen kristallinen Pulvers, des Heroins. Dieses enthält zwar nur einige wenige Alkaloide. Es wird sehr rasch resorbiert und findet sich dann zum größten Teil im limbischen System, das den Thalamus, Hypothalamus und die Hypophyse umfaßt und ein zentrales Regulationsgebiet des vegetativen Gesamtgeschehens darstellt. Da hier wahrscheinlich die „Gefühle“ und ihre Bezüge zu bestimmten Umweltsituationen anatomisch verankert sind, spielt es eine entscheidende Rolle für das gesamte emotionelle Verhalten des Menschen. Von ihm gehen nicht nur alle elementaren Gefühlsreaktionen aus, sondern auch jene Antriebe, die der Erhaltung sowohl des Individuums als auch der Art dienen. Durch den Konsum dieser Droge wird der Mensch übersensibel, in seiner Aktivität gehemmt, er empfindet Ängste viel stärker und verhält sich allem gegenüber nur noch passiv. Er wird so nachhaltig beeinflußt, daß die Schäden bleiben können, auch wenn der Süchtige körperlich vom Heroin losgekommen ist. Der Körper gewöhnt sich übrigens sehr rasch an das Gift, er baut es in den Stoffwechsel ein. Die Wirkung läßt nach; der Süchtige wird daher zu einer Erhöhung der Dosis veranlaßt. Das kann so weit führen, daß der Kranke das Zwanzigfache einer an und für sich tödlichen Dosis verlangt. Mit der Wiederaufnahme werden aber keinerlei angenehme Gefühle erweckt, sondern nur die unangenehmen wegen des Fehlens überwunden. Die Entzugserscheinungen werden als schrecklich geschildert. Da alle Opiate Darmträgheit verursachen (Heroin sechsmal stärker als Opium), arbeitet die Darmmuskulatur eines Süchtigen heftiger. Bei Entzug treten daher unter anderem heftigste Durchfälle und Koliken auf; die Schleimhäute trocknen aus. Die Augen tränen, die Nase läuft und Speichel fließt, übermäßiges Schwitzen tritt auf. Dazu kommen heftige Muskelkrämpfe, Gliederreißen und Gelenkschmerzen. Schwerste Schädigungen treten sodann an Körper und Geist auf. Für den Heroinsüchtigen gibt es allen Entwöhnungskuren zum Trotz kaum mehr eine Rettung. In New York City starben innerhalb von vier Jahren 2935 Menschen an Heroin, das sind mehr als im gleichen Zeitraum durch Verkehrsunfälle ums Leben kamen. In besonderer Weise ist durch alle diese Gifte die Jugend gefährdet, die, durch Leichtsinns und Neugierde verleitet, nach dem Motto „Einmal ist keinmal“ hineintaumelt.

**Kokain** halten Kenner der Drogenszene, so R. Siegel von der Universität Kalifornien, Abt. f. Psychiatrie, für die Droge der achtziger Jahre. Dieses Rauschgift löst damit Marihuana und LSD ab. Mindestens zehn Millionen Amerikaner schnupfen derzeit den „glücklichen Staub“, der ehemals Filmschauspielern und Geldsäcken vorbehalten war, zum Teil aus protzigen Schnupfdosen. Manche dieser Leute geben dafür pro Woche bis zu 12 000 Dollar aus. Kokain wird aus den Blättern des südamerikanischen Kokastrauches (*Erythroxylon Coca*) gewonnen. Es macht die peripheren Nervenendigungen empfindungslos (Lokalanästhesie) und verursacht eine gewisse Leistungssteigerung, befähigt zum Ertragen von Strapazen, beseitigt Hemmungen und führt auch zu sexuellen Exzessen. Sehr bald stellen sich aber auch Halluzinationen ein (Visionen von Tieren und fratzenartigen Gestalten). Frühzeitige Vergreisung und Verblödung sind weitere Folgen. (Das Getränk Coca-Cola enthält natürlich kein Kokain.)

(Presse V/82)

150 000 Jugendliche sind in der BRD alkoholabhängig. Diese erschreckenden Zahlen enthält eine Studie, die vom bayrischen Innenministerium anläßlich des internationalen Seminars „Primäre Prävention – Die legale Droge Alkohol“ Anfang Mai veröffentlicht wurde. Demnach sind in der Bundesrepublik etwa 150 000 Jugendliche als abhängig zu bezeichnen. Aus der Untersuchung geht weiter hervor, daß 80 000 Jugendliche dem Heroin verfallen sind. Alljährlich reiben dort ca. 40 000 aus dem Elternhaus aus. Es heißt in der

Studie, daß die primäre Prävention „ausweichendem Verhalten“ vorbeugen will. Darunter versteht man die Flucht in das Rauschmittel, das Weglaufen von daheim, Magersucht und Fettsucht und in letzter Konsequenz den Selbstmord.

(Presse, 10. V.)

#### LITERATUR:

H. Wagner, Rauschgift – Drogen, Verständl. Wiss., Springer-Verlag, P. Moosleitners Magazin, 18. VII. 80.  
Kriminalpolizei. Schriftenreihe, Suchtgift und Kriminalität.

## Domestikation

Vor rund 10 000 Jahren sind die ersten Haustiere entstanden. Die Domestikationen waren keine einmaligen Ereignisse, sondern kulturell und biologisch sich wiederholende Vorgänge, entscheidende Kulturleistungen. Die Nahrungsversorgung wurde verbessert; die Menschen gewannen dadurch Freiheit zur Entfaltung ihrer geistigen Fähigkeiten. Da Haustiere jeweils nur mit einer Wildart eine freiwillige und erfolgreiche Fortpflanzungsgemeinschaft bilden, lassen sich die Stammarten sicher festlegen und Aussagen über deren Variabilität in freier Wildbahn machen.

Bei Beginn von Domestikationen kamen nur kleinere Gruppen einer Art in den Hausstand, nur ein Teil einer bestimmten Population wurde aus der Fortpflanzungsgemeinschaft isoliert, nur ein bestimmter Ausschnitt kam unter ganz neue ökologische Bedingungen. Damit sind die Voraussetzungen für besondere Genkombinationen und Gendrift gegeben, die oft Neuentwicklungen einleiten. Neu sind die Umweltbedingungen, mit denen sich die vermehrenden Populationen abfinden müssen. Natürliche Populationen sind hochgradig heterozygot, vor allem durch rezessive Mutationen. Die Merkmale selbst aber sind zumeist von vielen und oft zusammenwirkenden Genen gesteuert. Rekombinationen schreibt man eine größere Bedeutung zu als Mutationen allein. Haustiere können unabhängig von der Jahreszeit Nachzucht bringen, sie werden früher geschlechtsreif und erzeugen mehr Nachkommen als die Stammarten. Man kann feststellen, daß bei der Domestikation kein Organ unverändert blieb, sogar bis in den Feinbau können Veränderungen festgestellt werden. Auch innersekretorische Drüsen sprechen auf Außenreize anders an, die Reaktionsbereitschaft der Gewebe auf Hormone ist geändert. Natürlich ist der Wandel mosaikartig, nicht in allen Teilen gleichmäßig. Die Variationsbreite der Körpergröße ist bei den Haustieren viel größer als bei Wildtieren. Das Körpergewicht erwachsener Wölfe schwankt je nach Herkunft zwischen 15 und 60 kg, bei den Hunden, die ja von ihnen abstammen, aber zwischen 1 und 70 kg. Veränderungen, die im Prozeß einer Domestikation auftreten, sind irreversibel, solange die Population auf sich begrenzt bleibt. Verwilderung bewirkt keinen Rückschlag. Eine rückläufige Entwicklung tritt nur ein, wenn zuvor wirksame sexuelle Schranken fallen und erneuter Genfluß den bisherigen Genbestand einer Population erweitert. Nur so verschwinden Haustierbesonderheiten und Wildtiermerkmale stellen sich wieder ein.

Der Begriff **Selbstdomestikation** in bezug auf den Menschen sollte vermieden werden, weil er keinen sicheren wissenschaftlichen Inhalt hat. Wesentliche Kennzeichen einer Domestikation treffen für den Menschen nicht zu. Kleine Populationen des Menschen sind nicht von einer anderen Art gegenüber der Gesamtheit der Art *Homo sapiens* isoliert und unter neuen Umweltbedingungen vermehrt worden bei einer Erweiterung der Auslese durch gelenkte Zucht auf Nutzung. Wohl gibt es Unterschiede innerhalb der Menschheit, aber diese sind Ausdruck natürlicher Unterartbildung. Für alle Haustiere sind kennzeichnend regressive Evolutionserscheinungen am Gehirn. Der Mensch dagegen nimmt im Tierreich durch eine stark progressive Hirnentwicklung eine Sonderstellung ein. Diese konstruktive Hirnentwicklung befähigte Menschen zu kulturellen Leistungen, zu denen auch die Entwicklung von Haustieren gehört. Der Mensch vermochte dank seines Gehirns weitere Entdeckungen und Erfindungen zu machen, welche seine Lebensbedingungen vielfältig verbesserten und die Härte seines Daseins milderten. Er konnte seine art eigene Sprache zu besonderer Vollendung bringen. Die Sonderstellung des Menschen wird durch den Begriff Selbstdomestikation verwischt.

Thenius zeigt, daß die **Verkürzung** und Aufrichtung **des Schnauzenabschnittes** beim Hausschwein und anderen Haustieren für die mahlend-reibende Bewegung einen Vorteil in bezug auf Kraftaufwand und Aufschließung der Nahrung bringt.

(Nach Prof. Herre, Kiel, Naturw. Rundschau, 11/81.)

## Das maximale Lebensalter

Das **maximale Lebensalter** des Menschen würde bei optimalen Bedingungen bei etwa 120 Jahren liegen. Die Lebenserwartung ist jedem Lebewesen artspezifisch vorgegeben. Dank der medizinischen Fortschritte hat sie sich zwar statistisch in den vergangenen 100 Jahren verdoppelt, absolut gesehen aber nicht zugenommen. Eine Maus wird niemals 5 Jahre alt. Das Tempo der inneren Lebensuhr wird von molekularen Ursachen bestimmt. Auch ohne von einer bestimmten Krankheit befallen zu sein, ist der Organismus eines 75jährigen nicht mehr so vital wie früher, die einzelnen Organe funktionieren nicht mehr so, auch werden nicht mehr so viele Zellen neu gebildet als abgebaut werden. Das Gewicht des Gehirns eines Menschen von 75 Jahren hat nur noch 92 % des Durchschnittswertes eines Menschen von 30 Jahren; die Erregungsleitung seiner Nerven ist um 10 % gesunken, das Pumpvolumen des Herzens liegt bei 70 %, die Filtrationskapazität der Nieren bei 69 % und das Atemvolumen bei 43 % seiner früheren Leistungsfähigkeit.

Jede Körperzelle ist im Laufe ihres Lebens schädlichen Einflüssen ausgesetzt – Schädigungen, die auch die DNS, den unersetzbaren Informationsspeicher, betreffen können. Die Möglichkeiten der DNS-Reparatur sind zwar sehr groß – pro Minute kann eine intakte Zelle bis zu 300 Brüche an einem der beiden DNS-Stränge reparieren –, aber es gibt auch nicht reparable Schädigungen. Wenn Brüche an beiden Strängen vorliegen, kommt es zu einem Verlust an Information. Wenn bestimmte Stoffe in die DNS eindringen, die an der Stelle der Wasserstoffbrücken die beiden Stränge unlöslich verbinden, gibt es natürlich keinerlei Neusynthese. Altersbedingt nehmen natürlich solche Schädigungen zu. Gewiß hat jede Zelle die gesamte Information der befruchteten Eizelle. Die Informationen liegen „redundant“, das heißt in sich wiederholenden Texten vor. Eine differenzierte Zelle benötigt überdies nur etwa 4 % der Information, um ihre Funktion aufrechtzuerhalten. Auch der Anteil der RNS nimmt im Alter ab – bis zu 50 %, wie Untersuchungen an alten Tieren gezeigt haben. Es kann sein, daß mit zunehmendem Alter weniger DNS gebildet wird oder von der Zelle mehr verbraucht als erzeugt wird. Daneben scheint das erreichbare Alter der Zellen auch durch ein inneres Programm festgelegt. Sie wachsen nämlich auch in Zellkulturen nicht unbegrenzt, sie behalten ihre artspezifische Lebensspanne und Teilungsaktivität bei. Embryonale Bindegewebszellen der Maus teilen sich in einer Zellkultur 14- bis 28mal, die des Menschen 40- bis 60mal. Das ändert sich auch nicht bei einer Transplantation und auch nicht durch eine Unterbrechung durch Einfrieren.

(Umschau 21/81)

## Etwas vom Känguruh

Känguruhfleisch wird bereits in Gefriercontainern nach Deutschland verfrachtet. Es soll halb so viel wie Rindfleisch kosten und ähnlich dem Hasenfleisch schmecken. Von den ungefähr 50 Känguruharten sind sieben für die Jagd freigegeben. Der Abschub ist nur den ungefähr 1500 berufsmäßig lizenzierten Berufsjägern erlaubt. Die Abschubquoten sind genau festgelegt. Die Verantwortlichen sehen keine Gefahr für den Bestand der Tiere. Sie schätzen, daß es von den größeren Arten etwa 25 Millionen bis 45 Millionen Tiere gibt. Am weitesten verbreitet ist das „Große Rote“ im Inneren des Kontinents, die männlichen Tiere sind weinrot mit purpurroter Brust, die weiblichen sind rauchblau mit weißer Bauchpartie. Dieses Tier erreicht die Größe von 2 m. Die Tiere sind nachtaktiv und ziehen sich tagsüber in schattige Buschverstecke zurück. Bei normalen Sprüngen („Hoppeln“) legt es 1,5 bis 4 m zurück, bei hohem Fluchttempo aber bis zu 9 m. Beim Grasen „kriecht“ das Tier, indem es sich auf die Vorderbeine und den Schwanz stützt und die Hinterbeine nachzieht. Außer diesem Tier gibt es das „Große Graue“, das in den teils bewaldeten südlichen Küstenzonen vorkommt. Felsgebiete bewohnen die etwas kleineren „Euros“ (bis 1,30 m). Die sogenannten Ratten-Känguruhs leben in den Urwäldern Nordwestaustraliens; sie ernähren sich zum Teil von Insekten.

Gewiß sind die Beuteltiere im Laufe der Evolution den anderen Säugetieren unterlegen, vieles im Leben dieser Tiere muß man aber als hohe und erfolgreiche Anpassungsfähigkeit deuten. Als Dürrlandbewohner durchschwimmen sie ohne Scheu mehrere Kilometer breite Meeresarme. Ja, in besonders trockenen Sommern können sie mit begrenzten Mengen Meerwassers am Leben bleiben. Sie können auch im Frost unserer Winter gedeihen. Einen Höhepunkt ihrer Überlebensraffinesse bedeutet ihre Fortpflanzungsweise. Die weiblichen Tiere sind frühestens mit zweieinhalb und spätestens mit fünf Jahren ständig auf Vorrat schwanger. Das heißt: Sie tragen ständig ein befruchtetes Ei und einen Vorrat an männlichen Samen mit sich. Das Ei entwickelt sich erst dann, aber dann sofort, wenn saftiges Futter beim Muttertier die Milchproduktion ermöglicht. Etwa fünf Wochen nach dem Wachstumsbeginn wird das Junge als blindes, 2 cm langes, wurmförmiges Gebilde mit Gliedmaßenstümpfen geboren. Es legt aktiv, der Schwerkraft entgegen in ca. drei Minuten die Strecke von 15 cm von der Geschlechtsöffnung zum Brutbeutel zurück. Dort hängt es sich an eine der Zitzen, die in seinem Maul anschwillt. Wenn die Umweltverhältnisse weiter günstig sind, beginnt im Körper des Muttertieres sofort ein zweites Ei zum Embryo zu reifen, der dann ca. fünf Wochen nach der Geburt des ersten zur Welt kommt. Etwa 30 Wochen nach der Geburt wagt sich das Junge zum ersten Mal auf einige Minuten aus dem Beutel. Nach weiteren drei Monaten verläßt es den Brutbeutel und kehrt nur noch von Zeit zu Zeit zur Zitze zurück. Sind die Lebensbedingungen weiter günstig, beginnt ein drittes Ei seine Entwicklung. Das Muttertier ist also nun schwanger, säugt gleichzeitig das Zweitgeborene und führt den Erstling mit sich. Die Halbwüchsigen schließen sich im nächstfolgenden Hochsommer zu Gruppen zusammen. Für das Muttertier geht der Geburtenkreislauf weiter, bis ungünstigere Lebensbedingungen ihn vorübergehend unterbrechen oder bis das Tier die Altersgrenze seiner Fruchtbarkeit erreicht.

(Grzimeks Tierleben, 10. Bd., P. Moosleitners Magazin 1/81)

## Kurznachrichten

Für den informierten Umweltschützer kann das **Verursacherprinzip** („Der Verursacher zahlt“) nur das zweite Postulat sein. Das erste und wichtigste muß lauten: „Der Verursacher soll nicht verursachen.“ Das Prinzip ist natürlich zu bejahen, es darf aber nicht zu dem Schluß führen, wer genügend bezahle, dürfe die Natur belasten. Notwendige Vorkehrungen zum Schutz der Umwelt dürfen nicht deshalb unterbleiben, weil die Verursacher nicht feststellbar oder weil sie nicht in der Lage sind, die Kosten der Sanierung aus eigenem aufzubringen.

(Dr. Kurt Steyrer, Min. f. Gesundh. u. Umweltsch.)

Nach Berechnungen der Energieverwertungsagentur (EVA) sollen durch die Einführung der „**Sommerzeit**“ in Österreich im Jahre 1981 mehr als 200 Mio. S gespart worden sein. Dabei sind in dieser Berechnung die Bereiche der Industrie nicht erfaßt. Bei der öffentlichen Straßenbeleuchtung seien rund 70 Mio. kWh und bei den Haushalten 150 Mio. kWh gespart worden.

**Ungebremstes Wirtschaftswachstum** hat immer wieder nicht nur zu ökologischen, sondern auch zu ökonomischen Krisen geführt. Es ist eine gefährliche Grundhaltung, zu glauben, man müsse wachsende Industrieraten um jeden Preis aufrechterhalten und könne an kosmetischen Maßnahmen, einer Teilentgiftung der Umwelt, am Schluß noch einmal verdienen.

(Österr. Ges. für Natur- und Umweltschutz 11/81)

Seit ca. sechs Jahren läuft in der Schweiz ein Sammelprogramm für alte Quecksilberbatterien. Dabei wurden 3 Tonnen Quecksilber zurückgewonnen.

Ein Gemüsebauer, der die letzte feuchte Wiese in seiner Umgebung zuschüttet und damit den **Kröten** den einzigen Laichplatz ruiniert, darf sich nicht wundern, wenn er alsbald eine Schneckenplage am Hals hat, und wenn er dieser mit Gift zu Leibe rückt, bald auch die nützlichen Igel tot umherliegen.

Es war ein Irrtum, als man glaubte, durch einen immer stärkeren Einsatz von **Handelsdünger und Pflanzenschutzmitteln** die biologischen Zusammenhänge positiv beeinflussen zu können und langfristig immer mehr Nutzen daraus zu ziehen.

Wir müssen uns klar darüber werden, daß die Zerstörung und Uniformierung einer Landschaft zusammen mit dem Verlust der Eigenart ländlicher Ortsbilder eine enorme Gefahr in sich birgt: eine Schwächung des Heimatgefühls bis zu dessen völligem Verlust.

Die Umweltzerstörung beginnt vielfach schon vor der eigenen Haustür. Wer einen eigenen Garten besitzt, schuftet die Natur dort „sauber“, bis von Natur nichts mehr vorhanden ist. Dabei nutzen die sterilen Monokulturen der Grünflächen in unseren Siedlungsräumen niemandem, sie müssen keine Erträge abwerfen, sie sind einzig für das Auge geschaffen. Es wäre denn doch zu überlegen, ob nicht eine Blumenwiese mehr angebracht wäre.

Der **Bleigehalt im Benzin** führt zu einer ständigen Senkung des Intelligenzquotienten von Hunderttausenden von Kindern, behauptet der Chefarzt des britischen Gesundheitsministeriums. Man hat festgestellt, daß in Großbritannien jährlich 10 000 Tonnen Blei mit den Autoabgasen in die Luft befördert werden.

Von der Kommission, die die Ursachen der vergangenen Ausschreitungen und Unruhen in den britischen Ballungsgebieten untersucht, hat Dr. Derek Bryce-Smith, Professor der organischen Chemie an der Universität Reading, erklärt, daß der Bleigehalt in Luft- und Straßenstaub einen streßfördernden Einfluß habe. Die biochemischen Auswirkungen finden ihren Niederschlag in der gesteigerten Unfähigkeit zu lernen, zu lesen und zu schreiben, im Mangel an Konzentration, in Gedächtnisschwäche wie auch Magen- und Kopfschmerzen, Depressionen und generellem Umwohlsin.

**Spucknapfe** waren einmal allgemein verbreitete Gebrauchsgegenstände. Wann werden auch die **Aschenbecher** als das eingeschätzt werden, was sie sind und aus der öffentlichen Sphäre verschwunden sein?

„Sante du Monde“, das offizielle Magazin der Weltgesundheitsorganisation, hält die Informationsarbeit im Dienste der Anti-Rauch-Erziehung für überaus wichtig. Es vertritt die Meinung, daß das Beispiel der Erwachsenen noch wichtiger sei als der erhobene Zeigefinger. Das Blatt stellt fest, daß bei den Männern der Griff nach der Zigarette merklich seltener werde. Nach dem vergangenen Krieg seien dagegen immer mehr Frauen dem Nikotinlaster verfallen. Trotzdem setzt die Weltorganisation gerade in die emanzipierten Frauen große Hoffnungen, denn „zur Selbständigkeit gehört auch die Verantwortung“. Falls tonangebende Frauen, wie Schauspielerinnen, Unternehmerinnen oder erfolgreiche Sportlerinnen, eines Tages aufhören, die eigene und andere Luft zu verpesten, „haben wir einen entscheidenden Sieg im Kampf um die Gesundheit unserer Jugend errungen“.

(Presse 11/82)

Ein forstliches Forschungsprojekt hat ergeben, daß ein Fichtenbestand, der 140 km vom Ruhrgebiet entfernt ist, dreimal mehr Schwefel (61 kg!) pro Hektar und Jahr aus der Luft abfiltert, als über den Niederschlag dem Boden zugeführt wird. In Nordrhein-Westfalen sind bereits 58 % der Fichtenwälder ernstlich bedroht. Auch außerhalb der industriellen Ballungsräume gibt es kaum mehr Waldgebiete ohne **kritische Immissionsbelastung**. Neben Schwefel- und Fluorimmissionen sind es die Schwermetalle, wie Cadmium und Blei, welche sich an Blättern und Rinden anlagern und im Humus anreichern. Im Fichtelgebirge haben sich die Schwermetallkonzentrationen in den Baumringen der Weißtanne seit 1950 um das Zwei- bis Vierfache gegenüber dem vorigen Jahrhundert erhöht.

Vom Bund Naturschutz in Bayern wurde nachgewiesen, daß bei konsequentem Einsatz erprobter Rauchgasabsorptions- und Entschwefelungsanlagen in allen – auch den älteren – Kraftwerken der Schwefelausstoß in kurzer Zeit auf ein Sechzehntel des heutigen Wertes reduziert werden kann. Die Alternative: Kernkraft stellt sich bei solcher Konsequenz auch auf dem Gebiet der Luftbelastung nicht.

(Natur und Umwelt, 61. Jg., Nov. 81)

Wenn die **Vernichtung der freilebenden Tierwelt** in unserer Heimat in gleichem Tempo wie bisher weitergeht, werden wir schon in wenigen Jahren den Punkt erreichen, an dem weite Gebiete unserer Kulturlandschaft neben den Menschen nur noch von Haustieren, Tauben, Ratten und Ungeziefer bewohnt werden.

Seit urdenklichen Zeiten bewohnt der mitteleuropäische Mensch ökologisch reich gegliederte Landschaften. Die baumlose, einformige Kultursteppe mit kilometerlangen Monokulturen ist ihm also eigentlich fremd. Trotzdem propagiert man vielfach die Entfernung von Hecken an den Grundgrenzen, von Birnbäumen entlang der Landstraßen.

Der Forellenreichtum der norwegischen Gewässer geht zurück. Bereits in ca. 1000 Gewässern sind diese Tiere dort verschwunden. Man bringt das mit der Zunahme des Säuregehaltes (vom SO<sub>2</sub> fossiler Brennstoffe) in Zusammenhang. Gammarrus (Krebschen) und zahlreiche Weichtiere, die einen Hauptteil der Nahrung für Forellen darstellen, vertragen pH-Werte unter 6 nicht. Außerdem greift Säure die Kiemen und andere Weichteile an.

(Rundschau 12/81)

**11 Liter reinen Alkohol** trinkt im Durchschnitt jeder Österreicher im Jahr nach einer Statistik des Fachverbandes der Nahrungs- und Genußmittelindustrie. Demnach trinkt jeder Staatsbürger im Durchschnitt 2,4 Liter Schnaps bzw. 101,9 Liter Bier oder 35,8 Liter Wein. Was den Alkoholkonsum betrifft, steht Österreich im internationalen Vergleich an zehnter Stelle.

(Presse vom 15. April 1982)

In den Fischgewässern Bayerns wurden bei Forellen und Karpfen gewisse **Virus-Infektionskrankheiten** festgestellt. Es handelt sich um die virale hämorrhagische Septikämie und die infektiöse Pankreasnekrose der Forellen sowie die Frühlingsvirämie der Karpfen. Die Krankheiten sind sehr weit verbreitet, aber schwer festzustellen.

(Rundschau 12/81)

Nach einem Beschluß der EG-Agrarkommission sollen bei der Viehhaltung keinerlei **künstliche Hormone** mehr angewendet werden. Das Verbot soll sämtliche für den menschlichen Konsum bestimmten Fleischsorten betreffen. Nur im Rahmen therapeutischer Behandlung soll eine streng kontrollierte Anwendung natürlicher Hormone gestattet sein.

(Rundschau 12/81)

Eine **neue Kartoffelsorte** mit der Bezeichnung Judika mit bemerkenswerten Resistenzeigenschaften gegen Kartoffelkrebs, virusbedingte Krankheiten und auch gegen Nematoden wird jetzt in der Bundesrepublik propagiert.

(Naturwiss. Rundschau 2/82)

Der Prozeß der **Krebsentstehung** ist grundsätzlich noch ungeklärt. Viele Ergebnisse der Forschung in den letzten Jahren legen jedoch die Annahme nahe, daß er sehr häufig durch strukturelle Veränderungen der zellulären DNS eingeleitet wird; herbeigeführt wird er durch die Einwirkung cancerogener, meist auch mutagener chemischer Verbindungen, ionisierender Strahlen und UV-Licht oder durch den Einbau viraler DNS in das Genom der Zelle.

Die **Fledermäuse** zählen zu den am meisten gefährdeten Säugetieren Europas, einige Arten sind bereits vom Aussterben bedroht. Im März 1981 wurde in Bonn eine Organisation zum Schutz dieser Tiere gegründet.

(Naturwiss. Rundschau 1/82)

Die **Maul- und Klauenseuche** ist immer noch eine der verheerendsten Tierkrankheiten. Es ist nach intensiven Bemühungen durch Genkombinationen gelungen, ein Antigen für die Impfung gegen diese Seuche zu finden. Dieser Impfstoff wird nun in immer größeren Mengen produziert. In Westeuropa wurde in den letzten Jahren die Impfpflicht auf über 60 Millionen Rinder ausgedehnt und dadurch die Seuche weitgehend unterdrückt. Bisher stellt man die Vakzine aus Viren her, die im Zungenepithel geschlachteter Tiere oder in großen (über 2000 Liter fassenden) Behältern in Suspensionen entsprechender Zellstämmen gezüchtet werden. Es gibt leider bei diesem Virus sieben verschiedene Typen und bei diesen wieder 60 verschiedene Formen.

Als Antigen kommt besonders das Hüllprotein VP<sub>1</sub> des Virus in Frage. Der Einsatz dieses Proteins in isolierter Form verspricht natürlich viel mehr Erfolg als der eines bloß inaktivierten Virus, ist aber wesentlich teurer. Nun ist es auch gelungen, von der einsträngigen RNS des Virus-Genoms eine doppelsträngige DNS herzustellen und in Coli-Bakterien zu klonieren; man kann daher hoffen, daß bald entsprechende Mengen des Antigens greifbar sein werden.

(Naturwiss. Rundschau 2/82)

Der rosagefiederte **Flamingo** ernährt sich im Freiland unter anderem von Salinenkrebsschen, deren Farbstoff die Färbung des Gefieders bedingt. In zoologischen Gärten wird der Farbstoff meist in Form von Paprika dem Futter zugesetzt, um ein Ausbleichen des Gefieders zu schmutzigem Weiß zu verhindern. Übrigens stellt man diese Vögel heute nicht mehr in die Verwandtschaft der Entenvögel, sondern zu den Watvögeln (Charadriiformes). Der eigenartig gebildete Schnabel besitzt einen Filterapparat, der eine deutliche Konvergenz zum Filterapparat der Bartenwale darstellt. Beiden Gebilden ist eine dickfleischige Zunge eigen, die in den tief eingebuchteten Unterkiefer eingepaßt ist, und ein gebogener Schnabel bzw. Oberkiefer mit einem dichten Besatz von Hornlamellen. Wegen der Ähnlichkeit beider Strukturen nimmt man jetzt an, daß der gebogene Flamingoschnabel eine Anpassung an die Nahrungsaufnahme durch Filtration darstellt, die vor der Entwicklung der seltsamen Freßhaltung des Flamingos (Kopfunterseite nach oben) stattfand. Bisher vermutete man die umgekehrte Reihenfolge und sah in der Schnabelkrümmung eine Anpassung an die Freßhaltung.

(Rundschau 2/82)

Der **Handel mit Singvögeln** nimmt erschreckende Ausmaße an. Ein Übeltäter, der jetzt in Baden-Württemberg erappt wurde, soll mit dem Handel von Möchsgrasmücken, Rotkehlchen, Gimpeln und Meisen einen Erlös von Tausenden von Mark erzielt haben. Wir Lehrer haben ohne Zweifel die Pflicht, auch unsere Schüler zum Kampf gegen solche Verbrechen an der Natur aufzufordern.

(Naturwiss. Rundschau 1/82)

Der **Zusammenschluß von Individuen** kann die Fitneß jedes Mitglieds verbessern. Wenn zwei Hyänen Gnu-Käber jagen, zieht eine die Angriffe der Mutter auf sich, während die andere das Kalb tötet. In Gebieten mit vielen Raubtieren muß die gerissene Beute gegen zahlreiche intra- und interspezifische Konkurrenten verteidigt werden. In den afrikanischen Savannen z. B. streiten sich Löwen, Hyänen, Wildhunde, Schakale und verschiedene Geierarten um die Beute. Größere Gruppen sind bei der Verteidigung erfolgreicher als kleinere oder als Einzeltiere. Auch für die Beutetiere, wie Gnus und Thomsongazellen, lohnt sich der Zusammenschluß zu Gruppen. Der Räuber wird mit größerer Wahrscheinlichkeit rechtzeitig entdeckt, er kann leichter verwirrt oder sogar abgeschreckt werden.

(Naturwiss. Rundschau 1/82)

Unsere **Amphibien** gehören zu den Lebewesen, die besonders gefährdet sind, denn die benötigten Laichgewässer werden durch die „Flurbereinigungen“ weitgehend beseitigt.

Der **Menschenfloh** ist heute wohl wesentlich seltener anzutreffen, aber entgegen allen Zeitungsmeldungen keineswegs ausgerottet.

(Hygiene-Institut der Univ.)

**Maniok** (*Manihot esculenta* Cr.) ist ein Strauch aus der Familie der Wolfsmilchgewächse mit handförmig zusammengesetzten Blättern; in Südamerika beheimatet, wird er heute in weiten Teilen der tropischen Welt kultiviert. Die Vermehrung durch Stengelstecklinge gelingt sehr leicht. Die Wurzelknollen können fast einen halben Meter lang werden; sie enthalten bis zu 40 % Stärke. Der Milchsafte enthält ein giftiges Blausäureglykosid. Daher muß das Material für Nahrungszwecke durch Kochen, Rösten oder Trocknen an der Sonne entgiftet werden. Die geernteten Knollen faulen sehr rasch und müssen daher sofort verarbeitet werden. Das gewonnene Mehl nennt man bei uns Tapioka, in Brasilien aber Farinha. Getrocknete Schnitzel oder Pellets werden als Viehfutter gehandelt. Die ungiftigen Thiocyanate, die bei der Aufbereitung entstehen, sollen die Tätigkeit der Schilddrüse hemmen und so Kropfbildung fördern. Jedenfalls ist Maniok ein wichtiges Grundnahrungsmittel, dessen Bedeutung aber noch nicht voll erkannt ist.

## Flammen

In den letzten Jahren hat die Wissenschaft von den Verbrennungsvorgängen neue Aktualität erlangt, da das Vorhandensein nur begrenzter Mengen an fossilen Brennstoffen ihre möglichst ökonomische Ausnutzung erfordert. Dazu gehören aber auch detaillierte Kenntnisse über diejenigen chemischen Vorgänge, die man allgemein als „Feuer“ bezeichnet. Auch die Bildung verschiedener Schadstoffe bei Verbrennungsprozessen, die zu erheblichen Umweltbelastungen führen können, ist in ihren Teilschritten aufklärungsbedürftig, denn vielleicht ließe sich durch entsprechende Steuerung der Verbrennungsprozesse ihre Bildung zumindest teilweise verhindern.

Mit Hilfe moderner Untersuchungsmethoden kann man heute nicht nur die Endprodukte von Verbrennungsvorgängen genau bestimmen, sondern auch die vielfältigen Zwischenprodukte, die oft sehr kurzlebigen Molekülfragmente höhermolekularer Brennstoffe, erfassen und so Mechanismen der Oxidationsprozesse aufklären. Heute wird „Feuer“ als kompliziertes Netzwerk miteinander verflochtener chemischer Reaktionen aufgefaßt. Die „Flamme“ ist dabei eine Untereinheit des komplexen Geschehens im „Feuer“.

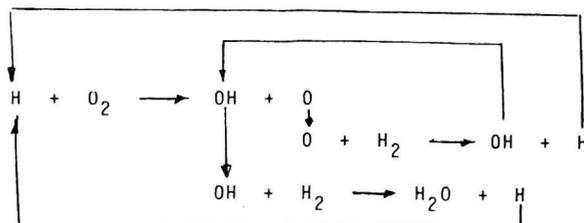
Die klassischen Vorstellungen über Verbrennungsvorgänge machten die Temperaturänderung beim Anzünden und beim Ausbreiten eines Feuers verantwortlich. Grundlage dieser Vorstellung ist, daß die beteiligten chemischen Reaktionen bei niedrigen Temperaturen einfach zu langsam ablaufen, als daß sie bemerkbar wären. Sobald jedoch an einer Stelle die Entzündungstemperatur erreicht wird, liefert die dort nunmehr rasch ablaufende Reaktion so viel Wärme, daß auch die Nachbarregionen auf die Entzündungstemperatur gebracht werden und sich so das „Feuer“ ausbreitet. Diese Deutung läßt wohl rein empirisch Gleichungen für Verbrennungsprozesse aufstellen, den Wärmeumsatz berechnen und liefert so die Grundlagen, nach denen Ingenieure Brenner konstruieren, hat also gute Dienste erwiesen, geht aber an vielen interessanten Problemen vorbei: Woher stammt die starke Temperaturabhängigkeit der Verbrennungsgeschwindigkeit, welche elementaren Vorgänge bedingen sie? Um sich auch mit diesen Fragen auseinandersetzen zu können, sind zunächst einige grundlegende Begriffe notwendig. Die Flamme ist die Untereinheit eines „Feuers“ und man unterscheidet zwei verschiedene Flammentypen: vorgemischte Flammen, bei denen der Brennstoff mit dem Oxidationsmittel (Luft oder reiner Sauerstoff) in bekanntem Verhältnis gemischt sind, und Diffusionsflammen, bei denen die beiden Komponenten Brennstoff und Oxidationsmittel erst in der Verbrennungszone aufeinandertreffen.

Vorgemischte Flammen haben große Bedeutung: Benzin-Luft-Gemische, die im Vergaser eines Ottomotors entstehen und explosiv verbrennen, sind ein typisches Beispiel. Eine Diffusionsflamme ist z. B. die Kerzenflamme, bei der verdampftes Wachs erst oberhalb des Dochtes mit der umgebenden Luft in Reaktion kommt. In der Verbrennungszone diffundieren Brennstoff und Oxidationsmittel ineinander, wobei chemische Reaktionen einsetzen. Diffusionsflammen können laminar oder turbulent sein. Ihre Verbrennungsgeschwindigkeit wird durch Turbulenz stark erhöht. Bei vielen Verbrennungsprozessen treten Verdampfungs- und Oxidationsprozesse nebeneinander auf, die zu sehr komplexen Vorgängen führen, man denke nur an das Verbrennen des eingespritzten Brennstoffs in Dieselmotoren oder Triebwerken von Düsenflugzeugen. Aus diesem Grund ist es notwendig, eine solche Flamme zu betrachten, bei der genau reproduzierbare chemisch-physikalische Vorgänge ablaufen und die auch mittels eines mathematischen Modells erfassbar ist. Dazu eignet sich nur eine laminare, vorgemischte Flamme. Die Flamme eines Bunsenbrenners hat aber eine ungünstige Gestalt und außerdem ist ihre Verbrennungszone sehr schmal. Deshalb wurde eine Flammenform für genaue Untersuchungen der chemischen Vorgänge gewählt, bei der ein flacher poröser Stopfen als Flammenhalter dient, durch den von unten, einzeln regulierbar in zwei Bereichen der gasför-

mige Brennstoff und das Oxidationsmittel (Luft, Sauerstoff) eintreten kann. Geeignete Sonden, z. B. Quarzrohre zum Entnehmen von Proben, zum Absaugen von Proben für die Analysen in einem Massenspektrometer, Thermolemente zur Temperaturmessung, Laserstrahlen durch die Flamme geschickt, erlauben es, viele Detailinformationen aus den verschiedenen Bereichen einer solchen Flamme zu gewinnen. Sie dienen dazu, ein Flammenprofil aufzustellen, in dem die Abhängigkeit der Konzentration verschiedener molekularer Spezies vom Abstand der Brennerbasis dargestellt wird. Diese Daten dienen zur Berechnung der Reaktionsgeschwindigkeit für jede in einer Flamme gefundene Substanz. Diese Methode führte vor allem bei Brennstoffen mit kleinen Molekülen zu beachtlichen Erfolgen; aber bereits bei Oktan ergeben sich schier unlösbare Probleme, denn es müssen ganze Reaktionsketten durchlaufen werden, um bei seiner vollständigen Verbrennung die Produkte  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  zu bilden. So begann die Suche nach den Elementarreaktionen in einer Flamme. Dabei treten als höchst reaktive Zwischenprodukte die verschiedenen Radikaltypen auf: freie Atome (insbesondere H- und O-Atome) und bestimmte Molekülbruchstücke ( $\text{OH}$ ,  $\text{CH}_3$ ,  $\text{CH}$ ,  $\text{CH}_3\text{O}$ ,  $\text{CH}_2$  usw.). Da die Radikale vor allem an Kettenreaktionen beteiligt sind, war es wichtig, die verschiedenen Reaktionsketten und die dabei auch beobachteten Kettenverzweigungen aufzuklären. Die von diesen abhängige starke Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit war bereits in den fünfziger Jahren bekannt (Nobelpreis für Chemie: C. N. Hinshelwood, Oxford, und N. N. Semonov, Moskau).

Um eine exakte Beschreibung der Vorgänge in einer Flamme zu finden, sind die erhaltenen Daten auszuwerten, für manche Parameter, die experimentell nicht zu bestimmen sind, Schätzwerte einzusetzen und dies alles in ein Computermodell einzubringen. Als besonderes Problem stellte sich dabei die Bestimmung von Geschwindigkeitskoeffizienten der Elementarreaktionen heraus. Ab Mitte der sechziger Jahre wurde in vielen Laboratorien mit großem experimentellen Aufwand nach geeigneten Methoden gesucht. So können schnelle Gasreaktionen mittels der Stoßwellentechnik untersucht werden, wobei die Lumineszenz der ausgelösten Reaktionen erfaßt wird; mischt man durch elektrische Entladungen erzeugte reaktive Gasgemischungen mit hoher Geschwindigkeit durch ein Rohr an Meßstationen vorbei, so läßt sich die Reaktionsgeschwindigkeit untersuchen (z. B. 1968:  $\text{O} + \text{H}_2 \rightarrow \text{OH} + \text{H}$ , mittels Elektronenspinresonanz und Massenspektrometrie); auch die Blitzlicht-Photolyse ist eine geeignete Methode, da z. B. OH-Radikale leicht in ein angeregtes, durch Fluoreszenzstrahlung untersuchbares Energie-niveau zu bringen sind.

Aus wissenschaftlicher Sicht waren Wasserstoff-Sauerstoff-Flammen als Modelle für andere Flammen besonders interessant. Die wichtigen Elementarreaktionen wurden mit den drei oben beschriebenen Methoden genau untersucht. Die reaktiven Zwischenprodukte sind die Radikale H, O und OH. Hier finden auch Kettenverzweigungen statt, so daß pro H-Atom, das in die Reaktionskette eintritt, drei neue H-Atome gebildet werden. Dies führt auch zum explosiven Charakter der Knallgasreaktion: die entscheidende Kettenverzweigung ist die Reaktion  $\text{H} + \text{O}_2 \rightarrow \text{OH} + \text{O}$ . Das Schema 1 zeigt den Ablauf.



Schema 1: Die Kettenverzweigung bei der Knallgasflamme

Besonders komplex verlaufen die Reaktionen in einer Kohlenwasserstoff-Flamme. Hier finden neben den Oxidationsreaktionen zu reaktiven Zwischenprodukten auch noch Crack- und sogar Polymerisationsreaktionen statt, auch die Bildung von Ruß kann erfolgen, was wieder über viele Zwischenreaktionen erfolgt.

Die Modelle für Kohlenwasserstoff-Flammen liefern Untersuchungen über die Verbrennung von niedermolekularen Verbindungen, wie  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6$  und  $\text{C}_2\text{H}_2$ . Größere Moleküle gelangen in der Regel nicht unversehrt in die Verbrennungszone, da bereits vorher Crackprozesse zu Molekülbruchstücken, also wieder Radikalen, geführt haben. Eine besonders wichtige Elementarreaktion bei der Verbrennung aller Kohlenwasserstoffe ist sicher der Angriff eines OH-Radikals auf einen Kohlenwasserstoff:  $\text{OH} + \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{C}_2\text{H}_5$ . Das  $\text{C}_2\text{H}_5$ -Radikal kann weitere H-Atome durch den Angriff von OH-Radikalen verlieren, und so bildet sich Ethen und sogar Ethin. Untersuchungen der Vorgänge in einer Acetylen-Flamme zeigten, daß hier besonders die Reaktion  $\text{O} + \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_2 + \text{CO}$  die C-C-Bindung spaltet und anschließend auch die Reaktion  $\text{CH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}$  erfolgt. Einen Überblick über einige wichtige Elementarreaktionen gibt Schema 2.

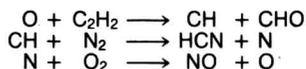
Die Bildung von Schadstoffen in Flammen erregt in letzter Zeit allgemeines Interesse: Die Bildung von  $\text{SO}_2$  bei der Verbrennung von S-haltigen Erdölprodukten und von Kohle, die Bildung der Stickoxide  $\text{NO}_x$  in heißen Erdgasflammen und die Rußbildung bei schlecht eingestellten Dieselmotoren, aber auch Fragen der Verminderung von Schadstoffgehalt von Abgasen können mittels der Flammenchemie beantwortet werden.

Schwefelverbindungen bilden in Flammen vor allem als Endprodukt  $\text{SO}_2$ . Dazu kommt jedoch noch eine Fülle von Zwischenprodukten und stabilen Endprodukten, die alle sauer reagieren und wenig umweltfreundlich sind. Daher muß entweder der Brennstoff oder das Abgas von Schwefelverbindungen gereinigt werden.

