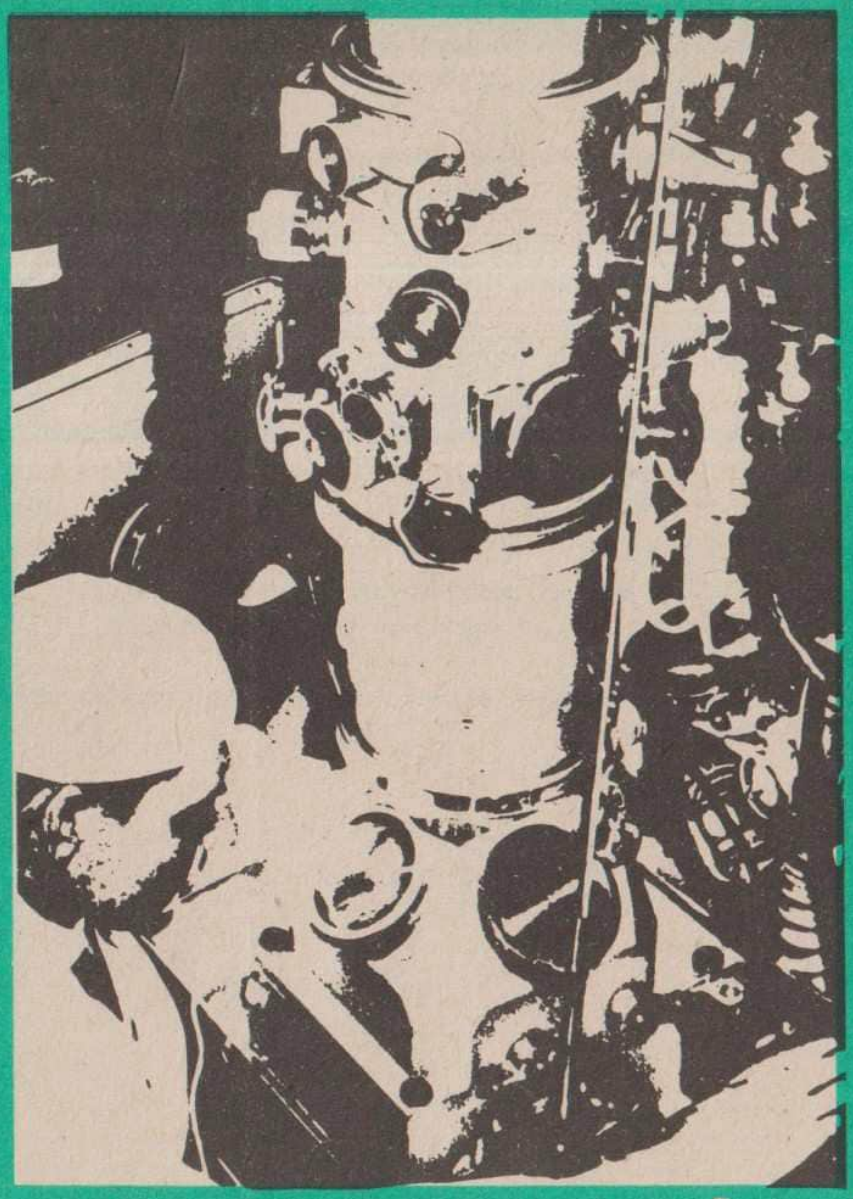
SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

10. JAHRGANG (1976/77)

40 Pf

impuls 68

1



INHALT

Liebe Leser 3

Das Raster-Elektronenmikroskop – ein neues und vielversprechendes Forschungsinstrument PHY 5

Zum Ablauf der Metallkorrosion CHE 13

Wir stellen vor: Das Herbarium Hausknecht BIO 20

Interview von „Stimme der DDR" mit Prof. Max Steenbeck DOK 23

Physikaufgabe 12 31

Titelbild: Arbeit am Elektronenmikroskop

impuls 68

MONATSZEITSCHRIFT
FÜR SCHÜLER
DER KLASSEN 9 BIS 12

Herausgeber: FDJ-Aktiv „impuls 68" der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Sozialistisches Studentenkollektiv, Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR

Anschrift: „impuls 68", 69 Jena, Max-Wien-Platz 1
„impuls 68" erscheint monatlich von September bis Juni unter der Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR. Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen. Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981.
Preis des Jahresabonnements: 4,- M

Redaktion: Dipl.-Phys. Hans-Dieter Jähnig (Chefredakteur), Dr. Eberhard Welsch (amt. Chefredakteur), Dipl.-Phys. Gudrun Welsch (Finanzen), Dipl.-Chem. Peter Renner (Chemie), Dipl.-Biol. Bärbel Schubert (Biologie), Dipl.-Phys. Wilfried Hild (Gestaltung), Dipl.-Phys. Lutz Günther (Astronomie und fotograf. Gestaltung), Harry Hedler (Korrespondenz), Gudrun Beyer (Korrektor)

Liebe Leser

Aus Anlaß der Herausgabe des ersten Heftes unseres Jubiläumsjahrganges möchte ich mich im Namen der Redaktion bei allen Lesern bedanken, die uns durch ihre langjährige Mitarbeit, Hinweise etc. unterstützten und dazu beigetragen haben, daß offensichtlich eingetreten ist, was uns Prof. Dr. M. Steenbeck, Vorsitzender des Nationalen Forschungsrates der DDR, in seinem Geleitwort zum allerersten "impuls 68"-Heft wünschte: guter Erfolg und ein langes Leben.
Zu seiner Ansicht über unser Vorhaben befragt, äußerte er damals: "Das hier ist eine gute und neue Sache: Studenten werben unter Schülern für ihr Studium. So etwas beweist, daß die Studenten von ihrer Wissenschaft wirklich gepackt wurden; es ist aber auch ein Zeichen für echtes gesellschaftliches Verantwortungsbewußtsein."

Ich glaube, das trifft heute noch zu, und wir freuen uns, daß in dem Ihnen vorliegenden Heft Professor Steenbeck erneut zu Wort kommt.

Noch ein Wort über Werbung! Nach der Veröffentlichung von Kurzbeiträgen und Interviews über das Anliegen von "impuls 68" in der Jungen Welt und der Wochenpost sind eine Fülle von Zuschriften und Abonnements bei uns eingegangen, die beweisen, daß die Kenntnis über uns noch viel zu gering ist. Da unsere Möglichkeiten, das zu ändern, aber begrenzt sind, freuen wir uns immer wieder sehr, wenn Leser in Eigeninitiative für uns werben. Und denken Sie bitte daran, Sie ersparen uns viel Arbeit, wenn der Bezug über Sammelbestellungen erfolgt.

In diesem Sinne
Ihnen und uns viel Erfolg
im 10. impuls-Jahr

Eberhard Wehrli

MOSAIK

Laser-Diagnose-Gerät für Halbleiter

An einem Moskauer Forschungsinstitut wurde ein neues Laser-Diagnose-Gerät entwickelt. Zur Untersuchung und Registrierung von Defekten in Halbleitern, zu denen Einschlüsse im Kristallgitter, Risse und Inhomogenitäten zählen. Ein Laserstrahl tastet den zu untersuchenden Kristall ab und bildet die Fehler auf einem Bildschirm ab. Auch die Struktur des Kristallwachstums, die inneren Materialspannungen und Beimischungen sind erkennbar.

Emaille bietet Röntgenschutz

Trotz vieler Strahlungsschutzmaßnahmen sind Ärzte und Assistentinnen im Röntgenraum bei Durchleuchtungen ständig der Streustrahlung ausgesetzt.
Die Experimente des Institutes für Strahlenschutz der Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung bei München zeigten, daß emailliertes Eisen die Rückstreuung auf etwa 15 % ihres Ausgangswertes zu senken vermag. Eine Kombination von 0,2 mm Weiß-Emaille, 0,8 mm Eisenblech und 0,1 mm Emaille als Rostschutz erwies sich aus bisher noch ungeklärten Gründen als optimal. Die Verkleidung einer einzigen Wand im Röntgenraum genügt schon, um die Dosisleistung um 30 - 80 % herabzusetzen.

Atomkraftwerke im Ozean

In den USA arbeitet man gegenwärtig an dem Projekt eines Unterwasser-Atomkraftwerkes, das im Ozean stationiert werden soll. Damit will man insbesondere die Kühlung verbessern. Bislang wurde das erwärmte Kühlwasser in Flüsse, Seen oder Küstengewässer geleitet. Die dadurch entstehende Temperaturerhöhung bedroht die Existenz der Pflanzen und Fische. Baut man die Kraftwerke im Ozean, könnte die Wärme schneller und gefahrloser absorbiert werden.

Norbert Kaiser
AdW der DDR, Jena

Das Raster-Elektronenmikroskop - ein neues und vielversprechendes Forschungsinstrument

PHYSIK

Viele von Ihnen haben sicherlich schon einmal in diesem oder jenem Zusammenhang das Wort Raster-Elektronenmikroskop zu Ohren bekommen. Was verbirgt sich hinter diesem Wort; was kann man mit diesem Gerät anfangen? Das zu klären, ist Sinn und Zweck des folgenden Artikels. Wer auf diesem Gebiet "in" sein will, sollte sich ruhig Zeit nehmen, die folgenden Zeilen aufmerksam zu lesen.

Wie ein Lichtmikroskop funktioniert, ist Ihnen sicherlich bekannt. Das Objekt wird von einer Lichtquelle be- bzw. durchleuchtet und durch Objektiv und Okular dem Auge vergrößert zugeführt. Mit dieser Anordnung sind Vergrößerungen bis 1000-fach erreichbar. Das entspricht einem Auflösungsvermögen von 1 µm. Das Auflösungsvermögen wird hauptsächlich durch die Wellenlänge λ der verwendeten elektromagnetischen Strahlung bestimmt. Nach dem Jenaer Physiker Ernst A b b e (1840 - 1905) beträgt der kleinste, eben noch erkennbare Punktabstand etwa eine halbe Wellenlänge des zur Abbildung benutzten Lichtes. Das tatsächliche Auflösungsvermögen wird durch Linsen, Blenden und durch das Objekt selbst beeinflußt und etwas schlechter ausfallen.

Um noch kleinere Punktabstände auflösen zu können, bietet sich natürlich die Verwendung von kurzwelligerem Licht an. Das führte zur Entstehung der sogenannten Ultraviolett-Mikroskopie. Für noch kürzere Wellenlängen stehen keine brechenden Medien mehr zur Verfügung (z.B. für Röntgen- und Gammastrahlen). Der rettende Ausweg liegt in der Verwendung von Elektronen. Bekanntlich sind ja Elektronen nicht nur negativ geladene Teilchen, sondern sie können auch als Ma-

teriewellen aufgefaßt werden. Die nach ihrem Entdecker benannte de Broglie-Wellenlänge der Elektronen hängt nach folgender Gleichung von deren Geschwindigkeit v ab; d.h. von der durchlaufenen Spannungsdifferenz.

$$\lambda = h / (m \cdot v)$$

h - Plancksches Wirkungsquantum ($6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Ws^2)

m - Elektronenmasse (ca. 10^{-30} kg)

Beträgt die Beschleunigungsspannung 15000 V, so ergibt sich die Wellenlänge $\lambda = 0{,}01$ nm!

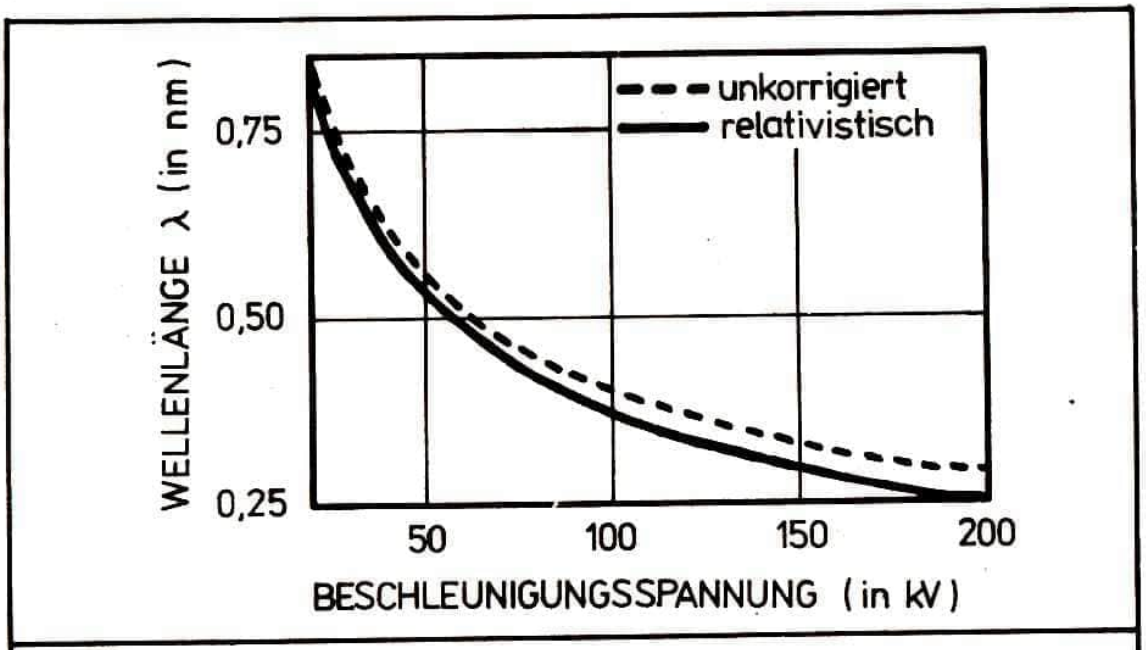


Abb. 1 Wellenlänge der Elektronen als Funktion der Beschleunigungsspannung

In Abb. 1 ist die Wellenlänge als Funktion der Beschleunigungsspannung dargestellt. In der als relativistisch bezeichneten Kurve wird noch berücksichtigt, daß mit zunehmender Geschwindigkeit die Masse der Elektronen zunimmt. Die äußerst geringen Wellenlängen der Elektronen führten zur Entstehung der Elektronen-Mikroskope. Da die Elektronen in ihrer Bewegung durch elektrische und magnetische Felder beeinflußt werden können, werden im Elektronenmikroskop derartige Felder als Linsen benutzt. Der Strahlengang ist dem des Lichtmikroskopes analog.

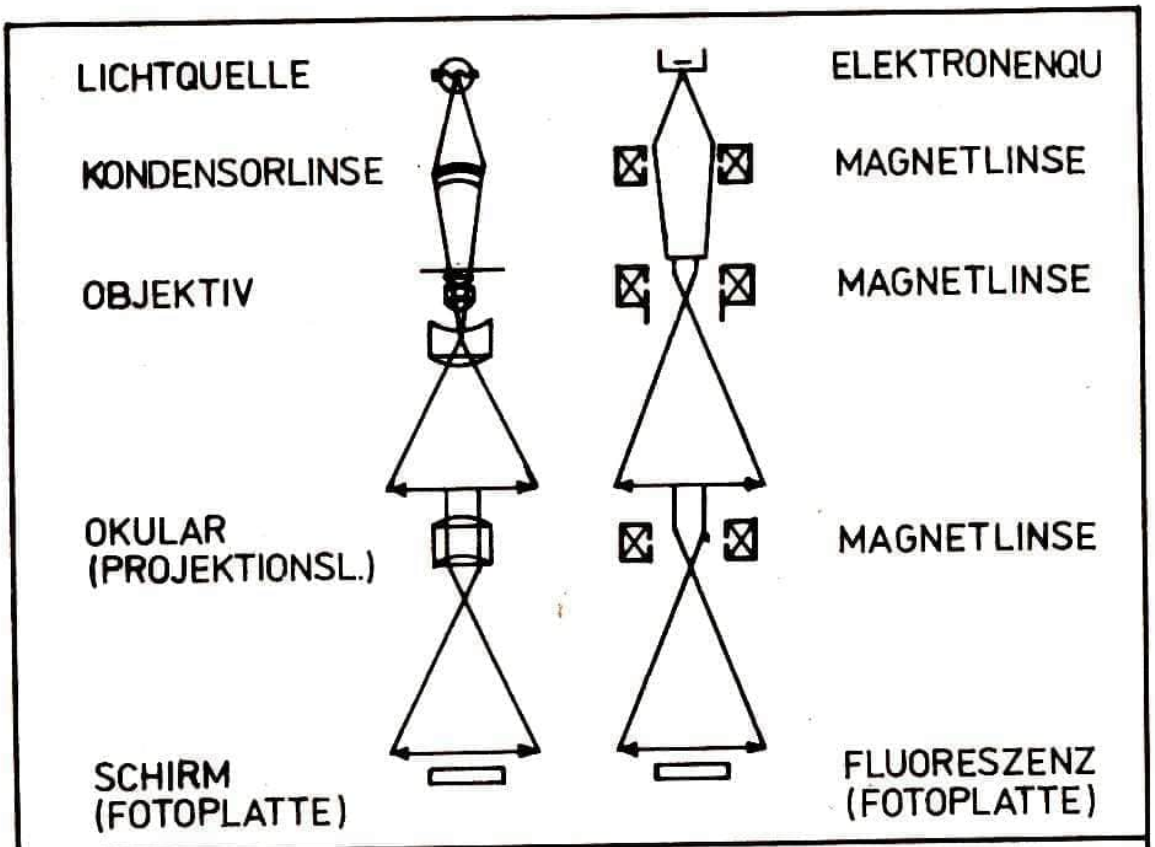


Abb. 2 Schematischer Aufbau und Strahlengang im Lichtmikroskop (links) und im Elektronenmikroskop

Abb. 2 zeigt noch einmal einen Vergleich beider Geräte. Mit modernen Elektronenmikroskopen wird eine Punktauflösung von 0,5 nm, entsprechend einer Vergrößerung von etwa 500000-fach erreicht. Diese Werte bedeuteten einen revolutionierenden Fortschritt in der Naturwissenschaft. So wurde z.B. erstmals die innere Feinstruktur einer Zelle mit dem Elektronenmikroskop sichtbar gemacht. Der Nachteil dieser Geräte besteht darin, daß man als Objekte dünne Folien verwenden muß, die von den Elektronen noch durchdrungen werden können. Für biologische Präparate beträgt die maximale Objektdicke nur 1 µm. Solche dünnen Folien kommen in der Natur selten vor, und man ist folglich auf eine recht aufwendige Präparationstechnik für elektronenmikroskopische Proben angewiesen. Das geht von der Herstellung ultrafeiner Dünnschnitte (Mikrotome als "Messer") über die elektrochemische Materialabdünnung bis zur Herstellung von Oberflächenabdrücken. Die Techniken auf diesem Gebiet sind mittlerweile derart verfeinert, daß die

Präparation der Objekte mehr Zeit und Sorgfalt in Anspruch nimmt, als deren Betrachtung im Mikroskop selbst.

Es ist ein alter Traum der Naturwissenschaftler, über ein Gerät zu verfügen, mit dem man Oberflächen mit möglichst hohem räumlichen Auflösungsvermögen direkt abbilden und auch noch Aussagen über ihre chemische Zusammensetzung machen kann. Ein solches Idealgerät existiert noch nicht. Als gute Näherung von Seiten der Elektronenmikroskopie kann man die sogenannten nichtkonventionellen Elektronenmikroskope betrachten. Dazu gehören das Emissions-Elektronenmikroskop, das Spiegel-Elektronenmikroskop und das Raster-Elektronenmikroskop. In dieser Reihe nimmt das Raster-Elektronenmikroskop dank seiner besonderen Anwendungsmöglichkeiten und dank seiner geringen Anforderungen an die Präparationstechnik eine Sonderstellung ein. Das wird dadurch deutlich, daß man seit dem Einsatz der ersten kommerziellen Geräte dieser Art von einer neuen Epoche in der Elektronenmikroskopie spricht.

Die Wirkungsweise des Raster-Elektronenmikroskopes ist mit dem Fernsehprinzip vergleichbar. Hier wird das von einer Kamera aufgenommene Bild auf einem Fernsehbildschirm wiedergegeben. Beim Raster-Elektronenmikroskop übernimmt ein fein gebündelter Elektronenstrahl die Rolle der Kamera. Dieser wird von einem sogenannten Rastergenerator Punkt für Punkt, Zeile für Zeile über das Objekt geführt (daher rührt der Name des Mikroskopes). Synchron dazu bewegt sich ein zweiter Elektronenstrahl in einer Bildröhre (das entspricht dem Fernseher). Das Wesentliche sind also zwei Elektronenstrahlen, die von einem gemeinsamen Generator gesteuert werden. Befindet sich der Primärstrahl (der Strahl im eigentlichen Mikroskop) z.B. in der Objektmitte, so befindet sich der Schreibstrahl (der Strahl in der Bildröhre) in der Schirmmitte. Die Vergrößerung ergibt sich aus dem Verhältnis Kantenlänge Bildschirm zur Kantenlänge des abgerasterten Bereiches auf der Probe. Sie kann folglich mit einfachen elektronischen Mitteln variiert werden.

Wie kommt es nun zur Kontrastentstehung im Raster-Elektronen-Bild, denn bisher wurde quasi nur ein elektronischer "Storch-

schnabel" beschrieben, der kein Bild zeichnet.

Treffen die Primärelektronen auf die Probe, so werden u.a. aus einem dünnen Oberflächenbereich (ca. 100 Å) Sekundärelektronen ausgelöst. Diese werden von einem Detektor gesammelt, wie das in Abb. 3 dargestellt ist.

Abb. 3 Prinzip der Kontrastentstehung im Sekundärelektronen-Bild

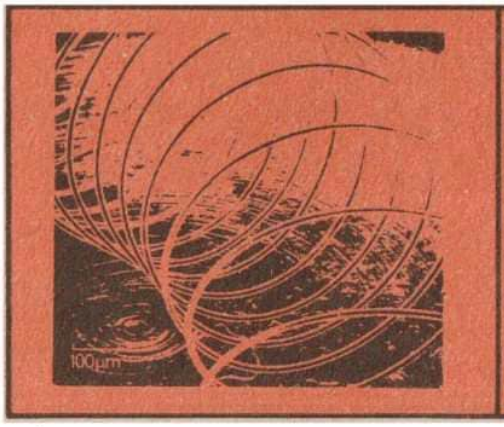


Abb. 4 Abbildung einer Drahtwendel (ϕ ca. 0,8 mm) zur Demonstation der Tiefenschärfe im REM

Die Abbildung zeigt eine stark zerklüftete Oberfläche. Sekundärelektronen, die auf der Seite entstehen, die dem Detektor zugewandt ist, können ohne weiteres zu ihm gelangen (3,5); solche, die auf der entgegengesetzten Seite entstehen, weniger oder garnicht (2,4). Benutzt man die Anzahl der Sekundärelektronen zur Helligkeitssteuerung des Schreibstrahles, so erhält man ein Bild von der Oberflächengestalt der Probe (sogenannter Topographie-Kontrast). Helle Bildbereiche entsprechen einer großen Sekundärelektronenausbeute, dunkle einer geringeren. Ein Beispiel zeigt Abb. 4. Die Drahtwendel scheint vom Detektor aus beleuchtet. Auffällig ist die für das Raster-Elektronenmikroskop charakteristische Tiefenschärfe, die durch die kleine Bestrahlungsapertur (Öffnungswinkel des Elektronenstrahles) und den großen Arbeitsabstand (Abstand Probenoberfläche - Aperturblende) entsteht. Die Aus-

beute an Sekundärelektronen hängt außerdem noch von dem Material ab, aus dem die Probe besteht (sogenannter Material-Kontrast).

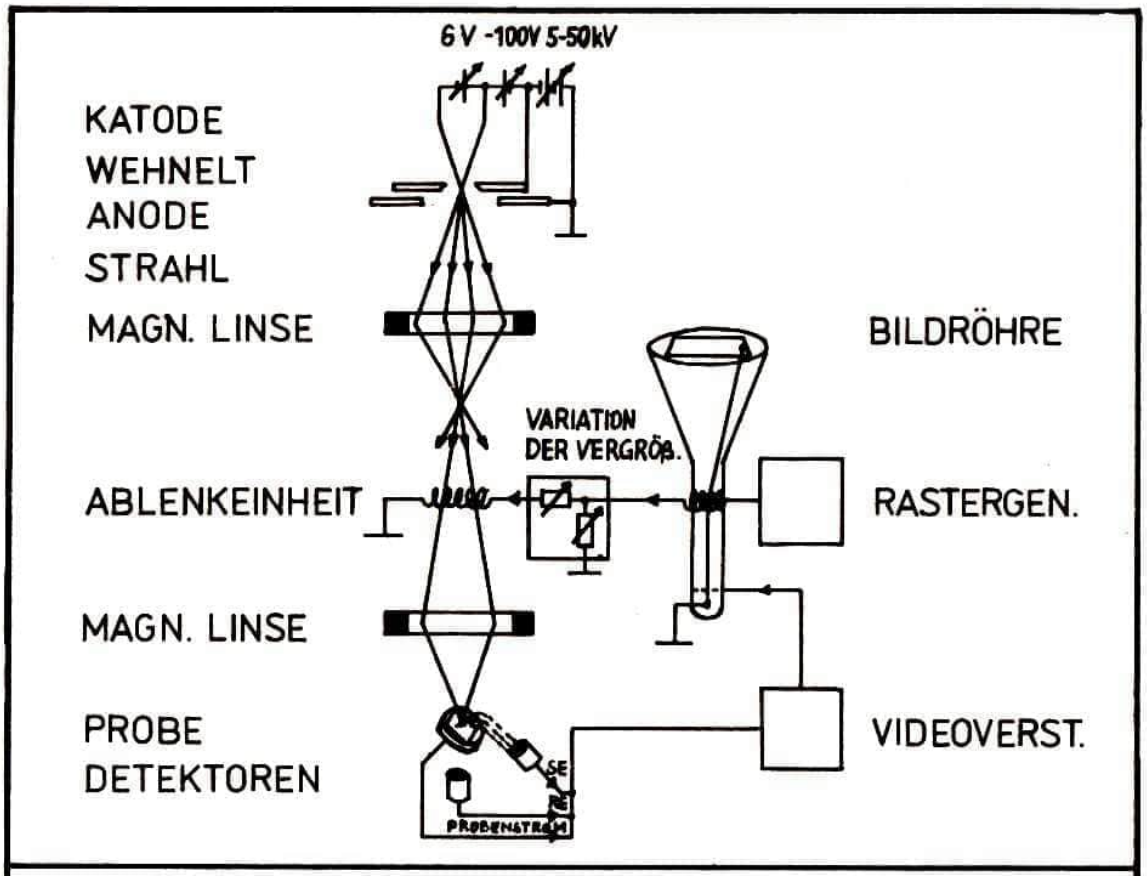


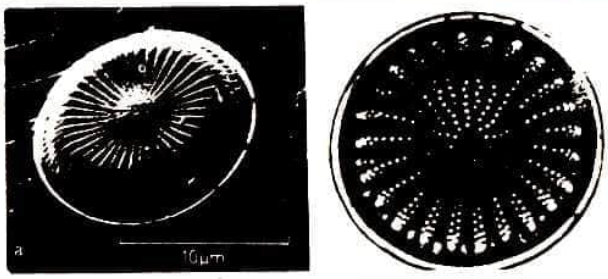
Abb. 5 Blockschaltbild eines REM

Abb. 5 zeigt das Blockschaltbild eines Raster-Elektronenmikroskopes, in dem die bereits erklärten Einheiten im Zusammenhang dargestellt sind. Es sei noch einmal auf das Wesentliche der Bildentstehung verwiesen. Beim gewöhnlichen Licht- und Elektronenmikroskop entsteht das Bild "auf einmal"; die Linsen dienen zur Vergrößerung desselben. Beim Raster-Elektronenmikroskop entsteht das Bild Punkt für Punkt, Zeile für Zeile. Die Linsen dienen lediglich dazu, den Elektronenstrahl zu bündeln, haben also eine völlig andere Funktion als im gewöhnlichen Mikroskop!

Es ist möglich, Oberflächen d i r e k t abzubilden. In Abb. 6 ist zum Vergleich die Abbildung einer Diatomeenschale (Kieselalge) im Raster-Elektronenmikroskop (a) und der Schat-

tenwurf im Transmissions-Elektronenmikroskop dargestellt. Dazu sind keine weiteren Erklärungen erforderlich.

Abb. 6 Oberflächenabbildung einer Diatomeenschale im REM (links) und im Transmissions-Elmi



Es soll hier nicht der Eindruck entstehen, daß das Raster-Elektronenmikroskop das konventionelle Elektronenmikroskop ersetzen kann. Das wird wohl niemals der Fall sein. Mit dem gewöhnlichen Elektronenmikroskop erreicht man ein höheres Auflösungsvermögen (0,5 nm) als mit dem Raster-Elektronenmikroskop (5 nm). Für Feinstruktur-Untersuchungen ist ein Raster-Elektronenmikroskop also nicht geeignet.

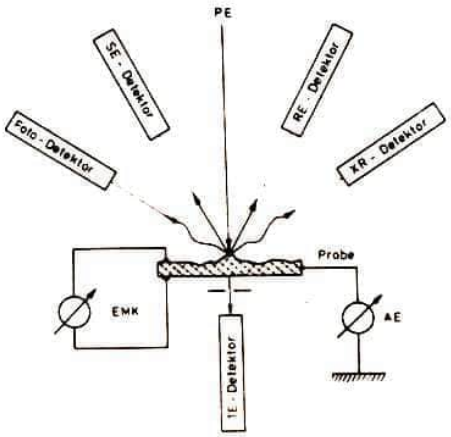


Abb. 7 Wechselwirkungsmechanismen zwischen Primärelektronen (PE) und Probe

Abb. 7 zeigt weitere Wechselwirkungsmechanismen, die sich zwischen den Primärelektronen und der Probe abspielen. Diese Mechanismen, die im Rahmen des Artikels nicht näher beschrieben werden sollen, geben nur eine Orientierung für die Analyse der Probenoberfläche, nicht die Analyse selbst. Dazu können die von den Primärelektronen ausgelösten Röntgenstrahlen (XR) verwendet werden. Hierbei handelt es sich um das wichtigste

Anwendungsgebiet des Raster-Elektronenmikroskops, die

M i k r o a n a l y s e.

Ursprünglich war der Elektronenstrahl-Mikroanalysator ein Gerät für sich, aber heute wird er immer in Verbindung mit einem Raster-Mikroskop angeboten, was vor allem auf technische Neuerungen zur Verkleinerung des Strahldurchmessers zurückzuführen ist.

Die Vielzahl der genannten Wechselwirkungsmechanismen lassen deutlich werden, wie universell ein Raster-Elektronenmikroskop einsetzbar ist. Es existieren noch eine Menge von speziellen Beispielen und Techniken der Raster-Elektronenmikroskopie, die den Rahmen des Artikels jedoch bei weitem übersteigen würden. Sollte der eine oder andere sich tiefer für dieses Spezialgebiet der Naturwissenschaften interessieren, so ist der Verfasser jederzeit gern bereit, Ihre Fragen zu beantworten.

"Meine Frau hat Verstand für zwei", schwärmt Herr Meier gegenüber seinem Freund. "Na, siehst du, ich habe dir von Anfang an gesagt, daß das die richtige Frau für dich ist."

In einer Gesellschaft erzählte jemand, ein berühmter holländischer Maler habe mit einem Pinselstrich ein lachendes Gesicht in ein weinendes verwandeln können.
Der anwesende Wilhelm Busch lächelte und meinte: "Das bedeutet doch nichts! Meine Mutter konnte das sogar mit einem Besenstiel!"

Martin Bohl
Sektion Chemie der FSU

Zum Ablauf der Metallkorrosion

CHEMIE

Die Yacht eines amerikanischen Millionärs bestand vorwiegend aus einer korrosionsbeständigen Nickel-Kupfer-Legierung (Monel). Da diese jedoch eine schlechte mechanische Festigkeit aufweist, wurden Vordersteven, Kiel, Hintersteven und Steuerruderrahmen aus Stahl gefertigt. Dieses Schiff war ein Opfer der Korrosion, noch ehe es die erste Reise unternehmen konnte.

Um die Jahrhundertwende stürzte das Dach des Londoner Charing Cross Bahnhofs ein. Eine unvollkommen geschweißte Zugstange versagte nach 40 Jahren den Dienst infolge Korrosion.

Ebenfalls 40 Jahre stand das Tacomahaus in Chikago. Als es 1929 abgerissen wurde, wiesen die Eisenkonstruktionen wenig Rost auf, obgleich der Rostschutz keineswegs besonders gut war.

Bereits mehr als 1500 Jahre steht in Delhi (Indien) eine Eisensäule, die noch keine wesentlichen Korrosionserscheinungen zeigt.

Die große volkswirtschaftliche Bedeutung des Korrosionsschutzes ergibt sich aus dem großen Anwendungsbereich korrosiver Werkstoffe und dem hohen ökonomischen Schaden infolge von Korrosionserscheinungen. Wie das Beispiel des eingestürzten Bahnhofsdachs zeigt, ist auch eine Gefährdung von Leben und Gesundheit der Menschen nicht auszuschließen. Die Schätzungen der Korrosionsschäden gehen bei verschiedenen Autoren weit auseinander; sicher ist jedoch, daß auch in unserer Republik beträchtliche Mengen metallischer Werkstoffe jährlich korrodieren (im Werte von ca. 1 Milliarde Mark). Korrosionsschäden, die zu einem Ausfall von Pro-

duktionsanlagen führen, sind besonders schwerwiegend bei Großanlagen oder bei starker Verflechtung der Produktionsabläufe.

Für einen umfassenden und erfolgreichen Schutz vor möglichen Korrosionsschäden ist die Kenntnis der bei der Korrosion ablaufenden Prozesse unerläßlich.

Der Begriff der Korrosion

Die Korrosion (lat. "corrodere" - zerfressen, zernagen) wird als eine von der Oberfläche ausgehende, unerwünschte Zerstörung von Werkstoffen durch chemische und elektrochemische Reaktionen mit ihrer Umgebung definiert. Besondere Bedeutung kommt dabei den metallischen Werkstoffen zu. Im weiteren soll von anderen Werkstoffen abgesehen werden.

Die Umgebung im Sinne der Definition schließt gasförmige, flüssige und feste Korrosionsmittel ein, wobei die letzteren kaum praktische Bedeutung haben. Die Reaktion des Metalls mit einem Gas unter Ausschluß von Feuchtigkeit wird als chemische Korrosion klassifiziert. Die Einwirkung eines Elektrolyten auf ein Metall bei Anwesenheit von Wasser erfolgt nach dem elektrochemischen Mechanismus.

Neben der Korrosion gibt es andere Abnutzungsarten, wie Überlastung, Verschleiß, Alterung und Ermüdung. So gehören Zerstörungen von Werkstoffen in Form von Rissen, Brüchen, Oberflächenabtragungen und Formveränderungen durch mechanische Beanspruchung nicht zu Korrosionserscheinungen. Oft sind jedoch mechanische und physikalische Eigenschaften (Härte, Festigkeit usw.) entscheidend durch Korrosionsreaktionen verschlechtert worden.

Die elektrochemische Korrosion der Metalle

Ursache für die Korrosion ist das Bestreben der Metalle, in einen stabileren Zustand überzugehen, wie er etwa in den in der Natur vorkommenden Metallverbindungen realisiert ist. Je unedler das Metall ist, desto stabiler ist dessen ionale Form. Eine genaue Abstufung für den Drang, unter Elektro-

nenabgabe als hydratisierte Ionen in Lösung zu gehen, gibt die elektrochemische Spannungsreihe der Metalle an. Diese Reihe entsteht, wenn man die Metall/Metallion-Elektroden nach ihren Potentialen unter Standardbedingungen (Standardpotentiale) ordnet. Die Elektrodenpotentiale sind nur meßbar gegen ein Bezugssystem (Normalwasserstoffelektrode) und im allgemeinen, d. h. ohne Vorliegen von Standardbedingungen, von der Temperatur und der Ionenkonzentration abhängig.

Für den Ablauf der elektrochemischen Korrosion müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein. Dazu gehört die Anwesenheit von Wasser auf der Metalloberfläche. Es kann sich zum Beispiel um Regenwasser handeln, aber schon die Luftfeuchtigkeit kann zur Ausbildung eines dünnen, für die Korrosion jedoch ausreichenden Flüssigkeitsfilms führen. In dieser kondensierten Wassermenge, die mit dem Auge nicht wahrgenommen wird, müssen Bestandteile bzw. Verunreinigungen der Luft gelöst sein, die an der Katode im Verlauf des Korrosionsvorganges reduziert werden können. Die Voraussetzung für die Ausbildung von Katode und Anode ist der heterogene Aufbau der Metallwerkstoffe. Dieser kann mikroskopischer Natur sein (Verunreinigungen in Form von edlen Metalleinschlüssen, Zweistofflegierungen mit selbständigen Phasen, Oxidhäute usw.) oder auch im makroskopischen Maßstab auftreten (Niet- oder Lötstellen, Kontakt von Werkstücken verschiedener Metallzusammensetzung, wie im Fall der amerikanischen Yacht, beschädigte Metallüberzüge usw.). Dabei wird das unedlere Metall zur Anode, und die edlere Komponente bildet die Katode. Beide Metalle sind leitend verbunden, es können die lokal getrennten Anoden- und Katodenvorgänge ablaufen. Diese Anordnung wird Lokalelement genannt und ist schematisch in Abbildung 1 dargestellt.

Der eigentliche Korrosionsvorgang besteht in der Auflösung des Anodenmetalls. Positiv geladene Metallteilchen gehen als hydratisierte Ionen in Lösung (Oxydationsreaktion):

$$Me \longrightarrow Me^{n+} + ne^{-} \qquad (1)$$

Die im Metallverband zurückgelassenen Elektronen bewirken

einen Elektronenüberschuß an der Anode, der durch den Korrosionsstrom zur Katode abgebaut wird. An der Katode ermöglichen die Elektronen die Reduktion der in Lösung befindlichen Wasserstoffionen:

$$2\,H^+ + 2\,e^- \longrightarrow H_2 \qquad (2)$$

Diese Vorgänge können nur ablaufen, wenn das Potential der Wasserstoffelektrode (E_{2H+/H_2}) größer ist als das Elektrodenpotential des Anodenmetalls ($E_{Me^{n+}/Me}$). Selbst bei Erfüllung dieser Forderung kann die Wasserstoffentwicklung jedoch gehemmt sein. Das ist auf die Wasserstoffüberspannung des edleren Metalls zurückzuführen.

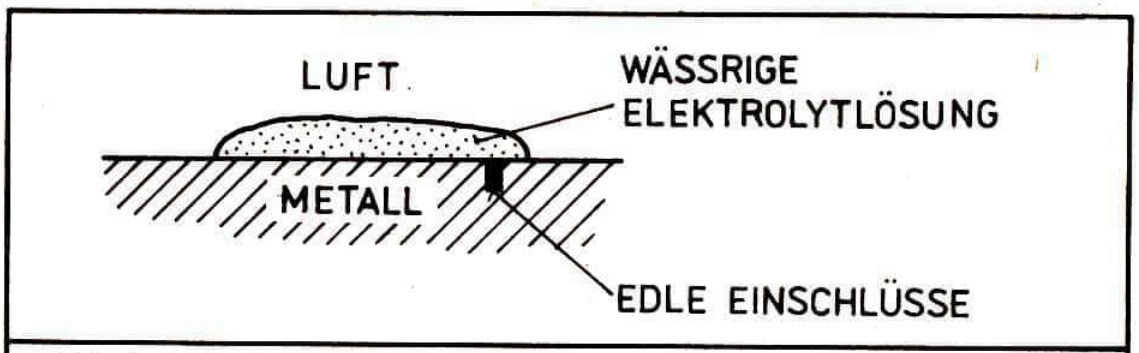


Abb.1 Lokalelement bei der elektrochemischen Korrosion

Lädt man ein beliebiges Metall, das von einer Standardlösung mit Protonen umgeben ist, langsam katodisch auf, so fließt zunächst nur ein geringer Strom durch die Elektrode. Die Stromstärke sollte bei Erreichen des Wasserstoffstandardpotentials stark ansteigen und die Wasserstoffblasenentwicklung beginnen. Dies geschieht in der Regel erst bei einem höheren Potential. Die Potentialdifferenz wird als Wasserstoffüberpotential oder -überspannung bezeichnet. Sie ist abhängig von der Art des Metalls, von der Temperatur und zum Teil von der verwendeten Lösung. Ihr Zustandekommen beruht auf der Verzögerung von Teilvorgängen beim Ablauf: Diffusion der Protonen zur Katode, Adsorption an der Katode, Entladung der Ionen, Bildung von Wasserstoffmolekülen und Desorption von der Katode. Ein geringes Überpotential haben zum Beispiel Platin, Gold und Nickel

(die Verwendung von Platin in der Normalwasserstoffelektrode ist kein Zufall). Hohe Überpotentiale besitzen Quecksilber, Kadmium, Zink, Zinn und Blei (ohne die hohe Überspannung von Blei wäre der Bleiakkumulator nicht denkbar, da sie beim Ladevorgang die Reduktion der Protonen zugunsten der Blei-(II)-Ionen verhindert).

Wird nun die Wasserstoffentwicklung infolge hoher Überspannung verhindert, können auch keine weiteren Elektronen an der Katode abgeführt werden, und der Korrosionsstrom kann nicht weiter fließen. Die Bedingung für das Zustandekommen des Korrosionsstroms lautet bei Berücksichtigung des Überpotentials (ÜP):

$$E_{2H^+/H_2} - E_{Me^{n+}/Me} - ÜP > 0 \qquad (3)$$

Durch Erhöhung der Protonenkonzentration der Lösung wird ein Ansteigen des Wasserstoffelektrodenpotentials erreicht. Übersteigt nun das Potentialgefälle ($E_{2H^+/H_2} - E_{Me^{n+}/Me}$) die Wasserstoffüberspannung, korrodiert das Anodenmetall. Somit wird verständlich, daß die Reaktion (2) vorzugsweise in stark saurem Medium abläuft.

Eine weitere Möglichkeit für die Überwindung des Wasserstoffüberpotentials der Katode ist die Anwesenheit von Stoffen, die oxydierend auf den abgeschiedenen Wasserstoff wirken. Man bezeichnet sie als "Depolarisatoren"; der wichtigste Vertreter ist der Luftsauerstoff. Der im Feuchtigkeitsfilm gelöste Sauerstoff wirkt als Elektronenakzeptor, so daß man die Vorgänge an der Katode in der Summe auch als Reduktion des Sauerstoffs auffassen kann:

$$O_2 + 4H^+ + 4e^- \longrightarrow 2H_2O \qquad (4)$$

oder

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^- \qquad (5)$$

Somit ist die Korrosion auch in schwach saurem (Gleichung (4)), neutralem und basischem (Gleichung (5)) Medium möglich. Beide Korrosionsarten werden begrifflich unterschieden: Vorgänge, die verbunden sind mit Wasserstoffentwicklung nach Gleichung (2), nennt man Wasserstoff-

korrosion, die Reduktion von Sauerstoff ist der katodische Teilvorgang der Sauerstoffkorrosion.
Der langsame Ablauf von Korrosionsvorgängen ist vorstellbar, wenn man sich überlegt, daß oft nur ein kleiner Teil der Verunreinigungen an der Oberfläche liegt und die Diffusion des Luftsauerstoffs zur Katodenoberfläche erfolgen muß.

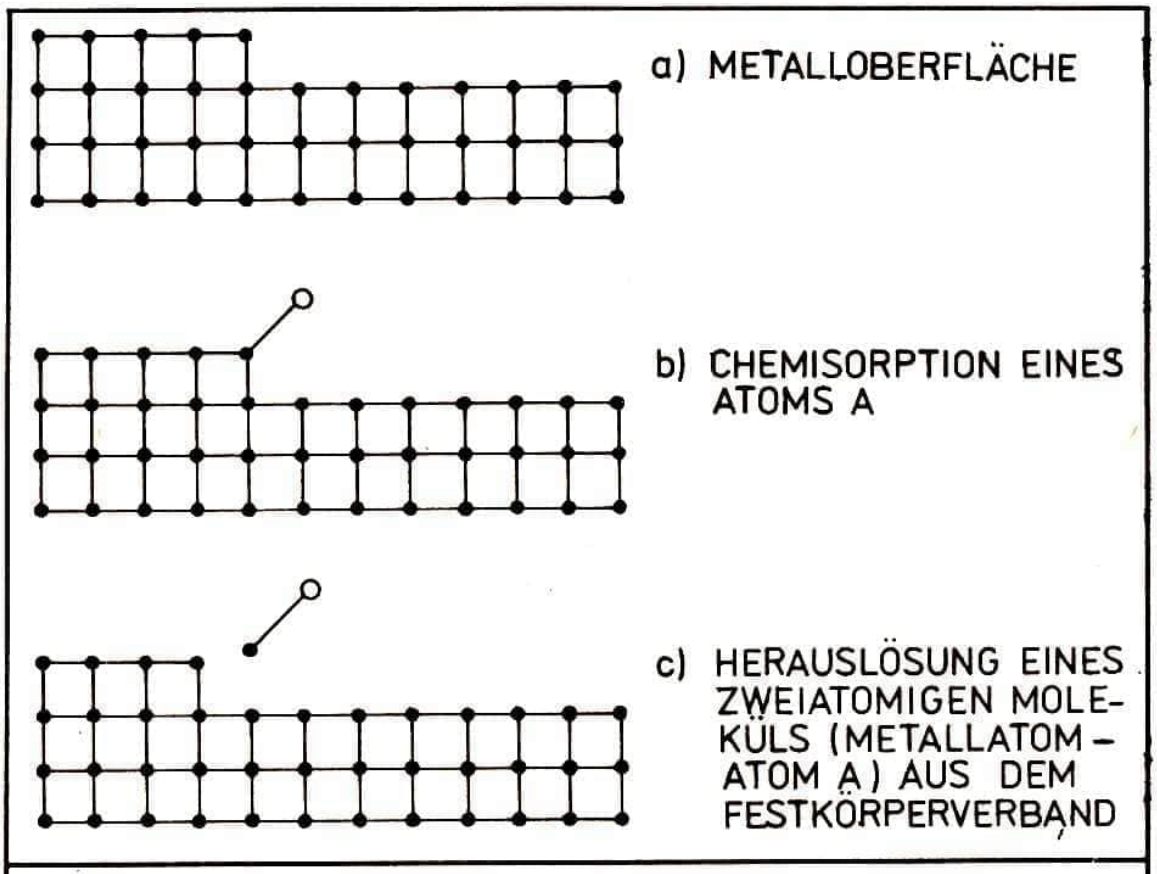


Abb. 2 Chemische Korrosion (Demetallisierung)

Ausgehend von den dargestellten Vorgängen und Voraussetzungen bei der elektrochemischen Korrosion lassen sich Korrosionsschutzmöglichkeiten ableiten. Eine Möglichkeit besteht darin, nichtkorrodierende Werkstoffe oder höchst reine Metalle zu verwenden. Zum anderen können dem Korrosionsmittel sogenannte Inhibitoren zugesetzt werden, die auf der Metalloberfläche adsorbiert werden und so den Korrosionsvorgang hemmen. Der Gedanke, Korrosionsmittel und Werkstoff zu trennen, findet praktische Anwendung in Form von Überzügen, Anstrichen oder Verpackungen. Unter

Ausnutzung elektrochemischer Prinzipien lassen sich die Korrosionsströme in eine ungefährliche Richtung lenken.

Andere, hier nicht betrachtete elektrochemische Korrosionsmöglichkeiten ergeben sich durch Potentialgefälle infolge von Konzentrations- oder Belüftungsunterschieden.

Die chemische Korrosion der Metalle

Bei der elektrochemischen Korrosion finden zwei voneinander abhängige, aber lokal getrennte Prozesse statt, die durch die Elektronenleitfähigkeit der Metalle und die Ionenleitfähigkeit der Lösung ermöglicht werden. Bei der chemischen Korrosion fällt der Ort der Ionisierung des Metallatoms mit dem Ort der Elektronenaufnahme zusammen. Eine rein chemische Korrosion liegt zum Beispiel beim Angriff trockener korrosiver Gase (Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Chlor, Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid usw.) bei hohen Temperaturen vor. Die Umsetzung von Eisen mit Sauerstoff in der Hitze ist als Verzunderung bekannt. Zunächst werden diese Gase auf der Oberfläche adsorbiert. Die weiteren Vorgänge sind von den Eigenschaften der Adsorptionsprodukte bestimmt.

(1) Es hat sich auf der Oberfläche ein Molekül Gasatom-Metallatom gebildet, und das Metallatom wird aus dem Festkörperverband herausgelöst. Das Molekül geht über in die Gasphase, weitere Angriffe des Gases an das Metall können erfolgen. Dieser Vorgang wird als Demetallisierung bezeichnet und ist in Abbildung 2 verdeutlicht.

(2) Die Reaktionsprodukte sind nicht flüchtig, es wird ein Gitter aus Metallionen und Anionen gebildet. Die Oberflächenschicht kann kompakt sein und das Metall vor weiteren Angriffen korrosiver Medien schützen. Das Vorhandensein einer derartigen Schutzschicht bewirkt die Passivität des Metalls. Ein Beispiel ist die Oxidhaut des Aluminiums. Beim Eisen dagegen ist die Oxidschicht locker und porös. Sie erlaubt eine

Diffusion von korrodierenden Stoffen und schützt somit nicht vor Korrosion.

Ebenfalls zur chemischen Korrosion zählt der Angriff organischer Lösungsmittel und hochkonzentrierter Säuren. Die rein chemische Korrosion hat nur eine geringe praktische Bedeutung, da in den meisten Fällen die Anwesenheit von Wasserspuren nicht auszuschließen ist, somit dominieren in der Natur die elektrochemischen Korrosionsvorgänge.

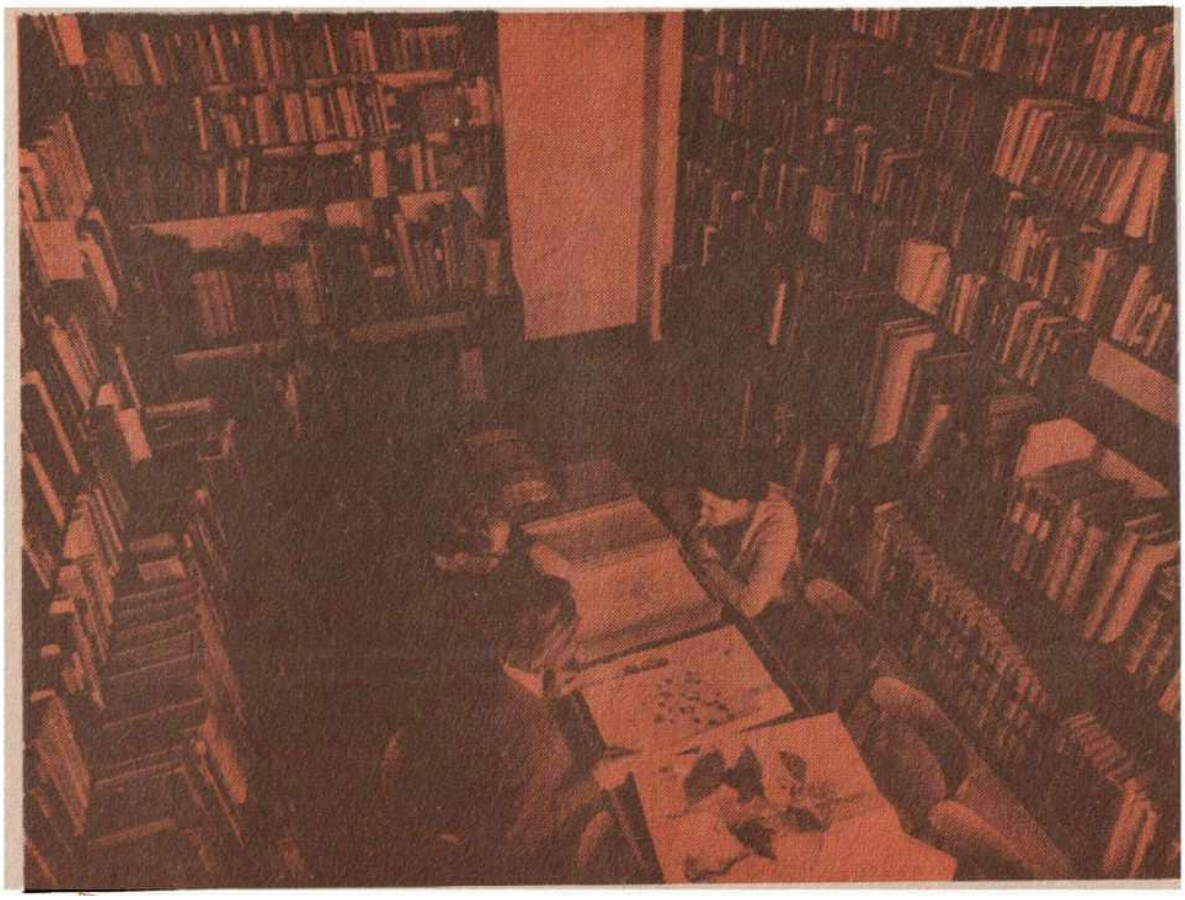
Wir stellen vor

Das Herbarium Hausknecht

An der Friedrich-Schiller-Universität in Jena befindet sich eine in Größe und Umfang für die botanische Wissenschaft in der DDR einzigartige Sammlung von Forschungsmaterial in Gestalt getrockneter, präparierter Pflanzen und dazugehöriger Bibliothek: das Herbarium Haussknecht.

Mit seinen mehr als 2,5 Millionen Herbarbogen und etwa 100.000 bibliothekarischen Einheiten (Büchern, Zeitschriftenbänden und Sonderdrucken) ist es die größte wissenschaftlich-botanische Sammlung in der DDR und gehört zu den 15 größten Einrichtungen dieser Art in der Welt. Ständig sind mehr als 20.000 Herbarbogen an botanische Institutionen des In- und Auslandes zu wissenschaftlicher Bearbeitung ausgeliehen, wie auch das bewahrte Material die Grundlage für botanische Arbeiten der im Herbarium tätigen Wissenschaftler bildet und von ihnen auch in entscheidendem Maße vermehrt wird.

Gegründet wurde das "Herbarium Haussknecht" von Carl Haussknecht, der 1838 in Bennungen bei Sangerhausen am Südharz geboren wurde und bereits in jungen Jahren durch sein botanisches Interesse auffiel. Während seiner Ausbildungszeit als Apotheker machte er in der Schweiz interessante Pflanzenfunde, wodurch er bei den Botanikern der Schweiz bekannt wurde und Edmond Boissier, der gerade an seiner "Flora orientalis" arbeitete, ihm anbot, botanische Forschungsreisen nach Syrien, Anatolien und Persien zu unternehmen. Nach erfolgreicher Beendigung der von 1865 bis 1869 dauernden Reisen ließ sich Haussknecht in Weimar nieder und baute für seine sich ständig vergrößernden Sammlungen ein Haus, das er als Heimstatt für alle tätigen Botaniker und die von ihm 1882 gegründete Thüringische Botanische Gesell-



Gestapelte Wissenschaft (Herbarium Hausknecht) **Foto: Dr. Walter Streit**

schaft einweihte. Nach seinem Tode 1903 wurde die Institution als Stiftung unter der Leitung des bekannten Orient-Botanikers Joseph Bornmüller weitergeführt, der mehr als

20 größere botanische Forschungsreisen zwischen den Kanarischen Inseln und Azoren im Westen, dem Nordkap im Norden, Ägypten im Süden und bis Persien und Turkestan im Osten unternahm. Ungunst der Zeiten hatte zu einer Verarmung der Institution in Weimar geführt, so daß nach der Übernahme der Leitung 1946 durch den systematischen Botaniker und langjährigen Rektor der Universität Jena, Otto Schwarz, das Herbarium Haussknecht 1949/50 an die Friedrich-Schiller-Universität Jena überführt wurde und dort seiner Aufgabe als tätige botanische Forschungseinrichtung wieder voll gerecht werden konnte. Die Bibliothek, die neben modernen botanischen Werken eine reiche Sammlung historischer Kräuterbücher, Tafelwerke und Prachtwerke beinhaltet, wurde vergrößert. Die wertvollen Pflanzensammlungen, die Material von allen Kontinenten enthalten, darunter zahlreiches Typenmaterial, das zur Grundlage der Neubeschreibung von Pflanzen diente, spiegelt die Arbeit zahlreicher berühmter systematischer Botaniker des 19. und 20. Jahrhunderts wider. Nicht nur interessantes Material aus Europa wird von den Mitarbeitern zusammengetragen, sondern besonders tatkräftig ist die Arbeit auf der tropischen mittelamerikanischen Insel Cuba, mit deren Botanikern eine vertragliche Vereinbarung zu gemeinsamer Erarbeitung einer neuen Flora von Cuba besteht, für weitere Entwicklung der Land- und Forstwirtschaft dieses Landes.

Dr. F. K. Meyer
Sektion Biologie

Wissenswertes:

Versuche haben gezeigt, daß beim Hund in kurzer Zeit seine Lebensfunktion gestört wird, wenn man ihn durch akustische Mittel vom Schlaf abhält. Hunde können viele Tage ohne Futter, sogar ohne Wasser überleben, sie sterben jedoch innerhalb weniger Tage, wenn ihnen der Schlaf vorenthalten wird. Der Schlaf der Tiere unterscheidet sich stark vom Schlaf der Menschen, der Hund ist ein Tagdöser.

DOKUMENTATION für den naturwissenschaftlichen und Staatsbürgerkunde-Unterricht

Interview von „Stimme der DDR" mit Prof. Max Steenbeck

"Stimme der DDR":
Professor Steenbeck, Sie sind Vorsitzender des Forschungsrates. Jeder weiß, daß sich der Forschungsrat mit langfristiger Wissenschaftsplanung beschäftigt. Wie kann man denn Wissenschaft überhaupt und zudem noch langfristig planen? Wie kann ich wissen, was ich morgen wissen werde?

Prof. Steenbeck: Eine der Voraussetzungen, die zu jeder Forschung gehört, hat sich in den letzten 50 Jahren grundsätzlich geändert: Es sind für alle wichtigen Forschungsvorhaben z. Z. relativ große Aufwendungen notwendig. Etwas, was sich mit einfachen Mitteln machen läßt, was ein einzelner selbst bis zu Ende durchdenken kann, das ist fast immer bei der riesigen Anzahl von auf der Welt arbeitenden Forschern schon erledigt.
Es gibt natürlich Probleme, die kann man nicht planen, und deswegen muß unter Umständen etwas Luft geschaffen werden für eine neue Idee. Aber sich von vornherein darauf verlassen, das und das könnte mir vielleicht einfallen, also lassen wir die ganze Planung - das wäre deswegen vollkommen falsch, weil der größte und wichtigste Teil der Forschungen heute Aufwendungen braucht, die nicht umsonst einen so hohen Prozentsatz unseres Nationaleinkommens ausmachen.
Es gibt Vorhaben, die müssen ein Jahrzehnt lang vorbereitet werden; denken Sie meinetwegen nur an die ungeheuer vielen Details, die nötig sind, um ein Kernkraftwerk sicher betreiben zu können. Das ist sicher Neuland, und da kann man nicht nur nach Dienstvorschriften arbeiten, im Neuland gibts keine Dienstvorschriften, aber dort gibt es eine un-

geheuere Anforderung an die Verantwortung derjenigen, die die Arbeit durchführen.
Bei jeder Themenwahl gehört eindeutig dazu die Prüfung: Lohnt sich, selbst wenn das Ergebnis positiv sein sollte, der große gesellschaftliche Aufwand für dieses Thema, denn er wird dann ja anderen gesellschaftlichen Aufgaben entzogen.

"Stimme der DDR":
Wie groß ist eigentlich die Gefahr, daß der Reißverschluß sozusagen noch einmal erfunden wird? Oder andersherum, wie sicher ist Wissenschaftsplanung?