Sehr gut untersucht sind die Reaktionen, bei denen das reaktionsträge  $\text{N}_2$ -Molekül zu den Oxiden  $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$ , allgemein als  $\text{NO}_x$  bezeichnet, oxidiert wird. In sehr heißen Flammen (über 2000 K) greifen O-Atome das  $\text{N}_2$ -Molekül an:  $\text{O} + \text{N}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{N}$ . Das N-Atom reagiert seinerseits mit dem nächsten  $\text{O}_2$ -Molekül. Damit ist die Kettenreaktion in Gang gesetzt. Diese Reaktionsfolge wurde bereits 1947 von Y. B. Zeldovich (Moskau) aufgeklärt und man spricht seither vom Zeldovich-Mechanismus:

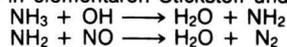


Erniedrigt man die Flammentemperatur, wird wohl der Zeldovich-Mechanismus unterdrückt, aber es entsteht immer noch  $\text{NO}$ . Bereits im Frühstadium, also zu Beginn einer Verbrennung, entsteht  $\text{NO}$ , das deshalb auch „promptes  $\text{NO}$ “ genannt wird. Wahrscheinlich sind dafür  $\text{CH}$ -Radikale in einer Flamme verantwortlich. Man nimmt heute folgenden Mechanismus an:



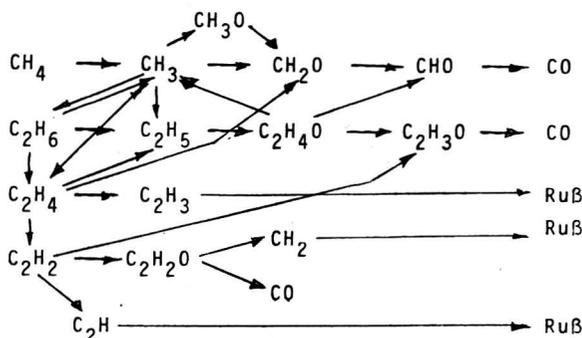
Cyanwasserstoff gilt auch als wichtiges Zwischenprodukt bei der Bildung von  $\text{NO}$  aus den Kohlenwasserstoffen des Erdöls, die stets geringe Mengen an N-Verbindungen als Verunreinigungen enthalten. Wie aber  $\text{HCN}$  schließlich selbst zu  $\text{NO}$  oxidiert wird, ist nicht bekannt. Eine weitere Reaktion ist ebenfalls nicht bekannt: Die Hauptmenge des gebildeten „prompten  $\text{NO}$ “ gelangt gar nicht in die Atmosphäre, sondern wird offenbar noch in der Flamme oder nach dem Verlassen der Verbrennungszone wieder in  $\text{N}_2$  rückverwandelt.

Ein bereits kommerziell reifes Verfahren zur Entfernung von Stickstoffmonoxid aus Abgasen wurde von der Firma Exxon entwickelt: In das aus der Flamme entweichende Gas wird an einem bestimmten Punkt des Kühlvorgangs  $\text{NH}_3$  eingebracht, die entstehenden  $\text{NH}_2$ -Radikale verwandeln schließlich  $\text{NO}$  in elementaren Stickstoff und Wasser:



Die Bildung von Ruß in Flammen war von alters her der Prozeß, der für Beleuchtungszwecke diente. In der heißen Flamme muß sich zunächst Ruß bilden, doch soll er in den äußeren Bereichen der Flamme wieder möglichst vollständig

verschwinden, was aber nicht immer erfolgt: rußende Kerzenflammen oder Petroleumlampen sind nur ein Beispiel dafür. Ruß entsteht in drei Schritten: In allen Kohlenwasserstoff-Flammen sinkt das Verhältnis von H zu C während des Verbrennungsvorganges, wobei Ethin oder auch Etninyl-Radikale gebildet werden (vgl. Schema 2). Diese werden im Inneren der Flamme nicht weiter oxidiert, sondern polymerisieren zu Polyethinen und deren Radikalen, die sich zu kondensierten Aromaten vereinigen und häufig als positive Ionen vorliegen. Im zweiten Schritt der Rußbildung beobachtet man ein Aerosol, das aus kugelförmigen Kohlepartikeln besteht und je nach Brennstoff unterschiedliche Mengen an sehr wasserstoffarmen kondensierten Aromaten enthält. Diese Aerosolteilchen machen die Flammen undurchsichtig und verleihen ihnen das charakteristische gelbliche Leuchten. Diese Aerosolteilchen können nicht mehr als  $0,1 \mu\text{m}$  im Durchmesser erreichen, da in dieser Phase des Verbrennungsvorganges kein Kohlenstoff mehr verfügbar ist. Jetzt schließt der dritte Abschnitt der Rußbildung an: Die Aerosolteilchen können zu größeren Partikeln agglomerieren. Solange die Agglomerate heiß sind, geben sie den restlichen Wasserstoff und noch flüchtige Verbindungen ab und es bilden sich dabei zunehmend starre Strukturen aus: Ruß. Welche Vorgänge sich beim Verschwinden der Aerosolpartikel in nicht oder nur wenig rußenden leuchtenden Flammen abspielen ist ebenso ungeklärt wie auch die Bildungsreaktionen der Aerosolkeime.



Schema 2: Kohlenwasserstoffe verbrennen über eine Vielfalt miteinander verknüpfter Elementarreaktionen. Hier sind nur die wichtigsten Zwischenprodukte angeführt, die ebenfalls immer vorhandenen Radikale H, O, OH und das Molekül  $\text{H}_2$  sowie die Endprodukte  $\text{CO}_2$  und  $\text{H}_2\text{O}$  sind aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen. Die Radikale  $\text{C}_2\text{H}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_3$  und  $\text{CH}_2$  sind diejenigen Bruchstücke, die leicht zu höheren Aromaten kondensieren und schließlich zur Rußbildung führen.

#### LITERATUR:

Das chemische Innenleben einer Flamme, W. C. Gardiner jr., Spektrum d. W., April 1982/90.

Prof. Karl Hagenbuchner, Bundesgymnasium Traun

## Fotometrische Titrations zur Untersuchung von Metallkomplexen

Titrationfotometer werden wohl in den seltensten Fällen in Schulsammlungen zu finden sein, trotzdem lassen sich mit der üblichen Ausrüstung von Physiksammlungen fotometrische Titrations sowohl für den Demonstrations- als auch Praktikumsversuch unschwer realisieren. Die beiden beschriebenen Versuche ermöglichen über die Bestimmung der stöchiometrischen Zusammensetzung zweier bekannter Komplexe hinaus eine eingehende Behandlung des Lambert-Beerschen Gesetzes, zeigen ein Fotometer in offener, daher verständnismäßig voll erfassbarer Bauweise und lassen als Nebenprodukt auch Ausflüge in die Gleichgewichtstheorie zu, da bei beiden Experimenten die Gleichgewichtslage von störenden Nebenreaktionen beachtet werden muß.

Benötigt werden weder ausgefallene Reagenzien noch Geräte – aus der Chemiesammlung stammt ein Magnetrührer und eine 25-ml-Bürette, aus der Physik werden die optische Bank, der He-Ne-Laser und die Hg-Dampflampe, ausgestattet mit einer Sammellinse der Brennweite 10 cm, einer Lochblende und einem Interferenzfilter von 451 nm, eine Batterie und ein Mikroamperemeter entlehnt. Der Meßwertaufnehmer ist ein LDR-Widerstand (beim Autor der Typ G 9802 aus dem Lehrgerät EL 68 von MAEY), der in einem Serienstromkreis aus Batterie, Instrument und LDR die durch die Probe dringende Lichtmenge erfaßt. Für den Fall, daß kein Laser verfügbar ist, benötigt man ein zweites Interferenzfilter mit einer Durchlässigkeit um 630 nm.

#### Aufbau der Apparatur

Auf der optischen Bank werden Laser oder HG-Lampe starr montiert und der Magnetrührer mittels Unterleghilfen so unterhalb des Strahlengangs montiert, daß ein 250-ml-Becherglas niederer Form im unteren Drittel der Gesamthöhe durchstrahlt werden kann. Diese Höhe ist insofern kritisch, als der Strahl weder die Turbulenzen in der Nähe des Magnetrührstäbchens durchsetzen soll, noch der beim Rühren entstehende Trichter den Strahl von oben berühren darf. Die Rührgeschwindigkeit ist entsprechend klein zu halten, daher sind die Werte erst ca. 10 Sekunden nach der jeweiligen Reagenzzugabe abzulesen, wenn sichergestellt ist, daß innige Durchmischung erfolgt ist.

So nahe als möglich an der Strahlaustrittsstelle aus dem Becherglas ist der LDR zu montieren, er wird so justiert, daß der maximal erzielbare Stromfluß angezeigt wird. Die Bürette soll nicht an der optischen Bank, sondern an einem getrennten Stativ aufgestellt werden, da jede Erschütterung das optische System dejustieren kann.

#### Die Strukturbestimmung des $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$ -Komplexes

Die Wellenlänge des He-Ne-Lasers ist recht gut für die Bestimmung Kupfertetramminkomplexes geeignet, außerdem ermöglicht die Verwendung des Lasers durch seine hohe Lichtintensität ein Arbeiten bei nur schwach reduzierter Umgebungshelligkeit, so daß einerseits die Bürette gut abgelesen werden kann, andererseits dem Publikum das „offene“ Fotometer immer gut sichtbar bleibt. Die Verwendung eines LED-Multimeters empfiehlt sich für genaueres Ablesen und auch Sichtbarkeit der Meßwerte aus größerer Distanz.

Die Bürette wird mit 1 M  $\text{NH}_3$ -Lösung gefüllt, in das Becherglas wird zu 10 ml 0,1 M  $\text{CuSO}_4$ -Lösung und ca. 1 g  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  soviel destilliertes Wasser gefüllt, daß die geschilderten Bedingungen für den Strahldurchgang erfüllt werden. Der Ausgangswert ( $=I_0$ ) und die sich nach Zugabe von insgesamt 10 ml in Portionen zu 1 ml einstellenden Meßwerte sind festzuhalten.

Sehr schön ist auch für den ferner stehenden Beobachter sichtbar, daß mit zunehmender Konzentration zwar der durchsetzende Lichtstrahl kräftiger erscheint, beim Durchgang durch die Flüssigkeit aber rasch schichtdickenabhängig an Intensität verliert. Der Zusatz eines relativ großen Überschusses an  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  drängt die Hydrolyse des  $\text{NH}_3$  zurück, so daß stöchiometrisch eindeutige Verhältnisse vorliegen. Als Kontrollversuch kann man die Titration ohne diesen Zusatz versuchen, die sofort auftretende bläulich-milchige Trübung ausfallenden  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  und der schon nach Zugabe des ersten Milliliters  $\text{NH}_3$  stark abgefallene Transmissionsgrad, verbindet die Titration mit einem Ausflug in das Hydrolysegleichgewicht des Ammoniaks. Zur Auswertung der Titration siehe im entsprechenden Abschnitt.

#### Die Strukturbestimmung des $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})(\text{SCN})_2$ -Komplexes

Bei einer Wellenlänge von 451 nm wird eine ähnliche Titration von 2,5 ml 0,02 M  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  mit 0,01 M  $\text{NH}_4\text{SCN}$  durchgeführt. Die hohen Verdünnungen sind notwendig, um mit der Primitivoptik trotz der hohen molaren Extinktion reproduzierbare Werte zu erhalten. Der Komplex ist weniger stabil, es sind mehrere Komplexgleichgewichte ineinander verschachtelt, als Folge ist der Knick der später erhaltenen schneidenden Geraden weniger ausgeprägt, jedoch ist der Äquivalenzpunkt sicher erkennbar.

#### Auswertung der Titrations

Die von den Titrations erhaltenen Werte können tabellarisch zusammengefaßt werden. Nachstehende Daten stammen aus Schülerexperimenten:

$\text{NH}_3$ 1 M (f = 0,962)			$\text{NH}_4\text{SCN}$ 0,010 M		
$\text{Cu}(\text{II})$ 0,1 M (f = 1,134)			$\text{Fe}(\text{III})$ 0,020 M		
ml-Zugabe	I	$\log(I_0/I)$	ml-Zugabe	I	$\log(I_0/I)$
0	1,37	—	0	1,05	—
1	0,92	0,1729	2	0,46	0,3584
2	0,47	0,4642	4	0,23	0,6594
3	0,23	0,7794	6	0,11	0,9797
4	0,12	1,0575	8	0,055	1,2808
5	0,08	1,2336	10	0,028	1,5740
6	0,07	1,2916	12	0,016	1,8170
7	0,07	1,2916	14	0,011	1,9797
8	0,07	1,2916	16	0,007	2,1761
9	0,07	1,2916	18	0,0047	2,3491
10	0,07	1,2916	20	0,0034	2,4897

Die Lichtintensität entspricht der Stromstärke I, in der Tabelle in mA, die Dimensionierung ist aber belanglos. Die graphische Auftragung  $\log(I_0/I)$  gegen ml ergibt zwei nahezu ideale Geraden, deren Schnittpunkt den jeweiligen Äquivalenzpunkt ergibt. Dieser Endpunkt kann der Kurve entnommen werden und bringt recht gute Werte – beim Kupferkomplex  $\text{Cu}:\text{NH}_3 = 1:4,05$  bis 4,25, beim Eisenkomplex  $1:1,95$  bis 2,20. Aus Übungsgründen, da viele unserer Schüler auch den EDV-Kurs besuchen, wurde ein BASIC-Programm für den Taschencomputer PC 1211 (Sharp) entwickelt, das in der Lage ist, das Molverhältnis der Komplexe zu berechnen, nachdem aus den Meßwerten die „besten Geraden“ errechnet wurden. Als Nebenprodukt fällt noch der Extinktionskoeffizient für die Meßwellenlänge an.

```

10: REM „METALLKOMPLEXE IN PC 1211 BASIC“
20: I = LEERWERT I(0) = “;C
30: PA. „WIEVIELE WERTE SIND IM“: I. „ERSTEN GERADEN AST?“;N
40: B. 1: PA. „ERSTE GERADE“: GOSUB 400
50: FOR A = 1 TO N: GOSUB 300: NEXT A
60: I = I/N : J = J/N : K = K - N*I*I : L = L - N*I*J : O = L/K : P = J - O*I: GOSUB 400
70: B. 2: PA. „WIEVIELE WERTE SIND IM“: I. „ZWEITEN AST?“;M
80: FOR A = 1 TO M: GOSUB 300: NEXT A
90: I = I/M : J = J/M : K = K - M*I*I : L = L - M*I*J : A = L/K : B = J - A*I
100: X = (B - P)/(O - A) : Y = A*X + B
110: I. „PROBLEM (CU/FE)?“: QS: IF QS = „FE“ GOTO „FE“
120: I. „FAKTOR 1M NH3 =“; F: I. „FAKTOR .1M CU(II) =“; H : F = F*X : G = F/H
130: P. „CU(II) : NH3 = 1 :“; U. „≠ ≠ ≠“; G : GOTO „E“
140: „FE“: I. FAKTOR .02M FE(III) =“; F : I. „FAKTOR .01 M NH4SCN =“; G
150: H = G*X/(5*F): P. „FE(III) : SCN = 1 :“; U. „≠ ≠ ≠“; H
160: „E“: I. „INNENDURCHMESSER (CM) =“; D
170: IF QS = „FE“ LET E = Y/(D*F*5E-5): GOTO „P“
180: E = Y/(D*H*1E-3)
190: „P“ : E = LOGE : P. „LOG E (EPSILON) =“; U. „≠ ≠ ≠ ≠“; E
200: I. „NEUE BERECHNUNG (J/N)?“; ZS : IF ZS = „J“ CLEAR : GOTO 20
210: END
300: I. „ML =“; X : I. „STROM =“; Y : Y = LOG (C/Y)
310: I = I + X : J = J + Y : K = K + X*X : L = L + X*Y : RETURN
400: I = 0 : J = 0 : K = 0 : L = 0 : RETURN

```

#### Zusammenfassung

Ein relativ unkomplizierter Aufbau auf der optischen Bank erlaubt sonst schwer in schulischem Rahmen durchführbare fotometrische Titrations farbiger Komplexionen. Der Versuch lohnt vor allem auch deshalb, da neben dem eigentlichen Problem auch zahlreiche Bereiche der Physikochemie angesprochen werden können.

#### LITERATUR:

Stabaugh, W.: Composition of Metal Amine Ion, J. Chem. Educ. 42, 470 (65).  
Wünsch, G.: Optische Analysenmethoden zur Bestimmung anorganischer Stoffe, Berlin 1967.



die letzte Forderung nicht Rücksicht nehmen, wären CCD-Li-nearsensoren die idealen Bauteile, so enthält der Baustein CCD 111 DC von Fairchild 256 Sensoren auf 18 mm Länge, doch ist deren Preis in der gesamten Gerätekonzeption nicht tragbar.

Für den gegebenen Anwendungsfall bleiben Fototransistoren die einzige Möglichkeit. Aus der Forderung nach minimalster Bauform reduzieren sich die möglichen Typen auf wenige Exemplare. Wir verwenden 32 Stück BPX 81 II, die, auf einem Lochrasterstreifen bündig aneinandergereiht, 68 mm Sensorbreite ergeben. Abbildung 3 zeigt, daß die strahlungsempfindliche Fläche nur  $0,7 \times 0,7 \text{ mm}^2$  beträgt, unterstützt durch eine integrierte Linse ergibt sich eine ausreichende Kanalselektion. Die Verschaltung der Einzeltransistoren zum Array geschieht nach Abbildung 4, wobei es vor dem Einlöten günstig ist, die Einzeltransistoren unter gleicher Beleuchtung auszumessen und entsprechend ihrer Empfindlichkeiten zu reihen, da der Verstärkungsgang nur für den Gesamtsensor einstellbar ist.

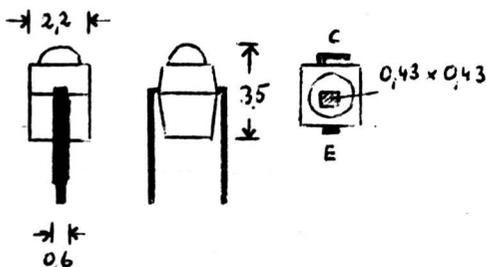


Abb. 3: Geometrie des BPX 81 (Maße in mm)

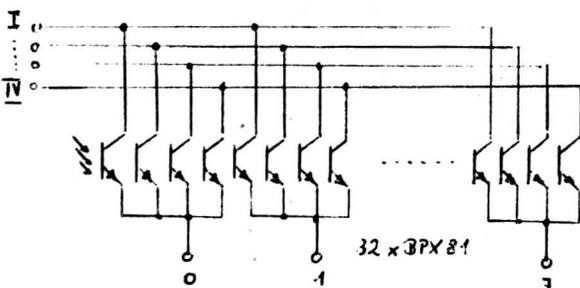


Abb. 4: Schaltung des Sensors

### Anwendung

Der mit dem Gerät über ein flexibles 16poliges Kabel verbundene Sensor (Verbindung max. 50 cm wegen Brummeinstreuung) wird an die Stelle des Projektionsschirms gebracht, der Oszillograph in XY-Betrieb zeigt sofort die Intensitätsverteilung. Außer chemischen Anwendungen – sowohl analytisch als auch für kinetische Probleme – eignet sich das Gerät auch für Demonstrationen in der Optik. Abbildung 5 zeigt das Schirmbild für das Beugungsbild des He-Ne-Lasers nach einem Strichgitter mit 570 Linien/mm. Bei hinreichend langem optischen Weg läßt sich auch die Aufspaltung der Na-D-Linie zeigen, wengleich für beide Probleme die Wellenlängenverstärkungsjustierung zunichte gemacht werden muß, da ja hier monochromatisch gearbeitet wird (Abb. 6).

### Ausblicke

Wird der zentrale IC 2240 nicht eingelötet, sondern auf einen Stecksockel gesetzt, kann an seine Stelle eine BUS-Leitung eines Kleincomputers gesetzt werden, der softwaremäßig das 5-Bit-Wort erzeugt, bei Fixadresse aber auch Fotometerbetrieb bei frei wählbarer Wellenlänge erlaubt. Wird an den Y-Ausgang ein Analog-Digitalwandler angeschlossen, erhält der Computer auch die Spektralinformation, das Spektrum kann dann mit Wellenlängenbeschriftung und eventuell rechnerisch korrigierter Basislinie am Videoterminal erscheinen. Weitere Möglichkeiten zum Spektrungsvergleich durch gespeicherte Referenzspektren, Spektrsubtraktion bei Gemischen, Spektrakkumulation bei lichtschwachen Signalen, kinetische Untersuchungen sind gegeben.

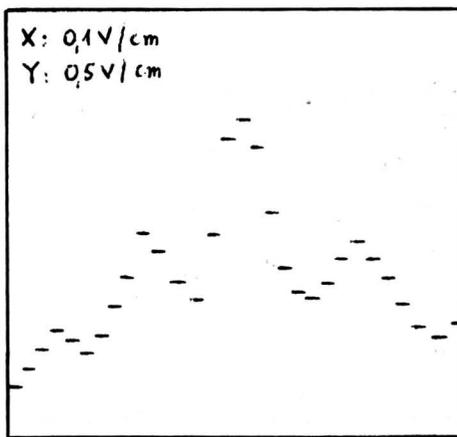


Abb. 5: He-Ne-Laser, Beugungsbild

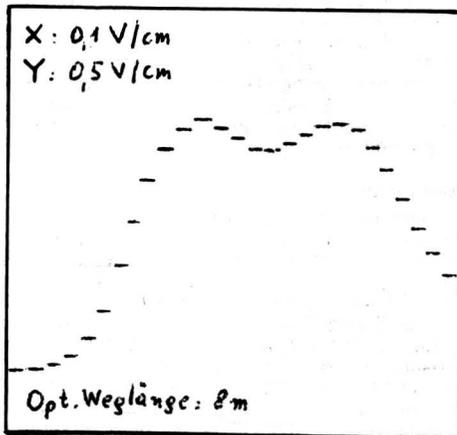


Abb. 6: Na-D-Linie

### Zusammenfassung

Mit nur vier digitalen und zwei analogen IC läßt sich ein Spektrumabtastgerät aufbauen, das es erlaubt, in der von der Projektionsgröße des Spektrums auf den Sensor abhängiger Auflösung Echtzeitspektren auf üblichen Oszillographen im XY-Betrieb abzubilden. Mit 32 Bildpunkten läßt sich ein komplettes VIS-Spektrum mit einer Auflösung von 10 nm wiedergeben, wie auch in Extremfällen Auflösungen um 0,2 nm realisierbar sind, die zur Auflösung der Na-D-Linie ausreichen. Die Hinzufügung eines Analog-Digital-Wandlers eröffnet volle Mikroprozessorkompatibilität und damit ein weites Feld rechnerischer Spektrenauswertung.

### LITERATUR:

- CCD 111 DC, Datenblatt, Fairchild 1980.
- CMOS Data Book, Fairchild 1977.
- Data Acquisition Products Catalog, Analog Device 1978.
- Data Book, Intersil 1979.
- Halbleiterbauelemente für die Optoelektronik, Valvo 1978.
- Linear Manual II, Texas Instruments 1979.
- Optoelectronics Data Book, Fairchild 1978.
- Optoelectronics Designers Catalog, Hewlett-Packard 1979.
- Optoelektronik Halbleiter, Siemens 1975.
- Sheingold, D.: Transducer Interfacing Handbook, Analog Device 1980.

### BEZUGSQUELLEN:

Alle Bauteile in Elektronik-Hobby-Fachgeschäften.

## Kurznachrichten

**Polymerlegierungen** sind solche Mischungen von Polymeren, bei denen keine physikalische Kenngröße sich entlang einer Ortskoordinate sprunghaft ändert. Dieser Idealfall wird bei einphasigen Mischungen zweier unterschiedlicher Polymere (zusätzlich sind noch Hilfsmittel, wie Stabilisatoren, Antioxidantien, Lichtschutzmittel, enthalten) erreicht. Vorläufer solcher einphasiger Polymerlegierungen waren Mischungen aus einem Polymer und einer niedermolekularen Verbindung, wie zum Beispiel die Mischung von Nitrozellulose mit

Campher zu Zelluloid. Seit 1933 weiß man, daß PVC mit o-Nitrodiphenylether, Dibutylphthalat oder Trikresylphosphat so gemischt werden kann, daß einphasige Weich-PVC-Typen entstehen. Neuerdings sind aber Bemühungen im Gange, PVC so zu modifizieren, daß es technische Anwendungen über 70 °C erlaubt, aber auch seine Anwendung bei tiefen Temperaturen sollte durch Legieren erreichbar werden.

Zwei strukturell unterschiedliche Polymere sind i. A. nicht in beliebigen Verhältnissen mischbar, weisen also Mischungslücken auf, die jedoch temperaturabhängig sind: oberhalb oder unterhalb einer kritischen Temperatur sind einphasige Mischungen möglich. Bei Unter- oder Überschreitung dieser Temperatur tritt eine instabile oder auch metastabile binäre Phase auf. Die thermodynamische Begründung besteht darin, daß in diesen Temperaturbereichen positive Gibbs-Mischungsenthalpie auftritt, denn der mögliche Entropiezuwachs ist meist sehr klein, weil wegen der hohen Molekülmassen nur eine geringe Zahl von Molekülen gemischt wird. Bei experimentellen Untersuchungen über das Mischungsverhalten wurde gefunden, daß sich die Glasübergangstemperatur zur Kennzeichnung einer einphasigen Mischung besonders gut eignet. Eine einphasige PVC-Legierung enthält neben der Hauptkomponente noch einen Modifikator. Dieser muß polare Gruppen enthalten, um die Polyvinylketten zu solvatisieren. Er ist um so wirksamer, je stärker sein Einfluß auf die Lage der Glasübergangstemperatur ist. Entlang einer PVC-Kette findet man in regelmäßiger Aufeinanderfolge Dipole, die im üblichen amorphen Zustand keine stabilisierenden Wechselwirkungen eingehen. Fügt man einem solchen System eine Mischkomponente mit polarem Charakter hinzu, so kann es je nach Art des Modifikators zu einer Erhöhung oder Erniedrigung der Segmentbeweglichkeit der PVC-Ketten kommen. Deshalb wird versucht, neue hochmolekulare Modifikatoren für PVC zu synthetisieren. Eine Verbesserung der Tieftemperatureigenschaften (z. B. das Kältebruchverhalten) läßt sich mit hochmolekularen (Polyester-)Polycarbonaten erzielen. Mischungen aus PVC und diesen Estern führen zu einem Produkt mit kautschukelastischen Eigenschaften bis zu -70 °C. Auch PVC-Legierungen mit erhöhter Wärmeformbeständigkeit sind für viele Anwendungen erstrebt. Meist läßt sich die Wärmebeständigkeit des thermoplastischen PVC nur in einer Vielkomponentenmischung erreichen, die als einen Bestandteil eine einphasige PVC-Legierung enthält. Als andere Komponenten können Tetramethylbisphenol-A-polycarbonat und Bisphenol-A-polycarbonat verwendet werden. Aber auch modifizierte Polystyrole und Acrylnitril-Butadien-Styrol-Copolymere haben den gewünschten Effekt.

#### LITERATUR:

Angew. Chem. 94 (1982), 159-169.

**Alkanmischungen** haben große Bedeutung für anwendungstechnische Probleme, wie zum Beispiel bei Stofftrennungen. Spektroskopische Untersuchungen und Lichtstreuungsexperimente an reinen Alkanen und an ihren Mischungen haben gezeigt, daß Konstitution, Konformation und Beweglichkeit der Moleküle die Struktur solcher Flüssigkeiten stark beeinflussen. Untersuchungen des gasförmigen Zustandes der Alkane zeigten bereits, daß bestimmte Konformere stabiler sind als andere. Hier sei nur an die abstoßende Wirkung von  $\text{CH}_3$ -Gruppen aufeinander hingewiesen.

Der für die meisten Alkane wichtigste Zustand ist die flüssige Phase. Hier kann zwischen zwei Fällen unterschieden werden: Alkane in einem homogenen, isotropen Lösungsmittel aus angenähert kugelförmigen Lösungsmittelmolekülen (z. B.  $\text{CCl}_4$ , Cyclohexan) und der Zustand der reinen Alkane oder konzentrierter Alkanlösungen. In ersten Fall liegen bei genügend starker Verdünnung die Alkanmoleküle vergleichbar mit der Gasphase vor, da zwischen ihnen keine Wechselwirkungen stattfinden. Hier ist auch das freie Rotieren um die C-C-Bindungen fast ebenso ungehindert wie in der Gasphase, d. h. es liegen die gleichen Konformere vor, auch die Gleichgewichtsverteilung zwischen ihnen ist so wie in der Gasphase. In zweiten Fall, also in reinen Alkanen oder in ihren konzentrierten Lösungen, ist damit zu rechnen, daß die asymmetrische Struktur und der Kettencharakter zu ganz bestimmten zwischenmolekularen Wechselwirkungen führt. Hier hat sich die Rayleigh-Streuung mit polarisiertem Licht als nützliche Methode erwiesen, um Aussagen über Molekülförm und Wechselwirkungen zwischen Molekülen zu untersuchen; daneben wurden auch Kleinwinkel-Neutronenstreuungsexperimente, IR- und Ramanspektroskopie eingesetzt. Es zeigte sich dabei, daß nur in kleinen Bereichen eine bevorzugte Parallelorientierung auftritt, aber bei tieferen Temperaturen sich

diese Bereiche vergrößerten, so daß im festen Zustand schließlich eine parallele Anordnung der Ketten von n-Alkanen eintritt. Ganz anders verhalten sich stark verzweigte Alkane, bei denen keine Korrelation zu beobachten ist. Dieses unterschiedliche Verhalten spiegelt sich auch in den entsprechenden Mischungsenthalpien wider. So beobachtet man beim Mischen von 2,3,3,4-Tetramethylpentan, einem stark verzweigten und starren, globulären Nonanisomeren mit n-Hexadecan ( $\text{C}_{16}$ -Kette) eine negative Mischungsenthalpie. Dies kann so gedeutet werden: Im reinen Nonanisomeren liegt eine relativ lockere Flüssigkeitsstruktur vor; wird n- $\text{C}_{16}\text{H}_{34}$  zugefügt, so wird wohl die kleinräumige Parallelordnung seiner Ketten zerstört, aber die beweglichen Kettenmoleküle können den Raum zwischen den starren Molekülen des Nonanisomeren besser ausfüllen. Anders verhält sich eine Mischung von 3,3-Diethylpentan mit n-Octan. Hier ist die Mischungsenthalpie positiv, denn die Zerstörung der kleinräumigen Ordnungszustände erfordert Energie.

#### LITERATUR:

Angew. Chem. 94 (1982), 170-183.

**Dodecasile** stellen einen neuen Typ von Einschlußverbindungen dar, bei denen auf Grund der Struktur analogie zwischen  $\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{SiO}_2$  kleine Moleküle ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$  usw.) in Pentagondodekaedern aus  $\text{SiO}_2$ -Einheiten eingebettet sind. Das seltene Mineral Melanophlogit ist ein solches Clathrat ( $46 \text{ SiO}_2 \cdot 8\text{M}$ ,  $\text{M} = \text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ). Synthetisch lassen sich analoge „Clathrasile“ auch herstellen: zu  $\text{Si}(\text{OCH}_3)_4$  in wässriger Lösung wird zur Einleitung der Hydrolyse  $\text{N}(\text{CH}_3)_4 \text{OH}$  zugegeben und die Lösung unter Zusatz von Ar, Kr, Xe,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  oder Mischungen dieser Komponenten in  $\text{SiO}_2$ -Ampullen eingeschmolzen und einige Tage auf 200 °C erhitzt. Dabei bildet sich Dodekasil-3C mit der allgemeinen Zusammensetzung  $136\text{SiO}_2 \cdot 161\text{X} \cdot 8\text{Y}$ . In diesem Clathrasil sind  $\text{SiO}_4$ -Tetraeder über Ecken zu einem Pentagondodekaeder vereinigt und diese Pentagondodekaeder über gemeinsame Flächen zu Schichten verknüpft; aufeinandergestapelte Schichten sind zueinander parallelverschoben, wodurch schließlich eine kubische Dreischichtstruktur gebildet wird.

#### LITERATUR:

Angew. Chem. 94 (1982), 214.

**Hexachlorcyclohexan** sorgt immer wieder durch Skandale für Aufregung. Seit dem weitgehenden Verbot des Einsatzes von DDT ist als universell einsetzbares Insektizid für Pflanzenschutz, Desinfektion und Tierhygiene das  $\gamma$ -Isomere des Hexachlorcyclohexans getreten. Es bietet beachtliche Vorteile: es reichert sich im Fettgewebe von Mensch und Tier bei weitem nicht so schnell an wie DDT, es ist schon in viel kleineren Dosen wirksam und wird wesentlich schneller in der Umwelt abgebaut. Bei der Herstellung des  $\gamma$ -Isomeren (Handelsname „Lindan“) fallen aber auch  $\alpha$ -,  $\beta$ -Isomere an. Das allein wirksame  $\gamma$ -Isomere ist nur mit 15 % Ausbeute zu erhalten. Seit 1950 ist die Trennung der Isomere auch technisch möglich, aber es macht die Produktion von Lindan teuer. In vielen Ländern der dritten Welt kann man sich diese teure Aufarbeitung nicht leisten, also wird dort weiter technisches HCH (= Hexachlorcyclohexan) gespritzt. Dies macht die Untersuchung von Importen, auch von Futtermittellimperten, auf den Gehalt an den anderen Isomeren notwendig, aber gerade für diese Stoffe gelten z. B. in der BRD keine Höchstwerte. Dies ist auch sicher ein Grund dafür, daß noch immer HCH in Milch und Butter entdeckt wird. Dies führt zu folgendem grotesken Befund: das Fett der Muttermilch enthält neben anderen chlorierten Kohlenwasserstoffen durchschnittlich 0,27 mg  $\beta$ -HCH pro kg. Daher nimmt ein Säugling das Zehn- bis Zwölfwache der annehmbaren Tagesdosis an HCH auf, aber nur ein Achtel an der zulässigen Lindanmenge. Seit dem Verbot der Anwendung von technischem HCH in der BRD ging der Gehalt an den unerwünschten und sogar giftigeren  $\alpha$ - und  $\beta$ -Isomeren ständig zurück, könnte aber durch Importe wieder ansteigen. Heute werden die unerwünschten Isomere von Lindan nicht mehr auf Deponien gelagert, sondern weiterverarbeitet (Kosmetika, Desinfektionsmittel, Herbizide).

#### LITERATUR:

Umschau 1982, 8, 247.

**Vehikel-Mechanismus** wird ein Modell zur Deutung der Leitfähigkeit schneller Protonenleiter genannt. Schnelle Protonenleiter können Festkörper oder Elektrolyte sein, bei denen der Grotthuss-Mechanismus zur Deutung verwendet wurde: über unendliche Wasserstoffbrückensysteme wird die Ladung des Protons geleitet. Dabei wird im ersten Teilschritt

das Proton von einem Oxonium-Ion an ein Wassermolekül übertragen, worauf ein Durchtunneln das Proton auf die folgenden  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle bringt, während sich eine anschließende Reorientierung der  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle anschließt. Neuere Untersuchungen gaben jetzt einen Hinweis auf einen anderen Vorgang: nicht das  $\text{H}^+$ , sondern  $\text{H}^+$  an ein „Vehikel“ gebunden, z. B.  $\text{H}_3\text{O}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  usw. wandert. In diesem Modell laufen die unbeladenen Vehikel in die entgegengesetzte Richtung, wie die beladenen. Demnach zeigt das Vehikel einen der Protonenleitung entsprechenden Diffusionskoeffizienten und verhält sich gegenüber seiner Umgebung als Bronsted-Base. Dieser vorgeschlagene Vehikel-Mechanismus läßt vor allem auch die extrem hohen Temperaturfaktoren verstehen und steht im Einklang mit der Beobachtung, daß alle guten Protonenleiter auch gute Ionenaustauscher sind, wobei aber immer Oxonium-Ionen ausgetauscht werden. So konnte mit diesem Modell die Leitfähigkeit von Zeolithen gedeutet werden. Dieses neue Konzept könnte auch für neue Anwendungen von festen Protonenleitern in elektrochemischen Zellen dienen.

#### LITERATUR:

Angew. Chem. 94 (1982), 224.

**Alternative zum Streusalz** ist Calciumchlorid, welches jedoch in Österreich bis jetzt kaum verwendet wurde. Calciumchlorid erhält man als Nebenprodukt bei der Sodaherstellung nach Solvay. Der besondere Vorteil von  $\text{CaCl}_2$  liegt vor allem in folgenden Tatsachen: 1. es wirkt antagonistisch zu  $\text{NaCl}$ , da es die bei  $\text{NaCl}$  beobachtete Bodenverhärtung verhindert, verursacht keine Umweltschäden und wird sogar als Zusatz bei Düngemitteln verwendet; 2. mit  $\text{CaCl}_2$  lassen sich Vereisungen von Fahrbahnen bis  $-30^\circ\text{C}$  verhindern, während mit  $\text{NaCl}$  nur Wirkung bis etwa  $-10^\circ\text{C}$  erzielt wird; 3. es wirkt schneller und kann auch vorbeugend verwendet werden, da es nicht so leicht von der Fahrbahn wegen seines hygroskopischen Charakters verweht wird. Seit der Verwendung von  $\text{NaCl}$  als Streusalz in den letzten 20 Jahren kann eine Anreicherung des Bodens an Natriumionen festgestellt werden, die zu einer Störung des natürlichen Mineralstoffangebots für Pflanzen führt. Im westlichen Ausland und den USA ist  $\text{CaCl}_2$  schon lange im Einsatz. Sein gegenüber  $\text{NaCl}$  höherer Preis hat offenbar seinen Einsatz in Österreich verhindert.

#### LITERATUR:

Chemie-Report 1/1982.

**Ein silikatkeramischer Schaumstoff**, der Wärme dämmt, Feuchtigkeit speichert und sich als Zusatz für Mörtel und Beton eignet, kann aus Wasserglas gewonnen werden. Er eignet sich auch vor allem zur Bodenverbesserung in der Landwirtschaft. So kann ein 20%iger Zusatz zu sandigen Böden die Hälfte der sonst nötigen Bewässerung einsparen. Dieser Schaumstoff kommt unter dem Namen „Wasapor“ in den Handel, sein Granulat soll im Boden 10 Jahre lang beständig bleiben, es ist ungiftig, spezifisch leicht, frostbeständig und nicht brennbar. Ein Großversuch soll in Saudi-Arabien demnächst starten.

#### LITERATUR:

Chemie-Report 3/1982.

**Vollautomatische DNA-Synthese** arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie die automatische Proteinsynthese: an einem festen Kunstharzträger wird der erste Nucleotid gebunden, und anschließend werden die nötigen Reagenzien und Nucleotide darüber geleitet. Ein solcher Genautomat braucht etwa 50 Minuten, um ein Nucleotid an die wachsende DNA-Kette anzuhängen. So kann ein einziger Chemotechniker innerhalb von 5 Monaten eine Kettenlänge von 200 Nucleotiden aufbauen. Dazu brauchte bisher ein Team von 20 Wissenschaftlern etwa 5 Jahre. Mit diesem Automaten kann man auch völlig neuartige DNA-Sequenzen aufbauen, deren Folgeprodukte, also die entsprechenden Proteine, bisher in der Natur nicht gefunden wurden: Man könnte sie erhalten, wenn es gelänge, die DNA in einen Wirtorganismus einzuschleusen und auch zur Expressierung zu bringen. Dies scheidet bis jetzt am Fehlen eines zugehörigen Promotor-Gens. Möglich-erweise gelingt es, auch solche Gene zu synthetisieren.

#### LITERATUR:

Umschau 1982, 10 + 314.

## Buchbesprechungen

**H. J. Becker, W. Glöckner, F. Hoffmann, G. Jüngel: Fachdidaktik Chemie;** 426 Seiten, 47 Abb., kart. DM 42,-, Aulis Verlag Deubner & Co. KG, Köln 1980.

„Als zentrale und allgemeine Aufgabe der Chemiedidaktik möchten wir alle die Aspekte bezeichnen, die mit der Vermittlung chemischen Wissens in allen

Bildungsbereichen, also auch auf der Hochschule zu tun haben.“ (S. 26.) Und weiter (S. 29): „Die Fachdidaktik hat sich nur unzureichend mit der Frage beschäftigt, welche Lern- und Gedächtnisfähigkeiten der Schüler bestimmte Fachinhalte voraussetzen. Das bedeutet, daß die Chemiedidaktik ermitteln muß, welche Fachinhalte in einer bestimmten Altersstufe gelernt werden können und auf welchem Niveau sie anzubieten sind.“ Damit ist in etwa Umfang und Zielsetzung dieser z. Zt. umfassendsten deutschsprachigen Darstellung umrissen.

Mit großer Sorgfalt haben die Autoren eine Vielzahl von Einzelveröffentlichungen zusammengetragen, ergänzt und systematisiert, wobei sie sich der sog. Strukturtheorie der Didaktik („Berliner Schule“; Heimann, Otto, Schulz) verpflichtet wissen. Das Werk umfaßt neun Abschnitte. Nach der Darstellung didaktischer Positionen werden u. a. schul- und unterrichtsorganisatorische Voraussetzungen, Fachräume für den Chemieunterricht, Lehrpläne und Curricula, Lernziele, Thematik und methodische Gesichtspunkte abgehandelt. Erfreulich ist, daß dem Experiment im Chemieunterricht gebührend Raum zukommt, ebenso den Medien. Leider ist das Buch an manchen Stellen schwer lesbar – auch dies wäre ein Kapitel der „Chemie-Didaktik“! Dem Ganzen wird dadurch jedoch kein Abbruch getan, und jeder, der als Lehrender mit Chemie zu tun hat, wird mit Gewinn zu diesem Buch greifen, das ihm nicht nur seine eigene Position klären und festigen hilft, sondern auch eine Fülle von Anregungen zu vermitteln vermag.

Leonhard A. Hütter

**Erwin Wiederholt, Differenzthermoanalyse (DTA) im Chemieunterricht;** Band 37 der „Praxis Schriftenreihe (Chemie)“; Format DIN A5, 136 Seiten, 52 Abb., DM 19,80; Aulis Verlag Deubner & Co. KG, Köln.

Die „Praxis Schriftenreihe“ mit ihren drei Abteilungen Physik, Chemie und Biologie umfaßt derzeit rund 90 lieferbare Titel. Es gebührt dem Herausgeber dieser Reihe, Prof. Dr. Wolfgang Glöckner und dem Aulis Verlag Deubner & Co. das Verdienst, damit der Schulpraxis eine Fülle interessanter und wertvoller Themen theoretisch und vor allem auch experimentell erschlossen zu haben und zu erschließen (jährlich erscheinen rund 6 neue Bände). So ist auch der kürzlich aus der Feder des durch zahlreiche Publikationen wohlbekannten Autors erschienene Titel „Differenzthermoanalyse (DTA) im Chemieunterricht“ ein weiterer Beitrag, ein relativ neues und im Chemieunterricht bislang wohl noch überhaupt nie experimentell realisiertes Thema zu erschließen. In klarem und übersichtlichem Aufbau werden eine Reihe von DTA-Experimenten vorgestellt und in allen Details durchbesprochen. Dazu braucht es keine teuren Apparaturen, lediglich ein wenig bastlerisches Geschick ist nötig, um aus einem Lötkolben und einigen anderen „Zutaten“ ein funktionstüchtiges DTA-Gerät auf die Beine zu stellen! Aber auch wer (zunächst) nur rein „akademisches“ Interesse an der DTA hat bzw. sich in ein praktisch vielfach anwendbares Gebiet einarbeiten möchte, wird gerne zu dieser Monographie greifen, zumal durch 94 Literaturzitate und Nennung der bedeutendsten Gerätehersteller der Weg zu vertiefender Information offen ist.

Leonhard A. Hütter

**Dr. Otto-Albrecht Neumüller, Römpps Chemie-Lexikon, Band 2, Cm – G.** Neubearbeitete und erweiterte achte Auflage 1981, 794 Seiten, 247 s/w-Zeichnungen im Text, Ganzleinen, gebunden DM 195,-, Best.-Nr.: ISBN 3-440-04512-9. Reihe: Franckh-Fachlexikon; Franckh'sche Verlagsanstalt, Stuttgart.

Mit Band 2 des „Römpp“ liegt nunmehr bereits ein Drittel des Gesamtwerkes vor und sind die Buchstaben A bis G mit insgesamt 1562 Seiten Text erschlossen. Es wäre müßig, neuerlich alles, was den „Römpp“ so überaus bedeutenswert erscheinen läßt, zu wiederholen; eine eingehende Würdigung des ersten Bandes und des Gesamtwerkes wurde bereits im April 1981 in dieser Zeitschrift vorgelegt (Wiss. Nachr. Nr. 56, S. 22). Der gesamte Stoff wurde gründlich überarbeitet, wobei sich Verschiebungen insofern ergaben, als alle „Äth . . .“-Stichwörter jetzt in Band 2 unter „Eth . . .“ zu finden sind. Eine Fülle neuer aktueller Stichwörter wurde eingebaut. Pharmakologische und toxikologische Aspekte fanden verstärkt Berücksichtigung. Die Kapitel über Rohstoffe, Grund- und Feinchemikalien, Verbindungsklassen, Arznei- und Schädlingsbekämpfungsmittel, Reaktionsmethoden, Firmen und Organisationen usw. wurden aktualisiert. Nicht zu vergessen auch die Sprachhilfe: für jedes Stichwort findet der Benutzer die englische und französische Entsprechung. Da man nun bereits in zwei Bänden „wühlen“ kann, weiß man immer mehr auch die Wohltat der guten Lesbarkeit des Schriftbildes, auch des Kleintextes als wesentliche Verbesserung gegenüber der 7. Auflage zu schätzen.

Leonhard A. Hütter

**CRC Handbook of Chemistry and Physics**, 62. Auflage 1981/1982, 2352 Seiten (Format 19 x 25 cm), gebunden DM 198,-, Hrsg. R. C. Weast; CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida.

Zu beziehen durch: **Buchhandlung Chemie**, Fachbuchhandlung für Chemie, Naturwissenschaften und Technik, Postfach 1808, D-6940 Weinheim.

In zweiundsechzigster (!) Auflage ist dieses universelle Nachschlagewerk chemischer und physikalischer Daten nunmehr in alle Welt geschickt worden und es erscheint angebracht, daß es auch in den „Wissenschaftlichen Nachrichten“ einmal vorgestellt wird. Was auf diesen beinahe zweieinhalbtausend Seiten an Information aus allen Bereichen der Chemie und Physik zusammengetragen ist und mit jeder weiteren Auflage auf dem letzten Stand gehalten wird, läßt sich ohne Einblick in das Werk selbst unmöglich ausloten. Allein 15 000 organische Verbindungen sind mit ihren wichtigsten Kenndaten aufgelistet. Wer je nach verlässlichen Werten da und dort herumwühlt hat, weiß eine solch unerschöpfliche Fundgrube mit seiner weiterführenden Literatur wohl zu schätzen.

Insgesamt gliedert sich das Werk in 6 große Teilbereiche, aus denen jeweils nur das eine oder andere Detail genannt werden kann. Section A: Mathematical Tables (113 S.). Section B: The Elements and Inorganic Compounds (389 S.) mit alphabetisch geordneter Beschreibung der Elemente; IUPAC Nomenklaturregeln anorganische Chemie; physikalische Daten anorganischer Stoffe, nach Elementen geordnet; Daten zur Röntgenstrukturanalyse von Mineralen; Daten sämtlicher dtz. bekannter Isotope; Gamma-Energie und -Intensität von Radionukliden. Section C: Organic Compounds (763 S.). Auch hier zunächst die IUPAC Nomenklaturregeln, welche allein 50 Seiten umfassen; physikalische Daten und Strukturformeln organischer Stoffe; Schmelzpunktliste nach steigenden Schmelzpunkten geordnet (im Bereich  $-197^\circ\text{C}$  bis  $913^\circ\text{C}$ ; z. B. sind 35 Stoffe mit  $\text{Fp. } 100^\circ\text{C}$  aufgeführt!); Kochpunktliste im Bereich  $-164^\circ\text{C}$  bis  $891^\circ\text{C}$  (z. B. 83 Stoffe mit  $\text{Kp. } 140^\circ\text{C}$ !); Daten organometallischer Verbindungen. Section D: General Chemical (257 S.) Hier findet man u. a. azeotrope Systeme, thermodynamische Daten, Reagenzien, Pufferlösungen, Redoxsysteme, Dissoziationskonstanten, Leitfähigkeit, Konzentrations-Umrechnungstabellen von 99 Stoffen. Section E: General Physical Constants (411 S.) mit einer Fülle von Tabellen vom Halbleiter bis zur Supraleitfähigkeit, Daten zur Röntgenspektroskopie; Linienspektren der Elemente. Section F: Miscellaneous (337 S.). Der Bogen reicht von niedrigschmelzenden Legierungen bis zu den physikalischen Daten der Planeten und ihrer Monde, wobei natürlich auch auf die Erde selbst nicht vergessen wird; Übersicht über die Elementarteilchen. Ein 62 Seiten umfassender Index erschließt dies wahrhaft monumentale Werk dem Benutzer.

L. Hütter

# EXPERIMENTALPHYSIK

Prof. Richard Lederer

H. Oberguggenberger, Univ. Innsbruck

## Die Leuchtstoffröhre — Ein schönes Beispiel zum Thema Wechselstromwiderstände

Die Leuchtstoffröhre hat wegen ihrer Wirtschaftlichkeit in den letzten Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung gewonnen.

Daher sollte im Unterricht, neben der Physik der Gasentladung, auch etwas über den Betrieb von Leuchtstoffröhren gesagt werden.

Besonders deshalb, weil die Leuchtstoffröhre mit ihrem Vorschaltgerät ein ausgezeichnetes Beispiel für die Anwendung und Wirkung von Wechselstromwiderständen darstellt.

### Der Betrieb von Leuchtstoffröhren

Die Strom-/Spannungskennlinie einer Leuchtstoffröhre hat eine „fallende Charakteristik“, das heißt, die für die Entladung notwendige Spannung nimmt mit steigender Stromstärke ab. Daher ist zur Stabilisierung des Entladungsstromes ein Vorwiderstand erforderlich.

Dieser Vorwiderstand wird aber nicht nur benötigt, um den gewünschten Lampenstrom einzustellen, sondern er nimmt auch die Spannungsdifferenz zwischen Zündspannung und Brennspannung auf. Diese Spannungsdifferenz beträgt bei den üblichen Lampen für Netzbetrieb ca. 100 bis 160 V. Prinzipiell könnte man einen ohmschen Widerstand als Vorwiderstand verwenden (eine Leuchtstoffröhre 220 V/20 W kann z. B. mit einem Vorwiderstand von ca. 430  $\Omega$  betrieben werden). Der Vorteil des hohen optischen Nutzeffektes, den die Leuchtstoffröhre gegenüber der Glühlampe besitzt, würde aber am Vorwiderstand „verheizt“.

Daher werden heute bei allen Anlagen für den „Hausgebrauch“ induktive Vorwiderstände verwendet.

### Die Schaltung einer Leuchtstoffröhre mit Vorschaltgerät und Starter

(Die Zahlenangaben beziehen sich auf eine Röhre 220 V/20 W.)

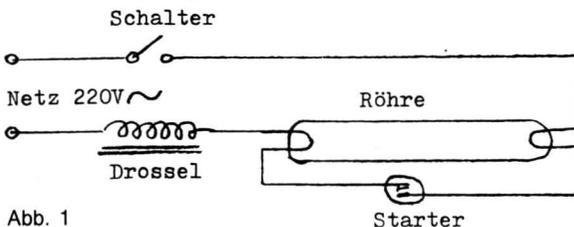


Abb. 1

### Der Einschaltvorgang

Nach dem Einschalten zündet die Lampe zunächst nicht. Die gesamte Netzspannung liegt daher am Starter.

Der Starter ist eine kleine Glühlampe, deren Elektroden als Bimetallkontakte ausgebildet sind. Die Glimmentladung zündet bei ca. 160 V und zieht einen Strom von einigen mA. Das reicht, um die Bimetallkontakte zu erwärmen. Sie schließen sich und schalten damit den Heizstrom der Leuchtstoffröhre ein. Die beiden Elektroden beginnen (im Dunklen gut sichtbar) zu glühen.

Bei unserer 20-W-Röhre fließen 0,38 A, die an den Elektroden einen Spannungsabfall von 19 V erzeugen. Eine solche Röhre kann also mit ca. 6 bis 10 V pro Elektrode vorgeheizt werden.

Da die Bimetallkontakte den Starter kurzschließen, erlischt die Glimmentladung. Der Starter kühlt sich ab, und die Kontakte öffnen sich.

Da jetzt kein Strom fließt, schnell die Spannung an den Elektroden auf die Netzspannung hinauf, durch den Induktionsstoß sogar noch etwas darüber. Die Leuchtstoffröhre zündet, da durch die Glühelktroden genügend Ladungsträger erzeugt wurden.

Durch den Vorwiderstand wird Brennspannung und Strom auf den gewünschten Wert eingestellt.

Abbildung 2 zeigt schematisch den Spannungsverlauf an der Leuchtstoffröhre während des Zündvorganges:

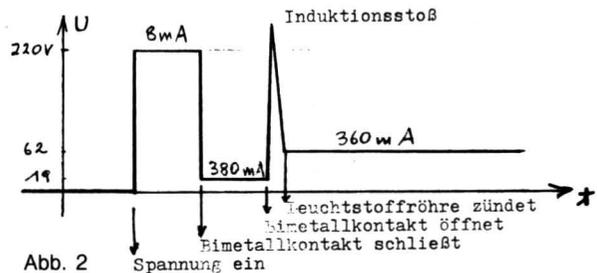


Abb. 2

Der Starter zündet nicht mehr, da die Brennspannung der Leuchtstoffröhre (62 V) kleiner ist als die Zündspannung des Starters (160 V).

Zündet die Röhre beim ersten Versuch nicht, fließt also kein Strom, so steigt die Spannung an Röhre und Starter wieder auf die Netzspannung an, und das Spiel beginnt von neuem.

Die Vorschalt-drossel ist natürlich kein rein induktiver Widerstand, sondern besitzt auch eine ohmsche Komponente. Neben der Blindleistung tritt daher auch eine Wirkleistung auf, die im ungünstigsten Fall 30 % der Gesamtleistung der Anlage betragen kann.

Alle Erzeuger unternehmen daher heute große Anstrengungen, um preiswerte Vorschaltgeräte mit kleiner Wirkleistung zu entwickeln.

### Die Leuchtstoffröhre mit Vorschaltgerät, als Beispiel für die Anwendung von Wechselstromwiderständen

Wenn man eine solche Anlage zerlegt und offen betreibt, kann man leicht die Spannung an den einzelnen Bauteilen messen.

Im Unterricht sollte man Messungen an improvisierten Schaltungen nicht vorführen. Die Netzspannung ist zu gefährlich!

Mit etwas Geschick kann man leicht die Bauteile der Anlage auf einer Seite einer Platte montieren und auf der anderen Seite das Schaltschema und die Stromlaufbahnen aufzeichnen. Die gewünschten Spannungen können mit Steckerbuchsen durch die Platte geführt werden.

Wir haben das mit einer Anlage für eine Leuchtstoffröhre 220 V/20 W gemacht und mit einem Drehspuleninstrument (Demonstrations-Vielfachinstrument, Unigor) folgende Meßwerte erhalten:

Netzspannung, immer nachgeregelt	$U_0 = 220$ V
Spannung an der Leuchtstoffröhre	$U_{LR} = 62$ V
Spannung an der Drossel	$U_D = 205$ V
Strom	$I = 0,36$ A

Aus dem Zeigerdiagramm Abbildung 3 kann der Phasenwinkel zwischen  $I$  und  $U_0$  berechnet werden.

$$\text{Die Vektorsumme } \vec{U}_{LR} + \vec{U}_D = \vec{U}_0.$$

Aus dem Dreieck  $U_{LR}$ ,  $U_D$ ,  $U_0$  kann mit Hilfe des Kosinussatzes der Trigonometrie der Phasenwinkel zwischen  $I$  und  $U_0$  berechnet werden.

$$\cos\varphi = 0,37 \quad \varphi = 68^\circ$$

Wegen der induktiven Belastung hinkt also der Strom um  $68^\circ$  hinter der Spannung nach.

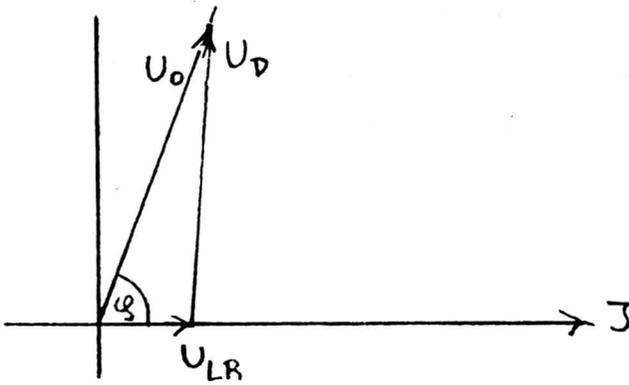


Abb. 3

Daraus ergibt sich weiter:

Scheinleistung	$I \cdot U_0 = 79 \text{ W}$
Wirkleistung	$I \cdot U_0 \cos \varphi = 30 \text{ W}$
Wirkleistung der Leuchtstoffröhre allein	$I \cdot U_{LR} = 22 \text{ W}$

### Nachteil der Phasendrehung

Mit dieser induktiven Belastung hat weder der Benutzer noch das E-Werk eine Freude.

Der Benutzer der Anlage muß die Zuleitungen in seinem Gebäude nach dem tatsächlichen Leitungsstrom ( $I = 0,36 \text{ A}$ ) dimensionieren, obwohl er nur den Wirkstromanteil ( $I \cdot \cos \varphi = 0,13 \text{ A}$ ) in der Anlage umsetzen kann.

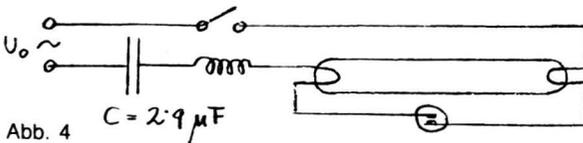
Das macht in einer Fabrikshalle oder in einem Bürohaus mit z. B. 100 Leuchtstoffröhren zu je 65 W schon sehr viel aus: Aus den Angaben eines Herstellers errechnet sich der Gesamtstrom zu 67 A und der Wirkstromanteil zu 34 A. Für den Gesamtstrom ist ein Leitungsquerschnitt von 16 mm<sup>2</sup> notwendig, während für den Wirkstrom allein 6 mm<sup>2</sup> reichen würden.

Für das E-Werk bedeutet eine induktive (analog auch eine kapazitive) Belastung aber einen Verlust: Der (kleine) Verbraucher bezahlt ja nur die elektrische Energie, die hinter seinem Stromzähler verbraucht wird. Die Leistungsverluste in den Zuleitungen und im E-Werk, mit allen Nebenanlagen, trägt die Elektrizitätsgesellschaft. Diese Leistungsverluste werden aber vom Leitungsstrom ( $I$ ) und nicht vom Wirkstrom ( $I \cdot \cos \varphi$ ) bestimmt. Daher schreiben die Elektrizitätsgesellschaften vor, daß von zwei Leuchtstoffröhren nur eine induktiv wirken darf, die andere muß kapazitiv sein.

Die kapazitive Wirkung wird durch einen Serienkondensator erreicht. Parallelkondensatoren dürfen nicht verwendet werden, weil das E-Werk Boiler und Nachtspeicheröfen mit tonfrequenten Signalen, die über das Netz fließen, schaltet und diese Signale durch Parallelkondensatoren kurzgeschlossen würden.

### Die Leuchtstoffröhre mit kompensiertem Vorschaltgerät

Abbildung 4 zeigt die Schaltung einer kompensierten Anlage für eine Leuchtstoffröhre 220 V/20 W.



Zur Berechnung des Phasenwinkels und der Leistung wurden folgende Messungen gemacht:

Netzspannung	$U_0 = 220 \text{ V}$
Spannung an der Leuchtstoffröhre	$U_{LR} = 61 \text{ V}$
Spannung an der Drossel	$U_D = 225 \text{ V}$
Spannung am Kondensator	$U_C = 440 \text{ V}$
Spannung an Drossel und Leuchtstoffröhre	$U_{D+LR} = 245 \text{ V}$
Strom	$I = 0,38 \text{ A}$

Abbildung 5 zeigt das dazugehörige Zeigerdiagramm:

Wir gehen wieder vom Strom aus, da er allen Bauteilen gemeinsam ist. Weiters wird vorausgesetzt, daß die Leuchtstoffröhre ein rein ohmscher und der Kondensator ein rein kapazitiver Verbraucher ist.

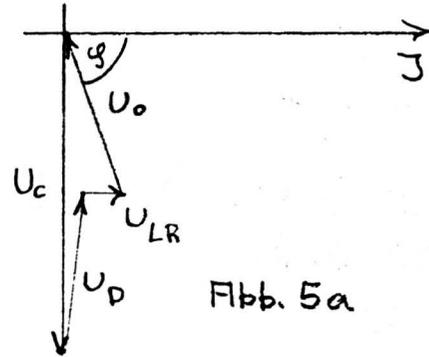


Abb. 5 a

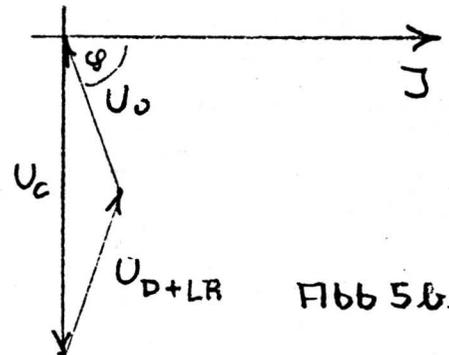


Abb. 5 b

Abb. 5 a: Die Vektorsumme aller Spannungen muß Null sein.

$$\vec{U}_C + \vec{U}_D + \vec{U}_{LR} - \vec{U}_0 = 0$$

Diese Aufgabe läßt sich nicht einfach lösen. Daher wurde auch  $U_{D+LR}$  gemessen.

Abb. 5 b: Das Dreieck  $U_C, U_{D+LR}, U_0$  läßt sich wieder berechnen und daraus  $\varphi$  ermitteln.

$$\text{Die Rechnung ergibt: } \cos \varphi = -0,34 \quad \varphi = -70^\circ$$

Die Anlage wirkt also als kapazitive Last.

$$\text{Scheinleistung } I \cdot U_0 = 84 \text{ W}$$

$$\text{Wirkleistung } I \cdot U_0 \cdot \cos \varphi = 28,5 \text{ W}$$

$$\text{Wirkleistung der Leuchtstoffröhre } I \cdot U_{LR} = 23 \text{ W}$$

Schaltet man eine Leuchtstoffröhre mit induktivem Vorwiderstand ( $I = 0,36 \text{ A}, \varphi = 68^\circ$ ) und eine mit kapazitivem Vorwiderstand ( $I = 0,38 \text{ A}, \varphi = -70^\circ$ ) parallel, so heben sich die Blindströme fast auf.

Abbildung 6 zeigt das Zeigerdiagramm:

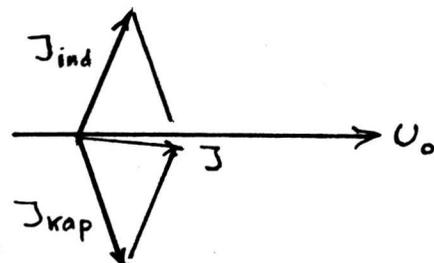


Abb. 6

$$I_{ind} + I_{kap} = I$$

Die Rechnung ergibt:  
 $I = 0,265 \text{ A}$      $\cos\varphi = -0,996$      $\varphi = -5^\circ$

**Zum Schluß noch eine Bemerkung zur Genauigkeit der Ergebnisse**

Die Ergebnisse wurden alle gerundet, da in den Messungen ein prinzipieller Fehler steckt.

Wenn man die Spannungen und Ströme oszillographiert, fällt auf, daß zum Teil erhebliche Abweichungen von der Sinusform auftreten.  $U_o$ ,  $U_C$ ,  $U_{D+LR}$  sind nur sehr wenig verzerrt. Das Ergebnis für die kompensierte Anlage wird daher korrekt sein.

$U_{LR}$ ,  $U_D$  und  $I$  weichen aber stark ab. Die Ursache liegt in der Kennlinie der Gasentladung und der induktiven Wirkung der Drossel. Abbildung 7 wurde nach einem Oszillogramm gezeichnet.

Die Skalen der Meßinstrumente sind aber unter der Annahme einer Sinusform geeicht. Abweichungen in der Kurvenform führen daher zu einem systematischen Fehler.

Solche Probleme treten in Physik und Technik häufig auf. Hier sollte man den Schülern einprägen, die Meßmethode gut zu überlegen, die Meßergebnisse kritisch zu prüfen und das Endresultat objektiv zu interpretieren.

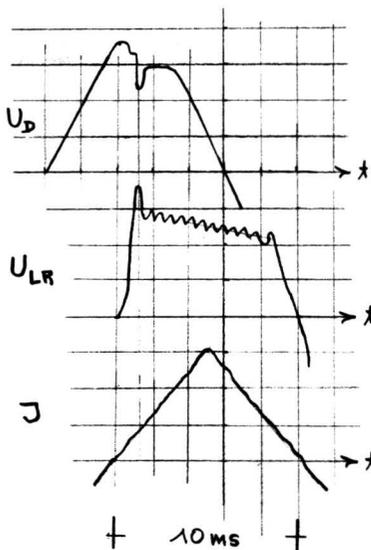


Abb. 7

H. Oberguggenberger, Univ. Innsbruck

# Die Lichtausbeute von Glühlampen

Zur Einleitung:

Der optische Nutzeffekt  $\eta_o$  eines Temperaturstrahlers (Glühlampe, Bogenlampe) ist definiert als das Verhältnis, der im sichtbaren Spektralbereich (400–750 nm) emittierten Energie zur Gesamtenergie.

$$\eta_o = \frac{\int_{400}^{750} L_s(\lambda, T) d\lambda}{\int_0^\infty L_s(\lambda, T) d\lambda} = \frac{\int_{400}^{750} L_s(\lambda, T) d\lambda}{\frac{\sigma}{\pi} T^4}$$

$L_s$  bedeutet die spektrale Strahlungsdichte eines schwarzen Körpers,  $\sigma$  die Konstante im Stefan-Boltzmannschen Gesetz.

Berücksichtigt man noch die Wellenlängenabhängigkeit der Augenempfindlichkeit  $E(\lambda)$ , so erhält man den visuellen Nutzeffekt.

$$\eta_r = \frac{\int_{400}^{750} E(\lambda) L_s(\lambda, T) d\lambda}{\frac{\sigma}{\pi} T^4}$$

Die Funktion  $E(f)$  hat ihr Maximum bei 555 nm und sinkt bei 410 nm bzw. 720 nm auf 10% ab.

Ob der Strahler „schwarz“ oder „grau“ ist, spielt bei der Berechnung von  $\eta$  keine Rolle, da der Emissionskoeffizient bei der Quotientenbildung herausfällt.

Obwohl strahlende Metalloberflächen streng weder graue noch schwarze Strahler sind, können wir unsere Glühlampen als schwarz bzw. graue Strahler betrachten: Zwischen den Wendeln des Glühdrahtes entstehen „strahlende Hohlräume“, die Eigenschaften der metallischen Strahler treten in den Hintergrund.

Wie der Nutzeffekt von Temperaturstrahlern verbessert werden kann zeigt Abb. 1: Für 3 Lichtquellen **gleicher Gesamtstrahlung** wurde die spektrale Energieverteilung nach dem Planckschen Strahlungsgesetz berechnet. Die Temperaturen wurden verschiedenen Literaturangaben entnommen.

Die Flächen unter den Kurven sind gleich. Gleiche Gesamtstrahlung bedeutet auch praktisch gleiche elektrische Leistung. Mit steigender Temperatur wird der Nutzeffekt immer besser, da sich das Intensitätsmaximum gegen kürzere Wellen verschiebt und immer höher wird.

Der theoretisch höchstmögliche Nutzeffekt von  $\eta = 0,435$  würde erreicht, wenn das Intensitätsmaximum bei 400 nm liegt. Dies entspricht der praktisch nicht erreichbaren Temperatur von 7000 K.

Welche Versuche kann man zu diesem Thema zeigen?

1. Die Erfolge der hundertjährigen Glühlampentechnik kann man am schönsten zeigen, wenn man Glühlampen verschiedener Generationen nebeneinander brennen läßt:

Kohlenfadenlampe: Philips-Jubiläumslampe 1879–1979, Nennwert 220 V, 60 W.

Wolfram-Doppelwendel: Nennwert 220 V, 60 W

Halogen-Autoscheinwerferlampe: Nennwert: 12 V, 55 W

Die Helligkeitsunterschiede springen ins Auge! Die Farbunterschiede sieht man am besten, wenn man die Lampen nebeneinander stellt und durch eine Mattscheibe, 10 cm vor den Lampen, betrachtet. Überraschung löst das Ergebnis der Messung der Gesamtstrahlung aus: Die 3 Lampen werden nacheinander im Abstand von ca. 50 cm einer Thermosäule gegenübergestellt und bei ihrer Nennspannung betrieben.

Ergebnis:

Kohlenfadenlampe	$P = 52,2 \text{ W}$	Thermospannung = 0,87 mV
Wo-Glühlampe	60,3 W	0,96 mV
Halogenlampe	55,2 W	0,89 mV

Die Thermospannung entspricht der Gesamtstrahlung und diese ist der elektrischen Leistung proportional. Größere Helligkeit muß also nicht unbedingt größere elektrische Leistung bedeuten.

2. Kann man den Nutzeffekt leicht messen?

Für die Messung der Gesamtstrahlung steht uns die Thermosäule (z. B. Leybold 53206) als ideales Instrument zur Verfügung. Ihre Empfindlichkeit ist wellenlängenunabhängig zwischen 150 und 15.000 nm, überbrückt also reichlich den Bereich, in dem unsere Lichtquellen abstrahlen. Der Ausschlag des Meßinstrumentes (Unigor 6e, spannungsempfindlicher Meßverstärker + Demonstrationsinstrument, Spiegelgalvanometer)  $\alpha$  ist der einfallenden Strahlung proportional.

$$\alpha_{ges} = K \int_0^\infty L_s(\lambda, T) d\lambda$$

Zur Messung des optischen Nutzeffektes benötigen wir ein Filter, das zwischen 400 und 750 nm eine konstante Transmission  $T$  hat, und jede andere Strahlung absorbiert.

$$\alpha_o = K \int_{400}^{750} T \cdot L_s(\lambda, T) d\lambda$$

$$\eta_o = \frac{\alpha_o}{T \alpha_{ges}}$$

Solche Transmissionskurven kann man durch aufwendige Filterkombinationen erreichen, die uns aber nicht zur Verfügung stehen. Das gleiche gilt für die Messung von  $\eta_r$ : Hier bräuchte man ein Filter, dessen Transmissionskurve der Funktion  $E(\lambda)$  angepaßt ist. Trotzdem können wir den Versuch noch retten: Wir verwenden das Wärmeschutzfilter aus einem Diaprojektor. Die Transmission (Reflexionsverluste und Absorption berücksichtigt) hat den Verlauf  $T(\lambda)$  und ein Maximum  $T_m$ .

Wir definieren

$$\eta = \frac{\int_0^{\infty} T(\lambda) L_s d\lambda}{T_m \int_0^{\infty} L_s d\lambda} = \frac{\alpha}{T_m \alpha_{\text{ges}}}$$

Dieser Nutzeffekt ist zwar weder mit  $\eta_0$  noch mit  $\eta_v$  identisch, gibt aber die Abhängigkeit dieser Größen von der Temperatur des Strahlers richtig wieder.

Abbildung 2 zeigt die Transmissionskurve eines Wärmeschutzfilters des Diaprojektors „Pradovit Color“. Das Transmissionsmaximum beträgt ca.  $T_m = 83\%$ . Der so bestimmte Zahlenwert von  $\eta$  ist größer, als  $\eta_0$  und  $\eta_v$ , da das Wärmeschutzfilter auch noch außerhalb des sichtbaren Spektralbereichs durchlässig ist.

Abbildung 3 zeigt als Gegenüberstellung die Transmissionskurve eines Wasserfilters, das sehr gerne als UR-Filter verwendet wird. Die beiden Kurven wurden mit einem Spektrographen von Perkins-Elmer im Bereich 200–2.600 nm gemessen.

Messung von  $\eta$ :

Die 3 Lampen wurden bei ihrer Nennspannung betrieben. Der Abstand Lampe – Thermosäule wurde so variiert, daß der Gesamtstrahlung jeweils ein Ausschlag 100 (1 mV) entspricht.

Ergebnis:

	mit Filter $\alpha$	ohne Filter $\alpha_{\text{ges}}$	Nutzeffekt $\eta$
Kohlenfadenlampe	2	100	2,4%
Wo-Glühlampe	5,5	100	6,6%
Halogenlampe	11,3	100	13,6%

3. Der Nutzeffekt einer Wo-Glühlampe in Abhängigkeit von der elekt. Leistung:

Die Abstrahlung einer Glühlampe 220 V, 200 W wurde mit und ohne Filter gemessen. Die Spannung wurde mit einem Regeltrafo zwischen 0 und 231 V variiert.

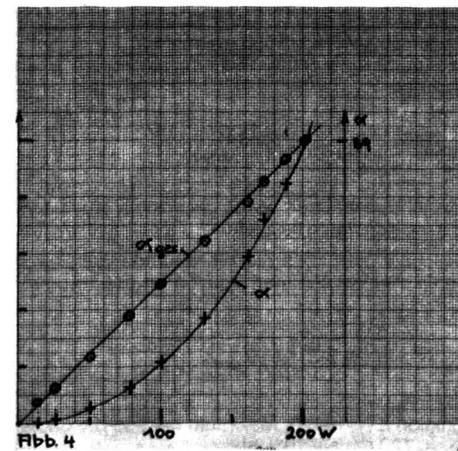
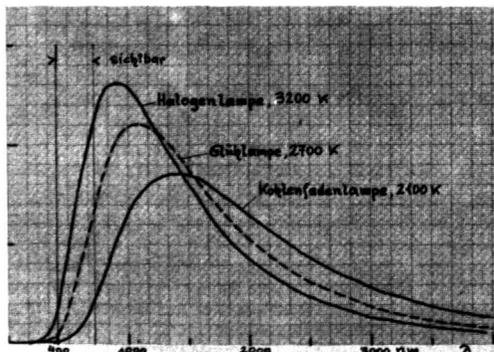
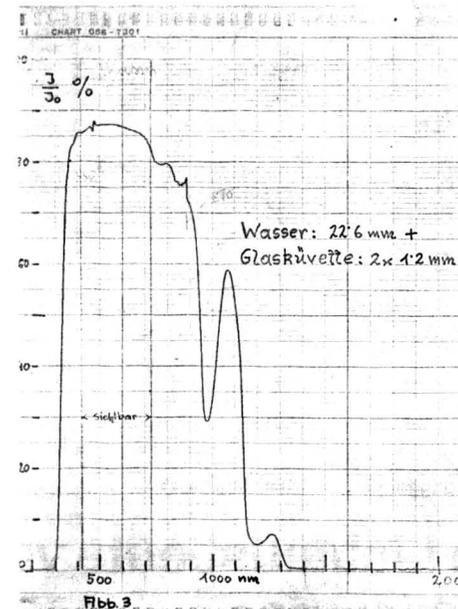
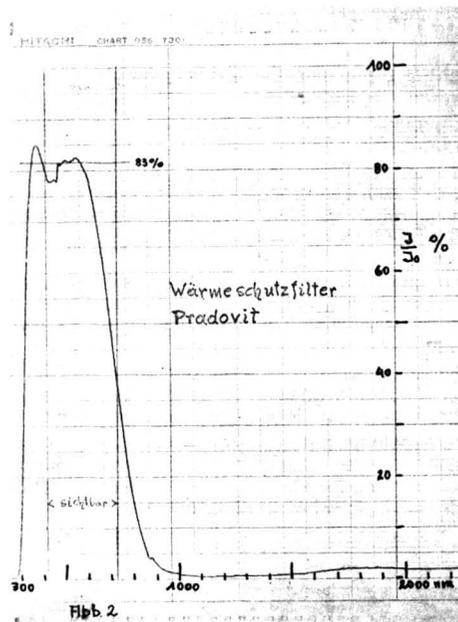
Ergebnis:

U	I	P	$\alpha_{\text{ges}}$	$\alpha$	$\eta$
231 V	0,875 A	202 W	500	39	9,4%
220	855	188,1	465	33	8,6
209	830	173,5	428	28	7,9
200	810	162	391	23	7,1
175	750	131,3	231	14,5	5,4
147,5	685	101	246,5	8,5	4,2
125	630	78,7	191	5	3,2
94	540	50,8	116	2	2,1
60	430	25,8	60,5	0,8	1,6
40	0,355	14,2	37	0,2	0,7

In Abbildung 4 wurde  $\alpha_{\text{ges}}$  und  $\alpha$  noch einmal dargestellt, aber in verschiedenen Maßstäben.

Zwischen der elektrischen Leistung P und der Gesamtstrahlung besteht ein linearer Zusammenhang. Die sichtbare Strahlung (genauer die Strahlung im Durchlaßbereich des Filters) steigt mit zunehmender Temperatur viel steiler an.

Eine Netzspannungsänderung von 5% (209 – 220 – 231 V) verursacht eine Änderung der Lampenleistung von ca. 7,5%, aber eine Änderung der Lichtleistung von mindestens 15%!



## Die Anzahl der $SQ_2$ -Darstellungen natürlicher Zahlen

In diesem und dem folgenden Beitrag wird der Kürze wegen das Symbol  $SQ_n$  (spez.  $SQ_2$ ) mit der Bedeutung „darstellbar als Summe von  $n$  (bzw. 2) Quadraten natürlicher Zahlen“ verwendet, also  $5 = 1^2 + 2^2$  als  $SQ_2$ -Zahl,  $7 = 1^2 + 1^2 + 1^2 + 2^2$  als  $SQ_4$ -Zahl angesprochen.

Nach den Sätzen der Zahlentheorie sind natürliche Zahlen  $N$  genau dann  $SQ_2$ -darstellbar, wenn ihre Primfaktorenzerlegung die Gestalt

$$N = 2^t \cdot p_1^{n_1} \cdot p_2^{n_2} \cdot \dots \cdot p_r^{n_r} \cdot Q^2$$

hat, wobei  $t$  die Zahl Null oder eine natürliche Zahl bedeutet,  $n_1, n_2, \dots, n_r$  natürliche Zahlen,  $p_1, p_2, \dots, p_r$  Primzahlen der Restklasse 1 mod 4 und  $Q$  irgendein Produkt von Primzahlen der Restklasse 3 mod 4 sind.

Im folgenden wird untersucht, auf wieviele verschiedene Arten  $z(N)$  eine  $SQ_2$ -Zahl darstellbar ist. Darstellungen, die sich nur durch die Reihenfolge der quadratischen Summanden unterscheiden, gelten als gleich. So ist beispielsweise  $z(7) = 0$ , weil 7 nur eine  $SQ_4$ -Darstellung besitzt, aber  $z(65) = 2$ , weil  $65 = 1^2 + 8^2 = 4^2 + 7^2$  gilt.

Zur Bestimmung von  $z(N)$  genügt es, die Untersuchung auf den Faktor  $P$ ,

$$P = 2^t \cdot p_1^{n_1} \cdot p_2^{n_2} \cdot \dots \cdot p_r^{n_r} = 2^t \cdot P_0$$

zu beschränken.

Eine Primzahl  $p \equiv 1 \pmod{4}$  bzgl.  $K(i)$  zerfällt im Zahlkörper  $K(i)$  in genau zwei konjugiert komplexe Primfaktoren [bzgl.  $K(i)$ ]

$$p = (v + iw) \cdot (v - iw),$$

$$p^2 = v^2 + w^2.$$

Ferner gilt

$$2 = (1 + i) \cdot (1 - i).$$

Auch  $1 \pm i$  sind prim in  $K(i)$ . Die Primfaktorenzerlegung von  $P$  in  $K(i)$  lautet daher

$$P = (1 + i)^t \cdot (1 - i)^t \cdot \prod_{k=1}^r (v_k + iw_k)^{n_k} \cdot (v_k - iw_k)^{n_k}.$$

Zunächst ist festzustellen, daß  $z(P)$  von Faktoren  $2^t$  unabhängig ist.

**Beweis:** Sei  $X^2 + Y^2$  irgendeine  $SQ_2$ -Zerlegung der Zahl  $M$ , also

$$M = (X + iY) \cdot (X - iY).$$

Für  $2M$  ergibt sich daraus einerseits

$$\begin{aligned} 2M &= [(1 + i)(X + iY)] \cdot [(1 - i)(X - iY)] = \\ &= [(X - Y) + i(X + Y)] \cdot [(X - iY) - i(X + Y)] = \\ &= (X - Y)^2 + (X + Y)^2, \end{aligned}$$

andererseits

$$\begin{aligned} 2M &= [(1 - i)(X + iY)] \cdot [(1 + i)(X - iY)] = \\ &= [(X + Y) - i(X - Y)] \cdot [(X + Y) + i(X - Y)] = \\ &= (X + Y)^2 + (X - Y)^2. \end{aligned}$$

Beide Darstellungen sind identisch, womit die Behauptung bewiesen ist.

Also ist es gleichgültig, wieviele Faktoren 2 zu  $P_0$  hinzugefügt werden,  $2^t \cdot P_0$  besitzt ebensoviele  $SQ_2$ -Darstellungen wie  $P_0$ :

$$z(2^t \cdot P_0) = z(P_0),$$

$$P_0 = \prod_{k=1}^r (v_k + iw_k)^{n_k} \cdot (v_k - iw_k)^{n_k}.$$

Jeder Vorzeichenkombination in der ersten (oder zweiten) der nachstehenden eckigen Klammern auf der rechten Seite der Gleichungen

$$N_k = (v_k + iw_k)^{n_k} \cdot (v_k - iw_k)^{n_k} =$$

$$= [(v_k + iw_k)^{n_k} \cdot (v_k - iw_k)^{n_k - n_k}] \cdot [(v_k - iw_k)^{n_k} \cdot (v_k + iw_k)^{n_k - n_k}]$$

entspricht eine  $SQ_2$ -Darstellung von  $N_k$ . Das sind  $n_k + 1$  Möglichkeiten. Sie bestehen für jeden Faktor  $N_k$ , also existieren formal

$$s = (n_1 + 1)(n_2 + 1) \dots (n_r + 1)$$

Darstellungen von  $P_0$ . Die Zerlegungen in komplexe Faktoren sind jedoch paarweise konjugiert komplex, also lautet der Ausdruck für  $z(P_0)$

$$z(P_0) = (n_1 + 1)(n_2 + 1) \dots (n_r + 1)/2 = s/2.$$

Ausgenommen ist der Fall, für den sämtliche Exponenten  $n_k$  gerade ausfallen.

Dann ist eine der angeführten Zerlegungen in Faktoren zu sich selbst konjugiert komplex, und es muß von  $s$  die Zahl 1 subtrahiert werden, ehe man durch 2 dividiert. Dann gilt also nicht  $z(P_0) = s/2$ , sondern  $z(P_0) = (s - 1)/2$ .

Beide Formeln lassen sich in einer einzigen ausdrücken, sie lautet für  $N$  und  $P$

$$z(N) = z(P \cdot Q^2) = z(P) = z(2^t \cdot P_0),$$

$$z(N) = \frac{1}{4} [2s + (-1)^s - 1], \quad s = (n_1 + 1)(n_2 + 1) \dots (n_r + 1).$$

**Beispiel:**  $N = 16\,900\,000 = 2^5 \cdot 5^5 \cdot 13^2.$

$$n_1 = 5, \quad n_2 = 2, \quad s = 6 \cdot 3 = 18,$$

$$z(N) = \frac{1}{4} [2 \cdot 18 + (-1)^{18} - 1] = 9.$$

$$\begin{aligned} 16\,900\,000 &= 300^2 + 4100^2 = \\ &= 860^2 + 4020^2 = \\ &= 1436^2 + 3852^2 = \\ &= 1724^2 + 3732^2 = \\ &= 2220^2 + 3460^2 = \\ &= 2700^2 + 3100^2 = \\ &= 3380^2 + 2340^2 = \\ &= 3732^2 + 1724^2 = \\ &= 3852^2 + 1436^2. \end{aligned}$$

In den Tabellen 1, 2, 3 sind die  $SQ_2$ -Zahlen zwischen 1 und 1000 angegeben. Tabelle 1 enthält alle  $N$  mit  $z(N) = 1$ , Tabelle 2 alle  $N$  mit  $z(N) = 2$  und Tabelle 3 alle  $N$  mit  $z(N) = 3$  aus dem Abschnitt [1, 1000]. Darin existieren keine  $N$  mit  $z(N) > 3$ .

**Tabelle 1**

der natürlichen Zahlen N von 1 bis 1000, die auf genau **eine Art** als Summe von zwei Quadraten natürlicher Zahlen x, y darstellbar sind. Statt  $N = x^2 + y^2$  wird geschrieben N (x, y). Pythagoräische Tripel sind fett gedruckt.

2 (1, 1)	162 ( 9, 9)	360 ( 6, 18)	592 ( 4, 24)	809 ( 5, 28)
5 (1, 2)	164 ( 8, 10)	362 ( 1, 19)	593 ( 8, 23)	810 ( 9, 27)
8 (2, )	<b>169 ( 5, 12)</b>	369 (12, 15)	596 (14, 20)	818 (17, 23)
10 (1, 3)	173 ( 2, 13)	373 (7, 18)	601 ( 5, 24)	821 (14, 25)
13 (2, 3)	178 ( 3, 13)	386 ( 5, 19)	605 (11, 22)	829 (10, 27)
17 (1, 4)	180 ( 6, 12)	388 ( 8, 18)	612 ( 6, 24)	832 (16, 24)
18 (3, 3)	181 ( 9, 10)	389 (10, 17)	613 (17, 18)	833 ( 7, 28)
20 (2, 4)	193 ( 7, 12)	392 (14, 14)	617 (16, 19)	<b>841 (20, 21)</b>
<b>25 (3, 4)</b>	194 ( 5, 13)	394 (13, 15)	626 ( 1, 25)	842 ( 1, 29)
26 (1, 5)	197 ( 1, 14)	397 ( 6, 19)	628 (12, 22)	848 ( 8, 28)
29 (2, 5)	202 ( 9, 11)	<b>400 (12, 16)</b>	634 ( 3, 25)	853 (18, 23)
32 (4, 4)	208 ( 8, 12)	401 ( 1, 20)	637 (14, 21)	857 ( 4, 29)
34 (3, 5)	212 ( 4, 14)	404 ( 2, 20)	640 ( 8, 24)	866 ( 5, 29)
37 (1, 6)	218 ( 7, 13)	405 ( 9, 18)	641 ( 4, 25)	872 (14, 26)
40 (2, 6)	<b>225 ( 9, 12)</b>	409 ( 3, 20)	648 (18, 18)	873 (12, 27)
41 (4, 5)	226 ( 1, 15)	416 ( 4, 20)	653 (13, 22)	877 ( 6, 29)
45 (3, 6)	229 ( 2, 15)	421 (14, 15)	656 (16, 20)	881 (16, 25)
52 (4, 6)	232 ( 6, 14)	424 (10, 18)	657 ( 9, 24)	882 (21, 21)
53 (2, 7)	233 ( 8, 13)	433 (12, 17)	661 ( 6, 25)	898 (13, 27)
58 (3, 7)	234 ( 3, 15)	436 ( 6, 20)	666 (15, 21)	<b>900 (18, 24)</b>
61 (5, 6)	241 ( 4, 15)	449 ( 7, 20)	673 (12, 23)	904 ( 2, 30)
68 (2, 8)	242 (11, 11)	452 (14, 16)	674 ( 7, 25)	909 ( 3, 30)
72 (6, 6)	244 (10, 12)	457 ( 4, 21)	<b>676 (10, 24)</b>	914 (17, 25)
73 (3, 8)	245 ( 7, 14)	458 (13, 17)	677 ( 1, 26)	916 ( 4, 30)
74 (5, 7)	257 ( 1, 16)	461 (10, 19)	692 ( 4, 26)	922 ( 9, 29)
80 (4, 8)	261 ( 6, 15)	464 ( 8, 20)	698 (13, 23)	928 (12, 28)
82 (1, 9)	269 (10, 13)	466 ( 5, 21)	701 ( 5, 26)	929 (20, 23)
89 (5, 8)	272 ( 4, 16)	468 (12, 18)	706 ( 9, 25)	932 (16, 26)
90 (3, 9)	274 ( 7, 15)	477 ( 6, 21)	709 (15, 22)	936 ( 6, 30)
97 (4, 9)	277 ( 9, 14)	482 (11, 19)	712 ( 6, 26)	937 (19, 24)
98 (7, 7)	281 ( 5, 16)	488 ( 2, 22)	720 (12, 24)	941 (10, 29)
<b>100 (6, 8)</b>	288 (12, 12)	490 ( 7, 21)	722 (19, 19)	953 (13, 28)
101 (1, 10)	<b>289 ( 8, 15)</b>	509 ( 5, 22)	724 (18, 20)	954 (15, 27)
104 (2, 10)	292 ( 6, 16)	512 (16, 16)	733 ( 2, 27)	964 ( 8, 30)
106 (5, 9)	293 ( 2, 17)	514 (15, 17)	738 ( 3, 27)	968 (22, 22)
109 (3, 10)	296 (10, 14)	521 (11, 20)	746 (11, 25)	976 (20, 24)
113 (7, 8)	298 ( 3, 17)	522 ( 9, 21)	757 ( 9, 26)	977 ( 4, 31)
116 (4, 10)	306 ( 9, 15)	538 ( 3, 23)	761 (19, 20)	980 (14, 28)
117 (6, 9)	313 (12, 13)	541 (10, 21)	769 (12, 25)	981 ( 9, 30)
122 (1, 11)	314 ( 5, 17)	544 (12, 20)	772 (14, 24)	997 ( 6, 31)
128 (8, 8)	317 (11, 14)	548 ( 8, 22)	773 (17, 22)	
136 (6, 10)	320 ( 8, 16)	549 (15, 18)	776 (10, 26)	
137 (4, 11)	328 ( 2, 18)	554 ( 5, 23)	778 ( 7, 27)	
146 (5, 11)	333 ( 3, 18)	557 (14, 19)	788 ( 2, 28)	
148 (2, 12)	337 ( 9, 16)	562 (11, 21)	794 (13, 25)	
149 (7, 10)	346 (11, 15)	569 (13, 20)	797 (11, 26)	
153 (3, 12)	349 ( 5, 18)	577 ( 1, 24)	801 (15, 24)	
157 (6, 11)	353 ( 8, 17)	584 (10, 22)	802 (19, 21)	
160 (4, 12)	356 (10, 16)	586 (15, 19)	808 (18, 22)	

**Tabelle 2**

der natürlichen Zahlen von 1 bis 1000, die auf genau **zwei Arten** als Summe von zwei Quadraten natürlicher Zahlen darstellbar sind.  $N(x_1, y_1)(x_2, y_2)$  bedeutet  $N = x_1^2 + y_1^2 = x_2^2 + y_2^2$ . Pythagoräische Tripel sind fett gedruckt.