Prof. Steenbeck: Wer nicht den Mut zu einem Risiko hat, und wer nicht die Möglichkeiten schafft, daß auch mal etwas ohne größeren Schaden daneben gehen kann bei der Forschung, der hat die eigentliche Aufgabe der Forschung noch nicht verstanden. Das kam ganz deutlich heraus bei der Rede des neuen Präsidenten der Akademie der Wissenschaften der SU auf dem letzten Parteitag. Ganz selbstverständlich soll eine so große Forschungseinrichtung, wie die sowjetische Akademie und auch unsere, ernsthaft an Dingen arbeiten, die wirklich dazu dienen, die Arbeitsproduktivität zu erhöhen, aber nicht nur das, sondern auch neue Möglichkeiten und Wege mit wirklichem gesellschaftlichem Nutzen zu erschließen. Das ist ganz selbstverständlich eine Aufgabe, aber es ist genauso selbstverständlich, daß wenn wir uns nur auf Forschungen beschränken, von denen wir mit einiger Sicherheit wissen, sie bringen dann auch die entsprechende Anzahl von Rubel, Mark oder Dollar ein, dann gehen wir natürlich dran vorbei.
Einstein sagte einmal, der Forscher sollte einfach eigentlich Leuchtturmwärter sein, nirgendwo hätte er so viel Ruhe. Diese Einstellung paßt heute absolut nicht mehr, und auch bei Einstein hat sich der Nachteil schon gezeigt. Einstein hat eigentlich keine direkte Schule gebildet. Er hat große Einzelleistungen vollbracht, hat hin und wieder Mitarbeiter gehabt, die dabei durchaus ernsthaft mitgear-

beitet haben. Für den Forscher ist eigentlich das wichtigste, weiterzuwirken über seine eigene Person hinaus in Schüler, die er gelehrt hat. Daß diese Schüler dann einmal über ihn hinauskommen, mehr können, sich darüber zu freuen, das zu fördern, das ist ein ganz wichtiger Teil und ist im Grunde genommen ein Teil der modernen notwendigen Arbeit im Kollektiv.

"Stimme der DDR":
Propagieren Sie jetzt nicht das, was andere Leute jenseits unserer Grenzen in einer ganz bestimmten Himmelsrichtung uns immer vorwerfen, so etwas wie Kollektivismus? Wie sehen Sie den einzelnen im Verhältnis zum ganzen Kollektiv?

Prof. Steenbeck: Was heißt kollektive Arbeit in der Forschung? Es sind die Probleme, um die es sich heute handelt, i. a. so vielfältig in ihrer Natur, daß ein einzelner sie gar nicht mehr übersehen kann in ihren Auswirkungen. Ich spreche zur Zeit noch nicht einmal von den gesellschaftlichen Auswirkungen, die bei der Kernenergie dann zur Atombombe führten; ich spreche zunächst nur davon, die Forschungsaufgabe selbst zu erledigen. Das ist i. a. heute schon so kompliziert, daß nur eine Anzahl aufeinander abgestimmter Wissenschaftler das lösen kann. Bei jedem Forschungsthema gehört die Zusammenarbeit von Leuten dazu, die nicht gleichartig sind. Kollektive Arbeit heißt nicht, daß der eine die Fehler des anderen ausbügelt. Aber in einer wechselseitigen Befruchtung, im Streitgespräch, wo der eine mehr anschaulich, der andere mehr mathematisch und wieder andere mehr in Literaturkenntnis eingestellt sind, kommt eigentlich immer erst das heraus, was eine Idee ursprünglich angeregt hat. Es ist sehr häufig so, daß dann bei einem solchen Streitgespräch meinetwegen gemeinsam vor der Tafel, jeder nimmt dem anderen die Kreide weg, weil er selbst was sagen will, sich zum Schluß herausstellt, was die ursprüngliche Idee war, das geht aus dem und dem Grund nicht, aber in dieser Richtung liegt eine

Möglichkeit. Ja, zum Schluß weiß keiner mehr, von wem denn eigentlich der Vorschlag stammte; das ist kollektive Arbeit. Und eine Erfahrung noch dabei. Natürlich sind die Menschen unterschiedlich in ihrer Fähigkeit zu schöpferischem Denken, in Phantasie. Aber eine Erfahrung habe ich in meinem Leben immer wieder gemacht: Leute, die wirklich produktiv sind im Denken und Durchdenken, die sind viel leichter bereit, sich im Kollektiv einzuordnen als Leute, die mit ihren paar Ideen geizig zu sein glauben müssen. Und deswegen ist das, was ein Außenstehender so häufig vermutet, so völlig falsch, daß kollektive Arbeit das Schöpfertum lähmt; sie fördert, sie beflügelt es. Natürlich ist ein solches Kollektiv immer nur möglich, wenn die einzelnen Mitglieder nicht identische Kopien voneinander sind in Wissen, Temperament und Charakter und was weiß ich. Es dauert eine erhebliche Zeit, ehe sich ein solches Kollektiv zusammengefunden hat. Darum ist es so ungeheuer wichtig, ein einmal gebildetes Kollektiv, das für eine Aufgabe gebildet wurde, nicht auseinanderzureißen, oder wenn man es schon auseinanderreißen muß, weil die Aufgabe gelöst ist, immerhin die Ermutigung zu belassen: Du hast gelernt, was kollektive Arbeit ist, bring das mit hinein in die neue Stelle.

"Stimme der DDR":
Wie würden Sie das Verhältnis zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung beschreiben?

Prof. Steenbeck: Man stellt oft Grundlagenforschung und angewandte Forschung gegenüber oder zweckfreie und zweckgerichtete Forschung. Bei reiner Erkundungsforschung wollen wir nur etwas wissen, was für den Ausbau unseres wissenschaftlichen Weltbildes nötig ist. Viele astronomische Arbeiten gehören dazu, viele Dinge über Weltmodelle, was ist Materie, vieles von Elementarteilchen und deren Verständnis. Es ist durchaus möglich, daß das meiste davon außer für den Ausbau unseres Weltbildes keine Rolle spielt. Das ist eine kulturelle Leistung, die sich im Heranwachsen

unserer gesamten Kultur, die ja weiß Gott mehr ist als nur materielle Produktion, auswirkt.
Grundlagenforschung ist eine Forschung auf einem bestimmten Gebiet. Es wird mit großer Wahrscheinlichkeit erwartet, irgendwo auf diesem Gebiet muß etwas liegen, was sich nützlich anwenden läßt. Wir wissen noch nicht genau wie, wir müssen die Umgebung genau erkunden, damit wir die Bedingungen kennen, wenn wir es einmal anwenden wollen.

Angewandte Forschung hat eindeutig das Ziel, an der Stelle, wo nun wirklich etwas ist, die Bedingungen zu finden, unter denen dieser Effekt oder jener Prozeß, oder was man nun ausnutzen will, nur stattfinden kann. Die nächste Stufe ist dann Entwicklung.

"Stimme der DDR":
Wir wollen im Durchschnitt der nächsten 5 Jahre die Arbeitsproduktivität um 6 % steigern, also bis 1980 um 30 bis 32 %. Und 60 bis 70 % davon sollen durch die Wissenschaft geleistet werden. Alle Welt spricht von der wachsenden Rolle der Produktivkraft Wissenschaft. Ist das nicht eine Aufgabe, die den Wissenschaftler vielleicht gar ein wenig bedrücken mag?

Prof. Steenbeck: Das muß man, glaube ich, bejahen. Da ist das Gefühl, der Gesellschaft gegenüber als Wissenschaftler verantwortlich zu sein. Es macht auch Mut, weil man merkt, wie wichtig die Arbeit ist, aber die Aufforderung an den Wissenschaftler dazu enthält auch eine ausgesprochen emotionale Komponente. Nun soll niemand denken, daß der Wissenschaftler einfach ein logischer Automat ist. Er ist durchaus ein Mensch, der wie alle anderen sich erfreuen kann an dem Thema und am Erfolg und der sich ärgern und sogar verzweifelt sein kann. Wenn jetzt die Forderung gestellt wird nach der Steigerung der Arbeitsproduktivität um soundsoviel Prozent durch die Leistung der Wissenschaft, dann würde ich als von Haus aus natürlich auch mathematisch ein bißchen vorbelasteter Mensch sagen: Wie du diesen Prozentgehalt nachher wirklich ausweist, das ist auch ein

bißchen Kunst des Buchhalters. Die Steigerung der Arbeitsproduktivität ist auf alle Fälle ein unbedingt notwendiger Weg auch für die Zukunft, selbst wenn wir die Arbeitsproduktivität nicht nur deshalb steigern, um mehr produzieren zu können, sondern auch, um mehr Zeit für andere gesellschaftliche Arbeiten, die nicht direkt in der Warenproduktion liegen, die aber auch gesellschaftlichen Reichtum schaffen, zu haben. Ich würde eigentlich dieses als die gegenwärtig noch wichtigste Aufgabe ansehen. Es setzt sehr häufig voraus, daß die Wissenschaftler Dinge, an denen eigentlich ihr Herz hängt, zurückstellen; nicht nur müssen, sondern auch aus Einsicht in die gesellschaftliche Notwendigkeit.

"Stimme der DDR":
Das ist das große Thema der Freiheit. Ich bin ein freier Mensch, wenn ich mich bewußt den Notwendigkeiten unterziehe.

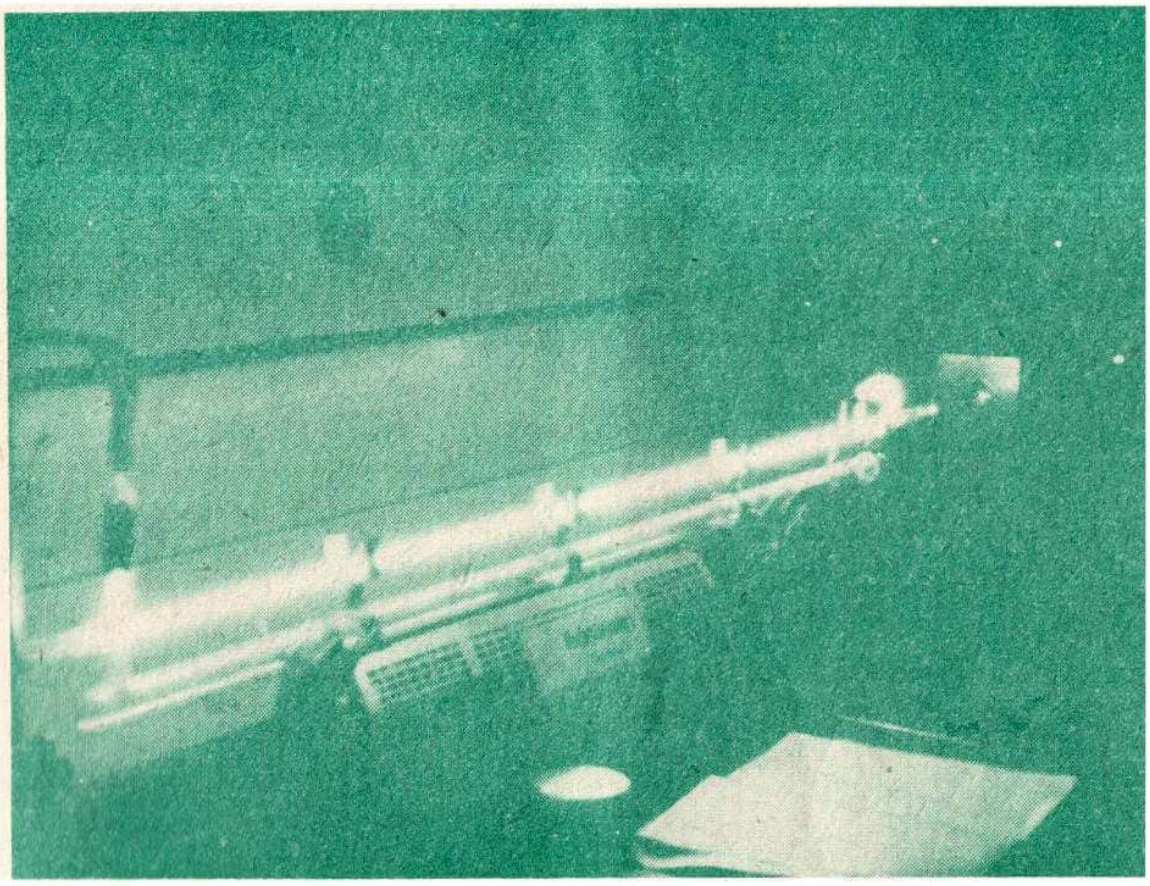
Prof. Steenbeck: Also einfach Notwendigkeit reicht nicht, sondern Einsichten müssen das Ergebnis eines Zieles sein, das ich bejahe, an dem ich mitwirke. Natürlich kann das eine Vorstellung kosten; das ist bei Jüngeren, die etwas leisten wollen, gar nicht mal so ganz selten: Verdammt noch mal, wenn ich das doch verfolgen könnte, wenn ich dazu doch die Möglichkeit bekommen würde, na, vielleicht bekäme ich da den Nobelpreis mal oder was weiß ich alles.

Das Ziel der Arbeit ist nicht zu sehen in der individuellen Krönung durch irgendwelche Auszeichnungen, sondern in der Überzeugung, man hat an etwas mitgewirkt, was funktioniert, was nützt. Ich habe die Erfahrung oft genug in meinem Leben bei jungen Leuten gemacht, die dann später nach einiger Zeit sagten: Jawohl, darin finde ich die Befriedigung, das andere war eigentlich eine Überschätzung.

Aber wenn junge Leute nicht mit Mut und sich Aufgaben stellend in die Welt gehen, na dann ist mit ihnen nicht recht was los.

"Stimme der DDR":
Wie groß ist eigentlich die Gefahr, daß ein Wissenschaftler angesichts der Pflicht, dieses oder jenes leisten zu müssen (ich setze einen verantwortungsbewußten Wissenschaftler voraus), sich vor einem Risiko drückt?

Prof. Steenbeck: Die Gefahr ist sehr abhängig von den Reaktionen der Gesellschaft, von dem Verständnis, das die Gesellschaft dem Wesen der Forschung entgegenbringt. Wenn man ein Risiko scheut, wenn man also auf Gebieten arbeitet, bei denen man im Grunde genommen weiß, das und das wird herauskommen, dann läuft man an ungeheuer viel wichtigem vorbei. Nur eines gehört dazu: Ein Risiko übernehmen zu dürfen in der Forschungsarbeit und damit einen Kredit der Gesellschaft in Anspruch zu nehmen, sollte man im Grunde genommen nur Menschen gestatten, die durch vorangegangene



Versuchsaufbau mit einem He-Ne-Laser im Praktikum der Sektion Physik
(Foto: Lutz Günther)

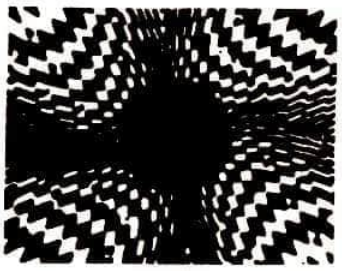
Leistungen schon gezeigt haben, daß sie es verdienen. Dabei ist natürlich wichtig, daß man nicht beliebig warten kann, denn die kreative Periode des Naturforschers ist i. a. nach einem halben Jahrhundert seines Lebens schon stark abgeklungen. Die Phantasie ist ein wichtiger Teil bei dem Erwarten von Neuem, sie ist dann natürlich schon ein bißchen gedämpft. Umso wichtiger ist es für junge Leute, die glauben etwas leisten zu können, sich früh zu beweisen.

"Stimme der DDR":
Zum Schluß eine ganz persönliche Frage. Ich weiß, Sie sind Physiker von zu Hause aus. Wenn Sie noch einmal anfangen könnten, würden Sie noch einmal Physiker, noch einmal Wissenschaftler werden wollen?

Prof. Steenbeck: Ich habe mir diese Frage oft genug gestellt, und ich habe früher sehr häufig dem, der mich fragte, soll ich Physiker werden, abgeraten. Wenn es dann hieß, ja bist du denn nicht gern Physiker, habe ich immer gesagt: Ich kann mir gar nichts anderes vorstellen. Und dann die Frage, ja warum rätst du ab, einfach damit beantwortet: Ich habe niemanden gefragt, mir war das so selbstverständlich, daß ich in diese Richtung hinauswollte. Unsere Zeit ist etwas anders. Auch die Physik ist natürlich heute schon sehr stark anwendungsorientiert und nicht mehr so erkenntnisorientiert wie damals, als ich anfing. Aber Wissenschaftler würde ich auf alle Fälle werden. Ich würde nur einen Fehler zu vermeiden suchen - die Wissenschaft neben ihrer gesellschaftlichen Funktion zu sehen. Und ob ich noch einmal Physiker würde, oder ob ich heute vielleicht stärkere Tendenzen zur Biologie hätte, das weiß ich nicht. Jedenfalls eines scheint mir sicher: Das Wissen über den Zellkern wird künftig für den Menschen viel wichtiger werden als das Wissen über den Atomkern.

(Das Interview wurde von Bernd Schröder für den Abdruck redaktionell leicht überarbeitet. Wir danken "Stimme der DDR" für die Abdruckerlaubnis.)

physikaufgabe 12



Wie groß ist die de-Broglie-Wellenlänge eines Elektronenstrahls bei einer Beschleunigungsspannung von 20 kV?
Die Aufgabe ist unter Anwendung des Energiesatzes zu lösen. Die relativistische Massenzunahme soll vernachlässigt werden.

Senden Sie die Lösungen der Aufgaben an uns ein (mit Angabe des Namens, des Alters und der Anschrift). Die besten Lösungen werden prämiert und veröffentlicht.

---

lösung der physikaufgabe 9 aus heft 7/9.jg.

aufgabe:

Ein Elektron der Masse m und der Ladung q wird zwischen zwei Kondensatorplatten auf die Geschwindigkeit v beschleunigt. Es tritt durch ein Loch in der Anode aus und soll mittels eines senkrecht zur Bahnebene gerichteten Magnetfeldes H auf einer Kreisbahn mit dem Radius r gehalten werden.

a) Welcher Zusammenhang muß zwischen v, r und H erfüllt sein?
b) Die Krümmung der Bahn soll jetzt durch ein zusätzliches, senkrecht zum magnetischen Feld wirkendes elektrisches Feld wieder aufgehoben werden. Bei welcher Beziehung zwischen v, E, und H ist das möglich ?
c) Welche Beschleunigungsspannung U ist notwendig, um das Elektron auf eine Energie W von 1 kV zu bringen, zu welcher Geschwindigkeit führt das und welche Dimensionen ergeben sich im Fall a) für r und H ?

lösung: eingesandt von Wolfgang Dick, Schüler, Elsterberg

a) $F_z \overset{!}{=} F_L$, $m\frac{v^2}{r} = q\cdot v\cdot B \rightarrow v = \frac{q}{m}\cdot\mu_0\cdot r\cdot H$

b) $\vec{F}_{elm} = q\,(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B})$, $F \overset{!}{=} 0 \rightarrow -\vec{E} = \vec{v}\times\vec{B} = \mu_0\cdot\vec{v}\times\vec{H}$

c) $W = q\cdot U$ bzw. $U = \frac{W}{q} = \frac{1\ \text{keV}}{1\ e} = 1\ \text{kV}$

$W = \frac{m}{2}v^2 = q\cdot U \rightarrow v^2 = 2\,\frac{q\cdot U}{m} \rightarrow v = 1{,}876\cdot 10^7\ \frac{m}{s}$

nach a) folgt: $r\cdot H = \frac{v\cdot m}{\mu_0 q} = 84{,}92\ A$

Für einen Radius von 10 m ist also eine magnetische Feldstärke von 8,5 A/m erforderlich.

DAS SCHLIMMSTE SIND DIE NICHT GRÜNDLICH BEGANGENEN SÜNDEN.

POLN.

EHEDRAMA ORIENTALISCH

H. KEISCH

MIT TAUSEND FRAUEN, UNTER DEN EDELSTEN DES LANDES AUSGEWÄHLT, WAR SULTAN ACHMED DER PRÄCHTIGE, DER MÄCHTIGE VERMÄHLT.
DER SCHUFT: STATT IHNEN DIE VERSPROCHENE TREUE ZU HALTEN, BETROG ER EINES TAGES MIT EINEM JÜNGEREN HAREM DEN ALTEN.

„DARÜBER MÖCHTE ICH NICHT MIT IHNEN SPRECHEN. SIE KÖNNTEN MICH ÜBERZEUGEN, UND DANN BEFÄNDE ICH MICH IN DERSELBEN LAGE WIE SIE."

POLN.

WAS IST DAS – FUSSBALL? → DIE JAGD ZWEIER MÄNNERHERDEN NACH EINER ERSATZBEUTE.

WENN DIE LINKE HAND NICHT WEIß, WAS DIE RECHTE UNTERNIMMT, SO IST DAS IRGENDWIE NICHT IN ORDNUNG. TROTZDEM, ES IST BESTIMMT NOCH VORZUZIEHEN JENEN FÄLLEN, IN DENEN EINEM SCHWANT, DAß AUCH DIE RECHTE HAND, WAS SIE TUT, NUR ZIEMLICH UNGENAU AHNT.

H. KEISCH

ES GIBT LEUTE, DIE NUR AUS DEM GRUND IN JEDER SUPPE EIN HAAR FINDEN, WEIL SIE, WENN SIE DAVORSITZEN, SOLANGE DEN KOPF SCHÜTTELN, BIS EINS HINEINFÄLLT.

F. HEBBEL

K.A.

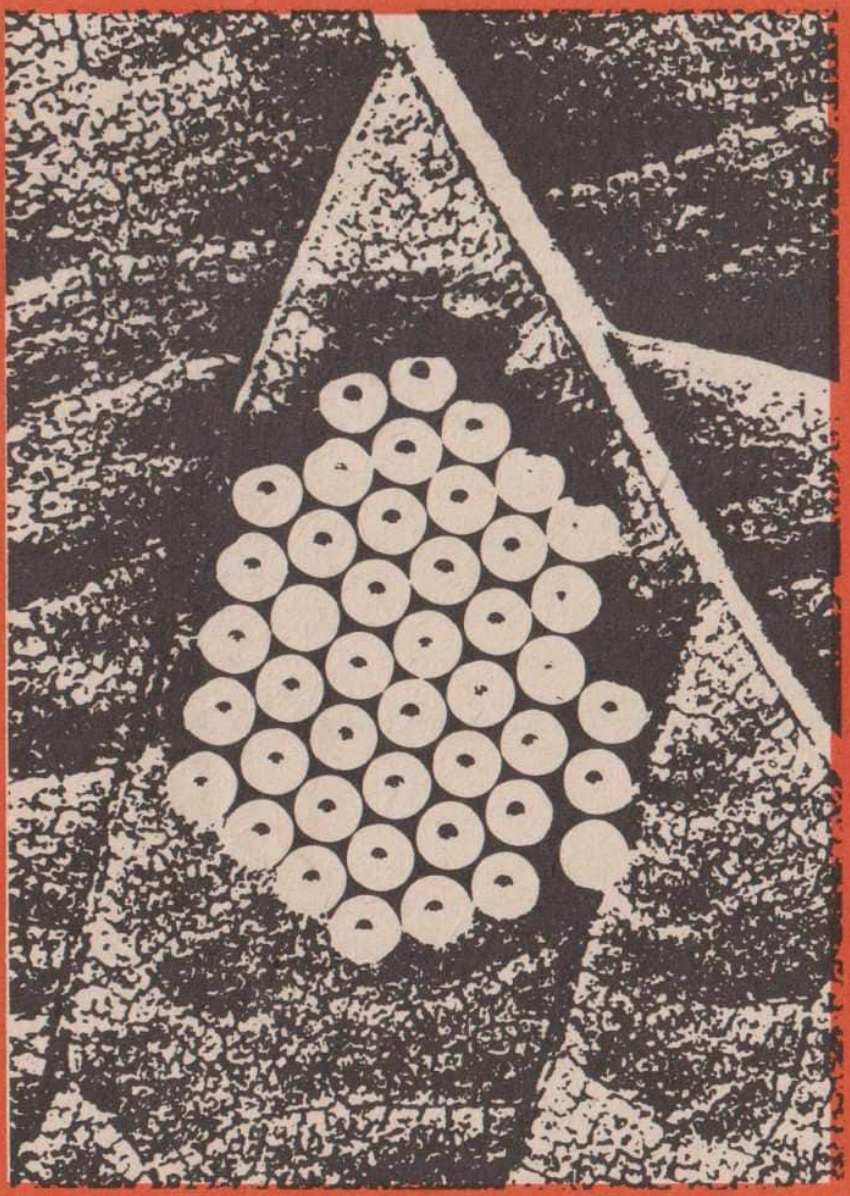
SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

10. JAHRGANG (1976/77)

40 Pf

impuls 68

2



Quantentheorie und Kohärenz des Lichtes

Elektronenmikroskopie

Botaniker in Kuba

Planetensysteme

Fabriken im All

Titelbild: Eier des Mondflecks auf einem Birkenblatt

impuls 68

MONATSZEITSCHRIFT FÜR SCHÜLER DER KLASSEN 9 BIS 12

Herausgeber: FDJ-Aktiv „impuls 68" der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Sozialistisches Studentenkollektiv, Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR

Anschrift: „impuls 68", 69 Jena, Max-Wien-Platz 1
„impuls 68" erscheint monatlich von September bis Juni unter der Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR. Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen. Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981.
Preis des Jahresabonnements: 4,- M

Redaktion: Dipl.-Phys. Hans-Dieter Jähnig (Chefredakteur), Dr. Eberhard Welsch (amt. Chefredakteur), Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen), Dipl.-Chem. Peter Renner (Chemie), Dipl.-Biol. Bärbel Schubert (Biologie), Dipl.-Phys. Wilfried Hild (Gestaltung), Dipl.-Phys. Lutz Günther (Astronomie und fotograf. Gestaltung), Harry Hedler (Korrespondenz), Gudrun Beyer (Korrektor)

Inhalt:

Quantentheorie des Lichtes und Fragen der Kohärenz (1)	PHY	3
Wie werden Forschungsleistungen populär – ein Pressegespräch		7
Die Elektronenmikroskopie in der Glasstrukturforschung	CHE	9
VIII. Jenaer Physikertage		14
Impuls 68 lesen!		16
Als Botaniker in Kuba	BIO	17
Wie entstehen Planetensysteme? (1)	AST	19
Fabriken im All	DOK	25
Physikaufgabe 13		31

Werner Vogel
Sektion Physik der FSU Jena
Diplom-Physiker

Quantentheorie des Lichtes und Fragen der Kohärenz Teil 1: Grundlagen

PHYSIK

1. Einleitung

Wir wissen, daß die Erscheinungen der Mikrophysik im Sinne der Quantentheorie zwei Seiten haben: den Teilchen- und den Wellencharakter (siehe Lb. Physik 11).
Die einfachste Stufe der Quantentheorie, die Quantenmechanik, beschäftigt sich mit den Welleneigenschaften der Teilchen. Hierzu zählen Effekte, wie die Beugung von Elektronenstrahlen, sowie die Problematik der Atome, die mit dem Atommodell von N. Bohr ihre erste quantentheoretische Interpretation erhielt.

Die zweite Stufe des quantentheoretischen Verständnisses bildet nun die gesamte Problematik der Felder und deren Teilchencharakter. (Wenn wir im folgenden vom Feld bzw. Strahlungsfeld sprechen, wollen wir an das Licht denken, das im wesentlichen durch ein elektrisches Feld beschrieben werden kann.) Erste Anfänge auf diesem Gebiet sind die Arbeiten von M. Planck (Plancksche Strahlungsformel) und die Einsteinsche Lichtquantenhypothese. Eine exakte Beschreibung dieser Problematik wird durch die wesentlich später entstandene Quantenfeldtheorie gegeben. Wir können aufgrund der Schwierigkeit dieser Theorie im Rahmen dieses Artikels nur einige ihrer Ergebnisse diskutieren.

2. Die Einsteinsche Lichtquantenhypothese

Schon vor einigen Jahrhunderten beschäftigte die Physiker die Frage nach der Natur des Lichtes. So gab es zwei verschiedene Auffassungen. Für I. Newton bestand das Licht aus Teilchen, während Chr. Huygens das Licht als Welle auffaßte. In der

folgenden Zeit setzte sich die Huygens'sche Auffassung durch, da viele Experimente, wie Beugung und Interferenz, dafür sprachen.

Erst im Jahre 1905 kam A. Einstein auf den Teilchencharakter des Lichtes zurück. In seiner Lichtquantenhypothese verknüpfte er Teilchen- und Welleneigenschaften im Begriff des Photons. Er geht davon aus, daß sich das Licht aus Quanten (Photonen) der Energie $h \cdot \nu$ (ν ist die Frequenz des Lichtes, h das Plancksche Wirkungsquantum) zusammensetzt. Die Energie eines Strahlungsfeldes, das aus N Photonen besteht, ist nach Einstein:

(1) $$E = Nh\nu$$

Die Photonen haben einen Impuls:

(2) $$p = \frac{h}{\lambda}$$

Hier wird die Verknüpfung von Teilchen- und Welleneigenschaften besonders deutlich. Der Impuls als typische Teilcheneigenschaft wird verknüpft mit der Wellenlänge λ, also einer charakteristischen Welleneigenschaft.

Mit der Photonenhypothese konnte Einstein den äußeren lichtelektrischen Effekt erklären und erhielt dafür den Nobelpreis. Es darf aber nicht die Tatsache übersehen werden, daß die Einsteinschen Annahmen (Gleichung 1 und 2) nur eine Hypothese, also keine strenge Theorie darstellen. Sie spiegeln nur einen Teil der Wahrheit wider. Einige Effekte können damit nicht erklärt werden. Dazu ist eine strenge Theorie nötig.

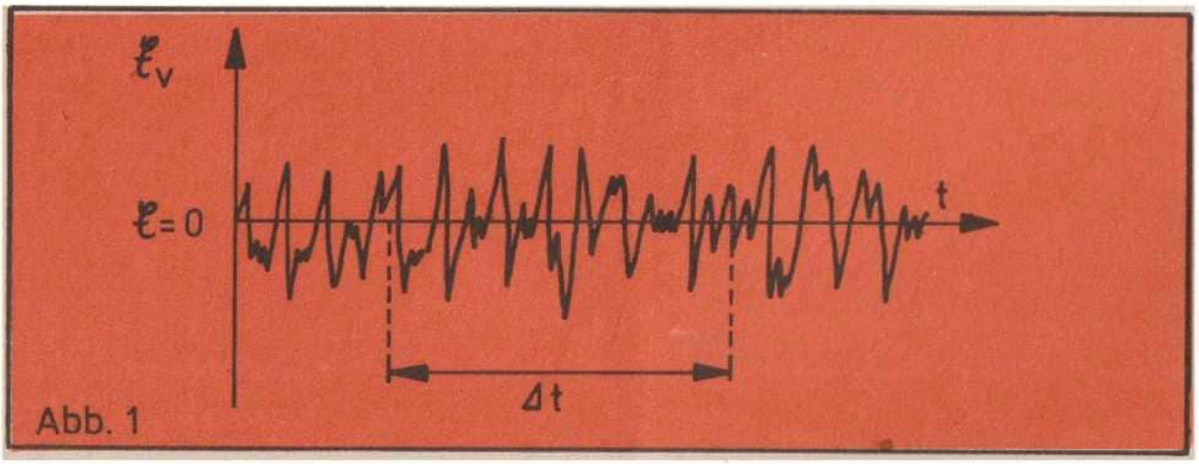


Abb. 1

3. Ergebnisse der Quantenfeldtheorie

Das Einsteinsche Postulat (1) ist aus der Anschauung aufgestellt. So erscheint es vernünftig, daß die Energie des Strahlungsfeldes Null ist, wenn kein Photon vorhanden ist. Es hat sich jedoch schon oft gezeigt, daß unsere Anschauungen, die wir aus dem makroskopischen Bereich schöpfen, im mikroskopischen trügen.

Aus einer strengen Behandlung des Lichtes mit Hilfe der Quantenfeldtheorie erhält man das folgende, verblüffende Ergebnis. Die Energie des Strahlungsfeldes ist nicht durch das Einsteinsche Postulat gegeben. In Wirklichkeit gilt:

(3) $$E = h\nu(N + 1/2)$$

Für Null Photonen wird also die Energie des Feldes nicht Null, sondern $1/2 \cdot h\nu$. Das ist der Grund- oder Vakuumzustand des Lichtes. Dabei müssen wir uns von der Vorstellung des Lichtes, das von einer Lampe ausgestrahlt wird, lösen. Dieser Vakuumzustand ist unabhängig von irgendwelchen Lichtquellen in unserem Weltall immer vorhanden. Um diesen Sachverhalt zu erläutern, wollen wir die Zusatzenergie $1/2 \cdot h\nu$, die sich aus der strengen Theorie ergibt, etwas plausibel machen.

Wir tragen die elektrische Feldstärke $\mathcal{E}_V$ des Vakuumzustandes über der Zeit auf:

Im Vakuumzustand schwankt die elektrische Feldstärke um den Wert $\mathcal{E} = 0$. Derartige Schwankungserscheinungen faßt man in der Physik unter dem Begriff Rauschen zusammen (z. B. fallen darunter auch die Erscheinungen, die dem Bastler aus der Elektronik als Rauschen bekannt sind); speziell in dem hier diskutierten Fall spricht man auch vom Vakuumrauschen des Lichtes. Es sei nochmals betont: Dieses Rauschen ist unabhängig von der Existenz einer Lichtquelle immer und überall vorhanden; das berechtigt zur Bezeichnung als Vakuumzustand. Stellen wir uns jetzt vor, daß die Feldstärke des Vakuumzustandes gemessen werden soll. Jede Messung dauert eine gewisse Zeit Δt. Damit wird der gemessene Wert immer ein zeitlicher Mittelwert über das Zeitintervall Δt sein. Der Meßwert der schnellen, sogenannten Vakuumschwankung des Feldes wird also:

(4) $$\overline{\mathcal{E}}^{\Delta t} = 0,$$

da sich die Feldstärkewerte mit positiven und negativen Vorzeichen über eine gewisse Zeit gegenseitig wegheben. Diese meßbare mittlere Eigenschaft entspricht wieder unserer makroskopischen Vorstellung. Der Vakuumzustand kann nicht direkt gemessen werden, d.h. wir könnten dieses Vakuumfeld auch mit dem Auge nicht sehen, selbst wenn das Auge noch so empfindlich wäre. Das ist auch der Grund, weshalb Einstein diesen Vakuumzustand nicht voraussagen konnte.

Trotz der nicht direkten Meßbarkeit darf nicht übersehen werden, daß die in Abb. 1 dargestellte Vakuumschwankung dennoch Energie enthält. Diese zeigt sich auch an verschiedenen physikalischen Erscheinungen. Darauf wird unter anderem im Teil II dieses Artikels eingegangen.

Wissenswertes:

Riesenkraken existieren tatsächlich

Das Verhalten der legendenumwobenen Riesenkraken untersuchten Mitarbeiter des Meereslaboratoriums von Neufundland. Diese Kraken sollen angeblich Menschen überfallen und Boote bzw. kleine Schiffe versenkt haben. Die Mitarbeiter des Meereslaboratoriums bestätigten nunmehr die Existenz solcher Riesenkraken, die 10 Arme (Fühler) haben. Sie sind bis 22 m lang, ihre Augen haben einen Durchmesser bis zu 40 cm, und das Gewicht kann 40 t überschreiten. Es konnte auch festgestellt werden, daß die 30-jährige Periodizität mit der Temperaturveränderung der kalten Labradorströmung im Zusammenhang steht. Aus unerklärten Gründen wird die Strömung alle 30 Jahre extrem kalt und gerade dann tauchen die Kraken mit den märchenhaften Abmessungen auf.

wie werden forschungsleistungen populär?
ein pressegespräch in der sektion physik in jena

Im Juni d. J. veranstaltete die Bezirkssektion Physik der URANIA Gera in Zusammenarbeit mit der Sektionsleitung Physik ein Pressegespräch.
Anwesend waren Korrespondenten und Redakteure des ND, der Volkswacht, der Thüringer Landeszeitung, des Senders Weimar sowie namhafte Vertreter der Sektion Physik der Friedrich-Schiller-Universität - und natürlich "impuls 68".

Zu Beginn erläuterte Dr. Müller kurz die Struktur der Sektion Physik: Begründet in territorialen und historischen Gegebenheiten, dem Fakt, daß die Sektion mit ungefähr 300 Mitarbeitern eine relativ kleine Forschungseinrichtung im internationalen Maßstab darstellt sowie in der Tatsache, daß eine fachgerechte Ausbildung nur in solchen Forschungsgruppen garantiert werden kann, die international anerkannte Ergebnisse bringen, ergab sich eine Spezialisierung auf ausgewählte Gebiete der Optik-Quantenelektronik, Festkörperphysik und Präzisionsmeßtechnik. Wissenschaftliche Kooperationspartner der Physik sind u. a. der VEB Carl Zeiss, die Sektionen Chemie, Technologie, Mathematik sowie verschiedene Akademieinstitute. International bestehen enge Kooperationsbeziehungen mit der SU, der VR Polen und der CSSR.

In bestimmten Wissenschaftsbereichen der Physik sind bereits international bedeutende Forschungsergebnisse erzielt worden, die Überführungsreife besitzen. Einige sollen kurz erwähnt werden.
Prof. Albrecht (siehe Jhg. 10, 1973/74, H. 10) sprach über die Entwicklung der supraleitenden Quanteninterferometer zur Messung sehr kleiner magnetischer und elektrischer Grundgrößen sowie über Fortschritte bei der Entwicklung extrem schneller Schaltelemente.
Dr. Klapper berichtete von der hochebenen Fotoplatte für

die Maskentechnologie in der Mikroelektronik. Das Herstellungsverfahren ist in drei sozialistischen und fünf kapitalistischen Ländern patentiert. Die Laborproduktion ergab bis jetzt einen Nutzen von mehreren Millionen Valuta-Mark.

Als nächster sprach Prof. Schubert (siehe Jhg. 8, 1974/75, H. 6) über den Aufbau und die Erprobung eines speziellen CO_2-Lasers zur Materialbearbeitung sowie zur Mikrospektralanalyse und über die Kleinserienproduktion eines "schnellen" Infrarot-Strahlungsempfängers, dessen Eigenschaften die anderer international bekannter Empfänger übertreffen.

Weiter wurde über ein Verfahren zur Prüfung von Mikroschaltkreisen mit automat. Meßwerterfassung, bei dem nur die Fehler angezeigt werden, sowie über den Aufbau eines Festkörperresonanzspektrometers zur Strukturuntersuchung in Festkörpern berichtet.

In der anschließenden Diskussion ging es um Maßnahmen, die zur Verbesserung der Information der Leser und Hörer führen sollen, um die Rolle der Wissenschaft beim weiteren Aufbau der sozialistischen Gesellschaft besser zu verdeutlichen.

Diese Form des Pressegesprächs könnte Anregung für ähnliche Gespräche in anderen Sektionen der Universität mit dem Ziel sein, kontinuierlich ausgewählte Forschungsergebnisse - selbstverständlich unter Beachtung der aktuellen Berichterstattung - einem breiten Leserkreis - auch den impuls-Lesern - zugänglich zu machen und verständlich werden zu lassen.
Jeder Wissenschaftler sollte den Ehrgeiz besitzen, sich u.a. angemessen populärwissenschaftlich auszudrücken. Das gleiche gilt natürlich auch für Studenten und talentierte Oberschüler, also für unseren wissenschaftlichen Nachwuchs.

Deshalb: Schreibt gute Beiträge für "impuls 68"!

Eberhard Welsch

Lothar Horn
Sektion Chemie
der FSU Jena

Die Elektronenmikroskopie in der Glasstrukturforschung

CHEMIE

Mit der Entwicklung hochauflösender Elektronenmikroskope wurde es möglich, Objektstrukturen bis zu einer Größe von wenigen Å [1] abzubilden. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß diese Mikroskope sehr schnell ein unentbehrliches Arbeitsgerät auf nahezu allen Gebieten der Strukturforschung wurden. Auch für den Werkstoff Glas ermöglichte die Elektronenmikroskopie wesentliche neue Erkenntnisse über seinen strukturellen Aufbau. Besonders durch die umfangreichen elektronenmikroskopischen Untersuchungen von Prof. W. VOGEL und seinen Mitarbeitern konnten in Gläsern unterschiedlicher chemischer Zusammensetzung tropfenförmige, glasige Entmischungsbereiche (sogenannte Tröpfchenphase) festgestellt werden, die eine von ihrer Umgebung (sogenannte Matrixglasphase oder kurz Glasmatrix) verschiedene chemische Zusammensetzung besitzen können. (Vergleichbar mit einer Öl-Wasser-Emulsion.) Derartige Entmischungsvorgänge im Glas beeinflussen wesentlich deren chemische und physikalische Eigenschaften und können auch eine mehr oder weniger starke Trübung der Gläser bewirken. (vgl. Artikel "Glaskeramiken", "impuls 68", 9. Jg., H. 9/10). Für die zielgerichtete Forschungsarbeit bei der Entwicklung von Gläsern mit neuen Eigenschaften ist eine genaue Untersuchung derartiger Entmischungsvorgänge erforderlich. Ein wesentliches Hilfsmittel hierbei stellt die Transmissions-[2] und die Rasterelektronenmikroskopie dar, deren Arbeitsweise in einem früheren Artikel (vgl. "impuls 68", 10. Jg., H.1) erläutert wurde.

1. Transmissionselektronenmikroskopie

Die geringe Durchdringungskraft von Elektronen durch Materie erfordert für die Transmissions-Elektronenmikroskopie von den Präparaten eine Schichtdicke von einigen 10 nm. Für die Präparation von Gläsern wurden

1) Angström; 1 Å = 10^{-8} cm

2) Durchstrahlung

spezielle Methoden entwickelt, die es ermöglichen, Glasstrukturen elektronenmikroskopisch abzubilden. Aus der Vielzahl von Präparationsmethoden soll an dieser Stelle nur das Platin-Iridium-Kohle-Abdruckverfahren zum besseren Verständnis der Abb. 2 erläutert werden. Entsprechend der Abb. 1 wird eine frische, kurzzeitig angeätzte Glasbruchfläche in der Hochvakuumanlage mit Platin-Iridium-Kohlenstoff bedampft und die Aufdampfschicht nachfolgend in einer HF[3)]-HNO_3[4)] - Lösung vom Glas getrennt.
Diese Aufdampfschicht bildet nunmehr den dünnen Abdruckfilm für elektronenmikroskopische Aufnahmen.

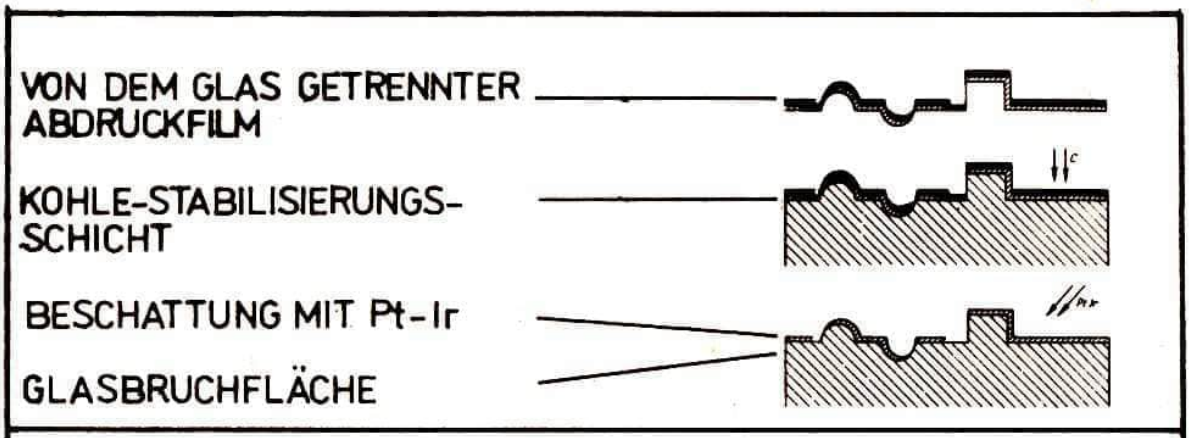


Abb. 1 Abdruckverfahren mit Hilfe von Aufdampfschichten

Die Transmissions-Elektronenmikroskopie ermöglicht eine sichere Bestimmung der Größe, Form und Verteilung von Entmischungsbereichen in Gläsern. Über die chemische Zusammensetzung der Glasphasen kann nur durch deren unterschiedliche Löslichkeit in verschiedenen Reagenzien eine Aussage erhalten werden.

2. Rasterelektronenmikroskopie

Für die Rasterelektronenmikroskopie ist die sehr zeitaufwendige Abdruckpräparation nicht erfroderlich. Voraussetzung für diese Meßmethode sind elektrisch gut leitfähige Objekte. Anderenfalls würden in dem Objekt absorbierte Elektronen dieses elektrisch aufladen und den Primärelektronenstrahl vor Erreichen der Objektoberfläche ablenken. Gläser besitzen im allgemeinen nur eine sehr geringe elektrische Leitfähigkeit und werden deshalb mit einer sehr dünnen, elektrisch leitfähigen Schicht von Gold oder Kohlenstoff im Hochvakuum bedampft.

3) Flußsäure
4) Salpetersäure

2.1. Materialkontrast-Aufnahmen

Wird die Probe mit Kohlenstoff bedampft, so kann man sogenannte Materialkontrast-Aufnahmen herstellen. Sie beruhen darauf, daß sich mit steigender Ordnungszahl der Elemente auch der Anteil der an der Oberfläche rückgestreuten Elektronen des Primärelektronenstrahls erhöht. Dieser als Materialkontrast bekannte Effekt ermöglich bei vielen Glaszusammensetzungen bereits eine Aussage über die Verteilung der Hauptkomponenten auf die Glasphasen. Abb. 3 zeigt eine derartige Aufnahme von einem stark entmischten $PbO-B_2O_3-SiO_2$-Glas. Die tropfenförmige Glasphase ist PbO-reich und erscheint deshalb hell in der dunklen (SiO_2-reichen) Glasmatrix.

Abb. 2

Bariumborosilikat-Trübglas
Eine frische Glasbruchfläche wurde kurzzeitig angeätzt. Infolge der unterschiedlichen Lösungsgeschwindigkeit der Tropfen- und Matrixphase ist ein Relief entstanden. Die lösungsmittelbeständige Tröpfchenphase wird nicht angegriffen und bleibt als Erhebung zurück.

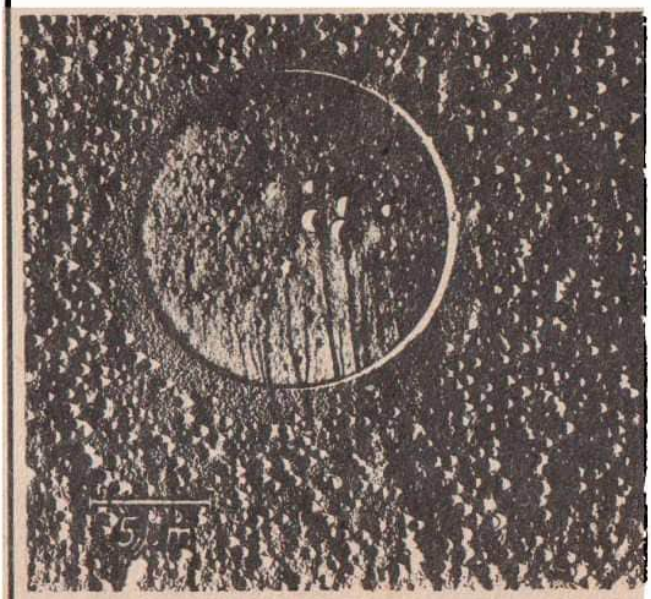
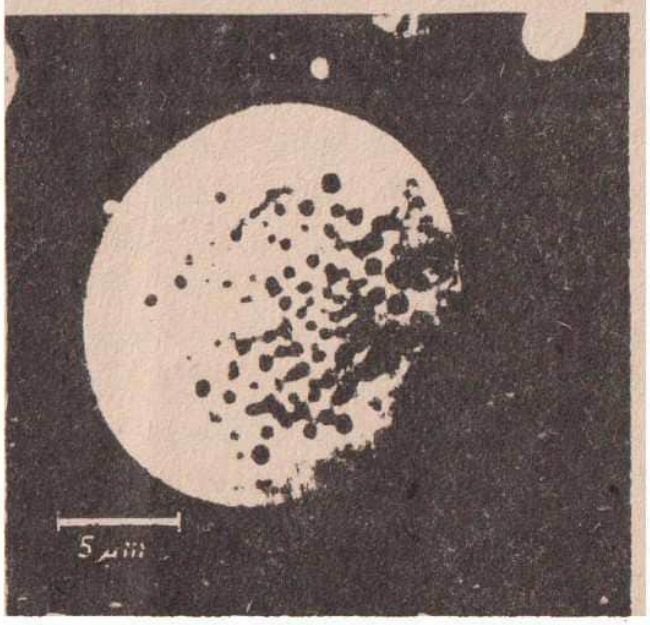


Abb. 3

Materialkontrastaufnahme von einem Bleiborosilikat-Trübglas
(Die bleireiche Tröpfchenphase ist in dem Bild stark aufgehellt.)



2.2. Topographiekontrast-Aufnahmen

Wird die Probe nicht mit Kohlenstoff sondern mit Gold (Schwermetall) bedampft, so wird der Materialkontrast weitgehend vermieden. Führt man weiterhin die Aufnahmen so durch, daß die Probe nicht senkrecht, sondern unter einem Kippwinkel von etwa 45° bestrahlt wird, so erhält man ein plastisches Bild der Oberflächenstruktur der Probe. Eine solche Aufnahme wird als Topographiekontrast-Aufnahme bezeichnet.
Die Aufnahme von der angeätzten Bruchfläche eines $BaO-B_2O_3-SiO_2$-Glases zeigt die Abb. 4 .

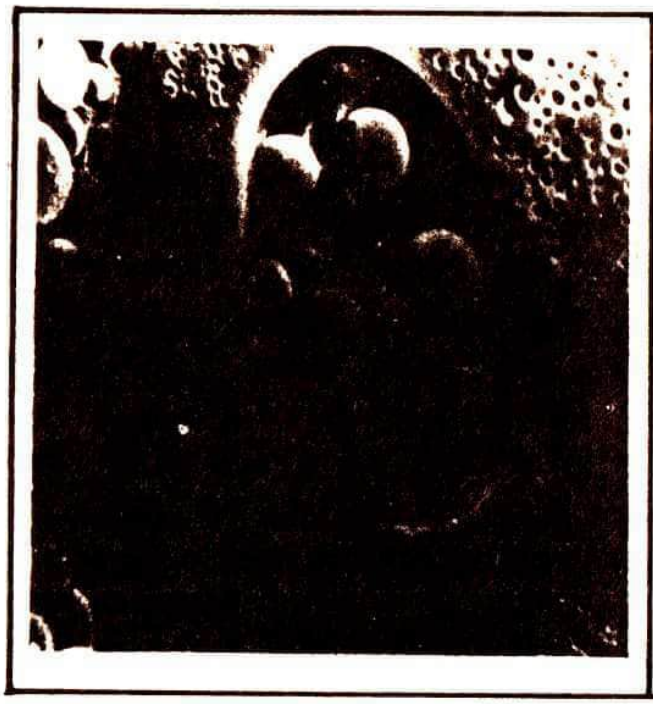


Abb. 4
Topografiekontrast-Aufnahme von einem Bariumborosilikat-Trübglas
Die Glasbruchfläche wurde kurzzeitig angeätzt und nachfolgend mit Gold bedampft. Diese Aufnahme erfolgte unter einem Kippwinkel von 45° gegenüber der Normallage.

2.3. Elektronenstrahlmikroanalyse

Durch die Wechselwirkung von Primärelektronenstrahl und Objekt wird nahe der Objektoberfläche in der Tiefe von wenigen µm die charakteristische Röntgenstrahlung des betreffenden Objektdetails ausgelöst. Mit einem Röntgenspektrometer und entsprechenden Registriergeräten wird die Strahlungsintensität der jeweils zu analysierenden Elemente gemessen.
Diese als Elektronenstrahlmikroanalyse bekannte Meßmethode ermöglicht eine sichere qualitative und unter bestimmten Voraussetzungen auch quantitative Messung der chemischen Zusammensetzung von Mikrobereichen (Mikroglasphasen und andere Inhomogenitäten wie Schlieren, kristalline Einschlüsse und Steinchen).
Ein typisches Beispiel zeigt Abb.5. Entlang der Meßspur wurde die In-

tensität der für Barium charakteristischen Röntgenstrahlung gemessen und fotografisch registriert. In der Tropfenphase ist ein starker Anstieg dieser Strahlung und damit eine Anreicherung von Barium zu erkennen.

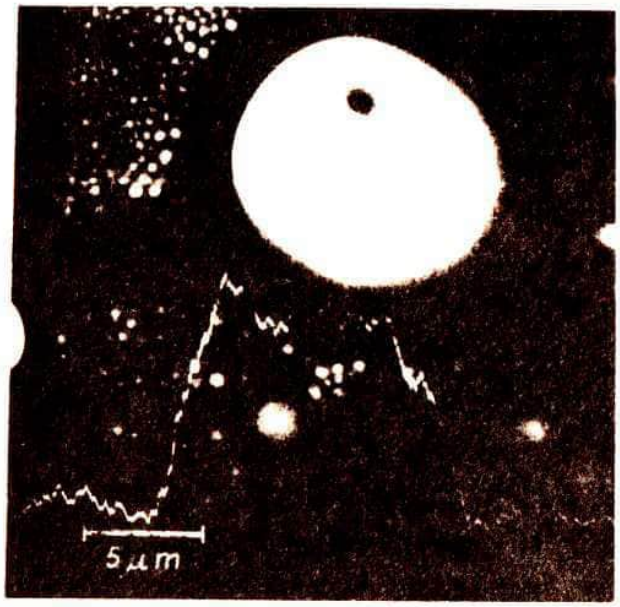


Abb. 5
Rasterelektronenmikroskop. Aufnahme eines stark entmischten Borosilikat-Glases Entlang der Meßspur (Linie im Bild) wurde die $Ba_{L\alpha}$-Intensität gemessen und in die Aufnahme hineinprojeziert (unteres Linienprofil, im Bild etwa 5 mm nach links versetzt).

Wie dieser kurze Überblick zeigt, lassen sich mit Hilfe der verschiedenen elektronenmikroskopischen Abbildungsverfahren wertvolle Informationen über den strukturellen Aufbau des volkswirtschaftlich wichtigen Rohstoffes Glas gewinnen.

Wissenswertes:

1900 entdeckte Landsteiner die ABO-Blutgruppen. Heute kennt man neben dem ABO-System das Sekretorsystem, das MN-System, das P-System, die Rhesusblutgruppen, das Lutheransystem, das Kell-System, das Lewis-System, das Duffy-System, das Kidd-System, den Faktor Diego, die Xg-Gruppen, Individualantigene und einige andere seltene Antigene auf den Erythrocyten. Weiterhin kann man aus dem Serum drei Antigensysteme isolieren: die Haptoglobine, das Gm und das Gc-System. Außerdem sind fünf Enzymgruppen bekannt, die ebenfalls zur Blutgruppenbestimmung herangezogen werden können (Hü).

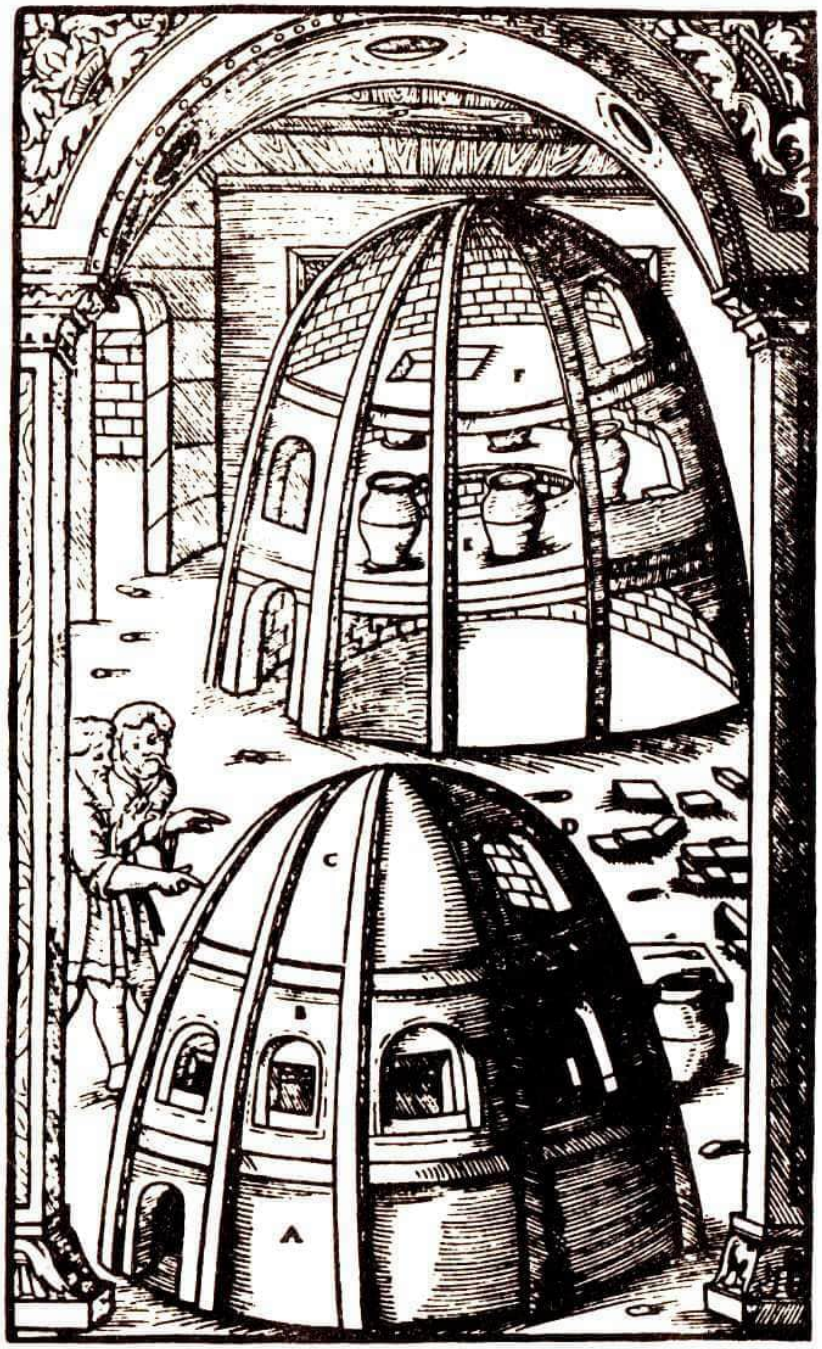
VIII. Jenaer Physikertage

Auch in diesem Jahr trafen sich vom 6. bis 15. Juli die besten jungen Physiker der Klassen 9 bis 12 aus dem Bezirk Gera sowie eine Gastdelegation aus dem Bezirk Erfurt zu den nun schon traditionsgemäß stattfindenden Jenaer Physikertagen (siehe "impuls 68" 9. Jhg., Heft 7).
In den Vorlesungen und Seminaren an der Friedrich-Schiller-Universität in der Sektion Physik konnten die Schüler ihre physikalischen Kenntnisse erweitern und vertiefen. Während der Praktika hatten sie Gelegenheit, auch einmal mit Geräten wie dem Oszillografen zu experimentieren, die sie in der Schule meist nur auf dem Lehrertisch zu sehen bekommen.
Eine interessante und abwechslungsreiche Freizeitgestaltung mit politischen, kulturellen und sportlichen Veranstaltungen ließ keine Langeweile der Teilnehmer aufkommen. Erwähnt sei hier nur ein Forum mit Antifaschisten der Magnus-Poser-Gruppe oder ein Podiumsgespräch mit Vertretern des VEB Carl Zeiss Jena, auf dem sich jeder über das Berufsbild eines Physikers in der Industrie informieren konnte.
Einen Höhepunkt des Lagers stellte zweifellos die VI. Bezirksolympiade Junger Physiker dar. In einer vierstündigen Klausur waren 5 Aufgaben zu lösen. In den einzelnen Klassenstufen gab es folgende Preisträger, denen wir noch einmal ganz herzlich zu ihrem Erfolg gratulieren möchten. Für besonders gute Lösung einer Aufgabe erhielten Christine Wunderlich (11., Jena-Stadt) und Dittmar Kurtz (10., Bezirk Erfurt) ein Diplom.
Die Olympiadeaufgaben veröffentlichen wir in einer der folgenden Nummern von "impuls 68".