50 ( 5, 5)( 1, 7)	340 (12, 14)( 4, 18)	565 ( 9, 22)( 6, 23)	793 ( 3, 28)( 8, 27)
65 ( 4, 7)( 1, 8)	365 (13, 14)( 2, 19)	578 (17, 17)( 7, 23)	800 ( 4, 28)(20, 20)
85 ( 2, 9)( 6, 7)	370 ( 9, 17)( 3, 19)	580 (16, 18)( 2, 24)	820 (12, 26)( 6, 28)
125 ( 2, 11)( 5, 10)	377 (11, 16)( 4, 19)	585 (12, 21)( 3, 24)	865 (17, 24)( 9, 28)
130 ( 7, 9)( 3, 11)	410 (11, 17)( 7, 19)	610 (13, 21)( 9, 23)	884 (10, 28)(20, 22)
145 ( 8, 9)( 1, 12)	442 ( 9, 19)( 1, 21)	<b>625 (15, 20)( 7, 24)</b>	890 (19, 23)( 7, 29)
170 ( 7, 11)( 1, 13)	445 (11, 18)( 2, 21)	629 (10, 23)( 2, 25)	901 (15, 26)( 1, 30)
185 ( 8, 11)( 4, 13)	450 (15, 15)( 3, 21)	680 (14, 22)( 2, 26)	905 (11, 28)( 8, 29)
200 (10, 10)( 2, 14)	481 (15, 16)( 9, 20)	685 (18, 19)( 3, 26)	949 (18, 25)( 7, 30)
205 ( 6, 13)( 3, 14)	485 (14, 17)( 1, 22)	689 (17, 20)( 8, 25)	962 (11, 29)( 1, 31)
221 (10, 11)( 5, 14)	493 (13, 18)( 3, 22)	697 (16, 21)(11, 24)	965 (17, 26)( 2, 31)
250 ( 9, 13)( 5, 15)	500 ( 4, 22)(10, 20)	730 (17, 21)( 1, 27)	970 (21, 23)( 3, 31)
260 ( 8, 14)( 2, 16)	505 (12, 19)( 8, 21)	740 (16, 22)( 8, 26)	985 (16, 27)(12, 29)
265 (11, 12)( 3, 16)	520 (14, 18)( 6, 22)	745 (13, 24)( 4, 27)	986 ( 5, 31)(19, 25)
290 (11, 13)( 1, 17)	530 (13, 19)( 1, 23)	754 (15, 23)( 5, 27)	
305 ( 7, 16)( 4, 17)	533 ( 7, 22)( 2, 23)	765 (18, 21)( 6, 27)	
338 (13, 13)( 7, 17)	545 (16, 17)( 4, 23)	785 (16, 23)( 1, 28)	

Tabelle 3

der natürlichen Zahlen von 1 bis 1000, die auf genau **drei Arten** als Summe von zwei Quadraten natürlicher Zahlen darstellbar sind.

---

325 (10, 15) ( 6, 17) ( 1, 18)	
425 (13, 16) ( 8, 19) ( 5, 20)	
650 (17, 19) (11, 23) ( 5, 25)	
725 (14, 23) (10, 25) ( 7, 26)	
845 (13, 26) (19, 22) ( 2, 29)	
850 (15, 25) (11, 27) ( 3, 39)	
925 (21, 22) (14, 27) ( 5, 30)	

---

W. Kranzer

# Parallelogramme mit ganzzahligen Längen der Seiten und Diagonalen

Das Problem ist mit der Frage nach **Dreiecken**, deren **Seiten** zusammen mit **einer Schwerlinie** ganzzahlige Längen haben, äquivalent. Aus jedem Dreieck mit den Seiten  $a, b, c$  und der Schwerlinie  $s_c$  entsteht durch Spiegelung am Mittelpunkt von  $c$  ein Parallelogramm, bei dem  $c$  und  $2 \cdot s_c$  die Rolle der Diagonalen  $e, f$  übernehmen. Weitere Erörterungen des Dreiecksproblems sind damit überflüssig.

Aus der Vektordarstellung der Diagonalen eines Parallelogrammes

$$\vec{e} = \vec{a} + \vec{b}$$

$$\vec{f} = -\vec{a} + \vec{b}$$

folgt die Beziehung

$$(1) \quad e^2 + f^2 = 2(a^2 + b^2).$$

Ist  $N$  eine natürliche Zahl, die zwei  $SQ_2$ -Darstellungen (= Darstellungen als Summe zweier Quadrate natürlicher Zahlen) besitzt, u. zw.

$$N = u^2 + v^2 = x^2 + y^2, \quad x > y, \quad u > v,$$

dann gilt

$$2(x^2 + y^2) = 2(u^2 + v^2) = (u+v)^2 + (u-v)^2.$$

Bezeichnet man jenes der beiden  $N$  darstellenden Zahlenpaare, das die größere Summe hat, mit  $x, y$ , also gemäß

$$(2) \quad x + y > u + v,$$

dann lautet die Lösung von (1) im Bereich der natürlichen Zahlen

$$(3) \quad \boxed{\begin{matrix} a = x, & b = y, \\ e = u + v, & f = u - v, \end{matrix}}$$

denn nur bei Rücksichtnahme auf die Ungleichung (2) ist die Dreiecksungleichung

$$a + b > e$$

erfüllt.

Für die Anwendung der Gleichungen (3) ist die Kenntnis von  $SQ_2$ -Zahlen erforderlich, die im Abschnitt [1, 1000] aus den Tabellen 2, 3 des vorangehenden Artikels abzulesen sind. Das ist bequem in allen Fällen, die den genannten Abschnitt nicht überschreiten, versagt aber sonst, ja auch dann, wenn die Tabelle nicht gerade zur Hand ist. Man wird daher bemüht sein, eine Parameterdarstellung der Parallelogramme mit natürlichen Zahlenwerten für  $a, b, e, f$  zu finden.

Zu diesem Zwecke geht man von beliebigen vier natürlichen Zahlen  $m, n, p, q$  aus, bildet

$$M_1^2 = m^2 + n^2,$$

$$M_2^2 = p^2 + q^2$$

und erhält als Produkt

$$N = M_1^2 \cdot M_2^2 = (m^2 + n^2) \cdot (p^2 + q^2) = m^2 p^2 + n^2 q^2 + m^2 q^2 + n^2 p^2.$$

Je nach den Vorzeichen der Summanden  $\pm 2mnpq$ , mit denen je zwei der vier quadratischen Summanden der letzten Gleichungsseite zu vollständigen Quadraten ergänzt werden, ergeben sich zwei verschiedene  $SQ_2$ -Darstellungen von  $N$ , nämlich

$$N = (mp + nq)^2 + (mq - np)^2,$$

$$N = (mp - nq)^2 + (mq + np)^2.$$

Die Gleichungen (3) liefern schließlich wegen

$$2[(mp - nq)^2 + (mq + np)^2] = (mp + nq - mq + np)^2 + (mp + nq + mq + np)^2$$

die gewünschte Parameterdarstellung des Parallelogramms:

$$(4) \quad \boxed{\begin{matrix} a = mp - nq, & e = m(p - q) + n(p + q), \\ b = mq + np, & f = m(p + q) + n(-p + q). \end{matrix}}$$

Nachdem in (4) eine Darstellung von Parallelogrammen mit natürlichen Zahlenwerten für Seiten  $a, b$  und Diagonalen  $e, f$  [( $a, b, e, f$ ) mögen künftig kurz als Parallelogramm-Quadrupel  $PQ_T$  bezeichnet werden, wenn  $T$  der gr. gem. Teiler von  $a, b, e, f$  ist;  $PQ_1$  sind somit primitive  $PQ$ ] hergeleitet wurde, soll nun untersucht werden, ob es auch möglich ist, sämtliche  $PQ$  mittels Beschränkung der Parameter  $m, n, p, q$  auf natürliche Zahlen darzustellen.

Aus (4) folgt

$$2a + e + f = 4mp$$

$$2b - e + f = 4mq$$

$$(5) \quad -2a + e + f = 4nq$$

$$2b + e - f = 4np$$

also

$$(6) \quad \begin{matrix} (2a + e + f) / (2b + e - f) = m / n \\ (2a + e + f) / (2b - e + f) = p / q. \end{matrix}$$

Sind  $\lambda$  bzw.  $\mu$  die gr. gem. Teiler von  $2a + e + f$  und  $2b + e - f$  bzw. von  $2a + e + f$  und  $2b - e + f$ , dann bilden die Zahlen

$$m = (2a + e + f) / \lambda$$

$$n = (2b + e - f) / \lambda$$

$$(7) \quad p = (2a + e + f) / \mu$$

$$q = (2b - e + f) / \mu$$

ein primitives Parameterquadrupel (d. h. mit dem gr. gem. Teiler = 1), in dem überdies sowohl  $m, n$  als auch  $p, q$  relativ prim sind. Trotzdem fallen die zugeordneten  $PQ$  nicht immer primitiv aus. Sind beispielsweise alle vier Parameterwerte ungerade, dann nehmen  $a, b, e, f$  nach (4) durchwegs gerade Werte an, das  $PQ$  ist kein  $PQ_1$ . Maßgebend für das Auftreten eines  $PQ_1$  ist die Teilerfremdheit der Größen auf den rechten Seiten der Gleichungen (4).

Um zu erfahren, welche Zahlen  $\tau$  als gemeinsame Teiler von  $(a, b, e, f)$  in Betracht kommen, obwohl das PQ gemäß (4) aus primitiven  $(m, n, p, q)$  hervorgeht, betrachten wir zuerst  $\tau = 2$ .

$\tau = 2$  gilt sicher, so oft alle vier Parameter  $m, n, p, q$  ungerade Zahlen sind, wie ein Blick auf die Gleichungen (4) lehrt. Dies ist aber auch der einzige Fall dieser Art. Das erkennt man aus der beigefügten **Tabelle A**, in der alle Restklassenkombinationen der Zahlen  $m, n, p, q, mp - nq, mq + np$  mod 2 unter der Auflage eingetragen sind, daß  $m, n$  sowie  $p, q$  relativ prim gewählt werden. Das Ergebnis der Inspektion von Tabelle A lautet:

$\tau = 2$  gilt genau dann, wenn  $m, n, p, q$  durchwegs ungerade Zahlen sind.

**Tabelle A**

m	n	p	q	mp - nq	mq + np
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	1
0	1	1	1	1	1
1	0	0	1	0	1
1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1
1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	0

Restklassen mod 2

Wie steht es mit  $\tau = 4$ ? **Tabelle B**, die unter denselben Bedingungen, wie sie in Tabelle A gestellt wurden, die in Betracht kommenden (die Restklassen 0 und 2 mod 4 dürfen unbeachtet bleiben, weil sie nach Tabelle A stets mindestens einen geradzahigen Wert für die Seiten  $a = mp - nq, b = mq + np$  ergeben) Restklassenkombinationen mod 4 enthält, beantwortet die Frage:

$\tau = 4$  tritt nie ein, wenn  $m, n$ , ebenso  $p, q$  teilerfremde Zahlenpaare sind.

**Tabelle B**

m	n	p	q	mp - nq	mq + np
1	1	1	1	0	2
1	1	1	3	2	0
1	1	3	1	2	0
1	1	3	3	0	2
1	3	1	1	2	0
1	3	1	3	0	2
1	3	3	1	0	2
1	3	3	3	2	0
3	1	1	1	2	0
3	1	1	3	0	2
3	1	3	1	0	2
3	1	3	3	2	0
3	3	1	1	0	2
3	3	1	3	2	0
3	3	3	1	2	0
3	3	3	3	0	2

Restklassen mod 4

2 ist der einzige gemeinsame Primteiler von  $a, b, e, f$ , der bei primitiven Parametern  $m, n, p, q$  auftreten kann. Wäre nämlich  $v > 2$  gemeinsamer Primteiler von  $a, b, e, f$ , dann müßte  $v$  nach (5) sowohl in genau einer der Zahlen  $m, n$  als auch in genau

einer der Zahlen  $p, q$  aufgehen, etwa in  $m$  und in  $p$ . Daraus folgt aber, daß  $v$  kein Teiler von  $4nq$  sein kann, in Widerspruch zur Annahme,  $v$  wäre allen vier Zahlen  $a, b, e, f$  gemeinsam.

Dieser Sachverhalt erfordert die Modifikation des Systems (4), falls ein  $PQ_1$  dargestellt werden soll. Im allgemeinen Fall haben  $n, m$  einen gr. gem. Teiler  $\lambda$ , ferner  $p, q$  einen gr. gem. Teiler  $\mu$ . Die Darstellung des daraus ableitbaren  $PQ_1$  lautet

$$\begin{aligned}
 a &= (mp - nq) / \lambda \mu \tau \\
 b &= (mq + np) / \lambda \mu \tau \\
 e &= [m(p - q) + n(p - q)] / \lambda \mu \tau \\
 f &= [m(p + q) + n(-p + q)] / \lambda \mu \tau
 \end{aligned}
 \tag{4'}$$

Während die Parameterdarstellungen der  $PQ_1$  stets eindeutig möglich sind, ist das i. a. nicht mehr bei anderen  $PQ$  der Fall.  $PQ_T$  habe  $T$  zum gr. gem. Teiler von  $a, b, e, f$ . Das zu ihm ähnliche  $PQ_1$  ergibt sich nach (4'). Für  $T = \tau$  ist die Eindeutigkeit der Parameterdarstellung nach obigem gesichert, nicht aber für  $T = \tau \cdot t_1 \cdot t_2, t_1 > t_2$ .

Die verschiedenen Zerlegungen von  $T/\tau$  in komplementäre Faktoren  $t_1, t_2$  ergeben nämlich verschiedene Darstellungen, je nachdem, welche Zerlegung von  $T/\tau$  herangezogen wird und wie  $T_1, t_2$  den Parametern zugeteilt werden. An die Stelle von (7) treten die Gleichungen

Zuteilung a):

$$\begin{aligned}
 m &= t_1(2a + e + f) / \lambda \\
 n &= t_1(2b + e - f) / \lambda \\
 p &= t_2(2a + e + f) / \mu \\
 q &= t_2(2b - e + f) / \mu
 \end{aligned}
 \tag{7'}$$

Zuteilung b):

$$\begin{aligned}
 m &= t_2(2a + e + f) / \lambda \\
 n &= t_2(2b + e - f) / \lambda \\
 p &= t_1(2a + e + f) / \mu \\
 q &= t_1(2b - e + f) / \mu
 \end{aligned}$$

Im Anschluß an die nachstehenden Beispiele folgt eine  $PQ$ -Tabelle.

**Beispiele:**

1) Gegeben sind  $m = 3, n = 2, p = 4, q = 1$ . Gesucht  $PQ_1$ .

Aus (4) folgt  
 $a = 3 \cdot 4 - 2 \cdot 1 = 10, b = 3 \cdot 1 + 2 \cdot 4 = 11,$   
 $e = 3(4 - 1) + 2(4 + 1) = 19, f = 3(4 + 1) + 2(-4 + 1) = 9, \tau = 1.$

$PQ_1 = (10, 11, 19, 9).$

**Probe:**  $2(a^2 + b^2) = 442, e^2 + f^2 = 442.$

2) Gegeben sind  $m = 4, n = 2, p = 3, q = 1$ . Gesucht  $PQ_2$ .

Aus (4) folgt  
 $a = 4 \cdot 3 - 2 \cdot 1 = 10, b = 4 \cdot 1 + 2 \cdot 3 = 10,$   
 $e = 4(3 - 1) + 2(3 + 1) = 16, f = 4(3 + 1) + 2(-3 + 1) = 12.$

$PQ_2 = (10, 10, 16, 12), T = 2.$

3) Gegeben ist das  $PQ_1 = (9, 7, 14, 8) = (a, b, e, f)$ . Gesucht ist die Parameterdarstellung.

Aus (6) folgt  
 $m/n = (2 \cdot 9 + 14 + 8) / (2 \cdot 7 + 14 - 8) = 40/20 = 2, \lambda = 20.$   
 $p/q = (2 \cdot 9 + 14 + 8) / (2 \cdot 7 - 14 + 8) = 40/8 = 5, \mu = 8.$

Aus (7) folgt  $m = 2, n = 1, p = 5, q = 1, \tau = 1.$

**Probe:**  $a = 2 \cdot 5 - 1 \cdot 1 = 9$ ,  $b = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 5 = 7$ ,  
 $e = 2(5 - 1) + 1(5 + 1) = 14$ ,  
 $f = 2(5 + 1) + 1(-5 + 1) = 8$ .

4) Gegeben ist das  $PQ_1 = (10, 5, 13, 9) = (a, b, e, f)$ . Gesucht ist die Parameterdarstellung.

Aus (6) folgt

$$m/n = (2 \cdot 10 + 13 + 9) / (2 \cdot 5 + 13 - 9) = 42 / 14 = 3, \lambda = 14.$$

$$p/q = (2 \cdot 10 + 13 + 9) / (2 \cdot 5 - 13 + 9) = 42 / 6 = 7, \mu = 6.$$

Aus (7) folgt  $m = 3, n = 1, p = 7, q = 1$ .  $\tau = 2$ , weil alle Parameter ungerade Zahlen sind.

5) Gegeben ist das  $PQ_6 = (60, 30, 78, 54) = (a, b, e, f)$ . Gesucht ist die Parameterdarstellung. Man beachte  $T = 6!$

Aus (6) folgt

$$m/n = (2 \cdot 60 + 78 + 54) / (2 \cdot 30 + 78 - 54) = 252 / 84 = 3, \lambda = 84.$$

$$p/q = (2 \cdot 60 + 78 + 54) / (2 \cdot 30 - 78 + 54) = 252 / 36 = 7, \mu = 36.$$

Aus (7) folgt  $m' = 3, n' = 1, p' = 7, q' = 1$ . Da  $T$  noch unberücksichtigt ist (deshalb die gestrichenen Größen  $m'$  usw.), ergeben sich zunächst die Werte

$$a' = 20, b' = 10, e' = 26, f' = 18 \text{ mit } \tau = 2.$$

$T/\tau = 3$  hat, da die Reihenfolge der Faktoren  $t_1, t_2$  bedeutsam ist, die beiden Zerlegungen 3.1 und 1.3. Nach kurzer Rechnung ergibt sich daraus die Tabelle:

$t_1$	$t_2$	$m't_1 = m$	$n't_1 = n$	$p't_2 = p$	$q't_2 = q$	a	b	e	f
3	1	9	3	7	1	60	30	78	54
1	3	3	1	21	3	60	30	78	54

Tabelle

Längen der Bestimmungsstücke von Parallelogrammen, die aus den  $SQ_2$ -Zerlegungen der Zahl  $N$  hervorgehen

N	a	b	e	f	N	a	b	e	f
50	5	5	8	6	340	12	14	22	14
65	7	4	9	7	365	13	14	21	17
85	7	6	11	7	370	9	17	22	16
125	10	5	13	9	377	11	16	23	15
130	9	7	14	8	410	11	17	26	12
145	9	8	13	11	425	13	16	27	11
170	11	7	14	12	425	13	16	25	15
185	11	8	17	9	425	8	19	25	15
200	10	10	16	12	442	9	19	22	20
205	13	6	17	11	445	11	18	23	19
221	11	10	19	9	450	15	15	24	18
250	9	13	20	10	481	15	16	29	11
260	8	14	18	14	485	14	17	23	21
265	11	12	19	13	493	13	18	25	19
290	11	13	18	16	500	10	20	26	18
305	7	16	21	13	505	12	19	29	13
325	10	15	23	11	520	14	18	28	16
325	10	15	19	17	530	13	19	24	22
325	6	17	19	17	533	7	22	25	21
338	13	13	24	10	545	16	17	27	19

N	a	b	e	f	N	a	b	e	f
565	9	22	29	17	754	15	23	32	22
578	17	17	30	16	765	18	21	33	21
580	16	18	26	22	785	16	23	29	27
585	12	21	27	21	793	3	28	35	19
610	13	21	32	14	800	20	20	32	24
625	15	20	31	17	820	12	26	34	22
629	10	23	27	23	845	13	26	41	3
650	17	19	34	12	845	13	26	31	27
650	17	19	30	20	845	19	22	31	27
650	11	23	30	20	850	15	25	38	16
680	14	22	28	24	850	15	25	32	26
685	18	19	29	23	850	11	27	32	26
689	17	20	33	17	865	17	24	37	19
697	16	21	35	13	884	20	22	38	18
725	14	23	35	15	890	19	23	36	22
725	14	23	33	19	901	15	26	31	29
725	10	25	33	19	905	11	28	37	21
730	17	21	28	26	925	21	22	41	13
740	16	22	34	18	925	21	22	35	25
745	13	24	31	23	925	14	27	35	25
					949	18	25	37	23
					962	11	29	32	30
					965	17	26	33	29
					970	21	23	34	28
					985	16	27	41	17
					986	19	25	36	26

Walter Kranzer

## Ungleichschenkelige Trapeze mit a, b, c, d, e, f, h, aus N

Die Aufgabe besteht darin, zwei Heron'sche Dreiecke ABC und ABD mit gleicher Basis a und gleicher Basishöhe h zu ermitteln. Nach Abb. 1 gilt

für  $\triangle ABC$ :

$$(1') \quad \begin{aligned} h^2 &= e^2 - (c+y)^2 \\ h^2 &= b^2 - x^2 \end{aligned}$$

für  $\triangle ABD$ :

$$(1'') \quad \begin{aligned} h^2 &= f^2 - (c+x)^2 \\ h^2 &= d^2 - y^2 \end{aligned}$$

Aus den n möglichen Zerlegungen von

$$h^2 = (p_1^{n_1} \cdot p_2^{n_2} \cdot \dots \cdot p_s^{n_s})^2, \quad p_i \text{ prim,}$$

$$n^2 = (1/2)[(2n_1 + 1)(2n_2 + 1) \cdot \dots \cdot (2n_s + 1) + 1]$$

in komplementären Faktoren  $\alpha, \beta$ , mit  $h^2 = \alpha \cdot \beta$

$$(2) \quad h^2 = \alpha_1 \cdot \beta_1 = \alpha_2 \cdot \beta_2 = \dots = \alpha_n \cdot \beta_n,$$

$$\alpha_1 = h^2, \beta_1 = 1, \dots, \alpha_n = \beta_n = h,$$

$$(3) \quad \alpha_i > \alpha_j \text{ für alle } i < j,$$

$$\beta_i < \beta_j \text{ für alle } i < j,$$

erhält man aus (1') die Gleichungen:

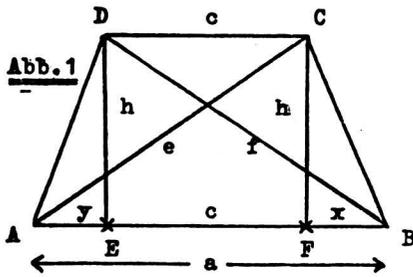
$$\alpha_i = e + (c+y)$$

$$\alpha_i = b + x$$

$$\beta_i = e - (c+y)$$

$$\beta_i = b - x,$$

also



$$(4') \quad e = (\alpha_i + \beta_i)/2 \quad b = (\alpha_i + \beta_i)/2$$

$$c + y = (\alpha_i - \beta_i)/2 \quad x = (\alpha_i - \beta_i)/2$$

ferner aus (1'') für Indizes k, l

$$\alpha_k = f + (c + x) \quad \alpha_l = d + y$$

$$\beta_k = f - (c + x) \quad \beta_l = d - y$$

also

$$(4'') \quad f = (\alpha_k + \beta_k)/2 \quad d = (\alpha_l + \beta_l)/2$$

$$c + x = (\alpha_k - \beta_k)/2 \quad y = (\alpha_l - \beta_l)/2$$

Setzt man  $\alpha - \beta = D$ , so lautet die Bedingung für die Längengleichheit der Basen von  $\triangle ABC$  und  $\triangle ABD$  wegen

$$(5) \quad a = (c + y) + x = (c + x) + y$$

$$(5') \quad a = (D_i + D_j)/2 = (D_k + D_l)/2$$

Um bei numerisch vorgegebenem h die Erfüllbarkeit von (5') zu untersuchen, legt man folgende Tabelle an:

Die 1. Zeile enthält die Zerlegungen von  $h^2$  in die n komplementären Teiler  $\alpha_1 \cdot \beta_1, \alpha_2 \cdot \beta_2, \dots, \alpha_n \cdot \beta_n$ . In der zweiten Zeile stehen die Differenzen  $D_1, D_2, \dots$  und in der zu  $D_m$  gehörenden Spalte die Summen  $D_m + D_m, D_m + D_{m+1}, \dots, D_m + D_n$ , wobei  $D_n = h - h = 0$  gilt. Treten in diesem Tabellenteil (von dreieckiger Gestalt) übereinstimmende D-Summen auf, dann ist die Existenz eines Trapezes mit den gewünschten Ganzzahligkeitseigenschaften erwiesen. Ein konkretes Beispiel möge das Verfahren deutlich machen.

**Beispiel 1:**  $h' = 12, h^2 = 144$

$\alpha_m \cdot \beta_m$	144 · 1	72 · 2	48 · 3	36 · 4	24 · 6	18 · 8	16 · 9	12 · 12
$D_m$	143	70	45	32	18	10	7	0
$D_m + D_{m+r}$	286	140	90	64	36	20	14	0
	213	115	77	50	28	17	7	
	188	102	63	42	25	10		
	175	88	55	39	18			
	161	80	52	36				
	153	77	45					
	150	70						
	143							

... 225 · 4	180 · 5	150 · 6	100 · 9	90 · 10	75 · 12	60 · 15	50 · 18	45 · 20	36 · 25	30 · 30
... 221	175	144	91	80	63	45	32	25	11	0
442	350	288	182	160	126	90	64	50	22	0
396	319	235	171	143	107	77	59	36	11	
365	266	224	154	125	95	70	43	25		
312	255	207	136	112	88	56	32			
301	238	189	123	105	74	55				
284	220	176	116	91	63					
266	207	169	102	80						
253	200	155	91							
246	186	144								
232	175									
221										

Man sieht

$$2 \cdot a' = D_2 + D_7 = D_3 + D_4,$$

$$77 = (72 - 2) + (16 - 9)$$

$$77 = (48 - 3) + (36 - 4)$$

und erhält nach (4') bzw. (4'')

$$e' = (72 + 2)/2 = 37 \quad f' = (48 + 3)/2 = 51/2$$

$$c' + y' = (72 - 2)/2 = 35 \quad c' + x' = (48 - 3)/2 = 45/2$$

$$b' = (16 + 9)/2 = 25/2 \quad d' = (36 + 4)/2 = 20$$

$$x' = (16 - 9)/2 = 7/2 \quad y' = (36 - 4)/2 = 16$$

$$a' = c' + x' + y' = 77/2$$

Damit sämtliche Längen ganzzahlig ausfallen, werde das Trapez mit dem Faktor 2 ähnlich vergrößert. Das Endergebnis lautet:

$$a = 77 \quad e = 74 \quad x = 7$$

$$b = 25 \quad f = 51 \quad y = 32$$

$$c = 38 \quad h = 24$$

$$d = 40 \quad A = 1380$$

Um zu zeigen, daß auch  $D_n = h - h = 0$  am Auffinden eines Trapezes der gegenständlichen Art beteiligt sein kann, ein zweites Beispiel. Wegen der größeren Teilerzahl beschränken wir die Tabelle auf die Spalten zu  $D_4$  bis  $D_{14}$ . Wir beginnen mit  $h' = 30$  und gehen dann wieder wie beim ersten Beispiel zu  $h = 2 \cdot h' = 60$  über.

In dieser Tabelle treten gleich drei Paare übereinstimmender D-Summen auf!

- (A)  $266 = (225 - 4) + (60 - 15) \quad a' = 133 \quad e' = 229/2$   
 $266 = (180 - 5) + (100 - 9) \quad b' = 75/2 \quad f' = 185/2$   
 $c' = 65 \quad h' = 30$   
 $d' = 109/2$
- (B)  $207 = (180 - 5) + (50 - 18) \quad a' = 207/2 \quad e' = 185/2$   
 $207 = (150 - 5) + 75 - 12) \quad b' = 34 \quad f' = 78$   
 $c' = 56 \quad h' = 30$   
 $d' = 87/2$
- (C)  $91 = (100 - 9) + 30 - 30) \quad a' = 91/2 \quad e' = 109/2$   
 $91 = (90 - 10) + 36 - 25) \quad b' = 30 \quad f' = 50$   
 $c' = 40 \quad h' = 30$

Im Trapez (C) sind  $b'$  und  $h'$  gleich lang, denn  $x' = (30 - 30)/2 = 0$ . Die Seite  $b$  steht daher auf der Basis  $a$  normal. Nach Streckung mit dem Faktor 2 erhält man in diesem Falle sogar drei „ganzzahlige“ Trapeze:

(A)	(B)	(C)	
a = 266	e = 229	a = 207	e = 185
b = 75	f = 185	b = 68	f = 156
c = 130	h = 60	c = 112	h = 60
d = 109	x = 45	d = 87	x = 32
	y = 91		y = 63
			y = 11

Nachstehend ist eine Tabelle der ganzzahligen Bestimmungsstücke a, b, c, d, e, f, h, x, y, A einer Reihe von Trapezen der hier behandelten Art angegeben. Die Trapeze sind nach wachsenden Längen der Höhen geordnet. Die Fälle d = f sind mittels **einfacher**, die Fälle x = 0, b normal zu a, durch **doppelte Unterstreichung** hervorgehoben.

**Trapez-Tabelle**

h	a	b	c	d	e	f	x	y	A
24	77	25	35	40	74	51	7	32	1380
40	84	41	33	<u>58</u>	85	<u>58</u>	9	42	2340
40	105	41	66	50	104	85	9	30	3420
48	110	52	35	<u>73</u>	102	<u>73</u>	20	55	3480
<u>60</u>	91	<u>60</u>	80	61	109	100	0	11	5130
60	207	68	112	87	185	156	32	63	10230
60	266	75	130	109	229	185	45	91	11880
105	176	111	52	<u>137</u>	175	<u>137</u>	36	88	11970
105	308	119	152	145	273	<u>233</u>	56	100	24150
105	416	119	152	<u>233</u>	375	<u>233</u>	56	208	29820
105	460	233	152	145	273	375	208	100	32130
140	276	149	120	175	265	221	51	105	27720
300	1035	340	560	435	925	780	105	160	239250
300	1330	375	650	545	1145	925	225	455	297000

**h<sup>2</sup> rational, h irrational**

Bei Verzicht auf die Ganzzahligkeit der Trapezhöhe h kann h<sup>2</sup> jeden natürlichen Zahlenwert annehmen. Will man auch solche Trapeze lückenlos bis zu einer gewissen Grenze erfassen, so wird man die Zahlen h<sup>2</sup> der Reihe nach in natürlicher Abfolge die positiven ganzen rationalen Zahlen durchlaufen lassen. Dabei könnte es sein, daß gewisse h<sup>2</sup>-Typen (z. B. h<sup>2</sup> = p · q, p, q prim, wie sich später herausstellen wird) niemals zu einem Trapez mit a, b, c, d, e, f, x, y aus N (wir wollen diese Trapeze künftig kurz als **g-Trapeze** bezeichnen) Anlaß geben.

Um das schrittweise Ermittlungsverfahren für g-Trapeze zu vereinfachen und bestimmte Typen von h<sup>2</sup>-Werten von Haus aus ausschließen zu dürfen, seien einige Vorüberlegungen angestellt.

Zunächst führen wir außer den bereits definierten Symbolen D<sub>i</sub> = α<sub>i</sub> - β<sub>i</sub> noch die Summensymbole

$$S_{ij} = D_i + D_j$$

ein. Ferner gelte wieder die Vereinbarung, daß die Folge der α<sub>i</sub>, beginnend mit α<sub>1</sub> = h<sup>2</sup> und endend mit α<sub>n</sub>, streng monoton abnimmt, während die Folge der β<sub>i</sub>, beginnend mit β<sub>1</sub> = 1, endend mit β<sub>n</sub>, streng monoton zunimmt.

Unter dieser Voraussetzung bilden auch die Differenzen D<sub>i</sub>, beginnend mit D<sub>1</sub> = h<sup>2</sup> - 1, endend mit D<sub>n</sub> = α<sub>n</sub> - β<sub>n</sub>, eine streng monoton abnehmende Folge. (Falls h ganzzahlig ist, gilt D<sub>n</sub> = h - h = 0.) Das Tabellenschema hat bei Verwendung der neuen und alten Symbole die Gestalt

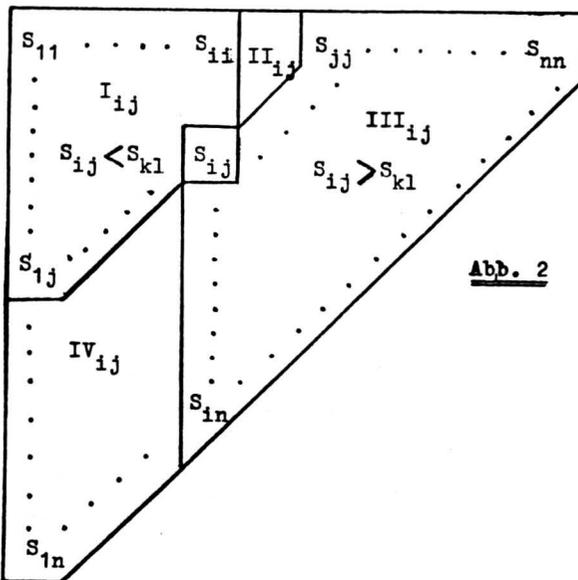
α <sub>1</sub> · β <sub>1</sub>	α <sub>2</sub> · β <sub>2</sub>	...	α <sub>i</sub> · β <sub>i</sub>	...	α <sub>n</sub> · β <sub>n</sub>
D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	...	D <sub>i</sub>	...	D <sub>n</sub>
S <sub>11</sub>	S <sub>22</sub>	...	S <sub>ij</sub>	...	S <sub>nn</sub>
S <sub>12</sub>	S <sub>23</sub>	...	S <sub>i,i+1</sub>	...	S <sub>n-1,n</sub>
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
S <sub>1,n-1</sub>	S <sub>2n</sub>	⋮	S <sub>in</sub>	⋮	⋮
S <sub>1n</sub>					

Aus der abnehmenden Monotonie der D<sub>i</sub> folgt, daß S<sub>ij</sub> stets größer als S<sub>kl</sub> ist, falls keine der beiden Differenzen k - i, l - j negativ ausfällt. (k = i und l = j sind natürlich auszuschließen.)

Umgekehrt ist S<sub>ij</sub> stets kleiner als S<sub>kl</sub>, wenn keine der beiden Differenzen k - i, l - j positiv ausfällt. (k = i, j = l sind wieder auszuschließen.)

S<sub>ij</sub> = S<sub>kl</sub> kann somit nur gelten, wenn eine der beiden genannten Differenzen positiv, die andere negativ ist.

Jedes S<sub>ij</sub> zerlegt daher den dreieckigen Teil der Tabelle in die 5 Gebiete I<sub>ij</sub>, II<sub>ij</sub>, III<sub>ij</sub>, IV<sub>ij</sub> und den Teil, der S<sub>ij</sub> allein enthält, wie in der Abb. 2 dargestellt (s. Abb. 2).



**Abb. 2**

Nur Werte aus II<sub>ij</sub> und IV<sub>ij</sub> können die Gleichung S<sub>ij</sub> = S<sub>kl</sub> erfüllen. Beginnt man mit den Vergleichen der S-Werte bei der ersten Spalte und schreitet ständig nach rechts fort, so genügen die Vergleiche von S<sub>ij</sub> mit den S<sub>kl</sub> aus dem Gebiet II<sub>ij</sub>, weil die S<sub>kl</sub> aus IV<sub>ij</sub> bereits untersucht sind, sobald man bei S<sub>ij</sub> angelangt ist.

Nach diesen Vorbereitungen kann die Reduktion der für g-Trapeze in Betracht kommenden Werte h<sup>2</sup> herangezogen werden.

- 1) Die kleinste Zahl in der ersten Spalte ist

$$S_{1n} = h^2 - 1 + D_n \geq h^2 - 1.$$

Die größte Zahl in sämtlichen übrigen Spalten ist wegen der herrschenden Monotonie die Zahl

$$S_{22} = 2 \cdot \left(\frac{h^2}{2} - 2\right) = h^2 - 4.$$

Somit fällt S<sub>1n</sub> größer aus als irgend ein Wert S<sub>kl</sub>, k ≥ 2, l < j, d. h., alle Zahlen im Feld II<sub>ij</sub>, 2 ≤ j ≤ n dürfen von den Untersuchungen ausgeschlossen werden und damit sind alle Zahlen S<sub>ij</sub> für das Auffinden von g-Trapezen unergiebig, sie dürfen stets unbeachtet bleiben.

- 2) **h<sup>2</sup> ≡ 2 (mod 4)**. In den Fällen h<sup>2</sup> ≡ 2 (4) ist stets ein Faktor einer Zerlegung h<sup>2</sup> = α · β gerade, der andere ungerade. Infolgedessen ist z. B. e = (α + β) / 2 keine ganze Zahl und dazu gehört kein g-Trapez. Wohl aber ein „rationalwertiges“ Trapez. (S. den Fall h = 30.)

- 3) **h<sup>2</sup> = p<sup>m</sup>**, p prim, m ∈ N. Dann gilt

$$\begin{aligned} \alpha_i &= p^{m+1-i}, \beta_i = p^{i-1}, 2i \leq m, \\ D_i &= p^{i-1} (p^{m+2-2i} - 1), \\ S_{ij} &= p^{i-1} (p^{m+2-2i} - 1) + p^{j-1} (p^{m+2-2j} - 1), j \geq i, \\ S_{kl} &= p^{k-1} (p^{m+2-2k} - 1) + p^{l-1} (p^{m+2-2l} - 1), l \geq k. \end{aligned}$$

S<sub>kl</sub> muß dem Feld II<sub>ij</sub> angehören, damit S<sub>ij</sub> - S<sub>kl</sub> = 0 werden kann.

Die Indizes i, j, k, l der beiden S-Werte genügen von Haus aus den Ungleichungen i ≤ j bzw. k ≤ l, denn der zweite Index eines

S-Wertes steht in der Spalte i bzw. k und nimmt darin nur die Werte aus den Intervallen [i, n] bzw. [k, n] der natürlichen Zahlen an, wobei n die Anzahl der Zerlegungen von  $h^2$  in komplementäre Faktoren bedeutet.

Andererseits muß  $S_{kl}$  dem Feld  $II_{ij}$  angehören, woraus die Ungleichungen  $i < k, j < l$  hervorgehen. Die vier Gleichungen sind in der Kette

$$i < k \leq l < j$$

zusammengefaßt. Daher ist  $p^{l-1}$  die höchste Potenz von p, die man aus

$$\begin{aligned} S_{ij} - S_{kl} &= \\ &= p^{l-1}(p^{m+2-2i} - 1) + p^{j-1}(p^{m+2-2j} - 1) - \\ &\quad - p^{k-1}(p^{m+2-2k} - 1) - p^{l-1}(p^{m+2-2l} - 1) \end{aligned}$$

ausklammern kann. D. h., die Differenz  $S_{ij} - S_{kl}$  hat die Gestalt

$$p^{l-1}(A \cdot p^{k-1} - 1),$$

ist also stets ungleich Null. Daraus folgt, daß zu  $h^2 = p^m$ , p prim, m aus N, kein g-Trapez gehört.

4)  $h^2 = p \cdot q$ ; p, q prim. Es existieren nur die zwei Zerlegungen  $(pq) \cdot 1$ ,  $p \cdot q$  mit dem Schema

$$\begin{array}{cc} S_{11} & S_{22} \\ S_{12} & \end{array}$$

in dem überhaupt keine  $II_{ij}$ -Felder auftreten. Folglich sind Zahlen  $h^2 = p \cdot q$  für g-Trapeze unergiebig, sie dürfen unbetrachtet bleiben.

5)  $h^2$  mit nur  $n=3$  Zerlegungsmöglichkeiten führt wegen Punkt 1) zu keinem g-Trapez. Das Schema hat nämlich nur das einzige  $II$ -Feld  $II_{13} = \{S_{22}\}$ , das zu  $S_{13}$  aus der ersten Spalte gehört. Aus diesem Grunde ist  $S_{13} - S_{22} = 0$  unmöglich.

Nun besitzt  $h^2 = p^2 \cdot q$  nur die drei Zerfällungen

$$(p^2q) \cdot 1, p^2 \cdot q, p \cdot (pq)$$

falls p und q Primzahlen sind. Es gibt somit zu

$$h^2 = p^2 \cdot q \text{ keine g-Trapeze, wenn p, q prim sind.}$$

6)  $h^2 = p^2 \cdot q^2$ , p, q prim. Den vier Zerlegungen

$$\begin{array}{cccc} (p^2q^2) \cdot 1, & (p^2q) \cdot q, & p^2q^2, & (pq) \cdot (pq) \\ p^2q^2 - 1 & p^2q - q & p - q & 0 \end{array}$$

entspricht das Schema mit  $n=4$ , in dem wieder die erste Spalte aus der Betrachtung ausscheidet. Das Restschema hat nur mehr drei Spalten und drei Zeilen, so daß lediglich  $S_{24}$  über ein verwertbares  $II$ -Feld verfügt, nämlich über  $II_{24} = S_{33}$ .

Wegen

$$S_{24} = p^2 \cdot q - q, S_{33} = 2p^2 - 2q^2,$$

gilt

$$S_{24} - S_{33} = p^2q - q - 2p^2 + 2q^2.$$

Ferner ist  $q \geq 2$ , also

$$\begin{aligned} S_{24} - S_{33} &\geq 2p^2 - q - 2p^2 + 2q^2 = \\ &= q(2p - 1) > 0. \end{aligned}$$

**Ergebnis: Höhen mit  $h^2 = p^2 \cdot q^2$ ,  $h = p \cdot q$ ; p, q prim, gehören zu keinem g-Trapez.**

Damit sind die Reduktionen erschöpft, denn zum Typus  $h^2 = p \cdot q \cdot r$ ; p, q, r prim, existiert ein Tripel  $(p, q, r) = (11, 7, 5)$ , zu dem das g-Trapez

$$\begin{array}{lll} a = 48 & e = 41 & h^2 = 385 \\ b = 23 & f = 31 & h = \sqrt{385} \\ c = 12 & x = 12 & A = 30 \cdot \sqrt{385} \\ d = 31 & y = 24 & \end{array}$$

gehört.

Um g-Trapeze zum Typus  $h^2 = pqr$ ,  $p > q > r$ ; p, q, r prim, zu ermitteln, gehe man folgendermaßen vor. Zu den Zerlegungen

$$(pqr) \cdot 1, (pq) \cdot r, (pr) \cdot q, (qr) \cdot p$$

gehört das Dreieckschema (ohne die unergiebigste erste Spalte)

$$\begin{array}{ccc} 2pq - 2r & 2pr - 2q & -2qr - 2p \\ pq - r + pr - q & pr - q + qr - p & \\ pq - r + qr - p & & \end{array}$$

mit  $S_{23} = S_{33}$ , d. i.

$$(p + q) \cdot (q - 1) = 2qr - 2p.$$

Der Unterschied zwischen je zweien der Primzahlen p, q, r sei

$$q - r = u, p - q = u + v, v > -u.$$

Bei positivem v ist p - q größer, bei negativem v kleiner als q - r. Die Substitution von

$$p = r + 2u + v, q = r + u,$$

in  $S_{23} - S_{33}$  ergibt

$$(2r + 2u + v) \cdot (r + u - 1) = 2r(r + 2u + v) - 2r - 2u.$$

Daraus folgt

$$\begin{aligned} r &= \frac{2u^2}{v} + u - 1 \\ q &= \frac{2u^2}{v} + 2u - 1 \\ p &= \frac{2u^2}{v} + 3u + v - 1 \end{aligned}$$

u und v müssen nun so gewählt werden, daß p, q, r Primzahlen werden. Das ist z. B. der Fall für  $u = v = 2$ , denn daraus folgt

$$r = 5, q = 7, p = 11.$$

Das zugehörige Trapez wurde bereits in dem auf Punkt 6) folgenden Absatz angegeben. Dazu noch ein anderes Beispiel:

$$\begin{aligned} u &= 12, v = 8, \\ r &= 36 + 12 - 1 = 47, \\ q &= r + 12 = 59, \\ p &= q + u + v = 79, \\ S_{23} &= S_{33} = 7308, \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lll} a = 3654 & e = 2354 & h^2 = 47 \cdot 59 \cdot 79 = 219067 \\ b = 1426 & f = 1886 & h = \sqrt{219067} \\ c = 480 & x = 13 & A = 2067 \cdot \sqrt{219067} \\ d = 1886 & y = 1827 & \end{array}$$

$g_0$ -Trapeze

Als  $g_0$ -Trapeze mögen solche Trapeze bezeichnet werden, bei denen nur die Höhe im Vergleich mit g-Trapezen nicht ganzzahlig ist. Im folgenden wird eine Anzahl von ihnen zu den  $h^2$ -Werten aus dem Intervall [1, 250] der natürlichen Zahlen angegeben.

In einigen Fällen ergeben sich halbzahlige Werte mancher Bestimmungsstücke, so daß  $h^2$  vervierfacht werden muß, um Ganzzahligkeit zu erreichen. Aus diesem Grunde treten in der nachstehenden Tabelle auch zahlreiche Werte  $h^2 > 250$  auf. Interessanterweise führen die vervierfachten Zahlen  $h^2$  zu weiteren  $g_0$ -Trapezen, die nicht zum Ausgangstrapez ähnlich sind.