Preisträger der VI. Bezirksolympiade Junger Physiker

	Name:	Kreis:	Preis:
Klasse 9	Sickert	Jena-Stadt	I
	Stiebritz	" "	I
	Pohl	" "	II
	Seifarth	" "	III
	Liebold	Gera-Stadt	III
Klasse 10	Kurtz	Bez. Erfurt	I
	Erdmann	Pößneck	II
	Klüß	Lobenstein	III
	Moser	Pößneck	III

Klasse 11/12	Meinel	Jena-Stadt	I
	Hoffmann	Bez. Erfurt	I
	Dick	Greiz	II
	Jochmann	Saalfeld	III
	Schneegast	Bez. Erfurt	III
	Pechstedt	" "	III
	Geiß	" "	III
	Sprenger	Stadtroda	III



Mittelalterlicher Brenn- und Schmelzofen (aus G. Agricola „De Re Metallica")

impuls 68 LESEN!

impuls 68

gewußt, wie
gewußt, wo

PHYSIK
ASTRONOMIE

EXPERIMENTE
AUFGABEN
NEUES VOM BÜCHERMARKT

STUDIEN-
INFORMATION

PHILOSOPHIE
ÖKONOMIE

CHEMIE

BIOLOGIE

impuls 68

impuls 68

,die Zeitschrift für naturwissenschaftlich begeisterte Oberschüler, stammt aus der Feder von Studenten und Wissenschaftlern, denen es Spaß macht, andere für die Naturwissenschaft zu begeistern.

impuls 68

erscheint monatlich von September bis Juni.

(Bezug nur über Direktabonnement; wenn möglich bitte Sammelbestellungen)

Preis pro Heft nur 0,40M

Unsere Adresse: Redaktion "impuls"
69 Jena
Max-Wien-Platz 1

Senden Sie Ihre Bestellung an uns.
(Postkarte genügt.)
Und geben Sie auch Ihre eigene Adresse mit an.
Auf die erfolgreichen Werber warten einige interessante Preise.

Dr. Helga Dietrich
Sektion Biologie der FSU Jena

Als Botaniker in Kuba

Kuba kann man auf vielfältige Weise charakterisieren: für die einen ist es die größte Insel der großen Antillen, für die anderen der erste sozialistische Staat auf dem amerikanischen Kontinent. Zahlen, wie 114 524 Quadratkilometer Grundfläche bei ca. 1 200 km Gesamtinsellänge von 35 - 120 km Breite, unterstreichen die erstere Aussage, eine sich immer enger gestaltende Zusammenarbeit im RGW und zunehmende wirtschaftliche Verflechtungen sprechen für die zweite.

Für uns als Botaniker, die im Rahmen der Direktvereinbarung zwischen dem Ministerium für Hoch- und Fachschulwesen der DDR und dem gleichgestellten Ministerio der Republik Cuba zur gemeinsamen Erforschung der Flora von Cuba auf dieser herrlichen karibischen Insel weilen konnten, kam die erste Begegnung mit den Tropen hinzu. Außer den veränderten klimatischen Bedingungen und dem erwarteten aber schnell überstandenen Zeitunterschied fällt sofort die Reichhaltigkeit (mit rund 7 000 Arten an Höheren Pflanzen knapp drei Mal so hoch wie in der DDR!), aber auch Üppigkeit, Farbenpracht und Formenvielfalt der tropischen Flora auf. Ebenso vielgestaltig sind die Vegetationstypen, in denen diese Pflanzenarten vorkommen. Sie reichen von der Mangrovezone der unmittelbaren Küste über Palmensavannen, Dorngebüsche, Sukkulentengesellschaften bis zu halbimmergrünen und immergrünen Schlucht- und Bergwäldern, die dann meist auch epiphytenreich sind. Besonders ausgeprägt tritt dies in den Bergwäldern der drei Gebirgsstöcke oder im Nebelwald der Sierra Maestre auf, dem höchsten Gebirge Kubas (mit dem Pico Turquino, 2005m), das vor allem durch die militärischen Operationen Fidel Castro's und seiner Anhänger in den bewegten Revolutionsjahren 1959/1960 bekannt wurde. Weite Landstriche Kubas, besonders aber die Ebenen, sind von großräumigen Kulturflächen bedeckt. Außer dem Hauptprodukt Zuckerrohr, dem Kuba seinen wirtschaftlichen Stand verdankt, werden Tabak, Reis, Bananen, Kaffee, Bataten (Süßkartoffeln), Ananas, Agaven (zur Fasergewinnung) und Kakao angebaut. Zu den Charakterbäumen Kubas gehören unumstritten die Palmen. Von den etwa 2400 bekannten Arten kommen auf Kuba etwa 80 vor; als schönste gilt die Königspalme, die mit ihrem schneeweißen, schlanken Stamm und dem glänzend dunkelgrünen Blattwe-

del-Schopf zum Landessymbol erhoben wurde. Aber auch die Kokospalmen dominieren in der Nähe menschlicher Siedlungen und dienen in vielfacher Hinsicht dem Lebensunterhalt. Als charakteristische Vertreter der Pflanzenwelt der amerikanischen Tropen (im Gegensatz zur altweltlichen Afrikas und Asiens) wären Kakteen, Bromelien (Ananasgewächse; viele von ihnen als beliebte Zisternenpflanzen heute in der Wohnkultur geschätzt und verbreitet!) und einige Orchideen zu nennen.

Wen würde es nicht reizen, mit Jeep, Zelt und Exkursionsausrüstung in botanisch wenig oder unerforschte Landstriche vorzudringen, hier Kenntnisse über Flora und Fauna in körperlich zwar anstrengender, aber äusserst befriedigender Weise zu erwerben? Günstig wirkt sich bei diesen Exkursionen aus, daß Giftschlangen und Groß-Raubtiere fehlen. Als einzige, unangenehme "Feinde" sind Skorpione und Vogelspinnen zu fürchten.

Größere und kleinere Exkursionen führten uns in viele Gegenden des Landes. Teilweise unterscheiden sich der westliche, der zentrale und der östliche Teil der Insel sowohl landschaftlich als auch floristisch stark voneinander, teils gibt es Übereinstimmungen und Ähnlichkeiten.

Zu den schönsten Erlebnissen zählen auch Tauchversuche im azurblauen, stark salzigen und im Dezember noch 25-28° warmen Wasser des Karibischen Meeres und des Atlantiks. Die Vielfalt eines Korallenriffs ist jedem Biologen theoretisch hinlänglich bekannt, aber einmal Seesterne, Seeigel oder leuchtend bunte Korallenfische "in natura" zu erleben, wird unvergessen bleiben! Dabei nimmt man die Bekanntschaft mit den Nesselzellen der Feuerquallen, die in den Monaten Oktober bis Februar die wärmeren Küstengewässer aufsuchen , gern in Kauf.

Nicht genug können wir die Gastfreundschaft der Kubaner, vor allem in den ländlichen Gebieten rühmen. Wie oft halfen uns Wasser (in vielen Gegenden eine große Kostbarkeit!) und starker süßer Kaffee, den quälenden Durst zu stillen, Ermüdungserscheinungen zu überwinden und neue Kräfte zu sammeln.

Zu unseren Aufgaben in Kuba gehörte aber auch die Betreuung bzw. Mitarbeit am Botanischen Garten in Havanna oder Aktivitäten bei der Aus- und Weiterbildung kubanischer Studenten, gärtnerischer und wissenschaftlicher Mitarbeiter.

So dient einerseits dieses Forschungsvorhaben dazu, exakte, besonders neuere Kenntnisse über Flora und Vegetation Kubas anzuhäufen, andererseits aber auch, die Freundschaft zwischen unseren Völkern durch persönliche Kontakte zu festigen.

Lutz Günther
ZIPE Potsdam

Wie entstehen Planetensysteme? (Teil 1)

„Millionen und aber Millionen Sonnen leuchten im Universum, und kein Zweifel kann sein, daß sie Millionen Erden leuchten."

(Bruno H. Bürgel: „Der Mensch und die Sterne")

Wenn heutzutage viel über die mögliche Existenz vernunftbegabten Lebens im All diskutiert wird, so setzt man eines stets voraus: daß dieses Leben auf bewohnbaren Planeten anderer Sonnensysteme entstand und sich dort entwickelte, kurz, daß im Weltall eine große Anzahl von Planetensystemen existiert. Ist diese Annahme gerechtfertigt? Wie entstand "unser" Planetensystem? Gerade die letztere Frage ist heute noch nicht in allen Einzelheiten ausreichend beantwortet.

Das erscheint auf den ersten Blick seltsam, wenn man die großen Erfolge der Planetenforschung mit Hilfe der Raumfahrt betrachtet. Wir untersuchen Mondgestein, setzen aus Nahaufnahmen einen Marsglobus zusammen und erhalten Bilder der Venusoberfläche. Raumsonden fotografieren Merkur und Jupiter - und doch reicht das nicht aus, um endgültig Antwort auf die Frage nach dem Ursprung des Planetensystems zu geben. Was fehlt, ist die Vergleichsmöglichkeit mit ähnlichen Erscheinungen im Weltall. Kein einziges fernes Planetensystem ist unserer direkten Beobachtung zugänglich! Nur aus dem Vergleich aber können hier Gesetzmäßigkeiten abgeleitet werden, die einen allgemeingültigen Charakter haben. Die wesentlichen Impulse zur Beantwortung unserer Frage stammen daher auch aus einem Gebiet der Astrophysik, das gerade mit der Methode des Vergleichs sehr vieler gleichartiger Objekte große Erfolge erzielt hat. Es ist dies die Erforschung der Entstehung und Entwicklung der

Sterne, die in enger Beziehung zur modernen Kernphysik steht.

Ziel unserer Artikelserie soll es sein, die Grundzüge der heutigen Vorstellungen über die Entstehung von Planetensystemen anschaulich darzulegen. Dazu gilt es, folgende Fragen zu beantworten:

- Wie entstehen die schweren chemischen Elemente im Weltall?
- Wie bilden sich die Planeten aus kosmischer Materie?
- Sind Planetensysteme eine große Seltenheit?
- Haben wir Anhaltspunkte für die Richtigkeit unserer Vorstellungen?

1. Elementenentstehung im Weltall

Untersucht man das Licht der Sterne und interstellaren Gaswolken mit einem Spektrographen, so läßt sich aus den gewonnenen Spektren der vorhandenen Elemente auch deren Häufigkeit in den einzelnen Himmelskörpern bestimmen. Aus einer sehr großen Zahl von Einzelbeobachtungen ergab sich folgende Bilanz:

Element	Massenanteil an der Sternmaterie
H	63 %
He	36 %
alle übrigen	1 %

Wohlgemerkt, diese Angaben beziehen sich auf Sternmaterie! Untersuchen wir das Material unserer Erde, so stellen wir offensichtlich andere Proportionen fest. Die leichtesten Elemente sind hier deutlich verarmt (hauptsächlich H und He), schwerere Elemente kommen in größerer Häufigkeit vor. Die teils direkten, teils indirekten Untersuchungen des Oberflächenmaterials der inneren Planeten und des Mondes ergaben ein ähnliches Bild.

Anders sind die Verhältnisse bei den Riesenplaneten Jupiter und Saturn. Theoretische Untersuchungen ergaben, daß diese Planetengiganten zum überwiegenden Teil aus Wasserstoff und Helium bestehen! Innerhalb unseres Planeten-

systems existieren also zwei chemisch deutlich unterschiedliche Planetengruppen:

- die "inneren" Planeten Merkur, Venus, Erde, Mars (Gehalt an H, He klein, an schwereren Elementen hoch)
- die Riesenplaneten (Gehalt an H, He hoch, an schwereren Elementen gering)

Beide Gruppen sind auch räumlich klar getrennt; eine gewisse Sonderstellung nimmt der Pluto ein, der eventuell eine ähnliche Zusammensetzung wie die inneren Planeten aufweist.
Auf das Zustandekommen dieser Planetengruppen werden wir später eingehen, wenn wir den Bildungsprozeß der Planeten untersuchen. Jetzt soll uns erst einmal die Frage interessieren, wie und wo die chemischen Elemente im Kosmos entstehen. Auch hier geben uns Beobachtungen aus der Astrophysik einen wichtigen Aufschluß: die älteren Sterne unseres Milchstraßensystems enthalten auffällig weniger schwere Elemente als die jüngeren. (Wie üblich gibt es auch hier einige Ausnahmen, die aber wie stets die Regel bestätigen.) Das kann kein Zufall sein, vielmehr scheint der "Baustoff" der älteren Sterne fast ausschließlich aus Wasserstoff und Helium bestanden zu haben. (Siehe Impuls-Artikel zu Fragen der Kosmologie in einem der nächsten Hefte.) Zur Zeit der Entstehung der jüngeren Sterne war sicherlich bereits ein gewisser Prozentsatz schwererer Elemente vorhanden. Das läßt nur den Schluß zu, daß die schwereren chemischen Elemente durch Kernreaktionen <u>in den Sternen entstehen</u> und auf irgendeine Weise nach außen abgegeben werden. Die älteren Sterne hatten keine Vorgänger, so daß zu ihrer Entstehungszeit noch keine schwereren Elemente existieren konnten.

In der Tat kennen wir Fusionsreaktionen, die im Innern der Sterne ablaufen und neben großen Energiemengen auch schwerere Elemente als Wasserstoff liefern. Das sind z. B.

a) die Proton-Proton-Reaktion

$$^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{2}_{1}H + e^{+} + \nu$$
$$^{2}_{1}H + ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{3}_{2}He + \gamma$$
$$^{3}_{2}He + ^{3}_{2}He \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{1}H + ^{1}_{1}H$$

e^{+} - Positron
ν - Neutrino
γ - Gammaquant

Diese Reaktion liefert als Endprodukt $^{4}_{2}He$ und läuft bei Temperaturen $\geq 4 \cdot 10^{6}$ K bereits sehr gut. Derartige Temperaturen (und höhere) herrschen z. B. im Sonneninneren.

b) der C-N-Zyklus

Ausgangsstoffe sind $^{12}_{6}C$ und $^{1}_{1}H$, als Endprodukt entsteht $^{4}_{2}He$, der Kohlenstoff wird wieder freigesetzt. (Die Reaktionsgleichungen sparen wir uns diesmal.) Hier sind Temperaturen von $\geq 1{,}5 \cdot 10^{7}$ K notwendig, um diesen Prozeß mit genügender Effektivität ablaufen zu lassen.

c) der Salpeter-Prozeß (nach seinem Entdecker benannt!)

$$^{4}_{2}He + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{8}_{4}Be + \gamma$$
$$^{8}_{4}Be + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{12}_{6}C + \gamma$$

Diesmal wird aus Helium (ohne Mitwirkung von Wasserstoffkernen) $^{12}_{6}C$ aufgebaut. Allerdings muß für diesen Prozeß die Temperatur $> 8 \cdot 10^{7}$ K sein.

Wohlgemerkt, bei allen drei Prozessen handelt es sich um reine Kernfusionsreaktionen! Wir erkennen hier eine klare Tendenz: je schwerer das Endprodukt sein soll, umso höher muß die Temperatur im Sterninneren sein. Das ist auch einleuchtend, wenn man sich folgendes vergegenwärtigt: Damit Fusionsreaktionen ablaufen können, müssen die beteiligten Kerne sehr stark angenähert werden. Atomkerne sind jedoch auf Grund der in ihnen enthaltenen Protonen positiv geladen und stoßen sich daher ab. Je höher die Kernladungszahl, umso höher ist die notwendige kinetische Energie, die die an der Reaktion beteiligten Kerne besitzen müssen (ausführlicher in H. 1/9. Jg., S. 4-6). Eine Zunahme der kinetischen Energie kommt nun gerade durch die Erhöhung

der Temperatur der Sternmaterie zustande. Die notwendigen enormen Temperaturen sind allerdings nur im Gebiet des Sternzentrums zu erwarten. Daher spielen sich diese Reaktionen auch sozusagen"unter Ausschluß der Öffentlichkeit" ab, denn das Sterninnere ist für uns beobachtungstechnisch unzugänglich.

Wie entstehen nun schwerere Elemente als Kohlenstoff? Hier können wir nur die z. Z. wahrscheinlichste Hypothese darlegen. Auf jeden Fall ist eine weitere Zunahme der Temperatur im Sterninneren über 10^8 K notwendig. Ist das möglich? Ja! In sehr massereichen Sternen dürften Zentraltemperaturen von einigen Milliarden Grad herrschen!
Der Übersicht wegen fügen wir nun eine kleine Tabelle ein, in der die Entstehungsmechanismen der Elemente mit höherer Kernladungszahl dargestellt sind.

Tabelle 1

Massenzahl des Elementes	aufbauender Prozeß	notw. Temperatur
-24	Fusion mit α-Teilchen	$> 7 \cdot 10^7$ K
23-46	Fusion mit α-Teilchen + Neutroneneinfang (s-Prozeß)	$> 1 \cdot 10^9$ K
63-203	Neutroneneinfang (s- und r-Prozeß)	$> 3 \cdot 10^9$ K
-260	Neutroneneinfang (r-Prozeß)	$3\text{-}6 \cdot 10^9$ K

Zum Neutroneneinfang ist noch einiges zu sagen. Er stellt die einzige Möglichkeit der Bildung sehr schwerer Elemente dar, da geladene Teilchen die großen Kernabstoßungskräfte nicht mehr überwinden können. Ein zusätzlich in einen Kern eingebautes Neutron ist aber nicht stabil, es zerfällt unter Aussendung eines Elektrons und eines Antineutrinos in ein Proton (β^--Zerfall). Damit hat sich die Kernladungszahl des Kerns um 1 erhöht, ein schwererer, stabiler Kern ist entstanden. Geht dieser Prozeß so langsam vor sich, daß der Kern zwischen zwei Neutroneneinfängen wieder durch β^--Zerfall in einen stabilen Zustand gerät, so spricht

man vom s-Prozeß, andernfalls vom r-Prozeß. Der r-Prozeß läuft jedoch nur, wenn eine sehr starke Neutronenquelle zur Verfügung steht. Das dürfte gerade bei Sternkatastrophen der Fall sein.

2. Supernovae-Lieferanten schwerer Elemente?

Nehmen wir an, ein Stern mit mehr als 1,5 Sonnenmassen sei in seiner Entwicklung so weit fortgeschritten, daß in seinem Innern Temperaturen von mehreren Milliarden Grad herrschen. Steigt die Temperatur noch ein wenig weiter an ($> 6\text{-}7 \cdot 10^9$ K), dann setzen plötzlich Kernprozesse ein, die Elemente mit mittleren Massenzahlen wieder zu Helium abbauen. Dabei wird Energie verbraucht, und der Stern kühlt sich in seinem Innern rasch ab. Damit sinkt auch der Gasdruck in seinem Zentrum, und die äußeren Schichten des Sternes stürzen nach. Das führt wieder zur Temperaturzunahme, weitere abbauende Prozesse setzen ein, und das geht solange weiter, bis die Materie in Zentrumsnähe auf phantastisch hohe Dichte-Werte komprimiert und auf $> 10^8$ K aufgeheizt wird. Da von außen wasserstoffhaltige Materie nachgestürzt ist, zünden nun wieder energieliefernde Reaktionen, die so rasch um sich greifen, daß sie den Stern zur Explosion bringen. Während der Explosion steht für kurze Zeit ein ergiebiger Neutronenstrom zur Verfügung, der den r-Prozeß innerhalb von 10-100 s ablaufen läßt. Gleichzeitig werden die im Sterninnern gebildeten schweren Elemente an den interstellaren Raum abgegeben.

So etwa dürfte sich der Prozeß einer Supernova-Explosion abspielen. Obwohl solche Ereignisse relativ selten sind (seit 1604 innerhalb unserer Galaxis nicht mehr beobachtet), dürften sie für die kosmische Elementenbilanz eine entscheidende Rolle spielen. Man hat errechnet, daß eine einzige Supernova den Baustoff an schweren Elementen für 10 000 Planetensysteme liefern könnte! Und immerhin leuchtet "in einem normalen" Milchstraßensystem etwa aller 400 Jahre eine Supernova auf.

Im nächsten Teil des Artikels wollen wir uns dann eingehender mit der Bildung der Planeten selbst beschäftigen.

Fabriken im All

*Interview der sowjetischen Zeitschrift »Neue Zeit« mit Boris Paton**

In letzter Zeit hat sich ein besonders vielversprechender Zweig der Nutzung des Weltraums herauskristallisiert: die industrielle Produktion.

NZ: Boris Jewgenjewitsch, wie beurteilen Sie die Möglichkeiten der Technologie im Kosmos?

B. P.: Die Möglichkeit technologischer Operationen im Raumflug ist bereits praktisch erwiesen. Metallerwärmungs- und -schmelzexperimente wurden an Bord bemannter sowjetischer und amerikanischer Raumschiffe ausgeführt. Sie werden sich daran erinnern, daß im Oktober 1969 im sowjetischen Raumschiff Sojus 6 zum erstenmal Metall geschweißt und zerspant wurde. Das war der Beginn der kosmischen Technologie.

Für dieses Experiment hatte das J.-O.-Paton-Elektroschweißinstitut der ukrainischen AdW die Anlage Vulkan konstruiert. Zum Schweißen wurden dabei ein Elektronenstrahl, ein Schweißlichtbogen und eine abschmelzende Elektrode benutzt.

Im Jahre 1973 wurden an Bord der amerikanischen Orbitalstation Skylab Ströme von geschmolzenen Metallen und Legierungen in der Schwerelosigkeit untersucht. Auf der amerikanischen Station benutzte man ebenso wie bei der Vulkan-Anlage als Wärmequelle für das Schmelzen einen Elektronenstrahl. Wie die Experimente bewiesen, kann man auch in der Schwerelosigkeit mit geschmolzenen flüssigen Metallen arbeiten.

---

*) Präsident der Akademie der Wissenschaften der Ukrainischen SSR

NZ: Und was halten Sie ganz allgemein von den Aussichten der Metallurgie im Kosmos?

B. P.: Die Orbitalmetallurgie wird zweifellos nicht nur die rein irdische Technologie stark beeinflussen, sondern auch unmittelbar für die Erde zum Einsatz kommen. Einst wird es im Kosmos Betriebe geben, in denen ständig "Produktionsbedingungen" bestehen werden, wie sie auf der Erde entweder überhaupt nicht geschaffen werden können (Dauerschwerelosigkeit) oder untragbare Kosten verursachen würden (Tief- und Reinvakuum, starke Temperaturgefälle, Strahlung). Daher das enorme Interesse der Fachleute für Forschungen im offenen Kosmos. Es ist durchaus möglich, daß die Experimente auf Orbitalstationen, durch die Werkstoffe und Konstruktionselemente ausfindig gemacht werden sollen, zu überraschenden Effekten führen werden, die unsere Vorstellungen hinsichtlich der Werkstoffkunde, der Metallurgie und der Physik erweitern und der irdischen Alltagspraxis großen Nutzen bringen.

Dank der Schwerelosigkeit, die ständig in den Sektionen der Orbitalstationen herrscht, lassen sich dort die ihrer Dichte nach unterschiedlichsten Stoffe zu homogenen Gemischen vereinen. Sie werden sich nicht schichtweise voneinander abheben (man denke an die Ölfolie auf einer Wasseroberfläche), und selbst die leichtesten Partikeln, darunter die Gasteilchen, werden nicht zur Oberfläche auftauchen und die schwersten nicht auf den Grund sinken. Wenn man zum Beispiel einer geschmolzenen Metallmasse Gas hinzufügt, das Ganze vermengt und dann abkühlt, so kann man ein Schaummetall erhalten, in dem die Gasbläschen überall gleichmäßig verteilt sind. Ein solches Schaummetall wird härter sein als der beste Edelstahl und leicht wie Holz. Eine Schaum-Alu-Legierung, bestehend aus 35 % Aluminium und ca. 65 % Gas, schwimmt mühelos im Wasser.

Die moderne Technik erfordert jedoch immer neue Kompositionsstoffe mit außergewöhnlichen Eigenschaften aus Metallen und deren Oxiden, aus Metallen und fadenförmigen Feinkristallen. Auf der Erde lassen sie sich jedoch nicht ge-

winnen, da sich Komponenten von verschiedener Dichte nicht miteinander vermengen und diese sich in einzelne Schichten aufspalten. Lediglich in der Schwerelosigkeit können Halbleiterstoffe aus so schwer vermengbaren,geschmolzenen Substanzen gewonnen werden, wie etwa Gallium und Wismut. Ein Gemisch aus diesen ist nötig zur Entwicklung von neuen elektronischen Geräten.

Amerikanische Raumfahrer haben bei ihren Experimenten Gold und Germanium geschmolzen und gemischt, ebenso Blei, Zink und Antimon sowie Blei, Zinn und Indium. Legierungen dieser Art, im Kosmos gewonnen, erwiesen sich als weit wertvoller als ebensolche Legierungen irdischen Ursprungs.

NZ: Also ist die Schwerelosigkeit ein Freund der Metallurgie?

B. P.: Gewiß, und dies direkt wie indirekt. Jedenfalls rükken im Kosmos die zusätzlichen positiven Kräfte in den Vordergrund, die Flüssigkeiten und geschmolzene Stoffe beeinflussen. Es handelt sich um die Kräfte der Oberflächenspannung und der Adhäsion, des Haftens von Flüssigkeiten an Gefäßwandungen. Wir kennen sie auch auf der Erde: Seifenblasen, die eingefettete Stahlnadel, die im Wasser nicht untergeht, und die zerfallenden Quecksilberkügelchen. In der Schwerelosigkeit führen dieselben Kräfte dazu, daß sich eine ausgegossene Flüssigkeit sofort zu einer fast idealen Kugel sammelt. Dieser vorteilhafte Umstand kann zum Gießen von absolut sphärischen Kugeln für Rollager benutzt werden. Wenn wir in einen flüssigen Metalltropfen ein wenig Gas einführen und das Metall dann abkühlen lassen, erhalten wir eine Hohlkugel. Diese ist viel stabiler als eine völlig massive Kugel, und Rollager aus ihnen werden 5- bis 8mal länger unvermindert verwendbar sein als die bisherigen. Fügt man hinzu, daß man in der Schwerlosigkeit Metall "auf der freien Hand", ohne jeden Behälter, schmelzen kann, so zeigen sich weitere Vorteile. Es wird möglich, selbst die feuerfestesten Metalle und Oxide zu schmelzen, man wird keine Schmelzformen mehr herstellen müssen, die auch den höchsten Temperaturen standhalten.

Es wird insbesondere möglich, Gläser aus Oxiden von Titan, Zirkonium und anderen Elementen herzustellen, die auf der Erde selbst in geschmolzenem Zustand nicht bearbeitet werden können, da es keine genügend hitzeresistenten Werkstoffe für die erforderlichen Schmelzformen gibt. Gläser auf der Basis solcher schwerflüssigen Oxide aber besitzen besonders wertvolle optische Eigenschaften.

Schließlich können wir dadurch, daß wir Stoffe durch Hochfrequenzströme, Elektronenstrahlen oder geballte Sonnenstrahlen auf Entfernung schmelzen, ohne sie mit Wärmeelementen oder feuerfesten Formverkleidungen in Berührung zu bringen, völlig pure Metalle und Legierungen erhalten. Auf der Erde, wo ein freies Schweben eines Tropfens flüssiger Substanz undenkbar ist, kann daran nicht gedacht werden. Dabei hat die moderne Technik einen großen Bedarf an Werkstoffen ohne jede Beimischung. Wenn sich im Kosmos die Notwendigkeit ergibt, aus geschmolzenem Metall nicht eine Kugel, sondern einen Körper von anderer komplizierter Gestalt zu fertigen, so kommt dort das elektromagnetische Feld zur Hilfe. Wirken wir durch dieses Feld auf das Schmelzprodukt ein, können wir die kompliziertesten Figuren erhalten.

NZ: Wie werden sich die von Ihnen erwähnten Vorzüge der Bearbeitung der Schmelzprodukte in der Schwerelosigkeit auf die Technologie der Gewinnung künstlicher Kristalle auswirken, von denen ja viele aus geschmolzenen Substanzen gezüchtet werden?

B. P.: In der Schwerelosigkeit lassen sich Kristalle aus Lösungen und Schmelzprodukten gewinnen, die nicht in Behältern eingeschlossen sind. Und das liefert, wie wir bereits wissen, Erzeugnisse von einer Reinheit, wie sie auf der Erde nicht zu erzielen ist.
Der Bedarf an reinen und großen Kristallen ist bereits jetzt hinreichend groß. Hier nur einige von ihren Anwendungsgebieten: Halbleiter und Transistoren, Elektroakustik und Hochfrequenztechnik, Optik, Stützsteine und Werkstoffe von besonderer Festigkeit, Edelsteine.

Der zweite Vorzug besteht darin, daß auf dem Orbit Kristalle gewonnen werden können, die denen aus irdischen Laboratorien an Größe um das 10- und Mehrfache überlegen sind. Es lassen sich auch sehr lange fadenförmige Kristalle mit außerordentlicher Reißfestigkeit züchten.

NZ: Ist die irdische Technik Ihrer Ansicht nach schon jetzt zu einer großangelegten Entfaltung der Produktion im Kosmos gerüstet?

B. P.: Dazu bedarf es wohl noch komplexer theoretischer und experimenteller Forschungen, namentlich einer sorgfältigeren Untersuchung dessen, wie sich flüssiges Metall in der Schwerelosigkeit und im Vakuum verhält. Uns Wissenschaftler interessieren besonders Flüssigkeiten, die Festteilchen und Gasbläschen enthalten. Es gilt zu untersuchen und zu klären, nach welchen Prinzipien sich Schmelzprodukte und Lösungen abkühlen und kristallisieren, und welche Regeln für die Befeuchtung von Materialien durch verschiedene Flüssigkeiten maßgebend sind. Es bedarf also einer sorgfältigen Vorbereitung, damit die verheißungsvolle Idee einer Organisation der Produktion im Weltraum nicht diskreditiert wird.

Da jedes Experiment im Kosmos höchst kostspielig ist, sollte man alle Vorarbeiten auf der Erde und in fliegenden Laboratorien vornehmen. Die Auswertung solcher Experimente, wo sich Schwerelosigkeit nur für 20 Sekunden schaffen ließ, half uns, einige besonders charakteristische Eigenheiten der Technologie in der Schwerelosigkeit festzustellen. Namentlich konnten wir auf diese Weise ein besonderes Gußverfahren entwickeln, das darauf beruht, daß ein erstarrter Stoff mit einer flüssigen Schmelzsubstanz benetzt wird, um Schichtstoffe von beliebiger Form und mit einer beliebigen Anzahl von Schichten zu erhalten. Natürlich waren diese Experimente besonders effektiv, wenn daran Menschen beteiligt waren. Es wurde ein spezieller Prüfstand entwickelt, der es möglich macht, die Arbeit des Experimentators im Raumanzug bei der Ausführung verschiedener Produktionsgänge zu imitieren.

Um jedoch Produktionszyklen in den Arbeitssektionen von Orbitalstationen und Raumschiffen ablaufen zu lassen, gilt es, den Umfang der vorausgehenden experimentellen Forschung beträchtlich zu erweitern. Für die Arbeit im Kosmos ist es wichtig, möglichst universale Anlagen zu entwickeln und zu erproben. Es wäre unzweckmäßig, im Kosmos für jeden Arbeitsgang oder für jede Serie gleichförmiger Arbeitsgänge unterschiedliche Ausrüstungen einzusetzen. Eine solche Anlage muß sich relativ rasch im Flug mit anderen Ausrüstungen versehen lassen. Ihre einzelnen Aggregate müssen auswechselbar sein, damit alle oder fast alle Aufgaben an Bord des Raumflugapparates oder außerhalb von diesem ausgeführt werden können. Zunächst werden im Kosmos auch weiterhin ortsfeste und ortsveränderliche, manuell und halbautomatisch gesteuerte Anlagen eingesetzt werden. In weiterer Perspektive, nachdem wir uns die technologischen Arbeitsgänge zu eigen gemacht haben, ist mit programmgesteuerten vollautomatisierten Einrichtungen zu rechnen. Sie müssen jedoch alle durchweg Forderungen entsprechen, die an alles erhoben werden, was in den Kosmos hinaufgetragen wird. Das sind geringstes Gewicht und geringste Abmessungen, minimaler Energiebedarf und größte Betriebssicherheit.

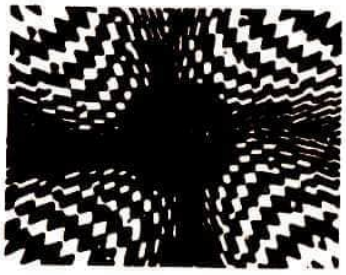
Ziolkowski hatte tausendmal recht, als er sagte, der Kosmos werde dem Menschen "Berge von Nahrung und unvorstellbarer Macht" sichern. Nicht nur der Metallurgie, auch der Biologie und der Pharmakologie bieten sich wunderbare Perspektiven. Die Schwerelosigkeit beschleunigt das Wachstum einiger Mikroben und komplizierterer biologischer Objekte. Es wird möglich, besonders pure Heilmittel zu gewinnen.

Erzeugnisse, außerhalb der Erde gewonnen, werden bereits vom Menschen benutzt und in noch größerem Umfang benutzt werden. Das ist keine Phantasie, sondern eine Realität von heute.

("Neue Zeit" 15/75 ;gekürzt)

Berichtigung: In Heft 1 Seite 6 Abb. 1 ist die Wellenlänge in 10^{-2} nm angegeben.

physikaufgabe 13



Da es die 13. Aufgabe ist, wollen wir einen scherzhaften Trugschluß anbieten:

Bekanntlich müssen Schiffe, die um die Erde schwimmen, an der Datumsgrenze das Datum einen Tag vor- oder zurückstellen, je nachdem, ob sie von W nach O oder von O nach W kommend den 180. Meridian passieren. Die Insassen eines Flugzeuges, das in Richtung Osten in 23 Stunden die Erde umfliegt, kommen folglich eine Stunde früher am Abflugort an, als sie weggeflogen sind.
Es gibt aber auch eine weniger anstrengende Verjüngungskur: Man begibt sich zum Nordpol, umkreist ihn in Richtung W-O, so kommt man nach jeder vollen Runde einen Tag zurück. (Durch gleiche Aktivitäten in entgegengesetzter Richtung ergibt sich ein zeitliches Vorwärtsschreiten.) -Ungeahnte Möglichkeiten der Altersmanipulation, der Blicke in Vergangenheit und Zukunft ergeben sich.
Lösungshinweise: 1. Von dem zusätzlichen Konservierungseffekt infolge Unterkühlung am Po l soll abgesehen werden. 2. Prinzipiell käme man mit einem kommerziellen drehbaren Bürosessel , der akkurat auf dem Pol steht, auch aus. 3. Genaugenommen ist der Südpol ebenfalls denkbar. Der Nordpol wurde nur deshalb gewählt, um dem Leser die Vorstellung zu ersparen, daß er mit dem Kopf nach unten sitzen oder gar herumlaufen muß.

Senden Sie die Lösungen der Aufgaben an uns ein (mit Angabe des Namens, des Alters und der Anschrift). Die besten Lösungen werden prämiert und veröffentlicht.

---

lösung der physikaufgabe 10 aus heft 8/9. jg.

aufgabe:

**In 10 äußerlich gleich aussehenden Paketen befinden sich jeweils 10 Kugeln gleicher Größe und von gleichem Aussehen. 9 Pakete enthalten Kugeln von je 1 kg Masse, ein Paket jedoch enthält Kugeln von je 1,1 kg.
Ist es möglich, mit nur einmaligem Wägen festzustellen, in welchem Paket sich die schwereren Kugeln befinden ?**

losung:

eingesandt von Ulrich Scheler, Schüler, 11 Jahre, Jena

Beweis: Durchnummerieren der Pakete von 1 bis 10. Aus jedem Paket werden so viele Kugeln herausgenommen, wie eben diese Nummer angibt, und auf die Wage gelegt.

Die erste Dezimale nach dem Komma gibt an, in welchem Paket die schweren Kugeln zu suchen sind (56,0 kg entspricht Paket 10).

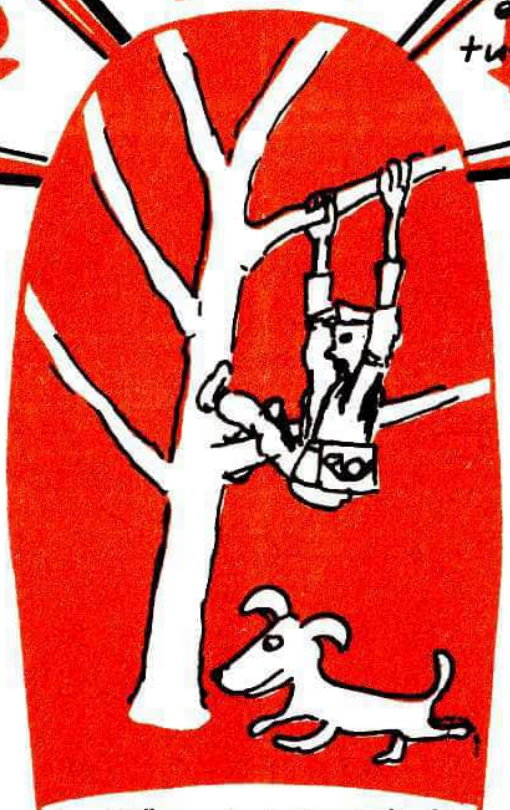
Jeder Mensch ist etwas wert.
Und sei es auch nur als
abschreckendes
Beispiel.

das schlimmste an der heutigen jugend ist, daß man nicht mehr dazugehört.

übrigens gibt es Leute, die glauben, alles wäre vernünftig, was man mit einem ernsthaften Gesicht tut.

Man kann sich das Leben auch durch zu großen ERNST verscherzen

„Ich bin intelligent", meinte stolz der kleine Wanja, „mit neun Monaten konnte ich schon laufen!" Hierrauf Kolja: „Das nennst du intelligent? Ich habe mich mit drei Jahren noch fahren lassen!"



Im Büro des Tierschutzvereins klingelt das Telefon. „Kommen Sie bitte schnell! In unserem Garten sitzt der Briefträger auf einem Baum und reizt unseren Hund!"

„Mein Sohn hat sich entschlossen, Elektromonteur zu lernen." „So! Dann richten Sie ihm mal aus, er soll es in Zukunft unterlassen, an meiner Tochter herumzumontieren."

Er wußte, daß er nichts weiß. Aber er wußte NICHT, daß man es wußte.

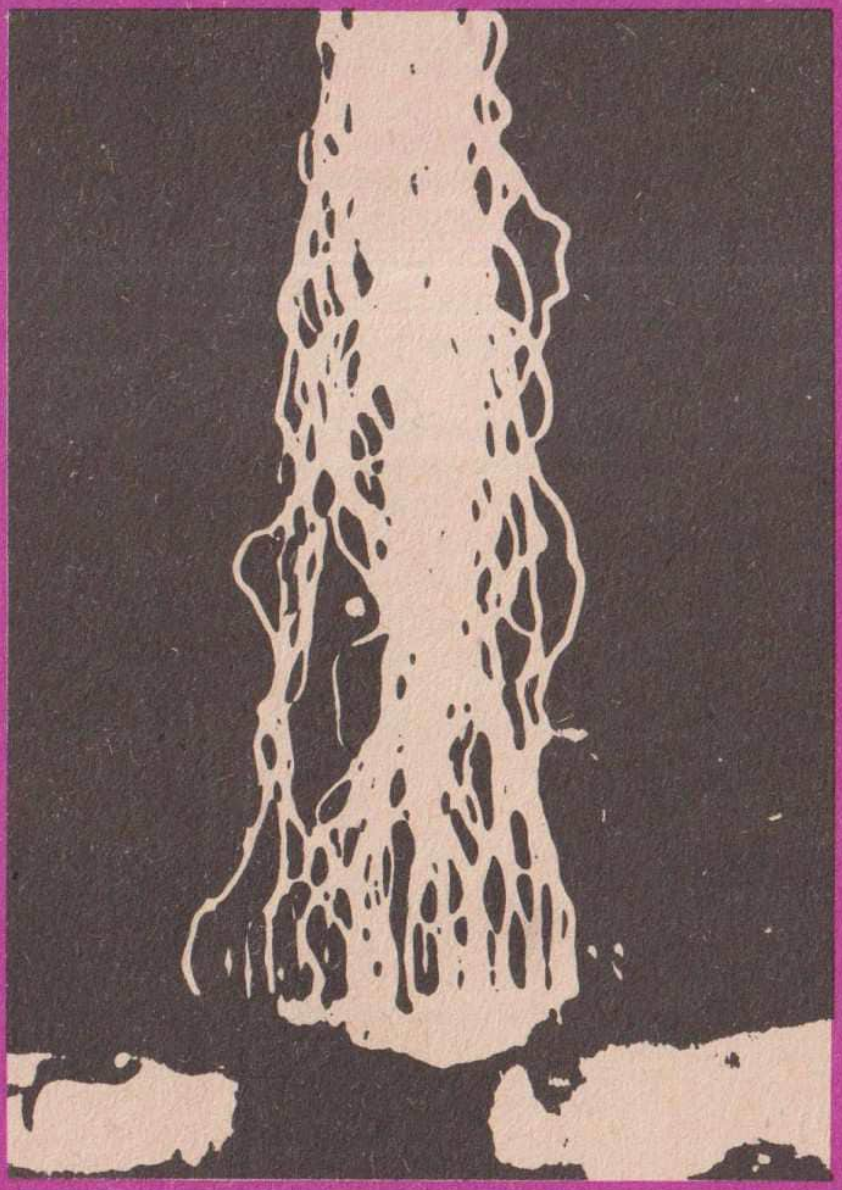
SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

10. JAHRGANG (1976 / 77)

40 Pf

impuls 68

3



Quantentheorie des Lichtes
Edelsteine
Ernst Abbe
Planetensysteme
Physik als Hobby

Titelbild:
Aufnahme einer Funkenstrecke

impuls 68

MONATSZEITSCHRIFT FÜR SCHÜLER DER KLASSEN 9 BIS 12

Herausgeber: FDJ-Aktiv „impuls 68" der Friedrich-Schiller-Universität Jena Sozialistisches Studentenkollektiv, Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR

Anschrift: „impuls 68", 69 Jena, Max-Wien-Platz 1
„impuls 68" erscheint monatlich von September bis Juni unter der Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR. Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen. Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981. Preis des Jahresabonnements: 4,- M

Redaktion: Dipl.-Phys. Hans-Dieter Jähnig (Chefredakteur), Dr. Eberhard Welsch (amt. Chefredakteur), Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen), Dipl.-Chem. Peter Renner (Chemie), Dipl.-Biol. Bärbel Schubert (Biologie), Dipl.-Phys. Wilfried Hild (Gestaltung), Dipl.-Phys. Lutz Günther (Astronomie und fotograf. Gestaltung), Harry Hedler (Korrespondenz), Gudrun Beyer (Korrektor)

Inhalt:

Quantentheorie des Lichtes und Fragen der Kohärenz (2)	PHY	3
Edelsteine	CHE	7
Ernst Abbe – der Wegbereiter der modernen Optik		14
Bericht über die IX. Internationale Physikolympiade		16
Wie entstehen Planetensysteme? (2)	AST	19
Physik in der Schule, Physik im Studium, Physik im Beruf, Physik als Hobby	DOK	25
Mosaik		30
Physikaufgabe 14		31

Werner Vogel
Sektion Physik
der FSU Jena
Diplom-Physiker

Quantentheorie des Lichtes und Fragen der Kohärenz
Teil 2: Auswirkung der Quanteneigenschaften des Lichtes

PHYSIK

Nachdem im Teil 1 die Grundlagen betrachtet wurden, wollen wir jetzt sehen, wie sich der Quantencharakter des Lichtes an physikalischen Effekten äußert. Dabei sollen die (im Teil 1 prinzipiell aufgezeigten) Grenzen der Einsteinschen Lichtquantenhypothese im Auge behalten werden. Im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen dabei Fragen der Kohärenz des Lichtes.

4. Kohärenzeigenschaften des Strahlungsfeldes

Wie wir aus dem Physikunterricht der 11. Klasse wissen, hängt die Kohärenz anscheinend mit dem Wellencharakter des Lichtes zusammen. Interferenzen kommen nur zustande, wenn das Licht kohärent ist. Kohärenz stellt gewisse Forderungen an die Phase des Lichtes (s. Lehrb. 11. Kl.).

Man kann sich klarmachen, daß bei Überlagerung von 2 Sinuswellen ideale Interferenzerscheinungen auftreten. Wir bezeichnen eine unendlich lange Sinuswelle (also Licht einer festen Frequenz ν) als klassisch (oder streng) kohärent. Jede Abweichung von der Sinusform wollen wir als Verschlechterung der Kohärenz betrachten.

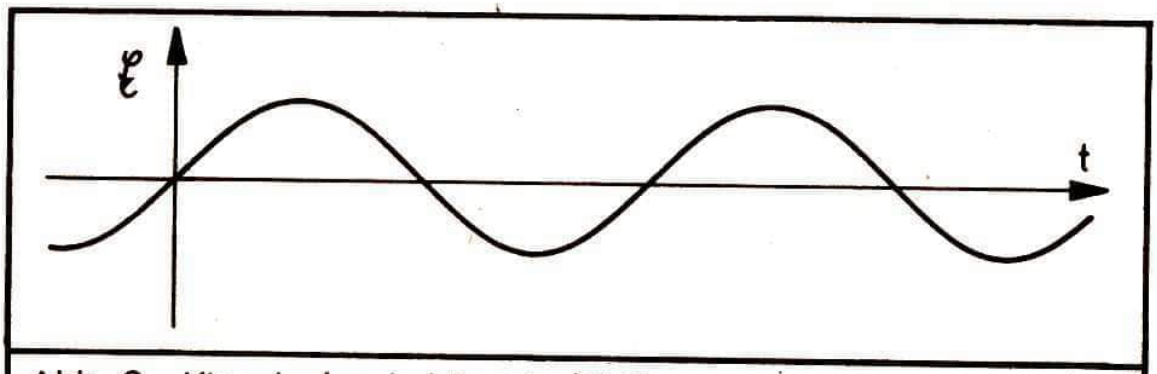


Abb. 2 Klassische kohärente Welle

Es ist nun interessant, inwiefern diese klassische Kohärenz wirklich auftreten kann.

Nach der klassischen Theorie liegt strenge Kohärenz automatisch vor, wenn die Strahlung nur eine Frequenz enthält (auf diesen Fall wollen wir die Betrachtungen der Einfachheit wegen beschränken).

Wie ist das in der Quantentheorie ?

Das Strahlungsfeld setzt sich aus einzelnen Photonen zusammen. Zur Anschaulichkeit wollen wir uns vorstellen, daß ein Photon ein Stück einer Sinuswelle ist (obwohl das eigentlich nicht ganz richtig ist). Alle Photonen sollen die gleiche Frequenz haben. Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten der Überlagerung dieser Photonen zum gesamten Strahlungsfeld:

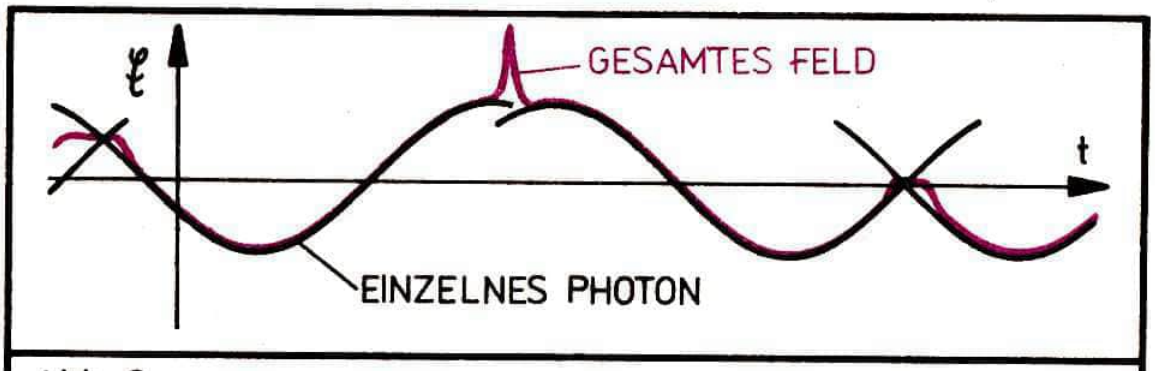


Abb. 3a

In Abb. 3a) sind die einzelnen Photonen inkohärent überlagert, d.h. die resultierende Feldstärke (Summe der Photonen) ist nicht sinusförmig und somit nicht interferenzfähig. So ist z. B. das Licht einer Glühlampe beschaffen.
In Abb. 3b) sind die Photonen kohärent überlagert. Man sagt, sie sind korreliert. Die resultierende Welle ist sinusförmig. Das entspricht etwa dem Licht eines Lasers.

In der Quantentheorie liegt also ein wesentlicher Unterschied zur klassischen Kohärenzauffassung vor:
Haben alle Photonen die gleiche Frequenz ν , so kann das Feld je nach Korrelation der Photonen kohärent oder inkohärent (bzw. auch teilweise kohärent) sein. In der klassischen Theorie würde automatisch strenge Kohärenz vorliegen.

Wir sehen: Selbst um Erscheinungen wie die Interferenz (die anscheinend nur durch die Welleneigenschaften bestimmt wird) voll zu verstehen, wird die Quantentheorie benötigt. Wir können Wellen- und Teilchencharakter einer Erscheinung voneinander nicht trennen.

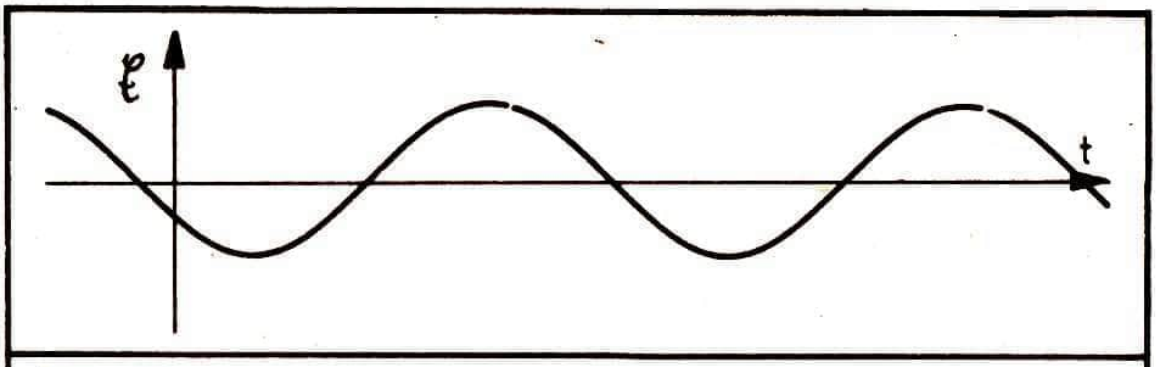


Abb. 3b

Für die bisherigen Betrachtungen genügten die Vorstellungen Einsteins. Jetzt wollen wir betrachten, was die strenge

Quantentheorie liefert:
Wir gehen **aufgrund der Einfachheit** von einem Feld mit idealer Korrelation der Photonen (Abb. 3b) aus. Diesem Feld muß die Vakuumschwankung (Abb. 1) überlagert werden.

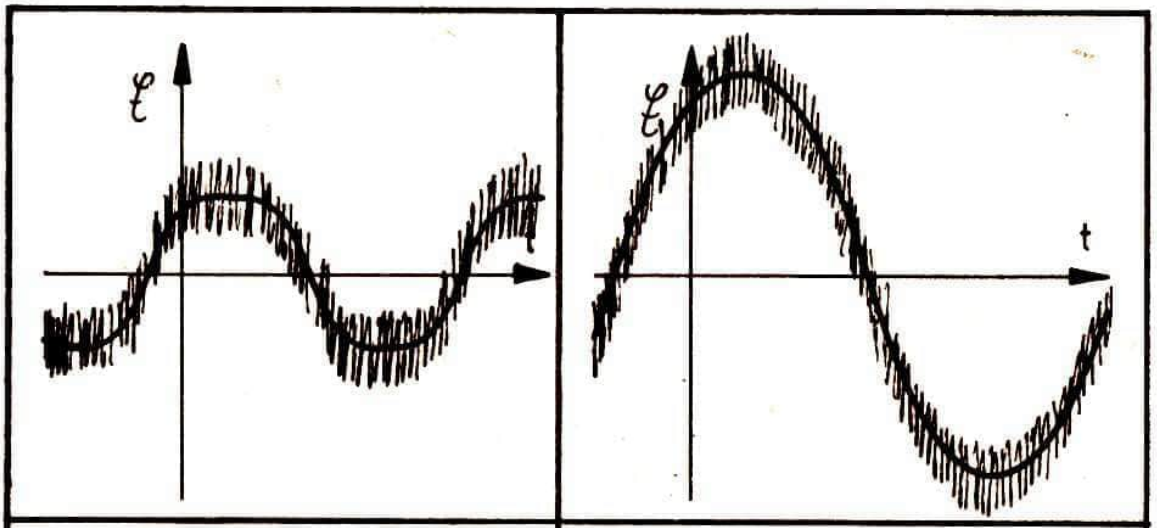


Abb. 4a Abb. 4 b

Abb. 4a) zeigt Strahlung geringer Feldstärke (was einer geringen Photonenzahl entspricht, denn nach (1) ist die Energie $E \sim N$, andererseits $E \sim \mathcal{E}^2$, also $\mathcal{E} \sim \sqrt{N}$), während Abb. 4b) ein

Feld gleicher Frequenz, aber größerer Photonenzahl zeigt. Bei kleinen Photonenzahlen weicht das Feld aufgrund der Vakuumschwankung wesentlich stärker von der Sinusform ab als bei großen Photonenzahlen. Für sehr große Photonenzahlen wird das Vakuumrauschen klein im Vergleich zur Feldamplitude, wir kommen auf die Ergebnisse der Einsteinschen Lichtquantenhypothese, denn:

$$Nh\nu \approx (N + 1/2)h\nu \text{ , wenn N sehr groß ist.}$$

Klassisch kohärentes Licht existiert nach der strengen Quantentheorie also nicht (während es nach Einstein existieren würde, wie Abb. 3b) zeigt). Es liegt jedoch näherungsweise für große Photonenzahl und ideale Korrelation der Photonen vor.

5. Die spontane Emission als Konsequenz des Vakuumrauschen

Aus der Laserphysik kennen wir die Effekte der spontanen und induzierten Emission (s. z.B. "Impuls 68" Jhrg. 4, Heft 3).
Bei der induzierten Emission wird ein angeregtes Elektron durch das eingestrahlte Licht in den Grundzustand zurückgerufen. Dabei wird ein Photon ausgestrahlt, das genau in Phase zum eingestrahlten Feld ist (Abb. 3b).
Bei der spontanen Emission nimmt man gewöhnlich an, das Elektron fällt von selbst (spontan) herunter und strahlt dabei ein Photon ab. Diese Vorstellung ist jedoch genaugenommen nicht richtig. Die spontane Emission wird durch die Vakuumschwankung des Strahlungsfeldes hervorgerufen (induziert). Da die Vakuumschwankung ein Rauschen ist, also keine festen Phasenbeziehungen bestehen, (d.h. das Rauschen weicht stark von der Sinusform ab) haben auch spontan emittierte Photonen keine Phasenbeziehungen zueinander. Solches Licht ist inkohärent (s. Abb. 3a). Die spontane Emission ist eine Folge des Vakuumrauschens, also mit der Einsteinschen Hypothese kann diese nicht verstanden werden. Das ist deshalb erstaunlich, weil die spontane Emission viel früher bekannt war als die induzierte. Niemand hat dabei Probleme gesehen, und dennoch wurde sie eigentlich erst in letzter Zeit verstanden. Spontane Absorption tritt nur deshalb nicht auf, weil das Vakuumfeld mit Null Photonen kein Photon an das Atom abgeben

kann, um ein Elektron anzuregen.

Abschließend sei erwähnt, daß es noch zahlreiche andere Erscheinungen gibt, die mit den ersten quantentheoretischen Vorstellungen nicht gedeutet werden können. In dieser Hinsicht war es nicht mein Ziel, auf Vollständigkeit zu achten. Vielmehr hoffe ich, einen kleinen Einblick in ein kompliziertes Gebiet gegeben zu haben, und vielleicht dient dieser Artikel als Anregung zu einigen Diskussionen.

CHEMIE

Peter Renner
Sektion Chemie der FSU Jena
Diplom-Chemiker, Forschungsstudent

Edelsteine

Unter den in der Natur vorkommenden ca. 2500 Mineralien [1] (zu denen jährlich eine Anzahl neuer hinzukommt), gibt es einige wenige, die sich durch besondere Eigenschaften auszeichnen, wie z.B. schöne Farbe, Durchsichtigkeit, hohe Lichtbrechung, Glanz, große Härte und vor allem ihre Seltenheit.
Diese schon im Altertum zu Schmuckzwecken verwendeten Mineralien bezeichnet man als Edelsteine.
Während die Edelsteine eine MOHS'sche Härte [2] von mindestens 7 besitzen, gibt es noch weichere Mineralien, die viele der oben genannten Eigenschaften besitzen; diese bezeichnet man als Schmucksteine.

Zu den Edelsteinen gehören Diamant, Rubin, Saphir, Smaragd (diese werden oft als die einzigen Edelsteine bezeichnet), weiterhin Aquamarin, Chrysoberyll (Alexandrit), Spinell, Topas, Zirkon, Granat, Turmalin und die Quarzvarietäten [3] Bergkristall, Amethyst, Zitrin, Karneol, Heliotrop, Achat, Chrysopras u.a.
Schmucksteine sind z.B. Jadeit, Nephrit, Edelopal, Feueropal, Lasurit, Türkis, Malachit und Hämatit.

Was sind aber all diese Steine vom chemischen Standpunkt her betrachtet, welche Eigenschaften haben sie, und wozu werden sie verwendet?

Beginnen wir mit dem chemisch einfachsten, dem Element Kohlenstoff in Form des Diamanten.

1. Diamant

Über die Eigenschaften der Kohlenstoffmodifikationen Diamant und Graphit ist in dieser Zeitschrift schon berichtet worden (vgl. "impuls 68" 2. Jhg., H. 6,7).

Der Name des Diamanten leitet sich vom griechischen Wort "adamas" = unbezwingbar ab, was wohl mit seiner großen Härte im Zusammenhang steht. Er ist das härteste aller Mineralien (Härte 10; 150 mal härter als Rubin; 1000 mal härter als Quarz).

Er kommt in der Natur in Form oktaedrischer, tetraedrischer und anderer Kristalle des kubischen Systems vor. Die größten Diamanten wogen (in Karat; 1 Karat = 0,2 g):

Cullian	3025
Excelsior	971
Victoria	457
Orlow	199,6

In der Natur bildet sich Diamant bei hohen Temperaturen und hohen Drücken, wie sie in großen Tiefen vorkommen. Das dunkelblaugraue Diamantmuttergestein heißt Kimberlit. Die größten Diamantlagerstätten liegen in Südafrika, Brasilien, der UdSSR, Indien und Ghana. Auch im Mondgestein wurden winzige Diamanten gefunden.

Im Jahr werden etwa 5000 kg gewonnen.

---

1) Mineralien sind im allgemeinen homogene, physikalisch und chemisch einheitliche Produkte der festen Erdkruste.

2) Die MOHS'sche Härteskala ist eine relative Ritzhärteskala, in der 10 Mineralien nach steigender Härte angeordnet sind.
1 Talk 2 Gips 3 Kalzit 4 Fluorit 5 Apatit 6 Feldspat
7 Quarz 8 Topas 9 Korund 10 Diamant

3) Unterschiedliche Varietäten eines Minerals unterscheiden sich durch nur geringfügige Abweichungen, z.B. in der Farbe, bedingt durch verschiedene Verunreinigungen bei sonst gleichen chemischen Eigenschaften und gleichem Kristallsystem.

Außer der Verarbeitung zu Schmuck werden Diamanten vielseitig eingesetzt; zum Schneiden von Steinen, Bohrkronen werden mit Diamanten besetzt, als Ziehsteine für Drähte, als Achslager für Präzisionsinstrumente, zum Gravieren feiner Schrift in der Lithographie und in Abtastsystemen für Schallplattenspieler.

Weitere Elemente finden wir unter den Edelsteinen nicht.
Wenden wir uns nun den Oxiden zu, zuerst dem Aluminiumoxid. Al_2O_3 kommt in der Natur in Form des Minerals Korund vor, dessen rote Varietät als Rubin, die blaue als Saphir bezeichnet wird.

2. Rubin und Saphir

Große, klare Rubinkristalle sind manchmal geschätzter als Diamant. Die rote Farbe wird durch geringe Chromverunreinigungen bewirkt, beim Saphir verursacht Titan die Blaufärbung.
Korundkristalle besitzen die Härte 9, sie sind sehr temperaturbeständig und chemisch resistent.
Große Vorkommen befinden sich in Kaschmir (Saphir) und Burma, Indien und Ceylon (Rubin).
Neben der Verwendung zu Schmuckzwecken werden weniger schöne Korunde hauptsächlich zu Schleifmitteln verarbeitet. Saphire werden als Abtastspitzen in Plattenspielern genutzt. Rubine erlangten als Laser-Materialien besondere Bedeutung, wozu jedoch vor allem synthetische Rubine verwendet werden.

Wir wollen noch bei den Oxiden bleiben und kommen von der 3. zur 4. Hauptgruppe im Periodensystem. Hier finden wir das Siliziumoxid, in der Natur in Form des Quarzes und dessen zahlreicher Varietäten, die z.T. als "Halbedelsteine" geschätzt sind.

3. Quarz

Zunächst seien die Varietäten genannt, die makroskopische Kristalle bilden.

- Bergkristall ist glasklarer, hochreiner Quarz, der völlig farblos ist.
- Violetter Quarz wird als Amethyst bezeichnet.
- Zitrin ist Quarz von gelber Farbe; er ist sehr selten. Durch "Brennen" von Amethyst erhält man künstliche Zitrine.
- Rauchfarbene Kristalle bezeichnet man als Rauchquarz.

Nun zu den mikrokristallinen Arten.
Hierzu zählen Achat, Heliotrop, Karneol, Chryspras, Onyx und andere.

Achat ist gelb, braun, rot oder grau. Er tritt in gebänderten Lagen oder Kugeln konzentrischen Aufbaus auf. Seine Farbe wird hauptsächlich durch Eisen verursacht.
Heliotrop ist durch Nickel dunkelgrün gefärbt und besitzt rote Punkte. Karneol ist einheitlich rotbraun, Chrysopras ist gras- bis apfelgrün. Onyx tritt in schwarz-weiß gebänderten Steinen auf. Bergkristall findet als Schwingquarz in der Rundfunktechnik , sowie als UV-durchlässiges Material in der optischen Industrie und im wissenschaftlichen Gerätebau Verwendung. Aus Achat werden Lager und Reibschalen hergestellt. Quarz besitzt die Härte 7.

Tritt Siliziumdioxid nicht kristallin, sondern amorph mit einem bestimmten Wassergehalt $SiO_2 \cdot nH_2O$ auf, kommt man zum Opal. (Härte 5 - 6½ in Abhängigkeit vom H_2O-Gehalt). Opal ist farblos bis weiß und schimmert mitunter in vielen Farben (Edelopal).

In einer weiteren Gruppe oxidischer Edelsteine treffen wir Verbindungen an, die zwei verschiedene Metalle enthalten, sogenannte Doppeloxide vom Spinelltyp $Me^{II}Me_2^{III}O_4$, in denen Mg, Zn, Fe und Mn als zweiwertige, Fe, Al, Cr und Mn als dreiwertige Metalle vorkommen.

4. Spinell

Der Edelstein Spinell hat die Zusammensetzung $MgAl_2O_4$. Er kommt in roten und blauen Kristallen oktaedrischer Form vor, kristallisiert wie fast alle Spinelle kubisch (nur wenige tetragonal). Er hat die Härte 8 und ist chemisch sehr resistent. Die größten Vorkommen liegen in Ceylon und Burma (zusammen mit Rubin).
Eine recht analoge chemische Formel besitzt der Chrysoberyll $BeAl_2O_4$; auch Alexandrit genannt. Der Ionenradius des Berylliums ist jedoch so klein, daß die Verbindung eine wesentlich andere Struktur als die Spinelle besitzt und rhombisch kristallisiert.

5. Chrysoberyll (Alexandrit)

Dieser Edelstein ist vorallem dadurch bekannt, daß er im Tageslicht smaragdgrün erscheint, jedoch im künstlichen gelben Licht eine rotviolette Farbe hat. Die Färbung wird durch geringe Chromverunreinigungen hervorgerufen. Er bildet 6-seitige Kristalle, die sehr selten sind und die Härte 8½ besitzen.

Wir wollen nun die Gruppe der Oxide verlassen und kommen zu den Silikaten. Auf diese Klasse fällt ein Drittel aller in der Natur vorkommenden Mineralarten. Man unterteilt die Silikate nochmals nach ihrer

Kristallstruktur. Je nachdem, ob isolierte SiO_4-Tetraeder, Tetraedergruppen, Ringe, Ketten, Schichten oder Gerüste dreidimensionaler Ausdehnung vorliegen, spricht man von Insel-, Ring-, Ketten-, Schicht- oder Gerüstsilikaten.
Zu den Inselsilikaten gehört der Zirkon, der in klaren Kristallen als Edelstein geschätzt ist.

6. Zirkon

Er besitzt die Härte 8 und kommt in orangefarbenen, gelben, roten, seltener grünen tetragonalen Kristallen vor. Zirkon besitzt die Zusammensetzung $ZrSiO_4$.
Weniger gute Kristalle dienen zur Herstellung von ZrO_2, das zu Schmelztiegeln und feuerfesten Ziegeln verarbeitet wird.

7. Topas

Der Topas ist ein Edelstein, der vor allem in gelben, rosaroten und blauen aber auch farblosen wasserklaren Kristallen vorkommen kann. Seinen Namen hat er nach der Insel Topasos im Roten Meer. Chemisch handelt es sich um ein Aluminiumfluorosilikat der Zusammensetzung $Al_2[F/(OH)_2/SiO_4]$; er kristallisiert rhombisch und hat die Härte 8. Außer der Verwendung als Schmuckstein hat Topas keine weitere Bedeutung.

In der DDR, am Schneckenstein im Vogtland, wurden vor 250 Jahren herrliche Kristalle gewonnen, von denen sich heute viele im Grünen Gewölbe in Dresden befinden.
Am Schneckenstein liegt ein Gestein vor, das in der Welt fast einzigartig ist, es gibt nur noch 2 ähnliche Vorkommen.

8. Granat

Der Name, der sich vom lateinischen "granatus" = kornähnlich ableitet, ist eine Sammelbezeichnung für eine Gruppe von Mineralien. Im Einzelnen unterscheidet man:

Pyrop	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	dunkelrot, schwarz
Almandin	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	rotbraun, rot
Spessartin	$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$	dunkelrot, braun
Grossular	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	gelb, blaßgrün, rot
Andradit	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$	gelb, grüngelb, braunrot, schwarz
Uwarowit	$Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$	smaragdgrün

Alle Arten kristallisieren kubisch unter Ausbildung flächenreicher Kristalle (Rhombendodekaeder, Ikositetraeder).
Als Edelsteine haben schöne durchsichtige Almandine, Pyropen und Uwarowite Bedeutung.
Die Hauptmenge der gewonnenen Granate wird zu Schleifmitteln (Härte $6^1/_2$ bis 7) verarbeitet.
Während beim Granat noch isolierte SiO_4-Tetraeder in einem relativ komplizierten Gitter vorliegen, finden wir bei den nächsten beiden Vertretern, die zu den Ringsilikaten gehören, Si_6O_{18}-Ringe. Es handelt sich um den Smaragd und den Aquamarin.

9. Smaragd und Aquamarin

Diese beiden Mineralien sind Varietäten des in der Natur häufig vorkommenden berylliumhaltigen Minerals Beryll $Be_3Al_2(Si_6O_{18})$, das im hexagonalen System kristallisiert. Smaragd besitzt eine satte, tiefgrüne Farbe, die durch geringste Mengen Chrom hervorgerufen wird, während Aquamarin durchsichtig himmelblau bis blaugrün ist.
In der Natur wurden Beryllkristalle bis zu 16 t Gewicht gefunden. Smaragde waren bereits im alten Ägypten bekannt. Kleopatra pflegte, sie an geschätzte Gäste zu verschenken. Heute sind die dortigen Lagerstätten erschöpft.
Auch in der DDR wurde Aquamarin gefunden. Schleifwürdige Kristalle kamen bei Irfersgrün im Vogtland vor.

10. Turmalin

Ein weiteres Ringsilikat mit jedoch wesentlich komplizierterer Struktur als Beryll finden wir im Turmalin, einem borhaltigen Silikat, das im trigonalen System kristallisiert. Als Edelsteine finden klare rote und grüne Kristalle Verwendung. Es treten auch rote Kristalle mit grünem Kern auf.
Bemerkenswerte physikalische Eigenschaften des Turmalins sind Piezzo- und Pyroelektrizität (vgl. auch Quarz). Beim Erhitzen eines Kristalls laden sich die Enden elektrisch auf.

Damit wollen wir unseren Ausflug ins Reich der Edelsteine beenden. Zum Schluß seien noch einige Schmucksteine genannt.

11. Schmucksteine

Jadeit und Nephrit sind Kettensilikate von außerordentlicher Zähig-

keit. Sie wurden schon im alten China zu Figuren, Schmuckkästchen u.ä. verarbeitet. Sie besitzen eine apfelgrüne bis grünlichweiße Farbe.

Lasurit (Lapislazzuli) ist ein Silikat von tiefblauer Farbe, das oft goldene Punkte (eingesprengte FeS_2-Kristalle) enthält.

Malachit ist ein basisches Kupferkarbonat von tiefdunkelgrüner Farbe.

Türkis ist ein Kupferaluminiumphosphat von himmelblauer bis apfelgrüner Farbe. Er kommt in nierenförmigen Massen vor.

Hämatit Fe_2O_3 wurde früher zu Trauerschmuck verschliffen.

Wissenswertes:

In der BRD besteht gegenwärtig nicht nur Mangel an Arbeitsplätzen (rund 900 000 Arbeitslose werden offiziell registriert), sondern auch an Ausbildungsplätzen für Schulabgänger. Wie einer in der BRD erscheinenden Zeitschrift zu entnehmen war, will letzterem ein Prof. KEWENIG aus Kiel - er ist Vorsitzender des (bundesdeutschen) Wissenschaftsrates - durch einen ebenso einfachen wie genialen Plan begegnen:
Die Zahl der Studienplätze soll erhöht werden, um jedem studierwilligen Abiturienten ein Studium zu ermöglichen. Dadurch stehen zwar dem Jugendlichen in der BRD mehr Ausbildungsplätze zur Verfügung, doch wohin mit all diesen Menschen nach dem Studium? Bereits jetzt gibt es eine ganze Reihe junger Akademiker, die arbeitslos sind oder eine ihrer Ausbildung nicht gemäße Stellung angenommen haben. Zu diesem Problem hat Prof. KEWENIG folgende Lösung anzubieten: Man müsse sich von der Vorstellung lösen, daß ein ausgebildeter Chemiker, Physiker, Biologe, ... auch als Chemiker, Physiker, Biologe ... arbeiten kann. Diese veraltete Vorstellung passe nicht mehr in die moderne (imperialistische) Industriegesellschaft. Eine Frage wurde von Prof. KEWENIG jedoch nicht berührt, nämlich wer das für viele junge Menschen nutzlose Studium - den Preis dieser "Modernität" - bezahlen soll - doch nicht etwa Prof. KEWENIG? (Hü)

Ernst Abbe - der Wegbereiter der modernen Optik

Im Hauptgebäude der Sektion Physik der Friedrich-Schiller-Universität hängt eine kleine Gedenktafel "Ernst Abbe, Prof. für Physik, 1870 - 1896". Sie erinnert daran, daß ein großer Wissenschaftler und Sozialpolitiker auf das Engste mit der Universität und Jena verbunden war. Abbes großes Verdienst war es, daß er eine Abbildungstheorie für das Mikroskop entwickelte. Danach kann der Strahlengang mit mathematischer Genauigkeit bestimmt werden. Abbe erkannte als erster die Wichtigkeit der Beugungserscheinungen für die mikroskopische Abbildung. Damit gab er den Anstoß für die außerordentliche Entwicklung dieses Forschungszweiges der Optik. Noch heute findet man in einschlägigen Lehrbüchern der Optik auf Schritt und Tritt den Namen Abbe. Die von Abbe konzipierten Mikroskope ermöglichten die Lebenswerke von Robert Koch, Louis Pasteur und vieler anderer.

Untrennbar verbunden ist der Name Abbe mit dem Jenaer Präzisionsgerätebau optischer Instrumente. Die glückliche Kombination Zeiß / Abbe verhalf der kleinen thüringer Stadt zu Weltruhm. Zeiß reparierte anfangs Laboratoriumsgeräte für die Universität. 1846 gründete er eine eigene Werkstatt, in der einfachste Mikroskope hergestellt wurden. Als Ernst Abbe an die Universität berufen wurde, um dort Physik und Astronomie zu lehren, begann er gleichzeitig, die Frage nach der mathematischen Beschreibung des Strahlengangs durch das Mikroskop auf Anregung von Zeiß zu untersuchen. Vier Jahre benötigte er bis zur Lösung des Problems. Die Theorie war gut, aber die Praxis lieferte nicht die erforderlichen Gläser. Abbe überzeugte den Glastechniker und Chemiker Otto Schott, nach Jena zu kommen. Beide entwickelten zusammen ein völlig neues optisches Glas, das in dem neugegründeten Glaswerk "Schott und Genossen" hergestellt wurde. Die "gelungene Mischung" Zeiß, Abbe und Schott bewirkte, daß neue optische Instrumente mit bisher unerreichten Eigenschaften

gebaut werden konnten. In den Zeiß-Werkstätten stieg die Beschäftigtenzahl von 1876 bis 1888 von 42 auf 300, um schließlich in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts die 10000 zu überschreiten. Optische Geräte, Linsen, Feldstecher, Planetarien machten den Namen Zeiß in aller Welt bekannt. Einen wesentlichen Verdienst daran hat allerdings auch Abbe. Er wurde, als Zeiß 1888 starb, alleiniger Inhaber des Werkes. Die menschliche Größe dieses Wissenschaftlers zeigt sich darin, daß er von seinen Eigentumsrechten zurücktrat und das Werk einer Stiftung vermachte, die er nach seinem langjährigen Freund Carl Zeiß benannte. Alle, die in irgendeiner Form an dem Unternehmen beteiligt waren - die Arbeiter und Angestellten, die Stadt Jena, die Universität sowie andere Forschungsinstitute - werden am Gewinn beteiligt. Noch heute besitzt z.B. die Sektion Physik eine Ernst-Abbe-Professur.

So verbindet sich der Name Abbe eng mit dem wissenschaftlichen Gerätebau. Die traditionsreichen Bindungen zwischen der Universität und der Industrie, durch Abbe bewirkt und gefördert, bestehen auch heute noch in Jena. Insbesondere die Sektion Physik ist eines der Hauptkooperationspartner in der Grundlagenforschung des VEB Carl Zeiß. Jährlich lernen ein Großteil unserer Studenten während eines Industriepraktikums im VEB Carl Zeiß im 3. Studienjahr zum ersten Mal, theoretisch erworbenes Wissen praktisch-nutzbringend anzuwenden, und für manchen ist der Entschluß gefallen, als ausgebildeter Physiker, quasi auf Abbes Spuren, eine verantwortungsvolle Tätigkeit in diesem Jenaer Großbetrieb aufzunehmen.

Hans-Dieter Jähnig

Achtung!

Wir möchten unsere Leser darauf aufmerksam machen, daß wir das Heft 4 aufgrund des zu erwartenden Anstiegs des Postverkehrs zur Weihnachtszeit erst im Januar ausliefern können. Sie haben sicherlich Verständnis dafür.

Reinhard Meinel, der Redaktion bekannt als eifriger aktiver Löser unserer Physikaufgaben, gab uns einen Bericht über die IX. Internationale Physikolympiade, den wir unseren Lesern nicht vorenthalten möchten.

Reinhard Meinel
Spezialschule Jena
Schüler

Bericht über die IX. Internationale Physikolympiade

Vom 1. bis 8. Juli dieses Jahres fand in Budapest die IX. Internationale Physikolympiade statt. Mannschaften aus der VR Polen, der Sowjetunion, der CSSR, Bulgarien, Frankreich, Rumänien, Schweden, der VR Ungarn, der BRD und der DDR nahmen an diesem Wettbewerb teil. Eine theoretische Klausur und ein Experiment waren zu bewältigen. Die übrigen Tage dienten der Erholung und dem Kennenlernen der VR Ungarn. Auf dem Programm standen unter anderem eine Stadtrundfahrt durch Budapest und Ausflüge zum Balaton und zum Donauknie. In dieser Zeit kam es zu vielfältigen Kontakten zwischen den Mannschaften der verschiedenen Länder. Viele Schüler bleiben auch nach der Olympiade in Briefverbindung, und vielleicht werden einige von ihnen später auf dem Gebiet der Physik zusammenarbeiten.

Zu den Ergebnissen des Wettbewerbes: Unsere Mannschaft konnte drei zweite Preise, einen dritten Preis und einen Anerkennungspreis erreichen. Nach der Gesamtpunktzahl liegen wir hinter der Sowjetunion und der SR Rumänien an dritter Stelle.
Ich glaube, dem ungarischen Organisationskomitee ist es gelungen, die IX. Internationale Physikolympiade für alle Teilnehmer zu einem grossen Erlebnis werden zu lassen.
Die X. Internationale Physikolympiade wird 1977 in der CSSR stattfinden.

Die Aufgaben der IX. Internationalen Physikolympiade

1. Eine leere Kugel (Radius $R = 0{,}5$ m) dreht sich mit der gleichbleibenden Winkelgeschwindigkeit $w = 5\ s^{-1}$ um ihren senkrechten Durchmesser. Ein in halber Höhe des Radius' hineingesetzter kleinerer Körper nimmt an der Drehung der Kugel teil.

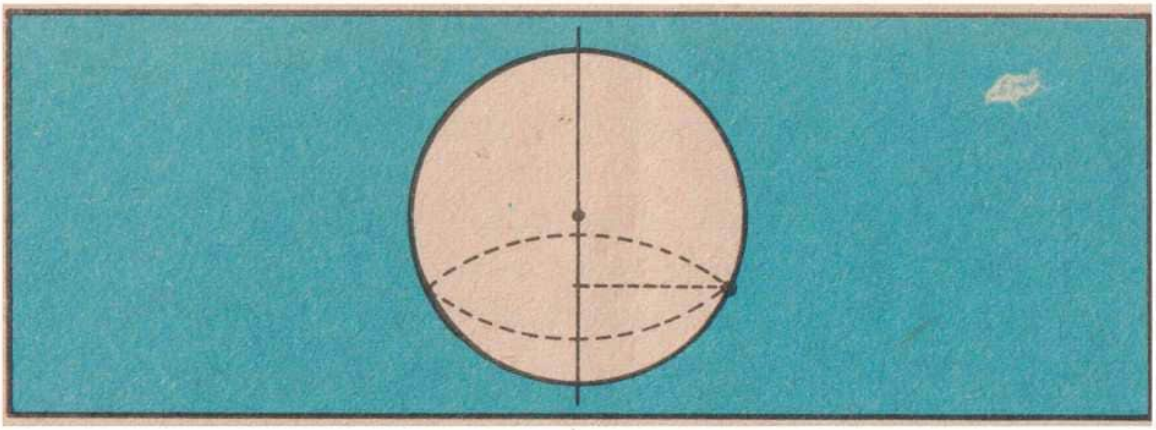
a) Wie groß muß der Reibungskoeffizient mindestens sein, damit dieser Zustand möglich wird?

b) Wie groß muß der Reibungskoeffizient in dem Fall sein, wenn die Winkelgeschwindigkeit $w = 8\ s^{-1}$ beträgt?

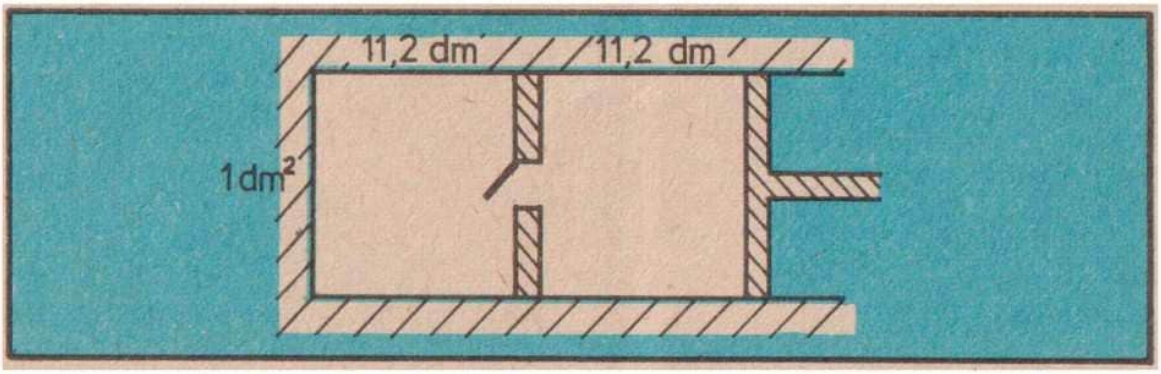
c) Untersuchen sie die Stabilität der oben betrachteten Zustände, wenn

1) die Lage des Körpers sich ein wenig verändert,

2) die Winkelgeschwindigkeit sich ein wenig ändert!



2. Es ist ein Zylinder mit der Grundfläche $1 dm^2$ gegeben. Die äußeren Wände, die innere Trennwand und der Kolben sind wärmeundurchlässig. Das Ventil in der Trennwand öffnet sich, wenn der Druck im rechten Teil größer ist als im linken Teil. Anfangs sind im 11,2 dm langen linken Teil 12 g, im 11,2 dm langen rechten Teil 2 g Helium enthalten, beiderseits bei 0° C. Außen ist der Luftdruck 10 Newton/cm^2. Die spezifische Wärme bei gleichbleibendem Volumen ist $c_v = 0{,}75$ cal/g · grd, bei gleichbleibendem Druck $c_p = 1{,}25$ cal/g · grd. Wir schieben den Kolben langsam gegen die Trennwand. Wenn das Ventil sich öffnet, halten wir kurz an, dann schieben wir den Kolben langsam weiter bis zur Trennwand. Wie groß ist die durch uns geleistete Arbeit?



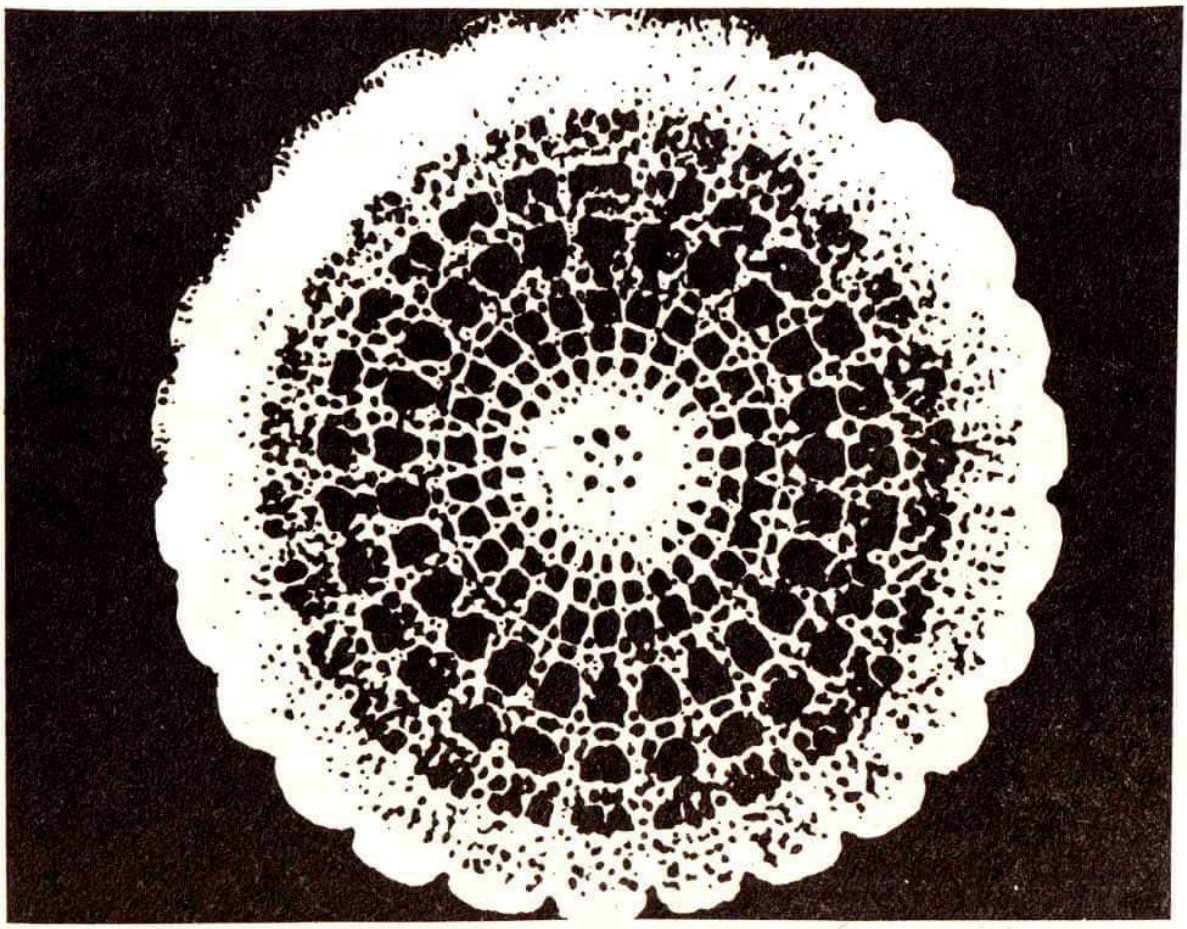
3. In einer Glaskugel befindet sich irgendwo eine kugelförmige Luftblase. Beschreiben Sie Verfahren, mit welchen man den Durchmesser der Luftblase bestimmen kann! (Die Glaskugel darf nicht beschädigt werden. Die Beschreibung der Verfahren soll so genau wie möglich sein.)

Experiment

Am Arbeitsplatz steht ein mit 12 V Speisespannung heizbares Reagenzglas, eine Flüssigkeit bekannter spezifischer Wärme (c = 0,5 cal/g·grd) und ein Stoff X mit unbekannten thermischen Eigenschaften. Der Stoff X ist in der Flüssigkeit unlöslich. Weiter stehen zur Verfügung eine Stoppuhr und ein Thermometer. (Von der Flüssigkeit sind zweimal 7g, vom Stoff X zweimal 2g vorhanden)

Es sind die thermischen Eigenschaften des kristallinen Stoffes X im Temperaturbereich zwischen Zimmertemperatur und 70 °C zu untersuchen und seine charakteristischen thermischen Konstanten zu bestimmen!

Die Meßergebnisse sind tabellarisch und graphisch darzustellen!



Mikroskopische Aufnahme eines Schnittes durch einen Stengel

Lutz Günther
ZIPE Potsdam
Diplom-Physiker

Wie entstehen Planetensysteme? (Teil 2)

Nachdem wir uns im ersten Teil mit der Entstehung der chemischen Elemente im Weltall beschäftigt hatten, wenden wir uns nun dem eigentlichen Bildungsprozeß der Körper des Sonnensystems zu. Es wurde bereits erwähnt, daß die Planetenentstehung sehr wahrscheinlich in engem Zusammenhang mit der Entwicklung unserer Sonne gesehen werden muß. Entsprechend unseren heutigen Vorstellungen entstehen Sterne durch Kontraktion (d.h. Zusammenballung) von interstellaren Gas- und Staubmassen. Wir wollen darauf nicht ausführlich eingehen, sondern nur das Endstadium der Kontraktion betrachten. Die entstandenen "Ursterne" besitzen keine hohe Leuchtkraft; ihre Energieabstrahlung wird nicht vollständig durch Kernfusionen abgedeckt, ein Teil stammt aus Gravitationsenergie. Infolge der noch nicht einheitlichen und regulierten Energieerzeugung zeigen die "Ursterne" einen raschen, unregelmäßigen Lichtwechsel. Nach einem markanten Vertreter ihrer Art werden sie auch als T-Tauri-Sterne bezeichnet. In der Nähe derartiger Sterne beobachtet man im Weltall häufig Gas- und Staubwolken; möglicherweise sind das Reste des "Baumaterials" dieser Objekte.
Eine zweite Besonderheit junger Sterne dürfte ihre rasche Rotation sein, die sie im Prozeß der Sternentstehung erhielten. Beide Eigenschaften, geringe Leuchtkraft und rasche Rotation, sind notwendige Voraussetzungen für die Bildung von Planeten.

3. Sonnennebel und Planetenentstehung

Woher stammt das Ausgangsmaterial für die Bildung von Planeten? Um diese Frage zu beantworten, müssen wir betrachten, welche Kräfte auf eine rotierende Gaskugel (≙ Stern) wirken. Das sind die nach außen wirkende Zentrifugalkraft F_z mit der Zentrifugalbeschleunigung a_z und die nach innen wirkende

Gravitationskraft $\mathcal{F}_G$ (Beschleunigung a_G). Die Zentrifugalkraft ist am Äquator des Sterns am größten, während $\mathcal{F}_G$ (auf eine ideale, homogene Kugel bezogen) auf der gesamten Oberfläche den gleichen Wert besitzt. Rotiert nun unser Stern mit einer Winkelgeschwindigkeit $\vec{\omega}$ um seine Achse, so treten in Äquatornähe größere Zentrifugalkräfte auf als in den höheren Breiten, es kommt zu einer Abplattung des Sterns. Solange aber noch $|a_z| < |a_G|$ gilt, geschieht außer dieser Abplattung nichts weiter (Abb. 1a).

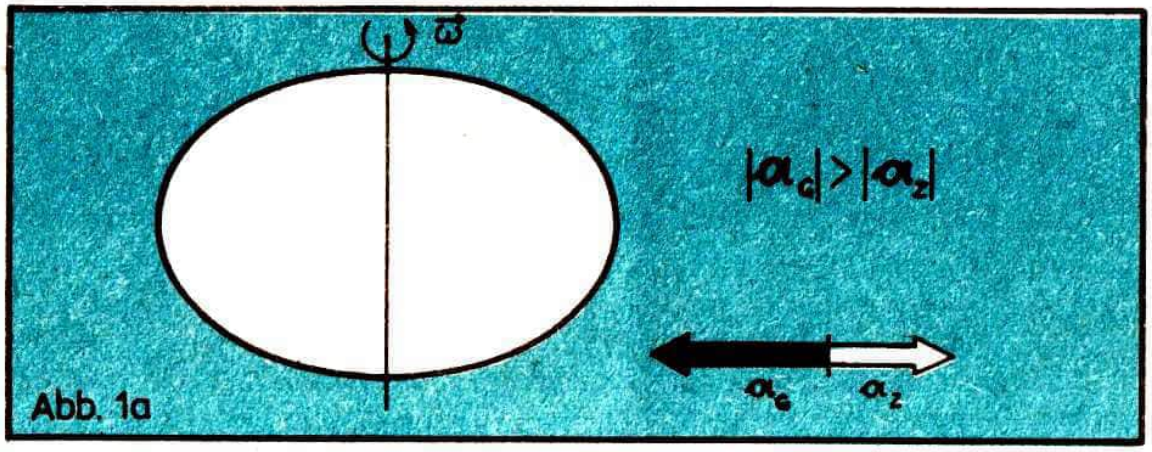


Abb. 1a

Ein Beispiel für eine abgeplattete, rotierende Kugel ist der Planet Jupiter. Seine Abplattung beträgt 6,1 %; beim Saturn erreicht sie sogar 9,6 %.

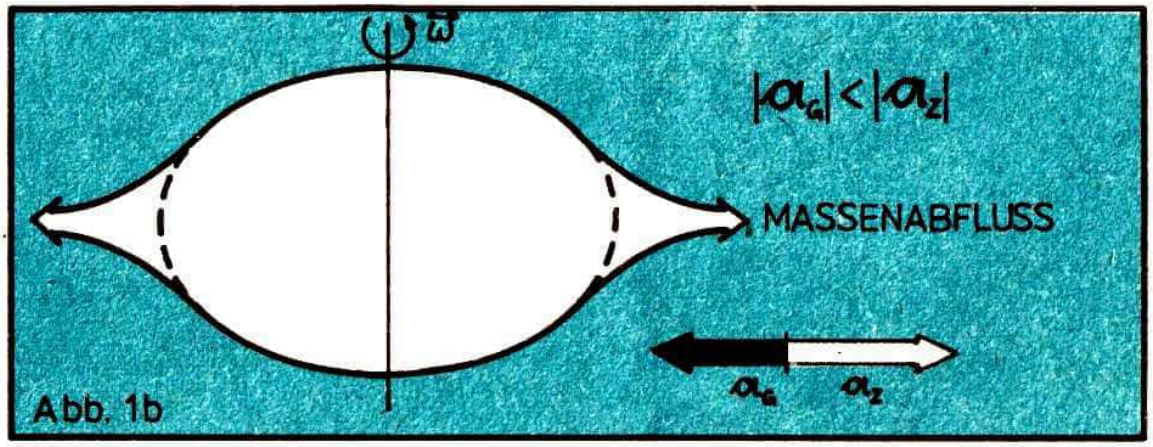


Abb. 1b

Rotiert der Stern nun aber so schnell, daß in den Äquatorbereichen $|a_z| \geq |a_G|$ wird, so kommt es zur sogenannten R o t a t i o n s s t a b i l i t ä t. Aus den Äquatorbereichen des Sterns fließt Sternmaterie ab und verteilt sich als Gasscheibe um die Ursonne (Abb. 1b). Diese Gasscheibe besitzt etwa

dieselbe Zusammensetzung wie das Baumaterial der Ursonne, enthält also auch schwerere Elemente (s.I.Teil des Artikels). Über einen komplizierten magnetohydrodynamischen Prozeß, auf den wir hier nicht eingehen wollen, bremst diese Gasscheibe auch die ursprünglich rasche Rotation der Ursonne auf etwa den heutigen Wert ab.
Das Gas des Sonnennebels besitzt zu Anfang relativ hohe Temperaturen, denn es stammt ja von der Ursonne selbst her. Daher liegen auch die chemischen Elemente und Verbindungen in gas- bzw. dampfförmigem Zustand vor. Das Gas erkaltet jedoch zusehends, da die ohnehin schwache Strahlung der Ursonne durch die inneren Bezirke des Sonnennebels stark absorbiert wird. So beginnt schließlich der für die Planetenentstehung entscheidende Prozeß: die K o n d e n s a t i o n. Chemische Elemente, wie Silizium, Magnesium, Eisen u.a. kondensieren und bilden feste Teilchen, auf deren Oberfläche die Kondensation fortschreitet. Mit weiter sinkender Temperatur kondensieren auch leichtere Elemente aus.
Alle diese noch relativ kleinen Keime werden durch das Gas des rotierenden Sonnennebels mitgeführt. Sie vergrößern sich im Laufe der Zeit und erreichen schließlich Durchmesser von mehreren Metern. Die größten Blöcke befinden sich dabei im Vorteil: sie besitzen nicht nur eine größere Oberfläche, sondern können auch durch die eigene Gravitationswirkung andere Kondensate einfangen und an sich binden. So wird das Baumaterial schließlich auf die größten Körper (man nennt sie P l a n e t e s i m a l e) konzentriert. Da viele Körper auf ähnlichen Bahnen die Ursonne umlaufen, kommt es häufig zu Zusammenstößen. Werden dabei nicht die gebildeten Planetesimale zerstört? Betrachten wir Abb.2 !

Das Ergebnis des Zusammenstoßes hängt von der Relativgeschwindigkeit der stoßenden Körper ab. Ist sie hoch, so kommt es zur Zertrümmerung der Stoßpartner (Abb.2a), bei sehr geringer Relativgeschwindigkeit "backen" die Körper eher zusammen und vereinigen sich zu einem größeren, der nun wiederum "Vorteile" im "Kampf" um das Baumaterial besitzt Abb.2b). Der Fall b dürfte wegen der ähnlichen Bahnen der

Stoßpartner der häufigere gewesen sein, Fall a trat allerdings ebenfalls auf.
Die Kondensation endet, wenn die inzwischen stabiler und kräftiger strahlende Ursonne in der Lage ist, die restlichen Bestandteile des Sonnennebels mit Hilfe des Strahlungsdruckes nach außen "wegzublasen".

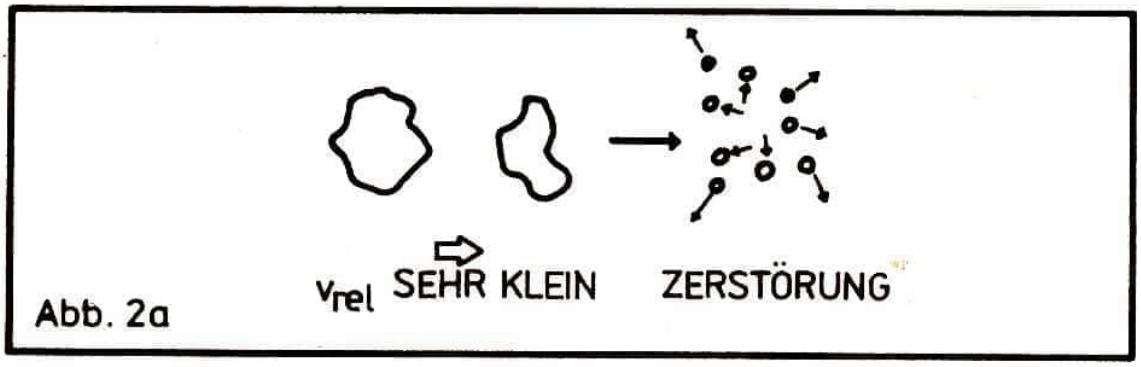


Abb. 2a

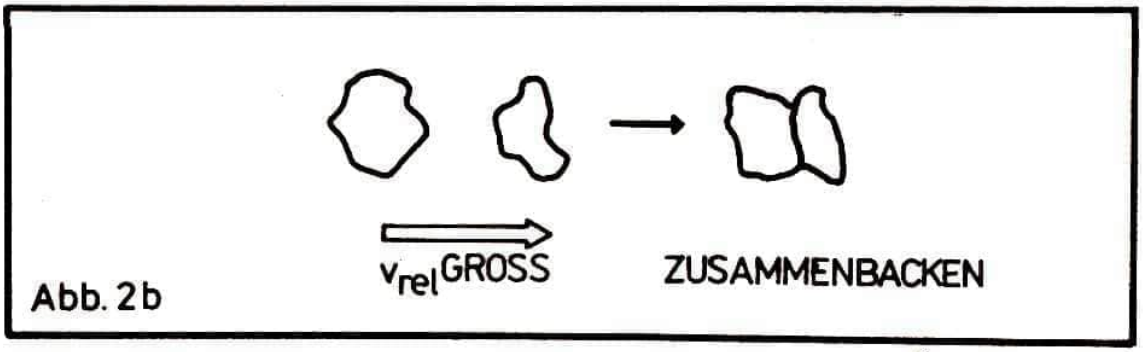


Abb. 2b

4. Innere und äußere Planeten

Es bleibt zunächst die Frage bestehen, wie sich die qualitativ und quantitativ so unterschiedlichen Planetengruppen bildeten (s.Teil I). Aus der näheren Betrachtung des Kondensationsprozesses läßt sich diese Frage beantworten.
In den sonnennäheren Teilen des Nebels sank die Temperatur nicht so stark ab, so daß hier hauptsächlich schwerere Elemente kondensierten. Das "Wegblasen" der Nebelmaterie erfolgte aus diesen Gebieten zuerst, so daß die Planetesimale auf einer bestimmten Stufe des Wachstums stehenblieben. Die eventuell an der Oberfläche stärker angelagerten leichten Elemente wurden durch Umschmelzung der Urplaneten stärker flüchtig.

So erklären sich die charakteristischen Eigenschaften der inneren Planeten: relativ hohe mittlere Dichte und relativ geringe Größe.
In den sonnenferneren Gebieten war die Temperatur des Gases infolge der Absorption der Sonnenstrahlung wesentlich niedriger, so daß hier auch leichtere Elemente in stärkerem Maße kondensieren konnten. Wenn die Ursonne begann, das Gas aus den sonnennahen Bereichen wegzublasen, erhöhte sich dadurch in ferneren Gebieten die Gasdichte, und die Kondensation wurde effektiver. Auf diese Weise konnten die äußeren Planeten in relativ kurzer Zeit ihr Volumen durch Anlagerung leichter Elemente vergrößern. Daraus erklären sich ihre geringe mittlere Dichte und ihre relativ großen Ausmaße. Die Kondensation endete in diesen Bereichen erst, wenn die immer kräftiger strahlende Ursonne das Gas auch aus den äußeren Gebieten des Sonnensystems wegblasen konnte. Die nun direkt auftreffende **Sonnenstrahlung** reichte aufgrund der großen Entfernung allerdings nicht mehr aus, um die leichten Elemente in größerem Maße flüchtig zu machen.

5. Planetoiden, Meteorite, Kometen

- Die Planetoiden sind hauptsächlich zwischen Mars- und Jupiterbahn konzentriert. Möglicherweise verhinderte die große Gravitationsstörung durch den Jupiter ihr Zusammenwachsen zu einem großen Planeten und führte eher zu ihrer weitgehenden Zertrümmerung, die anscheinend noch heute andauert.

- Auf die Meteorite gehen wir im dritten Teil noch ausführlicher ein. Hier sei nur gesagt, daß ihre Bildung mit derjenigen der Planetoiden anscheinend in engem Zusammenhang steht.

- Die Kometen dürften in den äußersten und kältesten Bereichen des Sonnennebels kondensiert sein. Sie stellen relativ lockere, eishaltige Gebilde dar und können durchaus als Abfallprodukte in der Entstehung unseres Plantensystems angesehen werden.

Die bisher skizzierten Entwicklungsschritte führten also zur

Bildung der sogenannten P r o t o p l a n e t e n, die in ihrer chemischen Struktur und ihrem physikalischen Aufbau den heutigen Planeten noch weitgehend unähnlich waren.
Erst nachdem durch das Wegblasen der Materie des Sonnennebels weiterer Baustoff nicht mehr zur Verfügung stand und die größte Zahl der Planetesimale von den massereichen Protoplaneten eingefangen worden war, begann der langwierige Prozeß der Herausbildung der heutigen Planeten in vollem Umfang.
Er wird als D i f f e r e n z i e r u n g bezeichnet und ist durch Aufschmelzen der Protoplaneten infolge der beim Zerfall radioaktiver Elemente freiwerdenden Wärme sowie die ungehinderte Einwirkung der kosmischen Strahlung gekennzeichnet. Im Verlaufe der Differenzierung bildeten sich auch Oberflächenformen und Uratmosphären heraus. Auf diesen Prozeß, über den noch wenig Klarheit herrscht, soll hier nicht näher eingegangen werden.
Im dritten und letzten Teil des Artikels werden wir erfahren, welche Hinweise es für die Richtigkeit der hier angeführten Vorstellungen gibt.

impuls - lexikon

R E K T I F I K A T I O N - Destillationsmethode zur Trennung von Flüssigkeitsgemischen mit kleinen Siedepunktsdifferenzen durch wiederholtes Verdampfen und Kondensieren in Rektifizierkolonnen, in denen ein Gegenstrom zwischen den einzelnen Phasen erzeugt wird.

Zwischen aufsteigendem Dampf und zurücklaufender Flüssigkeit tritt ein Wärme- und Stoffaustausch ein, wobei die schwerer siedende Komponente an der ablaufenden Flüssigkeit kondensiert und die dabei freiwerdende Kondensationswärme dazu verbraucht wird, leichterflüchtige Bestandteile der Flüssigkeit zu verdampfen.

Diese Trennung kann stufenweise in Bodenkolonnen oder kontinuierlich in Füllkörperkolonnen durchgeführt werden.

Prof. Bernd Wilhelmi)*

Physik in der Schule, Physik im Studium, Physik im Beruf, Physik als Hobby

Beginnen wir mit dem letzten. Die Beschäftigung mit der Physik sollte Spaß machen und macht Spaß, weil man dabei Natur und Technik, die uns umgeben, tiefer und umfassender versteht und erkennt, indem man mit physikalischen Experimenten auch komplizierte Vorgänge wiederholbar, beobachtbar und auswertbar gestaltet, indem man tiefere Zusammenhänge erfaßt und indem man lernt, Vorgänge in den verschiedensten Bereichen - von der Kernphysik bis zur Astronomie, von der Atomphysik bis zur Biologie - mit wenigen physikalischen Grundgesetzen zu beschreiben. Spaß und Freude wachsen dabei - ähnlich wie beim Bergsteigen - mit der Größe der bewältigten Aufgabe.
Jeder, der sich physikalische Aufgaben - gleich ob experimenteller oder theoretischer Natur - gestellt und sie gelöst hat, weiß natürlich - und das soll nicht verschwiegen werden -, daß mit der Größe der Aufgabe auch die Mühen sehr stark anwachsen, oft Zweifel aufkommen und man manchmal geneigt ist, vorschnell die Flinte ins Korn zu werfen, bevor man sich "durchgebissen" und die Entdecker- (oder wenigstens doch Nachentdecker-) freude genossen hat.
Physik ist keine Wissenschaft und auch keine Freizeitbeschäftigung, die man in Wirksamkeit und Schönheit erfassen kann, indem man nur passiv Bücher und Zeitschriften - und seien sie auch noch so gut bebildert - anschaut und liest.

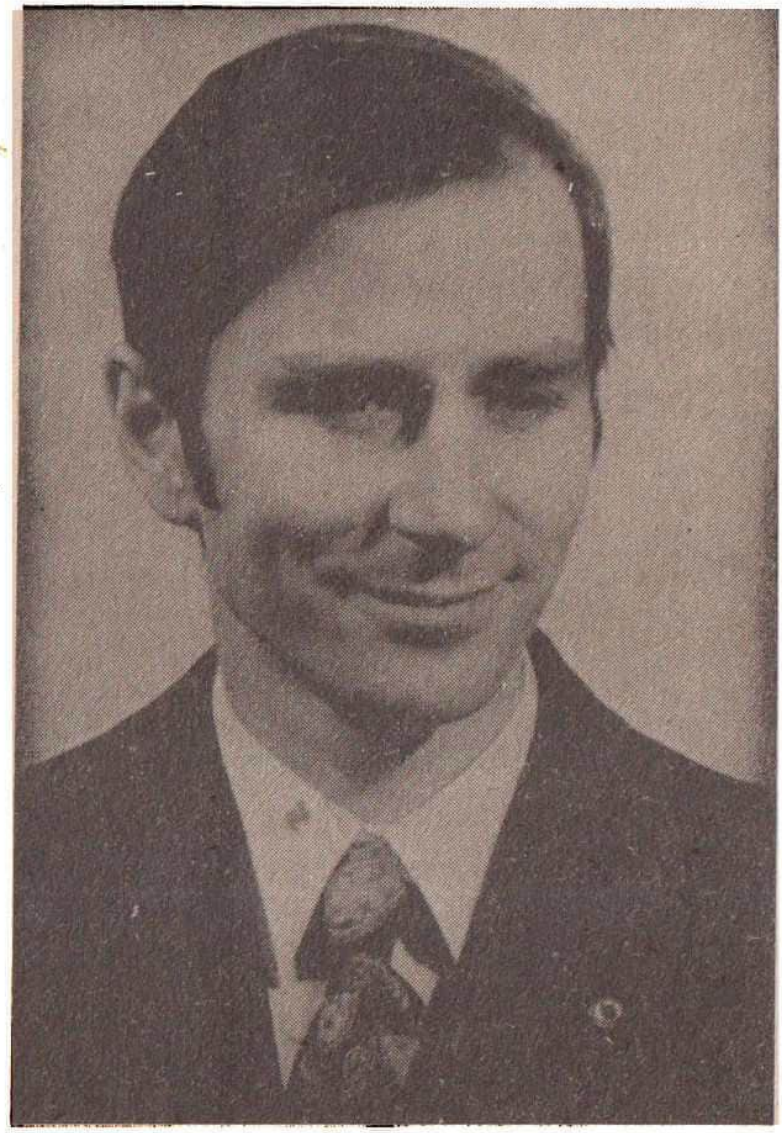
---

*) Prof. Dr. Bernd Wilhelmi ist Direktor der Sektion Physik der Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Die Physik verlangt die aktive Auseinandersetzung, das genaue Beobachten, das gezielt angesetzte Experiment, das Rechnen, das ständige Fragen nach den Ursachen und das Nachdenken, wie man etwas anders machen kann. Dabei sollte man sich nicht davon abschrecken lassen, daß in den Forschungslabors die Geräte immer größer, komplizierter und auch immer teurer werden. Physik als Hobby läßt sich auch mit einfachen Mitteln betreiben. Eine Nebelkammer zur Beobachtung des Kernzerfalls, die im Prinzip nicht anders funktioniert als ihre Schwestern in den großen Forschungszentren, läßt sich mit einfachsten Mitteln improvisieren; mit dem käuflichen Optikbaukasten für Schüler kann man Experimente durchführen, die weit über die vorgegebene Anleitung hinausgehen.
Die aktive Auseinandersetzung setzt auch nicht etwa eine abgeschlossene Schulbildung oder gar Hochschulbildung voraus, sondern kann auf jeder Stufe der Kenntnis erfolgen. Ich glaube, daß die Zeitschrift "impuls 68" zu einer solchen ernsthaften Beschäftigung mit der Physik anregt. Die meisten Artikel bauen auf dem in der Schule Gelernten auf, führen weiter und fordern zum Mit- und Weiterdenken auf. Für besonders wertvoll erachte ich die Beiträge, die zur eigenen Beobachtung und zum eigenen Experiment anregen. Dabei möchte ich nicht die Frage in den Vordergrund stellen, ob das angesprochene Problem der Physik oder einer anderen Naturwissenschaft angehört. Als sehr wichtig erscheinen mir auch die Aufgaben. (Zu wenig kommen in der Zeitschrift vielleicht noch die Schüler zu Wort, um über ihre Beobachtungen, Versuche und Überlegungen zu berichten.)

Natürlich ist die Beschäftigung mit der Physik nicht nur des individuellen Bildungswertes und des Spaßes wegen zu empfehlen. Die Aneignung der Physik als der Grundlage aller Naturwissenschaften und der Technik ist Voraussetzung für die immer bessere Beherrschung und Ausnutzung der Natur zum Wohle der Menschen. Deshalb wendet unser sozialistischer Staat große Mittel für die Entwicklung und Anwendung der Physik sowie für die Ausbildung auf diesem Gebiet auf. Die Lösung der wichtigsten Probleme der Menschheit, wie z.B. die Probleme der ausreichenden Versorgung mit Energie, Rohstoffen,

Nahrungsmitteln und Informationen, der Gestaltung der Umwelt und der Erhaltung der Gesundheit erfordern den Einsatz der Physik.



Prof. B. Wilhelmi

Wegen ihrer hervorragenden Bedeutung ist die Physik sowohl im Lehrplan der POS und EOS als auch in den Lehrplänen vieler Berufsausbildungen, Fach- und Hochschuleinrichtungen enthalten. Der Physikabsolvent findet seinen Einsatz in immer neuen Gebieten und arbeitet gemeinsam mit anderen Naturwissenschaftlern, Technikern und Facharbeitern an der Lösung der vielfältigsten Probleme. Ich möchte hier ein Beispiel anführen, das mich sehr beeindruckt hat. Im vergangenen Jahr fand in Berlin eine wissenschaftliche Konferenz der Physikstudenten der DDR statt, auf der besonders über Ergebnisse der Ar-

beit im Industriepraktikum (einem Studienabschnitt von 12 Wochen Dauer, der in Betrieben durchgeführt wird) vorgetragen wurde. Überraschend für alle beteiligten Studenten aber auch für alle anderen Teilnehmer war die Fülle der Probleme - besonders auch technologischer Art - , die angepackt und mit spezifisch physikalischen Methoden sehr originell gelöst wurden, obwohl manche Aufgabe auf den ersten Blick nicht sehr physikalisch aussah. Der Problemkreis reichte von der Energiewirtschaft über die Chemie und Glasindustrie, die Elektronikindustrie, den wissenschaftlichen Gerätebau bis hin zur Leichtindustrie. In vielen Fällen war ein hoher ökonomischer Nutzen ausgewiesen. Solche Tatsachen sollen zwar zum Stolz der Studenten auf ihr Fach und dessen Möglichkeiten aber keinesfalls zur Überheblichkeit führen. Diese Leistungen kann der Physiker ja auch nur in der Zusammenarbeit mit anderen erreichen, wobei er seinen fachspezifischen Beitrag bringt. Die Spezifik seiner Wissenschaft, die Art der Methoden, die er sich angeeignet hat, befähigen den Physiker, in seinem Einsatzbereich Meßmethoden, Schritte in Verfahren und Technologien zu entwickeln und zu verbessern, die ingenieurtechnisch noch nicht oder nicht durchgehend erschlossen sind, und immer neue Gebiete und Methoden an die Technik "abzugeben".

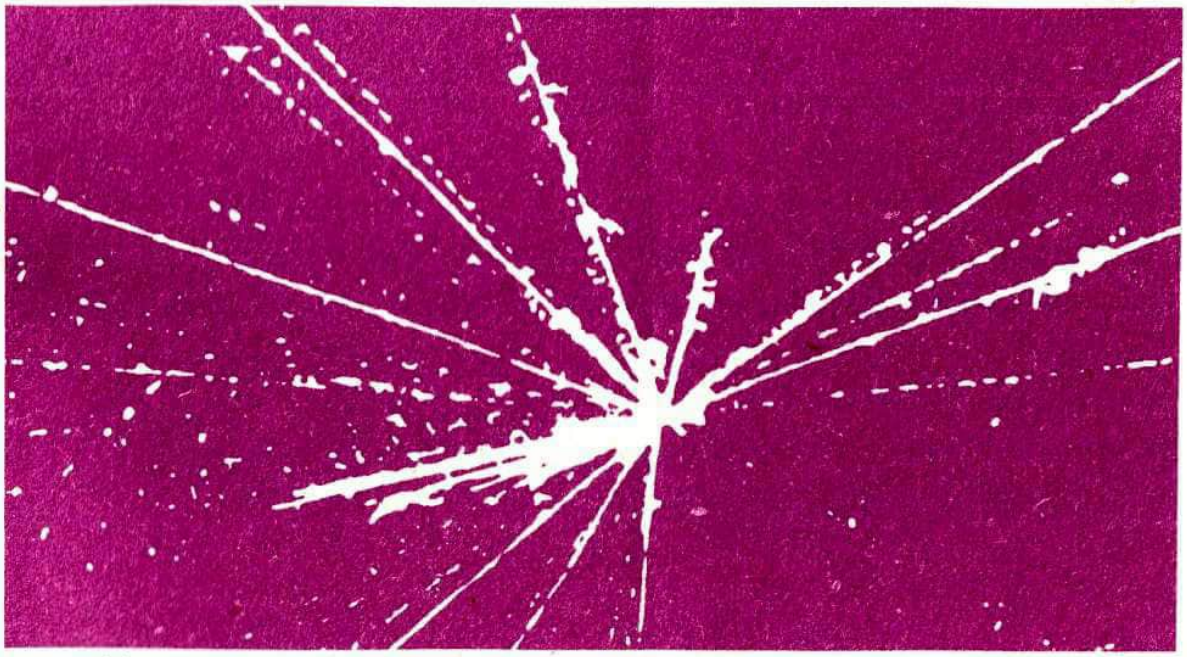
Dabei kann der Physiker auf einem relativ breiten Grundlagenwissen aufbauen, das ihn zum Einsatz in verschiedensten Gebieten befähigt, weil letztlich in allen Bereichen - Technik, Chemie, Biologie, Medizin - die gleichen physikalischen Grundgesetze wirksam sind und demzufolge auch das experimentelle und theoretische Herangehen seitens des Physikers ähnlich ist. Notwendig für immer neue Anwendungen ist es aber, daß sich die Physik als Disziplin ständig weiterentwickelt, daß die Erkenntnisse vermehrt und die theoretischen und experimentellen Methoden verbessert werden, daß ein "Vorlauf" geschaffen wird.

Dem dient die Grundlagenforschung an den Hochschulen, in der Akademie und in speziellen Forschungseinrichtungen in der Industrie.

Durch die Vielseitigkeit des Physikers und seine Fähigkeit,

sich in immer neue - auch neu entstehende - Anwendungsgebiete einzuarbeiten, löst sich der Beruf des Physikers nicht in den Berufen der Techniker und Naturwissenschaftler mit physikalischen Kenntnissen auf, sondern erhöht seine Bedeutung.
Um ein Beispiel aus meinem eigenen Arbeitsgebiet zu nennen: Die schnelle internationale Entwicklung der Quantenelektronik, Laserphysik und nichtlinearen Optik in den letzten 15 Jahren war nur möglich, weil in kürzester Zeit Physiker aus verschiedensten Richtungen - Mikrowellenphysik, Spektroskopie, Elektronik, Optik - aufbauend auf ihren Spezialerfahrungen die theoretischen und experimentellen Grundlagen entwickelten und lernten, andere in diese Überlegungen einbezogen und gemeinsam mit Technikern produktionsreife Geräte schufen.

Voraussetzung für eine hohe Wirksamkeit des Physikers in seinem Beruf ist aber immer - und damit komme ich auf den Ausgangspunkt zurück - eine tiefe Liebe zu seinem Fach und zu dessen Anwendungen, das Verlangen, auf jedem Gebiet, bei jeder übertragenen Aufgabe den physikalischen Problemen nachzuspüren, beharrlich an ihrer Lösung und deren Nutzung zu arbeiten. Voraussetzung für den Erfolg ist es also, daß der "Berufsphysiker" gleichzeitig ein "Hobbyphysiker" ist und bleibt.



Kernteilchenspuren

MOSAIK

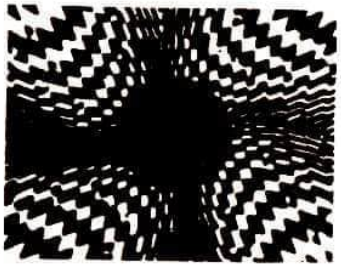
Angstmäuse

Frühere Versuche amerikanischer Pharmakologen haben gezeigt, daß Mäuse auf Angst vor Dunkelheit trainiert werden können und durch eine gedächtnis-aktivierende Substanz aus dem Gehirn der Mäuse die Angst auf Ratten übertragbar ist. Jetzt gelang es, diese chemische Substanz zu isolieren und zu identifizieren. Es ist ein Peptid aus 14 verschiedenen Aminosäuren und erhielt den Namen Skotophobin. Bei späteren Versuchen gewann man aus 4.000 Rattenhirnen so viel Peptid, daß man damit wieder 3.000 Mäuse impfen konnte. Auch für den Menschen könnte dieses Problem einmal aktuell werden durch Herstellung von Medikamenten, die ein spezifisches Verhalten beim Menschen erzeugen.

„Gekabeltes Laserlicht„

Bereits seit einiger Zeit wird die sogenannte Glasfaseroptik dazu verwendet, Licht in biegsamen Glasfaserleitungen weiterzutransportieren. Allerdings können diese Kabel nicht beliebig lang gemacht werden, da durch Reflexion an den Innenwänden des faserförmigen Glases Lichtverluste auftreten. Das macht sich besonders bei dem sehr stark gebündelten Laserlicht bemerkbar, dessen Eigenschaft dadurch verloren gehen kann. Deshalb wurde ein völlig neuartiger Lichtleiter entwickelt, dessen Brechzahl vom Mittelpunkt nach außen hin abnimmt. Das hat zur Folge, daß Licht beim Durchgang durch dieses biegsame, etwa 1 mm starke Material stets zur Mittellinie hingebrochen wird. Diese als Selfoc bezeichnete Lichtübertragungsfaser ermöglicht es, Laserlicht "weiter zu kabeln", was zweifellos für die Nachrichtenübermittlung von großem Nutzen sein wird.

physikaufgabe 14



Im Projekt für eine um die Erde kreisende Außenstation soll die fehlende Schwere durch die Zentrifugalkraft ersetzt werden. Hierzu wird die kreisringförmige Station (Außenradius 40 m) um ihre Symmetrieachse in Rotation versetzt. Wie groß muß die Winkelgeschwindigkeit sein?

Senden Sie die Lösung der Aufgabe an uns ein (mit Angabe des Namens, des Alters und der Anschrift). Die besten Lösungen werden prämiert und veröffentlicht.

Senden Sie die Lösungen der Aufgaben an uns ein (mit Angabe des Namens, des Alters und der Anschrift). Die besten Lösungen werden prämiert und veröffentlicht.