Aufgrund der oben entwickelten Reduktionskriterien bzgl. der zu g-Trapezen führenden Zahlen  $h^2$  sind von Haus aus alle jene  $h^2$  außeracht zu lassen, deren Strukturen von der Gestalt

$$p^2, p \cdot q, p^2 \cdot q, p^2 \cdot q^2, 2 \cdot u,$$

$p, q$  prim,  $u$  ungerade, sind. Nimmt man für  $h^2$  sämtliche Zahlen aus  $[1, 250]$ , so erhält man die nachstehenden  $g_0$ -Trapeze:

h	a	b	c	d	e	f	x	y	A
$\sqrt{165}$	28	13	12	19	29	19	2	14	$20 \cdot \sqrt{165}$
$\sqrt{288} = 12\sqrt{2}$	35	17	20	22	38	27	1	14	$330 \cdot \sqrt{2}$
$\sqrt{385}$	48	23	12	31	41	31	12	24	$30 \cdot \sqrt{385}$
$\sqrt{480} = 4 \cdot \sqrt{30}$	33	23	12	26	34	29	7	14	$90 \cdot \sqrt{30}$
$\sqrt{480} \pm 4 \cdot \sqrt{30}$	21	22	12	23	29	26	2	7	$66 \cdot \sqrt{30}$
$\sqrt{672} = 4 \cdot \sqrt{42}$	55	26	36	31	59	46	2	17	$182 \cdot \sqrt{42}$
$\sqrt{720} = 12 \cdot \sqrt{5}$	65	28	33	36	63	49	8	24	$588 \cdot \sqrt{5}$
$\sqrt{960} = 8 \cdot \sqrt{15}$	57	31	42	34	64	53	1	14	$396 \cdot \sqrt{15}$
$\sqrt{960} = 8 \cdot \sqrt{15}$	78	31	55	38	83	64	1	22	$532 \cdot \sqrt{15}$
$\sqrt{960} = 8 \cdot \sqrt{15}$	99	38	34	53	83	64	22	43	$532 \cdot \sqrt{15}$
$\sqrt{1440} = 12 \cdot \sqrt{10}$	85	42	36	49	77	66	18	31	$726 \cdot \sqrt{10}$
$\sqrt{1440} = 12 \cdot \sqrt{10}$	63	39	28	46	66	53	9	26	$546 \cdot \sqrt{10}$
$\sqrt{1680} = 4 \cdot \sqrt{105}$	102	41	78	47	109	89	1	23	$66 \cdot \sqrt{105}$
$\sqrt{2880} = 24 \cdot \sqrt{5}$	77	54	42	61	89	72	6	29	$1428 \cdot \sqrt{5}$
$\sqrt{2880} = 24 \cdot \sqrt{5}$	104	58	49	63	98	89	22	33	$1836 \cdot \sqrt{5}$
$\sqrt{219067}$	3654	1426	480	1886	2354	1886	1347	1827	$206 \cdot \sqrt{219067}$

Walter Kranzer

## Rationalelementige Drehmatrizen im $\mathbb{R}^3$

### Methode I:

Das Quadrat  $b^2 = 4n^2$  der geraden Zahl  $b = 2 \cdot n$  läßt sich auf mindestens eine Art als doppeltes Produkt  $2 \cdot a \cdot c$  der natürlichen Zahlen  $a, c$  mit  $a < c$  darstellen. Aus  $b^2 = 2 \cdot a \cdot c$  folgt

$$r^2 = (a+c)^2 = a^2 + b^2 + c^2.$$

Daher ist

$$\mathfrak{M}_1 = \left( \frac{a}{r}, \frac{b}{r}, \frac{c}{r} \right)$$

ein Einheitsvektor und mit ihm auch

$$\mathfrak{M}_2 = \left( \frac{c}{r}, -\frac{b}{r}, \frac{a}{r} \right).$$

$\mathfrak{M}_2$  ist zu  $\mathfrak{M}_1$  normal, denn wegen  $b^2 = 2ac$  gilt

$$\mathfrak{M}_1 \cdot \mathfrak{M}_2 = \frac{1}{r^2} (ac - b^2 + ac) = 0.$$

Folglich bilden  $\mathfrak{M}_1, \mathfrak{M}_2, \mathfrak{M}_3 = \mathfrak{M}_1 \times \mathfrak{M}_2$  ein orthonormales Dreibein mit

$$\begin{aligned} \mathfrak{M}_3 &= \frac{1}{r^2} (a+c) \cdot (b, c-a, -b) = \\ &= \left( \frac{b}{r}, \frac{c-a}{r}, -\frac{b}{r} \right), \end{aligned}$$

denn  $r = a+c$ .

Somit ist unter der Voraussetzung  $b^2 = 2 \cdot a \cdot c$

$$D = \frac{1}{a+c} \begin{pmatrix} a & b & c \\ c & -b & a \\ b & c-a & -b \end{pmatrix}$$

eine Drehmatrix mit rationalen Elementen im  $\mathbb{R}^3$ . Die Determinante  $|D|$  von  $D$  hat, wie es sein muß, den Wert 1. Das ergibt sich durch Entwickeln nach den Elementen der ersten Zeile

$$|D| = \frac{1}{(a+c)^3} [a(b^2 + a^2 - ac) + b(bc + ab) + c(c^2 - ac + b^2)]$$

und dem Ersatz von  $b^2$  durch  $2ac$

$$\begin{aligned} |D| &= \frac{1}{(a+c)^3} [a(ac + a^2) + b^2(c+a) + c(c^2 + ac)] = \\ &= \frac{a^2 + b^2 + c^2}{(a+c)^2} = \frac{(a+c)^2}{(a+c)^2} = 1. \end{aligned}$$

### Methode II:

Um Punkte  $P(x, y, z)$  der Bildkugel von  $x^2 + y^2 + z^2 = r^2$  zu erhalten, deren Koordinaten für natürliche Zahlen  $r$  ganze rationale Zahlen sind, geht man u. a. von zwei natürlichen Zahlen  $x, y$  aus, bildet  $x^2 + y^2$  und zerlegt diese Summe in zwei Faktoren  $t, t'$  aus  $\mathbb{N}$

$$x^2 + y^2 = t \cdot t', \quad t > t'.$$

Aus der Kugelgleichung folgt dann

$$r^2 - z^2 = t \cdot t',$$

$$r + z = t + t',$$

$$r - z = t - t',$$

$$z = (t+t')/2, \quad r = (t-t')/2.$$

Wählt man  $x = 1$  sowie die Zerlegung  $1 + y^2 = (1 + y^2) \cdot 1$ , dann erhält man

$$z = y^2/2, \quad r = (y^2 + 2)/2,$$

also den Punkt  $P(1, y, y^2/2)$ .

$$\text{Der Vektor } \mathfrak{M}_1 = \frac{1}{y^2 + 2} (2, 2y, y^2)$$

hat den Betrag 1.

Der Einheitsvektor

$$\mathbf{n}_2 = \frac{1}{y^2 + 2} (y^2, -2y, 2)$$

ist zu  $\mathbf{n}_1$  normal, denn  $\mathbf{n}_1 \cdot \mathbf{n}_2 = 0$ .  $\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_2$  bilden daher zusammen mit

$$\begin{aligned} \mathbf{n}_1 \times \mathbf{n}_2 = \mathbf{n}_3 &= \frac{1}{(y^2 + 2)^2} (4y + 2y^3, y^4 - 4, -4y - 2y^3) = \\ &= \frac{1}{y^2 + 2} (2y, y^2 - 2, -2y) \end{aligned}$$

ein orthogonales Dreibein und

$$D = \frac{1}{y^2 + 2} \begin{pmatrix} 2 & 2y & y^2 \\ 2y & y^2 - 2 & -2y \\ -y^2 & 2y & -2 \end{pmatrix}$$

ist eine Drehmatrix im  $\mathbb{R}^3$ . Ist  $y = p/q$  rational, dann sind es auch alle Elemente von  $D$

$$D = \frac{1}{p^2 + 2q^2} \begin{pmatrix} 2q^2 & 2pq & p^2 \\ 2pq & p^2 - 2q^2 & -2pq \\ -p^2 & 2pq & -2q^2 \end{pmatrix}, p, q \text{ aus } \mathbb{N}.$$

### Bspe.: 1. Zu Methode I.

Ausgegangen werde von  $b=6$ . Zu  $b^2=36$  gehören die Zerlegungen

$$36 = 2 \cdot 18 \cdot 1 = 2 \cdot 9 \cdot 2 = 2 \cdot 6 \cdot 3$$

mit

$$\begin{array}{c|ccc} a & 1 & 2 & 3 \\ \hline c & 18 & 9 & 6 \end{array}$$

Es ergeben sich daraus die drei Drehmatrizen  $D_1, D_2, D_3$

$$D_1 = \frac{1}{19} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 6 & 18 \\ 18 & 6 & 1 \\ 6 & 17 & -6 \end{pmatrix}, D_2 = \frac{1}{11} \cdot \begin{pmatrix} 2 & 6 & 9 \\ 9 & -6 & 2 \\ 6 & 7 & -6 \end{pmatrix},$$

$$D_3 = \frac{1}{9} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 2 & -2 & 1 \\ 2 & 2 & -2 \end{pmatrix}.$$

## 2. Zu Methode II.

Ausgegangen werde von  $y=1$ . man erhält

$$D = \frac{1}{3} \cdot \begin{pmatrix} 2 & 2 & 1 \\ 2 & -1 & -2 \\ -1 & 2 & -2 \end{pmatrix}.$$

Ausgegangen werde von  $y=3/4$ , also  $p=3, q=4$ .

$$D = \frac{1}{41} \cdot \begin{pmatrix} 32 & 24 & 9 \\ 24 & -23 & -24 \\ -9 & 24 & -32 \end{pmatrix}.$$

Mit rationalwertigen Drehmatrizen können rw. Dreiecke, Quadrate, Rechtecke u. a. geometrische Gebilde mit rationalen Bestimmungsstücken ohne Verlust dieser Eigenschaften in räumliche Lagen bringen, welche die metrischen Eigenschaften nicht unmittelbar erkennbar machen. Schiebungen ermöglichen weitere Verlagerungen. Dazu Bsp. 3:

3. Das rw. Dreieck  $A(0, 0, 0), B(12, 0, 0), C(12, 9, 0)$  ist in eine verdrehte und verschobene Lage außerhalb der  $x$ - $y$ -Ebene zu bringen!

Die Drehmatrix von Bsp. 2 impliziert die Koordinatentransformation

$$x' = (2x + 2y + z) / 3$$

$$y' = (2x - y - 2z) / 3$$

$$z' = (-x + 2y - 2z) / 3.$$

Sie erzeugt aus  $ABC$  das Dreieck  $A'(0, 0, 0), B'(8, 8, -4), C'(14, 5, 2)$ . Die zusätzliche Schiebung

$$\vec{s} = (-3, -4, 5)$$

führt  $A'B'C'$  in die noch allgemeinere Lage

$$A''(-3, -4, 5), B''(5, 4, 1), C''(11, 1, 7)$$

über. Ein probates Mittel zum Erzielen von rationalen Lösungen bei Aufgaben aus der Vektorrechnung im Rahmen der Analytischen Geometrie!

W. Kranzer

# PHYSIK, ASTRONOMIE

Dr. Walter Kranzer

H. Horvath<sup>1)</sup>

## Sonnenenergie

Wenn heute sehr viel über die Möglichkeiten der Sonnenenergie gesprochen wird, so ist dies nicht verwunderlich, da täglich auf die gesamte Erdoberfläche enorme Energiemengen einfallen. Die Solarkonstante, d. h. die pro Sekunde auf einen Quadratmeter senkrechte einfallende Energie der Sonne, beträgt an der Oberseite der Erdatmosphäre  $1,33 \text{ kW m}^{-2}$ , auf der Erdoberfläche je nach Trübungsgrad der Atmosphäre und Einstrahlungswinkel der Sonne ca.  $1 \text{ kW m}^{-2}$ . Multipliziert man diesen Wert mit der Querschnittsfläche der Erde, so erhält man  $1,274 \cdot 10^{17} \text{ W}$ . In 24 Stunden trifft somit auf die Erde eine Energie von  $1,1 \cdot 10^{22} \text{ J}$  auf. Zahlen dieser Größenordnung lassen sich schwer vorstellen, daher ein Vergleich: Die Gesamtenergiereserven der Erde (Kohle, Öl, Gas, Teersande, Ölschiefer, Uran und erbrühtes Plutonium) betragen je nach Schätzungen  $6,5 \cdot 10^{23} \text{ J}$  (pessimistisch) bis  $1,5 \cdot 10^{24} \text{ J}$  (optimistisch). Somit benötigt die Sonne zum Einstrahlen eines Äquivalentes unserer Energiereserven 2 bis 5 Monate, also eine erstaunlich kurze Zeit.

Nun kann man sofort die Frage stellen, warum angesichts solcher Energiemengen nur so wenige Sonnenenergieanlagen existieren. Die Antwort dazu ist relativ einfach; die pro Quadratmeter auftreffende Leistung ist gering. Unter guten Bedingungen  $1 \text{ kW/m}^2$ , von denen bestenfalls  $500 \text{ W/m}^2$  ge-

nützt werden können. Zum Vergleich dazu: Ein Heizkessel hat etwa  $16.000 \text{ W/m}^2$ , dagegen nimmt sich  $500 \text{ W/m}^2$  sehr gering aus. Außerdem fällt Sonnenenergie in unseren Zonen äußerst unregelmäßig und besonders in Zeiten großen Energiebedarfes, im Winter, in geringen Mengen an.

Ziel von Techniken zur Nutzung der Sonnenenergie ist es, diesen geringen Fluß verwendbar zu machen bzw. Methoden zu entwickeln, die ihn konzentrieren. Ideen und Ausführungen dazu gibt es schon viele, und wir werden im folgenden einige davon kennenlernen.

Prinzipiell kann man die Sonnenenergie über die von ihr erzeugte Wärme ausnutzen, oder die Photonen werden direkt in Photozellen (Sonnenzellen) ausgenutzt. Sogenannte photovoltaische Zellen bestehen aus Halbleiterkristallen mit einer  $p$ - und  $n$ -Schichte und einer darüber aufgedampften dünnen Metallschichte. Die Photonen der Sonnenstrahlung rufen einen Stromfluß durch die beiden Schichten hervor. Photozellen haben den Vorteil, daß sie keine bewegten Teile haben, umweltfreundlich sind und lange Lebensdauer haben. Der Wirkungsgrad der Photozellen liegt derzeit bei 14 %, man hofft jedoch, ihn auf über 20 % steigern zu können. Der einzige Nachteil der Sonnenzellen ist der hohe Preis, der derzeit bei ca. 25 \$/W liegt, jedoch erwartet man durch neue Prozesse ihn auf ungefähr 1 \$/W senken zu können, wobei sie dann mit anderen Energiequellen konkurrenzfähig wären. Mit diesen kurzen Bemerkungen sei dieses Gebiet abgeschlossen, im folgenden werden nur solar-thermische Prozesse behandelt.

<sup>1)</sup> a. o. Prof. Dr. H. Horvath, Institut für Experimentalphysik der Universität Wien.

Mit Hilfe der Sonne Wärme zu erzeugen ist sicher nichts Neues. Fast allen Gymnasiasten bekannt ist Archimedes, dem es bei der Belagerung von Syrakus durch Marcus Claudius Marcellus gelang, die feindlichen Schiffe mittels Hohlspiegel von ca. 100 m Brennweite in Brand zu stecken. Neben vielen anderen Verwendungsmöglichkeiten wurde 1872 im Norden von Chile eine solare Destillationsanlage gebaut, die täglich 27.000 l Trinkwasser aus Salzwasser erzeugte. Anlässlich einer Ausstellung wurde 1878 in Paris eine solare Dampfmaschine gebaut, die eine Druckerpresse antrieb. Die Zeitung, die dabei gedruckt wurde, hieß bezeichnenderweise „Le Soleil“.

1913 wurde in Ägypten die größte Pumpenanlage der Welt gebaut; der Energielieferant war die Sonne. Die Leistung der Anlage war 35 kW, allerdings war wegen des Krieges die Anlage nur 2 Jahre in Betrieb. Danach waren Antriebe mit anderen Energieträgern wie Benzin oder Öl billiger, und die Anlage wurde umgebaut. Das konkurrenzlos billige Öl war vielfach der Grund für die Stilllegung der meisten Sonnenenergieanlagen.

Die Sonnenstrahlung (extraterrestrisch) kann ziemlich gut durch die Strahlung eines schwarzen Körpers von 5800 K angenähert werden (Abb. 1). Nach dem Durchgang durch die Atmosphäre ergibt sich dann bereits ein ziemlich entstelltes Bild. Verantwortlich dafür sind die Rayleigh-Streuung des Lichtes an Gasmolekülen, Streuung und Absorption des Lichtes an Staubpartikel und selektive Absorption an Gasen, hauptsächlich an  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_3$  und  $\text{H}_2\text{O}$ . Die auftretende Sonnenenergie, die pro Sekunde und  $\text{m}^2$  auf eine Normalebene zur Strahlungsrichtung fällt, wird die Solarkonstante genannt. Sie beträgt nach neuesten Messungen  $1,353 \text{ kW/m}^2$  außerhalb der Erdatmosphäre und fällt auf  $970 \text{ W/m}^2$  an der Erdoberfläche ab, wenn die Sonne im Zenit steht. Steht die Sonne  $30^\circ$  über dem Horizont, so erhält eine Fläche normal zur Strahlungsrichtung  $800 \text{ W}$  und bei  $10^\circ$  nur mehr  $400 \text{ W}$ . Die Sonnenstrahlung umfaßt einen Spektralbereich von etwa  $0,2$  bis  $5 \mu\text{m}$  Wellenlänge, zwischen  $0,4$  und  $2 \mu\text{m}$  Wellenlänge treffen  $94\%$  und zwischen  $0,3$  und  $3 \mu\text{m}$   $99\%$  der Energie auf die Erdoberfläche.

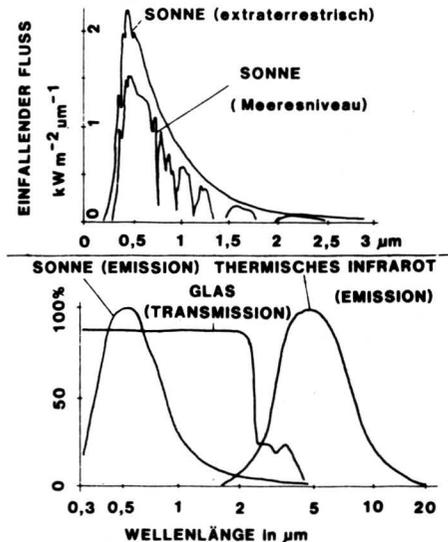


Abb. 1:

**Spektrale Energieverteilung der Sonne**

Oben: Extraterrestrische und auf der Erdoberfläche auftretende Strahlung bei senkrechtem Einfall. Die Verringerung des Flusses geschieht sowohl durch Streuung an Molekülen und Teilchen (Parallelverschiebung der Kurve) als auch durch die Absorptionsbanden von  $\text{O}_3$ ,  $\text{CO}_2$ - und  $\text{H}_2\text{O}$ -Molekülen (Lücken in der Kurve). Der Großteil der Strahlung liegt im Wellenlängenintervall von  $0,4$  bis  $2 \mu\text{m}$ .

Unten: Angenäherte Spektralenergie der Sonne und des vom Absorber emittierten thermischen Infrarot und Transmission von Glas.

Ein Sonnenkollektor absorbiert die Sonnenenergie und gibt die Wärme an ein Übertragungsmedium (Luft, Wasser) ab. Kollektoren gibt es in vielen Ausführungsformen, das wesentliche Prinzip ist jedoch dasselbe: Abb. 2. Sonnenstrahlung trifft auf eine schwarze Metalloberfläche und wird größ-

tentels absorbiert. Das führt zu einer meist beträchtlichen Erwärmung. Die Wärme wird durch zirkulierendes Wasser oder Gas abgeführt. Selbstverständlich gibt die heiße Metalloberfläche auch Wärme an die Umgebung durch Leitung, Konvektion und Strahlung ab. Deshalb wird die Rückseite des Absorbers gut wärmeisoliert und die Vorderseite mit durchsichtigen (Glas)platten abgedeckt. Die Absorberplatte strahlt ihrer Temperatur entsprechend Infrarotstrahlung von ca.  $6 \mu\text{m}$  Wellenlänge aus (siehe Abb. 1), das Glas ist für Strahlung dieser Wellenlänge jedoch undurchlässig, somit ist die eintreffende Sonnenstrahlung im Kollektor „gefangen“. Soweit in einfacher Form die Wirkungsweise eines Flachkollektors. Erreicht wird die Wirkungsweise durch drei Tatsachen: 1. Die Sonne strahlt im Wellenlängenbereich von  $0,3$  bis  $3 \mu\text{m}$ . 2. Die thermische Ausstrahlung des Absorbers ist zwischen  $2 \mu\text{m}$  und  $20 \mu\text{m}$ . 3. Das Glas absorbiert Licht über  $3 \mu\text{m}$  Wellenlänge.

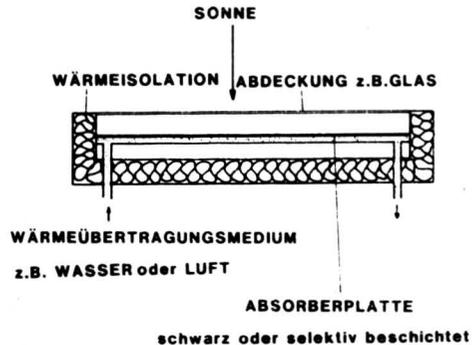


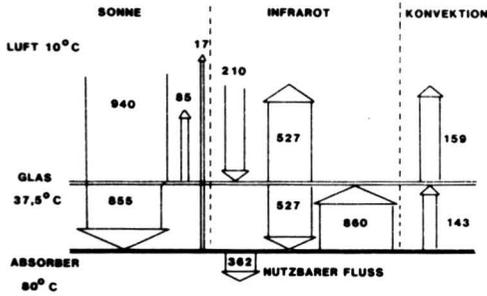
Abb. 2: **Prinzipieller Aufbau eines Kollektors**

Die Sonneneinstrahlung tritt durch eine durchsichtige Abdeckung und wird von der Absorberplatte fast vollständig absorbiert und führt zu einer Erwärmung. Die Wärme wird vom Übertragungsmedium abgeführt. Verluste durch Strahlung und Wärmeleitung werden durch die Abdeckung und die Wärmeisolation geringgehalten.

Dieses vereinfachte Bild erklärt zwar die Wirkungsweise des Kollektors, erlaubt es aber nicht, den Wirkungsgrad des Kollektors zu berechnen, da die thermische Ausstrahlung der Glasplatten und Wärmekonvektion nicht berücksichtigt sind.

Wir wollen nun die genaue Energiebilanz eines Kollektors untersuchen und nehmen dazu an, daß er sich im stationären Zustand befindet (siehe auch Abb. 3). Die Sonnenstrahlung, die auf die Außenseite des Kollektors fällt, liefert pro  $\text{m}^2$   $940 \text{ W}$ . Davon werden an der Glasoberfläche  $85 \text{ W}$  reflektiert, so daß  $855 \text{ W}$  auf die Absorberfläche auftreffen. Der Absorber habe ein Absorptionsvermögen von  $0,98$ , d. h.  $17 \text{ W}$  werden vom Absorber reflektiert. Als Bilanz für das sichtbare Licht ergibt sich  $940 \text{ W}$  einfallend und  $848 \text{ W}$  absorbiert. Der Absorber erwärmt sich, und zwar sei die Anlage so in Betrieb, daß die Absorberrtemperatur  $80^\circ\text{C}$  betrage. Dadurch tritt eine thermische Ausstrahlung auf, die auf Grund des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes  $860 \text{ W}$  beträgt. Auf der Rückseite befindet sich eine Reflexfolie, daher gibt es nur Ausstrahlung von der Vorderseite. Diese Strahlung wird zur Gänze von der Glasplatte absorbiert und führt demgemäß zu einer Erwärmung des Glases. Die Glasplatte erwärmt sich in dem betrachteten Betriebszustand auf  $37,5^\circ\text{C}$  und strahlt dabei  $527 \text{ W}$  sowohl auf den Absorber, als auch in die Atmosphäre. Außerdem kommt aus der Atmosphäre thermische Infrarotstrahlung von  $210 \text{ W}$ , die sich aus Ausstrahlung von Wasserdampf,  $\text{CO}_2$ , Schwebstoffen, Wolken usw. zusammensetzt und von der Glasplatte absorbiert wird. Als Bilanz ergibt sich somit für das thermische Infrarot für die Glasplatte  $1070 \text{ W}$  Einstrahlung und  $1054 \text{ W}$  Ausstrahlung, für den Absorber  $527 \text{ W}$  Einstrahlung und  $860 \text{ W}$  Ausstrahlung. Weiters werden durch Wärmeleitung und Konvektion  $143 \text{ W}$  von der Platte an das Glas abgegeben und  $159 \text{ W}$  von der Glasplatte an die Außenluft. Die höhere Abgabe der Glasplatte ist trotz geringerer Temperaturdifferenz möglich, da die Luftbewegung auf der Außenseite der Glasplatte größer ist.

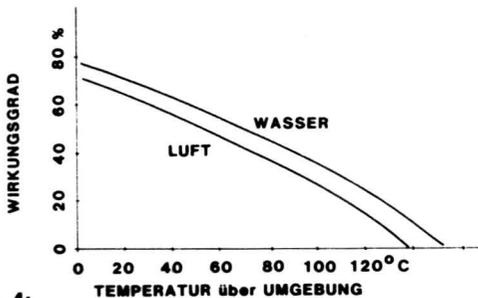
Als Gesamtbilanz für die Glasplatte ergibt sich daher  $1213 \text{ W}$  Einstrahlung und  $1213 \text{ W}$  Ausstrahlung, für die Absorberplatte  $1382 \text{ W}$  Einstrahlung und  $1020 \text{ W}$  Ausstrahlung, so daß  $362 \text{ W}$  als gewonnene Wärme abgeführt werden können. Von den eingestrahlenen  $940 \text{ W}$  können nur  $362$  genutzt werden, die Verluste durch Konvektion und Strahlung betragen  $578 \text{ W}$ , der Wirkungsgrad ist  $39\%$ .



**Abb. 3:**  
**Energieflüsse bei einem Kollektor**

Der Kollektor wird stationär betrieben, so daß die Absorberplatte eine Temperatur von 80°C hat. Links die eintreffende Sonnenstrahlung mit Reflexionsverlusten an Glasplatte und Absorberplatte, in der Mitte die Infrarotstrahlung. Aus der Atmosphäre kommt thermisches Infrarot von Gasen, Wasserdampf und Staubpartikeln, die von der Glasplatte absorbiert werden. Die gesamte Infrarotstrahlung der Absorberplatte wird von Glas absorbiert und führt zu einer Erwärmung der Glasplatte. Diese strahlt nach beiden Seiten ab. Rechts die Verluste durch die Konvektion innerhalb und außerhalb des Kollektors.

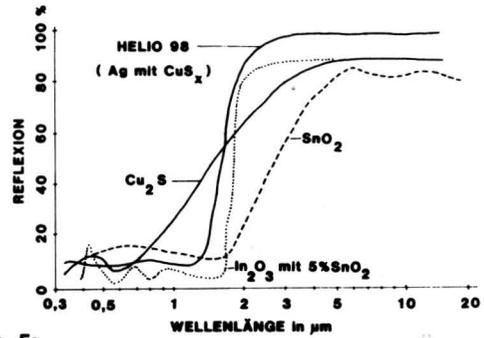
Es ist verständlich, daß bei geringerer Temperatur der Wirkungsgrad des Kollektors höher sein wird, da alle Verluste mit der Temperatur ansteigen. Den Wirkungsgrad als Funktion der Temperatur zeigt Abb. 4. Mit Luft als Wärmetransportmedium ist der Wirkungsgrad geringer, da ein schlechterer Wärmeübergang stattfindet.



**Abb. 4:**  
**Wirkungsgrad eines Kollektors als Funktion der Temperatur des Übertragungsmediums**

Der Wirkungsgrad mit Luft als Medium ist geringer, da die Temperaturdifferenz zwischen Absorber und Luft größer ist als bei Wasser. Daher ist die Absorbentemperatur höher und somit steigen die Verluste.

Der Wirkungsgrad läßt sich nur über die Verringerung der Verluste verbessern. Dazu muß die Infrarotausstrahlung verringert werden (etwa durch mehrfache Gläser oder selektive Beschichtung) und die Konvektion (etwa durch Vakuumkollektoren) unterdrückt werden. Diese Verfahren bringen aber erst bei höheren Temperaturen Vorteile, so ist z. B. bei Verwendung von zwei Glasplatten die Einstrahlung durch die doppelten Reflexverluste geringer und daher bis zu einer Temperatur um 30°C höher als die Umgebungstemperatur, der Kollektor mit einer einfachen Glasplatte dem mit 2 Glasplatten überlegen. Es ist auch möglich, den Absorber mit einer selektiven absorbierenden Auflage zu versehen. Das Reflexionsvermögen einiger solcher Beschichtungen ist in Abb. 5 gezeigt. Alle Beschichtungen zeigen geringe Reflexion, daher hohe Absorption im Sichtbaren. Wegen des hohen Reflexionsgrades im Infrarot ist natürlich auch die Ausstrahlung geringer. Es ist aber auch möglich, den Absorber so gut wie möglich absorbierend zu machen und die dem Absorber zugewandte Seite der Glasplatte mit einer selektiv reflektierenden Schichte zu versehen. Das vom Absorber ausgestrahlte Infrarot wird daher vor der Glasplatte zum Absorber zurückgeworfen. Auch hier ist kein Vorteil ohne Nachteil, das Absorptionsvermögen für Sonnenlicht ist in allen Fällen geringer als bei einer einfachen schwarzen Beschichtung, daher ist der Kollektor erst bei höheren Temperaturen sinnvoll eingesetzt.

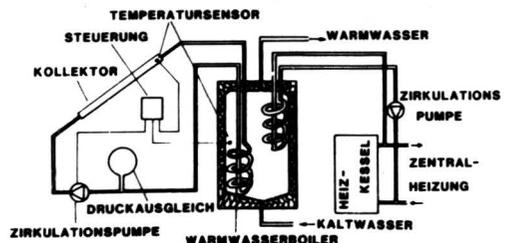


**Abb. 5:**  
**Reflexionsvermögen einiger möglicher Beschichtungen für Absorber**

Geringe Reflexion im Sichtbaren und hohe Reflexion im Infrarot charakterisieren gute Beschichtungen.

Wie wir gesehen haben, läßt sich durch relativ einfache Konstruktionen mit Kollektoren Wärme bei Temperaturen von 60–100°C sammeln. Auf den ersten Blick sieht das eigentlich nicht nach sehr viel aus. Wenn man aber eine Energieverbrauchsstatistik studiert, so findet man, daß etwa in Deutschland 76% der Gesamtenergie im Niedrigtemperaturbereich für Raumheizung, Warmwasserbereitung und Prozeßwärme verwendet werden. Da kann Sonnenenergie wirklich einspringen, denn zur Erzeugung von Warmwasser von 60°C ist es eine wahrliche Verschwendung an Exergie, wenn dazu Flammentemperaturen von über 1000°C in den üblichen Kesseln verwendet werden.

Der erste Anwendungsbereich der Sonnenenergie liegt natürlich da, wo die derzeitige Energie schlecht ausgenutzt wird: Warmwasserbereitung in Wohnhäusern im Sommer. Ein Beispiel für eine Anlage ist in Abb. 6 gezeigt: Die meisten neueren Wohnhäuser haben eine zentrale Warmwasserversorgung, die mit der Zentralheizung gekoppelt ist. Eine große Menge Warmwassers (150–500 l) wird im Warmwasserboiler gespeichert. Durch einen Wärmeaustauscher wird heißes Wasser vom Heizkessel zirkuliert und erwärmt das Brauchwasser. Solange während der Heizperiode der Kessel ständig in Betrieb ist, funktioniert die Warmwasserbereitung mit einem Wirkungsgrad um 70–80% (bezogen auf die verbrauchten Brennstoffe). Im Sommer wird der Heizkessel aber nur für sehr kurze Intervalle in Betrieb genommen, dazwischen kühlt er wieder aus, und deshalb treten große Wärmeverluste auf, die den Wirkungsgrad der Anlage auf etwa 20% fallen lassen. Da im Sommer aber meist ausreichend Sonnenenergie vorhanden ist, kann diese Anlage mit einem kleinen Zusatz das Wasser solar erwärmen. Der Warmwasserboiler wird dazu mit einem weiteren Wärmeaustauscher versehen, der über eine Pumpe und ein Druckausgleichsgefäß mit dem Kollektor verbunden ist. Scheint die Sonne auf den Kollektor und erreicht er eine Temperatur, die höher ist als die Warmwassertemperatur, so schaltet sich die Umwälzpumpe ein, Warmwasser zirkuliert analog dem Kesselkreislauf und erwärmt den Inhalt des Boilers. Wenn der Boiler ein großes Volumen hat, ist eine Speicherung für einige sonnenlose Tage möglich (siehe unten).

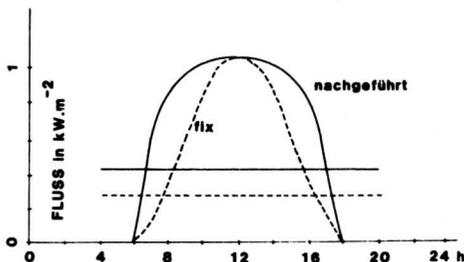


**Abb. 6:**  
**Warmwasserbereitung für ein Wohnhaus**

Rechts eine konventionelle Anlage mit Warmwasserheizkessel. Das vom Kessel erwärmte Wasser wird von einer Umwälzpumpe durch die Heizschlange des Warmwasserbehälters zirkuliert und erwärmt das Brauchwasser. Links der Sonnenenergie teil. Wasser zirkuliert durch den Kollektor und durch die zweite Heizschlange. Die Pumpe für den Solar-Kreislauf wird von der Steuerung erst eingeschaltet, wenn die Kollektortemperatur höher ist als die Warmwassertemperatur.

Fast nach demselben Prinzip funktioniert eine Raumheizung mit Sonnenenergie. Mit dem warmen Wasser aus den Kollektoren wird dann eventuell über einen Zwischenspeicher die Warmwasserheizung betrieben. Meist wird bei einer Sonnenheizung dann eine große Heizfläche (Fußboden oder Deckenheizung) statt Radiatoren verwendet, da dabei eine geringere Warmwassertemperatur (40 °C) verwendet werden kann und bei dieser geringeren Temperatur, wie wir bereits wissen, der Wirkungsgrad der Kollektoren größer ist.

Die Leistung von 940 W/m<sup>2</sup> der Sonnenstrahlung ist nur für eine Sonnenposition im Zenit und senkrechten Einfall auf die Kollektorfläche vorhanden. Bei anderen Winkeln ist dieser Wert noch mit dem Cosinus des Winkels zwischen der Normalen der Kollektorebene und dem Sonnenstrahl zu multiplizieren, und für den Fall, daß die Sonne nicht im Zenit steht, muß auch die Extinktion der Atmosphäre berücksichtigt werden. Die größte Ausnutzung der Sonnenenergie wird dann erreicht, wenn der Kollektor stets so orientiert wird, daß die Sonnenstrahlen normal auf ihn eintreffen (Abb. 7). Ohne Berücksichtigung der atmosphärischen Extinktion wäre die vom Kollektor aufgenommene Leistung eine Rechteckfunktion, die mit Sonnenaufgang auf ihren maximalen Wert springt und erst bei Sonnenuntergang abfällt. Für den realen Fall werden die Ecken abgerundet. Die strichlierte Linie gibt den 24-Stunden-Mittelwert der einfallenden Leistung. Soll ein Kollektor fix montiert werden, so ist jene Lage am günstigsten, bei der die Sonnenstrahlen zu Mittag senkrecht auf den Kollektor auffallen (Abb. 7). Bewegliche Kollektoren sind an sich wirkungsvoller, bringen aber Probleme mit sich, da die bewegliche Aufhängung auch starken Sturmkraften oder angefrorenen Eisschichten standhalten soll.



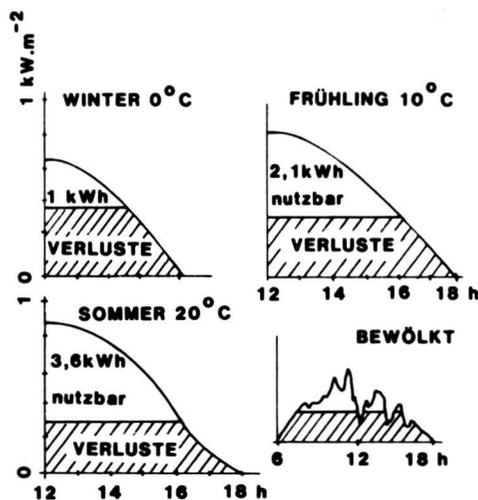
**Abb. 7:** Auf einen Kollektor auftreffende Sonnenstrahlung als Funktion der Tageszeit

Der bewegliche Kollektor wird stets so orientiert, daß die Sonnenstrahlung senkrecht auftrifft. Die optimale Position für den fixen Kollektor ist dann erreicht, wenn die Sonnenstrahlung mittags senkrecht auftrifft. Die horizontalen Geraden geben den 24-Stunden-Mittelwert an.

Von der in Abb. 7 gezeichneten auftreffenden Leistung steht aber nur ein Teil zur Verfügung. Wie wir aus dem früheren Rechenbeispiel wissen (Abb. 3), gehen von 940 W eingestrahelter Sonnenleistung insgesamt 578 W durch Wärmeleitung und Wärmestrahlung verloren. Wenn die eingestrahelte Sonnenleistung geringer ist, ändert sich an den Verlusten nichts (solange die Absorberplatte und somit das Warmwasser die Temperatur beibehält), d. h. effektiv kann von der einfallenden Energie nur der einen Schwellenwert überschreitende Teil verwendet werden. Für einen unter dem Winkel der geographischen Breite geeigneten Kollektor ist in Abb. 8 die verwertbare Energie gezeichnet. Als Kollektor wurde eine Einscheibentype mit selektiver Oberfläche angenommen, die Absorberplatte hat 60 °C. Der Winter ist im Vergleich zu anderen Jahreszeiten doppelt benachteiligt. Wegen des niedrigen Sonnenstandes fällt wenig Energie auf den Kollektor, gleichzeitig ist aber wegen der geringen Außentemperatur die Temperaturdifferenz zur Kollektorplatte groß und somit sind die Verluste größer und damit der Wirkungsgrad klein. Im Winter ist an wolkenlosen Tagen mit 1 kWh pro Tag zu rechnen, im Frühling und Sommer natürlich mit mehr. Die Situation an einem wolkenigen Tag mit sonnigen Abschnitten ist rechts unten gezeigt. Selbst bei vollem Sonnenschein ist im Winter nur ein Drittel der Sonnenenergie des Sommers zu erwarten.

In Österreich kommt es doch recht häufig vor, daß mehrere Tage keine Sonne scheint und somit keine Sonnenenergie zur Verfügung steht. Die Perioden ohne Sonnenschein können je nach Dauer auf zwei Arten überbrückt werden. Bei kurzer Dauer durch Zwischenspeicherung der Sonnenenergie,

bei langer Dauer durch Verwendung eines Heizsystems konventioneller Bauart (die Speicherung von Sonnenenergie für lange Zeiträume ist derzeit noch schwer möglich, siehe unten). Für wieviele Tage eine Zwischenspeicherung der Sonnenenergie vorgesehen werden soll, ist von Fall zu Fall verschieden, hängt von der Häufigkeit des Sonnenscheinmangels, vom Preis der konventionellen Energie u. ä. ab. Es ist sowohl sinnlos, an jedem sonnenlosen Tag Alternativenergie zu verwenden, als auch einen Speicher für zehn Tage zu installieren, wenn dieser im Mittel nur einmal in zwei Jahren ausgenutzt wird.



**Abb. 8:** Verwertbare Energie eines Kollektors zu verschiedenen Jahreszeiten

Der Kollektor wird mit 60 °C Wassertemperatur betrieben, hat eine Glasplatte und selektive Beschichtung des Absorbers. Die Verluste sind wegen der geringeren Außentemperatur im Winter am höchsten. Rechts unten die Verhältnisse an einem Tag mit wechselnder Bewölkung.

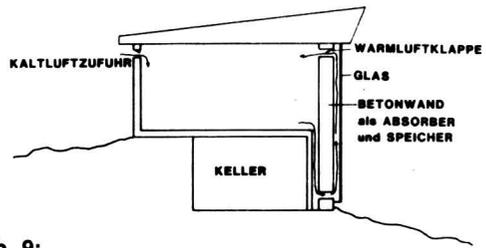
Normalerweise werden Speichermöglichkeiten für drei Tage als sinnvoll erachtet. Speicherung für mehrere Tage läßt sich bei Warmwasserzubereitung leicht durch einen Boiler genügend großen Inhalts (500–1000 l) und guter Wärmeisolation erreichen. Für Raumheizung eignen sich Materialien mit großer spezifischer Wärme, wobei Wasser an erster Stelle zu nennen ist. Bei Warmluftheizungen besteht auch die Möglichkeit, Steine als Speicher zu verwenden. Die Verwendung der Latenzwärme beim Erstarren von eutektischen Salzen ist zwar prinzipiell denkbar, jedoch wurden in der praktischen Anwendung hier noch keine großen Fortschritte erzielt. Für eine gewöhnliche Mauer, die zwar gut gebaut ist (ohne besondere Berücksichtigung erstklassiger Wärmedämmung), rechnet man mit einer Wärmedurchgangszahl (k-Wert) von 1 W m<sup>-2</sup> °C<sup>-1</sup>, d. h. bei 20 °C Innentemperatur und -10 °C Außentemperatur, d. h. 30 °C Temperaturdifferenz nach außen, leitet diese Wand 30 W pro m<sup>2</sup> Fläche nach außen ab. Bei einer Größe von 12 m × 12 m × 3,5 m ergeben sich 168 m<sup>2</sup> Außenwand und 144 m<sup>2</sup> Dach (Decke), somit ca. 300 m<sup>2</sup> Fläche, durch die ein Wärmefluß von 9 kW stattfindet. Dazu kommt der Wärmeverlust von Fenstern durch Wärmeleitung, Strahlung und Luftaustausch von ca. 4 kW, so daß bei dieser Temperatur in 24 Stunden 312 kWh = 1,12 · 10<sup>9</sup> J gerechnet werden muß. Die spezifische Wärme c<sub>p</sub> von Wasser beträgt 4187 J K<sup>-1</sup>. Wird der Wasserspeicher von 90 °C um 30 °C auf 60 °C abgekühlt, so gibt 1 m<sup>3</sup> 1,26 · 10<sup>8</sup> J ab. Um also einen dreitägigen Wärmeverorrat für das oben betrachtete Haus zu speichern, benötigt man ein Speichervolumen von 26,7 m<sup>3</sup>. Das ließe sich ohne Probleme im Keller unterbringen. Nun wollen wir überlegen, wie der Heizbedarf mit Sonnenenergie im Winter gedeckt werden kann. Wir wissen bereits von früher, daß man im Winter aus einem Quadratmeter Kollektorfläche 1 kWh pro Sonnentag beziehen kann. Rechnet man mit zwei Drittel Bewölkung, so ergibt 1 m<sup>2</sup> 0,33 kWh pro Tag, somit braucht man bei einem Wärmebedarf von 312 kWh 936 m<sup>2</sup> Kollektoren, die unter optimalem Winkel nach Süden geneigt sind. Diese stehen aber normalerweise nicht zur Verfügung. Wäre das oben betrachtete Haus mit einem Satteldach mit 71 Grad Neigung (optimaler

Winkel für Dezember) ausgerüstet, so stehen nur 221 m<sup>2</sup> zur Verfügung. (Bei dieser optimalen Neigung hat das Dach alleine eine utopische Höhe von 18,4 m!) Um trotzdem mit Sonnenenergie heizen zu können, bieten sich zwei Alternativen an: Langzeitspeicher oder bessere Wärmeisolation. Wenn eine Heizanlage für den Winterbedarf ausgelegt ist, sind die Kollektoren im Sommer ungenutzt, erhitzen sich unnötig (Leerlauftemperaturen von 140 °C sind üblich), und es müssen möglicherweise sogar Vorkehrungen getroffen werden, um dies zu vermeiden. Es wäre daher nichts naheliegender, als im Sommer Wärme zu speichern, die dann im Winter aufgebraucht wird. Wir werden uns überlegen, wie groß solch ein Speicher sein muß. Der Jahresheizbedarf läßt sich am leichtesten über die Heizgradtage errechnen. Man erhält die Heizgradtage, indem man für einen bestimmten Ort für jeden Heiztag die mittlere Außentemperatur ermittelt, die Differenz zur Innentemperatur bildet und diese Zahlen für die gesamte Heizperiode aufsummiert. Für Wien ergeben sich z. B. 3500 Heizgradtage, d. h. die Heizperiode kann durch 117 Tage mit einer Temperaturdifferenz nach außen von 30 °C ersetzt werden. Um den Bedarf für die Heizperiode zu speichern, benötigen wir also  $1,32 \cdot 10^{11}$  J, d. s. 1048 m<sup>3</sup> Speichervolumen. Unter Berücksichtigung von 50 cm Wandstärke und Isolation des Speichers stehen 11 x 11 m<sup>2</sup> Grundfläche für den Speicher unter dem Haus zur Verfügung. Der Speicher hätte eine Höhe von 8,66 m. Dies läßt sich kaum in einem Keller unterbringen, sondern wird zumindest das Erdgeschoß noch benötigen, so daß der Wohnteil des Hauses erst in 5,6 m über dem Boden beginnen kann. Wie man sieht, ist auch diese Art nicht sehr vorteilhaft, jedoch prinzipiell machbar.