---

lösung der physikaufgabe 11 aus heft 9·10 / 9. jg.

aufgabe:

Auf einem geraden Abschnitt einer Straße fährt ein PKW mit einer konstanten Geschwindigkeit von v = 150 km/h. Von einem Beobachter neben der Straße wird die Frequenz des Autogeräusches gemessen.
Wie ändert sich die Frequenz in einem Winkelbereich von $\alpha = \pm 30^\circ$, wenn sie in dem Augenblick, in dem Beobachter und PKW den kleinsten Abstand voneinander haben, 80 Hz beträgt?

losung: (eingesandt von W. Dick, Schüler, 17 J., Elsterberg)

Da der Beobachter ruht, gilt für die gemessene Frequenz:

$$\nu \cong \nu_0 \left(1 + \frac{v}{c} \cos\theta\right)$$

ν_0 Eigenfrequenz
v PKW-Geschwindigkeit

Für θ gilt dabei $\theta = 90^\circ + \alpha$,
da α einmal positiv und einmal negativ gezählt wird.

$$\rightarrow \quad \nu = \nu_0 \left[1 + \frac{v}{c} \cos(90^\circ + \alpha)\right] = \nu_0 \left[1 - \frac{v}{c} \sin\alpha\right]$$

Damit ergeben sich die Grenzfrequenzen:

$$\left.\begin{array}{ll} \alpha = -30^\circ & \nu = 84{,}9 \text{ Hz} \\ \alpha = +30^\circ & \nu = 75{,}1 \text{ Hz} \end{array}\right\} \text{Frequenzänderung von } 9{,}8 \text{ Hz}$$

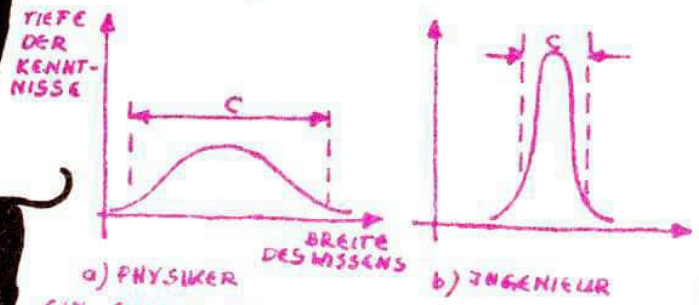
„DAS SCHWACHE GESCHLECHT IST DAS STÄRKERE WEGEN DER SCHWÄCHE DES STÄRKEREN GESCHLECHTS FÜR DAS SCHWACHE GESCHLECHT"

„EINE REDE IST WIE EINE PARADE, DIE ANDERTHALB STUNDEN BRAUCHT, UM AN EINEM BESTIMMTEN PUNKT VORBEIZUDEFILIEREN."

UNSERE **MATHEMATIK-AUFGABE** FÜR FORTGESCHRITTENE:

WIEVIEL ERGIBT DREIMAL SIEBEN ?

DIE VORTEILE EINES PHYSIKERS GEGENÜBER EINEM INGENIEUR BESTEHEN DARIN, DAß ER EIN SEHR BREIT ANGELEGTES FACHWISSEN BESITZT. DER INGENIEUR IST IN DER REGEL HOCHSPEZIALISIERT. GRAPHISCH LÄßT SICH DAS ETWA WIE FOLGT DARSTELLEN:



a) PHYSIKER b) INGENIEUR

EIN GUTER PHYSIKER ZEICHNET SICH DURCH EIN GROßES C, EIN GUTER INGENIEUR DURCH EIN SEHR KLEINES C AUS, WOBEI DIE FLÄCHE UNTER DER KURVE KONSTANT SEIN SOLL.

DABEI SIND FOLGENDE GRENZÜBERGÄNGE ANZUSTREBEN:

PHYSIKER: $C \rightarrow \infty$

INGENIEUR: $C \rightarrow 0$

DARAUS FOLGT, DAß EIN SEHR GUTER PHYSIKER ÜBER ALLES NICHTS UND EIN SEHR GUTER INGENIEUR ÜBER NICHTS ALLES WISSEN MUß. SO EINFACH IST DAS!

SAND

WENN SIE GUT GEARBEITET HABEN — GANZ FÜRNEN

LÖSUNG:

EINE STILLSTEHENDE UHR HAT DOCH TÄGLICH ZWEIMAL RICHTIG GEZEIGT UND DARF NACH JAHREN AUF EINE LANGE REIHE VON ERFOLGEN ZURÜCKBLICKEN.

U. VON EBNER-ESCHENBACH

„EINE DER NETTEN EIGENSCHAFTEN AN MUTTER NATUR IST DIE ART, WIE SIE IM HERBST ROT WIRD, BEVOR SIE SICH ENTKLEIDET.

SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

10. JAHRGANG (1976/77)

40 Pf

impuls 68

4

Entdeckung des Wirkungsquantums

Studententheater in Jena

Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie

Pendeluhr

Planetensysteme

Evolution der Biosphäre und ökologische Prognose

Titelbild: Kopf einer weiblichen Fliege

impuls 68

MONATSZEITSCHRIFT FÜR SCHÜLER DER KLASSEN 9 BIS 12

Herausgeber: FDJ-Aktiv „impuls 68" der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Sozialistisches Studentenkollektiv, Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR

Anschrift: „impuls 68", 69 Jena, Max-Wien-Platz 1
„impuls 68" erscheint monatlich von September bis Juni unter der Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR. Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen. Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981.
Preis des Jahresabonnements: 4,- M

Redaktion: Dipl.-Phys. Hans-Dieter Jähnig (Chefredakteur), Dr. Eberhard Welsch (amt. Chefredakteur), Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen), Dipl.-Chem. Peter Renner (Chemie), Dipl.-Biol. Bärbel Schubert (Biologie), Dipl.-Phys. Wilfried Hild (Gestaltung), Dipl.-Phys. Lutz Günther (Astronomie und fotograf. Gestaltung), Harry Hedler (Korrespondenz), Gudrun Beyer (Korrektor)

Inhalt:

Die Entdeckung des universellen Wirkungsquantums durch Max Planck (1)	PHY	3
Studententheater in Jena		8
Büchermarkt		10
Stand und Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie (1)	CHE	11
Inhaltsverzeichnis der Biologiefachartikel		15
ALLTAGSPHYSIK: Die Pendeluhr	PHY	19
Wie entstehen Planetensysteme? (3)	AST	23
Mosaik		26
Evolution der Biosphäre und ökologische Prognose (1)	DOK	27
Physikaufgabe 15		31

Prof. Dr. Gerhard Weber
Sektion Physik der FSU Jena

Die Entdeckung des universellen Wirkungsquantums durch Max Planck - der erste Schritt zu revolutionierenden physikalischen Erkenntnissen (Teil 1)

PHYSIK

1. Die Situation in der Physik an der Jahrhundertwende

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts war die Physik in ein Stadium der Zwiespältigkeit eingetreten. Die heute als "Klassische Physik" bezeichneten Gebiete Mechanik, Elektrodynamik und Thermodynamik hatten überwältigende Erfolge erzielt, das physikalische Weltbild als ein geschlossenes Ganzes aufgebaut und der technischen Entwicklung und Industrialisierung starke Impulse verliehen. Gleichzeitig ergaben sich Möglichkeiten zur Schaffung neuer Apparaturen, die Messungen mit höherer Genauigkeit gestatteten und das Vordringen in neue, bisher unzugängliche Meßbereiche zuließen. Dabei stellten sich aber in wachsendem Maße Diskrepanzen gegenüber den Voraussagen der "Klassischen Physik" heraus.

2. Die Vorgeschichte der Erforschung der Hohlraumstrahlung

Max Planck (geb. 23. 4. 1858; gest. 4. 10. 1947) verschrieb sich mit Beginn seines Studiums (1875) der Thermodynamik, da ihm dieses Gebiet wegen seiner allgemein gültigen Gesetzmäßigkeiten (Hauptsätze der Thermodynamik) am meisten fesselte. In der Forschung wandte er sich insbesondere dem von R. Clausius (um 1850) eingeführten Begriff Entropie S zu, die die zentrale Größe zur Formulierung des 2. Hauptsatzes ist und eine Aussage über die einseitige Richtung (Irreversibilität) natürlicher Prozesse macht; S ist eine bei natürlichen Prozessen in einem abgeschlossenen System stets zunehmende Größe, die im Gleichgewichtszustand einen Maximalwert besitzt. Planck gebührt das Verdienst, dieser Größe S neben der Energie E (R. Mayer, 1842) die ihr zukon-

mende zentrale Stellung in der Thermodynamik gegeben zu haben. Von ihm stammt auch die wohl am meisten angewandte Formulierung des 3. Hauptsatzes, nämlich daß die Entropie am Nullpunkt der absoluten Temperaturskala T (0 K) den Wert Null annimmt ($S \rightarrow 0$ für $T \rightarrow 0$).

Max Planck - als meisterlicher Experte des damaligen allgemeinsten "Instrumentariums" der theoretischen Physik, der Thermodynamik - kam nun durch seine Berufung an die Berliner Universität (1889 zunächst als Extraordinarius und ab 1892 als Ordinarius und Vorstand des neugegründeten Instituts für theoretische Physik) mit einer auf hohem Niveau stehenden Forschergruppe (F. Paschen, H. Rubens, W. Wien, F. Kurlbaum, O. Lummer, E. Pringsheim) an der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Kontakt, die sich mit der Messung hoher Temperaturen befaßte. Zur Prüfung von Pyrometern wurde ein Strahlungsnormal benötigt. Daher führte man Untersuchungen von grundsätzlicher Art durch, die sich ausgehend von der 1859 von G. Kirchhoff entwickelten Theorie auf Hohlraumstrahler bezogen. Dazu wurde die Intensität der aus einer kleinen Öffnung eines Hohlkörpers, dessen Wände strahlungsundurchlässig und auf eine bestimmte Temperatur T aufgeheizt waren, austretenden elektromagnetischen Strahlung mit großer Genauigkeit gemessen. Diese Hohlraumstrahlung entspricht nun der Strahlung eines sogenannten "schwarzen Körpers", der dadurch definiert ist, daß er Strahlung aller Wellenlängen vollständig absorbiert und nach Kirchhoff eine Strahlung emittiert, deren spektrale Energiedichte $w(\nu, T)$ oder $w'(\lambda, T)$ (Energie pro Volumeneinheit und pro Frequenzintervall ν, $\nu + d\nu$ bzw. Wellenlängenintervall λ, $\lambda + d\lambda$; $\nu \cdot \lambda = c$ Lichtgeschwindigkeit) durch eine universelle Funktion bestimmt wird. Somit ging es also in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt um die empirische Erfassung von $w(\nu, T)$ bzw. $w'(\lambda, T)$.

Als direkter Nachfolger von G. Kirchhoff machte sich Planck an die Aufgabe, ausgehend von der elektromagnetischen Lichttheorie von J.C. Maxwell (1865) und den Hauptsätzen der Thermodynamik theoretisch den Charakter der Kirchhoffschen

Funktion für die "normale Energieverteilung" in der Hohlraumstrahlung im thermodynamischen Gleichgewichtszustand aufzuklären.

Zu Beginn der Planckschen Arbeiten ($\approx$ 1897) waren über die Hohlraumstrahlung oder die Strahlung eines schwarzen Körpers schon folgende Gesetzmäßigkeiten bekannt:

- Das Gesetz von J. Stefan (exp. 1879) und L. Boltzmann (theor. 1884) über die Temperaturabhängigkeit der gesamten räumlichen Energiedichte

  (1) $$W(T) = \int_0^\infty d\nu \quad w(\nu, T) \sim T^4 ;$$

- das Gesetz über die Temperaturabhängigkeit der Lage des Maximums der spektralen Energiedichte von W. Wien (1893)

  (2) $$\frac{\nu_{max}}{T} = b \qquad \text{bzw.} \qquad \lambda_{max} T = b'$$

  (b, b' Konstante; Wiensches Verschiebungsgesetz);

- eine von W. Wien (1893) thermodynamisch erschlossene Aufspaltung von $w(\nu, T)$ in

  (3) $$w(\nu, T) = \nu^3 F(\frac{\nu}{T}) ,$$

  bei der aber die konkrete Form des $F(\frac{\nu}{T})$ unbestimmt bleiben mußte;

- die Näherungsformel von W. Wien (1896)

  (4) $$w(\nu, T) \sim \nu^3 \exp(-a \frac{\nu}{T}),$$

  die mit dem Ansatz nach (3) in Übereinstimmung war.

Experimentell bestätigten alle Messungen, die bis zum Mai 1899 verfügbar waren, die Wiensche Formel (4); die Spezifizierung $F(\frac{\nu}{T}) \sim \exp(-a \frac{\nu}{T})$ war jedoch theoretisch nicht begründet.

Planck ging bei seinen Überlegungen davon aus, daß jede mit den thermodynamischen Grundgesetzen im Einklang stehende Modellvorstellung über die Hohlraumstrahlung die gleiche Funktion $F(\frac{\nu}{T})$ ergeben müßte. Deshalb wählte er ein möglichst einfaches Modell aus. Er nahm an, daß ein System von Strahlung aufnehmenden und abgebenden Resonatoren (konkreti-

siert durch eindimensionale harmonische Oszillatoren der Frequenz ν) sich mit dem Strahlungsfeld in einem thermodynamischen Gleichgewichtszustand (bei der Temperatur T) befindet. Auf dieser Basis gelangte er 1899 zu dem Resultat, daß zwischen $w(\nu, T)$ und der Energie $\bar{\varepsilon}(\nu, T)$, die ein solcher Resonator im zeitlichen Mittel besitzt, der Zusammenhang

$$w(\nu, T) = \frac{8\pi\nu^2}{c^3} \bar{\varepsilon}(\nu, T) \tag{5}$$

bestehen muß. Damit war die Bestimmung von $w(\nu, T)$ auf die atomistisch-statistische Aufgabe der Berechnung von $\bar{\varepsilon}(\nu, T)$ zurückgeführt.

3. Plancks thermodynamische Überlegungen zum Strahlungsgesetz

Hinweise für die Lösung dieser Aufgabe erwartete Planck durch ein Studium des Zusammenhangs zwischen der mittleren Energie $\bar{\varepsilon}$ und der auf einen Resonator bezogenen Entropie s. Zunächst stellte er fest, daß ausgehend von den allgemein thermodynamisch verständlichen Beziehungen

$$\frac{d^2s}{d\bar{\varepsilon}^2} = -f(\bar{\varepsilon}) \quad (f(\bar{\varepsilon}) > 0, \quad f(\infty) = 0) \text{ und}$$

$$\frac{ds}{d\bar{\varepsilon}} = \frac{1}{T} \quad \text{der einfachste Ansatz} \quad f_1(\bar{\varepsilon}) = \frac{1}{a\nu\bar{\varepsilon}}$$

zu $\bar{\varepsilon} \sim \exp(-a\frac{\nu}{T})$; d.h. $w(\nu, T) \sim \nu^3 \exp(-a\frac{\nu}{T})$, also

zur Wienschen Formel (4) führt.

Als er von den beim Vordringen in den längerwelligen Spektralbereich (λ einige μm) zuerst von Lummer und Pringsheim, später von Paschen und schließlich von Kurlbaum und Rubens gefundenen Abweichungen von der Wienschen Formel erfahren hatte, wobei die letzten genauesten Messungen auf die Abhängigkeit $w(\nu, T) \sim \nu^2 T$ hinwiesen, fand er die Möglichkeit eines weiteren Ansatzes $f_2(\bar{\varepsilon}) = -\frac{c}{\bar{\varepsilon}^2}$, der für sich gesehen jedoch schwerwiegende Mängel besaß (das daraus folgende s widersprach dem 3. Hauptsatz).

Planck erkannte aber, daß eine gewisse Kombination beider Ansätze

$$(6) \qquad f(\bar{\varepsilon}) = \frac{1}{a\nu\bar{\varepsilon} + \bar{\varepsilon}^2/\ell}$$

alle Forderungen der Thermodynamik befriedigte und gleichzeitig die experimentell gefundenen Grenzgesetze ($w(\nu, T) \sim \nu^3 \exp(-a\frac{\nu}{T})$ für große ν und $w(\nu, T) \sim \nu^2 T$ für kleine ν) ergab. Die Beziehung $w(\nu, T) \sim \nu^2 T$ erhielt später die Bezeichnung Rayleigh-Jeanssche Näherungsformel, da diese beiden Forscher sie auf der Basis der klassischen Elektrodynamik und der klassischen statistischen Thermodynamik ableiteten (1900/1905).

Am 19. 10. 1900 fand eine Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Berlin statt, auf der Kurlbaum über die gemeinsam mit Rubens im langwelligen Spektralbereich gewonnenen experimentellen Resultate berichtete. In der anschließenden Diskussion stellte M. Planck seine theoretischen Erkenntnisse vor:

$$(7) \qquad w(\nu, T) = \frac{8\pi}{c^3} \frac{a' \nu^3}{\exp(\frac{a\nu}{T}) - 1}$$

mit $a' = a\ell$ bzw.

$$(7') \qquad w'(\lambda, T) \sim \frac{\lambda^{-5}}{\exp(\frac{ac}{\lambda T}) - 1} .$$

Dieses Gesetz stand nun mit allen Experimenten zur spektralen Energieverteilung der Hohlraumstrahlung vollständig in Einklang.

Fortsetzung im nächsten Heft

Wir bitten unsere Leser, bei der Einzahlung Ihres Abonnementsbetrages immer Ihre Versandanschrift (Ort und Name) anzugeben. Sie ersparen damit sich und uns viele Mahnungen !

Wir stellen vor:

Studententheater in Jena

"impuls 68" hatte mit einem kurzen Bericht von der Veranstaltungsreihe "Musik im Hörsaal" im vergangenen Jahrgang begonnen, den Leser über das kulturelle Leben zu informieren. Wir möchten das gern fortsetzen. In diesem Beitrag geht es um die Möglichkeiten eines Studenten, sich neben seinem Studium in der darstellenden Kunst zu betätigen.

Folgende Gruppen gibt es dazu in Jena: Das"Max-Reimann-Ensemble" der FSU, das "Junge Theater Jena" (JTJ), das "Arbeitertheater des VEB Carl Zeiss", das experimentelle Theater "Die Treppe" sowie Kabaretts an einigen Sektionen der Universität. "impuls 68" unterhielt sich mit Mitgliedern aus zwei dieser Ensembles.
Zunächst fragten wir Wolfgang Dorl, Physikstudent 4.Stdj., Mitglied des JTJ.

"impuls 68": Wie bist Du auf die Idee gekommen, Theater zu spielen?

W.: Die Sektion Physik führt im jeweils ersten Studienjahr ein 14-tägiges sogenanntes Kulturpraktikum durch. Dieses Praktikum soll einerseits dazu beitragen, daß sich die Kommilitonen auch auf anderer Ebene kennenlernen; andererseits wird dort jedem die Möglichkeit gegeben, diverse Talente auf künstlerischem Gebiet bei sich zu entdecken. So sind dort Arbeitsgruppen für Malerei, Musik und Dramatik eingerichtet, die erfahrene Mitarbeiter der Sektion Literatur- und Kunstwissenschaft leiten. In einem solchen Dramatikzirkel hatte ich erste Begegnung mit dem Theater im weiten Sinne: Im Ergebnis von Sprach- und Rezitationsübungen, Übung von Gesten und Bewegungen führten wir ein kleines Theaterstück auf. Für einige von uns hatte dieses Kulturpraktikum "Nachwirkungen". Wir fanden viel Spaß am Theaterspielen und sind seitdem Mitglieder des JTJ.

"impuls 68": Kannst Du uns etwas über das JTJ und Euren Arbeitsstil erzählen?

W.: Das JTJ ist ein Arbeitertheater des VEB Schott & Gen.. Die Zusammensetzung ist allerdings sehr gemischt, so "mimen" dort sowohl Arbeiter und Angestellte als auch Studenten und Assistenten der FSU. Neben heiteren Programmen und Lesungen steht in jedem Jahr die Inszenierung eines großen Stückes auf dem Programm. Die künstlerische Leitung hat dabei ein Regisseur, der viele Jahre Spielleiter am Theater war. Die Arbeit am Stück ist - von der Auswahl bis zu seiner Aufführung - kollektiv. Besonderen Spaß macht die gedankliche Auseinandersetzung mit dem gesamten Stück und der individuellen Rolle, mit der eigenen Interpretation; die Möglichkeit, damit selbst Gedanken zum Ausdruck zu bringen.

Weiter unterhielten wir uns mit Bernd Schmidt, Diplomingenieur, Leiter des experimentellen Theaters "Die Treppe" der FSU; einer Gruppe, die seit 4 Jahren existiert und in der darstellenden Kunst neue Wege beschreitet.

"impuls 68": Eine Frage: Warum "experimentelles Theater"?

B.: Wir streben in unserer Darstellungsweise eine Einheit von politischem Lied, Rezitation und Bewegung an. Dabei werden durch unsere schwarze Kleidung die Vorgänge auf der Bühne zusätzlich stilisiert. Wir wollen den Zuschauer nicht schockieren, sondern zur Auseinandersetzung anregen. Überhaupt brauchen und pflegen wir den Kontakt zum Publikum für unsere eigene Arbeit, und weil das Funktionieren des

Theaters nicht nur an denen liegt, die Theater machen, sondern auch an denen, die Theater wollen.

"impuls 68" bedankt sich bei den Gesprächspartnern für deren Mitarbeit.

Das Gespräch führte Eberhard Welsch.

BÜCHERMARKT

Der historische Weg der Chemie - Von der Urzeit bis zur industriellen Revolution

Von Dr. phil. habil. W. S t r u b e

VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1976
195 Seiten mit 65 Bildern; Preis: 12,50 M

In diesem Buch wird ausgehend vom Gegenstand und der Methode der Chemiegeschichte die Entwicklung der Chemie von der Urzeit bis zur industriellen Revolution aufgezeigt. Es geht dem Autor dabei nicht so sehr um eine chronologische Aneinanderreihung und Vermittlung von Fakten, sondern mehr darum, durch Konzentration auf wichtige Ereignisse die Chemiegeschichte in engem Zusammenhang mit geschichtlichen Vorgängen und gesellschaftlichen Entwicklungen darzustellen. Das gilt gleichermaßen für die zeitbezogene Einordnung sowohl der chemischen Probier- und Experimentierkunst als auch bestimmter chemischer Theorien. Die zahlreichen zeitgenössischen Illustrationen veranschaulichen nochmals den jeweiligen Entwicklungsstand.
Das Buch spricht durchaus breite Leserschichten an - auch wenn einige Grundkenntnisse der Chemie und Geschichte vorausgesetzt werden - und kann vor allem Studenten zur Beschäftigung mit der Geschichte des eigenen Faches empfohlen werden.

Michael Claus
Sektion Chemie der FSU Jena
Diplomand

Stand und Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie (Teil 1)

CHEMIE

1. Allgemeines

Die wirtschaftliche Entwicklung der Industriestaaten wird in Gegenwart und Zukunft entscheidend von der chemischen Industrie und insbesondere vom raschen Ausbau der Petrolchemie beeinflußt. Eine moderne und leistungsfähige Wirtschaft ist ohne Anwendung hochpolymerer Werkstoffe, Plast- und Elastartikel, Chemiefasern und anderer petrolchemischer Erzeugnisse in großem Umfang undenkbar geworden. Die hierzu

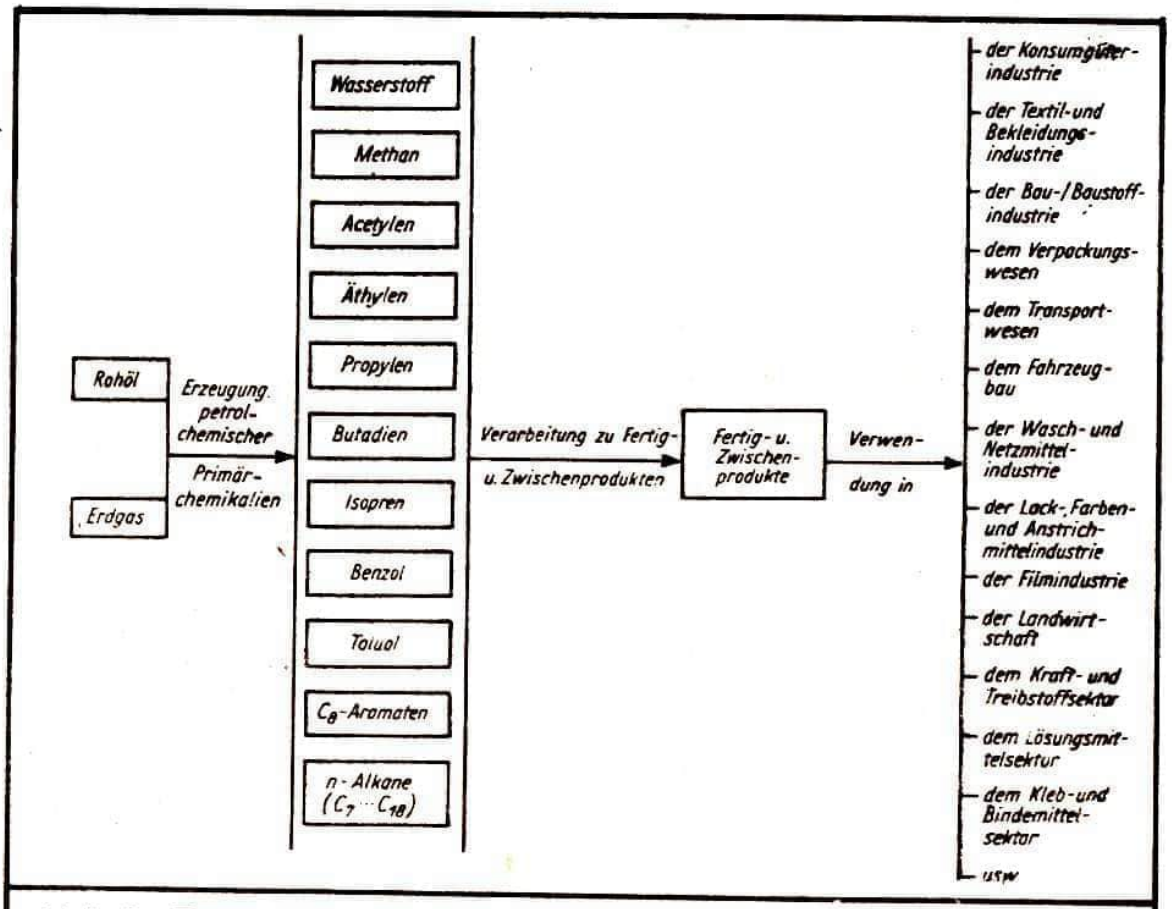


Abb. 1 Petrolchemische Primärchemikalien und Verwendungsmöglichkeiten ihrer Verarbeitungsprodukte

erforderlichen Grundstoffe werden zum größten Teil auf petrolchemischer Basis, d.h. aus **petrolchemischen Primärchemikalien** erzeugt(Abb.1).

In Form ihrer Verarbeitungsprodukte finden die petrolchemischen Primärchemikalien Eingang in fast alle Bereiche unseres Lebens und lösen in steigendem Umfang Strukturveränderungen in der Wirtschaft aus. Die wirtschaftliche Bedeutung spiegelt sich in der starken Bedarfsentwicklung wider(Abb.2).

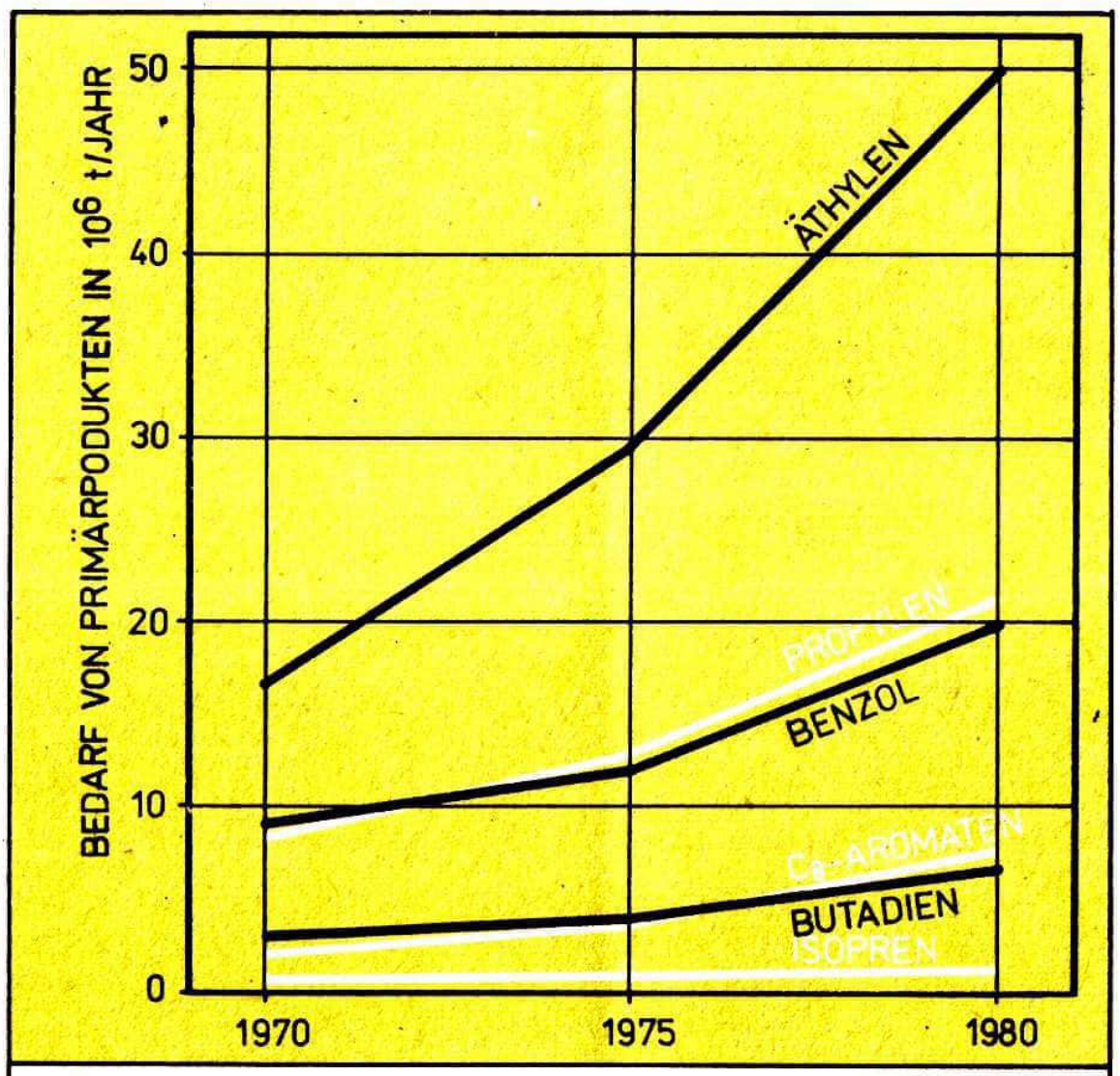


Abb.2 Bedarfsentwicklung für einige petrolchemische Primärprodukte

Die Petrolchemie ist einer der jüngsten Zweige der chemischen Industrie. Während noch um 1918/20 die Petrolchemie keine Rolle spielte, stammten 1953 25 % der in den USA hergestell-

ten Chemikalien aus diesem Zweig. Die erzeugte Gesamtmenge an diesen Produkten, die im Jahre 1970 ca. 40 Millionen Tonnen betrug, lag bei einer durchschnittlichen Steigerungsrate von 12% pro Jahr 1975 bei etwa 70 Millionen Tonnen.

Die Petrolchemie ist ein Hauptgebiet der organischen Technologie, wobei als Rohstoffe Produkte aus E r d ö l und E r d g a s verwendet werden. Sie kann zur Erdölverarbeitung gezählt werden, stellt aber heute in der chemischen Industrie einen breiten, umfassenden und selbständigen Zweig dar.

Während in der primären Erdölverarbeitung das geförderte Rohöl chemisch-technisch aufbereitet wird (Entgasen, Entwässern, Entsalzen, Destillation, Raffination), erfolgt in der sekundären Erdölverarbeitung, der P e t r o l c h e m i e, eine Weiterverarbeitung zu petrolchemischen Primärprodukten.

Einen hervorragenden Platz in der organisch-technischen Grundstoffindustrie nehmen heute die O l e f i n k o h l e n - w a s s e r s t o f f e ein. Sie gehören zu den wichtigsten petrolchemischen Primärprodukten. Insbesondere hat das Ä t h y l e n (Äthen) hier eine dominierende Stellung inne.

Verfolgt man den Entstehungsprozeß von Finalerzeugnissen auf petrolchemischem Wege, so werden folgende Stufen beschritten:

1. Primäre Erdöl- und Erdgasverarbeitung
2. Herstellung petrolchemischer Primärprodukte
3. Herstellung von Zwischenprodukten
4. Herstellung von Polymeren
5. Herstellung von Halbzeugen
6. Herstellung von Finalprodukten

Eine Schlüsselstellung in dieser Erzeugnislinie nehmen die Anlagen zur Herstellung von Primärchemikalien, die Olefinanlagen ein.

2. Einiges zur petrolchemischen Industrie der DDR im Rahmen des RGW

Die Entwicklung der petrolchemischen Industrie verlief in den RGW-Ländern in einem raschen Tempo. Besonders gegen Ende der 50er Jahre war eine dynamische Entwicklung zu verzeich-

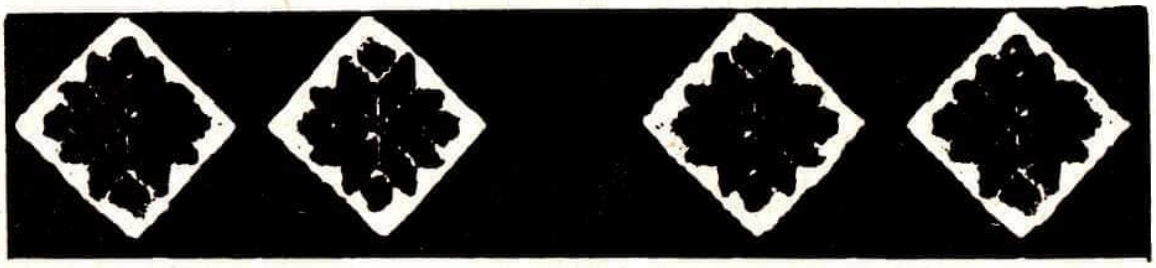
nen, die bis heute anhält.

Ein Ausgangspunkt in der DDR war der Bau der Erdölleitung "Freundschaft I ". Es folgten die Inbetriebnahme der primären Erdölverarbeitungsanlagen in Schwedt und 1959 der Aufbau der ersten Ausbaustufe von Leuna II, einer 40.000 t/Jahr-Olefinanlage, als der ersten petrolchemischen Basis der DDR, die 1965 in Betrieb ging. 1969 begann der Dauerbetrieb der zweiten Ausbaustufe mit einer 60.000 t/Jahr-Olefinanlage. Mit der Inbetriebnahme der Olefinanlage in Böhlen erreichte die bisherige Kapazität der DDR in Höhe von 100.000 t/Jahr an Äthylen in Leuna im vergangenen Jahr eine Kapazität von 400.000 t/Jahr.

Der gesamte Aufbau unserer petrolchemischen Basis erfolgte in Übereinstimmung mit den Beschlüssen des RGW und den anderen Übereinkünften mit RGW-Ländern. Besonders deutlich wird das durch den 1971 zwischen der ČSSR und der DDR abgeschlossenen Vertrag über eine langfristige Olefinkooperation. Die petrolchemischen Kombinate Böhlen und Zaluzi sind durch eine gemeinsam gebaute Äthylenleitung verbunden. Die Leitung soll in den Jahren 1975 - 1977 Äthylen vom PCK Schwedt, Kombinatsbetrieb "Otto Grotewohl" Böhlen, nach Zaluzi in vereinbarten Teilmengen transportieren. In der ČSSR (in Zaluzi) wurden die entsprechenden Verarbeitungsbetriebe errichtet. Von hier erhält die DDR dann Polyolefinerzeugnisse.

Im nächsten Teil des Artikels werden wir über die technische Darstellung von petrolchemischen Primärchemikalien berichten.

Fortsetzung im nächsten Heft



Inhaltsverzeichnis

Biologie-Fachartikel (3. bis 9. Jahrgang)

Titel		Verfasser	Jhrg.	Heft	Seite
Die Morphologie der tierischen Zelle	I	Ude	3	1	14-18
	II		3	3	14-18
	III		3	4	14-16
Entdeckung der Gärung durch Mikroorganismen		Baumann	3	3	8-9
Die molekularen Grundlagen der Vererbung	I	Füller	3	5	10-12
	II		3	7	26-28
	III		3	8	7-9
Gibt es Leben auf anderen Himmelskörpern		Köhler	3	7	21-25
Biosynthese der Proteine		Christler	3	9	17-21
Regelvorgänge in der Biologie		Egert	3	10	6-7
Radioaktive Isotope in der Biologie		Brauer	4	1	15-19
Die Erregungsübertragung im Nervensystem		Richter	4	2	19-25
Unterernährung		Hoffmann, Hübner, Ernst	4	3	3-4
Der genetische Code - der Schlüssel zum Leben	I	Ernst	4	5	12-15
	II		4	6	24-28
Epidermis		Becker	4	6	10-12
Antikörper - Detektive in unserem Körper		Eckert	4	7	16-18

Titel	Verfasser	Jhrg.	Heft	Seite
Der Pollen Pollenmorphologie u.Systematik Pollenanalyse	-	4	8	17-20
Die Bedeutung der Kooperation mit der UdSSR auf dem Gebiet der Biologie	Schubert	4	9	19-20
Was ist Biochemie	Reißmann	4	10	18-20
Biologie der Bakterienzelle	Taubeneck	5	1	20-23
Die prokaryontische Zelle - Überblick	Petermann	5	2	14-18
Der Zellkern der Bakterienzelle I	Ernst	5	3	9-12
II		5	4	19-23
Mutationen - unter besonderer Berücksichtigung von energiereichen Strahlen	Kreuz	5	6	21-24
Über die Bedeutung von Landschaftspflege und Naturschutz	Pohle	5	7	29-31
Symbiose zwischen höheren Pflanzen und Pilzen	Salzmann	5	8	13-16
Über die Wirkungsweise einiger Pilzgifte	Pelcz	5	9	13-15
Aspekte der Algenverwertung		5	10	15-17
Was ist Bionik	Kröll	6	1	13-14
Pflanzliche Farbstoffe	Hübner	6	2	7-9
Sozialverhalten im Tierreich	Steckèl	6	3	25-29
Die schaffende Mikrobe	Aus "Sowjetunion"8/1970	6	4	27-31

Titel	Verfasser	Jhrg.	Heft	Seite
Wie viele Menschen kann die Erde ernähren	Aus "Sowjetunion" 10/1969	6	5	17-22
Speisepilze selbst gezüchtet	Müller-Lob	6	7	10-11
Grippe - eine Viruskrankheit	Bernheim	6	7	22-24
1. Lichterscheinungen im Tierreich 2. Tierwanderungen	Sander	6	8	12-14
Wie wichtig ist die Biologie	Nitzsche Fensch	6	8	19-22
Probleme der Alternsforschung	Tumer	6	9	15-16
Biologische Grundelemente des Verhaltens	Brod Zellner	6	9	23-26
Als Botaniker in Ost-Himalaja	Klotz	6	10	23-24
Schädlinge an Pflanzen	Sander	7	1	17-19
Staatenbildung	Sander	7	2	19-20
Gehirnschädigungen bei Boxern	Pelcz	7	3	28-29
Lernen im Schlaf - ja oder nein?	Schubert	7	4	11-12
Die Orientierung der Vögel	Peter	7	7	13-15
Mutationen	Seele	7	9	13-15
Sklavenerbeutung bei Ameisen	Kolditz	7	10	16-18
Probleme der Regulation der Zellteilung in Geweben I	Franke	8	1	15-21
II		8	2	13-17

Titel		Verfasser	Jhrg.	Heft	Seite
Erbkrankheiten beim Menschen	I	Zellner	8	1	30-31
	II		8	2	6-8
Nutzung der Raumfahrt für die angewandte Biologie		Peter	8	3	9-11
Die Theorie der Kontinentaldrift und ihre Bedeutung für die Biologie		Wagner	8	4	9-11
Radioaktive Isotope in der Biologie		Bräuer	8	5	6-10
Hinweise zur Präparation von Pflanzen		Sander	9	1	7-9
Autoradiographie in der Biologie		Schubert	9	2	11-13
Der Einsatz biophysikalischer Methoden in der Pflanzenzüchtung		Tenner	9	3	19-20
Aufbau und Funktion biologischer Membranen	I	Grunwaldt	9	4	13-16
	II		9	5	13-19
Das Phyletische Museum in Jena		Schubert	9	6	15-18/30
Finger- und Handabdrücke als Hilfsmittel bei der Diagnose von Krankheiten		Jaeger	9	7	9-16
Kubanischer Humor versiegte auch in mißlicher Lage nicht		Dr. Lippold aus "Die Sozialistische Universität" Dez/Jan. 75/76	9	9/10	17-19

Hinweis:

Schon erschienen: Inhaltsverzeichnis Physikfachartikel (1. bis 7. Jg.) in Heft 4 / 8. Jg.

Inhaltsverzeichnis Mathematische Hilfsmittel (1. bis 7. Jg.) in Heft 4 / 8. Jg.

Inhaltsverzeichnis Chemiefachartikel (1. bis 7. Jg.) in Heft 7 / 8. Jg.

Paul Seidel
Sektion Physik der FSU Jena
Diplom-Physiker

ALLTAGSPHYSIK: Die Pendeluhr

PHYSIK

Mit diesem Artikel beginnt "impuls 68" eine Serie unter dem Titel ALLTAGSPHYSIK. Hierbei soll es darum gehen, die physikalischen Grundprinzipien aufzuzeigen, die den Erscheinungen und Gegenständen des Alltags zugrunde liegen. Oftmals ergibt eine Klärung des physikalischen Hintergrunds dieser scheinbaren Selbstverständlichkeiten interessante Aufschlüsse und neue Erkenntnisse. Dabei soll es nicht um die komplizierten technischen Dinge, wie Radio und Fernsehen, gehen, sondern um Erscheinungen wie das Himmelsblau, den Regenbogen oder um einfache Alltagsgegenstände, wie die Glühbirne, die "Höhensonne", die Sprayflasche oder den Entsafter. Wir hoffen damit auch Anregungen zu vermitteln, scheinbar selbstverständlichen Dingen auf den Grund zu gehen, denn es lohnt sich immer, seine physikalischen Grundsätze umzusetzen.

Die Pendleuhr

In diesem ersten Teil wollen wir die Pendeluhr etwas näher betrachten, obwohl sie heutzutage nicht mehr so oft zu finden ist. Aber an ihr lassen sich einige Prinzipien gut verdeutlichen. Nehmen wir zunächst das Pendel. In der Physik unterscheidet man zwischen physikalischem und mathematischem Pendel (Abb.1). Das mathematische Pendel (Abb.1a) ist ein ideales Modell: an einem masselosen und undehnbaren Faden der Länge l sei eine Punktmasse m aufgehängt, auf die die Schwerkraft wirkt.

Aus der Bewegungsgleichung dieses Pendels erhält man die Schwingungsdauer T_o im Falle sehr kleiner Auslenkwinkel

φ ($\varphi \leq 5^{\circ}$) zu

$$T_o = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

wobei g die Erdbeschleunigung sei.
Wie man sieht, ist die Dauer einer Pendelschwingung von der Masse des Körpers und der Amplitude der Schwingung (also der maximalen Auslenkung des Pendels) unabhängig. Somit ist die Schwingungsdauer des mit gleicher Pendellänge, verschiedener Masse und verschiedener Amplitude schwingenden Pendels an demselben Ort der Erde (g ist infolge der nicht exakten Kugelform der Erde ortsabhängig!) gleich.
Dieses sogenannte Gesetz der Isochronie wurde schon von GALILEI erkannt.

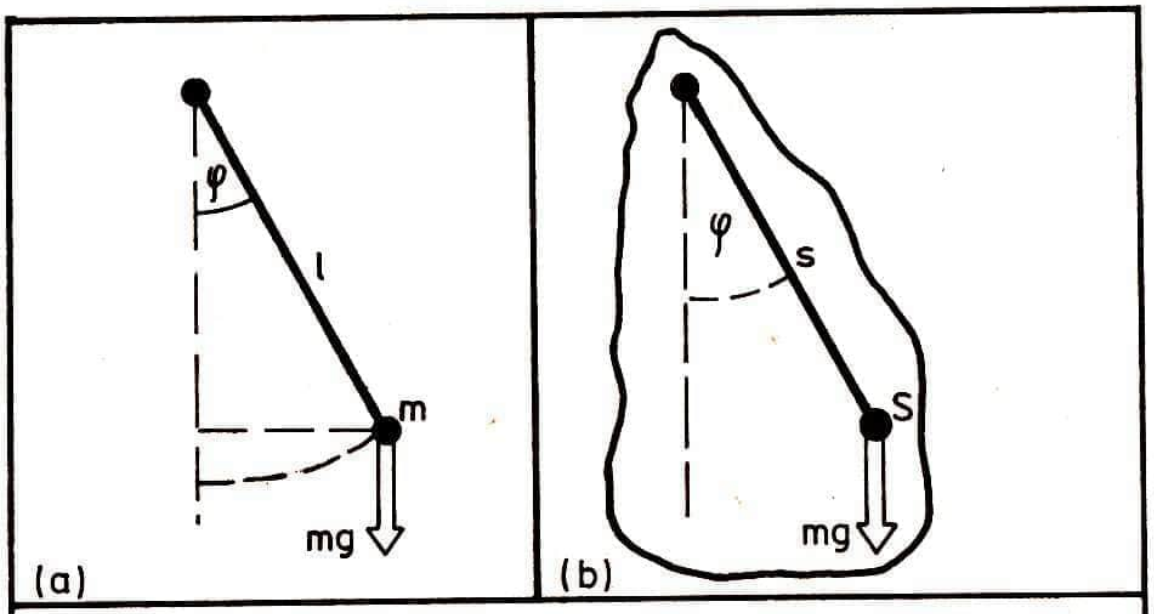


Abb.1 Mathematisches (a) und physikalisches (b) Pendel

Um in guter Näherung das Modell des mathematischen Pendels anwenden zu können, ist es meist ausreichend, wenn die Pendellänge starr ist und die Masse ihren Schwerpunkt fast am Ende des Pendels hat. Das ist bei den meisten Pendeluhren der Fall.
Exakter wird die Beschreibung mit Hilfe des Modells des

physikalischen Pendels, bei dem insbesondere die Massenverteilung des schwingenden Systems berücksichtigt werden kann. Das physikalische Pendel ist ein starrer Körper, der sich unter Einfluß der Schwerkraft um eine feste, horizontale Achse drehen kann (ABB. 1b). Betrachtet man die Bewegung des Schwerpunktes S, so stellt man fest, daß sich das physikalische Pendel genauso bewegt wie ein mathematisches Pendel der Länge

$$l = \frac{\theta}{m \cdot s} ,$$

wobei θ das Trägheitsmoment in bezug auf die Drehachse und s der Abstand Drehachse - Schwerpunkt bezeichnen.

Wir können die Schwingungsdauer eines Pendels berechnen und somit ein Pendel mit bestimmter Schwingungsdauer bauen.

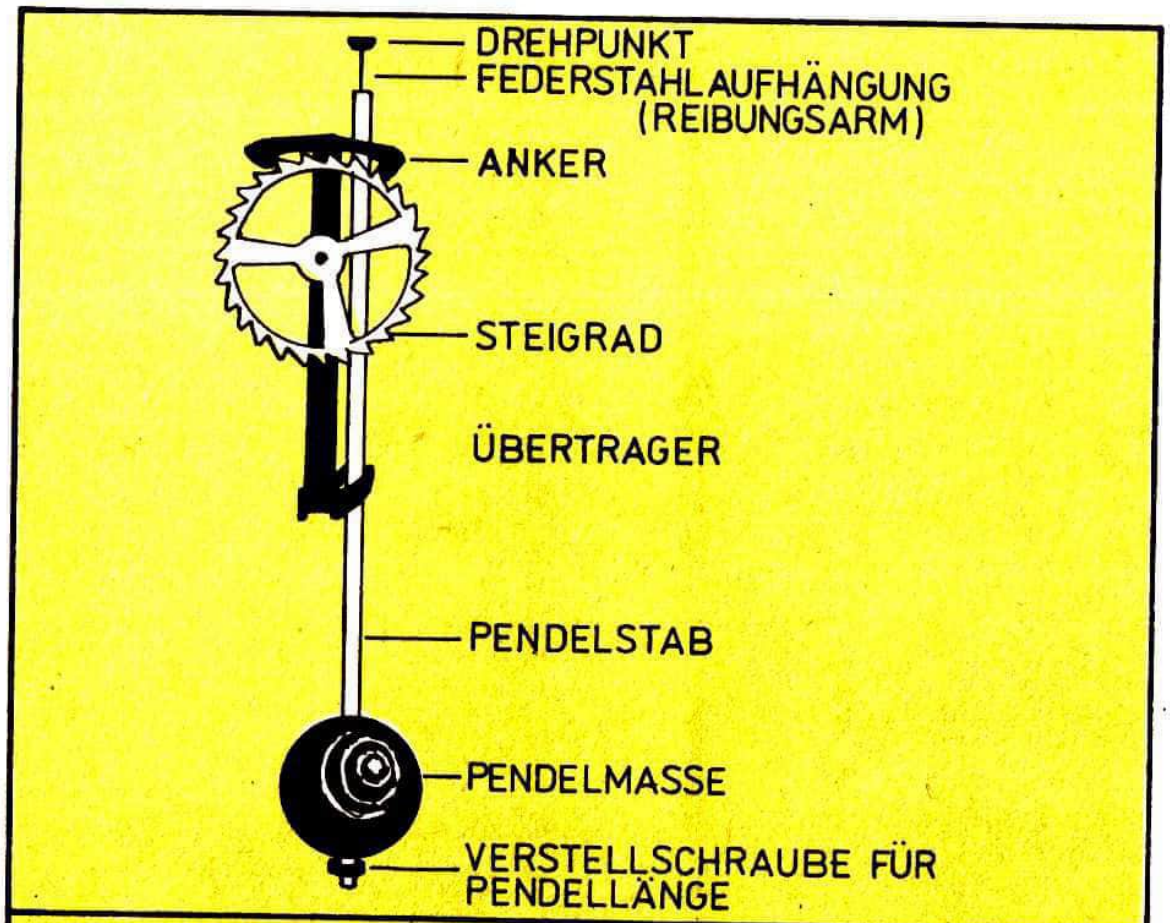
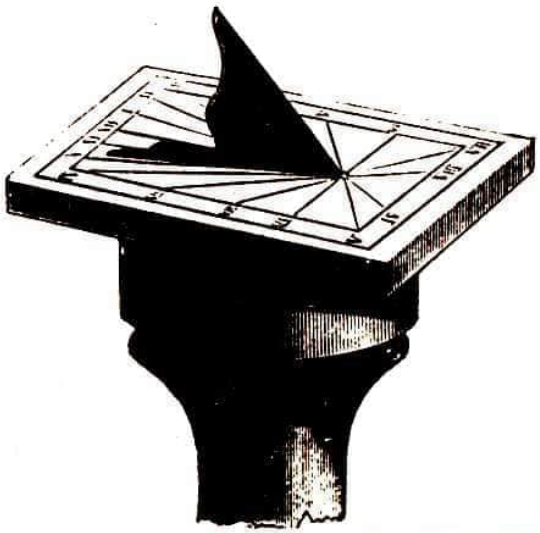
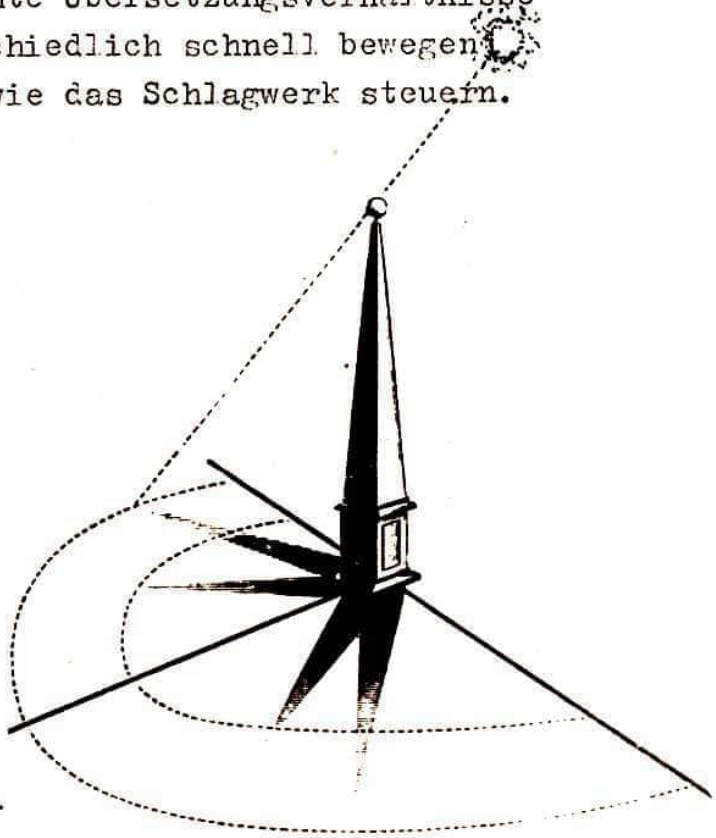


Abb. 2 Prinzipieller Aufbau der Pendeluhr

Die Schwingung wird jedoch durch Reibungskräfte gedämpft und verliert dabei an Energie. Damit das Pendel dadurch nicht

zum Stillstand kommt muß ihm ständig Energie zugeführt werden.
Energiequellen sind dabei die Federenergie der gespannten Uhrfeder oder die potentielle Energie (Lageenergie) der Uhrgewichte. Beim Entspannen der Feder bzw. beim Absinken der Uhrgewichte wird diese Energie in kinetische Energie umgewandelt, indem ein Zahnrad bewegt wird. Über weitere Zahnräder wird die Energie zum Steigrad und von da über den gabelförmigen Anker auf das Pendel übertragen (Abb. 2). Der Anker ist durch einen einfachen mechanischen Übertrager mit dem Pendel gekoppelt und wird von den Pendelschwingungen gesteuert. Bei jeder Pendelschwingung bewirkt das, daß sich das "energiegeladene" Steigrad um einen Zahn weiterdrehen kann. Dabei überträgt es auf das Pendel einen Impuls (kurzzeitigen Kraftstoß), der gewährleistet, daß das Pendel ungedämpft schwingen kann. Diese ungedämpfte und gleichmäßige Pendelschwingung bewirkt ihrerseits die gleichmäßige Bewegung des Steigrades. Von dieser Bewegung des Steigrades werden auch alle anderen Vorgänge im Uhrwerk gesteuert und mit der notwendigen Energie versorgt. Dies erfolgt über Zahnräder, die sich durch bestimmte Übersetzungsverhältnisse im Vergleich zum Steigrad unterschiedlich schnell bewegen und die entsprechenden Zeiger sowie das Schlagwerk steuern.





Wer will, kann die Uhrzeit natürlich auch an einer Sonnenuhr bzw. einer Schattensäule ablesen. Bei bedecktem Himmel hilft vielleicht eine Taschenlampe.

Lutz Günther
ZIPE Potsdam

Wie entstehen Planetensysteme? (Teil 3 und Schluß)

Wenn wir nachprüfen wollen, ob unsere in den ersten beiden Teilen des Artikels dargelegten Vorstellungen über den Entstehungsprozeß des Planetensystems richtig sind, dann wäre es günstig, den "Ur-Baustoff" direkt untersuchen zu können. Es wurde aber bereits erwähnt, daß die Planeten in ihrem heutigen Zustand bereits viel zu sehr differenziert sind, als daß sich ihr Material für derartige Untersuchungen eignen würde. Dasselbe gilt für unseren Mond. Sein Oberflächengestein hilft ganz sicher bei der Klärung seiner Entwicklung, nur ist es ebenfalls mehrfach umgeschmolzen worden und stellt nicht mehr das eigentliche Baumaterial dar. Ist die Lage hoffnungslos? Nein, das ist sie nicht!

6. Die Meteoritenforschung hilft weiter

Am günstigsten wäre es sicher, könnte man einen möglichst sonnenfernen Kometenkern ins Labor holen. Seine Materie müßte noch am ehesten der ursprünglichen Zusammensetzung der Kondensationsprodukte im Sonnennebel entsprechen. Mit unseren heutigen technischen Mitteln wäre das allerdings undenkbar. Kometenkerne haben Durchmesser von einigen 100 m bis zu einem Kilometer und sind äußerst locker und zerbrechlich.

Bei allen bisherigen Überlegungen haben wir dabei übersehen, daß uns Material, wie wir es suchen, fast "frei Haus" geliefert wird: durch den Meteoritenfall. Jeden Tag dringen gewaltige Mengen meteoritischer Materie in die Erdatmosphäre ein, und ein Teil davon übersteht auch die Abbremsung in der Atmosphäre. Allerdings wird nur ein sehr geringer Prozentsatz von Meteoriten auch wirklich gefunden und der wissenschaftlichen Untersuchung zugeführt. Das liegt ganz einfach daran, daß der eigentliche Fall selten beobachtet wird und besonders Steinmeteoriten sich bei flüchtigem Hinsehen kaum von gewöhnlichen Steinen unterscheiden.

Ist das große Interesse der Wissenschaftler für die Meteoriten gerechtfertigt? Man kann diese Frage bejahen, denn nach Ansicht der Forscher stellen die Meteoriten heute das älteste uns zugängliche Gestein des Sonnensystems dar! Besonders die Klasse der sogenannten "kohligen Chondrite" erregt Interesse. Anscheinend haben diese Körper seit ihrer Entstehung keine wesentliche Differenzierung durchgemacht, so daß sie eine Aussage über das protoplanetarische Material vor seiner Umschmelzung durch magmatische Prozesse liefern. Die genaue Untersuchung der Struktur und Zusammensetzung dieser Meteorite ergab, daß der Kondensationsprozeß im Sonnennebel sehr wahrscheinlich in der geschilderten Art vor sich ging. Allerdings gab es anscheinend auch Perioden stärkerer Aufheizung des Nebels, deren Ursache noch nicht ganz klar ist.

7. Gibt es weitere Hinweise?

In den letzten Jahren wurden der beobachtenden Astronomie neue, bisher unzugängliche Wellenbereiche erschlossen. Das geschah vorwiegend durch den Einsatz von unbemannten Erdsatelliten und Orbitalstationen, die Beobachtungen außerhalb der störenden Erdatmosphäre vornehmen können. Gleichzeitig wurden hochempfindliche Halbleiterdetektoren geschaffen, die bei einer Arbeitstemperatur von 4,2 K (der Temperatur des flüssigen Heliums) in der Lage sind, geringste Mengen von Infrarotstrahlung nachzuweisen. Wozu brauchen die Astronomen gerade den Infrarotbereich?
Nun, die Infrarotbeobachtung stellt wahrscheinlich die einzige Möglichkeit dar, ein gerade entstehendes Planetensystem zu beobachten. Das hat folgende Ursache (s. Abb.3):

Abb. 3

Die im Sonnennebel vorhandenen Staubteilchen absorbieren die auftreffende Strahlung der Ursonne sehr stark, erwärmen sich und strahlen nun ihrerseits im Infrarotbereich. Der Nebel wird praktisch "unsichtbar" im sichtbaren Licht, während er im IR-Bereich "leuchtet". Tatsächlich wurden bei Infrarotbeobachtungen junge Sterne entdeckt, die von Gas- und Staubscheiben umgeben zu sein scheinen. Ob es sich dabei wirklich um Frühstadien der Planetenentstehung handelt, muß noch entschieden werden. Vielleicht steht auch das "Rätsel" des Sternes FU Orionis im Zusammenhang mit der Planetenentstehung. Dieser seltsame Stern wurde in den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts innerhalb weniger Monate um fast 10 Größenklassen (!) heller und blieb seither auf diesem Wert. Spektroskopische Untersuchungen zeigten, daß es sich auch bei diesem Stern um ein sehr junges Objekt handeln muß. Möglicherweise wurden wir Zeuge des "Wegblasens" der letzten Reste des ehemaligen Sonnennebels dieses Sterns.

8. Schritte zum Leben

Abschließend wollen wir noch betrachten, welche Möglichkeiten zur Bildung organischer Moleküle im Sonnennebel vorhanden sind. Die wichtigsten Ausgangsstoffe, Kohlenstoff und Wasserstoff, liegen im Sonnennebel vor; Wasserstoff als H_2, Kohlenstoff vorwiegend als CO! Beide reagieren nur außerordentlich träge miteinander. Das ändert sich schlagartig, wenn Fe oder Ni als Katalysator zur Verfügung stehen. Dann laufen die aus dem Chemieunterricht bekannten Fischer-Tropsch-Reaktionen ab, die zur Bildung einfacher Kohlenwasserstoffe führen:

$$n\,CO + (2n+1)\,H_2 \xrightarrow{Fe,Ni} C_nH_{2n+2} + n\,H_2O \quad \text{bzw.}$$

$$2n\,CO + (n+1)\,H_2 \xrightarrow{Fe,Ni} C_nH_{2n+2} + n\,CO_2$$

Ist auch NH_3 zugegen, können sich sogar Adenin, Guanin, Melanin usw. bilden. Alle diese Substanzen sind bereits in Meteoriten nachgewiesen worden, sind also gleichzeitig mit der meteoritischen Materie entstanden. Das legt die Schlußfolgerung nahe, daß bereits während der Planetenentstehung organische Substanzen katalytisch gebildet werden konnten, die für die Entstehung des Lebens große Bedeutung haben.

MOSAIK

Weniger zweieiige Zwillinge

Statistiker konnten feststellen, daß die Geburt zweieiiger Zwillinge in den letzten Jahren prozentual zurückgegangen ist. Der Anteil von eineiigen Zwillingen an den Gesamtgeburten ist aber relativ konstant geblieben. Experten sagen aus, daß die Wahrscheinlichkeit der Geburt zweieiiger Zwillinge mit zurückgehendem Gebäralter und auch mit abnehmender Geburtenzahl einer Mutter zurückgeht. (Hi)

Entdeckung doppelt negativ geladener Ionen

Eine Reihe von Elementen bilden stabile negative Ionen. Diese Atomsysteme besitzen eine hohe Elektronegativität. In der Natur treten derartige Systeme in den oberen Atmosphärenschichten auf. Bei Untersuchungen an einer Ionenquelle, aus der negative Ionen direkt extrahiert werden können, ist es gelungen, auch zweifach negative Ionen zu isolieren. Die Schwierigkeiten des Nachweises ergaben sich bisher daraus, daß das doppelt negativ geladene Teilchen an der gleichen Stelle wie das einfach negativ geladene mit der halben Masse aufgezeichnet wurde. Erst eine zusätzliche Ablenkung im elektrischen Feld ermöglichte einen eindeutigen Nachweis. So ließen sich doppelt negativ geladene Ionen des O, F, Cl, Br, Te, J und Bi nachweisen.

Termiten mit elektrischen Feldern

Die augenlosen Termiten (als Materialzerstörer vielbeachtete Insekten) verständigen sich untereinander durch selbsterzeugte elektrische Felder. Diese bewirken auch das Bauen in nestabgewandter Richtung. (Hi)

DOKUMENTATION für den naturwissenschaftlichen und Staatsbürgerkunde-Unterricht

Evolution der Biosphäre und ökologische Prognose (Teil 1)

S. Schwarz *

Längere Zeit wurde die Evolution nahezu ausschließlich als Entwicklung der Organismen, als Verlauf von Phylogenesen betrachtet. Heute ist jedoch deutlich geworden, daß die Evolution der Organismen und die Evolution der Biosphäre miteinander zusammenhängende Prozesse sind. Struktur und Funktion der Biosphäre bleiben nicht konstant, sondern verändern sich mit der Veränderung der morphologisch-physiologischen Eigenschaften der Organismen. Hierbei sind die grundlegenden Eigenschaften des Lebens und der Biosphäre insgesamt im Laufe von mehr als 3 Milliarden Jahren faktisch unverändert geblieben. Die Einheit des genetischen Kodes aller irdischen Organismen und das allgemeine Prinzip der Energieumwandlung können als Beispiele dienen. Die prinzipielle Struktur der zur Selbstregulation und Entwicklung fähigen elementaren Gemeinschaften ist gleichfalls bereits beim Auftreten des Lebens voll ausgeprägt.

Die zur Photosynthese fähigen Pflanzen sind die Produzenten des primären organischen Stoffes, die Tiere die Konsumenten der Pflanzen und anderer Tiere, die Bakterien die Reduzenten und Destruktoren. Dieses Schema ist heute allen bekannt. Wir wissen auch, daß die Tätigkeit der Bakterien, die den organischen Stoff in eine den Pflanzen zugängliche Form

*) Der Verfasser ist Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR und Direktor des Inst.für Pflanzen- und Tierökologie des Uraler Wissenschaftlichen Zentrums.

überführen, ein ebenso nötiger Bestandteil des natürlichen Zyklus der Erde ist wie die Photosynthese. Offensichtlich mußten die Prozesse der Bildung, der Akkumulation und des Zerfalls des organischen Stoffes bereits in der Frühperiode des Lebens in bestimmter Weise aufeinander abgestimmt gewesen sein, um die Kontinuität des Stoff- und Energiekreislaufes zu gewährleisten. Die wichtigste Besonderheit der "Arbeit" der Biosphäre besteht jedoch darin, daß die Produktionsprozesse gegenüber den Destruktionsprozessen, die Bildung gegenüber dem Zerfall wesentlich überwiegen. Dadurch erschien in der Atmosphäre der Erde der Sauerstoff sowie der fossile Brennstoff. Schließlich bildete sich eine Ozonschicht, die die lebenden Systeme vor der schädigenden Wirkung der UV-Strahlen schützt. Dadurch wieder verstärkte sich der Sauerstoffzufluß in die Atmosphäre. Die wichtigste Voraussetzung der unbeschränkten morphologisch-physiologischen Entwicklung wurde durch die einzelligen Organismen im Prozeß ihrer Evolution geschaffen. Im weiteren Verlauf wurde die atmosphare Homöostase, die Aufrechterhaltung der für die Entwicklung des Lebens optimalen physikalisch-chemischen Bedingungen durch das Leben selbst, zu einem Evolutionsgesetz der Biosphäre. Vor etwa 50 Millionen Jahren stellte sich in der Atmosphäre die gegenwärtige Sauerstoffkonzentration ein und entstand der genau mit dem Kohlenstoffkreislauf ausbalancierte Sauerstoffkreislauf. Hiermit wurde eine dynamische Stabilisierung der Biosphäre als höchstes Integrationsniveau der lebenden Materie erreicht. Diesen Umstand muß man besonders hervorheben. Für uns ist es wichtig zu wissen, mit welcher Biosphäre die Menschheit zusammengetroffen ist, als sie in das planetare Stadium ihrer Entwicklung trat. Hunderte Millionen von Jahren unterhielt die Biosphäre ein optimales Verhältnis zwischen den lebenswichtigsten Elementen in der Atmosphäre. Einige Dutzend Jahre industrieller Revolution erwiesen sich als hinreichend, um es zu stören. Mir scheint, daß diese eine Tatsache mehr über das Problem "Mensch und Biosphäre" aussagt als Tausende Beispiele lokaler ökologischer Konfrontationen.

Allen Pflanzen- und Tiergemeinschaften, allen Biogeozönosen liegt die Triade Produzenten--Konsumenten--Reduzenten zugrunde. Jedoch in Abhängigkeit von den konkreten ökologischen und morphologisch-physiologischen Besonderheiten der diese Triade bildenden Arten verändert sich der Charakter der Arbeit der Biozönosen.

Das Entstehen der Warmblütler in der Geschichte der Biosphäre ist seiner Bedeutung nach mit der Entstehung der Menschheit vergleichbar. Die Fähigkeit des Tieres, eine konstante Körpertemperatur innerhalb einer enormen Bandbreite äußerer Bedingungen aufrechtzuerhalten, war die Voraussetzung für eine unbeschränkte morphologisch-physiologische Entwicklung, die gesetzmäßig zum Erscheinen denkender Wesen, der Menschen, führte. (Vom Standpunkt des Ökologen ist der Verstand insgesamt nur die höchste Fähigkeit, auf eine Veränderung der äußeren Bedingungen zweckmäßig zu reagieren.)

Das Erfordernis, den Stoffwechsel auf einem ständig hohen Niveau zu halten, wurde durch den notwendigen Verbrauch eines großen Teils der Energie nicht für den körpereigenen Gewebeaufbau, sondern für die Unterhaltung eines optimalen physiologischen Zustands verwirklicht. Ein Löwe mit einem Gewicht von 200 kg benötigt 6-7 mal mehr Futter als ein Krokodil gleichen Gewichts. Kleine Säuger und Vögel verausgaben mehr als 95 Prozent der Energie für die Aufrechterhaltung der konstanten Körpertemperatur. Diese scheinbar speziellen physiologischen Besonderheiten der Säugetiere und Vögel riefen eine Revolution in der Struktur der Biosphäre hervor.

Die Geschwindigkeit der Energieumwandlung erhöhte sich in den Gemeinschaften auf das Mehrfache, aber die ökologische Effektivität der Biozönosen sank stark. In alten Zönosen übertraf die Biomasse der Pflanzen die der Tiere nur um das 4- bis 5fache, und nicht weniger als 15 Prozent der Produktion der niederen Niveaus der Nahrungskette ging in die oberen Niveaus über. In den Gemeinschaften des neuen Typs ist die Biomasse der Pflanzen Dutzende und Hunderte (und

manchmal Tausende) Mal größer als die Biomasse der Tiere, und der Effektivitätskoeffizient der Gemeinschaft übersteigt nicht 2-3 Prozent, aber die Geschwindigkeit der Stoff- und Energieumwandlung erhöhte sich um das Zehnfache.

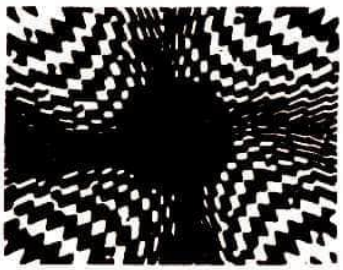
Die Säugetiere wurden zu mächtigen "Katalysatoren" der biozönotischen Prozesse. Die höheren Wirbeltiere schufen durch die Umwandlung einer gewaltigen Menge pflanzlicher Rohmasse in Stoffe, die für die Pflanzen leicht aufnehmbar waren, die Voraussetzungen für die Entwicklung von Böden mit hoher Fruchtbarkeit. Zur selben Zeit traten die höheren Insekten, die Bestäuber der Blütenpflanzen, in die Hauptphase ihrer Entwicklung. Dies führte zur Intensivierung der biochemischen Evolution der Pflanzen, zum Entstehen von Formen, die sich durch einen erhöhten Gehalt an Eiweißen und Lipoiden auszeichnen, was seinerseits zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit beitrug. Die Tatsache verdient Beachtung, daß als Ergebnis der Synevolution der höheren Wirbeltiere, der höheren Insekten und der progressivsten Pflanzengruppen auf der Erde sowohl Steppen und Prärien als auch die Böden mit höherer Fruchtbarkeit entstanden.

Jeder Schritt in der Entwicklung des Lebens schuf die Voraussetzungen für seine weitere Entwicklung. Die fortgeschrittenen Gruppen der Tiere und Pflanzen schufen die Bedingungen für das Entstehen des Menschen und das Werden der Menschheit. Die Ideen W. I. Wernadskis und W. N. Sukatschows über das Leben als führende Kraft der planetaren Entwicklung werden durch moderne Untersuchungen vertieft.

Der Mensch betrat die Arena des Lebens in dem Augenblick, als die Biosphäre die Eigenschaft eines einheitlichen Systems der biologischen Integration höheren Niveaus erworben hatte und fähig zur höchsten biologischen Produktivität und höchsten Stabilität war.

Fortsetzung im nächsten Heft

physikaufgabe 15



Ein Junge (m = 70 kg) steht 1 m entfernt von einem Mädchen (m = 60 kg). Berechnen Sie die Anziehungskraft (Gravitation, $\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$!) zwischen ihnen!

Senden Sie die Lösungen der Aufgaben an uns ein (mit Angabe des Namens, des Alters und der Anschrift). Die besten Lösungen werden prämiert und veröffentlicht.

---

lösung der physikaufgabe 12 aus heft 1 / 10. jg.

aufgabe:

Wie groß ist die de-Broglie-Wellenlänge eines Elektronenstrahls bei einer Beschleunigungsspannung von 20 kV ? Die Aufgabe ist unter Anwendung des Energiesatzes zu lösen. Die relativistische Massenzunahme soll vernachlässigt werden.

lösung:

eingesandt von Antje L o c h m a n n , 17 Jahre, Staßfurt

Die de Broglie - Wellenlänge ist definiert zu $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$.

Aus der kinetischen Energie

$$W_{kin} = \frac{m}{2} v^2 = e \cdot U$$

und der de Broglie - Wellenlänge folgt ein Ausdruck für die Wellenlänge des Elektronenstrahls

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2 m e U}} .$$

Mit $U = 20$ kV, $h = 6{,}6 \cdot 10^{-34}$ Js, $m = 10^{-30}$ kg und $e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ As erhält man das Endergebnis von

$$\lambda = 8{,}25 \; 10^{-12} \text{ m}.$$

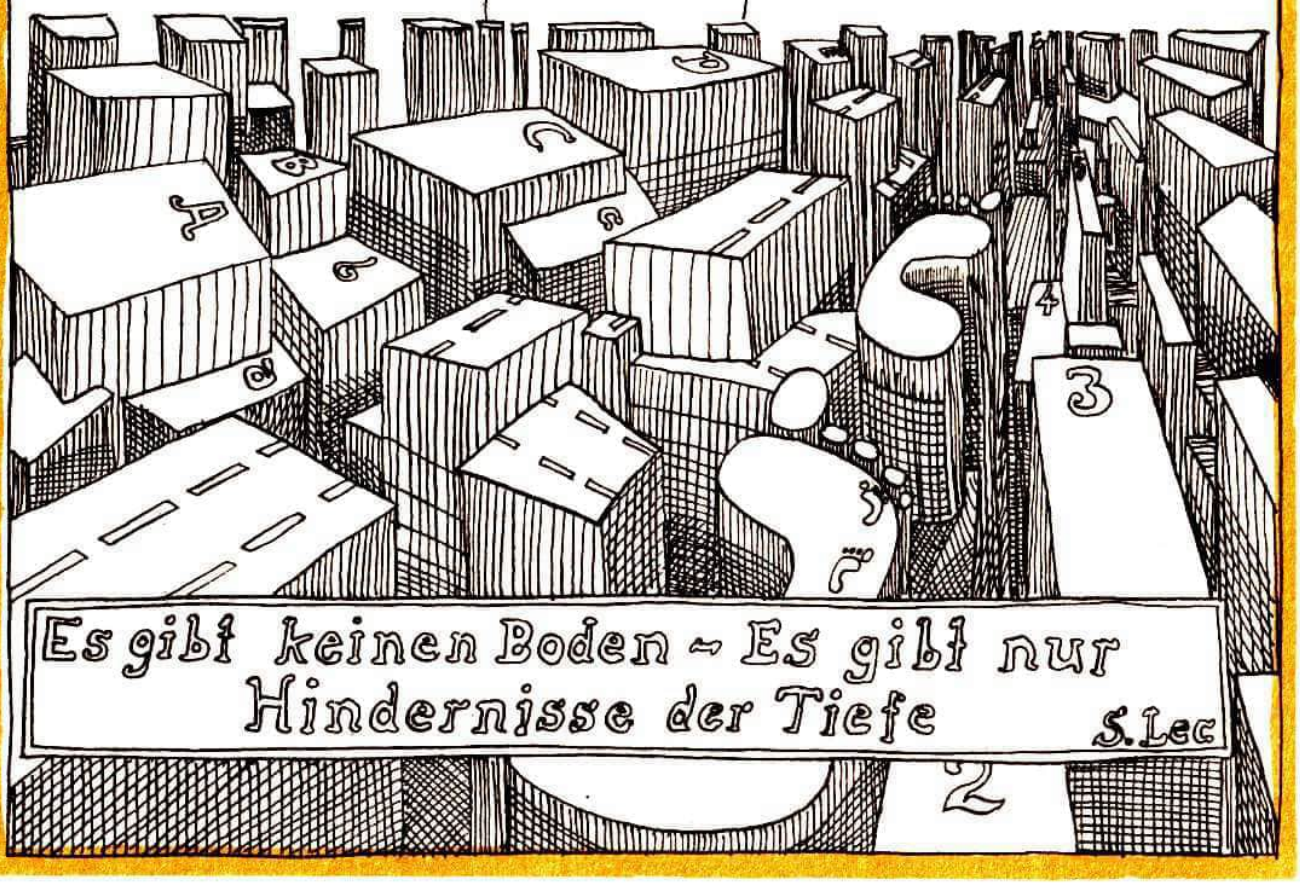
W E R E S N O C H N I C H T W I S S E N S O L L T E !

Jede veröffentlichte Lösung wird mit einem Buchscheck über 10 Mark prämiert. Und noch eins: Sollte sich die Zahl der eingesandten Lösungen erhöhen, würden wir gerne mehr Prämien vergeben.

Polnische Aphorismen

Zwei Parallelen treffen sich in der Unendlichkeit – und sie glauben daran

S. Lec



Es gibt keinen Boden – Es gibt nur Hindernisse der Tiefe

S. Lec

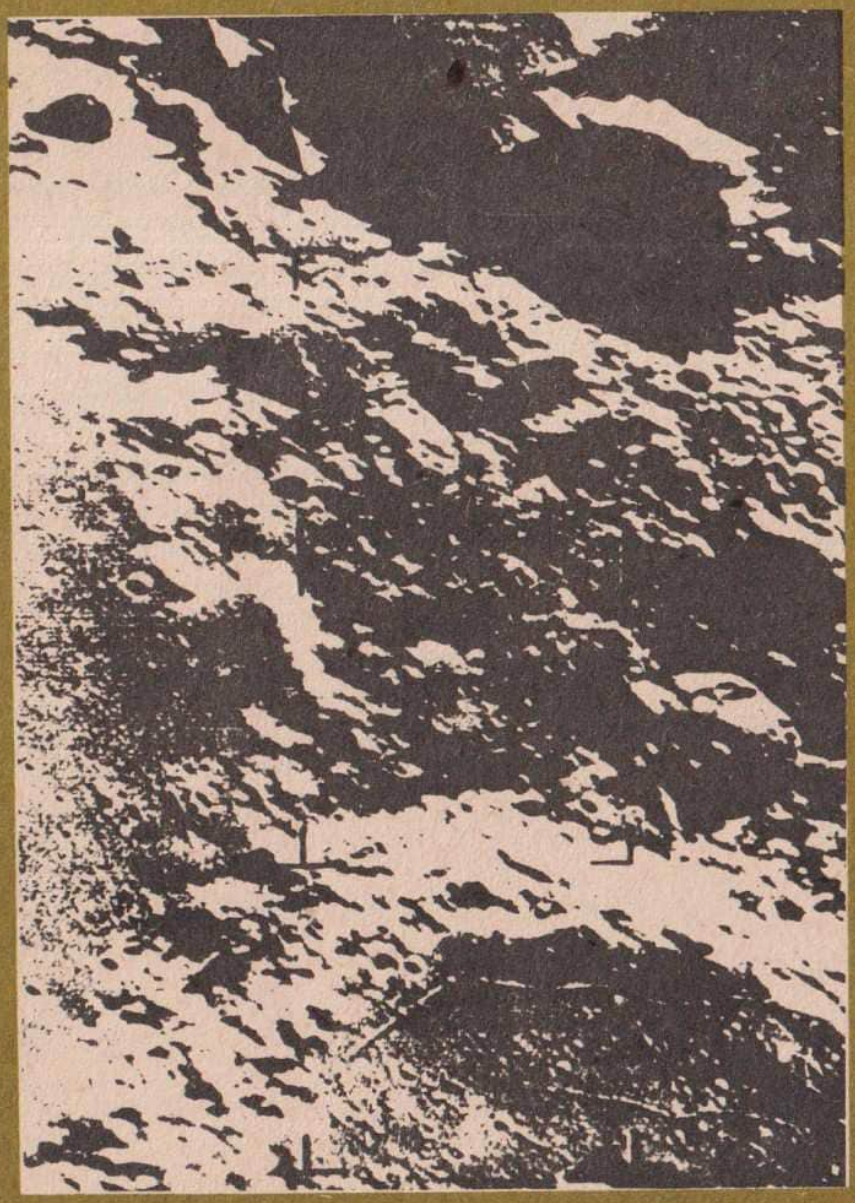
SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

10. JAHRGANG (1976/77)

40 Pf

impuls 68

5



Zur Entdeckung des Wirkungsquantums

Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie

Über den Botanischen Garten Jena

Internationale Chemieolympiade 1976

Evolution der Biosphäre und ökologische Prognose

Titelbild: Krater Alphonsus (unten), aufgenommen vor der harten Landung einer Ranger-Mondsonde

impuls 68

MONATSZEITSCHRIFT
FÜR SCHÜLER
DER KLASSEN 9 BIS 12

Herausgeber: FDJ-Aktiv „impuls 68" der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Sozialistisches Studentenkollektiv, Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR

Anschrift: „impuls 68", 69 Jena, Max-Wien-Platz 1
„impuls 68" erscheint monatlich von September bis Juni unter der Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR. Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen. Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981.
Preis des Jahresabonnements: 4,- M

Redaktion: Dipl.-Phys. Hans-Dieter Jähnig (Chefredakteur), Dr. Eberhard Welsch (amt. Chefredakteur), Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen), Dipl.-Chem. Peter Renner (Chemie), Dipl.-Biol. Bärbel Schubert (Biologie), Dipl.-Phys. Wilfried Hild (Gestaltung), Dipl.-Phys. Lutz Günther (Astronomie und fotograf. Gestaltung), Harry Hedler (Korrespondenz), Gudrun Beyer (Korrektor)

Inhalt:

Die Entdeckung des universellen Wirkungsquantums durch Max Planck (2)	PHY	3
Büchermarkt		8
Stand und Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie (2)	CHE	9
Interessantes und Wissenswertes über den Botanischen Garten Jena	BIO	15
Silizium gegen Haarausfall?		18
LESERPOST: VIII. Internationale Chemieolympiade 1976 in der DDR		19
Evolution der Biosphäre und ökologische Prognose (2)		
Physikaufgabe 16		31

Prof. Dr. Gerhard Weber
Sektion Physik der FSU Jena

Die Entdeckung des universellen Wirkumsquantums durch Max Planck - der erste Schritt zu revolutionierenden physikalischen Erkenntnissen (Teil 2 und Schluß)

PHYSIK

4. Ableitung des Planckschen Strahlungsgesetzes und Entdeckung des Wirkungsquantums

In den folgenden Monaten des Jahres 1900 arbeitete dann Planck an einer direkten, statistischen Ableitung des aus (5) und (7) sich ergebenden $\bar{\varepsilon}\ (\nu, T)$

$$(8) \qquad \bar{\varepsilon}\ (\nu, T) = \frac{a'\nu}{\exp\left(a\frac{\nu}{T}\right) - 1}$$

auf Grund des oben schon erwähnten Modells für den Hohlraumstrahler (Resonator-Ensemble im thermodynamischen Gleichgewichtszustand mit der Strahlung). Sein Leitgedanke war dabei das Boltzmannsche Prinzip zur statistischen Ableitung der Entropie, dem er selbst die übersichtliche, formelmässige Gestalt

$$(9) \qquad S = k_B \ln W^{(max)} \qquad (k_B \sim \text{Boltzmann-Konstante})$$

gegeben hatte und in dem die Entropie mit der thermodynamischen Wahrscheinlichkeit $W^{(max)}$ desjenigen Makrozustands verknüpft wird, für den es unter bestimmten vorgegebenen Bedingungen die größte Zahl von Realisierungsmöglichkeiten durch Mikrozustände im thermodynamischen Gleichgewicht gibt.

Die Erkenntnis, daß der auf der Basis der klassischen Statistik folgende Gleichverteilungssatz für jeden harmonischen Oszillator unabhängig von der Frequenz die mittlere Energie $\bar{\varepsilon} = k_B T$ ergeben würde, d.h. also nur zur Rayleigh-Jeansschen Näherungsformel führen könnte, veranlaßte Planck nach einem anderen statistischen Verfahren zur Berechnung von $W^{(max)}$ zu suchen, als es bisher z.B. in der kinetischen Gastheorie üblich war.

Anbetracht des aus $\frac{d^2 s}{d\bar{\varepsilon}^2} = - f(\bar{\varepsilon})$ mit dem Ansatz (6) durch zweimalige Integration folgenden Ausdrucks für die Entropie s eines Resonators (harmonischen Oszillators)

$$(10) \qquad s = \frac{a'}{a} \left\{ \left(\frac{\bar{\varepsilon}}{a'\nu} + 1 \right) \ln \left(\frac{\bar{\varepsilon}}{a'\nu} + 1 \right) - \frac{\bar{\varepsilon}}{a'\nu} \ln \frac{\bar{\varepsilon}}{a'\nu} \right\}$$

mit der mittleren Energie $\bar{\varepsilon}$ nach (8) gelangte Planck zur weiteren Präzisierung seines Modells und zu einem Ansatz für $W^{(max)}$, der nach (9) eine Entropieformel von analoger mathematischer Struktur lieferte:
Eine sehr große Zahl N völlig gleichartiger Oszillatoren sollte im thermodynamischen Gleichgewicht bei der Temperatur T aus einem Energievorrat eine ebenfalls sehr große Zahl P diskreter, einander völlig gleichartiger Energieelemente u derart aufgenommen haben, daß jeder Oszillator im Mittel die Energie $\bar{\varepsilon}$ (siehe (8)) besitzt und somit die Energiebilanz $N\,\bar{\varepsilon} = P\,u$ gilt.
$W^{(max)}$ dieses Zustands sollte durch

$$(11) \qquad W^{(max)} = \frac{(N + P - 1)!}{(N - 1)!\;P!} \approx \frac{(N + P)!}{N!\;P!}$$

gegeben sein ($N! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \ldots \cdot N$ ist "N Fakultät"). Damit folgte über (7) mit $S = N \cdot s$ bei näherungsweiser Anwendung der Stirling-Formel $\ln N! \approx N \ln N - N$ (und analog für $\ln P!$ und $\ln (N + P)!$)

$$(12) \qquad s = k_B \left\{ \left(\frac{P}{N} + 1 \right) \ln \left(\frac{P}{N} + 1 \right) - \frac{P}{N} \ln \frac{P}{N} \right\} .$$

Der Vergleich der Formeln (10) und (12) ließ dann die Zusammenhänge

$$(13) \qquad k_B = \frac{a'}{a} \quad , \quad \frac{P}{N} = \frac{\bar{\varepsilon}}{a'\nu}$$

erkennen, woraus sich schließlich

$$(14) \qquad u = a'\,\nu$$

ergab.
Planck bezeichnete die von der Natur der angenommenen Oszillatoren unabhängige Konstante a' mit einem neuen Buchsta-

ben h, der ihr bis heute erhalten geblieben ist, so daß die Energie der Elemente der Strahlung (Quanten) mit der Frequenz ν nunmehr lautet

(15) $$u = h \cdot \nu \quad .$$

Mit Hilfe der aus Meßresultaten in Zusammenhang mit der Formel (8) bestimmten Werte für a und a' schätzte Planck auch die Boltzmann-Konstante k_B

(16) $$k_B = 1{,}346 \cdot 10^{-23}\ \mathrm{JK}^{-1}$$

und die als "universelles Wirkungsquantum" bezeichnete (heute auch Plancksche Konstante) Größe h

(17) $$h = 6{,}55 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{Js}$$

ab. (Neuere Zahlenwerte, die auf genaueren und auch andersartigen Messungen beruhen, sind:
$k_B = 1{,}3805 \cdot 10^{-23}\ \mathrm{JK}^{-1}$, $h = 6{,}6263 \cdot 10^{-34}\ \mathrm{Js}$.)

Ausgedrückt durch die beiden universellen Konstanten k_B und h erhält man aus (7) das Plancksche Strahlungsgesetz (die universelle Funktion von Kirchhoff für die spektrale Energiedichte eines schwarzen Körpers)

(18) $$w(\nu, T) = \frac{8\pi}{c^3} \frac{h \nu^3}{\exp\left(\frac{h\nu}{k_B T}\right) - 1} \quad .$$

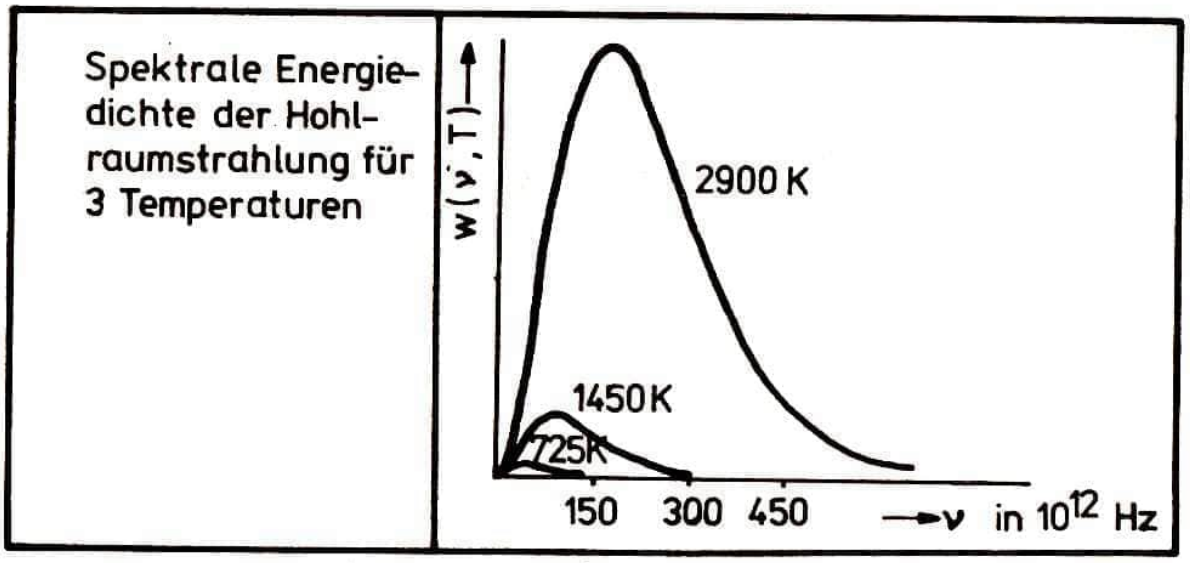
Diese skizzierten Überlegungen hat Max Planck am 14.12.1900 ebenfalls auf einer Sitzung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Berlin vorgetragen (veröffentlicht in Verhandl. Dtsch. Phys. Ges. Berlin 2 (1900) 202). Dieser Tag wird daher oft als der Entdeckungstag für das Wirkungsquantum h angesehen; manchmal wird er auch als der Geburtstag der Quantentheorie bezeichnet. Ob dies berechtigt ist, soll in den folgenden Beiträgen vor allem mit dargelegt werden.

Anmerkung der Redaktion:

Max Planck gab zu seiner Zeit die Boltzmann-Konstante und das universelle Wirkungsquantum natürlich in erg K^{-1} bzw. erg s an. Diese Einheiten sind aber schon seit 1953 nicht mehr zugelassen. Wer trotzdem mal ein veraltetes Buch erwischt: 1 erg = 10^{-7} J.

5. Einige Anmerkungen zur Auswirkung der Planckschen Entdeckung

Zum Abschluß soll nur noch kurz darauf eingegangen werden, in welcher Weise sich die Entdeckung des Wirkungsquantums durch Planck auf die Entwicklung neuer physikalischer Erkenntnisse unmittelbar ausgewirkt hat und wie von heutiger Sicht aus nach vollständigem Ausbau der Quantentheorie die Plancksche Ableitung des Gesetzes der Hohlraumstrahlung zu betrachten ist.



Aus dem Planckschen Modell für den Hohlraumstrahler (Oszillatorsystem in resonantem Energieaustausch mit einem Energiereservoir aus Energiequanten $h \cdot \nu$ im thermischen Gleichgewicht) konnte der Schluß gezogen werden, daß ein eindimensionaler Oszillator, der mit der Frequenz ν schwingen kann, nur Energiequanten $h \cdot \nu$ aufnehmen und abgeben kann, also an Stelle der nach der klassischen Mechanik folgenden stetigen Energieverteilung ein diskretes, äquidistantes Energie-Niveauschema mit dem Abstand $h \cdot \nu$ benachbarter Niveaus besitzen müßte. Von dieser Annahme machte Planck in seinem Buch über die Theorie der Wärmestrahlung (1906) Gebrauch. Eine direkte, vorläufige, aber noch mit einer gewissen Willkür behaftete Erklärung fanden die diskreten Energiestufen des harmonischen Oszillators im Rahmen der 1913 von N. Bohr entwickelten korrespondenzmäßigen Quantenmechanik. Aber erst mit dem Aufbau der endgültigen Quantenmechanik durch W. Heisenberg (1924) und E. Schrödinger (1925) hat das Oszillator-

Problem eine eindeutige, zutreffende Erklärung erfahren und dabei eine wichtige Rolle gespielt. Man kann natürlich sein Augenmerk auch auf das Energiereservoir der Quanten $h \cdot \nu$ im Planckschen Modell richten und sich die Frage vorlegen, in welcher Weise die Hohlraumstrahlung durch dieses Energiereservoir selbst repräsentiert wird. Im Anschluß an Planck griff diesen Gedanken zuerst 1905 A. Einstein auf und prägte den Begriff Photon (Lichtquant). Bei dieser korpuskularen Auffassung stellt ein elektromagnetisches Strahlungsfeld bei der Frequenz ν ein Photonen-Ensemble dar, wobei jedes Photon die Energie $h \cdot \nu$ und, wie Planck 1908 ermittelte, den Impulsbetrag $\frac{h \cdot \nu}{c}$ mit sich führt. Es ergab sich dann, wie L. Natanson (1911) erkannte, die Plancksche Formel (11) für $W^{(max)}$ als Maximalzahl der Realisierungsmöglichkeiten der Verteilung von P ununterscheidbaren "Teilchen" der Energie $u = h \cdot \nu$ auf die N Oszillatoren unter Beachtung der Nebenbedingung $N \cdot \bar{\varepsilon} = P \cdot u = P \cdot h \cdot \nu$. Somit war gefunden, daß Plancks Ableitung des Strahlungsgesetzes eine neuartige Statistik zugrunde lag. Diese Statistik wandte 1924 der indische Physiker N.S. Bose auf das Photonen-Ensemble an, und Einstein zeigte, welche abweichenden Eigenschaften sich dadurch bei einem Molekül-Ensemble (Gas) ergeben mußten.

Mit der Aufstellung eines allgemeinen Schemas einer Quantenfeldtheorie durch W. Heisenberg und W. Pauli (1929) wurde schließlich die Entwicklung, die mit Planck 1900 begonnen hatte, zu einem relativen Abschluß gebracht. Die Quantisierung des elektromagnetischen Feldes ergibt die Photonen, wobei zwischen dem erforderlichen Quantisierungsverfahren (Minus-Quantisierung) und der Statistik (Bose-Einstein-Statistik), die auf ein Photonen-Ensemble angewendet werden muß, im Verlaufe des Ausbaus der Quantentheorie eine weitere wichtige Verknüpfung aufgedeckt wurde.

Plancks kühne Annahmen, um eine theoretische Erfassung der experimentellen Fakten zu erringen, hatten eine Tür zu umfassender neuer physikalischer Erkenntnis geöffnet, doch ist ihm die Fachwelt auf diesem Wege anfangs nur zögernd gefolgt; erst etwa 25-30 Jahre später war es möglich, die Tragweite dieses Anstoßes annähernd zu überblicken.

BÜCHERMARKT

Heinz Raubach

„Rätsel um das Molekül"

URANIA-Verlag Leipzig-Jena-Berlin, 1. Aufl. 1976, 128 Seiten mit zahlreichen, z.T. farbigen Abb., Preis 4,50 M

Durch dieses Taschenbuch aus der Reihe "akzent" wird der Leser in einer anschaulichen Form ausgehend von der Zusammensetzung und Struktur der einfachsten Verbindungen mit dem Bau immer komplizierterer Moleküle vertraut gemacht. Die behandelten Beispiele berühren sowohl das Gebiet der anorganischen Chemie - z.B. im Kapitel "Diamant - Graphit" - als auch der "klassischen" organischen, Polymer- und Biochemie. Die Stoffumwandlung des Erdöls und die Weiterverarbeitung der dabei entstehenden Produkte bis hin zu den aus vielen Lebensbereichen nicht mehr wegzudenkenden Polymeren verschiedenster Strukturtypen stehen dabei neben der Synthese von eiweißhaltigen Nahrungsmitteln aus pflanzlichen Rohprodukten oder dem Aufbau von Zelle und Eiweiß bis hin zur besonderen Struktur der Nukleinsäuren, deren Makromoleküle den Schlüssel der Vererbung enthalten.

Der Einblick in die Bildung der "Bausteine des Lebens" und die Zurückführung komplizierter Strukturen der belebten und unbelebten Natur auf letztlich relativ einfache chemische Verbindungen zeigen die enge Beziehung vieler Bereiche zu den chemischen Wissenschaften.

Das Taschenbuch kann daher dem an Naturwissenschaften interessierten Schüler zur Ergänzung oder Vertiefung des Schulstoffes durchaus empfohlen werden.

Michael Claus
Sektion Chemie

Stand und Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie (Teil 2)

CHEMIE

3. Die technische Darstellung von petrolchemischen Primärchemikalien

Nach einigen Ausführungen zur Petrolchemie im 1. Teil soll jetzt konkret gezeigt werden, wie petrolchemische Primärchemikalien in der DDR hergestellt werden.
Das hier betrachtete Verfahren entspricht neben anderen auch dem, das in den anderen sozialistischen Ländern Anwendung findet.

3.1. Erzeugung von Olefinen durch Röhrenpyrolyse

Der zur Zeit wichtigste Fabrikationsprozeß für Olefine, insbesondere Äthylen, ist das Steam-Cracker-Verfahren (z.Z. ca. 95 % der Weltproduktion) (Abb.3).

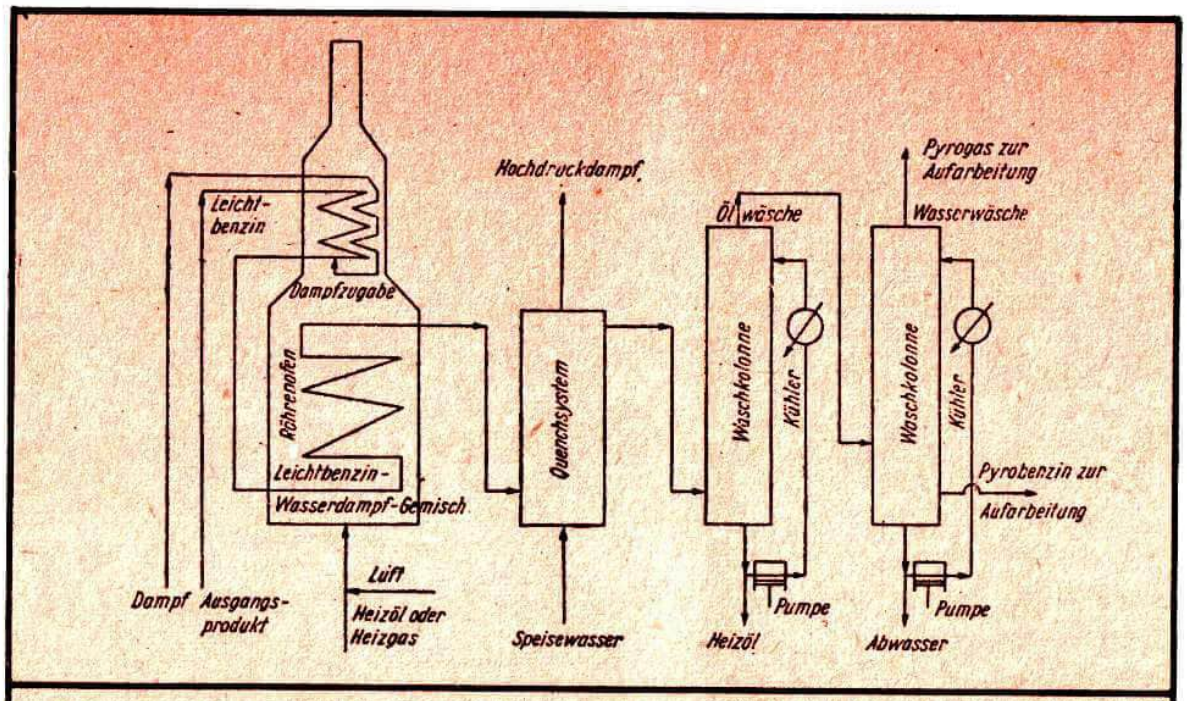


Abb. 3 Schema einer Pyrolyse-Anlage

Das Spalten von Leichtbenzin in Gegenwart von Wasserdampf geschieht durch kurzzeitiges Erhitzen in von außen beheizten Rohren. Die zu spaltenden Kohlenwasserstoffe (Benzin) gelangen über einen Verdampfer in den Röhrenofen, werden hier in der Konvektionszone[1] auf 450 - 500 °C vorgewärmt und schließlich der Pyrolysezone[2] zugeführt. Die Pyrolyse geschieht bei Temperaturen um 800 °C, bei einer Verweilzeit von weniger als 1 Sekunde und wenigen 10^5 Pa[3] Druck. Der Wasserdampf setzt den Partialdruck[4] des Benzins herab und dient damit weitgehend der Unterdrückung von Sekundärreaktionen, die u.a. zur Koksbildung (Kohlenstoffablagerungen) führen (0,7 kg Dampf/kg Einsatzprodukt).
Das aus dem Röhrenofen austretende Pyroprodukt[5] wird in einen Quenchkühler[6] geleitet, der als Dampfkessel ausgebildet ist, und in dem durch die heißen Gase Hochdruckdampf erzeugt wird. Das Pyroprodukt wird hier auf ca. 600 °C "gequencht". Danach wird das Produkt in einer Ölwäsche direkt auf 200 °C abgekühlt und anschließend ebenfalls durch direkte Wasserkühlung auf Normaltemperatur gebracht. In der Wasserwaschkolonne werden am Kopf das Pyrogas (Spaltgas) und am Sumpf das Pyrobenzin (enthält BTX-Aromaten) abgenommen

---

1) Konvektionszone: kältere, nicht direkter Bestrahlung durch die Verbrennung ausgesetzte Ofenzone (obere Zone).

2) Pyrolysezone: direkt wärmebestrahlte (untere) Ofenzone, wo der thermische Abbau durch Erhitzen stattfindet (Cracken).

3) Laut Internationalem Maßeinheitensystem ist Pascal die offizielle zugelassene Druckeinheit.
$1\ Pa = 1\ N/m^2 = 9{,}807 \cdot 10^4\ at = 1{,}101 \cdot 10^5\ atm$

4) Bei Gasgemischen wird der Anteil einer Komponente am Gesamtdruck als Partialdruck bezeichnet.

5) Pyroprodukt: Gesamtheit aller Stoffe nach dem Crackprozeß -

gasförmige Anteile: Pyrogas (Spaltgas)
flüssige Anteile : Pyrobenzin mit Hauptanteil an Benzol, Toluol, Xylol (BTX) und anderen C_8-Aromaten.

6) Quenchkühler: Kühler, wo durch Einspritzen von Flüssigkeit oder kühlen Dämpfen heiße Gase zur plötzlichen Abkühlung gebracht werden. Die momentane Zusammensetzung der heißen Gase ändert sich dann nicht mehr, die Reaktion wird "eingefroren".

und der jeweiligen Aufarbeitungsanlage zugeführt.
Bei diesem Verfahren scheidet sich Koks ab, der sich im Pyrolyserohr ansetzt und in bestimmten Zeitabständen durch Einblasen von einem Dampf-Luft-Gemisch verbrannt werden muß.
Für diese Zeit steht der Spaltofen der Produktion nicht zur Verfügung. Zur Gewährleistung des kontinuierlichen Betriebes sind mehrere Öfen erforderlich, die dann der Reihe nach vom Koks befreit werden.
Im Ergebnis des Crackprozesses liegt ein P y r o p r o - d u k t vor, das sich gewichtsanteilmäßig etwa wie folgt zusammensetzt:

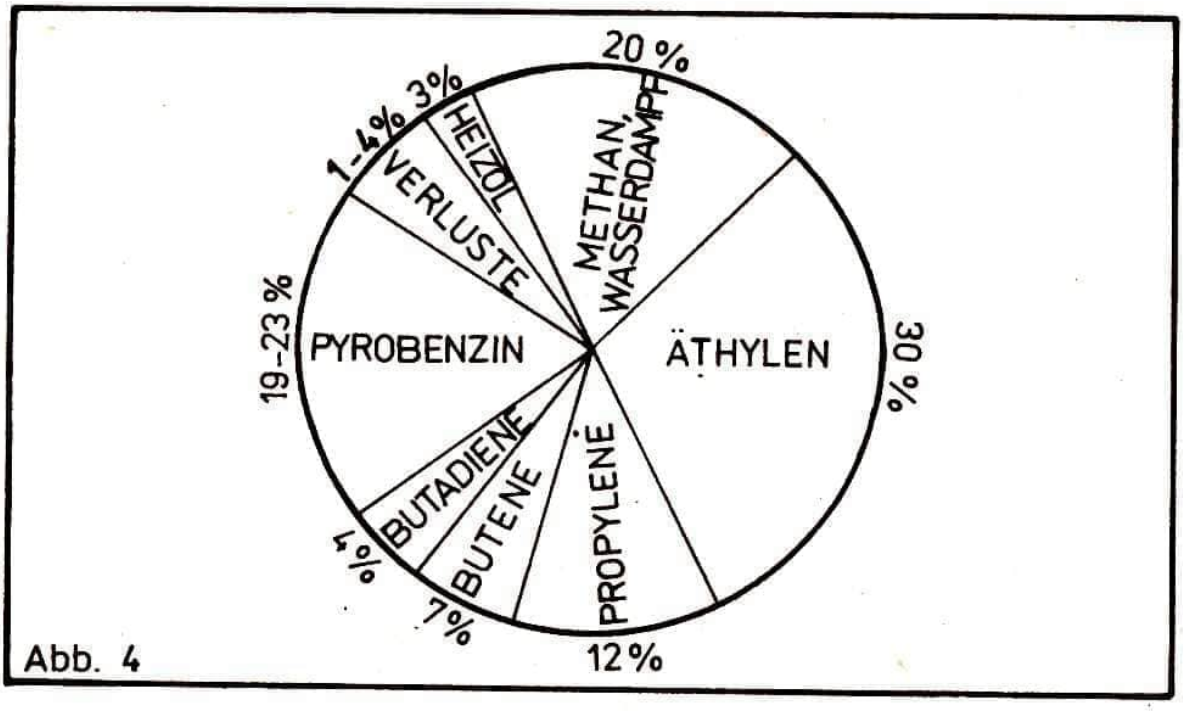


Abb. 4

Das <u>Pyrobenzin</u> enthält, berechnet auf das in die Anlage eingesetzte Ausgangsbenzin 8 - 10 % Benzol
5 % Toluol
2,5 % C_8-Aromaten (u.a. Xylol).

Das <u>Spaltgas</u> selbst setzt sich aus folgenden Komponenten zusammen:
Kohlenwasserstoffe (C_1 - C_{5+})[7], N_2, H_2, O_2 (gering),
CO (0,1 - 0,2 %), CO_2, H_2S, COS, Merkaptane[8], H_2O.

In dieser Zusammensetzung wird das Spaltgas der Gastrennanlage zugeführt.

3.2. Gastrennung durch Tieftemperaturdruckdestillation

Die Isolierung der einzelnen Komponenten aus den Spaltgasen wird häufig durch Destillationsverfahren ausgeführt.
In der petrolchemischen Industrie der DDR wird in Leuna II und in Böhlen das Verfahren der Tieftemperaturdruckdestillation angewandt. Der Verfahrensablauf ist durch eine Reihe komplizierter und sorgfältig aufeinander abgestimmter Grundoperationen gekennzeichnet, wobei die Kühlprozesse eine wesentliche Rolle spielen (Abb.5).

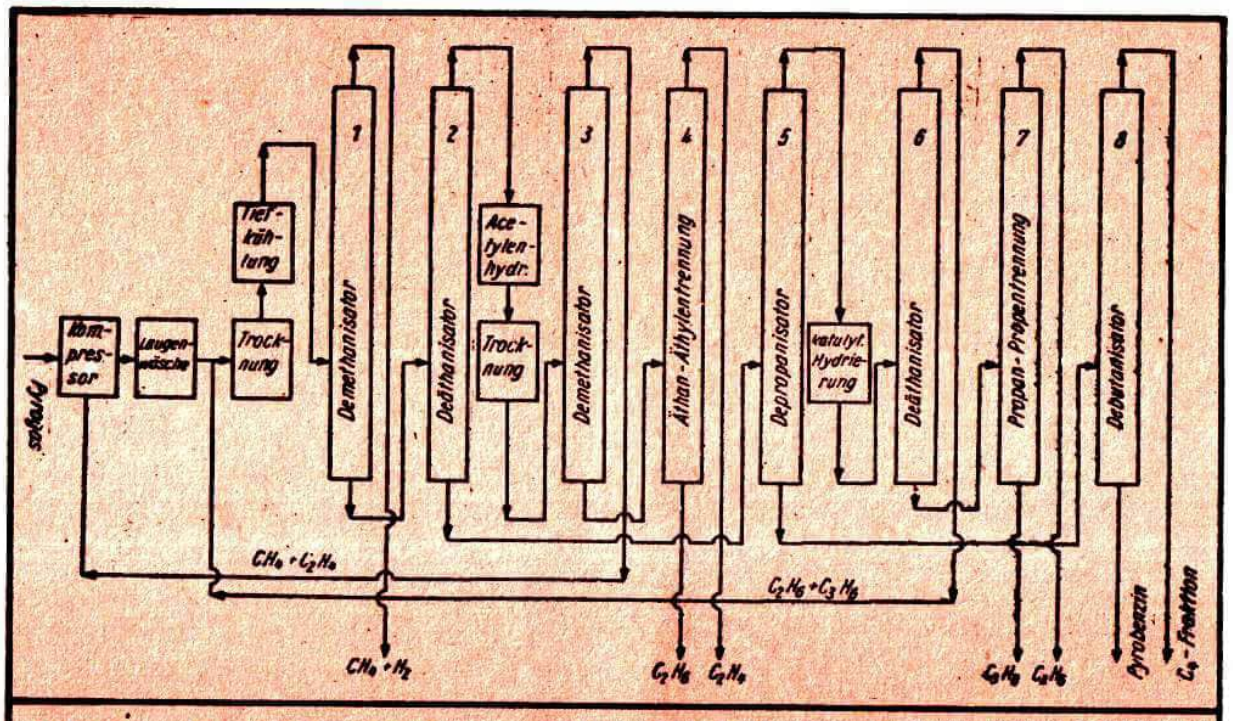


Abb. 5 Pyrogas - Trennung durch Tieftemperatur - Druckdestillation

---

7) C_1 - C_5 - Fraktion:

Bezeichnung für Kohlenwasserstoff-Fraktionen, in denen vorwiegend Kohlenwasserstoffe bestimmter Kettenlänge, d.h. mit 1, 2, 3 usw. C-Atomen im Molekül, vorliegen, ohne Rücksicht darauf, welche Bindungsverhältnisse zwischen den einzelnen Atomen herrschen. So bezeichnet z.B. eine C_3- oder Propanfraktion eine Mischung von Propan, Propylen, Propin. Eine C_3-Fraktion enthält darüberhinaus noch geringe Beimengungen der nächsthöheren Fraktionen.

8) Verbindungen des Typs R - SH .

Das Spaltgas wird zunächst auf $3,6 \cdot 10^6$ Pa komprimiert und durchläuft als erstes eine Wäsche, in der saure Gase (H_2S, CO_2) ausgewaschen werden. Nach einer Trocknung und Abkühlung auf -130 °C gelangt es zur Destillation.
In der Kolonne 1, dem 1. Entmethaner (Demethanisator)[9], werden Wasserstoff und Methan am Kopf[10] abgetrennt, während das Sumpfprodukt aus Kolonne 1 (C_2-Fraktion) in die Kolonne 2, den 1. Entäthaner, geleitet wird. Hier erfolgt eine Auftrennung in die C_2-Fraktion, die als Destillat abgenommen wird, und in die C_3-Fraktion, die am Sumpf[10] abgezogen wird und zur Kolonne 5, dem Entpropaner, geht.
Die aus dem Kopf der Kolonne 2 abgehende C_2-Fraktion besteht aus Äthylen, etwas Äthan, ferner Acetylen (Äthin) und noch geringen Mengen Methan. Sie wird folgendermaßen auf Reinäthylen aufgearbeitet: Zuerst entfernt man das Acetylen. Das geschieht, wie in Abb.3 angegeben, durch selektive katalytische Hydrierung zu Äthylen. Das Produkt dieser Hydrierung wird nachgetrockent und in der Kolonne 3, dem 2. Entmethaner, von restlichem Methan befreit. Dieses Methan enthält aber noch beachtliche Mengen an Äthylen, weshalb es wieder zum Anlageneingang zurückgegeben wird, um wieder eingesetzt zu werden. Das Äthan-Äthylengemisch wird nun in der Kolonne 4 (Äthylensplitter[11]) in Äthan und Äthylen getrennt. Letzteres verläßt als Reinäthylen (99,98 - 99,99 % Reinheit) die Anlage.
Im Entpropaner (Kolonne 5) destilliert man die C_3-Fraktion über Kopf ab. Sie besteht zu 90-94 % aus Propylen, der Rest ist Propan, etwas Äthan und Propin bzw. Propadien. Letztere werden wieder durch eine selektive katalytische Hydrierung in Propylen überführt. Im Anschluß daran werden in der Kolonne 6, dem 2. Entäthaner, kleine Mengen Äthan und Wasser-

---

9) Entmethaner: Kolonne, in der durch Destillation (Rektifikation) am oberen Ende Methan abgenommen werden kann.

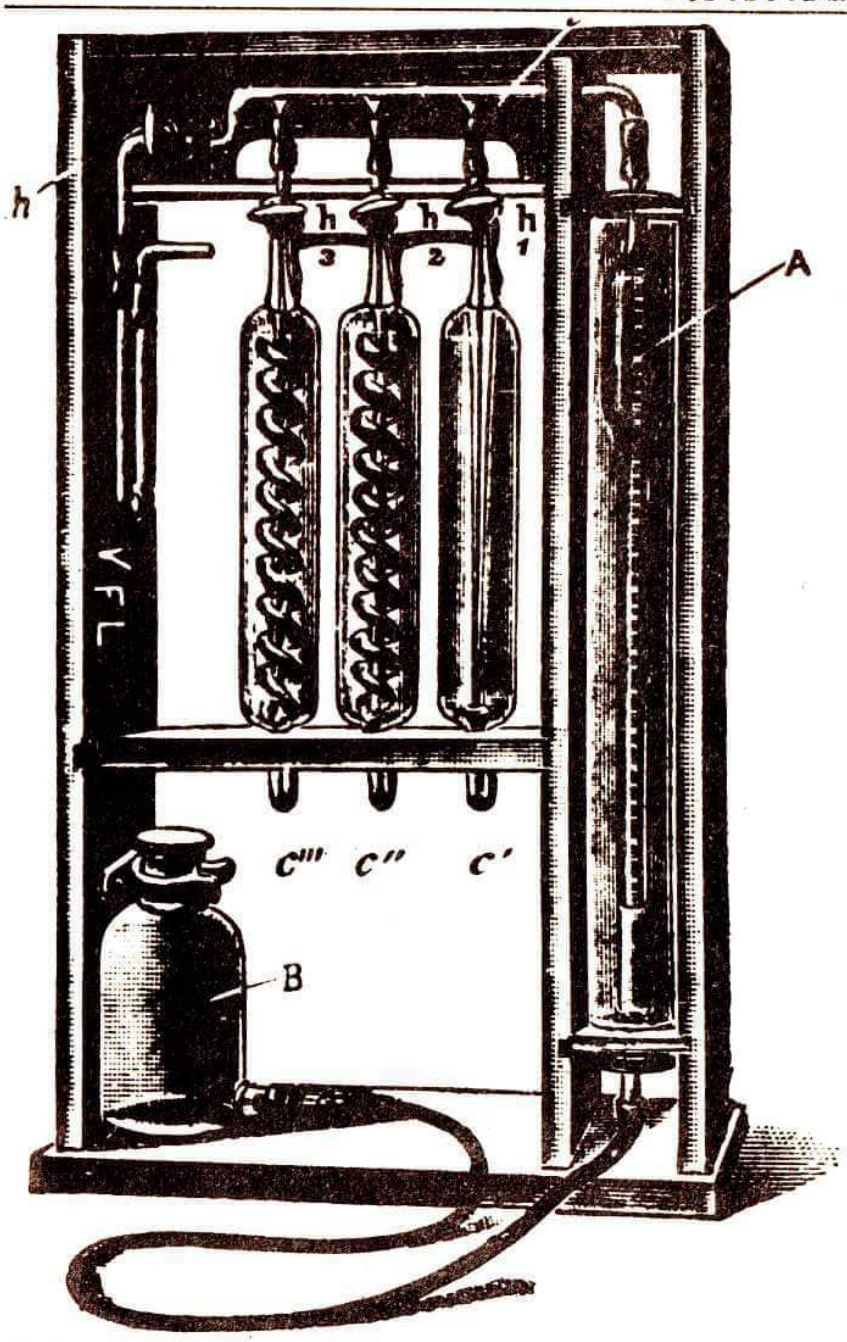
10) Kopf(Sumpf): oberes (unteres)Ende einer Destillationskolonne

11) Splitter: einfache Destillations-(Rektifikations-)Kolonne, die nur in ein einheitliches Kopf- und Sumpfprodukt trennt, z.B. Äthylen und Äthan.

stoff über Kopf abgenommen. Da diese mit einer erheblichen Menge Propylen vermischt sind, werden sie zum Anlageneingang geführt und zusammen mit dem Spaltgas wieder eingesetzt. Das Sumpfprodukt des 2. Entäthaners trennt man in der Kolonne 7 (Propylensplitter) in Propan und Propylen auf.

Der Sumpf des Entpropaners wird in die Kolonne 8, den Entbutaner, befördert, wo das die C_4-Fraktion beinhaltende Gemisch aus Butan, Buten, Butadien über Kopf abgenommen wird, während der Sumpf (C_{5+}-Fraktion) als Ausgangsprodukt für weitere Synthesen abgegeben wird.

Fortsetzung im nächsten Heft



Apparat zur Bestimmung des CO_2-, CO- und O_2-Gehalts in Feuerungsabgasen

Wir stellen vor:

Interessantes und Wissenswertes über den Botanischen Garten Jena

Derjenige, der zu Freunden recht beschaulich schilderte "die Anmut meiner Wohnung, die ich gegenwärtig im Botanischen Garten Jena aufgeschlagen, auf dem höchsten Punkte der Vorstadt, einen lieblichen sanften Abhang diesseits, einen bergigen Anstieg jenseits der Saale beherrschend", war kein Geringerer als J.W. von Goethe.
Hier, in seiner "Klausur auf dem Blumen- und Pflanzenberge" fühlte er sich wohl, hatte Muße zu ausgedehnten Spaziergängen, fachsimpelte mit den Direktoren und dem gärtnerischen Personal, empfing Anregungen für seine wissenschaftlichen und künstlerischen Vorhaben und genoß nicht zuletzt die Ruhe und Abgeschiedenheit, die ein intensives Arbeiten ermöglichten.
In seinem Gartentagebuch (1776 - 1832) findet man gehäuft Eintragungen über seine Besuche im Botanischen Garten Jena. Diese Notizen zeigen eindeutig, wie sehr einerseits Goethe selbst ein leidenschaftlicher Gartenfreund war, wie sehr er aber auch andererseits eng mit der neuzeitlichen Entwicklung des Botanischen Gartens Jena verbunden war.