Soll ein Haus möglichst vollständig mit Sonnenenergie beheizt werden und stehen weder riesige Flächen für Kollektoren noch riesige Volumina für Speicher zur Verfügung, dann bleibt nur mehr die dritte Möglichkeit, optimale Wärmeisolation anzubringen. Ein Paradebeispiel dafür ist ein Sonnenenergiehaus in Aachen. Die Wände bestehen hauptsächlich aus 30 cm dicker Glaswolle, alle Fenster sind dreifach verglast, mit einer IR-Reflexschicht versehen und außerdem absolut dicht. Ein Luftaustausch ist nur über das Lüftungssystem möglich, wobei durch einen Wärmeaustauscher der Abluft Wärme entzogen wird. So ist der Heizwärmebedarf bei -20 °C Außentemperatur 1700 W. Ein kleiner Heizlüfter kann das gesamte Haus von über 120 m<sup>2</sup> bei klirrender Kälte heizen. Angesichts des geringen Wärmebedarfes wäre es wahrscheinlich das Sinnvollste, das Haus mit einem billigeren konventionellen Heizsystem zu beheizen, da sich hohe Anschaffungskosten einer Solaranlage wegen des vergleichsweise geringen Verbrauches eines konventionellen Systems kaum auszahlen. Um die Möglichkeiten der Sonnenheizung zu zeigen, wurde das Haus mit 20 m<sup>2</sup> Kollektoren ausgerüstet, deren Absorberplatten im Vakuum sind und eine selektive Beschichtung haben. Der gesamte Wärmeverbrauch (Heizung und Warmwasser) ist 8300 kWh im Jahr. Das Haus hat außerdem noch verschieden temperierte Speicher, einen Abwasserwärmeaustauscher und Wärmepumpen. Die Steuerung der diversen Maschinen ist so kompliziert, daß zwei Computer im Haus fix installiert sind, um diese Aufgabe zu übernehmen.

Überall auf der Welt gibt es Sonnenhäuser, allen Häusern gemeinsam ist es, daß sie nicht eine 100 %ige Deckung des Wärmebedarfes durch die Sonne anstreben, sondern bei Bewölkung ein alternatives System verwenden. Je nach Lage des Hauses und Gewohnheit der Bewohner (Pullover anzuziehen statt zusätzlich zu heizen!) können bis zu 80 % des Wärmebedarfes durch die Sonne gedeckt werden. Die verwendeten Speicher haben Volumina zwischen 10 und 40 m<sup>3</sup>. Es lassen sich ohne weiteres architektonisch schöne Lösungen erreichen.

Ein interessantes weiteres Beispiel ist die Kombination von Kollektor und Speicher (Trombe-Wand, Abb. 9). Das zu beheizende Haus hat gegen Süden eine massive Betonwand, die geschwärzt und verglast ist. Auf der Rückseite (gegen die Wohnräume) ist sie wärmeisoliert. Bei Sonnenschein erwärmt sich die Wand und speichert Wärme. Bei Wärmebedarf wird an der Oberseite der Betonwand eine Klappe geöffnet, und warme Luft strömt in den Raum. Im Sommer kann die Anlage auch zur Zirkulation von kühler Luft verwendet werden. Die warme aufsteigende Luft der Kollektorwand geht ins Freie und saugt infolgedessen von einer Öffnung in der Rückseite des Hauses kalte Luft in das Haus. Der große Vorteil dieser Anlage ist ihre Funktionstüchtigkeit ohne Zuhilfenahme von elektrischem Strom (sonst unbedingt nötig für die Umwälzpumpen), der große Nachteil ist die Tatsache, daß das Haus keine oder nur kleine Fenster nach Süden hat.



**Abb. 9:**  
**Betonwand als Kollektor und Speicher (Trombe-Wand)**  
Die Südseite des Hauses ist als dicke, gegen das Haus isolierte und gegen außen verglaste Betonwand ausgeführt. Bei Sonneneinfall erwärmt sich die Oberfläche und speichert durch Wärmeleitung die Energie im Beton. Bei Bedarf wird an der Oberseite der Betonwand eine Klappe geöffnet, und warme Luft strömt in den Raum. Gleichzeitig wird dabei vom Boden kalte Luft abgesaugt.

Die Beispiele für Sonnenhäuser ließen sich in großer Zahl fortführen, da es ungemein viele Variationsmöglichkeiten gibt, auch einfachste Systeme funktionieren: zum Beispiel geschwärzte 1-Gallonen-Wasserflaschen, die hinter einer südlichen Glaswand gestapelt werden. Für den Fall, daß die Sonne nicht scheint, wird ein dicker Vorhang vorgezogen. Da für industrielle oder landwirtschaftliche Produktion vielfach Wärme in jenem Temperaturbereich benötigt wird, den Flachkollektoren erzeugen können, gibt es auch hier Anwendungsmöglichkeiten, obwohl wegen der Nicht-Vorhersehbarkeit der Sonnenstrahlung Grenzen gesetzt sind. Erst kürzlich wurde über eine Autolackiererei in Neumarkt/Opf., Bundesrepublik Deutschland, berichtet, die zum Trocknen des Lacks die Heißluft von Kollektoren bezieht. Die Kollektoren sind aus Edelstahl mit selektiver Beschichtung, das Wärmeübertragungsmedium ist Luft.

Mit Flachkollektoren ist wegen der Strahlungs- und Leitungsverluste der Absorberplatte die erzielbare Temperatur mit zirka 140 °C begrenzt. Höhere Temperaturen lassen sich nur durch Verringerung der Absorberfläche, das heißt durch Konzentrierung der Sonnenstrahlen, erreichen. Eine Konzentrierung um den Faktor 2 bis 3 ist durch zusätzliche Spiegel neben dem Plattenkollektor möglich. Mittels Spiegeln in Form eines parabolischen Zylinders und einem geschwärzten Rohr in der Brennlinie des Zylinders als Absorber läßt sich eine Konzentrierung um den Faktor 10 erreichen. Dabei ist es stets notwendig, daß die Spiegel der Sonne nachgeführt werden, da sonst keine Konzentrierung auf den sehr kleinen Absorber möglich ist. Eventuell ist es auch möglich, den Spiegel fix zu lassen und den Absorber zu bewegen, was zwar technisch einfacher ist, aber optimale Konzentrierung wird nur erreicht, wenn die Achse parallel zu den Sonnenstrahlen ist. Mit parabolischen Zylindern lassen sich Temperaturen von zirka 400 °C erreichen. Wird ein idealer Carnot-Prozeß zwischen 400 °C und 60 °C betrieben, so ist der Wirkungsgrad 51 %, bei praktischen Ausführungen ist er selbstverständlich weniger, und man erzielt derzeit 16–20 %. Es gibt auf der Erde ausgedehnte Wüstengebiete mit entsprechend hoher Sonneneinstrahlung, wo große Energiemengen gewonnen werden könnten.

Noch höhere Konzentrierungen können durch Spiegelanordnung in Paraboloidform erreicht werden, die theoretisch höchste erreichbare Temperatur ist die Sonnentemperatur. Eine Sonnenenergieanlage, die einen Parabolspiegel von 40 m x 50 m verwendet, befindet sich in den Pyrenäen. Der Spiegel besteht aus 9500 Einzelspiegeln, die das Sonnenlicht auf eine Fläche von einigen Quadratmetern konzentrieren. In der Brennlinie des Spiegels werden Temperaturen von 3500 °C erreicht, die Anlage wird zum Schmelzen von schwer schmelzbaren Metallen im Schutzgas verwendet. Da die Erwärmung nur durch Strahlung und somit kontaktlos erfolgt, gibt es nur geringfügige Verunreinigungen der Metalle. Die Produktion ist zirka 3 Tonnen pro Tag. Eine andere Anlage unter Verwendung von Parabolspiegeln ist der Sonnenenergiestrom in Albuquerque, New Mexico. Darüber wurde ausführlich in den Wissenschaftlichen Nachrichten bereits berichtet. Als Ergänzung sollen noch drei Rechenbeispiele folgen, die aus den vielfältigen Möglichkeiten der Sonnenenergie ausgewählt sind und über die derzeitigen Möglichkeiten informieren sollen.

1. Kosten einer solaren Warmwasserbereitung für einen 4-Personen-Haushalt. Benötigt werden 10 m<sup>2</sup> Kollektoren, zirka

S 30 000,-; ein Solarboiler, zirka S 25 000,-; Pumpe, Thermostat, Steuerung, zirka S 7000,-. Für die Installation kann man je nach notwendigen Arbeiten S 20 000,- bis S 40 000,- rechnen. Somit kostet die Solaranlage an Investitionen S 82 000,- bis S 102 000,-. Da die Solaranlage nicht ganzjährig Warmwasser liefert, muß auch eine andere Warmwasserbereitung etwa mit Heizöl vorgesehen werden. Durch die Verwendung der Solaranlage während des Sonnenhalbjahres erspart man sich zirka 1000 l Heizöl, das heißt derzeit S 6500,-, gegenüber der konventionellen Anlage. Wird die Lebensdauer der Solaranlage mit 10 Jahren angenommen und durch einen Kredit mit 10 Jahren Laufzeit zu 12 % finanziert, so sind unter Vernachlässigung von Instandhaltungskosten und Stromkosten (für Umwälzpumpe und eventuelles Nachheizen an bewölkten Tagen) die jährlichen Kosten für die Solaranlage S 12 958,- bis S 16 118,-.

**2. Heizung mit Holz.** Jeder Wald kann als Kollektor aufgefäht werden, der Sonnenenergie während der Wachstumsperiode in Form von Biomassenzuwachs (Holz, Wurzeln, Blätter/Nadeln) speichert. Die meisten Pflanzen verwandeln zirka 1 % der Sonnenenergie in Biomasse. Bei einer „Holzplantage“ wird mit kleinen Bäumen begonnen, so daß am Anfang wesentlich weniger umgewandelt wird, über die Lebensdauer des Baumes etwa 0,5 % der Sonnenenergie.

Während der Wachstumsperiode von 180 Tagen stehen zirka  $4 \cdot 10^6$  kJ pro  $m^2$  „Kollektorfläche“ zur Verfügung. Diese Energie muß noch multipliziert werden mit folgenden Faktoren: 0,7 (70 % Sonnenschein), 0,005 (0,5 % Umwandlung in Biomasse) und 0,5 (50 % der Biomasse ist verwertbar). Somit ergibt sich  $7 \cdot 10^3$  kJ/ $m^2$  verwertbare Energie.

Der Wärmebedarf des oben erwähnten Hauses beträgt bei einer Differenz zur Außentemperatur von 30° C insgesamt 13 kW. Der jährliche Bedarf an Heizenergie wird mittels der Heizgradtage ermittelt. Für Salzburg betragen zum Beispiel die Heizgradtage zirka 4000, das heißt, die Heizperiode kann ersetzt werden durch 133 Tage mit einer Temperaturdifferenz nach außen von 30° C. Bei 70 % Wirkungsgrad des Kessels benötigt man daher Holz mit Heizwert von  $2,13 \cdot 10^{11}$  J. Diese Energie kann auf 30 400  $m^2$  Waldfläche produziert werden.

Rechnen wir überschlagsmäßig in Österreich mit 1 000 000 Haushalten, die die oben angegebene Waldfläche für eine Holzplantage benötigen, so ergibt sich eine gesamte Waldfläche von 30 400  $km^2$ . In Österreich stehen bei einer Gesamtfläche von 83 000  $km^2$  als Wald 30 000  $km^2$  zur Verfügung, das heißt der Wald könnte für Heizzwecke genützt werden. Dann müßten wir allerdings auf andere Produkte des Waldes, wie Holz für Möbel, Bau oder Papier, Zellstoff usw., verzichten. Man glaubt, daß es in absehbarer Zeit möglich sein wird, Pflanzen zu züchten bzw. einzusetzen, die einen Wirkungsgrad von 2 bis 5 % haben. Dazu wird eine intensive mechanische Bodenbearbeitung und Düngung notwendig sein, deren Energieaufwand natürlich vom Energieertrag abzuziehen ist.

**3. Bau eines Sonnenkraftwerkes von 700 MW.** Der größte Bedarf an elektrischer Energie in Österreich ist im Winter. Daher sollte das Kraftwerk so ausgelegt sein, daß es zu dieser Zeit 700 MW liefert. Wir nehmen an, daß es eine Möglichkeit gibt, zumindest über kurze Zeit die eingestrahelte Sonnenenergie zu speichern, so daß man für den Flächenbedarf mit Mittelwerten in der Sonneneinstrahlung rechnen kann. Im Winter rechnet man in Österreich mit 700 W/ $m^2$  einfallende Sonnenstrahlung in den Mittagsstunden.

Das ergibt unter Berücksichtigung der geringeren Einstrahlung morgens und abends zirka 4 kWh pro Tag. Da für ein Turmkraftwerk die Spiegel der Sonne nachgeführt werden müssen, fallen stets die Sonnenstrahlen senkrecht auf den Spiegel, bei schrägem Sonneneinfall beschatten einander aber die Spiegel. Daher ist ein sinnvoller Betrieb nur etwa 5 Stunden lang möglich, wo mit 3 kWh täglich zu rechnen ist. Das ergibt über 24 Stunden gemittelt 125 W. Die pro  $m^2$  erzielbare Energie ergibt sich nun durch Multiplikation mit den verschiedenen Wirkungsgraden. Für den Kollektor 70 %, für die Sonnenscheintage (konzentrierende Kollektoren arbeiten nur mit der direkten Strahlung) 25 %, für die Turbine 20 %, für den Generator 90 %. Dies ergibt zusammen 3,2 % Wirkungsgrad oder 4 W verwertbarer elektrischer Energie pro  $m^2$  Spiegelfläche. Für 700 MW =  $7 \cdot 10^8$  W benötigt man daher  $1,75 \cdot 10^8$   $m^2$  oder 175  $km^2$  Spiegelfläche. Die Spiegel können nicht dicht aneinandergereiht sein, sondern müssen solch einen Abstand voneinander haben, daß sie sich untertags nicht gegenseitig beschatten. Sollen Sonnenstrahlen mit Neigung von mehr als 15° gegen die Horizontale voll auf die Spiegelfläche fallen, so darf die Spiegelfläche nur 21 % der

gesamte Grundfläche betragen, somit braucht das Kraftwerk eine Fläche von 833  $km^2$ . Das ist doch eine beachtlich große Fläche, etwa ein 88 km breiter Streifen von der Ausdehnung Linz-Salzburg. Es ist fraglich, ob sich dafür überhaupt in Österreich eine geeignete Fläche finden lassen würde.

Wie wir bis jetzt gesehen haben, kann die Sonnenenergie sinnvoll Wärmeenergie bis etwa 100° C liefern und bietet sich als brauchbare Alternative an. Eine konventionelle Energieversorgung ist jedoch ebenfalls notwendig, um mehrere sonnenlose Tage überbrücken zu können. Die Produktion von elektrischer Energie aus der Sonne ist ebenfalls möglich, doch mit sehr großen mit Kollektoren belegten Flächen verbunden. Außerdem müssen Möglichkeiten vorhanden sein, um größere Energiemengen für Nachtzeiten bzw. sonnenlose Tage zu speichern. Die Sonnenenergie gilt als besonders umweltfreundlich, und dies trifft insbesondere auf kleine Anlagen zu, das sind jene Anlagen, die am Dach eines Hauses installiert sind, da auf dieses Dach ohnehin Sonnenstrahlung aufreffen würde, die dann das Dach erwärmt. Ein etwas anderer Aspekt wäre bei einem Sonnenkraftwerk in Betracht zu ziehen. Hier handelt es sich um eine sehr große Fläche, auf der durch die vorhandenen Spiegel eine wesentliche Verringerung der Einstrahlung hervorgerufen wird, und selbst wenn eine landwirtschaftliche Nutzung der Fläche zwischen den Spiegeln erschwert möglich wäre, sicherlich geringere Erträge liefert. Es fragt sich weiters, welche Folgen es für den Erdboden hat, wenn die Einstrahlung plötzlich um den Faktor 2 verringert wird. Sonnenkraftwerke, gebaut als Wärmekraftmaschinen, liefern 80 % oder mehr der aufgenommenen Wärmemenge als Abwärme, die in einem Fluß oder über Kühltürme an die Atmosphäre abgegeben wird.

Die häufige Verwendung von Holz als Brennstoff kann ebenfalls Probleme mit der Luftreinhaltung bringen. In der amerikanischen Stadt Denver lieferte zum Beispiel die Verbrennung von Holz in den Haushalten im Jahre 1978 doppelt soviel Ruß wie Lastkraftwagen und dreimal soviel Ruß wie Gasfeuerungen.

Ein sicherlich schwer zu lösendes Problem schafft eine längere Periode mit geringer Einstrahlung, wenn etwa nach 3 Tagen alle Haushalte auf die Alternativenergie Strom umschalten. Es muß dann plötzlich für kurze Zeit eine sehr große elektrische Leistung zur Verfügung gestellt werden, um einen Zusammenbruch des Netzes zu verhindern. Das bedeutet, daß viele Großkraftwerke für wenige Betriebstage im Jahr bereitstehen müssen.

Wenn man die stürmische Entwicklung der Sonnenenergie in den letzten Jahren verfolgt, so muß man eigentlich feststellen, daß wir uns noch im Anfangsstadium befinden und noch mit wesentlichen Fortschritten in der näheren Zukunft rechnen werden können. Es bleibt zu hoffen, daß in vielleicht 10 Jahren uns Probleme von heute als nicht mehr wichtig erscheinen und daß es uns dann gelingen wird, die Sonnenenergie wesentlich wirkungsvoller einzusetzen.

#### LITERATUR:

- J. C. McVeigh, Sun Power, An Introduction to the Applications of Solar Energy, Pergamon Press, London.
- P. R. Sabady, Haus und Sonnenkraft, Helion, Zürich.
- Rummich, Nichtkonventionelle Energienutzung, Springer, Wien.
- Meinel, Applied Solar Energie, Adison Wesley, Reading, Massachusetts.
- Williams, Solar Energy, An Arbor Science Publishers, Michigan.
- Bild der Wissenschaft, Heft 2/1981, Seite 16.

## Zur gefahrlosen Verwahrung des radioaktiven Abfalls

Die Behauptung, es geschähe nichts zur sicheren Verwahrung der radioaktiven Abfälle aus Spaltkraftwerken, trifft glücklicherweise nicht zu. Sie entspringt meist der auf mangelnder Information beruhenden Unkenntnis über die einschlägigen Forschungsaktivitäten auf Gebieten, die dem Verständnis des Laien nicht oder nur schwer zugänglich sind.

Deshalb erscheint es angebracht, über ein Bestreben zur Lösung des Entsorgungsproblems zu berichten, das man seitens der Bundesrepublik Deutschland in Belgien in die Tat umsetzt. Es handelt sich um die Anlage PAMELA (= Pilot-Anlage Mol zur Erstellung endlagerfähiger Abfälle) der Deutschen Gesellschaft für Wiederaufbereitung von Kernbrennstoffen (= DKW), deren Bau im August 1981 begonnen hat.

Die Anlage wird am belgischen Standort Mol des EURO-CHEMIE-Werkes mit 115 Mio. DM Kostenaufwand errichtet. 92 Mio. DM (= 80 %) bezahlt der Bund, 23 Mio. DM (= 20 %) die DWK.

Die EUROCHEMIE ist mit der Wiederaufbereitung instabiler Stoffe befaßt, wobei zunächst 60 m<sup>3</sup> hochradioaktiven Abfalls, der in flüssiger Form dabei anfällt, in der PAMELA-Anlage verglast werden sollen. Das Verglasungsverfahren funktioniert bereits im kleinen, nun will man sehen, ob es auch im industriellen Großverfahren verwirklicht werden kann.

Die Verglasung erfolgt in zwei Verfahrensweisen. Die eine stellt große Glasblöcke dar, die andere produziert Glasperlen und bettet sie in eine Metallmatrix. Die so entstandenen, radioaktive Substanzen enthaltenden Objekte genügen den höchsten Anforderungen hinsichtlich langfristiger Stabilität und Auslaugresistenz.

Um an einem konkreten Beispiel illustrierte Daten mitteilen zu können, sei das Kernkraftwerk Biblis in der BRD herangezogen. Dort fallen pro Jahr 30 Tonnen unwirksam gewordener Brennelemente an, die 3,5 m<sup>3</sup> verglasten Abfalls liefern. Das Kraftwerk Biblis stellt dem Verbundnetz pro Jahr 8,2 TWh an elektrischer Energie zur Verfügung. Zur Bereitstellung derselben Energie durch ein kalorisches Kraftwerk auf Steinkohlenbasis wären 2,7 Mio. t Steinkohle nötig, welche die Lufthülle mit CO<sub>2</sub> anreichern und die Umgebung außerdem mit SO<sub>2</sub> belasten.

Zur Verglasung der oben genannten 60 m<sup>3</sup> wird die PAMELA-Anlage zwei Jahre lang zu arbeiten haben. Während dieser beiden Betriebsjahre darf man auf wichtige weitere technische Erfahrungen hoffen, mit denen man sicher danach dem leidigen Entsorgungsproblem noch besser zu Leibe rücken wird können.

#### LITERATUR:

Phys. Bl., Dez. 1981, S. 375, DWK 12-81, PAMELA, eine Anlage für radioaktiven Abfall.

## DESY: Aus DORIS I wurde DORIS II

In Hamburg ist immer etwas los! Vor vier Jahren hatte man den Elektron-Positron-Speicher **Doris I modifiziert**, damit die Energie der in den beiden Ringkanälen getrennt gespeicherten Elektronen und Positronen von 3,5 GeV auf 5,1 GeV erhöht werde. Der Grund lag vornehmlich im Bestreben, über das damals eben entdeckte Upsilon-Teilchen Näheres zu erfahren. Die Modifikation war nicht vergeblich gewesen. Doris brachte die Upsilon-Physik ein gutes Stück weiter.

Im Jahre 1980 hatte das **HASYLAB** von DESY in aller Welt großes wissenschaftliches Interesse geweckt, nimmt das Labor doch bahnbrechend an der Erforschung und Anwendung der Synchrotronstrahlung teil und nimmt in diesem Forschungszweig eine mit Abstand führende Stellung in der Welt ein.

Das Projekt HERA ist die nächste gewaltige Aufgabe, die man sich bei DESY gestellt hat (siehe Wiss. Nachr., Nr. 55, S. 34, Das HERA-Projekt von DESY). In der HERA-Anlage sollen **Elektronen** und **Protonen** zur Kollision gebracht werden. Die beiden Ringkanäle zur getrennten Speicherung der zwei Partikelarten werden 6,5 km Umfang haben. Die Endenergien der Elektronen und Protonen sind mit 40 GeV bzw. 820 GeV geplant.

Und schon wurde ein weiteres Vorhaben in Angriff genommen und auch prompt verwirklicht. Am 2. 11. 1981 hatte man DORIS I endgültig abgeschaltet und mit dem Umbau begonnen, dessen Abschluß für Mai 1982 vorgesehen war. Der Entschluß, dies zu tun, entsprang der Neugierde, was beim Zusammenstoß der hochenergetischen Leptonen mit den Protonen passieren werde.

Die Leistungssteigerung gegenüber DORIS I betrifft folgende Parameter:

1. Erhöhung der **Luminosität** um den Faktor 10. Die Luminosität ist ein Maß für die Kollisionswahrscheinlichkeit der gegeneinander laufenden Teilchen. Je größer sie ist, in desto kürzerer Versuchszeit ereignen sich die jeweils interessierenden Vorgänge. So würde DORIS II schon nach einer Woche Laufzeit dieselbe Statistik liefern wie DORIS I in 2 1/2 Monaten (siehe Wiss. Nachr., Nr. 58, 1/1982, S. 44, Speicherring PETRA verbessert).

2. Höhere **Teilchenenergie**. Die bisherigen 5,1 GeV steigen auf 5,6 GeV.

3. Während DORIS I ein Doppelspeicherring war (daher die zwei ersten Buchstaben DO im Namen), kreisen in DORIS II sowohl Elektronen wie auch Protonen in einem gemeinsamen Umlaufing. (Der Name der Anlage bleibt der Tradition zuliebe erhalten.) Die gemeinsame Speicherung ist wegen der konträren Ladungsvorzeichen möglich, das gemeinsame Magnetfeld beschleunigt ja Elektronen und Protonen in entgegengesetzten Richtungen, so daß beide Arten gegensinnig umlaufen.

4. Infolge des Umbaus, der verringerten Polabstände der Magnete und dank der Verwendung der Spulen aus dem nunmehr unbenützten Ring von DORIS I sinkt die erforderliche elektrische **Leistungszufuhr** auf ein Drittel des früheren Bedarfs. In wenigen Jahren werden so die Umbaukosten heringebracht sein.

5. Die Abänderung des Verfahrens der **Teilcheninjektion** in den Ringkanal macht es nun möglich, ihn mit Teilchen für beliebige Endenergien (bis zu 5,6 GeV) zu füllen, ohne andere umständliche Maßnahmen treffen zu müssen. Die vorgesehene elektrostatische Strahlentrennung wird das noch weiter vereinfachen. Der Vorteil: Die überflüssig gewordene Energieanpassung spart Zeit, die für Versuche verwendet werden kann.

6. Schließlich besitzt die Anlage ein neues Vakuumrohr mit verringertem Durchmesser und besonders glatten Innenwänden. Es stellte sich nämlich heraus, daß weniger glatte Wände störende Hochfrequenzschwingungen erzeugen.

Auch bei den Nachweisgeräten für die Partikel gibt es gute Fortschritte.

a) Bei DESY wurde ein **Universaldetektor** entwickelt, der den vielsagenden Namen ARGUS trägt.

b) Ein anderes Gerät ist der sogenannte **Kristall-Ball**. Das ist eine Anordnung (Durchmesser 1,5 m) von 672 pyramidenförmigen NaJ-Kristallen, welche kugelsymmetrisch die im Zentrum befindliche Kollisionszone umgeben. Bei flüchtiger Betrachtung gewinnt man den Eindruck einer großen Kugel, in Wahrheit ähnelt der Detektor jedoch mehr einem Polyeder mit 672 Seitenflächen, den Basen der kongruenten NaJ-Kristalle. Der Kristall-Ball wurde an der Stanford-Universität gebaut und schon ein paar Jahre lang im SLAC-Beschleuniger mit bestem Erfolg eingesetzt. Ein Heeresgroßflugzeug der USA führte die gegen Stoß und Feuchtigkeit hochempfindliche Kristallanordnung von Stanford nach Hamburg. Der Kristall-Ball übernimmt die Funktion des bisher benützten Doppelarmspektrometers DASP.

#### LITERATUR:

a) Phys. Bl., I. 1982, S. 82, P. Waloschek, DORIS II – ein (fast) neuer Speicherring.

b) CERN Courier, XI. 1981, S. 397, DORIS-II, New Storage Ring in Old Tunnel.

## Eine elementare Ableitung der Gleichung $E = M \cdot c^2$

Die Begründung der Äquivalenz von Masse und Energie unterbleibt zumeist im Physikunterricht, weil eine den Schülern zumutbare Methode teils wenig bekannt, teils ungenügend didaktisch aufbereitet ist.

Bei der Int. Konferenz über den Physikunterricht im September 1980, die im Int. Physik-Zentrum Triest stattfand, erhielt der Verfasser dieser Zeilen eine Anregung, wie der aufgezeigte unbefriedigende Zustand im Oberstufenunterricht einfach und klar beseitigt werden könnte.

Drei Vorkenntnisse sind allerdings zum Verständnis notwendig, die aber i. a. schon bei früheren Themen vermittelt werden, wenn vielleicht auch nicht im gezielten Hinblick auf die spätere Verwendung bei der Einsteinschen Gleichung. Das ist Sache des Lehrers, der ja in seiner Unterrichtsplanung stets den gesamten Lehrstoff im Auge behalten soll, um in Bedachtnahme auf erst später auftretende didaktische Probleme die zur Entschärfung nötigen Akzente schon vorher zu setzen.

Die erste Voraussetzung betrifft die Kenntnis des **Impulsatzes**.

Entlang der Luftkissenbahn bewege sich ein güterwaggonartiges Wägelchen A gleichförmig. An zwei zur Bahn symmetrisch angeordneten Standpunkten S, S' befinde sich je eine Vorrichtung, die eine Lehmkugel L (bzw. L') senkrecht zur Wagenbahn wegzuschleudern vermag. Von jeder Schleuder möge gleichzeitig mit übereinstimmender Geschwindigkeit eine Lehmkugel in einem Augenblick senkrecht zur und gegen die Bahn geschleudert werden, der so gewählt werden muß, daß die zwei Kugeln L, L' genau über dem vorbeierollenden Wägelchen A kollidieren. Haben L, L' zudem noch gleiche Masse, so kommen sie, da vollkommen unelastisch, zur Ruhe und plumpsen in das Wägelchen. Dieses wird infolgedessen, wie nachstehend näher dargelegt, nach dem Impulssatz langsamer. Das ist ein unmittelbar einleuchtender Sachverhalt, der auch quantitativ dargestellt werden kann.

In Abb. a) ist die y-Achse die Bahn von A, das sich mit der Geschwindigkeit  $\vec{v} = (0, v)$  bewegt und dessen Mittelpunkt zur Zeit  $t = 0$  gerade über den Punkt P(0, -y<sub>0</sub>) hinweggleitet. Die Orte der Schleudern sind S(-x<sub>0</sub>, 0), S'(x<sub>0</sub>, 0). Die völlig unelastischen Lehmkugeln L, L' haben die Geschwindigkeiten

$$\vec{v}_L = (u, 0), \vec{v}_{L'} = (-u, 0).$$

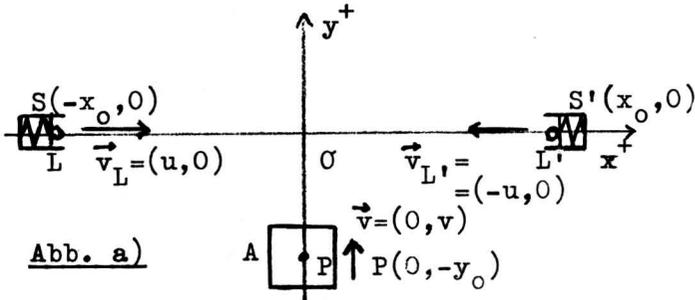


Abb. a)

Damit L und L' genau dann kollidieren, wenn sie sich über A befinden, muß die Gleichung  $x_0/u = y_0/v$  erfult sein.

L, L' haben bezüglich A die Relativgeschwindigkeiten

$$\vec{v}_L - \vec{v} = (u, -v), \vec{v}_{L'} - \vec{v} = (-u, -v).$$

Die y-Komponenten der Impulse von L, L' sind also bezüglich A negativ orientiert. D. h., nach dem Fall der Kugeln in den Waggon werden dessen Impuls und damit dessen Geschwindigkeit verringert.

Die zweite Voraussetzung ist in der Optik zu schaffen, nämlich anhand einer Bemerkung über den **Strahlungsdruck** des Lichtes, der schon von Maxwell – also lange vor Einstein – theoretisch gefordert und von anderen experimentell nachgewiesen wurde. Sobald jedoch ein Objekt Druck ausübt, muß es Impuls besitzen. Auf Grund der Maxwellschen Lichttheorie hat ein endlicher Lichtstrahl, der sich aus lauter parallelen Wellenzügen zusammensetzt und dessen Energieinhalt E beträgt, einen Impuls vom Betrage  $p = E/c$ .

Schließlich soll in der Optik kurz die **Aberration** des Lichtes besprochen worden sein.

Nach kurzer Rekapitulation der angefuhrten Sachverhalte bereitet der Nachweis der Richtigkeit von  $E = M \cdot c^2$  keine nennenswerten Schwierigkeiten mehr. Dies geschieht zwar für einen Sonderfall, aus dem aber auf die Allgemeingültigkeit der Einsteinbeziehung hingewiesen werden kann.

Abb. b) zeigt (an Stelle der Schleudern) die Lichtquellen S, S' in den (gleich bezeichneten) Punkten S(-x<sub>0</sub>, 0), S'(x<sub>0</sub>, 0), von denen im Zeitpunkt  $t = 0$  zwei völlig gleichartige, einander entgegenlaufende Lichtpulse L, L' ausgehen. Jeder Puls habe die Energie E/2 und dieselbe Emissionsdauer  $\tau$ .

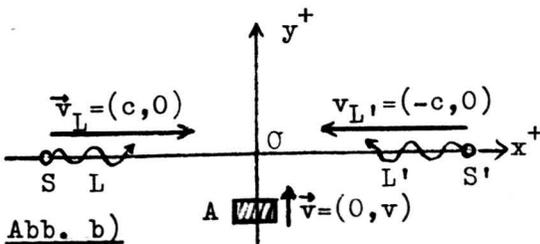


Abb. b)

Das Wägelchen ist durch den Schwarzen Körper A (Masse M) ersetzt zu denken, der alles auftreffende Licht vollstandig absorbiert. A befindet sich zur Zeit  $t = 0$  im Punkt P(0, -y<sub>0</sub>) und habe die Geschwindigkeit  $\vec{v}_A = (0, v) \cdot x_0/y_0$ . Sind so gewählt zu denken, daß L und L' genau dann im Ursprung 0 eintreffen, in dem A den Ursprung passiert. Dies, damit L und L' von A absorbiert werden können. (Bedingung:  $x_0/c = y_0/v = \tau$  muß natürlich kurz genug ausfallen, damit A trotz seiner Bewegung alle Wellenzüge, aus denen sich L, L' zusammensetzen, absorbieren kann.) Nach der Absorption hat A die Energie E aufgenommen.

Wir betrachten nun die Impulsbilanzen unmittelbar nach der Lichtemission, also **vor** der Absorption und **im** Augenblick der Absorption.

**a) Vor der Absorption:**

Impuls von L . . .  $\vec{p}_L = (E/2c, 0)$

Impuls von L' . . .  $\vec{p}_{L'} = (-E/2c, 0)$

Impuls von A . . .  $\vec{p}_A = (0, M \cdot v)$

**Impulssumme** = (0, M · v).

**b) Im Augenblick der Absorption:**

In der Abb. c) ist die Situation so dargestellt, wie sie einem mit A starr verbundenen Beobachter erscheint. Die Lage der Objekte zur Zeit  $t = 0$  ist voll ausgezogen, z. Zt.  $t = x_0/c = y_0/v$  (Augenblick der Kollision) ist sie gestrichelt gezeichnet. Für den Beobachter in A kommt das Licht schräg von links bzw. rechts „vorne“; d. i. der Aberrationseffekt. Der Neigungswinkel  $\alpha$  der Lichtstrahlen gegen die x-Achse ergibt sich aus der Gleichung

$$\sin \alpha = v/c.$$

Wegen  $v \ll c$  darf der Sinus durch die Bogenlänge ersetzt werden  $\alpha \approx v/c$ .

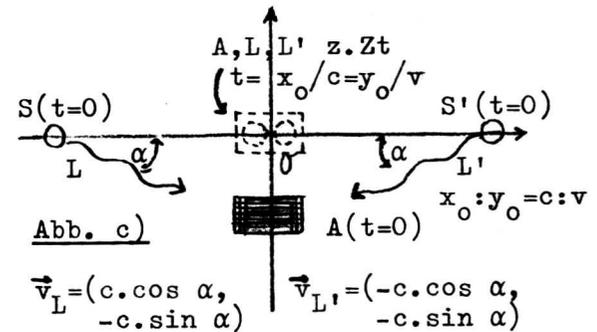


Abb. c)

Die zur x-Achse parallelen Impulskomponenten von L, L' heben einander auf, während die zur y-Achse parallelen Komponenten den Wert

$$-(E/2c) \cdot \sin \alpha \approx -E \cdot v/2c^2$$

haben. Nach der Kollision lautet somit die Impulssumme

$$(0, M \cdot v) + (0, -2 \cdot E \cdot v/2c^2) = (0, M \cdot v - Ev/c^2).$$

Nach dem Impulssatz sollen die in a) und b) gewonnenen Impulssummen übereinstimmen, aber die Gleichung

$$(0, M \cdot v) = (0, M \cdot v - Ev/c^2)$$

ist unlösbar.

Die einzige Größe, die als veränderlich in Betracht kommt und so die Gleichung lösbar machen könnte, ist die Masse von A, die nach der Energiezufuhr offenbar einen anderen Wert M' annimmt. Aus

$$(0, M \cdot v) = (0, M' \cdot v - Ev/c^2)$$

folgt dann

$$M \cdot v = M' \cdot v - Ev/c^2,$$

$$M' - M = \Delta M = E/c^2.$$

Das ist die Einsteinsche Gleichung, **der Energiezufuhr E entspricht die Massenzunahme E/c<sup>2</sup>.**

Da es gleichgültig ist, in welcher Form die Energiezufuhr erfolgt, darf die Einsteingleichung als allgemein gültig angenommen werden.

## Radfahrer zieht 40-Tonnen-Gerät

Die berechtigte – manchmal jedoch mit einem gewissen abschätzigen Unterton ausgesprochene – Frage, ob die hohen Kosten zum Bau und Betrieb der Hochenergieanlagen

gegenüber dem Steuerzahler verantwortlich sind, wird am besten durch Aufzählen der industriell interessanten Nebenprodukte und Techniken beantwortet, die von diesen Forschungsstätten laufend in den technischen Alltag diffundieren.

Der Erfindungsreichtum, die technische Phantasie und das rasche Aufgreifen neuer Ideen sind für die Tätigkeiten an diesen Einrichtungen typisch, egal ob es sich um Distanzmesser, supraleitende Drähte, magnetische oder elektrostatische Separatoren, um Ionenquellen und vieles andere handelt, die Teilchenphysiker belohnen die Gesellschaft für die zur Verfügung gestellten Mittel durch zahllose Erfindungen und neue Verfahren, die der Industrie bedeutende Impulse geben.

Wir sind nun in der Lage, unsere Leser über eine bei CERN angewandte Transporttechnik zu informieren, die wohl jenen, die davon erfährt, in Staunen versetzt.

Bekanntlich kommen in der Partikelphysik (= Hochenergiephysik) komplizierte Geräteanordnungen zum Einsatz, deren Masse u. U. etliche Tonnen beträgt und deren Volumen den Inhalt großer Wohnzimmer erheblich übersteigt. Gewisse Gerätesätze werden einmal an einer Stelle (CERN, DESY, FNAL usw. verfügen über mehrere große Experimentierhallen), dann wieder an einer anderen gebraucht. Die übliche Art der Übersiedlung derartiger Aggregate würde zum Zerlegen am alten und zum Zusammenbau am geänderten Aufstellungsort zwingen, ein zeitraubendes, fehlerträchtiges, teures Unterfangen.

Doch die CERN-Leute sind niemals um Auswege verlegen, wenn Schwierigkeiten auftauchen. Das zeigte sich bei CERN, als ein Gerätekomplex von 40 Tonnen den Standort zu wechseln hatte. Der Block stand natürlich nicht auf Rädern, vielmehr fußte er mit ansehnlicher Basisfläche am Boden der Experimentierhalle. Wäre er eine simple Kiste gewesen, hätte man ihn einfach weitergeschoben, aber 40 Tonnen...?

Die CERN-Techniker entschieden sich – für den Außenstehenden zunächst befremdlich – fürs Verschieben, aber nicht so, wie man Kisten verschiebt. Es wurde Luft mit 4 bar Druck zwischen Basisfläche und Boden geblasen, damit der Block auf dem so erzeugten und aufrecht erhaltenen Luftkissen (das in vertikaler Richtung ganz dünn war) ohne jedwede Bodenberührung frei schwebt. Damit war die Reibung völlig ausgeschaltet, ebenso jede Erschütterung infolge von Unebenheiten. Ein einziger Mann saß auf dem fahradähnlichen Vorspann und war imstande durch bloßes Treten der Pedale das Gerät zum neuen Einsatzort zu ziehen. Der Kraftaufwand für den 40-t-Block betrug ganze 400 N!

Selbstredend muß der Hallenboden, über den der Block gleitet, für solche Transporte ganz fest sein, damit er sich nicht unter der Last verformt. Die Bodenglätte stellte man durch Aufbringen einer Kunstharzschicht her.

Was das Luftkissen betrifft, so erscheint es auf den ersten Blick unglaublich, daß 4 bar Druck ausreichen, das Monster frei schwebend zu erhalten. Doch ist zu überlegen: Die (dem Verfasser des Berichtes nur auf Grund eines Fotos annähernd bekannte) Basisfläche des Blocks dürfte etwa  $20 \text{ m}^2$  Inhalt haben. D. s.  $2 \cdot 10^5 \text{ cm}^2$ . Die Kraft, die 4 bar auf diese Fläche ausüben, entspricht dem Gewicht einer 200-t-Masse. Natürlich wird nur ein Teil des Druckes für das Schweben benötigt, aber 20 % Nutzung der Gesamtkraft genügen, 4 t in Schwebe zu halten.

Ein Hauptvorteil des Verfahrens besteht darin, daß der Block mit höchster Präzision ohne Stoßgefährdung des hochempfindlichen Geräteensembles befördert werden kann. Demnächst (beurteilt vom Datum des Verfassens dieses Artikels, dem März 1982) plant CERN einen ähnlichen Transport eines 400-Tonnen-Blocks

#### LITERATUR:

1. Umschau i. W. u. T., 8. 1. 1982, S. 6, Ein Radfahrer zieht 40 Tonnen.
2. CERN Information, PR 18/81.

## Eine vielversprechende Theorie der Galaxienbildung

Obwohl verschiedene Hypothesen das Entstehen von Galaxien zu erklären versuchen, weist doch jede von ihnen Mängel auf, die gravierend genug sind, sie noch nicht als adäquate Beschreibung der Wirklichkeit anzuerkennen. In

jüngster Zeit scheint aber eine Methode zur Klärung der Lage entwickelt worden zu sein, deren Ergebnisse in jeder Hinsicht befriedigen. Sie ist, wie nachstehend näher auszuführen sein wird, auf mathematische Simulation, auf Analogien zur Entwicklung biologischer Kollektive und zum Einsickern von Phasenübergängen in Festkörpern gegründet. Die neue Theorie macht auch verständlich, weshalb Galaxien im wesentlichen als **elliptische** und **spiralförmige** auftreten.

Sterne entstehen bekanntlich in Ansammlungen von interstellarem Gas und Staub, sofern Masse und Dichte der Wolke ausreichen, um die Kontraktion durch Eigengravitation einzuleiten. Die Sterne selbst sind um so kurzlebiger, je größere Masse sie haben. Beträgt diese etwa 10 Sonnenmassen, dann dauert es nur an die 10 Mio. Jahre, ehe eine Supernova-Explosion das Objekt, richtiger, was davon als Stern übrig bleibt, dem Endzustand zuführt.

Die Katastrophe ruft in der Gaswolke eine Stoßwelle hervor, welche Dichteinhomogenitäten erzeugt, in denen u. U. die Kriterien für die Bildung neuer Sterne erfüllt sind. In der so gebildeten neuen Sternengeneration befinden sich dann auch einige besonders massive Objekte, die ihrerseits neuerdings binnen kurzem ein Supernovaereignis erleben, dessen Stoßwellen eine dritte Sternengeneration entstehen lassen usw.

Die Beobachtung hat gezeigt, daß weder unsere Milchstraße noch die anderen Galaxien wie starre Körper um die eigene Achse rotieren, vielmehr nimmt die Winkelgeschwindigkeit ihrer Sterne mit wachsendem Abstand vom galaktischen Zentrum ab. Je weiter „außen“ sich eine durch Stoßwellen entstandene Sternengeneration befindet, desto langsamer rotiert sie. Das heißt, sie und die vor ihr gebildeten Sternengenerationen (die dann natürlich nur mehr langlebige, da massenärmere Objekte enthalten) ordnen sich allmählich in Form eines Spiralarms an. Auch frühere, rein gravitativ argumentierende Hypothesen führen auf Spiralstrukturen, die sich jedoch infolge der differentiellen Rotation immer stärker um die Drehachse wickeln und schon nach ein paar 100 Mio. Jahren durch Zerstreuung völlig aufgelöst sind. Das widerspricht der Erfahrung sowie dem Alter des Universums von 10 bis 20 Mrd. Jahren.

Der Mathematiker J. H. Conway hat die Entwicklung einer biologischen Population auf Sternpopulationen übertragen, indem er die gleichlaufenden Vorgänge durch das folgende Spiel simulierte. Eine ebene Fläche ist schachbrettartig in viele Felder unterteilt. Einige Felder sind in irgendeiner Zufallsverteilung mit je einem Stein besetzt. Daneben besteht eine Vorschrift, nach der a) gewisse Steine zu entfernen, b) gewisse leere Felder mit je einem Stein zu besetzen sind. Eine solche Vorschrift (Regel) könnte etwa lauten:

a) Ein Stein „stirbt“, wenn die ihn unmittelbar umgebenden entweder höchstens 2 Steine oder mehr als 3 Steine enthalten;

b) ein Stein wird „geboren“, wenn sich auf den unmittelbar benachbarten Feldern genau 3 Steine befinden („Überbevölkerung“).

Die Anfangsverteilung (1. Generation) wird nach diesen Regeln verändert, die so entstandene neue Verteilung stellt die 2. Generation dar. Nun werden auch auf sie die Regeln angewandt, und es entsteht die 3. Generation. Das Spiel wiederholt man ständig weiter und sieht zu, ob die Population erhalten bleibt oder nach einiger Zeit ausstirbt.

An sich ist es gleichgültig, ob die Steine des Spiels Lebewesen oder Sterne darstellen. Natürlich sind die Verfahrensregeln den die Geburt oder den Tod eines Sternes bewirkenden Kräften (Gravitation, nukleares Brennen, Stoßwellen) entsprechend zu wählen. Auf die geschilderte Weise erhielten M. W. Mueller und W. D. Arnet zwar räumlich sehr ausgedehnte Spiralstrukturen, die aber leider nur geringe Ähnlichkeit mit den im Weltraum beobachteten zeigten. Überdies waren sie zu kurzlebig.

Darauffin ersetzten H. Gerola und P. E. Seiden die streng determinierten Geburts- und Todesbedingungen durch Wahrscheinlichkeitsbedingungen und erhielten fast sofort genau jene Spiralmuster, die für die Spiralgalaxien charakteristisch sind.

Zu klären blieben noch die Umstände, welche die Gaswolke in eine elliptische bzw. Spiralgalaxis umwandeln. Aber auch dieses Problem wurde gelöst. Als entscheidend stellte sich die Wahrscheinlichkeit  $p$  heraus, mit der aus einer Supernova-Explosion in der Wolke ein neuer massenreicher Stern entsteht. Ist  $p$  zu klein, dann „verhungert“ die entstehende Galaxis mangels Nachwuchses. Ist hingegen  $p$  zu

groß, dann erfolgt die Sternbildung in raschem Tempo. M. a. W. Es kommt auf das Verhältnis der Sternbildungsrate  $S$  zur gravitativen Kollapsrate  $K$  der Gaswolke an.

Ist  $S$  größer als  $K$ , dann verandelt sich nahezu das gesamte Gas der kollabierenden Wolke in Sterne, ehe noch die Wolke zur Scheibenform deformiert ist, es entsteht eine **elliptische Galaxis**.

Sobald jedoch  $S$  kleiner als  $K$  ausfällt, wird die Scheibenform bereits erreicht, ehe noch alles Gas zu Sternen kondensiert wurde. Das Ergebnis ist in diesen Fällen eine **Spiralgalaxis**.

Ferner spielt noch folgendes eine wichtige Rolle. Betrachten wir einen Wald- mit einem Alleebestand. Da der Wald zweidimensional ist, ist bei gegebenem Baumabstand  $D$  die Wahrscheinlichkeit  $p$ , daß ein bereits brennender Baum einen benachbarten in Flammen setzt, größer als für Alleebäume. Analog ist  $p$  in der eher zweidimensionalen galaktischen Scheibe geringer als in der dreidimensionalen Wolke vor Erreichen der Scheibenform, daß die Stoßwellen eines Supernova-Ereignisses übermassive Sterne erzeugen. In der Scheibe sinkt somit die Sternbildungsrate  $S$ , und es ist genügend Zeit vorhanden, daß sich Spiralstrukturen herausbilden, wie wir sie im Universum beobachten.

Man darf hoffen, daß uns der künftige Ausbau des eben skizzierten Forschungsweges dem Verständnis der Galaxienbildung um einen wesentlichen Schritt näherbringen wird.

#### LITERATUR:

1. Physics News in 1981, Public Information Division of the American Inst. of Physics, S. 61, Galaxies, the Game of Life, and Percolation.
2. Scient. Am., Okt. 1970, S. 120, M. Gardner.
3. Astrophys. J., Bd. 210, S. 670 (1976), M. W. Mueller, W. D. Arnet.
4. Astrophys. J., Bd. 242, S. 517 (1980), H. Gerola, P. E. Seiden, L. S. Schulman.

## Neue Wege für optische Fernrohre

Der 5-m-Spiegel des Observatoriums auf dem Mt. Palomar leistet seit einem halben Jahrhundert der Himmelskunde hervorragende Dienste. Der 6-m-Spiegel im Kaukasus hat leider nicht alle in ihn gesetzten Erwartungen erfüllt, d. h., mit etwa 5 m und ein wenig darüber hinaus sind offenbar die Grenzen der konventionellen Himmelsbeobachtung erreicht. In zwei Richtungen sind jedoch auch bei optischen Geräten noch namhafte Fortschritte möglich. Einmal dadurch, daß man die Photoplatte durch moderne Photodetektoren ersetzt, die sind nämlich ungefähr 100 mal empfindlicher als Photoemulsionen, sie registrieren Lichtstromdichten fast bis zur Rauschgrenze hinab. Die andere Richtung geht dahin, nicht mehr einen einzigen Glaskörper als Spiegel zu verwenden, vielmehr statt dessen durch Zusammenbau mehrerer kleinerer Einzelspiegel größere Spiegeldurchmesser zu gewinnen. Dies hat in verschiedenen Observatorien bzw. Universitäten Aktivitäten induziert, denen hoffentlich Erfolg beschieden sein mag!

a) An der **Univ. in Kalifornien** hat sich eine Gruppe konstituiert, die einen 10-m-Spiegel plant. Er wird sich, wie schon oben angedeutet, aus 36 honigwabeförmig angeordneten, sechseckigen Teilspiegeln zusammensetzen. Sie müssen natürlich haarscharf auf dieselbe Brennebene fokussiert sein, was wohl nur durch separate elektronische Steuerung jedes Teilspiegels ermöglicht werden kann. Zudem muß die Oberfläche mit der Toleranz von  $0,1 \mu\text{m}$  die vorgeschriebene Form besitzen.

b) Die **Univ. Texas** plant einen 7,6-m-Spiegel aus einem Block. Nun, man wird ja sehen.

c) Die Astronomen an der **Univ. Arizona** wollen das bereits in Betrieb stehende (= Multi-Mirror Telescope) so verbessern, daß es einem 4,5-m-Spiegel äquivalent wird. (Das MMT ist bereits aus mehreren Teilspiegeln zusammengesetzt.) Ja, man denkt sogar an ein 15-m-Gerät, ebenfalls aus Einzelsegmenten bestehend. Außerdem soll mit ihm nicht nur im optischen Bereich, sondern auch im Infraroten beobachtet werden können.

Das Riesengerät dürfte wohl die Stellung eines Nationalfernrohres der Vereinigten Staaten einnehmen, sofern die hierzu nötigen finanziellen Mittel aufgebracht werden und die Konstruktion klappt. Allgemein steigen die Kosten mit der 2.6ten Potenz des Spiegeldurchmessers, die Kosten für die Kuppel sind zum Durchmesser proportional.

Konventionelle Spiegel von 6 m Weite haben 160 Tonnen Masse. Das Segmentieren gestattet eine wesentliche Massenreduktion. Bei großer Masse verzerrt sich das Material durch die Schwerkraft, ähnlich einem Honigtropfen. Neben möglichst kleiner Masse mildert auch die azimutale Montage diesen Viskositätseffekt. Doch treten dann Probleme bei der Nachführung auf, deren Bewältigung einen recht aufwendigen Computereinsatz nötig macht. Beim schon arbeitenden MMT (2 m Spiegeldurchmesser) sorgen mehrere Laserstrahlen in komplizierter Weise für die übereinstimmende Fokussierung der Teilspiegel. Die thermisch bedingten Deformationen lassen sich nur durch Verwendung sehr teurer Spezialgläser abfangen.

#### LITERATUR:

Physics Today, Juli 1981, S. 17, -BMS, Large New Technology: Optical Telescopes Proposed.

## Der 2,4-m-Spiegel für das Raumteleskop ist fertiggestellt

Der 5. Dezember 1981 war ein denkwürdiger Tag für alle am Bau des Primärspiegels für das künftige Raumteleskop Beteiligten, das die Erde ab 1985 außerhalb der Lufthülle umrunden soll.

Dem Bau des Spiegels ließ man unbeschreibliche Sorgfalt angedeihen, Fachkreise bezeichnen ihn als „Kronjuwel“ der optischen Astronomie. Noch nie erreichte die Präzision beim Herstellen derartiges Ausmaß. Nach Jahren theoretischer Berechnungen und vorbereitender, konstruktiver Tätigkeit waren mit obigem Datum die letzten Arbeiten abgeschlossen. In der für diese Zwecke bestimmten Stahl-Vakuummkammer des optischen Werkes der Perkin-Elmer-Corporation wurde der Glaskörper in waagrecht Lagerung hochgezogen und schwebte in ca. 5 m Höhe über dem Hallenboden. Der Stahlring, in den der Spiegel gebettet war, hing wie ein Luster an einem in der Decke der Kammer befestigten Trageisil. Riesige Vakuumpumpen senkten den Luftdruck in der Kammer auf  $1/1000$  des Wertes, der auf der vorgesehenen Umlaufbahn herrscht.

Schon Tage vorher hatte man den Spiegel auf  $125^\circ\text{C}$  erwärmt, um sämtliche Gasreste, die allenfalls an der Oberfläche haften, auszutreiben. Dann erfolgte die ganz langsame Abkühlung auf Zimmertemperatur. Dies sowie andere Maßnahmen erforderten eine Woche angestrengtester Arbeit.

Der letzte Akt bestand im Aufbringen der reflektierenden Aluminium-Schicht auf den Spiegel. Elektronen-Kanonen richteten ihre Strahlen auf das zu verdampfende Metall und erfüllten so alsbald die Kammer mit Al-Dampf – natürlich in sehr starker Verdünnung. Nach exakt 1 min 51 s bedeckte ein lediglich 65 nm dicker Al-Film die Glasoberfläche. Nach kurzer, zweiminütiger Pause wurde in analogem Verfahren  $\text{MgF}_2$  als zweite Schicht auf dem Al-Belag deponiert. Dafür bestanden zwei Gründe:

1. Der frische Al-Überzug mußte vor Oxidation geschützt werden und
2. erhöht die zweite Schicht die UV-Reflektivität des Spiegels.

Während der Bedampfung drehte sich der Spiegel fünfmal pro Minute um eine Achse, damit der Belag möglichst gleichmäßig über die Oberfläche verteilt werde. Schon Unebenheiten der Metallschicht von mehr als  $1/1000$  der Wellenlänge des roten Lichtes (d. s. ungefähr 7 nm) würden die optischen Eigenschaften nicht mehr voll auszunützen gestatten. Nebenbei sei bemerkt, daß der reflektierende Teil der Spiegeloberfläche die Gestalt eines Dreh-Hyperboloids hat, dessen Punktkoordinaten von einem Computerteam unter der Leitung von Martin Geyesaers mit 17 nm Genauigkeit berechnet worden waren.

Sämtliche Arbeiten gelangen vorzüglich, der Spiegel wirft 75 % der einfallenden  $121,6\text{-nm-Lyman-}\alpha\text{-UV-Linie}$  des Wasserstoffs und gar 89 % von  $632,8\text{-nm-Lichtwellen}$  zurück. Der Spiegel erfährt einen Spektralbereich, dessen kurzwelliger Abschnitt wegen der Absorption in der irdischen Lufthülle für die bodengebundene Himmelsbeobachtung unzugänglich ist.

18 Tage nach Abschluß der hier nur ganz kurz angedeuteten Arbeiten packte man den Spiegel in einen Behälter und

beförderte ihn per Tieflader vom Herstellungsort Wilton, Connecticut, zur optischen Technologie-Abteilung der Perkin-Elmer-Werke. Dort erhält er sein endgültiges Lager samt der 5 m langen Graphit-Epoxy-Halterung des gleichfalls hyperboloidischen Sekundärspiegels.

Nach ca. 3 Jahren wird dann das komplette Ritchey-Chrétien-System seinen Weg in den Weltraum antreten.

Die Entdeckungen, die vom Raumteleskop zu erwarten sind, werden zweifellos unser Wissen über die Himmelskörper und die Struktur des Universums gewaltig erweitern.

#### LITERATUR:

Sky and Tel., Feber 1982, S. 128, L. J. Robinson, An Eye for Tomorrow.

## Die Radarerkundung von Asteroiden und Kometen läuft an

Je kleiner ein Körper von der Erde aus erscheint, desto schwieriger fällt es, von ihm ein Radarecho oder gar weitergehende Informationen über seine Beschaffenheit zu erhalten. Im Sonnensystem sind – abgesehen von den Meteoriten – einige Monde, die Asteroiden und die Kometenkerne die kleinsten kompakten Objekte. Dementsprechend beginnt die Radarerkundung dieser Himmelskörper erst jetzt die ersten Früchte zu tragen, obwohl das erste Radarecho von einem extraterrestrischen Reflektor schon im Jahre 1946 – u. zw. vom Erdmond – empfangen wurde.

In den Monaten zwischen September 1980 und März 1981 gelang es St. Ostro, D. Campbell und I. Shapiro, mit Hilfe des 305-m-Radioteleskops von Arecibo, Puerto Rico, von fünf Asteroiden nicht nur das Radarecho an sich, sondern auch Informationen über Größe, Gestalt und Eigendrehung zu erhalten. Die Namen der Asteroiden lauten:

7 Iris, 16 Psyche, 97 Klotho, 1862 Apollo, 1915 Quetzalcoatl.

Sie befanden sich zum Beobachtungszeitpunkt in Abständen von ca. 8 Mio. km  $\approx$  27 Lichtsekunden (Apollo) bis zu 250 Mio. km  $\approx$  14 Lichtminuten (Psyche). Von den Ergebnissen der Radaranstrahlung ist eines besonders erwähnenswert, weil es die Schlüsse aus den ab 1960 durchgeführten spektroskopischen Untersuchungen von Asteroiden zu korrigieren erfordert.

Man hatte den spektroskopischen Befunden zu entnehmen geglaubt, daß eine Gruppe von Asteroiden vorwiegend aus Fe-Ni-Legierungen zusammengesetzt sei und daran die Vermutung geknüpft, die metallischen Asteroiden könnten Trümmer des Metallkerns eines bei der Kollision zerstörten größeren Objektes sein.

Iris, Psyche und Klotho waren damals als metallisch klassifiziert worden. Stimmt das, müßten die Radarwellen von ihnen weit besser reflektiert werden als von den anderen. Tatsächlich hat sich zwar ihre Reflektivität als über jener von Apollo und Quetzalcoatl liegend herausgestellt, jedoch keineswegs als so hoch, wie von metallischen Körpern zu erwarten gewesen wäre. Wahrscheinlich bedecken Gesteins-Trümmer die Oberflächen der drei Metallverdächtigen, offenbar als Bruchstücke nach Zusammenstoßen mit kleineren Körpern. Dessenungeachtet könnten im Asteroidengürtel riesige Metallmengen vorhanden sein (und auf die Nutzung warten?).

Neben den 5 Asteroiden nahmen P. Kamoun, St. Astro und D. Campbell – gleichfalls mit der Arecibo-Anlage – den **Kometen Encke** aufs Korn. Encke ist deshalb gut geeignet, weil seine Umlaufdauer nur 3 Jahre 4 Monate beträgt und er sich der Erde im November 1980 bis auf 50 Mio. km = 0,33 A. E. näherte. Koma und Schweif von Kometen entziehen sich den terrestrischen Radarbeobachtungen, weil die Größen der Staubteilchen, aus denen sie sich neben Gasen zusammensetzen, erheblich unter der Arecibo-Wellenlänge von 12,6 cm (= 2,46 GHz) liegen. Wohl waren aber Reflexionen vom Kometenkern zu erwarten. Schon zweimal hatte man mittels Radars Kometenkerne zu erforschen getrachtet (Anfang 1974 den Kometen Kohoutek und 1976 den Kometen P/d'Arrest), aber erfolglos.

Auch das Echo vom Encke-Kern war nur mit Mühe vom Hintergrundrauschen zu unterscheiden. Dennoch ergaben sich für den Kerndurchmesser etwa 3 km, doch könnten es

auch 800 m oder 7,6 km sein. Die Größenordnung steht jedenfalls fest. Das Radarergebnis deckt sich gut mit früheren Schätzungen auf Grund visueller Beobachtung von der Erde aus.

Bis zum Jahre 1986 sind Radarbeobachtungen von 5 zusätzlichen Kometen geplant, und zwar mit den Anlagen Arecibo und Goldstone, Kalif. Einer dieser Kometen, nämlich P/Giacobini-Zinner, wird im Oktober 1985 an der Erde in nur 9 Mio. km (= 0,06 A. E.) Distanz vorbeiziehen und so ein besonders ergiebiges Radarziel abgeben.

#### LITERATUR:

Sky and Tel., Jänner 1982, a) S. 13, Listening to the Solar System I: Radar Echos from Asteroids.

b) S. 14, Listening to the Solar System II: Radar Detection of P/Encke's Nucleus.

## Bald soll die Venusoberfläche unseren Blicken offenliegen

### 1. SAR

Die Radartechnik hat in Verbindung mit holographischen Methoden eine Vollkommenheit erreicht, die es ermöglicht, auch bei Nacht, Nebel und Wolken eine Art Foto von Oberflächenstrukturen herzustellen, dessen Auflösungskraft durchaus mit der Güte optischer Aufnahmeverfahren zu vergleichen ist. Der Unterschied besteht darin, daß die Informationsträger Mikro- statt Lichtwellen sind, daß die Radargeräte keiner Linsen bedürfen, die erfaßten Einzelheiten vom Abstand zwischen Sender und Objekt unabhängig sowie Wolken für die benutzten Mikrowellen durchsichtig sind und die Objekt-„Beleuchtung“ sendeseitig erfolgt, also die jeweils herrschenden Lichtverhältnisse keine Rolle spielen.

Aufnahmen von Teilen der Erdoberfläche, die entsprechend ausgerüstete Satelliten und Flugzeuge gemacht haben, belegen eindrucksvoll das Gesagte. So wurde beispielsweise Los Angeles samt Umgebung (ein Quadrat von ca. 60 km Seitenlänge) vom Seasat-Satelliten aus aufgenommen. Das Bild läßt noch 25 m große Details erkennen.

Der Sender im Flugzeug (oder der Raumsonde) emittiert in rascher Folge kurze, sehr kräftige Mikrowellen-„Blitze“, die ein kleines Oberflächengebiet „beleuchten“. Die von diesem zurückgeworfenen Wellen verraten den Detektoren Laufzeit (also den Abstand des Reflektors), Stärke und Dopplerverschiebung (wegen der Relativbewegung des Flugzeugs oder des Satelliten zum Abbildungsprojekt) der Echosignale. Aus der Laufzeit und dem Dopplereffekt ergeben sich die Koordinaten der gerade angestrahlten Stelle, die Signalstärke des Echos unterrichtet über die Glätte des Bodens. Straßen, ruhige Gewässer erscheinen dunkel, es sei denn, ihre Stellung ist senkrecht zum Radarstrahl. Dann gelangt nämlich das Radarsignal zum Empfänger zurück, bei anderen Winkeln jedoch überhaupt nicht. Je rauher der angeleuchtete Boden ist, desto stärker wird der einfallende Strahl bei der Reflexion nach allen Richtungen gestreut, so daß ein Bruchteil der Wellen beim Empfänger wieder eintrifft.

Das punktweise Abtasten des überflogenen Gebietes und die elektronische Übertragung der Radarinformation auf einen Fotofilm liefern ein dem Auge wahrnehmbares Bild der aufgenommenen Gegend, das beim flüchtigen Betrachten zunächst den Eindruck eines „normal“ gewonnenen Fotos erweckt. Bei genauerem Hinsehen erkennt man jedoch, daß die in unterschiedlichen Helligkeitswerten sich äußernden Einzelheiten anders als bei Lichtfotos zu deuten sind. Erst nach langem Interpretationstraining – die Fachleute betreiben es seit den Anfängen des Radarwesens – anhand der Vergleiche von Radar- und Lichtaufnahmen derselben Gegend haben die damit zu Befassenden genügend Erfahrung gewonnen, um richtige Deutungen geben zu können. So sind dunkle Streifen als glatte Straßen, größere dunkle Flächen als Teiche, Seen oder Meeresteile und gewisse auffallend helle Flecken als hohe Gebäude zu interpretieren, die mit dem Boden einen rechten Winkel bilden. Der Radarpuls wird nämlich in solchen Fällen zuerst vom Boden, dann von der Wand reflektiert und schließlich von ihr parallel zum einfallenden Strahl, also in Richtung zum Echoempfänger zurückgeworfen. (Das ist derselbe Effekt, wie ihn die Umkehrprismen in Feldstechern – unter Ausnutzung der Totalreflexion – anwenden.)

Das soeben skizzierte Aufnahmeverfahren durch Mikrowellen erhielt die Bezeichnung **SAR = Synthetic Aperture Radar**.

SAR arbeitet aber auch mittels **Holographie**. Das Radarecho wird von der Empfangsantenne aufgefangen und mit dem direkten Strahl aus dem Mikrowellensender innerhalb des Empfangsgerätes kombiniert (der letztere ist der Referenzstrahl in der Terminologie der Holographie). Das so gewonnene Muster wird entweder digital auf Magnetband gespeichert oder direkt auf einen Film übertragen, der dann das Hologramm enthält. Obzwar der Radarstrahl nur in einer Dimension erkundet, liefert das Hologramm bei der Durchstrahlung mit Laserlicht (Bildrekonstruktion) ein zweidimensionales optisch wahrnehmbares Abbild der überflogenen Gegend. (Also kein dreidimensionales Bild wie die üblichen optisch gewonnenen Hologramme.)

Wollte man durch bloßen Einsatz größerer Antennen dieselbe Information erzielen, wie sie die 9 m lange SAR-Antenne liefert, müßte jene 2,2 km lang sein!

Die Reflexionsstärke hängt auch von der Dielektrizitätskonstante der reflektierenden Objekte ab. Deshalb erscheinen metallische oder wasserhaltige Gegenstände (Hochspannungsleitungen, Blechdächer, Wassertürme, feuchter Boden usw.) hell, zumal Mikrowellen auch ein wenig in den Boden eindringen.

## 2. VOIR

Die positiven Ergebnisse mit SAR haben natürlich die Erkunder des Planetensystems ermuntert, in ähnlicher Weise die Venusoberfläche unbehindert durch die dichte Wolkenhülle radarfotografisch zu erforschen, damit die Fülle offener Fragen bezüglich des geologischen Aufbaus unseres sonnennahen Nachbarplaneten wenigstens in den größten Zügen beantwortet werden kann.

Geplant ist eine Raummission unter dem Namen **VOIR**, gebildet aus den Anfangsbuchstaben von **Venus Orbiting Imaging Radar**, die – falls der US-Kongreß und der US-Präsident das Unternehmen bewilligen – noch vor 1990 durchgeführt werden soll. Die Abkürzung VOIR paßt zufällig besonders gut auf das Vorhaben, ist doch „voir“ die französische Vokabel für das deutsche Verbum „sehen“.

Was wissen wir derzeit über die Venusoberfläche? Wenig! Im einzelnen beschränken sich die diesbezüglichen Kenntnisse auf folgendes:

1. Die sowjetischen Landeeinheiten Venera 8, 9, 10 haben Nachricht über chemische Verbindungen gebracht
2. Bilder der allernächsten Umgebung des Landeplatzes zur Erde gefunkt.
3. Radarerkundungen von der Erde aus erfaßten nur einen sehr kleinen Teil der Venusoberfläche, dies mit der mäßigen Auflösung von 10 km.
4. Der **Pionier Venus Orbiter (PVO)** erfaßte zwar 93 % der Venusoberfläche, jedoch waren 100 km Auflösungsvermögen zu grob, um darauf geologische Aussagen von größerem Gewicht gründen zu können. Das Wissen über die Existenz von einigen wenigen und relativ flächenkleinen, als kontinentähnlich einzustufenden Erhebungen ist sicher wertvoll, aber im Hinblick auf die anstehenden Probleme doch recht dürftig. Würde man die Erde mit der gleichen Auflösung betrachten, wären zwar Kontinente, Subkontinente, der mittelatlantische Rücken und die größten Gebirgszüge, nicht aber feinere geologische Details, wie etwa das Flußbecken des Amazonas oder der Mt. Everest, zu erkennen.

Gravimetrische Erkundungen, die auf die Massenverteilung im Planeteninneren schließen lassen, wurden zwar von PVO ausgeführt, konnten aber wegen seiner sehr exzentrischen Bahn (Distanzextrema zur Venusoberfläche: 150 km und 66900 km) nur während der Phase des nahen Vorbeifluges mit brauchbaren Werten aufwarten, mit wachsender Distanz nimmt ja die Schwerkraft rasch ab.

Es muß betont werden, daß PVO eine unerwartet erfolgreiche Mission war, die sich aber vor allem mit der Erforschung der Venusatmosphäre befaßte.

Die vorgesehenen Aufgaben für die VOIR-Mission betreffen neben weiteren Untersuchungen der Ionosphäre und Atmosphäre des Planeten in erster Linie

- a) das genauere Studium der Oberflächengestaltung einschließlich der Frage, ob Plattenverschiebungen stattfinden oder die Oberfläche ein einziges starres Gebilde ist,
- b) die innere Massenverteilung, -dynamik und
- c) die Ursachen kleinerer Oberflächenprozesse (Krater, Vulkane...?).

Dafür eignet sich natürlich das im ersten Teil dieses Beitrags angedeutete SAR-Verfahren ausgezeichnet. Die benutzten 23,3 cm-Wellen durchdringen die Gashülle ohne nennenswerte Wechselwirkungen. VOIR soll 70 % der Oberfläche mit 600 m Auflösung kartenmäßig abbilden. Die so gewonnenen Höhenangaben über die verschiedenen Erhebungen werden 12mal genauer als die von PVO gemeldeten sein. Die Intensitätsmessungen des Schwefelfeldes rund um die Venus werden Beschleunigungen bis hinunter zu 0,05 mm/s<sup>2</sup> anzeigen. Man hofft daraus die Dicke des Planetenmantels und die Ausdehnung des Kerngebietes abschätzen zu können, u. U. auch allfälligen Massenkonzentrationen im Planetenkörper auf Grund von Unregelmäßigkeiten der Bahnbewegungen der Sonde auf die Spur zu kommen.

Schon seit einigen Jahren wird bei der NASA und dem JPL (= **Jet Propulsion Laboratory**) an den Konstruktionsplänen für die VOIR-Mission gearbeitet. Die Antenne wird sich stark von den bisher verwendeten Antennen unterscheiden. Der Datenfluß zur irdischen Bodenstelle wird mit 10<sup>6</sup> bits/s den Informationsfluß von PVO um den Faktor 500 übertreffen.

Der Raumtransporter soll die VOIR-Sonde im März 1988 in eine 278 km hohe Umlaufbahn als Parkbahn transportieren. Von dort soll die Sonde binnen 5 Monaten, angetrieben von einer Centaurus-Rakete, die erste, noch exzentrische Umlaufbahn um die Venus erreichen. Erst wenn nach den hiezu erforderlichen Steuermanövern die Sonde in der endgültigen Kreisbahn in ca. 250 km Höhe über Grund den Planeten umrundet, kann die Antenne entfaltet und ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden. Dies dürfte an die 10 Tage in Anspruch nehmen. Dann endlich kann das Mappieren beginnen. Für die Steuermanöver sind zwei Alternativen ins Auge gefaßt mit dem Ziel, möglichst an Treibstoff zugunsten der Gerätezuladung zu sparen.

Man kann nur hoffen, daß dieses großartige Projekt nicht den drastischen Kürzungen im Budget der USA zum Opfer fallen möge, damit wir endlich jene Informationen erhalten, die uns Mond, Merkur und Mars mangels „geschlossener Vorhänge“ so leicht zugänglich machen.

### LITERATUR:

Sky and Tel., Feber 1982, a) S. 139, M. Kobrick, SAR Imaging: Seeing the Unseen;

b) S. 141, M. James, Unveiling Venus with VOIR.

## IR-Himmelsdurchmusterung beginnt

Wenn dieser Bericht im Druck vorliegen wird, hat das den gesamten Himmel umfassende Unternehmen bereits begonnen, sofern keine Startverzögerungen eintreten. Denn zum Zeitpunkt, da dies geschrieben wird (März 1982), gehen die Vorbereitungen dafür dem Ende entgegen. Ein Satellit wird von einer Delta-Rakete vom Western Test Range in Kalifornien aus in eine Umlaufbahn um die Erde im August 1982 befördert werden, der ein sorgfältig konstruiertes Infrarot-Teleskop tragen wird.

Um die in einigen Spektralbereichen absorbierende Luft-hülle völlig auszuschalten, wird der Satellit **IRAS (= Infra Red Astronomical Satellite)** in 900 km Höhe auf polarer Bahn die Erde umkreisen. Pro Erdumlauf überstreicht das Gesichtsfeld des IR-Teleskops einen 30' breiten Himmelsstreifen (etwa Vollmondbreite)! Die Bahn ist sonnensynchron, so daß binnen eines halben Jahres der Himmel lückenlos überstrichen wird.

Die IR-Quellen werden in vier „Farben“ (entsprechend den Wellenlängen 12, 24, 59 und 101 µm) durch hierfür geeignete Detektoren registriert. Diese haben in jahrzehntelanger Forschungstätigkeit einen Standard erreicht, der es erlaubt, sie in zuverlässiger und sensibler arbeitenden IR-Kameras einzusetzen. Die unangenehmste Störquelle ist die thermische IR-Strahlung, die von aller umgebenden Materie – auch von der Luft in hochfliegenden Raketen oder Ballons – ausgeht. Zur Umgebung gehören natürlich auch sämtliche Bestandteile des Fernrohres und der Kamera selbst. Sie alle „glühen“ für mit IR-Sinnesorganen ausgestattete Beobachter wie eben die genannten materiellen Umgebungsprojekte.

Der einzige Ausweg, dem Übel abzuwehren, besteht darin, a) außerhalb der Erdatmosphäre zu beobachten und b) das Fernrohr auf Temperaturen nahe absolut Null zu halten. Die erste Forderung erfüllen satellitengetragene Teleskope von

selbst, die zweite wird durch Kühlung mit – im konkreten Falle mittels 680 Litern – flüssigem Helium befriedigt.

Den 60 cm-Primärspiegel aus Beryllium hält der Kontakt mit dem He-Tank auf 10 K. Das Kühlsystem enthält supraflüssiges  $^4\text{He}$  von nur 1,6 K Temperatur. Die Beschränkung des Wärmezufusses auf nur wenige mW (die Außenhaut hat + 20 °C Temperatur, bei der die absorptive Erwärmung seitens der Sonne und die eigene Schwarzkörper-Abstrahlung einander das thermische Gleichgewicht halten) war ein äußerst schwierig zu meisterndes Problem! Ein neuartiger poröser „Stopfen“ hat die Aufgabe, flüssiges und gasförmiges Helium zu separieren. Ob sich er sowie andere neuartige Konstruktionen auch unter Weltraumverhältnissen bewähren werden, kann man erst beurteilen, wenn IRAS auf der Umlaufbahn seine Arbeit aufgenommen haben wird. Eine große Blende schirmt das Gerät gegen die Sonneneinstrahlung weitgehend ab. Der Vorrat an flüssigem He soll ein ganzes Jahr lang ausreichen.

Das Gesichtsfeld von 64 Bogenminuten Weite ist größtenteils von den Eintrittsblenden der 62 IR-Detektoren der IR-Kamera bedeckt. Der (gekühlte) Deckel des Ritchey-Chretien-Teleskops wird erst etliche Tage nach dem Erreichen der Umlaufbahn geöffnet werden, um die vollständige Entgasung sämtlicher Teile abzuwarten.

Die IR-Nachweisempfindlichkeit von IRAS wird alles bisher diesbezüglich Unternommene (Ballon-, Raketen-, Satelliteneinsätze mit IR-Kameras) um den Faktor 1000 verbessern. Quellen mit mindestens 1 Jy ( $= 1 \text{ Jansky} = 10^{-26} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Hz}^{-1}$ ) scheinbarer Helligkeit erscheinen 10mal intensiver als das Hintergrundrauschen. Für den langwelligeren Teil (83 bis 119  $\mu\text{m}$ ) sind die Detektoren als Ge : Ga-Photowiderstände ausgebildet.

Die IRAS-Durchmusterung des IR-Himmels wird nicht nur bestehende Beobachtungslücken schließen, man darf auch mit unerwarteten Entdeckungen rechnen. Die IR-Transparenz der interstellaren Materie öffnet dem Blick des Teleskops das Innere der Geburtsstätten von Sternen und die galaktischen Kerngebiete, insbesondere das Core unserer Milchstraße.

In der BRD befindet sich das IR-Observatorium GIRL (= German Infra Red Laboratory) im Aufbau, mit dessen Start in einer Spacelab-Mission für 1986 zu rechnen ist. Es wird ein mit flüssigem He gekühltes 50-cm-Fernrohr enthalten.

#### LITERATUR:

St. u. Weitr., Feber 1982, S. 62, D. Lemke, Ein neues Zeitalter der IR-Astronomie.

## Kurznachrichten

**Feste Elektronen.** Elektronen können sich wie Gastelchen zwischen den Metallatomrümpfen fast frei nach Lust und Laune bewegen. Eine Momentaufnahme eines solchen Elektronenschwarms im Metall würde ein Chaos zeigen. Aber die Elektronen können sich unter Umständen auch mal anders verhalten.

Der Nobelpreisträger P. Wigner aus Princeton, der 1963 den Nobelpreis für Physik erhielt, behauptete bereits 1934, Elektronen müßten sich auch ordnen können und sogar einen Festkörper bilden. Erst jetzt gelang es halbwegs im Versuch, diese Vermutung in die Tat umzusetzen (siehe beispielsweise Physical Review Letters **42**, 795 [1979]).

C. C. Grimes und G. Adams von den Bell Telephone Laboratories in Murray Hill/New Jersey ließen Elektronen auf superflüssiges Helium-3 einströmen. Auf Grund der extremen Eigenschaften dieser Flüssigkeit bildet sie eine ebene Oberfläche selbst dann aus, wenn sie siedet. Auf dieser spiegelblanken Fläche setzen sich die Elektronen oberhalb von 0,65 Kelvin mit Vergnügen hernieder und schlittern auf ihr nach Belieben dahin. Sie gleiten sehr dicht aneinander vorbei, benehmen sich also wie ein flüssiger Stoff. Unterhalb von 0,65 Kelvin erlahmt das Temperament der Elektronen, sie spüren plötzlich ihre eigene ordnungsgebende negative Ladung: Sie gruppieren sich regelmäßig, achten peinlich darauf, von ihren Nachbarn einen Abstand von 0,36 Mikrometer (eine Riesenentfernung im Vergleich zu ihrer Körpergröße, dem Durchmesser von  $5,6 \cdot 10^{-15}$  Meter) einzuhalten. Auf diese Weise können sie die Coulombabstoßung unter ihresgleichen am leichtesten ertragen. Diese ordentliche Versammlung der Elektronen auf der Heliumoberfläche stellt einen Festkörper

dar, allerdings nur einen zweidimensionalen. Den waschechten dreidimensionalen Feststoff aus Elektronen hat allerdings bisher noch kein Forscher im Labor heranzüchten können.

Petra Schulz

Quelle: Naturwissenschaftliche Rundschau **33** (7), S. 296–297 (1980).

**Drei Moleküle im Weltraum entdeckt, die nicht auf der Erde vorkommen.** Von den in den letzten Jahren radioastronomisch entdeckten interstellaren Molekülen kommen die meisten auch auf der Erde vor. Allerdings trifft dies für etwa 20 % der interstellaren Materie nicht zu. Auf Grund theoretischer Berechnungen und mit Hilfe ständig leistungsfähiger werdender Nachweisgeräte vermehrt sich die Anzahl der im Weltraum erkannten Moleküle weiterhin. Vor kurzem fand man drei Radiolinien, die im Frequenzbereich um 85 GHz (Wellenlänge ungefähr 3,5 mm) eng beisammen liegen. Da sie verschieden stark erscheinen, kann es sich nicht um ein Triplett einer einzigen Molekülarart handeln, sondern um unabhängige Emissionen dreier verschiedener Moleküle. Bei einer Quelle handelt es sich zweifellos um das positive Ion Thioformyl  $\text{HCS}^+$ , dessen 85-GHz-Linie bereits im Labor erzeugt werden konnte, obwohl der Stoff noch nie auf der Erde gefunden wurde. Inzwischen wurden schon 10 kosmische Quellen dieser Linie entdeckt. Die zweite der drei Linien glaubt man einem Molekül zuschreiben zu dürfen, in dem H-, C-, N-, O-Atome linear mit einem endständigen H-Atom angeordnet sind. In Betracht kämen nur  $\text{HOCO}^+$  oder  $\text{HOCN}$ , doch reichen die Befunde noch nicht zur Entscheidung für einen der beiden Stoffe aus. Die Herkunft der dritten Linie ist vorläufig noch unbekannt, obwohl ihre Intensität groß ist. Der molekulare Bau des betreffenden Moleküls ist sicher anders als der der beiden erstgenannten, mehr läßt sich derzeit darüber nicht sagen. (Lit.: Physics News in 1981, Am. Inst. of Physics, 1981, S. 12, Discovery of Three Nonterrestrial Molecules.)

**Die Masse des Sterns, aus dem der Krebsnebel entstand.** K. Davidson und acht Astronomen (Univ. Minnesota) kamen auf Grund von Analysen der vom Intern. UV-Explorer (= IUE) in 65stündiger Belichtung gesammelten spektralen Daten zu dem Ergebnis, daß der „Vorgänger“ des Krebsnebels und des Krebsnebel-Pulsars NP 0532 eine Masse von ca. 8 Sonnenmassen gehabt haben muß, ehe ihn die Supernova-Explosion zerriß und mehr als die Hälfte seiner Masse in den Weltraum blies. Die heute noch vorhandene Restmasse beträgt nämlich nur mehr drei bis vier Sonnenmassen. Nach den herrschenden Modellvorstellungen über Supernova-Explosionen vom Typ II – um eine solche hat es sich im Jahre 1054 n. Chr. gehandelt – hängt die chemische Zusammensetzung des Supernovarestes von der Masse beim Verlassen der Hauptreihe ab, das der Explosion voranging. Waren ursprünglich 15 oder mehr Sonnenmassen vorhanden, dann müßten nach Rechnungen von K. Nomoto die im Sterninneren bereits erzeugt gewesenen Elemente bis Sauerstoff und vielleicht darüber hinaus auch nach der Explosion im Restkörper vorhanden sein. Das trifft beim Krebsnebel **nicht** zu. Waren jedoch ca. 8 Sonnenmassen vorhanden, dann fehlen N und C, dafür ist das Objekt reich an Helium. Genau das ist beim Krebsnebel der Fall. Noch massenärmere „Vorfahren“ werden nach den Berechnungen vollständig aufgelöst, so daß nicht einmal mehr ein Neutronenstern übrigbleibt. (Lit.: Sky and Tel., Jänner 1982, S. 15, The Mass of the Crab's Progenitor Star.)

**Frequenz eines  $\text{CH}_4$ -stabilisierten Lasers auf  $\pm 3$  Teile von  $10^{11}$  bestimmt.** Den Physikern D. J. E. Knight, G. J. Edwards, P. R. Pearce und N. R. Cross ist es geglückt, durch Vergleiche mit fünf anderen stabilisierten Lasern die Frequenz des Methan-stabilisierten Lasers von der Frequenz  $\approx 88 \text{ THz}$  noch genauer als bisher zu bestimmen. Die Schwingungssignale waren kräftig genug, um die Frequenz mittels digitaler Zählung zu ermitteln. Die Genauigkeit des Meßergebnisses ist nunmehr um den Faktor 10 gegenüber früheren Bestimmungen besser. 88 THz entsprechen einer Wellenlänge von ungefähr 3,39  $\mu\text{m}$ . Der von den vier Physikern gefundene Wert beträgt

$$\nu = (88\,376\,181\,616 \pm 3) \text{ kHz.}$$

(Lit.: Nature, 5. 6. 1980, S. 388, D. J. E. Knight, G. J. Edwards, P. R. Pearce, N. R. Cross, Frequency of the Methane-Stabilised Laser of 88 THz Measures to  $\pm 3$  Parts in  $10^{11}$ .)

# Buchbesprechungen

Berta Karlik, Erich Schmid: Franz Serafin Exner und sein Kreis. Verlag d. Ost. Akademie d. Wiss., 1982. 168 Seiten, 40 Abb., 1 Frontispiz. Broschirt. S 252,-

Anläßlich des österreichischen Staatsfeiertages am 26. Oktober ist es üblich, an bedeutende Geistesleistungen der Söhne unseres Landes in Kunst und Wissenschaft zu erinnern. Das eben erschienene Buch „Franz S. Exner und sein Kreis“ ist ausgezeichnet geeignet, insbesondere die Lehrer naturwissenschaftlicher Fächer mit Informationen auszustatten, die es ihnen leichter machen, aus der Fülle des Gebotenen eine gute Auswahl zur Weitergabe an die Schüler zu treffen. Gewöhnlich kommen bei solchen Anlässen die Naturwissenschaften zu kurz, obwohl unser Land gerade auf diesen Gebieten der Menschheit Wertvolles geschenkt hat.

Zu jenen Physikern, die trotz großartiger Leistungen leider nur mehr einem relativ kleinen Kreis von Fachleuten bekannt sind, gehört Franz Serafin Exner. Nun haben die Autoren des gegenständlichen Buches Exner sowie den mit seinem Wirken familiär, freundschaftlich oder wissenschaftlich verbundenen Persönlichkeiten mit diesem Werk ein würdiges und umfassendes schriftliches Denkmal gesetzt. Die Verfasser sind in breitangelegter, mühevoller Kleinarbeit allen Quellen nachgegangen und haben daraus ein Bild Exners, des Kreises um ihn sowie des von ihnen begangenen Wegstückes physikalischer Entwicklung in Österreich entworfen, das dem Leser einen lebendigen Eindruck dieser Epoche vermittelt.

Die Autoren waren als langjährige Lehrer und Forscher an Wiens Hohen Schulen in höchstem Maße befugt, das Leben und das Milieu Exners zu schildern, weil sie selbst mit manchem der im Buch Erwähnten in persönlichem Kontakt standen.

Wie eingehend und gewissenhaft die Vorarbeiten der Verfasser waren, geht nicht nur aus den zahlreichen Einzelheiten im Text (Nennung der Dissertationen, Habilitations- und Forschungsarbeiten) hervor, der Leser findet darüber hinaus am Ende jedes der sechs Kapitel eine ausführliche Auswahl aus der einschlägigen Literatur. Sie dient ebenso als Quellennachweis wie als Leitfaden für jene Leser, die die Originalbehandlungen selbst studieren wollen.

Von nahezu allen im Buch angeführten, mit Exner in verschiedener Weise verbundenen Persönlichkeiten sind Abbildungen in den Text eingestreut, die dem Leser auch das optische Erscheinungsbild der Betreffenden sichtbar machen.

Der Aufbau des Buches könnte nicht besser sein. Ausgehend von der Schilderung des familiären Milieus Exners und des Zustandes der Physik in Wien zur Zeit seiner Kindheit und der vorangehenden Jahrzehnte, bringt das Buch ausgefüllte Informationen über Leben und Wirken der Lehrer Exners (Stefan, Loschmidt, v. Lang, Kundt). Danach erfährt der Leser auch viel Interessantes über die vier Geschwister Exners. Dies sind vorbereitende Kapitel, die den mit liebevoller Umsicht gestatteten Zugang zum Erfassen des Menschlichen Exner selbst bilden. Lebenslauf, Persönlichkeit, wissenschaftliche Leistungen, Lehr- und Organisationsfähigkeit Exners werden nun in denkbar umfassender, eindrucksvoller Weise dem Leser vor Augen geführt.

Das abschließende Kapitel befaßt sich mit seinen Schülern und Mitarbeitern, zu denen u. a. keine geringeren als V. Heß, F. Kohlrusch, E. Schrödinger und F. Hasenöhrl gehören.

Den Autoren ist sehr zu danken, daß sie keine Mühe scheuten, ein so lebendiges Bild der österreichischen Physikgeschichte durch die Darstellung tragender Forscher einer überaus fruchtbaren Epoche zu entwerfen! Mögen recht viele Physiklehrer vom Gebotenen Gebrauch machen und der Jugend sagen, was Exner und sein Kreis der Wissenschaft und damit der Menschheit geschenkt haben!

Walter Kranzer

## G. N. Fijorow, A. S. Iljinow: Gibt es superschwere Elemente?

Deutsche Übersetzung des 1977 im MIR-Verlag, Moskau, erschienenen Buches. VEB Fachbuchverlag Leipzig, 1980, 120 Seiten, 35 Abbildungen.

Einer der beiden Autoren, G. N. Fijorow, hat selbst führend zur Entdeckung einiger Transurane beigetragen, ist also in höchstem Maße für das Verfassen eines Buches über die supermassiven Nuklide autorisiert.

Das Büchlein schildert die Entdeckungsgeschichte, die Erzeugungsmethoden samt den dabei zu überwindenden Schwierigkeiten in klarer, gut lesbarer Form, die für das Verständnis nicht mehr als die üblichen Unterstufenkenntnisse voraussetzt. In ungemein bildhafter Sprache, unter jeglichem Verzicht

auf flankierende Mathematik, unterstützt von Abbildungen, wird der Leser, ausgehend von den Gesetzmäßigkeiten im Periodensystem, behutsam über Art und Verlauf der Kernreaktionen zu den schweren und übermassiven Nuklide geleitet. Eine Tabelle gibt den Aufschluß über sämtliche Transurane sowie über Art, Jahr und Ort der ersten Erzeugung. Da die deutsche Übersetzung erst im Jahre 1980 erschienen ist, konnte die Folge der Transurane noch durch das damals gerade endgültig als existent nachgewiesene Nuklid der Ordnungszahl 107 ergänzt werden.

Die letzten 30 Seiten handeln u. a. von den praktischen Anwendungen der Kernphysik und -chemie, die im Rahmen der Transuranforschung benützt bzw. möglich gemacht wurden. Damit wird dem Leser gegenüber der beträchtliche finanzielle Aufwand dieses Zweiges der Physik gerechtfertigt.