Nach seiner Rückkehr aus Italien im Jahre 1788 wandte er sich verstärkt botanischen Problemen zu. Außerdem wurde er mit dem Staats-Auftrag betraut, in Jena eine "botanische Anstalt" zu schaffen.
In zahlreichen Gesprächen mit dem damaligen Botaniker Professor Batsch reifte dieser Plan, der im Jahre 1794 realisiert werden konnte. So gilt dieses Datum als das Gründungsjahr in der neueren Geschichte. An diese Zeit erinnert vor allem das als "Goethehaus" bekannte Inspektorenhaus, das nach Plänen und detaillierten Skizzen Goethes errichtet wurde, und ein imposanter, auf die heutige Goetheallee ragender Ginkgo biloba.

So findet also auch der Goethefreund unter den rund 100 000 jährlichen Besuchern des Gartens eine gelungene Synthese vor zwischen Anlagen, die Goethes Wirken inspirierten und der Demonstration seines Schaffens in einer kleinen Gedenkstätte.

Aber die Geschichte des Botanischen Gartens Jena ist älter; sie reicht bis ins 17. Jahrhundert. Zu dieser Zeit (1640 - 1662) befand sich auf einem Teil des heutigen Geländes ein sogenannter "Hortus Medicus", nach dem Muster anderer europäischer "Kräutergärten" eingerichtet. Die erstarkende medizinische Lehre und Forschung nutzte diese Gärten, um heimische Heilkräuter und drogenliefernde Pflanzen aus anderen Ländern demonstrieren zu können. Dieser Garten wurde aber durch die Kriegswirren des 30-jährigen Krieges stark verwüstet. Zudem war bereits an anderer Stelle, in der Nähe des "Collegium Jenense" ein weiterer "Hortus Medicus" entstanden.

Der Garten verfiel immer mehr, diente nur noch der Anzucht weniger Kräuter- und Gemüsesorten und letztendlich auch als Obstbaumschule. So blieb dieses Gelände weitgehend ungenutzt bis es dann durch Goethe erneut für einen Botanischen Garten auserwählt wurde.

Seit Ende des 18. Jhds. und gleichlaufend mit einer immer eigenständigeren Entwicklung der Botanik an der Jenenser Universität nahmen die Sammlungen zu. Samen- und Pflanzentauschverbindungen mit ähnlichen Einrichtungen, Forschungsreisen und gezielte gärtnerische Pflege bildeten die Voraussetzung. Auch der Bau des ersten Gewächshauses half bei diesem Prozeß. Weitere kamen in den folgenden Jahrzehnten hinzu.

Eine ungewollte Zäsur schnitten in diese Entwicklung der Zweite Weltkrieg und die schwere Nachkriegszeit. Die katastrophalen Zustände nach der Zerschlagung des Hitler-Faschismus 1945 (zerstörte Gewächshäuser und Sammlungen, Splittergräben, Bombentrichter, fehlende Heizung etc.) mußten erst überwunden werden. Hoch war der Einsatz derer, die mit Optimismus und einem vorausschauenden Blick auf spätere Zeiten zu Werke gingen.

Die ersten Aufbaujahre waren gekennzeichnet durch eine Rekonstruktion und Erweiterung der gesamten Bestände und eine schrittweise Umgestaltung vieler Gartenteile mit dem Ziel, eine höhere wissenschaftliche Aussage anzustreben.

Heute umfaßt das Territorium des Botanischen Gartens Jena etwa 4,5 ha. Gewächshäuser und Freiland-Anlagen sind gleichermaßen repräsentativ.
Im Zuge einer verstärkt angestrebten Spezialisierung botanischer Gärten konzentriert sich Jena vorwiegend auf Fels- und Gebirgspflanzen aus allen Klimazonen der Erde, auf tropische Sumpf- und Wasserpflanzen, auf Orchideen und kubanische Pflanzen.
Besondere Anziehungspunkte sind das Victoria-Haus, in dem in den Sommermonaten die riesigen "tortenboden" ähnlichen Schwimmblätter der Amazonas-Riesenseerose (Victoria cruziana) zu bewundern sind, die Orchideen-Vitrine, das Kakteen- und Sukkulentenhaus bzw. die entsprechenden Freianlagen, das artenreiche und attraktiv gestaltete Alpinum und viele Einzel-Bäume, wie z.B. der Sommermammutbaum (Metasequoia glyptostroboides) aus China, der erst in den vierziger Jahren unseres Jahrhunderts entdeckt wurde.
Vor dem Botanischen Garten Jena stehen Aufgaben in Lehre und Forschung, bei der Weiterbildung breiter Bevölkerungskreise auf gärtnerisch-botanischem Gebiete, auf dem Gebiete der Landeskultur und auch der Erholung.

So wird jedem Besucher eine Kombination von Wissenschaft und Praxis, Bildung und Erholung, Kunstgenuß und Entspannung angeboten, die auch in der heutigen, technisierten Zeit noch den einmaligen Reiz botanischer Gärten vermittelt.

Dr. Helga Dietrich
Sektion Biologie
Bot.-Garten, Jena

Wissenswertes:

Silizium gegen Haarausfall?

Silizium gehört zu den wichtigsten Elementen. Langjährige Untersuchungen haben gezeigt, daß ein Fehlen von Silizium zu nicht heilbaren Schäden bei Pflanzen, Tieren und Menschen führt. Pflanzen sterben bei geringsten Nachtfrösten ab, wenn der Siliziumgehalt gestört ist. Beim Menschen führt ein Mangel oder Überschuß zu Haarausfall. Desgleichen werden die Zähne spröde und rissig. Versuche an Tieren haben eindrucksvoll die Wirkung von Silizium bestätigt. Erhielten z. B. Kücken siliziumfreies Futter, entwickelten sich Federn und Skelett nur ungenügend. Bei einer Zugabe von 0,003 % Si verstärkte sich das Wachstum um 35 %. Bei Lämmern erhöhte sich z.B. die Gewichtszunahme stark.

Wie aus den geschilderten Versuchen zu entnehmen ist, enthalten und benötigen insbesondere die Knochen, der Zahnschmelz, das Haar, die Wolle und die Haut Silizium. Im Alter verringert sich der Siliziumgehalt in der Haut und in den Arterien, so daß es zu beschleunigten Alterserscheinungen mit einer verstärkten Arterienverkalkung kommt. Die meisten Untersuchungen lassen die Hoffnung zu, daß dieser Alterungsprozeß gehemmt, wenn nicht sogar teilweise rückgängig gemacht werden kann.

Eine weitere, beobachtete Tatsache wird den "Glatzköpfen" und solchen, die es werden müssen, wieder Mut machen. Die im Zoo gehaltenen Affen verlieren im Winter viele Haare. Sobald sie an wärmeren Tagen wieder ins Freie gelassen werden, fangen sie an, Lehm zu essen (falls vorhanden). Lehm enthält viel Silizium, der Haarwuchs stellt sich allmählich wieder ein. Versuche mit siliziumhaltigen Präparaten bei Menschen mit starkem Haarausfall zeigten bisher optimistische Ergebnisse.

LESERPOST-LESERPOST-LESERPOST-LES

Im Sommer 1976 erreichte uns folgender Brief, über den wir uns natürlich sehr gefreut haben:

Sehr geehrte Redaktion!

Ich bin seit mehreren Jahren Leser Ihrer Zeitschrift und mit der Vielfalt und Qualität der Beiträge sehr zufrieden.

Die Physikaufgabe ist meiner Meinung nach weder zu leicht, zu schwer oder zu uninteressant, sondern es gibt sehr viele "passive Aufgabenlöser", die ihre Ergebnisse nicht einsenden. Außerdem wäre es vielleicht denkbar, den Themenkreis der Aufgaben auch auf chemische Problemstellungen auszudehnen.

In diesem Jahr fand die VIII. Internationale Chemieolympiade in der DDR statt. Ich selbst war Mitglied der DDR-Delegation. Der beiliegende Bericht ist ein Beitrag im Sinne Ihrer Bemühungen um Ergänzungen zum Lehrplan der EOS. Außerdem liegt der Text der zweiten Aufgabe der theoretischen Klausur mit Ergebnis bei.

Ich würde mich sehr freuen, wenn die Möglichkeit bestünde, beides zu veröffentlichen, da an den EOS kaum Informationen über die Internationalen Chemieolympiaden bekannt sind.

Mit freundlichen Grüßen

Jens Haupt

Wir wollen diese Bitte erfüllen und eine Aufgabe von der VIII. Internationalen Chemieolympiade - verbunden mit einem Bericht über diesen Wettstreit - veröffentlichen.

VIII. Internationale Chemieolympiade 1976 in der DDR

Vom 10. 7. bis 19. 7. 1976 fand in der Pädagogischen Hochschule "N.K. KRUPSKAJA" in Halle die VIII. Internationale Chemieolympiade statt. Es nahmen 46 Jugendliche, darunter 3 Mädchen, aus 12 Ländern teil. Jede Mannschaft, mit Ausnahme der Delegation Belgiens, bestand aus 4 Teilnehmern. Die Olympiade wurde am 11. 7. 1976 mit einer feierlichen Ansprache des stellvertretenden Vorsitzenden der Chemischen Gesellschaft der DDR Prof. Dr. BITTRICH eröffnet. Prof. BITTRICH würdigte die Chemieolympiade als Stätten des friedlichen Wettstreites der

besten jungen Chemiker vieler Länder im Sinne der Konferenz von Helsinki.

Internationale Chemieolympiaden werden seit 1968 jährlich durchgeführt. Sie fand im vorigen Jahr in der VR Ungarn statt. Im nächsten Jahr wird die ČSSR Gastgeberland sein. Immer mehr Länder bekunden ihr Interesse an einer zukünftigen Teilnahme. Zur Vorbereitung der Schüler auf die Internationalen Chemieolympiaden werden in fast allen sozialistischen Ländern nationale Olympiaden durchgeführt.

Da die DDR keine nationalen Olympiaden auf dem Gebiet der Chemie durchführt, ist der Gang der Vorbereitung bei uns von dem anderer sozialistischer Länder abweichend. Die besten Schüler im Fach Chemie der 12. Klassen werden zu einer Klausur delegiert, die in den Bezirksstädten geschrieben wird. Diese Arbeiten werden an die Pädagogische Hochschule "N.K. KRUPSKAJA" eingesandt und die 30 Besten zu einem Lehrgang während der Winterferien nach Halle eingeladen. Während der Seminare, laborpraktischen Übungen und Klausuren erfolgt eine weitere Auswahl von etwa 8 Schülern. Diese 8 Schüler bereiten sich individuell mit von der Hochschule gestelltem Lehrmaterial auf einen Kurs vor, der während der Frühjahrsferien stattfindet. Dort werden schließlich die 4 Teilnehmer und 2 Ersatzleute nominiert. Die ausgewählte Mannschaft bereitet sich dann selbständig auf die Internationale Olympiade vor.

Der internationale Wettstreit gliedert sich in eine theoretische Klausur über 5 Stunden und ein 4-stündiges Praktikum. Bei der theoretischen Klausur waren in diesem Jahr 7 Aufgaben aus der anorganischen, organischen und physikalischen Chemie zu lösen. Die laborpraktische Übung setzte sich aus 3 Aufgaben zusammen. Die erste bestand in der Identifizierung von Ionen, und die zweite war eine Titration. Bei der dritten Aufgabe waren vier organische Substanzen gegeben. Zu ermitteln war die chemische Struktur der Substanzen. Die Bewertung der Leistungen der Teilnehmer erfolgt durch die Internationale Jury sowie durch die Professoren, die die Aufgaben gestellt haben. Die unabhängig voneinander erhaltenen Punktergebnisse werden schließlich koordiniert.

Außerhalb der Klausuren haben die Teilnehmer Gelegenheit, sich miteinander bekanntzumachen und in Erfahrungsaustausch zu treten, eine Möglichkeit, die außerordentlich gut genutzt wurde. Weiterhin bekommen die Delegationen einen Einblick in das Leben, die Kultur und die Wissenschaft der gastgebenden Länder. In diesem Jahr waren deshalb Be-

triebsbesichtigungen in Leuna bzw. Buna, Fahrten durch landschaftlich schöne Gebiete der DDR wie das Saaletal und den Harz, Besuche in Dresden und in der Händel-Gedenkstätte in Halle im offiziellen Programm.

Am 18. 7. 1976 fand die Abschlußveranstaltung der VIII. Internationalen Chemieolympiade statt. Der Stellvertreter des Ministers für Volksbildung der DDR Karl DIETZEL würdigte die hervorragenden Leistungen aller Teilnehmer. Bei der anschließenden Verleihung der Preise konnten die Teilnehmer aus unserer Republik zwei erste, einen zweiten und einen dritten Preis in Empfang nehmen.

2. Aufgabe aus der theoretischen Klausur

Ein kristallwasserhaltiges Salz $A_xB_y \cdot z\,H_2O$ wird auf seine Zusammensetzung untersucht. Dazu werden 2,3792 g der Substanz mit Thionylchlorid umgesetzt und die Reaktionsprodukte in eine salzsaure, wasserstoffperoxidhaltige Bariumchloridlösung eingeleitet, nachdem zuvor nicht umgesetztes Thionylchlorid durch eine Kühlfalle entfernt wird. Es entsteht ein Niederschlag mit einer Masse von 14,04 g.

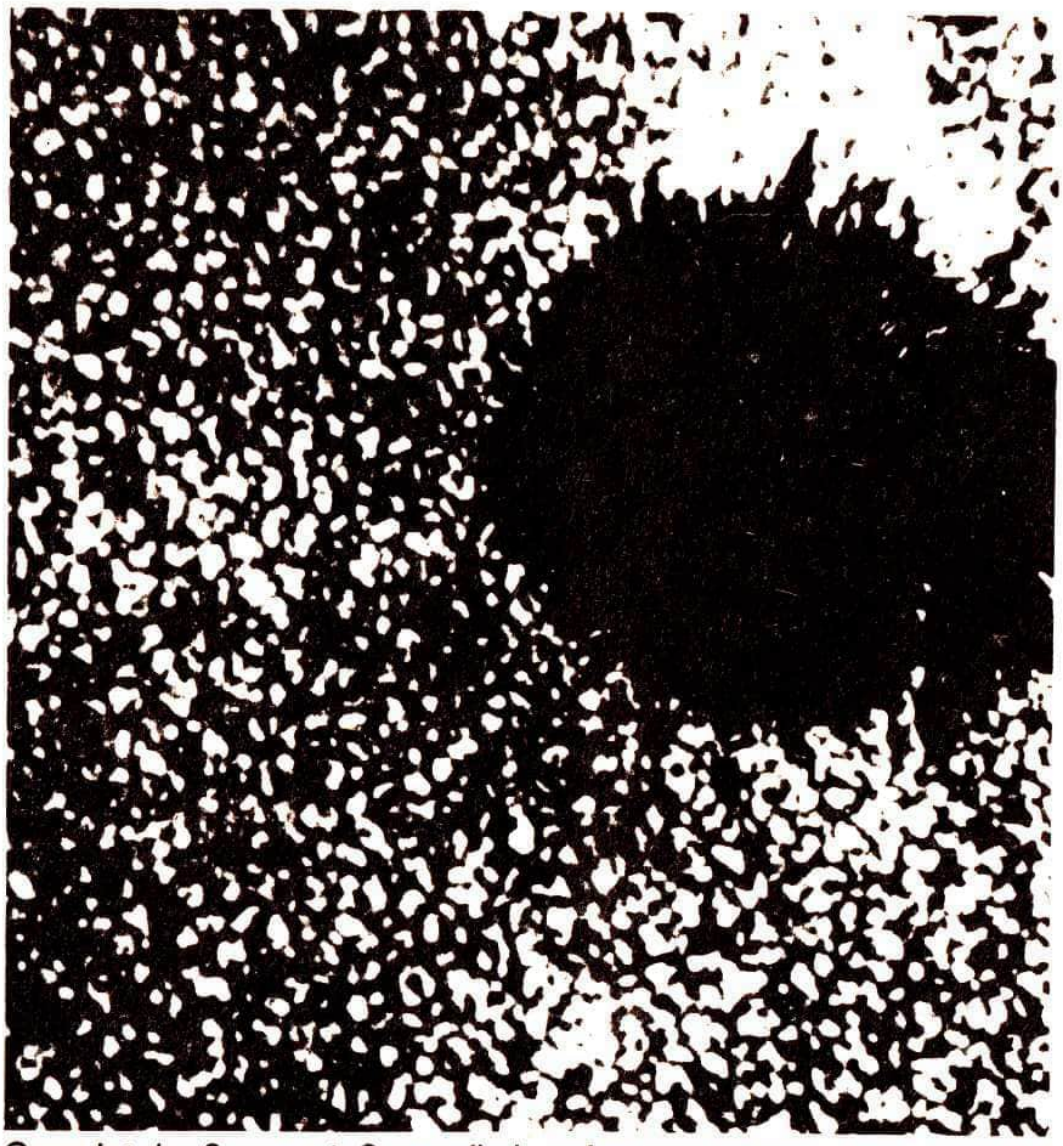
Weitere 1,1896 g der Substanz werden in 100 ml Wasser gelöst. Dabei sind 10 ml der entstandenen Lösung mit 5 ml 0,2 n $AgNO_3$-Lösung äquivalent. Bei der Titration entsteht ein Niederschlag mit einer Masse von 0,14332 g .

Welche Formel hat das Salz, wenn man berücksichtigt, das pro Mol wasserfreies Salz höchstens 7 Mol Wasser gebunden werden können?
Welche Formel könnte ohne die letzte Beschränkung auch zutreffen?

<u>Lösung:</u> mit Beschränkung $CoCl_2 \cdot 6H_2O$

ohne Beschränkung zusätzlich $SnCl_4 \cdot 12\,H_2O$

Wir werden die Lösung im nächsten Heft veröffentlichen. Bis dahin viel Spaß beim Knobeln. Wer Lust hat, schicke uns seine Lösung oder Lösungsideen ein. Die Redaktion hält schon Bücherschecks bereit!



Granulat der Sonne mit Sonnenfleck, aufgenommen von einem sowjetischen automatischen Ballon-Teleskop in der Stratosphäre

Hinweise der Redaktion

Im Heft 3 sind uns bedauerlicherweise einige Schreibfehler unterlaufen. Auf Seite 20 4./3. Zeile von unten muß es heißen "Rotationsinstabilität". Auf Seite 22 muß es in Abb. 2a heißen "v_{rel} groß" und in Abb. 2b "v_{rel} sehr klein". Wir nehmen an, daß Sie beim aufmerksamen Lesen diese sinnentstellenden Fehler schon selbst bemerkt haben!

Desweiteren möchten wir uns für die total verspätete Auslieferung von Heft 3 entschuldigen. Aber leider ist die Auslieferung dem Vorweihnachtspostverkehr zum Opfer gefallen. Wir versprechen Ihnen, daß wir alle Anstrengungen unternehmen, die Verspätungen der Auslieferungen aufzuholen.

S. Schwarz (UdSSR)

Evolution Biosphäre und ökologische Prognose *(Teil 2 und Schluß)*

Die Jahresproduktion lebenden Stoffes wird auf 38 Mrd. t geschätzt. Hierbei werden der Luft mehr als 300 Mrd. t CO_2 entzogen, dem Boden 5 Mrd. t Stickstoff und 10–15 Mrd. t anderer Elemente der mineralischen Ernährung der Pflanzen. Der Wassergehalt der Gewebe der lebenden Organismen übertrifft etwa 5mal die Wassermenge aller Flüsse der Erdkugel.

Genaue Berechnungen zeigen, daß der Mensch in einem Jahr nicht mehr als 1 Prozent der reinen Produktion der Biosphäre konsumiert (nicht gerechnet die fossilen Brennstoffe, die von der Biosphäre der vergangenen Jahrhunderte akkumuliert wurden). Nicht weniger genaue Berechnungen sprechen davon, daß 25 m^2 photosynthetisierende Oberfläche der Blätter an einem Sonnentag soviel O_2 ergeben, wie ein Mensch in 24 Stunden benötigt. Die Verschmutzung der Atmosphäre durch Industriegase senkt jedoch die Energie der Photosynthese um ein Vielfaches.

Es wird deutlich, daß die ökologische Konfrontation keine Folge höherer Bedürfnisse des Menschen ist, sondern daraus resultiert, daß diese Bedürfnisse ohne Berücksichtigung der Struktur und Funktion der Biosphäre befriedigt werden. Wir wissen, daß elementare Struktureinheiten der Biosphäre trophische Niveaus sind, die die Transformation des Stoffes und der Energie gewährleisten. Wir wissen aber auch, daß jedes dieser Niveaus durch Hunderttausende von Arten vertreten wird, von denen jede biologisch einzigartig ist.

Die gleichartige ökologische Arbeit von Tausenden biologisch einzigartigen Arten, die ihrerseits Millionen und Miliarden von Individuen darstellen, von denen jedes biologisch spezifisch ist, schafft auch die erstaunliche "Störunanfälligkeit" der Biosphäre, die ihr die Möglichkeit gibt, für ihre Entwicklung optimale Umweltbedingungen im Laufe vieler Millionen Jahre ungeachtet krasser klimatischer und orographischer, bis zur Gebirgsbildung und Kontinentalbewegung reichender Veränderungen aufrechtzuerhalten.

Daraus wird verständlich, daß die erste Verteidigungslinie der Biosphäre gegen mögliche Störungen ihrer Entwicklung in der, wie die Ökologen sagen, organisierten Mannigfaltigkeit besteht.

Nicht weniger wesentlich ist auch die zweite Linie, der hierarchische Charakter der Strukturniveaus des Lebenden.

Für das folgende grobe Schema, das die Effektivität der Energieausnutzung auf verschiedenen Integrationsniveaus des Lebens charakterisiert, verwendeten wir verschiedenartige Literaturquellen und auch Material unseres Laboratoriums:

Energieausnutzung in Prozenten	
Elementare physiologische Funktionen bis	70 - 80
Komplizierte physiologische Funktionen und Arbeit des ganzen Organismus	15 - 50
Nutzung der Energie der Organismen für Wachstum, Vermehrung, Entwicklung	1,5 - 15
Nutzung der Energie der Populationen für Wachstum, Vermehrung, Entwicklung	0,5 - 7
Nutzung der Energie der photosynthetischen Gemeinschaft	0,1 - 2
Nutzung der Energie der Sonnenstrahlung durch die höheren trophischen Glieder	0,01 - 1
Nutzung der Sonnenenergie für die Produktion neuer tierischer Gewebe	0,0002 - 0,05

Man erkennt: Mit der Erhöhung des biologischen Integra-

tionsniveaus sinkt die Effektivität der Energieausnutzung. Warum hat sich nun aber die Natur, die in der Lage war, ein so vollkommenes Instrument wie das menschliche Gehirn zu schaffen, mit der Schaffung von Gemeinschaften begnügt, die mit einem so geringfügigen Wirkungsgrad arbeiten? Die Antwort ist einfach: Das Verhältnis der effektiven Energieausnutzung auf verschiedenen Integrationsniveaus des Lebens gewährleistet die Erhaltung seiner primären Grundlage: die Erhaltung der zur Reproduktion fähigen Organismen. Was auch auf den oberen Etagen der Natur passieren möge, welche Kataklysmen auch die Biosphäre und die sie zusammensetzenden Biogeozönosen erschüttern mögen, die höhere Effektivität der Energieausnutzung auf dem Niveau der Zellen und Gewebe garantiert das Leben der Organismen, die auch die Struktur des Lebens auf allen seinen Erscheinungsstufen wiederherstellen, und zwar in einer Form, die am besten den neuen Umweltbedingungen entspricht.

Je genauer ein Tier auf Veränderungen der äußeren Umgebung reagiert, um so höher sind seine Chancen im Lebenskampf. Hieraus ergibt sich die unausbleibliche Vervollkommnurg des zentralen Organs der Kommunikation, des Gehirns, dessen minimale Ausmaße von der minimalen Zahl der Moleküle und Atome bestimmt werden, die für die Unterhaltung der Verbindungen im Gehirn notwendig sind. Die Vergrößerung des Gehirns ist eine absolut nützliche Anpassung. Aber die Vergrößerung des Gehirns erfordert eine Vergrößerung der Ausmaße der Organe, die seine Ernährung sichern. Hieraus folgt die Vergrößerung der Ausmaße des Körpers, hieraus die morphologisch-physiologische Entwicklung, die letzten Endes zum Menschen führt.

Das jedoch führt gesetzmäßig zur Senkung der Zahl der Organismen, zur Vereinfachung ihrer Populationen. Daraus folgt unausbleiblich eine Erhöhung der biologischen Anfälligkeit der Organismen. Daher erweisen sich nicht nur höhere Tiere und höhere Pflanzen als Sieger im Lebenskampf, sondern auch zahlreiche Gruppen niederer Organismen, die durch eine große Individuenzahl und eine komplizierte Populationsstruktur charakterisiert sind. Die Vereinigung von Organis-

men mit prinzipiell verschiedenem Typ der Aneignung der Umwelt in einer einheitlichen Biogeozönose garantiert die Stabilität der ökologischen Systeme und der Biosphäre als Ganzes.

In der freien Natur überwiegen die Produktionsprozesse gegenüber den Destruktionsprozessen. Die ökologischen Systeme werden komplizierter, effektiver und stabiler. Der Mannigfaltigkeitsgrad innerhalb einzelner Biogeozönosen vergrößert sich ständig.

In einer urbanisierten Umwelt verändert sich die Situation wesentlich. Die ökologischen Systeme vereinfachen sich, "verjüngen sich". Ein bedeutender Teil der Energie und des Sauerstoffs wird für die Regeneration gestörter Biogeozönosen, für Destruktionsprozesse schwach disperser Stoffe verbraucht. Stoff- und Energieaustausch werden gehemmt. Die Effektivität der atmosphärischen Homöostase wird gesenkt. Es entstehen neue endemische Formen: technogene Landschaften. Hier wächst unaufhörlich die Anzahl der Arten, die eine erhöhte Resistenz gegenüber Giften, Arzneimitteln usw. besitzen.

Ein grober, gefährlicher und sehr verbreiteter Fehler besteht jedoch darin, daß man diese ökologische Prognose als Voraussicht des Charakters des wachsenden Einflusses des Menschen auf die Natur ansieht. Die Frage dagegen, wie die Biosphäre auf unsere Einwirkungen antwortet, bleibt im Schatten.

Natürlich vernichtet das Abführen giftiger Stoffe in Flüsse oder in den Boden die Natur. Aber diese und ähnliche Aktionen darf man nicht als Ausdruck der Verhaltensstrategie des Menschen der industriellen Gesellschaft gegenüber der Natur betrachten, sondern als Abweichungen von der optimalen technischen Politik.

Es genügt festzustellen, daß die Kenntnis der grundlegenden Prinzipien, die die Aufrechterhaltung des biosphärischen Gleichgewichts bedingen, die Grundlage dafür schaffen, eine optimale Verhaltensstrategie des Menschen zur Natur zu realisieren. Das Wesen dieser Strategie kann sehr kurz formuliert werden: Der Mensch muß seine Produktionsprozes-

se in den normalen Stoff- und Energiekreislauf der Biosphäre einschalten. Hinzuzufügen wäre: "der neuen Biosphäre".

Es mag der Eindruck entstehen, daß eine solche Formulierung nicht mehr ist als ein frommer Wunsch, der nicht einmal durch allgemeine Vorstellungen untermauert ist, in welcher Weise dies realisiert werden soll. Mir scheint, daß auch darauf eine recht gut definierte Antwort möglich ist: Der Mensch soll nicht die Funktion der Biosphäre übernehmen, sondern der Biosphäre die Arbeit erleichtern. Ich würde mich nicht scheuen, zu sagen, daß das Verhältnis des Menschen zur Natur auf Vertrauen gegründet sein muß. Dazu ein Beispiel: Die wasserhaltende und klimaregelnde Rolle des Waldes wurde seit jeher geschätzt. Selbst ausgesprochen aggressive Technokraten sind sich dessen bewußt, daß eine Reduzierung der Wälder eine Katastrophe heraufbeschwört. Das Verseichen von Flüssen birgt Gefahren für die Zentren der Weltkultur und Industrie in sich, da fast 70 Prozent der größten Städte in Deltas von Flußmündungen liegen. Rom erhält bereits heute zweimal weniger Wasser, als zu Zeiten des Kaisers Augustus durch die berühmten Aquädukte der Ewigen Stadt floß.

Der Ausweg besteht in der Anpflanzung von Wäldern. Ihr Nutzen unterliegt keinem Zweifel. Sie stabilisieren das atmosphärische und hydrologische Regime umfassender Territorien. Allein schon bescheidene Gärten und Parks verringern den Staubgehalt der Luft um 40 Prozent. Der Nutzen steht außer Frage, die Maßstäbe der Arbeit sind grandios. Die allgemeine Fläche von Schutzanpflanzungen in der ganzen Welt (einschließlich der Grünzonen der Städte) ist etwa gleich der Waldfläche Westsibiriens. Wenn man hierzu ergänzt, daß die Urbanisierung nahezu überall von einer Umwandlung der natürlichen Pflanzendecke in Waldparks begleitet ist, dann wird offensichtlich, daß der mit unseren Händen geschaffene Wald der Fläche nach vergleichbar wird mit den natürlichen Wäldern. Aber nur der Fläche nach, nicht nach seinem biologischen Wesen. Ihnen fehlt eine Haupteigenschaft der natürlichen Waldbiogeozönosen - die

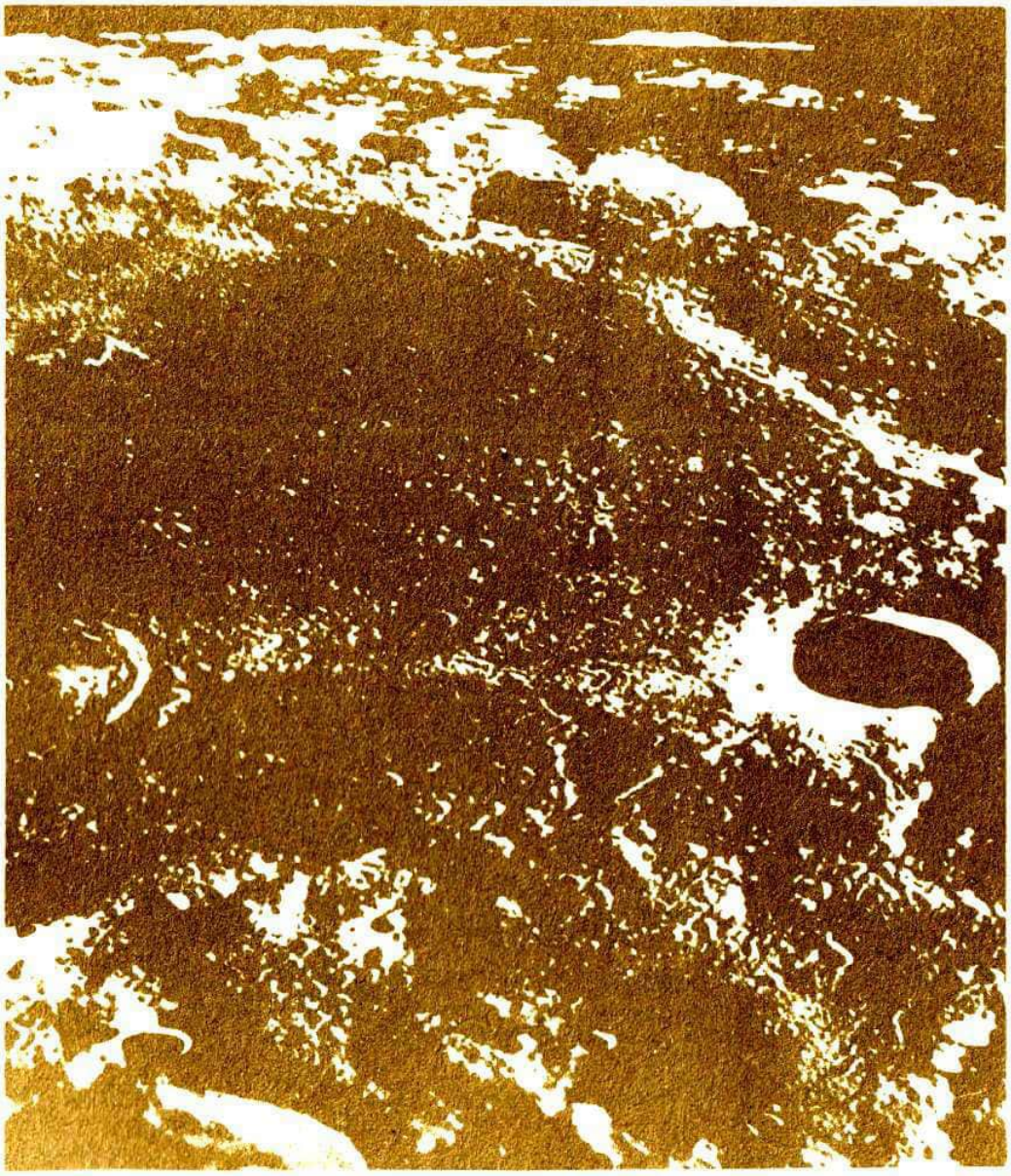
Fähigkeit zur Selbstentwicklung und zum Selbstschutz. Mehr noch, die Mehrheit dieser Wälder ist unfähig zur Selbsterneuerung.

Bei der gesamten Arbeit zur Schaffung künstlicher Wälder wirkte sich Kraft und Schwäche des technischen Denkens aus, das sich über die Natur stellte. Wenn man schon nicht ohne Bäume auskommt, dann nehmen wir die ganze Arbeit zur Erneuerung und Wiederherstellung der Waldmassive auf uns, wir werden das biologische Problem mit technischen Mitteln lösen. Als Ergebnis traten Milliardenausgaben zur Erneuerung und Unterhaltung der Anpflanzungen auf. Es ist aber auch ein anderer Weg möglich, nämlich der Weg der Mitwirkung und der Hilfe, wenn die Natur in einer durch den Menschen veränderten Umwelt spezialisierte Waldbiogeozönosen schafft. Die Tatsache, daß vor unseren Augen Evolutionsprozesse verlaufen, in denen resistente Pflanzengemeinschaften auf Böden entstanden, die stark bleihaltig und phosphorarm sind, spricht dafür, daß eine derartige Fragestellung völlig real ist. Die Entstehung spezialisierter Gemeinschaften in der urbanisierten Umwelt vollzieht sich bereits vor unseren Augen und nicht selten entgegen unserem Willen. Die vereinigten Kräfte der Natur und des Menschen beschleunigen den Prozeß des Schaffens produktiver und stabiler Biogeozönosen in einer veränderten Umwelt.

Folgende Umstände sind besonders wichtig:
An Tieren, Pflanzen und Mikroorganismen durchgeführte Untersuchungen zeigten, daß alle wichtigen Prozesse, die auf dem Populationsniveau und Gemeinschaftsniveau verlaufen, in entscheidendem Maße von dem chemischen Rahmen bestimmt werden, der im Prozeß der Lebenstätigkeit der Organismen selbst geschaffen wird. Im Labor können wir bereits durch Veränderung dieses chemischen Rahmens die Wachstums- und Entwicklungsgeschwindigkeit von Tieren verändern, wesentliche Veränderungen in ihrer Physiologie erreichen, die genetische Zusammensetzung natürlicher Populationen verändern, den Ausgang des Kampfes zwischen konkurrierenden Arten entscheiden. Wir können mit absolut

ungefährlichen, biologisch adäquaten Methoden die Evolution einzelner Arten und ihrer Gemeinschaften in gewünschter Richtung lenken.

Die Entzifferung des chemischen Kodes der individuellen Entwicklung der Organismen ist die gewaltige Entdeckung der Wissenschaft unserer Zeit. Es gibt Gründe für die Annahme, daß die Beherrschung des Kodes, der das Leben der Populationen (und folglich der Biozönosen) lenkt, ein wissenschaftliches Ereignis sein wird, dessen praktische Bedeutung man kaum überschätzen könnte.



Schrägaufnahme des Mare Nectaris aus einer Mondumlaufbahn - in 100 km Höhe

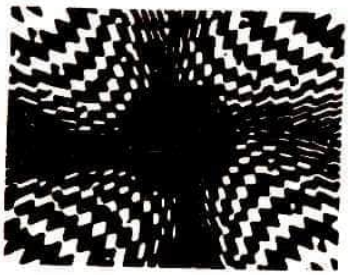
Ebenfalls wird offensichtlich, daß die moderne Biologie über ein hinreichendes theoretisches Faustpfand für eine vernünftige "Zusammenarbeit" mit der Natur und über ein zureichendes technisches Arsenal verfügt, mit dessen Hilfe mit ausreichender Objektivität bestimmt werden kann, was wir von der Natur fordern dürfen und was auf keinen Fall. Es ist symptomatisch, daß die Entwicklung dieser Vorstellungen, die sich an der Grenze von Biologie und Philosophie befinden, zu Schlußfolgerungen praktischen Charakters führt.

Zusammenfassend erlaubt uns die Analyse der Haupttendenzen in der Entwicklung der Biosphäre und der Beziehungen des Menschen zu den Problemen der Biosphäre eine sehr allgemeine ökologische Prognose für die nächsten Jahrzehnte zu geben: wesentliche Veränderung der Struktur der Biogeozönosen der Erde; Vergrößerung der Rolle der Populationsprozesse bei der Aufrechterhaltung des biozönotischen Gleichgewichts; Entwicklung zur Selbsterneuerung und Selbstregulation fähiger spezifischer Biogeozönosen antropogener Landschaften, die sich durch eine erhöhte Stabilität und erhöhte Fähigkeit zur biologischen Reinigung auszeichnen; auf Territorien, die nur eine begrenzte anthropogene Entwicklung zulassen, Entwicklung von Biogeozönosen, die sich durch eine erhöhte biologische Produktivität auszeichnen; Erhaltung des allgemeinen Gleichgewichts der Biosphäre auf einem Niveau, das die optimale Entwicklung der menschlichen Gesellschaft gewährleistet.

Für die Lösung dieser Aufgaben ist es notwendig, die ökologische Expertise in die industrielle und landwirtschaftliche Produktion und die industrielle Kultur in die Praxis der Naturnutzung einzuführen. Anstelle des passiven "Naturschutzes" muß eine Arbeit zur Schaffung einer optimalen natürlichen Umwelt treten, die Schaffung von Biogeozönosen, die zur Selbstregulation in einer durch den Menschen veränderten Umwelt fähig sind.

aus „Wissenschaftliche Welt" 2/1976, gekürzt

physikaufgabe 16



Warum fotografiert man Sterne häufig mit einem Blaufilter?

Senden Sie die Lösung der Aufgabe an uns ein (mit Angabe des Namens, des Alters und der Anschrift).
Die besten Lösungen werden prämiert und veröffentlicht.

---

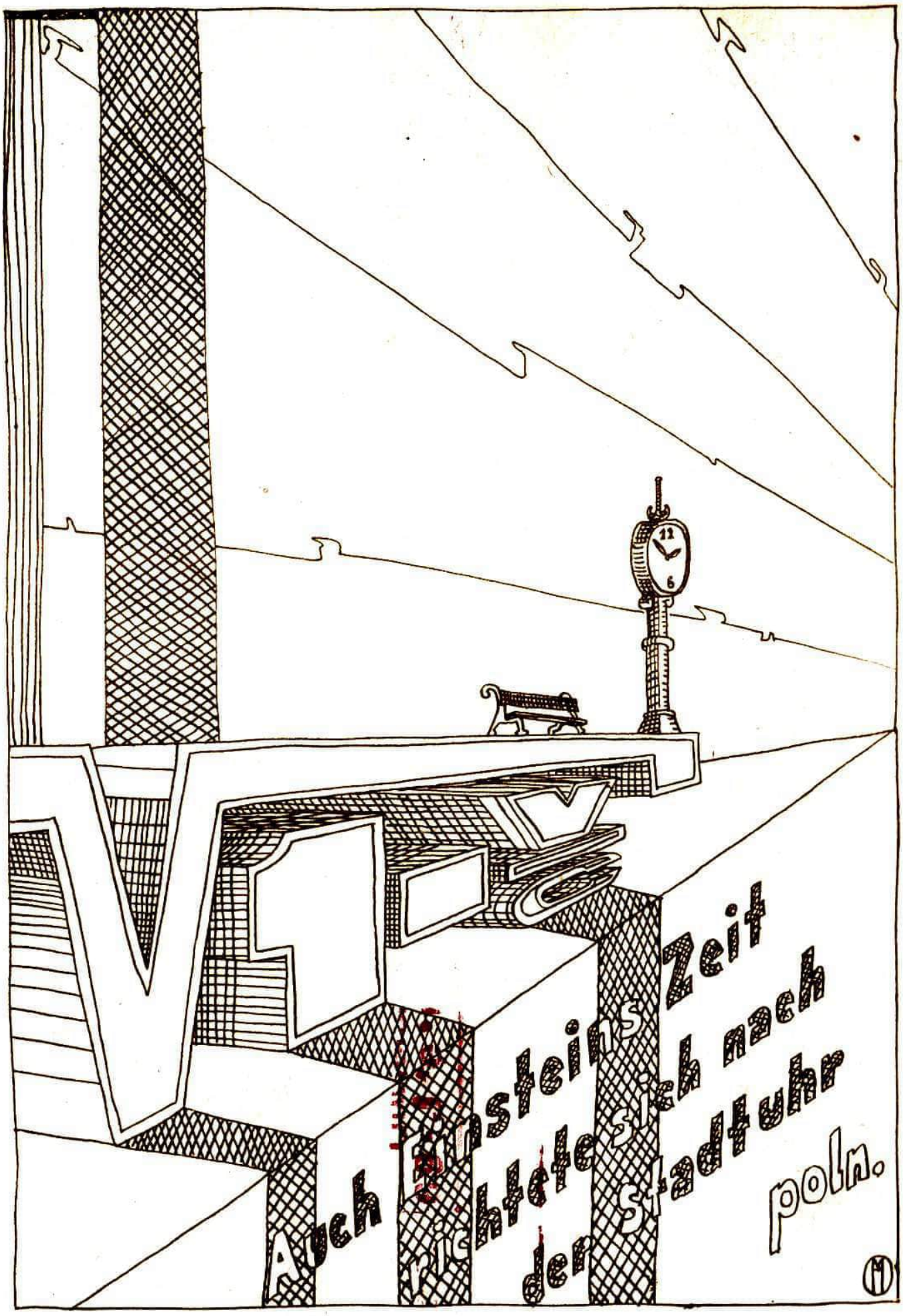
lösung der physikaufgabe 13 aus heft 2/10. jg.

aufgabe: Bekanntlich müssen Schiffe, die um die Erde schwimmen, an der Datumsgrenze das Datum einen Tag vor oder zurückstellen, je nachdem, ob sie von W nach O oder von O nach W kommend den 180. Meridian passieren.
Die Insassen eines Flugzeuges, das in Richtung Osten in 23 Stunden die Erde umfliegt, kommen eine Stunde früher am Abflugort an, als sie weggeflogen sind.
Es gibt aber auch eine weniger anstrengende Verjüngungskur: Man begibt sich zum Nordpol, umkreist ihn in Richtung W-O; so kommt man nach jeder vollen Runde einen Tag zurück.
-Ungeahnte Möglichkeiten der Altersmanipulation, der Blikke in Vergangenheit und Zukunft ergeben sich.

---

lösung: eingesandt von André Dehler, 17 Jahre

Man stelle sich eine Momentaufnahme der Erdbewegung vor, bei der die Sonne über dem 0. Längengrad (Greenwich) kulminiert und überlege sich die Ortszeit an verschiedenen Längenkreisen: Während es in Greenwich 12^{00} (Mittag) ist, zeigt die Uhr 15 Grad weiter westlich schon 13^{00}, 30 Grad weiter 14^{00} usw.; also 180 Grad westlicher Länge 24^{00} (Tagende). Würde man von hier aus 15 Grad weiter westwärts wandern, so wäre es 1^{00} Beginn dieses oben erwähnten Tages; d.h. wir müssen das Datum unserer Uhr zurückdrehen (Datumsgrenze). Bei einer Flugreise "rund um den Nordpol" müssen wir also unsere Uhr kontinuierlich (je nach Längenkreis) verstellen, an der Datumsgrenze dabei das Datum zurückstellen.
Durch die Einteilung der Erde in Zeitzonen wird daran nichts geändert. Das Verstellen der Uhr erfolgt nun nicht mehr kontinuierlich, sondern entsprechend den Zonenzeiten (z.B. MEZ, WEZ). (Die Pole sind bei den Betrachtungen ausgeschlossen.)


Auch Einsteins Zeit
richtete sich nach
der Stadtuhr
poln.

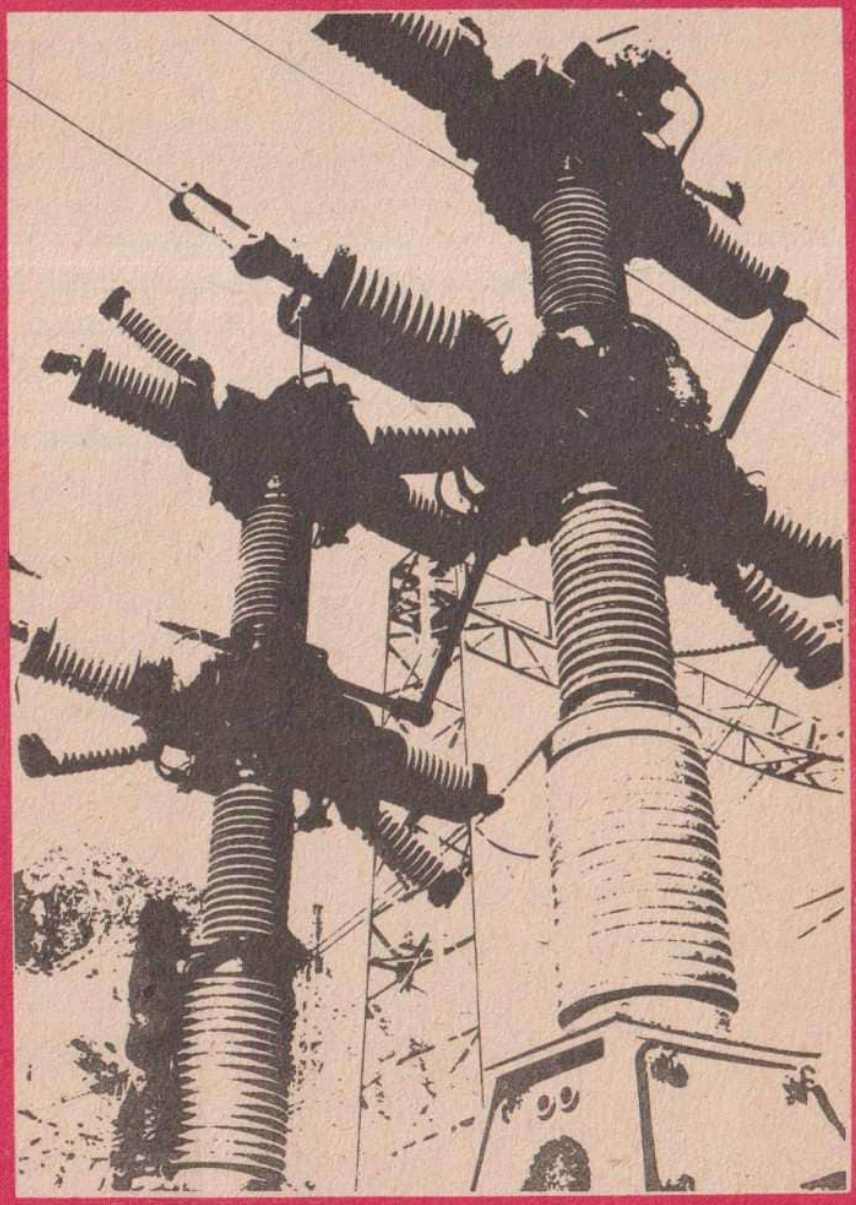
SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

10. JAHRGANG (1976/77)

40 Pf

impuls 68

6



Regenbogen

☆

Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie

☆

Moose

☆

Jenaer Studentenclubs

☆

Schwarze Löcher

☆

Einstein und die Aufgaben eines Physikers heute

Titelbild:
Hochspannungsisolatoren

impuls 68

MONATSZEITSCHRIFT FÜR SCHÜLER DER KLASSEN 9 BIS 12

Herausgeber: FDJ-Aktiv „impuls 68" der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Sozialistisches Studentenkollektiv Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR

Anschrift: „impuls 68", 69 Jena, Max-Wien-Platz 1
„impuls 68" erscheint monatlich von September bis Juni unter der Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR. Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen. Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981. Preis des Jahresabonnements: 4,- M

Redaktion: Dipl.-Phys. Hans-Dieter Jähnig (Chefredakteur), Dr. Eberhard Welsch (amt. Chefredakteur), Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen), Dipl.-Chem. Peter Renner (Chemie), Dipl.-Biol. Bärbel Schubert (Biologie), Dipl.-Phys. Wilfried Hild (Gestaltung), Dipl.-Phys. Lutz Günther (Astronomie und fotograf. Gestaltung), Harry Hedler (Korrespondenz), Gudrun Beyer (Korrektor)

Inhalt:

ALLTAGSPHYSIK: Der Regenbogen	PHY	3
Unscheinbar, aber interessant und wichtig – die Moose	BIO	7
Liebe Leser		12
Stand und Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie (3)	CHE	13
Die Jenaer Studentenclubs		18
Schwarze Löcher (1)	AST	21
Einstein und die Aufgaben eines Physikers heute (1)	DOK	26
Physikaufgabe 17		31

Paul Seidel
Diplom-Physiker
Sektion Physik
der FSU Jena

Alltagsphysik: Der Regenbogen

PHYSIK

Heute soll es um eine Naturerscheinung gehen, die sich durch einfache physikalische Überlegungen erklären läßt. Der Regenbogen zählt wohl zu den bekanntesten Naturerscheinungen, die unsere Aufmerksamkeit erregen. Dieses Farbenspiel in riesigen Dimensionen ist eine einfache Folge der Brechung und Totalreflexion des Sonnenlichtes in den Regentropfen.

Man sieht den Regenbogen bekanntlich nur, wenn man die relativ niedrig stehende Sonne im Rücken hat und "zwischen ihr und den Wassertropfen" steht.

Auch eine "künstliche" Erzeugung eines Regenbogens ist möglich. Dabei kann die feine Wassertröpfchenwolke durch eine Beregnungsanlage oder mittels einfacher Zerstäuber erzeugt werden.

Wie entsteht nun solch ein Regenbogen? Oder besser gesagt, wie entstehen Haupt- und Nebenregenbogen? Beide Erscheinungen sind gleichzeitig zu sehen, der Nebenregenbogen ist aber relativ intensitätsschwach. (Abb.1)

Schon im Jahre 1637 hat der französische Gelehrte René Descartes (1596 - 1650) eine brauchbare Erklärung für die Entstehung des Regenbogens mit Hilfe der geometrischen Optik gegeben. Er erklärte die auftretenden Winkelweiten des Haupt- und Nebenregenbogens durch die Brechung und Totalreflexion im Regentropfen. Diese Theorie wurde durch den englischen Astronomen und Physiker Sir George Bidell Airy (1801 - 1892), durch seine Beugungs- und Interferenztheorie, ergänzt, womit die Färbung der Regenbogen erklärt werden konnte.

Betrachten wir zunächst den Hauptregenbogen. Ein "weißer" [1] Sonnenstrahl fällt auf den Regentropfen und wird beim Übergang vom optisch dünneren Medium (Luft) ins optisch dichtere

Medium (Wasser) gebrochen, d.h. der Winkel bezüglich des Einfallslotes wird verkleinert (Abb.2a).

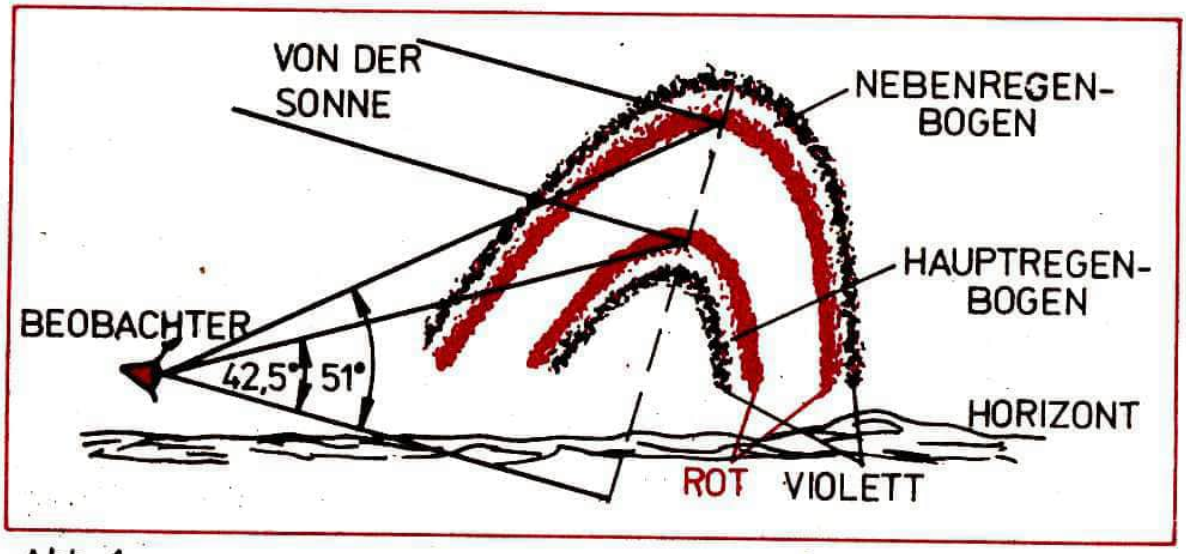


Abb. 1

Beim Austritt des Lichtstrahles vom Wassertropfen in die umgebende Luft vergrößert sich der Winkel zum Einfallslot wieder (Abb. 2b). Ist der Einfallswinkel dieses Lichtstrahles jedoch größer als der Grenzwinkel (bei Wasser ⟶ Luft ca. 48,5 °), so kommt es zur Totalreflexion, d.h. der Lichtstrahl verläßt nicht mehr den Wassertropfen, sondern wird vollständig reflektiert. Hierbei ist der Ausfallswinkel gleich dem Einfallswinkel (Abb. 2c).

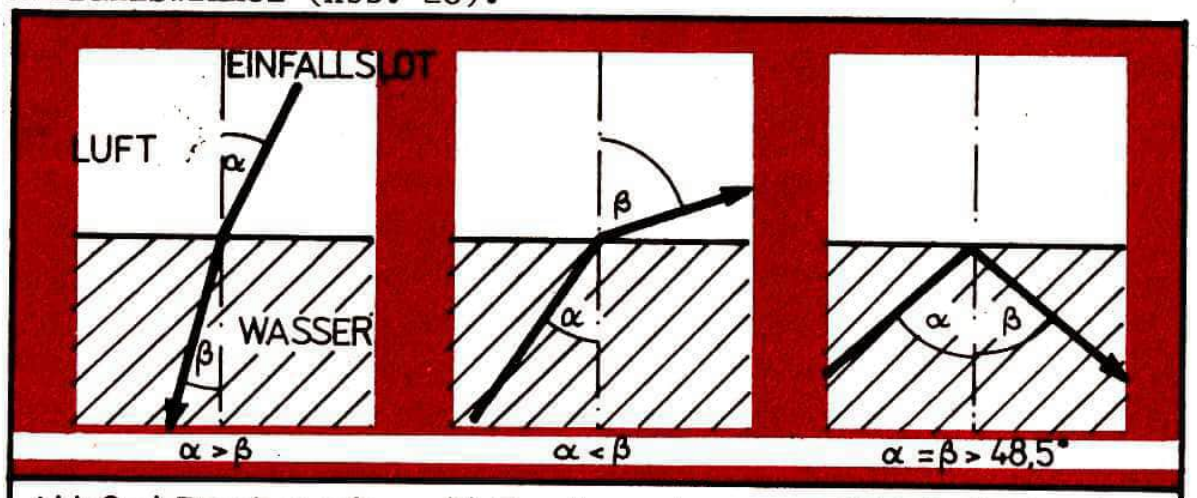


Abb.2 a) Brechung des Lichtes beim Übergang von Luft in Wasser

b) Brechung des Lichtes beim Übergang von Wasser in Luft

c) Totalreflexion des Lichtes an der Grenzfläche Wasser → Luft

Unter diesen Bedingungen wird also der Sonnenstrahl den Regentropfen auf einem besonderen Weg durchlaufen und in seiner Richtung völlig verändert (Abb.3).

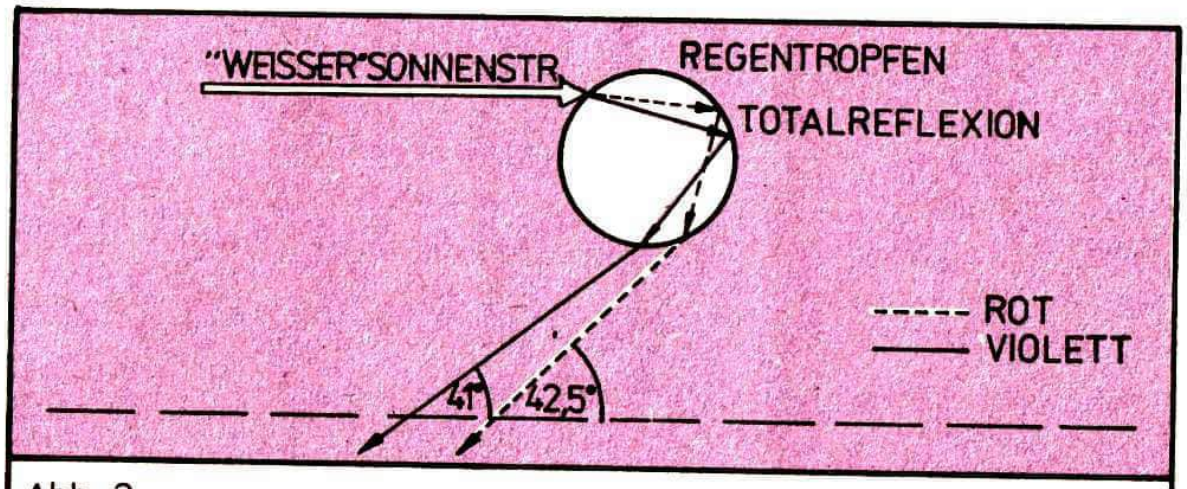


Abb. 3

Andererseits erfolgt beim Eintritt des "weißen" Lichtstrahls, der ja bekanntlich aus vielen verschiedenen Wellenlängen (bzw. sichtbaren Farben) zusammengesetzt ist, eine Zerlegung des Lichts in seine Spektralfarben. Die verschiedenen Wellenlängen haben unterschiedliches Brechungsverhalten und werden somit unterschiedlich abgelenkt (Dispersion). Das bewirkt die verschiedene Lage der farbigen Ringe, die beim Hauptregenbogen von innen nach außen gerade die umgekehrte Reihenfolge der Spektralfarben (violett - indigo - blau - grün - gelb - orange - rot) aufweisen (Abb.3).