Das Büchlein ist allen Jugendlichen über 14 Jahre zu empfehlen. Die Lektüre wird ihrem Bedürfnis nach Vorbildern durch das Nacherleben der die Forscher beflügelnden Erregung entgegenkommen und wissenschaftliche Betätigung wohl manchem als erstrebenswertes Lebensziel nachahmenswert erscheinen lassen.

Die 14 Kapitel lauten:

1. Das Rätsel der Periodischen Gesetzmäßigkeit. – 2. Der „Kontinent“ der Stabilität. – 3. Die Neutronensynthese. – 4. Die Transurane. – 5. Schwere Ionen. – 6. Kurtschatovium. – 7. Was ist ein superschweres Element? – 8. Die Suche nach den „Langlebigen“. – 9. Eine seichte Stelle am Ufer der Stabilitätsinsel. – 10. Schöpfung durch Zerstörung. – 11. Der Ionenstrahl. – 12. Unerschlossene Kontinente. – 13. Anlage. Für jene, die mehr wissen wollen. – 14. „Drei Jahre später“, Nachwort zur deutschsprachigen Ausgabe.

Walter Kranzer

**Walter Kranzer: So interessant ist Physik!** AULIS-Verlag Deubner & Co. KG, Köln 1982. Bestell-Nr. 00653, B5, 368 S., 174 Abb., geb. Vorzugspreis bis 31. 12. 1982: a) für Leser der Wiss. Nachrichten S 270,-; b) für andere Besteller DM 42,-, danach DM 46,- = S 349,60.

„Hier finden wir die wunderbaren Beziehungen und Zusammenhänge, die die Physik aufgedeckt hat, in einer packenden Weise geschildert; von der Mechanik bis zu den Atomkernen, von der Elektrizität bis zur Geburt des Universums im Urknall... ich wünschte, es gäbe viel mehr Bücher dieser Art!“ Diese Worte aus dem Vorwort, das Viktor Weisskopf dem Buch von Walter Kranzer vorangestellt hat, lassen vielleicht am besten erkennen, mit wieviel Sorgfalt und Liebe hier fast zweihundert verschiedene Einzelthemen aneinandergereiht wurden, die die ganze Vielfalt, Faszination und auch Lebensnähe der Physik deutlich machen. Mit einfachen Rechnungen und Abschätzungen, die der Schulphysik durchwegs zugänglich sind, werden die einzelnen Beispiele auf jeweils etwa zwei Seiten von ihrer Thematik her dargestellt und analysiert. Die Auswahl der Themen umfaßt dabei klassische Gebiete ebenso wie aktuellste Forschungsergebnisse und technische Anwendungen.

Kranzers Darstellung geht dabei von zahlreichen Abhandlungen der Originalliteratur aus, die sorgfältig durchgearbeitet und in anschaulicher Form für den Physikunterricht dargestellt wurden. Manche der Beispiele werden den Lesern der „Wissenschaftlichen Nachrichten“ bereits als Einzelartikel bekannt sein, die nunmehr aber nochmals überarbeitet und in geschlossener Form dargestellt wurden. Dabei war es auch möglich, die Darstellung durch zahlreiche Photographien und Zeichnungen zu beleben. Bedauerlich ist lediglich, daß in den meisten Fällen keine Literatur angegeben wurde, die es ermöglichen würde, die vielen hier zusammengestellten Einzelthemen in noch weiterem Detail zu verfolgen und so die Darstellung zu ergänzen.

Kranzers Buch eignet sich in hervorragender Weise zur Illustration und Belebung des Unterrichts sowohl an höheren Schulen und auch von einführenden (aber auch weiterführenden) Vorlesungen an Universitäten und Hochschulen. Die lebendige Darstellung, die die Begeisterung spüren läßt, die der Autor seinem Thema seit jeher entgegengebracht hat, läßt das Buch zu einer begeisternden Lektüre für Minuten, aber auch viele Stunden werden.

**Aus dem Inhalt:** Überholzeiten und -wege im Straßenverkehr; Sprungvergleich zwischen Mensch und Tier; Unterseetunnel in Japan; Wasserdruck auf eine Autotür; Tiefseetauchboote; Ultrazentrifugen; Schwerkraft Erde – Mond, Erde – Sonne; „Eroberung“ des Weltalls; Vergleich von thermischer und mechanischer Makroenergie; Wärmefußbrohr; Der Laserreflektor auf dem Mond; Glasfaseroptik; Kraft zwischen Ionen im Abstand Erde – Mond; Blitzforschung; Hochspannungsleitung über See; 60 Mio. Grad-Plasma im Labor; Magnetische Bakterien; Das Radioteleskop in der Eifel; Radiointerferometer; Gravitationswellen; Quasare; Tachyonen – schneller als Licht?; Wie man die Raumkrümmung feststellen könnte; Exotische Atome; Die Entdeckung des Neutrinos; Der Mössbauer-Effekt; Wärme- und Strahlenbelastung bei Kernexplosionen; Die vier Naturkräfte; Die Masse der Milchstraße; Neutronensterne; Sternbeben; Wahrscheinlichkeit von Sternkollisionen; Die räumlichen Strukturen im Universum; Die Zeitstruktur des Universums; Mathematischer Anhang. Roman Sexl

Dank freundlichen Entgegenkommens des AULIS-Verlages DEUBNER, Köln, wird das Buch „**So interessant ist Physik!**“ bis 31. 12. 1982 zum **Vorzugspreis** von S 270,- (danach S 349,60) an **Leser der „Wiss. Nachr.“** gesandt, die den nachstehenden Kupon ausgefüllt an die

Redaktion der „Wiss. Nachr.“  
Institut für Festkörper-Physik,  
A-1090 Wien, Boltzmannngasse 5

senden.

✂ ..... ✂  
Ich bestelle bei der Redaktion der „Wiss. Nachr.“ zwecks Weiterleitung an den AULIS-Verlag DEUBNER, Köln, ..... Expl. des Buches  
W. Kranzer, **So interessant ist Physik!** Best.-Nr. 00653, B5, 368 S., 174 Abb., geb., zum einmaligen Vorzugspreis für Leser der „Wiss. Nachr.“ bei Bestellung bis 31. 12. 1982 von öS 270,- (danach öS 349,60).

Vor- und Zuname des Bestellers

Datum, Unterschrift

PLZ, Wohnort, Straße

--- Bitte ausschneiden und an die Redaktion der „Wiss. Nachr.“ senden ---

# WIRTSCHAFTS- UND SOZIALGEOGRAPHIE WIRTSCHAFTSINFORMATIONEN

Prof. W. Sitte

Alfred Fahrnberger,  
Präsidentenkonferenz der Landwirtschaftskammern  
Österreichs, Wien

## Die Zukunft der Bergbauern in Österreich

### 1. Bergbauern erbringen viele Leistungen

Österreich ist ein immerwährend neutraler Staat. Eine leistungsstarke Land- und Forstwirtschaft ist für jede Volkswirtschaft wichtig, für ein neutrales Land ist sie aber eine der wichtigsten Grundpfeiler der Unabhängigkeit. Die Land- und Forstwirtschaft gewährleistet nicht nur die Ernährung der inländischen Bevölkerung, sie liefert auch Rohstoffe für Gewerbe und Industrie und bringt weiters durch eine gezielte Exportproduktion wichtige Devisen für unsere Volkswirtschaft. Die Bedeutung der Land- und Forstwirtschaft geht aber über diese Zielsetzungen noch weit hinaus, weil die Land- und Forstwirtschaft den größten Beitrag für einen gestalteten und gepflegten Siedlungs-, Wirtschafts- und Erholungsraum leistet. Die Besiedelung und Bewirtschaftung der Bergregionen und des Grenzlandes ist die Grundvoraussetzung für einen funktionierenden Fremdenverkehr, unserem stabilsten Devisenbringer. Im Rahmen der wirtschaftlichen Landesverteidigung ist ein hoher Selbstversorgungsgrad aus der inländischen Produktion und eine dezentrale Produktion und Besiedelung besonders wichtig. Die Vergangenheit hat bewiesen, daß eine bäuerlich strukturierte Land- und Forstwirtschaft mit ihren krisenfesten Familienbetrieben allen Anforderungen am besten gerecht wurde. Gerade die Bergbauern sind es, die in allen diesen Bereichen für unsere Volkswirtschaft besonders wichtige Leistungen erbringen.

Am Alpenraum haben die Länder Frankreich, Schweiz, Bundesrepublik Deutschland, Italien und Österreich einen großen Anteil. Die Schweiz und Österreich werden aber traditionell als die Kernländer des Alpenraumes bezeichnet. Zum Berggebiet gehört aber in Österreich auch das Wald- und Mühlviertel, weil auf dem Granit- und Gneishochland ähnlich schwierige Produktionsbedingungen vorhanden sind wie im Alpenraum. Ungefähr zwei Drittel des österreichi-

schen Bundesgebietes gehören zum Berggebiet, und der Anteil an der gesamten Bevölkerung liegt etwa bei einem Drittel. Von den 302.000 land- und forstwirtschaftlichen Betrieben sind rund 125.000 Betriebe Bergbauernbetriebe. Auf diesen Bergbauernbetrieben leben fast 600.000 Menschen, das sind 8 % der österreichischen Bevölkerung.

Die kürzere Vegetationszeit, die Höhen- und Hanglage der bewirtschafteten Flächen, die vielfach kargen Böden und die schwierigen Verkehrsverhältnisse erschweren das Wirtschaften auf den Bergbauernbetrieben. Diese ungünstigen Produktionsvoraussetzungen wurden in den 50er Jahren bereits bei der Erstellung eines Berghöfekatasters berücksichtigt. Damit verfügte Österreich bereits in den 50er Jahren über eine Abgrenzung der Bergbauernbetriebe, wo für jeden Bergbauernbetrieb der individuelle Schwierigkeitsgrad festgestellt wurde. In der ersten Hälfte der 70er Jahre wurde mit der Bergbauernzonierung im gesamten Bundesgebiet eine neue Einteilung des Berggebietes durchgeführt. Aufbauend auf den Katasterkennwerten des Berghöfekatasters aus den 50er Jahren wurden weitere Hilfskriterien, wie innere und äußere Verkehrslage, herangezogen. Das Ergebnis waren drei Erschwerniszonen, wobei die Zone III die ungünstigsten Voraussetzungen hat.

Die 125.000 Hofbesitzer der Bergbauernbetriebe bewirtschaften 56 % der österreichischen Kulturlfläche. Jeweils die Hälfte dieser Kulturlfläche entfällt auf die Landwirtschaft und die Forstwirtschaft. Von der landwirtschaftlichen Nutzfläche sind rund 40 % Almen, etwa 40 % Wiesen und Weiden und nur 20 % Ackerland. Das ist ein deutliches Zeichen einer extensiven Flächennutzung wegen der ungünstigen Produktionsvoraussetzungen. Die Bergbauern erzeugen Vieh, Milch und Holz. Ungefähr die Hälfte aller Rinder, das sind 1,3 Mio. Stück, stehen auf Bergbauernbetrieben. Es werden aber nur 16 % aller Schweine produziert, wobei die Selbstversorgung im Vordergrund steht. Zwei Drittel der Schafe kommen aus den Bergen, aber nur 18 % der Hühner werden von den Bergbauern gehalten.

### 2. Wirtschaftliche Situation der Bergbauern

Das Landwirtschaftsgesetz aus dem Jahre 1960 verpflichtet den Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, alljährlich einen Bericht über die Lage der österreichischen Land-

wirtschaft zu erstellen. Dieser sogenannte „Grüne Bericht“ gibt jedes Jahr einen tiefen Einblick in die bäuerlich strukturierte Land- und Forstwirtschaft. In diesem Bericht finden sich neben der Einkommensentwicklung und Ertragslage für die Voll- und Zuerwerbsbetriebe – beide zusammen werden als Haupterwerbsbetriebe bezeichnet – auch Auswertungen zu den Bergbauernbetrieben. Der letzte Grüne Bericht bezieht sich auf das Jahr 1980. In diesem Jahr wurden 2212 Voll- und Zuerwerbsbetriebe ausgewertet, davon waren 1044 bergbäuerliche Haupterwerbsbetriebe. Die folgende Analyse der wirtschaftlichen Lage bezieht sich also auf die Sonderauswertung dieser 1044 Haupterwerbsbetriebe. Zur Abgrenzung dieser Betriebskategorien sei festgehalten, daß bei den Vollerwerbsbetrieben die bäuerlichen Familienarbeitskräfte mindestens 90 % des gesamten Erwerbseinkommens aus der Land- und Forstwirtschaft erwirtschaften. Bei den Zuerwerbsbetrieben stammen 50 bis unter 90 % des gesamten Erwerbseinkommens aus der Land- und Forstwirtschaft. Die Nebenerwerbsbetriebe sind in der folgenden Auswertung nicht eingeschlossen.

### 2.1. Landwirtschaftliches Einkommen

Das landwirtschaftliche Einkommen ist der zentrale Einkommensbegriff für die Beurteilung der Einkommenssituation der bäuerlichen Familienarbeitskräfte. Es ist ein Unternehmerereinkommen und wird durch die Arbeit in der Land- und Forstwirtschaft verdient. Dieses Einkommen ist ein Bruttoeinkommen, ein Teil davon muß wieder in die Betriebe investiert werden, die persönlichen Steuern und die Sozialversicherungsbeiträge sind davon zu begleichen, und der Rest soll die getane Arbeit entsprechend entlohnen und das investierte Kapital angemessen verzinsen. Diesen vielfältigen Anforderungen wird das landwirtschaftliche Einkommen der Bergbauern immer weniger gerecht. Die Entwicklung des landwirtschaftlichen Einkommens und des Lohnansatzes wird ab 1975 in der folgenden Übersicht ausgewiesen. Es handelt sich um nominelle Werte, das heißt, es sind Tageswerte aus den Buchführungsergebnissen zu laufenden Preisen:

#### Nominelle Einkommens-Lohnansatz-Differenz je Familienarbeitskraft von Bergbauernbetrieben

Jahr	Landwirtsch. Einkommen S/Monat	Lohnansatz S/Monat	Absolute Differenz S/Monat	Landw. Einkommen in % v. Lohnansatz
Mittel der Bergbauernbetriebe				
1975	3381	4931	-1550	68,6
1976	4143	5488	-1345	75,5
1977	4365	6236	-1871	70,0
1978	4506	6797	-2291	66,3
1979	5133	7349	-2216	69,8
1980	5797	8112	-2315	71,5

Das landwirtschaftliche Einkommen stieg demnach von S 3381,- je Familienarbeitskraft und Monat im Jahre 1975 auf S 5797,- im Jahre 1980. Der Lohnansatz liegt aber bei weitem darüber. Das landwirtschaftliche Einkommen stammt aus der Wirtschaftswirklichkeit, aus den Buchführungsergebnissen, aus dem „Grünen Bericht“, es wird daher auch als Isteinkommen bezeichnet. Der Lohnansatz ist eine theoretisch herauskalkulierte Größe aus den Kollektivverträgen für die unselbständig Erwerbstätigen in der bäuerlichen Land- und Forstwirtschaft. Zu einem Grundlohnansatz kommen Zuschläge für die Betriebsgröße und die Betriebsleitung. In Summe ergab sich daraus ein Lohnansatz von S 8112,- je Monat und Familienarbeitskraft. Dieser Lohnansatz ist also eine theoretisch kalkulierte Größe, er ist außerdem sehr niedrig angesetzt, weil die Kollektivverträge in der Land- und Forstwirtschaft sehr weit in der Praxis überzahlt werden. Es ist also eine sehr hohe Lohndrift vorhanden. Für einen Traktorfürer muß man heute in der Land- und Forstwirtschaft mit mindestens S 12.000,- je Monat brutto rechnen. Trotz dieses sehr niedrig kalkulierten Lohnansatzes blieb das landwirtschaftliche Einkommen noch beachtlich hinter diesem Lohnansatz zurück. Die absolute Differenz in Schilling je Monat läßt erkennen, daß der absolute Abstand immer größer geworden ist, und er erreichte 1980 S -2315,- je Monat und Familienarbeitskraft. Die prozentuale Deckungsquote schwankt, ist aber seit dem Jahre 1976 in der Tendenz eher leicht rückläufig.

### 2.2. Arbeitsverdienst und Unternehmensverlust

Das landwirtschaftliche Einkommen setzt sich aus einem Arbeitsverdienst und einem Kapitaleinkommen zusammen. Vermindert man das landwirtschaftliche Einkommen der vorhergehenden Übersicht um einen 4%igen Zinsansatz des Reinvermögens – weniger als eine Sparbuchverzinsung – resultiert als Restgröße der Arbeitsverdienst, der wieder auf die Familienarbeitskräfte bezogen wird. Die folgende Übersicht weist den Arbeitsverdienst aus:

#### Nomineller Unternehmerverlust je Familienarbeitskraft von Bergbauernbetrieben

Jahr	Arbeitsverdienst S/Monat	Lohnansatz S/Monat	Unternehmerverlust S/Monat	Arbeitsverdienst in % vom Lohnansatz
Mittel der Bergbauernbetriebe				
1975	1456	4931	-3475	29,5
1976	2071	5488	-3417	37,7
1977	2099	6236	-4137	33,7
1978	2055	6797	-4742	30,2
1979	2570	7349	-4779	35,0
1980	2999	8112	-5113	37,0

Wenn schon das landwirtschaftliche Einkommen niedriger als der Lohnansatz war, ist natürlich die Differenz vom Arbeitsverdienst zum Lohnansatz noch wesentlich größer. Nach der betriebswirtschaftlichen Theorie sollte der Arbeitsverdienst mindestens den Lohnansatz erreichen. Ist der Arbeitsverdienst größer als der Lohnansatz, ergibt sich ein Unternehmergewinn, ist der Arbeitsverdienst kleiner als der Lohnansatz, ein Unternehmerverlust.

Die Tabelle läßt folgende Trends erkennen:

- Der Arbeitsverdienst ist zwar gestiegen, er ist aber weit hinter dem Lohnansatz zurückgeblieben.
- Im Jahre 1980 erreichte der Arbeitsverdienst nur mehr 37 % des Lohnansatzes.
- Der absolute Unternehmerverlust betrug damit S -5113,- und war damit schon wesentlich höher als der Arbeitsverdienst.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, wie man in dieser Situation überhaupt weiterwirtschaften kann. Die Antwort ist einfach: Die bäuerlichen Familienarbeitskräfte können eben nicht den Lohnansatz entnehmen, sondern müssen mit viel weniger, eben dem Arbeitsverdienst, zufrieden sein, wenn sie andererseits auf eine Kapitalverzinsung Wert legen. Würden die bäuerlichen Familienarbeitskräfte den Lohnansatz tatsächlich entnehmen, lebten sie auf Kosten der Substanz.

### 2.3. Einkommensvergleich zwischen landwirtschaftlichem Ist- und Solleinkommen je Familienarbeitskraft

Das bereits erwähnte Isteinkommen stammt aus dem „Grünen Bericht“ und daher aus der Wirtschaftswirklichkeit. Das Solleinkommen errechnet sich aus dem Lohnansatz zusätzlich einem Zinsanspruch für das im Betrieb eingesetzte Eigenkapital. Dieses Solleinkommen ist daher eine anzustrebende Zielgröße und variiert nach dem unterstellten prozentuellen Zinsanspruch. Die folgende Tabelle zeigt die Entwicklung ab 1975 bei einem unterstellten Zinsanspruch von 5 % für das im Betrieb eingesetzte Eigenkapital:

#### Einkommensvergleich zwischen landwirtschaftlichem Ist- und Solleinkommen je Familienarbeitskraft

Jahr	Ist-einkommen S/Monat	Soll-einkommen S/Monat	Abstand Ist-, Solleinkommen S/Monat	Deckungsquote in %
Mittel der Bergbauernbetriebe				
1975	3381	7336	-3955	46,1
1976	4143	8077	-3934	51,3
1977	4365	9067	-4702	48,1
1978	4506	9862	-5356	45,7
1979	5133	10.553	-5420	48,6
1980	5797	11.609	-5812	49,9

Folgende Trends lassen sich aus dieser Tabelle erkennen:

- Das landwirtschaftliche Isteinkommen ist zwar gestiegen, es blieb aber durchwegs hinter dem Solleinkommen zurück.
- Der Abstand vom Isteinkommen zum Solleinkommen in Schilling je Monat ist mit Ausnahme des Jahres 1976 von Jahr zu Jahr größer geworden.
- Die Deckungsquote ist von 1975 auf 1976 besser geworden, dann aber wieder zurückgegangen, wobei Schwankungen in den einzelnen Jahren aufgetreten sind.

#### 2.4. Gesamterwerbseinkommen inklusive öffentlicher Zuschüsse

Viele Bergbauern gehen neben ihrer land- und forstwirtschaftlichen Tätigkeit auch einem außerlandwirtschaftlichen Beruf nach oder bekommen direkte Einkommenszahlungen in Form von Bergbauernzuschüssen, Flächenbewirtschaftungsprämien oder Auftriebsprämien. Es gibt auch Prämien zum Beispiel für die Kälbermast oder die Mutterkuhhaltung. Weiters zählen Einnahmen aus Nebenbetrieben, zum Beispiel aus dem Fremdenverkehr dazu. Alle diese Einkünfte zusammen ergeben das Gesamterwerbseinkommen inklusive öffentlicher Zuschüsse. Da es sich aber um Haupterwerbsbetriebe handelt, überwiegt auch bei dieser Auswertung das landwirtschaftliche Einkommen. Im Bundesmittel der Bergbauernbetriebe ergab sich 1980 ein Gesamterwerbseinkommen inklusive öffentlicher Zuschüsse von S 7153,- je Monat und Gesamtfamilienarbeitskraft. Sogar dieses Einkommen ist hinter dem Lohnansatz von S 8112,- zurückgeblieben und auch vom landwirtschaftlichen Solleinkommen von S 11.609,- sehr weit entfernt.

#### 3. Zukunftsorientierte Maßnahmen für die Bergbauern

Die Analyse über die wirtschaftliche Situation der Bergbauern zeigte sehr deutlich, daß viele positive Maßnahmen gesetzt werden müssen, um diese ungünstige Situation wieder zu verbessern.

**Die Berglandwirtschaft muß auch in Zukunft funktionsfähig bleiben.** Es sind jene Voraussetzungen zu schaffen bzw. weiter auszubauen, damit der **Selbstbehauptungswille und die Eigeninitiative der Bergbauern erhalten** bleiben. Die entscheidende Grundlage für die Einkommensbildung im Bergbauernbetrieb ist die Aufrechterhaltung der Produktion. Das landwirtschaftliche Einkommen muß sich daher auch für die Bergbauern laufend verbessern. Eine kostenorientierte Preispolitik sowie eine offensive Absatz- und Außenhandelspolitik sind daher besonders vorrangig. Eine funktionierende Infrastruktur, vor allem der Ausbau und die Erhaltung des ländlichen Wegenetzes sind im Interesse der Bergbauern und der Allgemeinheit zu forcieren. Die erschwerten Produktionsbedingungen erfordern differenzierte Förderungsmaßnahmen und dürfen nicht, wie in der jüngsten Vergangenheit, laufend gekürzt werden. Die Bergbauern erbringen große Leistungen für die Gestaltung und Erhaltung unserer Kulturlandschaft, die in der Preispolitik nicht abgegolten werden.

**In Ergänzung zur Preis-, Markt-, Infrastruktur- und Förderungs politik sind daher die Direktzahlungen weiter auszubauen.**

#### 3.1. Preise, Absatz und weitere Produktionsmöglichkeiten

- Kostenorientierte Preispolitik bei allen bergbäuerlichen Produkten, besonders bei Rindern, Milch und Holz.
- Erhaltung und Verbesserung des Absatzes, besonders auch der Exportmöglichkeiten, für die Erzeugnisse der Bergbauern.
- Verbesserung der Milchmarktorientierung, die den Strukturwandel nicht behindert und der Milchwirtschaft im Berggebiet eine Weiterentwicklung ermöglicht.
- Verbesserung der Voraussetzungen für die Kälbermast und die Umstellung auf extensive Betriebsformen, wie zum Beispiel Mutterkuhhaltung.
- Wirksamer Importschutz zur Sicherstellung der inländischen Schaffhaltung und gezielter Aufbau der Lammfleischproduktion.
- Ausbau inländischer Holzverarbeitungskapazitäten und Schaffung einer Außenhandelsgleichheit bei Rohholz.
- Änderung der Forstgesetze mit dem Ziel, eine wirtschaftsnahe Handhabung der Rodungsbestimmungen zu erleichtern, wenn im Einzelfall die Agrarstruktur verbessert werden kann.
- Wirkungsvoller Schutz des Waldes vor Wildschäden.

#### 3.2. Infrastruktur

- Verstärkte Berücksichtigung der Berggebiete im Finanzausgleich, damit der ländliche Raum und besonders das Dorf in Zukunft wieder mehr Chancen als in der Vergangenheit bekommt.
- Mehr Förderung durch Beihilfen und zinsengünstige Kredite beim Ausbau des ländlichen Wegenetzes, damit die Bergbauern von der Erbringung der Eigenleistung stärker entlastet werden.
- Übernahme der Wegeerhaltung und der Schneeräumung durch die öffentliche Hand, wobei ein Fonds zur Erhaltung des ländlichen Wegenetzes eine wertvolle Hilfestellung sein kann. In diesem Zusammenhang sollte auch ein Teil der Bundesmineralölsteuer für diese Zwecke verwendet werden.
- Wirksame Förderung der Restelektrifizierung, Netzverstärkung und des Telefonausbauens.
- Schaffung und Sicherung von Arbeitsplätzen in der Land- und Forstwirtschaft und von außerlandwirtschaftlichen Erwerbsmöglichkeiten im mittelständischen genossenschaftlichen und gewerblichen Bereich sowie besonders im Fremdenverkehr.
- Intensivierung der Wildbach- und Lawinerverbauung zum Schutz des alpinen Kulturlandes gegen Naturgewalten.

#### 3.3. Förderung

- Anhebung des Förderungsvolumens für die landwirtschaftliche Regionalförderung, um die erstellten Regionalkonzepte realisieren zu können.
- Verbilligung der landwirtschaftlichen Betriebsmittel und Investitionsgüter, damit das landwirtschaftliche Einkommen durch Kostenentlastung verbessert wird.
- Kreditkonditionen entsprechend der Ertragslage in den Bergbauernbetrieben.
- Verstärkte Förderung des Fremdenverkehrs in den Bergbauernbetrieben.

#### 3.4. Leistungsgebundene Direktzahlungen

- Verwirklichung eines Bergbauernförderungsgesetzes mit dem Ziel, die Bergbauernzuschüsse des Bundes weiterzuentwickeln und eine Differenzierung der Direktzahlungen über einen Sockelbetrag einzuleiten.
- Die Differenzierung der Direktzahlungen soll nach leistungsorientierten Kriterien, wie beispielsweise bewirtschaftete Fläche, Bewirtschaftungsschwernisse, Auftriebsprämien nach Vieheinheiten, durchgeführt werden.
- Die überwirtschaftlichen Funktionen der Waldbewirtschaftung sind ebenfalls in der Abgeltung mit zu berücksichtigen.
- Schrittweise Einbeziehung der Bergbauernbetriebe aller Erschwerniszonen in die leistungsgebundenen Direktzahlungen.

#### 4. Bergbäuerliche Familienbetriebe sind krisenfest

Unser Staat und unsere Volkswirtschaft brauchen die Bergbauern für viele Aufgaben. Die Bauern erbringen die von ihnen erwarteten Leistungen und haben daher einen Anspruch auf entsprechende Einkommen und eine weitere Verbesserung ihrer wirtschaftlichen Situation. Die Ungleichbehandlung der bäuerlichen Berufsgruppe führt auf die Dauer für die gesamte Volkswirtschaft zu nicht wieder gutzumachenden Schäden. Nahrungsmittel, Rohstoffe, eine besiedelte Kulturlandschaft und eine intakte Umwelt sind Ergebnisse der Arbeit der Bauern mit der Natur. Die Vergangenheit hat wiederholt bewiesen, daß gerade die bäuerlichen Familienbetriebe diese Leistungen am besten erbracht haben. Darauf sollte niemand in unserem Land vergessen.

## Golf-Kooperationsrat — neuer Wirtschaftsfaktor im Mittleren Osten

1981 schlossen sich die sechs konservativen Anrainerstaaten des Persisch-Arabischen Golfes (Saudi-Arabien, Kuwait, Vereinigte Arabische Emirate, Oman, Bahrain, Katar) zu einer Wirtschaftsgemeinschaft, dem **Gulf Co-Operation Council (GCC)** zusammen. Das GCC orientiert sich an der Europäischen Gemeinschaft und strebt (a) die Einrichtung eines einheitlichen Systems im Sektor Finanzen, im Handel

und Verkehr, im Bildungs- und Kulturwesen, im Gesundheitsdienst, im Tourismus und in der Verwaltung an, (b) die Zusammenarbeit in der wissenschaftlich-technischen Entwicklung, der Industrie zum Abbau von Bodenschätzen und bei der Bildung eines gemeinschaftlichen Investitionsfonds sowie (c) das Freihalten der Golfzone (vor allem der Straße von Hormus, über die fast zwei Drittel des Rohölbedarfs der westlichen Länder verläuft) von ausländischer Einnischung bzw. internationalen Konflikten.

Als **Führungsspitze** des Rates werden künftig die sechs Staatsoberhäupter auf strikter Rotationsbasis die zwei jährlichen Sitzungen leiten und über eingebrachte Empfehlungen des Ministerrates und der Kommission entscheiden. Das Ratssekretariat befindet sich in der saudischen Hauptstadt Riad. Im Gegensatz zur EG steht dem Golfstaat keine ergänzende Volksvertretung zur Seite.

Zunächst will die **Wirtschaftsgemeinschaft** eine gewisse wirtschaftliche Autarkie erreichen und ihren jungen aufstrebenden Industrien (dabei handelt es sich vor allem um energieintensive Zweige der Grundstoffindustrie, die den Standortvorteil kostengünstiger und reichlicher Energiequellen nutzen wollen) Absatzmärkte sichern. In einem zweiten Schritt wird der Abbau von Zoll- und Handelsschranken in Angriff genommen. Eine Studienkommission der Finanzminister befaßt sich schon jetzt mit den vorbereitenden Details. Dazu gehören Probleme des freien Kapitalflusses, auch die einer zentralen Effektenbörse am Golf oder der Übertragung von Grundeigentumsrechten. In einer dritten Phase kann schließlich mit einer tatsächlichen Integration der von einzelstaatlichen Interessen besonders geprägten monetären Belange und der Ölwirtschaft gerechnet werden. Da die GCC-Staaten gemeinschaftlich über einen Marktanteil von über 50 Prozent der totalen OPEC-Produktion besitzen, erwartet man, daß sie bei der Ölpreispolitik der OPEC künftig eine Führungsrolle spielen werden.

Im Lichte vielfältiger, zumeist aber auch enttäuschender Ansätze regionaler Integrationskonzepte in Ländern der Dritten Welt im allgemeinen und im arabischen Raum im besonderen drängt sich die Frage nach den **Entwicklungschancen** des Golf-Kooperationsrates auf. Skeptiker verweisen dabei auf die geringen Erfolge des Arabischen gemeinsamen Marktes bzw. Agreement of Arab Economic Unity, auf die unterschiedlichen außenpolitischen Standpunkte der Staaten und befürchten, daß von der „Goldrausch-Mentalität“ am Golf mit ihren typischen Begleiterscheinungen, wie Zustrom ausländischer Arbeitskräfte, Konsumgüter- und Bauboom, Abfluß von Gewinnen und Petrodollar-Überschüssen, nach dem Ende des Ölzeitalters nichts als Geisterstädte übrig bleiben werden.

Demgegenüber machen die GCC-Staaten geltend, daß sie eine einheitliche Sprache und Kultur sowie verwandte Regierungsformen besitzen. Zweitens teilen alle Länder – trotz des gegenwärtig deutlichen Einkommensgefälles ein entscheidendes Merkmal: Die Erdölförderung und die daraus fließenden Einnahmen übertreffen gesamthaft weit die derzeitigen Absorptionsmöglichkeiten der Region, die trotz großen Ausländerzustroms (etwa 40 Prozent der Bevölkerung) mit ca. 13 Millionen Einwohnern eine spärliche Besiedlung aufweist. Der Umstand, daß etwa 50 Prozent der geschätzten nachgewiesenen Ölvorkommen der westlichen Welt in den GCC-Staaten konzentriert sind und daher ihr Marktanteil – bei konstanter Förderung von 13–14 Millionen Faß Erdöl pro Tag – von 44 Prozent im Jahr 1974 auf 58 Prozent 1981 an der gesamten OPEC-Förderung wuchs, macht die Staaten-gruppe zu einem Sonderfall unter den Ölexporteuren.

Als **Zahlungsbilanz-Überschußländer** genießen die GCC-Staaten den Vorzug überproportional hoher Investitionsquoten und eines sich daraus ergebenden ökonomischen Wachstums des Bruttoinlandsproduktes von schätzungsweise real 15 Prozent im Jahr seit 1973. Daraus resultiert zwar, daß die geschätzten laufenden Einnahmen in Höhe von 156 Mrd. US-Dollar im Jahr 1980 bis auf ein Viertel wieder für Einfuhren verausgabt wurden. Dennoch erfordern die Höhe des Cash-Flows, die Petrodollar-Überschüsse und die bis 1980 geschätzten akkumulierten Auslandsaktiven in Höhe von nahezu 300 Mrd. US-Dollar Entscheidungen grundsätzlicher Art. In welcher Höhe können Überschüsse produziert werden, ohne das langfristige Ziel der GCC-Staaten zu gefährden? Es besteht darin, aus den Erträgen der Rohölvorkommen eine sich selbst tragende Binnenwirtschaft zu entwickeln, welche die Erschöpfung der Ölreserven in etwa 50–60 Jahren überdauert. Die Weichen wurden dafür mit

Schwerpunkt auf Projekten zur Teilnahme an der Ölveredlung bereits gestellt. So ist für den Zeitraum 1977–1985 eine Verdoppelung der Raffineriekapazitäten auf 3,2 Millionen Barrel pro Tag in den GCC-Staaten zu erwarten. Die Kapazitäten zur Erzeugung von Schlüsselprodukten der Petrochemie (Äthylen, Methanol, Ammoniak und Harnstoffe) werden sich gegenüber 1977 um ungefähr das Vierfache erhöht haben und eine ernsthafte Herausforderung für die etablierte Chemieindustrie der Industrieländer sein. Übrigens wird sich die Zementherstellung verfeinern und die Stahlindustrie mit neuen Werken in Saudi-Arabien und den Vereinigten Arabischen Emiraten kräftig expandieren.

Obwohl die Zusammenarbeit der Golfstaaten im Rahmen des GCC den Richtlinien der aus 21 Ländern bestehenden Arabischen Liga folgt, blieb die neue Allianz nicht von Kritik aus diesem Lager verschont. Vor allem Irak fühlt sich übergangen. Vom Standpunkt der Industrienationen wird die Kooperationspolitik am Golf begrüßt, weil sie auf längere Sicht eine Stabilisierung in dieser wichtigen Ölregion der Erde bewirkt.

### Ausgewählte Wirtschaftskennzahlen der Mitgliedstaaten des GCC

(Schätzungen 1980)

	Fläche in 1000 km <sup>2</sup>	Bevölkerung (Mio.)	davon Ausländer (in %)	Volkeinkommen pro Kopf (in \$)	Bruttoinlandsprodukt 1980 (Mrd. \$)	Jährliche reale Wachstumsrate 1975–80	Jährliche reale Wachstumsrate 1980–85 (geschätzt)	Jährliche Inflationsrate 1970–79 (%)	Wareneporte (Mrd. \$)	Wareneinfuhr (Mrd. \$)	Ölförderung 1981 (Mio. Barrel/Tag)
Saudi-											
Arabien	2150	8,4	30	7280	116,20	8	3,3	25,2	102,6	30,2	9,5
Kuwait	18	1,4	58	17.100	24,85	9	6	17,7	19,9	6,7	0,9
V. A. E.	84	1,0	70	16.070	27,10	7	6	12	20,7	8,7	1,9
Oman	300	0,9	n. v.	2790	4,7	9	10	12	3,3	1,7	0,3
Bahrain	1	0,4	32	4060	2,2	3	7	12	3,6	3,5	0,04
Katar	10	0,3	50	15.050	4,9	–	–	12	5,7	2,6	0,4
Total	2563	12,4	40	?)	141,2	–	–	–	155,8	53,4	13,0

<sup>1)</sup> Zu Wechselkursen von 1979. <sup>2)</sup> Zum Vergleich: Schweiz 15.012 \$. Quelle: Weltentwicklungsbericht 1981 (Weltbank); International Financial Statistics (IWF); eigene Schätzungen.

Qu.: Der Monat, Juni 1982; hrsg. v. Schweizerischen Bankverein.

Quelle: ÖstZA

## Buchbesprechungen Neuerscheinungen

**M. Schwind, Das japanische Inselreich, Band 2:** Kulturlandschaft, Wirtschaftsraum auf engem Raum. 658 Seiten. De Gruyter, Berlin, 1982. Mit vielen Abbildungen. DM 280,-

M. Schwind, einer der besten Japankenner Deutschlands, legt mit dem vorliegenden Buch den 2. Teil seiner dreibändigen Landeskunde „Das japanische Inselreich“ vor. Nach dem 1. Band, der sich mit der Naturlandschaft (Bauplan, Klima, Böden, Vegetation und Fauna) beschäftigte, befaßt sich der 2. Band mit den kulturlandschaftlich wirksam gewordenen Antworten von Mensch und Staat auf die Herausforderungen durch die Umwelt, welche durch Landesnatur und der jeweiligen historischen Situation dargeboten wird. Dabei ist der Industrialisierung seit der Meiji-Zeit (1868) breiter Raum gewidmet. Sie ergriff alle Bereiche des Lebens und der Wirtschaft und rückte Japan schließlich in die vorderste Gruppe jener Industrienationen, die vor hundert Jahren Japan noch als Kolonialland betrachteten. Vor dem Hintergrund des sozialen und politischen Wandels unter Berücksichtigung aller hemmenden und fördernden Faktoren stellt Schwind in zeitlicher Stufung bis herauf zur Gegenwart die Entfaltung, Verbreitung und Bedeutung der einzelnen Industriezweige dar und zeigt in Rückkopplung die Auswirkungen auf andere Wirtschaftsbereiche und auf die Kulturlandschaft bzw. die Menschen. Aus den Antworten, die von den Menschen des japanischen Inselreichs in den verschiedenen Zeiten auf die Herausforderungen der Umwelt gegeben wurden, will der Verfasser deutlich machen, welche Art diese Menschen waren und im Fortgang der Untersuchung herausstellen, welche Antworten sich lediglich mitschleppen, durch fortwährende Erneuerung als typisch erwiesen bzw. schließlich neu gefunden wurden. Damit wird unter dem auf die Herausforderung antwortenden Menschen nicht ein von vornherein fest definiertes Subjekt verstanden, sondern eine sich wandelnde Gesellschaft, deren sich ebenfalls wandelnde Repräsentanz die Kulturlandschaft prägt. Schwinds großes Japan-Werk (der dritte Band wird sich mit der japanischen Stadt befassen) ist sowohl wegen seines wissenschaftlichen Grundkonzeptes lesenswert als auch durch die Fülle seiner gediegenen Informationen, die für jeden, der sich mit Japan beschäftigt, Grundsätzliches zum Verständnis dieses Staates enthalten. Wir hoffen, daß das Buch weite Verbreitung findet und nicht wegen seines Preises abschreckt.

**PHYSIKALISCHE BLÄTTER**, 12 Hefte, DM 84,- plus Porto, Physik Verlag, D-6940 **Weinheim** / Bergstr., Postf. 1260.

**STERNE UND WELTRAUM**, 12 Hefte, DM 52,- 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.

**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 7,50, Abonnementpreis DM 5,50 pro Heft; Georg **Westermann** Verlag; 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.

**H. Abele, E. Nowotny, S. Schliecher, G. Winckler (Hrsg.): Handbuch der österreichischen Wirtschaftspolitik.** 480 Seiten. Verlag Manz, Wien, 1982. S 370,-

Die erste umfassende wissenschaftliche Gesamtdarstellung der österreichischen Wirtschaftspolitik und ihrer ökonomischen und institutionellen Besonderheiten. Im Teil A werden die Grundlagen der Wirtschaftspolitik behandelt (mit Anmerkungen zu einer Wirtschaftsgeschichte seit 1945), im Teil B Institutionen und Entscheidungsprozesse (wobei u. a. Parteienvertreter die wirtschaftspolitischen Positionen von SPÖ und ÖVP darstellen), Teil C handelt die einzelnen Bereiche der Wirtschaftspolitik ab (öffentliche Finanzen, Geld und Währung, Industrie, Technologie-Politik, Energie und Rohstoffe, Agrarpolitik, Arbeitsmarktpolitik, Sozialpolitik, Verkehr, Regionale Wirtschaftspolitik, Wohnungswirtschaft, Außenwirtschaft und wirtschaftspolitische Landesverteidigung). Im Teil D werden dann gewissermaßen als Diskussionsplattform Fallstudien einzelner wirtschaftspolitischer Entscheidungsprozesse gebracht (u. a. das Regionalmodell Aichfeld-Murboden und das GM-Motorenwerk in Wien-Aspern). Teil E bietet reichliches Datenmaterial, meist in Form vieljähriger Zeitreihen.

Die vier Herausgeber und weitere 26 Autoren garantieren in ihren klar abgefaßten, das Wesentliche herausarbeitenden Beiträgen entsprechend ihrer sachlich und politisch divergenten Auffassungen die Durchleuchtung der österreichischen Wirtschaftspolitik aus den verschiedensten Gesichtspunkten.

Das Buch gehört in die Handbibliothek jedes GW-Lehrers und sollte als Grundlage von Aus- und Fortbildungsveranstaltungen dienen.

**Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Gemeinschaft (Hrsg.): Die österreichische Gemeinschaft.** Jugend und Volk, Wien 1982. 562 Seiten.

Vor zehn Jahren erschien die letzte Gesamtdarstellung der österreichischen Gemeinschaft. Die Entwicklung seither ist weitergegangen. Der Gemeinschaft sind neue Aufgaben erwachsen, und überholte Strukturen wurden überwunden. Das vorliegende Handbuch trägt dem Rechnung. Es dient nicht nur als Rechenschaftsbericht, sondern vor allem der Information einer breiten

Öffentlichkeit. Aus den 45, z. T. von Wissenschaftlern, z. T. von Praktikern verfaßten Beiträgen, die alle Bereiche der Gemeinschaft beleuchten, seien ohne Bevorzugung einzelner beispielhaft folgende herausgehoben: **Gemeinschaft in Österreich – Umfang und Bedeutung** für die Volkswirtschaft von E. Nowotny; **Rechts- und Organisationsformen in der österreichischen Gemeinschaft** von N. Wimmer; **Die Entwicklung des Gemeinschaftsbegriffes** von R. Spitzer; **Die verstaatlichte Industrie** von O. Grünwald; **Der Genossenschaftsgedanke und die Genossenschaftspraxis in Österreich** von W. Weber sowie **Gemeinschaft und Bildungspolitik** von S. Orbán. Das auch reichlich mit Tabellen und Diagrammen ausgestattete Buch gehört in jede Schulbibliothek, sollte von GW-Lehrern gelesen werden und auch bei der Ausbildung der Lehramtskandidaten an den Pädagogischen Akademien und Universitäten Verwendung finden.

**W. Einsiedler, Lehrmethoden.** Urban & Schwarzenberg, München, Wien 1981. 215 Seiten. DM 24,-

Das in der bekannten Reihe von U & S herauskommende handliche Buch versucht, die didaktischen Ansätze mit Problemen und Ergebnissen der empirischen Erforschung von Lehrmethoden zu verbinden. Dabei wird eine Reihe von Untersuchungsberichten vorgelegt. Die Befunde zeigen keine allgemeine Überlegenheit dieser oder jener Lehrmethode. Wichtig ist das Einordnen der einzelnen Methoden in einen lehrtheoretischen Bezugsrahmen. Kriterien für lehrmethodische Erscheinungen werden aufgezeigt.

**Krapp/Hofer/Prell: Forschungswörterbuch.** Grundbegriffe zur Lektüre wissenschaftlicher Texte. Urban & Schwarzenberg, München, Wien, 1982. 178 Seiten.

Wissenschaftliche Veröffentlichungen in der Erziehungswissenschaft, der Pädagogischen Psychologie usw. bringen für den „äußeren“ Leserkreis (Eltern, Lehrer) wegen ihrer Terminologie oft Schwierigkeiten und werden dann weggelegt. Das vorliegende Bändchen will hier helfen und erklärt in knapper, verständlicher Form jene Begriffe, die das Basisvokabular empirisch orientierter pädagogischer Forschung ausmachen. W. S.

IMPRESSUM: „Wissenschaftliche Nachrichten“, Fortbildungsorgan des Bundesministeriums für Unterricht und Kunst für AHS- und BHS-Lehrer. Erscheint dreimal jährlich im Januar, April und September. Medieninhaber (Verleger), Herausgeber und Eigentümer: Bundesministerium für Unterricht und Kunst, 1010 Wien, Minoritenplatz 5, Tel. 0 22 2 / 66 21. Postanschrift der Redaktion: Dr. Walter Kranzer, Institut für Festkörperphysik der Universität Wien, 1090 Wien, Boltzmannngasse 5, Telefon 0 22 2 / 34 26 30. Hersteller: BOHMANN Druck und Verlag AG, 1110 Wien, Leberstraße 122, Tel. 74 15 95.