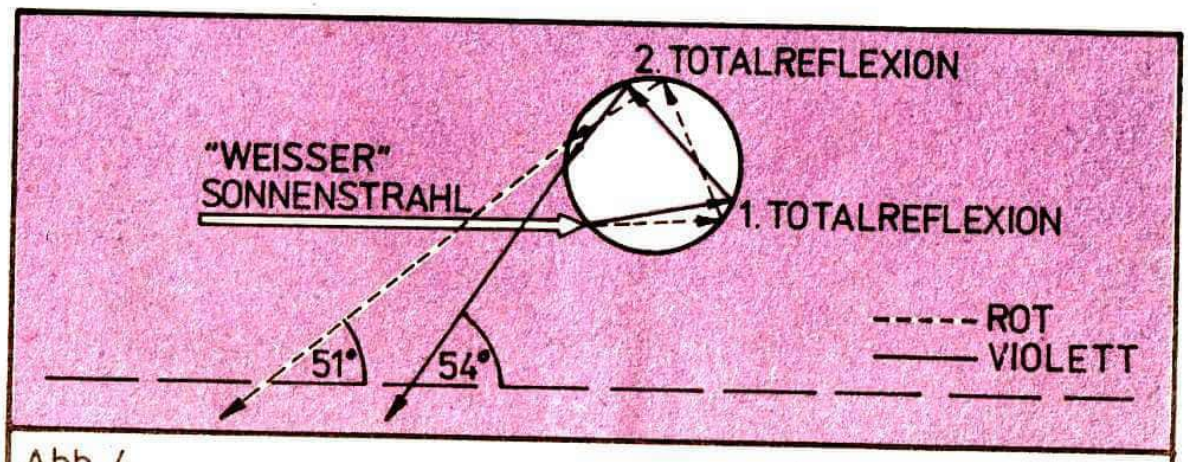


Abb. 4

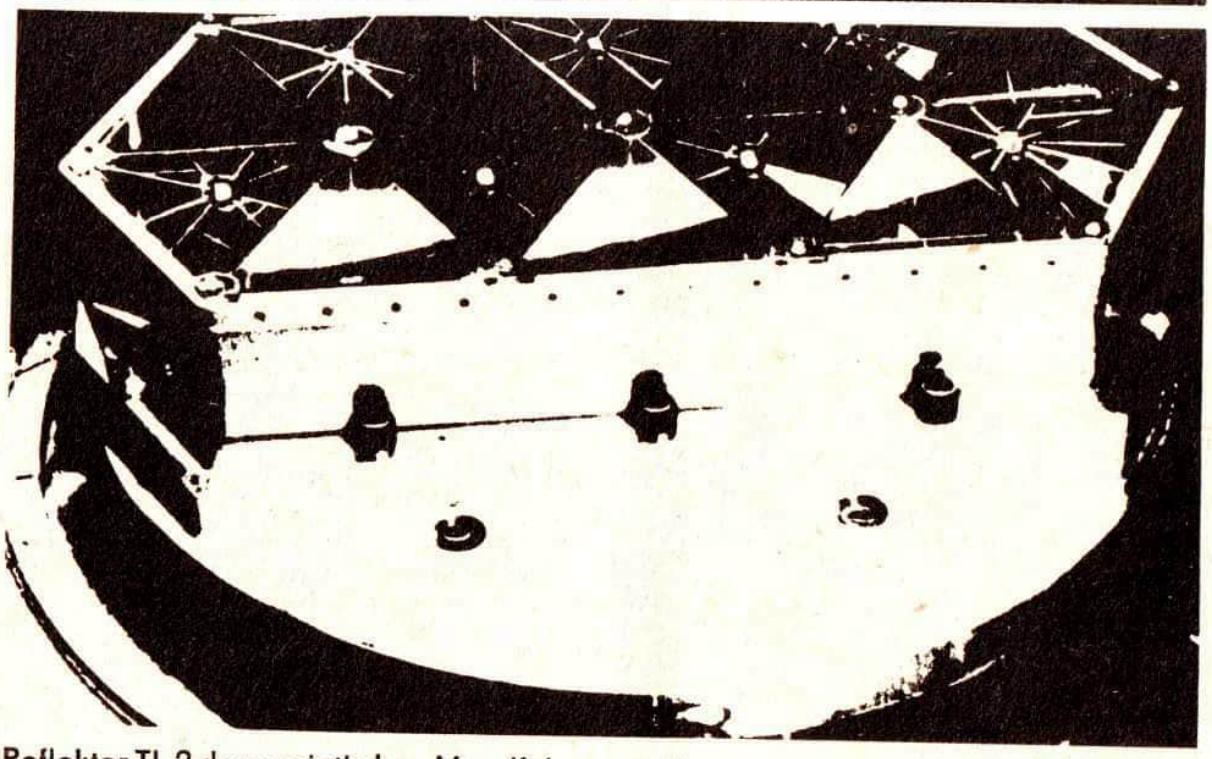
Verständlich wird damit auch die Tatsache, daß der Regenbogen ein Kreisbogenstück darstellt. Für eine Farbe muß der Blick-

winkel ja stets der gleiche sein, so daß sich ein symmetrischer Kreiskegel um die Achse Sonne - Beobachter ergibt. Da unser Auge an der Spitze dieses Kegels ist, kann man nur den Kegelmantel - einen Kreis also - sehen. (Daß der größere Teil dieses Kreises nicht sichtbar ist, kann man aus Abb. 1 entnehmen.)

Der Nebenregenbogen entsteht bei zweifacher Totalreflexion im Wassertropfen (Abb.4). Dabei vergrößert sich der Beobachtungswinkel, so daß der Nebenregenbogen oberhalb des Hauptregenbogens entsteht. Die zusätzliche Reflexion bewirkt außerdem eine Umkehr der Farbreihenfolge, so daß die Ringe von innen nach außen, vom Rot zum Violett übergehen.

Die Redaktion hofft, daß unsere Leser, auch nachdem sie über die physikalischen Ursachen der Entstehung eines Regenbogens aufgeklärt worden sind, weiterhin in der Lage sein werden, den Anblick eines solchen - sollten sie ihn plötzlich entdecken - unverbildet und ohne Einschränkung zu genießen.

1) Man bezeichnet das aus den Überlagerungen des gesamten Spektrums entstehende Licht oft als weißes Licht, da es unseren Augen farblos erscheint.



Reflektor TL-2 des sowjetischen Mondfahrzeuges Lunochod-1

Wolfgang Dick
Schüler

Unscheinbar, aber interessant und wichtig - die Moose

BIOLOGIE

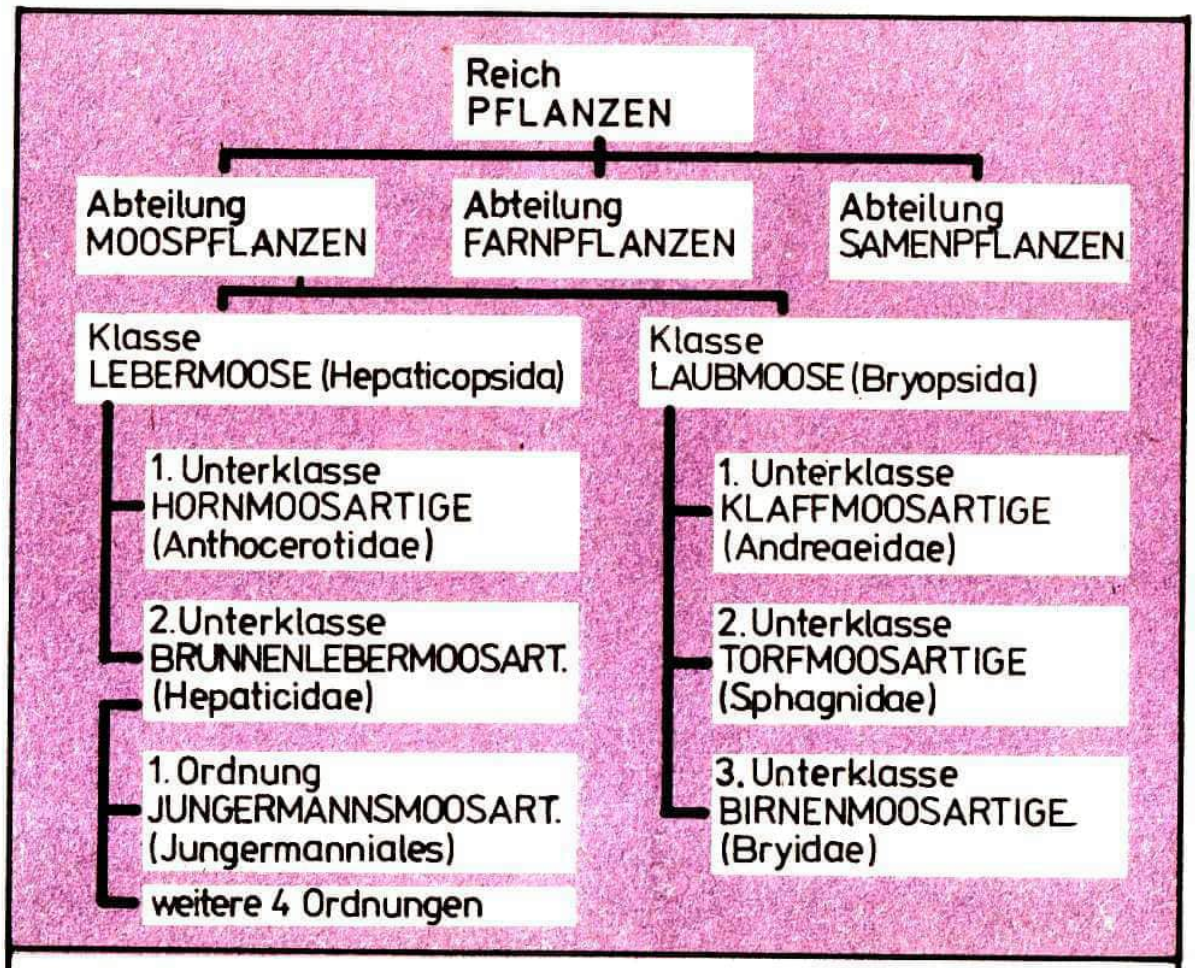
Die Moose gehören zu den artenreichsten und verbreitetsten Pflanzen des gesamten Pflanzenreiches. Jeder kennt sie, doch wird meist darüber hinweggesehen, da sie recht unscheinbar sind.
In diesem Artikel soll keine genaue morphologische und physiologische Beschreibung der Moose gegeben werden - dazu gibt es genug Lehrbücher der Botanik -, sondern es soll versucht werden, das Interesse für die Beschäftigung mit diesen Pflanzen zu wecken.

Die Moose werden meist als eine Abteilung des Pflanzenreiches betrachtet. Es werden zwei deutlich abgegrenzte Klassen, die Lebermoose und die Laubmoose, unterschieden. Insgesamt gibt es etwa 25000 Arten, die auf der ganzen Erde,von der Tundra bis zum tropischen Regenwald,verbreitet sind.

Anatomie und Physiologie der Moose

Die Moose sind autotrophe, chlorophyllführende Pflanzen.
Eine einzige Gattung (Cryptothallus) ist chlorophyllfrei und ernährt sich saprophytisch von abgestorbenen Pflanzen.
Die meisten Moose leben auf dem Festland, einige Arten haben sich jedoch dem Wasserleben angepaßt.
Der Vegetationskörper kann bei entwicklungsgeschichtlich fortgeschrittenen Formen in Rhizoide, Moosstämmchen und Moosblättchen gegliedert werden. Die Verkleinerungsformen weisen darauf hin, daß die Gliederung viel weniger als bei den Farn- und Samenpflanzen vorhanden ist. Der Vegetationskörper wird deshalb im Gegensatz zum Kormus der Samenpflanzen

als Thallus bezeichnet. Die Moose besitzen keine Wurzeln, sondern nur Zellfäden (Rhizoide) zur Verankerung im Boden. Die Blätter sind meist einschichtig und eignen sich deshalb hervorragend als mikroskopische Objekte.



Die Stellung der Moose im System der Pflanzen

Die Fortpflanzung verläuft als Aufeinanderfolge einer geschlechtlichen und einer ungeschlechtlichen Generation. Dieser als Generationswechsel bezeichnete Vorgang ist bei den Moosen besonders stark ausgeprägt. Näheres dazu kann man im Biologiebuch der Klasse 11 nachlesen.
Außerdem ist eine vegetative Fortpflanzung möglich durch verschiedenartige Brutkörper, die sich von der Mutterpflanze ablösen können.

Die Lebermoose (Hepaticopsida)

Die Lebermoose besitzen entweder einen flächigen, gelappten Thallus oder einen Stengel mit Blättern ohne Mittelrippe.

90 % (etwa 9000 Arten) gehören der Ordnung Jungermannsmoosartige (Jungermaniales) an. Sie sind vor allem in den Tropen verbreitet. Dort leben sie auf dem Boden, auf Holz oder auf Blättern.
Die bei uns bekannteste Art der Lebermoose ist Marchantia polymorpha, das Brunnenlebermoos (Ordnung Brunnenlebermoosartige - Marchantiales). Es kommt kosmopolitisch an feuchten Standorten vor. Früher gewann man daraus einen alkoholischen Auszug, der bei Leberleiden angewendet wurde. Daher hat auch die Klasse ihren Namen.
Die meisten Lebermoose enthalten in ihren Zellen "Ölkörper" (Tropfenzusammenballungen ätherischer Öle), die in dieser Form einmalig im gesamten Pflanzenreich sind.

Die Laubmoose (Bryopsida)

Die Laubmoose sind das, was man sich gewöhnlich unter Moosen vorstellt. Ihr Vegetationskörper hat stets einen Stengel mit Blättern, die eine Mittelrippe besitzen.
Die Einteilung der Laubmoose ist nicht ganz einheitlich. Manchmal werden nur drei Ordnungen unterschieden, manchmal auch acht. Sehr bekannt sind die Torfmoose. Sie kommen vor allem in Hochmooren vor. Aus den oft kilometerlangen Teppichen bildet sich der kostbare Torf, der im Gartenbau zur Bodenverbesserung eingesetzt wird.
Die Mehrzahl der Laubmoose gehört zu den Birnenmoosartigen (Bryales), benannt nach der Form ihrer Sporenkapseln. Sie bilden in unseren Wäldern große Rasen oder Polster, die den Boden vor Austrocknung schützen. Am bekanntesten sind die Widertonmoose, zu denen das Goldene Frauenhaar (Polytrichum commune) gehört. Diese weit verbreitete Art nutzte man früher zur Behandlung erkrankter Atmungsorgane.

Laubmoose finden wir aber auch an extremen Standorten, so z. B. zwischen Pflastersteinen und auf Dächern das Silber-Birnmoos (Bryum argentum) oder in unterirdischen Höhlen das interessante Leuchtmoos (Schistostega osmundacea). Durch einen entsprechenden Bau der Zellwand wird beim Leuchtmoos das Licht wie in einer optischen Linse gebrochen und auf die

Chloroplasten konzentriert. Es kann auf diese Weise noch bei 1/500 des normalen Tageslichtes existieren. Derartiges Moos findet man z. B. in der "Drachen-Höhle" in Syrau bei Plauen, die für den Besucherverkehr (mit Führungen) eingerichtet ist. In den Tropen besiedeln die Moose in unglaublichen Mengen die Bäume, oft als lang herabhängende Schleier.

Die Bedeutung der Moose

Bereits aus dem Unterricht dürfte die große Bedeutung der Moose für den Wasserkreislauf der Natur bekannt sein. Sie entziehen dem Boden direkt nur sehr wenig Wasser, wirken jedoch als Wasserspeicher. (Ein feuchtes Moospolster kann man wie einen Schwamm ausdrücken!)

Weiterhin sind die Moose von Nutzen

- bei der Erstbesiedlung neben den Algen und Flechten
- bei der Torfbildung (Torf wurde früher als Brennstoff, heute zur Bodenverbesserung verwendet)
- als natürliche Heilmittel
- in der Blumenbinderei (Weißmoos, Leucobryum glaucum)
- als Indikatorpflanzen (Standortzeiger).

Stammesgeschichte

Die Abstammung der Moose ist noch weitgehend ungeklärt. Fossile Reste finden sich seit dem Mittelkarbon, doch diese sind nicht sehr aufschlußreich, da sie den rezenten (d. h. heute lebenden) Arten zu ähnlich sind. Meist wird angenommen, daß sich die Moose zusammen mit den Farnen von bestimmten Grünalgenformen ableiten, doch gibt es dafür keine Beweise.

Zur Beschäftigung mit den Moosen

Die Bestimmung der Moose ist etwas schwierig, da sich viele Arten kaum voneinander unterscheiden. Das schreckt wohl die meisten vor einer näheren Beschäftigung mit ihnen zurück. Für den Anfang genügt es aber, wenn man sich bei der Bestimmung auf die Familien beschränkt. Sehr erleichtert wird die Arbeit, wenn die Pflanzen gerade Sporogone (gestielte Sporenkapseln) ausgebildet haben. Dann kann man auch Gattungen oder

sogar einzelne Arten bestimmen. Interessierte Leser seien auf das "Buch der Moose" von Herbert Weymar, Neumann-Verlag, hingewiesen. Es ist vor allem für Anfänger geeignet. In zahlreichen Bildtafeln werden die wichtigsten Moose gezeigt, ausserdem enthält das Buch einfache Bestimmungstabellen, die nach Standorten gegliedert sind. Dort findet man auch Hinweise auf wissenschaftliche Literatur.

Hat man sich erst einmal mit den Moosen beschäftigt, können sie durchaus zum Hobby werden. Dazu gehört natürlich auch die Anlage einer Moossammlung; dies ist nach dem Prinzip der "Wardian Bottle" möglich.
Die sogenannten Wardschen Flaschen wurden in der Mitte des 19. Jahrhunderts von dem englischen Physiker und Biologen Nathaniel Ward entwickelt. Es sind geschlossene Glasgefäße, in die die Moose gepflanzt worden sind (Ward benutzte sie für seine Farnsammlung). In ihnen besteht ein ständiger Kreislauf von Sauerstoff, Kohlendioxid und Wasser. Auf diese Weise benötigen die Moose keinerlei Pflege.
Geeignet sind z. B. Standkolben oder - wesentlich billiger - Marmeladengläser mit Plastdeckeln. Sehr dekorativ wirken kleine Erlenmeyerkolben, die mit Korken verschlossen werden. Sie sind für 1,20 M in Fachgeschäften erhältlich.

Eine derartige Moossammlung läßt sich auch im Unterricht einsetzen. Sie hat den Vorteil, daß das ganze Jahr über Anschauungs- und Beobachtungsmaterial zur Verfügung steht. Sehr interessant ist z. B. die direkte Beobachtung der Entwicklung der Sporogone.

Abschließend sei noch darauf hingewiesen, daß größere Gefäße (Karaffen, Bonbongläser usw.) auch mit anderen Grünpflanzen besetzt und als Raumschmuck verwendet werden können.

Leserpost

Das Aufsatzthema in der Schule lautete:

Das mache ich nie wieder

Das Thema gefällt mir sehr gut, weil ich da etwas aus meinem Leben schreiben kann. Und erlebt habe ich schon viel. Zum Beispiel das.

Aus unserem Wohnort führt eine Straße in den Wald und weiter nach dem nächsten Dorf. Dort, wo der Wald anfängt, kletterte ich auf einen Baum an der Straße. Ich setzte mich in die Äste. Die Hosen waren voll. Ich hatte lauter kleine Steine in den Taschen. Immer wenn ein Auto vorbeikam, schoß ich darauf. Das machte Spaß, weil es so komisch knallte. Dann kam ein Mann auf die Straße. Als er an meinem Baum war, rief er, ob ich mal runter kommen könnte. Er wollte nach einem Weg fragen. Ich kletterte runter, denn ich kannte hier jeden Weg. Aber der Mann muß gesehen haben, was ich gemacht habe, denn er verhaute mich tüchtig.

Das mache ich nie wieder, daß ich vom Baum klettere, wenn mich jemand ruft.

Michael Claus
Diplom-Chemiker

Stand und Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie (Teil 3)

CHEMIE

Nachdem in den ersten beiden Teilen Ausführungen über die Petrolchemie und die technische Darstellung von petrolchemischen Primärchemikalien gemacht wurden, geht es im folgenden um Besonderheiten der Anlagengestaltung in der Petrolchemie.

Besonderheiten moderner petrolchemischer Anlagen

Anlagengestaltung

Die einzelnen Verfahren, welche bisher im Bereich der chemischen Großindustrie für die Produktion bestimmter Erzeugnisse entwickelt wurden, sind im allgemeinen durch optimale Gestaltung innerhalb relativ enger Grenzen gekennzeichnet. Ihre Realisierung führte überwiegend zu in sich geschlossenen Anlagen mit eigener Meß- und Schaltwarte, wie es in Abb.6 schematisch wiedergegeben ist.

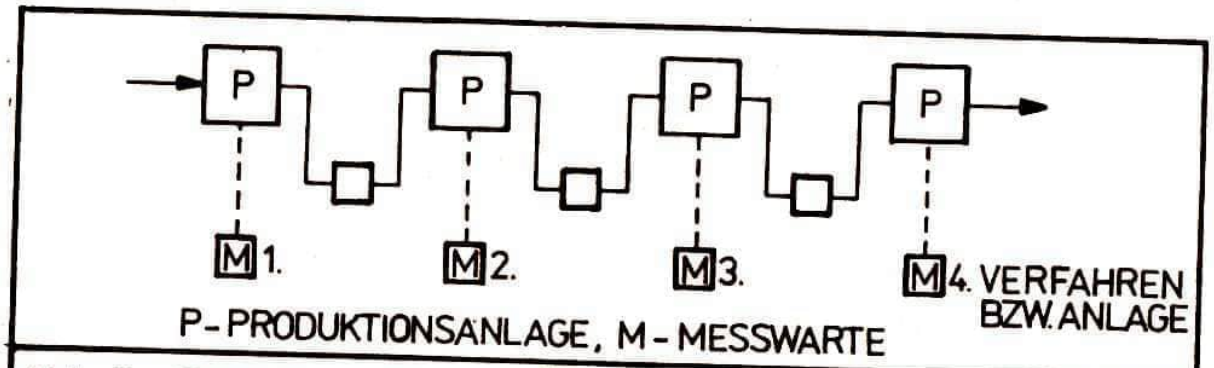


Abb. 6 Trenddarstellung der Verknüpfung chemischer Produktionsanlagen

Diese Anlagen werden als selbständige Einheiten bilanziert, abgerechnet und unter einheitlicher Verantwortung betrieben. Zwischenlagertanks sorgen dafür, daß sie weitgehend unabhän-

gig vom Betriebsgeschehen in den vor- und nachgeordneten Anlagen betrieben werden können. Parallele Produktionseinheiten sichern hohe Produktionsstabilität.

In den letzten Jahren hat sich jedoch eine sichtbare Veränderung in der Gestaltung von Produktionsanlagen ergeben. Die dem Bedarf entsprechenden ständig wachsenden Produktionskapazitäten von Einzelanlagen werden nicht mehr durch Vermehrung der Produktionseinheiten erreicht, sondern durch Vergrößerung dieser Einheiten. Diese Entwicklung führte zwangsläufig zu einer Verknüpfung von bisher selbständigen Einzelanlagen zu integrierten, von zentralen Meßwarten aus gesteuerten Produktionskomplexen. Die zusammengeschalteten Einzelanlagen mit großen Kapazitäten haben dabei weitgehend ihre Selbständigkeit im herkömmlichen Sinne eingebüßt. Diese Entwicklungsetappe dürfte in den nächsten Jahren mit dem Erreichen eines Energieausgleiches zwischen den Einzelanlagen und dem Einsatz von Rechnern für Steuerungszwecke und für die objektive Entscheidungsfindung im Bereich der operativen Lenkung des Betriebsgeschehens ihren Abschluß finden. Der auf diese Weise gekennzeichnete Anlagentyp kann als "klassisch integrierter" Produktionskomplex bezeichnet werden (Abb.7).

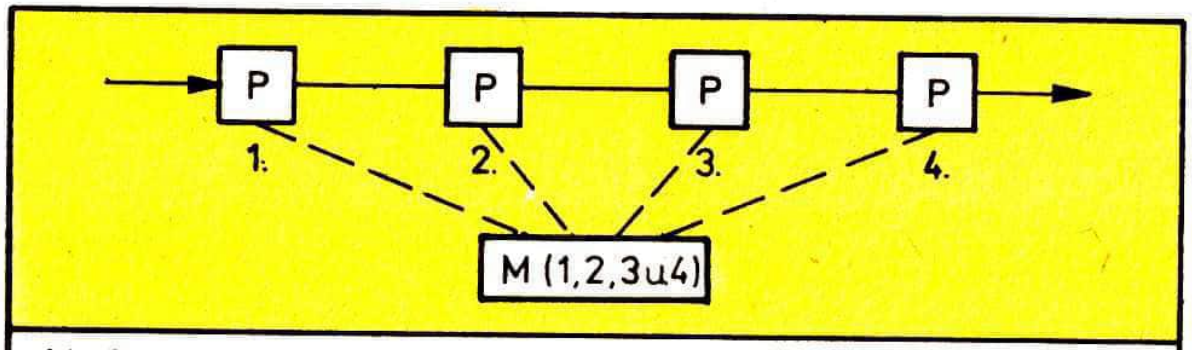


Abb. 7

Die entscheidende Ursache für die Vergrößerung der Anlagenkapazitäten, die in den letzten 10 bis 15 Jahren auf dem Gebiet der Petrolchemie in einigen Fällen das 5 bis 10fache der Werte der ersten Produktionseinheiten erreicht hat (siehe Abb.8), liegt in der auftretenden Kostenverminderung. Die Investitionskosten steigen nicht linear mit wachsender

Anlagenkapazität (Abb.9). Bei Verdopplung der Kapazitäten je Produktionseinheit können z.B. die Preise bei Äthylen und Polyäthylen um 10 % gesenkt werden.

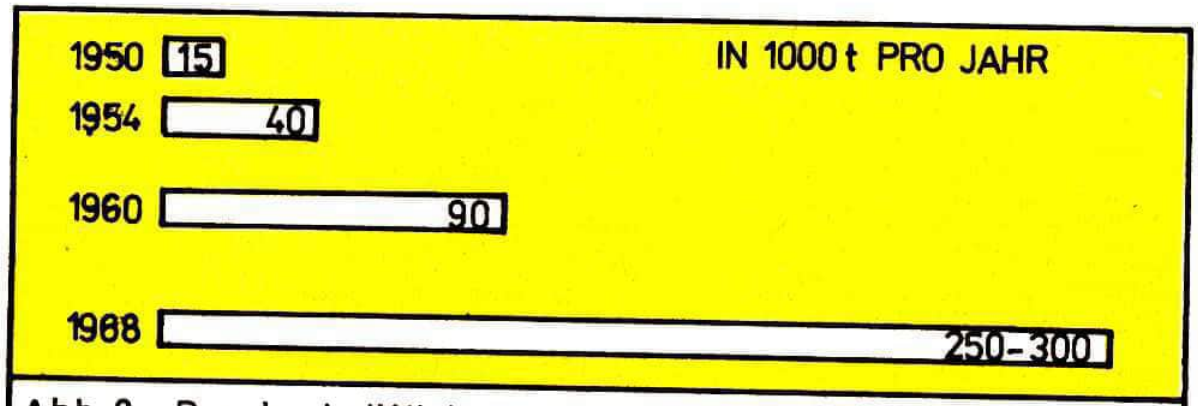


Abb. 8 Durchschnittliche Anlagenkapazität bei Inbetriebnahme

Demgegenüber ist bei solchen großen "Einstranganlagen" das Produktionsrisiko relativ hoch im Vergleich zu herkömmlichen Chemieanlagen mit parallelen Produktionseinheiten. Selbst Störungen mit kleinen Ursachen können zum kompletten Ausfall der Anlage führen. Bezieht man die direkt betroffenen Verarbeitungsanlagen mit ein, so ist eine Verdoppelung der Verluste leicht möglich. Werden außerdem die Produktionsverluste beim Abstellen und Wiederanfahren der Anlage (bis zum Erreichen der erforderlichen Reinheiten der Produkte) sowie die indirekten Kosten berücksichtigt, dann kann ein Schadensfall eintreten, der die Wirtschaft eines kleinen Landes empfindlich zu treffen vermag.
Dem wird schon in der Projektierung und im Bau solcher Anlagen entgegengewirkt, indem die Richtigkeit der Gesamtkonzeption sehr gründlich überprüft wird und nur bewährte und erprobte Maschinen, Armaturen und Geräte eingesetzt werden.

Zur Überwachung und Steuerung der Prozesse besitzen petrolchemische Anlagen oft einen hohen Automatisierungsgrad, der ein frühzeitiges Erkennen von Störungen und Havarien ermöglicht und zu deren Verhinderung maßgeblich beiträgt. Die dazu notwendige BMSR-Technik (Betriebs-Meß-Steuer- und Regelungstechnik) trägt nicht unwesentlich zu hohen Investitionskosten bei.

Gleichzeitig wird auf die Rolle des Betriebspersonals aufmerksam gemacht. Zur Überwachung und Steuerung müssen Arbeitskräfte vorhanden sein, deren Qualifikation diesem hohen Automatisierungsgrad entspricht, und die den Produktionsprozeß perfekt beherrschen, um sowohl qualitativ und quantitativ eine maximale Produktion abzusichern, als auch bei Störungen den Grad der Fehlentscheidungen so gering wie möglich zu halten.

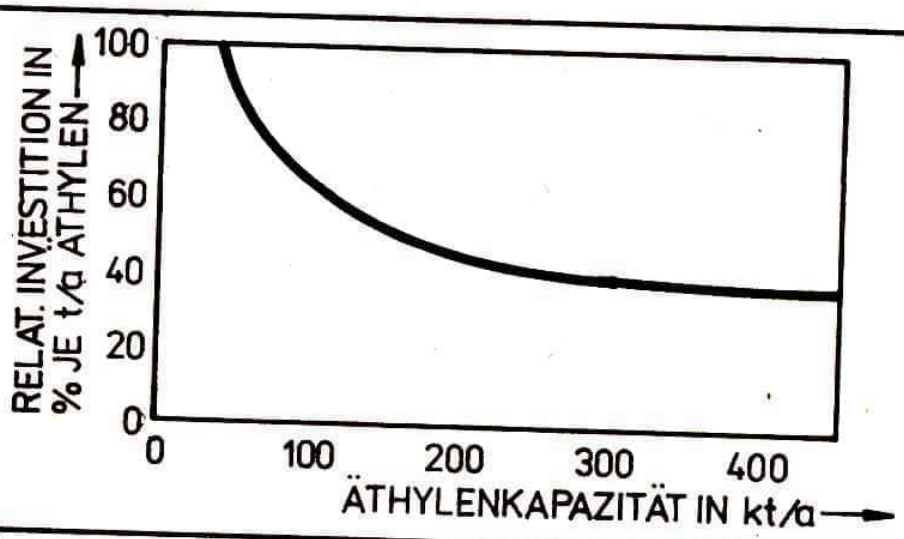


Abb. 9 Abhängigkeit der spezifischen Investitionskosten für Olefinerzeugungsanlagen von der Produktionskapazität

Energetisch sind solche Anlagen dadurch gekennzeichnet, daß durch die Verwendung von Produktströmen zu Heiz- und Kühlzwecken in mehreren Einzelanlagen und die Mehrfachnutzung von Energien wie Kühlwasser und Dampf durch Kaskadenschaltung[12] eine enge Verflechtung des Produktionsgeschehens eintritt. Petrolchemische Anlagen arbeiten deshalb aus energetischer Sicht ökonomisch. Man ist bestrebt, den Anlagenkomplex möglichst energieautark[13] auszulegen, um Störeinwirkungen von außen soweit als möglich zu verringern. So stellen

---

12) Kaskadenschaltung: direktes Hintereinanderschalten von Anlagenteilen oder Apparaturen (z.B. Kühler), die in ihrer Wirkung abgestuft sind.

13) energieautark: energetisch selbständig, unabhängig

moderne Olefinanlagen Dampfkraftwerke dar, in denen 7 bis 8 mal soviel Dampf erzeugt und teilweise wieder verbraucht wird, wie Äthylen produziert wird.

Schließlich soll noch darauf hingewiesen werden, daß fast der gesamte Transport aller Medien durch Rohrleitungen geschieht, was zwar einerseits die Abhängigkeit von der BMSR-Technik erhöht, andererseits aber eine bessere Überwachung und Steuerung zuläßt.

Im folgenden letzten Teil werden wir uns im nächsten Heft mit den Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie beschäftigen.

Wissenswertes:

Neue Ergebnisse aus der Transuranforschung

Auf der vierten Konferenz der Vereinigten Nationen zur friedlichen Nutzung der Atomenergie berichtete Prof. G.T. SEABORG über neue Ergebnisse auf dem Gebiet der Transuranforschung.

Nach neuesten Forschungen gehört das Plutonium nicht mehr zu den rein künstlichen Elementen.

Bei der Untersuchung eines 90 kg schweren Bastnasitminerals, welches einen hohen Gehalt an seltenen Erden aufweist, konnten 10^{-14} g des Isotops Plutonium-224 massenspektroskopisch nachgewiesen werden.

Die Halbwertszeit des Plutonium-224 beträgt 80 Millionen Jahre. Das nachgewiesene Plutonium stammt also noch aus der Zeit der Erdentstehung.

Ein Nachweis von anderen Transuranen in natürlichen Mineralien wird jedoch angezweifelt, weil deren Halbwertszeiten im Vergleich zum Erdalter zu kurz sind.

Wir stellen vor:

Die Jenenser Studentenclubs

"impuls 68" setzt mit diesem Beitrag eine Artikelserie fort, in der über kulturelle Einrichtungen der alten Universitätsstadt Jena berichtet wird. Diesmal möchten wir die Studentenclubs, sowie Veranstaltungsreihen vorstellen, die von Studenten und Mitarbeitern der Friedrich-Schiller-Universität geleitet werden.

Die wohl bekannteste und auch älteste Einrichtung ist der zentrale Club "Rosenkeller", der dieses Jahr sein 11-jähriges Bestehen feiert. In historischen Kellergewölben untergebracht, direkt im Zentrum der Stadt gelegen, ist er ein beliebter Treffpunkt der Studenten aller Sektionen. Aus seiner Funktion als zentraler Club leitet sich seine besondere Stellung innerhalb der Einrichtungen der FSU ab: Er bietet allen Studenten die Möglichkeit zur Kommunikation, zum Kennenlernen anderer Sektionen, sowie zur Beschäftigung mit Politik, Literatur und Kunst. Auch Tanzveranstaltungen gehören natürlich zum festen Programm.

Nicht weit entfernt vom "Rosenkeller", im Clubhaus der FSU, ist der Mediziner-Club untergebracht. Wie der Name bereits vermuten läßt, ist es eine Einrichtung der Sektion Medizin. Probleme der Medizin haben natürlich Vorrang bei Diskussionsabenden. Die Diskotheken montags und donnerstags sind immer stark besucht.

Im November 1976 feierte der dritte Studentenclub, die "Schmiede" in Neulobeda, dem Neubaugebiet Jenas, sein 5-jähriges Jubiläum. Er ist im Keller eines Studentenwohnheimes eingerichtet worden. Trägersektion dieses Clubs ist die Sektion Mathematik. Besonders enge Beziehungen hat die "Schmiede" mit dem URANIA-Vortragszentrum angeknüpft. Es ist somit immer Stoff für interessante und kurzweilige Diskussionen vorhanden. Die Diskothek der "Schmiede" lockt mittwochs und sonn-

abens zahlreiche Besucher an, so daß immer mit einem "vollen Haus" zu rechnen ist.

Im größten Studentenwohnheim Jenas, in Zwätzen, hat sich der Physikerclub "Club V" etabliert. Leider zeigt sich gerade hier die Diskrepanz zwischen Angebot und Nachfrage ganz besonders deutlich: Die räumlichen Gegebenheiten entsprechen nicht den Bedürfnissen. Veranstaltungen und Diskussionen tragen natürlich vorwiegend naturwissenschaftlichen Charakter (Diskotheken ausgenommen), aber auch andere interessierende Themen werden berücksichtigt.

In den tief gelegenen Kellergewölben des historischen Gebäudes „Die Rose" ist der zentrale Club der Studenten untergebracht (Foto: HSB Uni Jena)

Von Studenten und Mitarbeitern der FSU werden 3 Veranstaltungsreihen organisiert, die nicht nur im Kulturleben der FSU, sondern ganz besonders im Kulturleben der Stadt Jena eine wichtige Rolle spielen. Der Universitätsfilmclub (UFC) stellt jeden zweiten Donnerstag im Filmtheater "Capitol" interessante Filme vor. Die Beliebtheit dieser Veranstaltung kommt nicht zuletzt darin zum Ausdruck, daß auf ein 10-jähriges Bestehen **zurückgeblickt werden kann.**

In "impuls 68" Heft 1, 9. Jhg., wurde ausführlich die Veranstaltungsreihe "Musik im Hörsaal" vorgestellt. Wir wollen deshalb nicht weiter darauf eingehen. Es sei nur soviel gesagt, daß am 5. 11. 1976 ein Galakonzert mit "Veronika Fischer & Band" aus Anlaß des 5-jährigen Bestehens dieser Veranstaltungsreihe durchgeführt wurde. Neu im "Angebot" ist die Reihe "Theater auf dem Experimentiertisch". Getragen von der Sektion Chemie, werden im großen Hörsaal der Chemie Veranstaltungen durchgeführt, die experimentellen Theatern und Kabaretts aus der DDR Auftrittsmöglichkeiten bieten.

Man sieht, in Jena wird bereits einiges getan, um den Studenten die Möglichkeit einer niveauvollen Freizeitgestaltung zu bieten. Natürlich reicht das Bestehende noch lange nicht aus. Besonders die Clubs sind oft überfüllt. In Zusammenarbeit von staatlicher- und FDJ-Leitung bemüht sich die Universität, alle vorhandenen Potenzen zu erschließen. In Kürze erfolgt die Eröffnung eines neuen (5.) Clubs.

Mit drei Artikeln hat "impuls 68" im Überblick die Möglichkeiten einer sowohl "aktiven als auch passiven" kulturellen Betätigung der Studenten der FSU vorgestellt. Ob eigene künstlerische Betätigung oder persönliches Engagement bei der Organisation von Veranstaltungen, alles dient ja letztendlich dazu, die Studenten zu vielseitig gebildeten sozialistischen Persönlichkeiten zu erziehen. Der Zentrale Clubrat als wichtigste Verbindung zwischen FDJ und den Clubs wird weiter unermüdlich tätig sein, damit möglichst viele kulturelle Bedürfnisse befriedigt werden können.

Liebe Leser!
Wir suchen dringend Asche, um uns diese auf's Haupt streuen zu können, wegen der permanenten verspäteten Auslieferung von Impuls.

Ihre Redaktion

Dr. Hans Stephani
Sektion Physik der FSU Jena

Schwarze Löcher (Teil 1)

Die längst vergessnen alten Knaben
so manches schon gefunden haben.

1. Peter Simon la Place und die Schwarzen Löcher

Ein Stein, der von der Erdoberfläche in die Höhe geworfen wird, fällt im allgemeinen zur Erde zurück. Verleiht man jedoch einem Körper (z. B. einer Rakete) eine genügend große Anfangsgeschwindigkeit, dann kann er die Erdoberfläche und den Gravitationsbereich der Erde für immer verlassen. Die dazu benötigte Geschwindigkeit nennt man 2. kosmische Geschwindigkeit oder Entweichgeschwindigkeit. Die Frage, wie groß für die Erde oder einen beliebigen anderen kugelsymmetrischen Himmelskörper (Stern) diese Geschwindigkeit ist, kann man mit Hilfe des Energieerhaltungssatzes beantworten. Ein Körper der Masse m hat an der Oberfläche eines Sterns mit der Masse M und dem Radius R die (negative) potentielle Energie $W_{pot} = -\gamma\, m\, M/R$; dabei ist γ die Newtonsche Gravitationskonstante mit dem Wert $\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11}\ m^3\ s^{-2}\ kg^{-1}$.

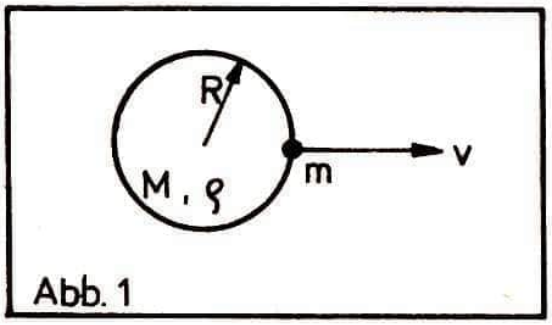


Abb. 1

Der Körper kann den Gravitationsbereich des Sterns nur dann verlassen, wenn seine (positive) kinetische Energie $W_{kin} = \frac{m}{2} v^2$ dem Betrag nach größer oder mindestens gleich dieser potentiellen Energie ist. Aus $W_{kin} + W_{pot} = 0$ folgt, daß seine (senkrecht zur Kugeloberfläche gerichtete) Geschwindigkeit v mindestens den Wert

$$v = \sqrt{2\,\gamma\, M/R} \qquad (1)$$

haben muß. Für die Erdoberfläche beträgt sie $v_E = 11{,}2$ km/s, für die Sonnenoberfläche hat sie den Wert $v_S = 620$ km/s. Ist die Dichte ϱ des Sterns konstant, kann man wegen M =

$\varrho \frac{4}{3}\pi R^3$ (Masse = Dichte x Volumen) die Mindestgeschwindigkeit v auch aus $v = R\sqrt{\frac{8}{3}\pi\gamma\varrho}$ berechnen. (2)

Pierre (Peter) Simon La Place hatte im Jahre 1798 die Idee, die Formeln (1) bzw. (2) auf die Lichtausbreitung anzuwenden und zu fragen, ob der Radius R oder die Dichte ϱ eines Sterns so groß werden können, daß die zum Verlassen seiner Oberfläche benötigte Geschwindigkeit größer als die Lichtgeschwindigkeit wird . Wie Formel (2) zeigt, ist dies prinzipiell möglich; ein Stern von der Dichte der Erde müßte dann allerdings einen Radius von mehr als 170 Millionen Kilometer haben; das ist mehr als der Abstand Erde - Sonne. La Place schloß, daß es Sterne geben könnte, die das Licht nicht verlassen kann; solche Sterne würden nicht leuchten, sondern als "Schwarze Löcher" am Himmel stehen.

Allgemeine Geographische Ephemeriden — Weimar im Verlage des Industrie-Comptoirs 1799

Beweis

des Satzes, daß die anziehende Kraft by einem Weltkörper so groß sein könne , daß das Licht davon nicht ausströmen kann.+)

Von

Peter Simon La Place

+) Diesen Satz, daß ein leuchtender Körper des Weltalls von gleicher Dichtigkeit mit der Erde, deseen Durchmesser 250 mal größer wäre als der der Sonne, vermöge seiner anziehenden Kraft keinen von seinen Lichtstrahlen bis zu uns schicken könne, daß folglich gerade die größten Körper unseres Weltgebäudes uns unsichtbar bleiben können, hat La Place in seiner Exposition der Systeme der Monde, Part II P. 305 ohne Beweis aufgestellt; hier ist er.

Diese Überlegung hat viele Schwächen, z. B. ist ja keinesfalls bewiesen, daß man die Formeln (1) und (2) überhaupt auf die Lichtausbreitung anwenden darf. Trotzdem ist, wie wir heute wissen, ein gesunder physikalischer Kern in dieser

Spekulation enthalten: Die allgemeine Relativitätstheorie zeigt, daß es "Schwarze Löcher" geben kann, d. h. Raum-Zeit-Gebiete, deren Gravitationsfeld so stark ist, daß weder Teilchen noch Licht dieses Gebiet verlassen können, und die Astrophysik lehrt, daß im Endstadium der Entwicklungsgeschichte mancher Sterne so ungeheuer große Dichten auftreten, daß Schwarze Löcher entstehen können.
Mit der Lebensgeschichte und den merkwürdigen Eigenschaften der Schwarzen Löcher werden wir uns in den folgenden Kapiteln ausführlicher befassen.

Die Sterne leben auch nicht ewig,
drum freu dich nur, solang du lebig.

2. Der Gravitationskollaps - die mögliche Lebensgeschichte eines Sterns

Wie wir in Kapitel 1 plausibel gemacht haben, können außerordentlich starke Gravitationsfelder, d. h. außerordentlich große Werte der zum Entweichen erforderlichen Mindestgeschwindigkeit v , entweder bei besonders großen Sternen (R groß) oder bei extremen Dichten (ϱ groß) vorkommen, vgl. Formel (2). Wir wollen jetzt skizzieren, wie sich im Laufe der Entwicklung eines Sterns die Dichte ständig erhöhen und schließlich so groß werden kann, daß ein Schwarzes Loch entsteht. Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei gleich hier betont, daß nicht jeder Stern diese Entwicklung bis zum Ende als Schwarzes Loch durchlaufen muß.

Ein Stern, dessen Temperatur über der seiner Umgebung liegt, gibt ständig Energie und - wegen der relativistischen Beziehung $E = mc^2$ - damit auch Masse an seine Umgebung ab, bevorzugt in Form von Strahlung. Diese Energie muß er in seinem Innern erzeugen, so daß er sich in einem Zustand dauernder Veränderung und Entwicklung befindet. Diese Entwicklung wird durch seine "angeborenen" Eigenschaften (Anfangsmasse, Anfangsdichte, chemische Zusammensetzung) und sein Verhalten in den kritischen, katastrophenhaften Phasen seines Lebens charakterisiert und bestimmt.

Erfahrungsgemäß existieren Sterne, nachdem sie sich aus

Wasserstoff und Staub gebildet haben, sehr lange. Es gelingt ihnen also fast immer, im Wechselspiel der anziehenden Schwerkraft und des abstoßenden (temperaturabhängigen) Drucks einen relativ stabilen Zustand zu finden.

Der erste stabile Zustand wird erreicht, wenn durch die Gravitationsanziehung die Sternmaterie soweit verdichtet und dabei erhitzt ist, daß die Umwandlung von Wasserstoff in Helium möglich wird und für lange Zeit ausreichend Energie liefert, um trotz Ausstrahlung eine Abkühlung zu verhindern und damit den nötigen Druck zur Kompensation der Schwerkraft aufrechtzuerhalten. Die mittlere Dichte eines solchen Sterns liegt bei 10^3 kg m^{-3} (1 g cm^{-3}); ein typisches Beispiel ist unsere Sonne. Wie wir in Kap. 1 gezeigt haben, hat die Entweichgeschwindigkeit v die Größenordnung 600 km s^{-1}.

Ist der Wasserstoff des Sterns verbraucht, wird sich der Stern abkühlen, kontrahieren, sich dabei wieder erhitzen und (eventuell erst nach einer instabilen, mit explosionsartigen Ausbrüchen verbundenen Phase) auf andere Kernprozesse umschalten. Es entstehen so Kerne immer höherer Ordnungszahl, die Sternmaterie wird sehr viel dichter. Aus genügend massereichen Sternen können schließlich "Weiße Zwerge" entstehen, sozusagen"ausgebrannte", aber noch leuchtende Sterne von fast Sonnenmasse, aber einem Radius von nur 5000 km und einer für irdische Verhältnisse schon sehr hohen Dichte von etwa 10^9 kg m^{-3}. Für einen solchen Weißen Zwerg hat die Entweichgeschwindigkeit die Größenordnung 5000 km s^{-1}.

Außerordentlich wichtig in unserem Zusammenhang ist die Tatsache, daß Weiße Zwerge mit einer Masse von mehr als einer Sonnenmasse nicht stabil existieren können. Sterne, die am Ende der Wasserstoffverbrennung eine größere Masse haben, müssen also einem anderen Endzustand zustreben.
Dies kann dadurch geschehen, daß sich die gesamte Sternmaterie in Neutronen umwandelt. Der Stern besteht dann nur noch aus Kernmaterie, er ist praktisch ein einziger ungeheuer großer Atomkern, der wegen seines starken eigenen Schwerefeldes nicht zerfällt. Ein solcher Neutronenstern hat

eine Dichte von etwa 10^{17} kg m^{-3} und einen Radius von etwa 10 km; die zum Verlassen seiner Oberfläche nötige Geschwindigkeit liegt bei 75 000 km s^{-1}. Man ist heute überzeugt, daß die sogenannten Pulsare (Pulsare sind Sterne, die in regelmäßigen Abständen von 10^{-3} bis 1 s optische oder Radiosignale aussenden) Neutronensterne sind. Wie theoretische Berechnungen zeigen, können auch Neutronensterne nicht beliebig groß werden; der Druck kann nur dann der starken Gravitationskraft das Gleichgewicht halten, wenn die Masse die zweifache Sonnenmasse nicht wesentlich überschreitet.

Was geschieht nun mit solchen Sternen, die am Ende ihrer Entwicklung zuviel Masse besitzen, um als Weißer Zwerg oder als Neutronenstern ihr Leben zu beenden? Ihr Gravitationsfeld ist so stark (und vergrößert sich bei ihrem Zusammenziehen immer mehr), daß sie unter der Wirkung ihres eigenen Schwerefeldes unaufhaltsam in sich zusammenstürzen, sie erleiden einen Gravitationskollaps und werden zu Schwarzen Löchern.
Unser gegenwärtiges Wissen über das Verhalten der Materie bei extrem hohen Dichten reicht noch nicht aus, um alle Einzelheiten dieser Katastrophe zu beschreiben. Wir sind nur sicher, daß die Dichte so groß wird, daß die aus Formel (2) berechnete Entweichgeschwindigkeit v die Lichtgeschwindigkeit weit überschreitet. Für derartige starke Gravitationsfelder reichen allerdings die einfachen Überlegungen von La Place, die die Newtonsche Gravitationstheorie als Grundlage hatten, nicht mehr aus; hier muß man die allgemeine Relativitätstheorie anwenden. Dies soll im nächsten Kapitel geschehen, in dem wir die Eigenschaften der bei Gravitationskollaps eines Sterns entstehenden Schwarzen Löcher darstellen werden.

Fortsetzung im nächsten Heft

DOKUMENTATION für den naturwissenschaftlichen und Staatsbürgerkunde-Unterricht

Prof. Manfred Balarin*

Einstein und die Aufgaben eines Physikers heute (Teil 1)

Als Albert Einstein vor 20 Jahren verstorben war, nannte ihn Joffe den "Newton des 20. Jahrhunderts"[1]. Und erst kürzlich hieß es in einer Rezension[2] zu[3], daß die Berliner Akademie der Wissenschaften mit dem Physiker Albert Einstein im Jahre 1913"ihr wohl berühmtestes Mitglied" gewählt habe.
Es ist daher sicher nicht verwunderlich, wenn viele in Einstein nicht nur ein Genie und Vorbild sehen, sondern wenn sie versuchen, ihn und seine Leistungen zum Maßstab zu erheben, an dem der Wert, die Bedeutung oder die Wahrhaftigkeit gemessen werden kann.

In einer kleinen Diskussionsrunde - vor mehreren Jahren - schlug jemand vor, neue wissenschaftliche Ergebnisse mit einem Punktsystem zu bewerten, eventuell sogar schon die Zielstellung dafür ihrer potentiellen Bedeutung nach. Und er meinte dabei, daß man Einstein z. B. mit 100 Punkten an die Spitze setzen müßte. Daraus entstand eine lebhafte Debatte, die man sicher noch fortsetzen kann: Wurden Einsteins Ergebnisse wirklich immer schnell bekannt und vollständig anerkannt, schätzten alle informierten Fachkollegen die Tragweite dieser Ergebnisse sofort und richtig ein oder mit welcher Verzögerung? War Einstein eigentlich immer erfolgreich, war er selbst mit dem Fortgang seiner Arbeiten zufrieden? Das heißt, wer hätte ihm wann wieviel Punkte gegeben?
Die Beantwortung solcher Fragen fällt durchaus häufig recht

Prof. Dr. sc. nat. Manfred Balarin
Forschungsbereich Physik, Kern- und Werkstoffwissenschaften

negativ aus, wie man den Berichten und Biographien entnehmen kann. Trotzdem oder auch gerade deshalb bleibt es interessant und lehrreich, am Beispiel Einsteins zu verfolgen, wie schwierig es oft war, naturgegebene Zusammenhänge besser zu erfassen und anderen verständlich zu machen, und wie wichtig es ist, die geeigneten - theoretischen, mathematischen wie auch die experimentellen - Arbeitsmittel zur Entwicklung einer Theorie und zu ihrer Verifizierung zu entwickeln und sie zweckmäßig anzuwenden.

In der Öffentlichkeit ist wohl am meisten die Entwicklung der speziellen (1905) und der allgemeinen (1915/16) Relativitätstheorie durch Einstein bekannt. Aber er hat genauso grundlegende Arbeiten veröffentlicht über Lichtquanten, den Photoeffekt, die spezifische Wärme von Festkörpern, die Brownsche Bewegung und die Diffusionsbeweglichkeit, und damit hat er Anfang unseres Jahrhunderts zu der entscheidenden und endgültigen Anerkennung der atomistischen Vorstellungen beigetragen. 1905 promovierte er mit "Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen", und noch im gleichen Jahr erschienen weitere Veröffentlichungen zu mehreren verschiedenartigen aktuellen Problemen. Er ist in diesen Jahren sehr aktiv, so daß schon 1912 Planck gemeinsam mit den Physikern Nernst, Rubens und Warburg vorschlägt, Einstein zum Ordentlichen Mitglied der Akademie zu wählen und damit nach Berlin zu berufen. In dem entsprechenden Vorschlag[3] ist neben der Würdigung und Begründung aber im väterlichen Tone auch eine Einschränkung enthalten, es heißt dort: "Zusammenfassend kann man sagen, daß es unter den großen Problemen, an denen die moderne Physik so reich ist, kaum eines gibt, zu dem nicht Einstein in bemerkenswerter Weise Stellung genommen hätte. Daß er in seinen Spekulationen gelegentlich auch einmal über das Ziel hinausgeschossen haben mag, wie z. B. in seiner Hypothese der Lichtquanten, wird man ihm nicht allzu schwer anrechnen dürfen; denn ohne einmal ein Risiko zu wagen, läßt sich auch in der exaktesten Naturwissenschaft keine wirkliche Neuerung einführen."

Aber hier war Einstein im Recht; Planck und die anderen hatten ihn nur noch nicht verstanden! Planck hatte 1900 die später

nach ihm benannte Strahlungsformel entwickelt und dabei auch eine neue Naturkonstante - das Plancksche Wirkungsquantum - eingeführt. Er war zu einer zunächst empirisch gestützten besseren Anpassung an die experimentell ermittelten Energieverteilungen im Spektrum eines strahlenden Körpers gelangt. Eine ganz entscheidende physikalische Interpretation wird aber erst 1905 von Einstein gegeben, als er feststellt, daß nicht nur Resonatoren bei der Wechselwirkung die Energie in Quanten aufnehmen oder abgeben können, sondern daß auch nach der Emission "die Energie des Lichtes diskontinuierlich im Raume verteilt sei"[4]. Damit erklärt er sofort auch solche Phänomene wie den äußeren Photoeffekt, die Photolumineszenz und die Ionisation durch ultraviolette Strahlung und später - 1912 - auch noch die photochemische Reaktion. Und ohne daß dies explizit schon so genannt wurde, eröffnete Einstein damit die Vorstellung von der Dualität Welle - Partikel.

Zunächst aber war dieser Grundgedanke ganz umwälzend, er widersprach der gerade geprägten Gewohnheit, nach der alle Wechselwirkungen und Veränderungen stetig erfolgen,und er fand durchaus nur wenige Anhänger. Dabei waren die sogenannten Effekte und experimentellen Befunde den übrigen Fachleuten gleichwohl bekannt; außerdem konnte zur gleichen Zeit mit den Maxwellschen Feldgleichungen auch keine quantenhafte Wechselwirkung erklärt werden, und der erste Schritt war mit der Einführung des Wirkungsquantums durch Planck bereits getan worden. Aber selbst Planck erklärte auf dem berühmt gewordenen Solvay-Kongreß im Jahre 1911[5] nochmals ausdrücklich, daß die Quantenhypothese keine Energiehypothese, sondern nur eine Wirkungshypothese sein könne. Interessant ist vielleicht auch, daß er bei den damaligen Kenntnissen versuchte, zwischen physikalischen und chemischen Vorgängen so zu unterscheiden, daß die ersteren vollkommen stetig erfolgen sollten entsprechend der klassischen Dynamik, während chemische Vorgänge sich durch Quantensprünge auszeichnen sollten, auch Atome innerhalb des Molekülverbandes sollten sich nach der Quantentheorie bewegen.

Inzwischen hatten sich neue Fortschritte ergeben, auf deren

Basis Einstein 1916/17 die Plancksche Strahlungsformel erstmalig konsequent quantentheoretisch ableiten konnte.

Wenn man die Bibliographien der wissenschaftlichen Arbeiten Einsteins weiter verfolgt, so fällt auf, daß er nur noch einmal Mitte der zwanziger Jahre mehrere Arbeiten zur Strahlung veröffentlichte - also 20 Jahre nach seiner ausgezeichneten ersten Arbeit - und daß er dann nie wieder dieses Thema aufgreift. Gewißt beschäftigte er sich bereits immer mehr und dann sogar fast ausschließlich mit der Weiterentwicklung der Relativitätstheorie zu einer einheitlichen Feldtheorie, die jedoch auch für ihn selbst unbefriedigend bleibt, und dies, obwohl es ihm gelingt, das grundlegende Problem der Herleitung der Bewegungsgleichungen beliebiger Körper aus seinen Gravitationsgleichungen zu lösen. Ein anderer Grund dafür, daß er sich von den anderen Gebieten zurückzog, bestand offenbar aber auch darin, daß er nicht mit der Entwicklung der Quantenmechanik und besonders ihrer Interpretation überein-

ALBERT EINSTEIN (1879 - 1955)

stimmte, die Mitte der 20er Jahre einsetzte. Er glaubte, ausgehend von einer physikalisch-materialistischen Weltanschauung und überzeugt von den objektiv realen Vorgängen auch in der Mikrowelt eine solche Determiniertheit finden zu müssen, die zu mechanistisch wieder an die klassische Physik anschließt.

Die Interpretation der Ergebnisse quantenmechanischer Rechnungen als Wahrscheinlichkeitsaussagen wollte er nicht als ausreichend anerkennen und erwartete eine andere - wie er einmal an Born schrieb - "volle Gesetzlichkeit in einer Welt von etwas objektiv Seiendem, das ich auf wild spekulative Weise zu erhaschen suche"[6]. Auch das war Einstein, der die Quantentheorie mit geschaffen hat, der als erster die Problematik der Dualität von Wellenbild und Teilchenbild aufgegriffen hat und der die statistischen Methoden beherrschte und sie - neben Gibbs und Boltzmann - in der Thermodynamik legitim machte, aber sie darüber hinaus auch erfolgreich in der Quantenstatistik einführte.

Wenn der Leser sich hier an die anfangs gestellten Fragen erinnert, so wird er einschätzen müssen, daß die Anerkennung der verschiedenen Erkenntnisse von Einstein und von seinen Zeitgenossen, sprich die Zuerkennung von Wertungspunkten, selbst durch Fachleute recht unterschiedlich ausgefallen wäre und sich zudem jeweils mit der Zeit noch verändert hätte[7].

Literatur:

1) A. F. Joffe, Uspechi Fiz. Nauk 57, 187 (1955) - russ.

2) Neues Deutschland, 26. April 1975

3) Physiker über Physiker, Akademie-Verlag Berlin, 1975

4) A. Einstein, Ann. Phys. 17, 132 (1905), Ann. Phys. 20, 199 (1906)

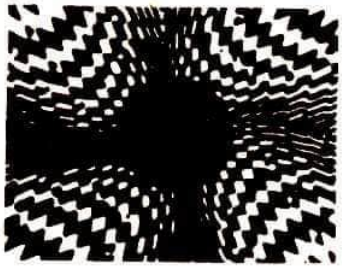
5) Die Theorie der Strahlung und der Quanten (Solvay-Kongreß 1911), herausgegeben von A. Eucken, Halle, 1914, zugleich: Abh. Bunsengesellschaft 3 Nr. 7 (1913)

6) M. Born, Naturw. 42 (15) 425 (1955)

7) J. Treder, Spektrum 6 (2) 28 (1975)

---

physikaufgabe 17



Bei der Diskussion von Auffahrunfällen in Fahrzeugkolonnen wird die Meinung vertreten, daß Fahrzeuge im hinteren Teil der Kolonne als Folge des Zusammenwirkens der Reaktionszeiten der davorfahrenden Fahrzeugführer bei einer Gefahrenbremsung besonders gefährdet seien.
Prüfen Sie diese Aussage unter der Voraussetzung gleicher Anfangsgeschwindigkeit v_0, gleicher Bremsverzögerung a, gleicher Länge l der Fahrzeuge und gleicher Reaktionszeit Δt der Fahrer durch Berechnung des zur Vermeidung des Auffahrens kleinsten Abstandes des n-ten und (n-1)-ten Fahrzeuges.
Der jeweilige Fahrer beginnt nach der Zeit Δt nach Aufleuchten des Bremslichtes des vorherfahrenden Fahrzeuges den Bremsvorgang.

Senden Sie die Lösung der Aufgabe an uns ein (mit Angabe des Namens, des Alters und der Anschrift). Die besten Lösungen werden prämiert und veröffentlicht.

---

lösung der physikaufgabe 14 aus heft 3/10. jg.

aufgabe:
Im Projekt für eine um die Erde kreisende Außenstation soll die fehlende Schwere durch die Zentrifugalkraft ersetzt werden. Hierzu wird die kreisringförmige Station (Außenradius 40 m) um ihre Symmetrieachse in Rotation versetzt. Wie groß muß die Winkelgeschwindigkeit sein?

lösung:
eingesandt von Sabine F i e d l e r, 16 Jahre, Treuenbrietzen

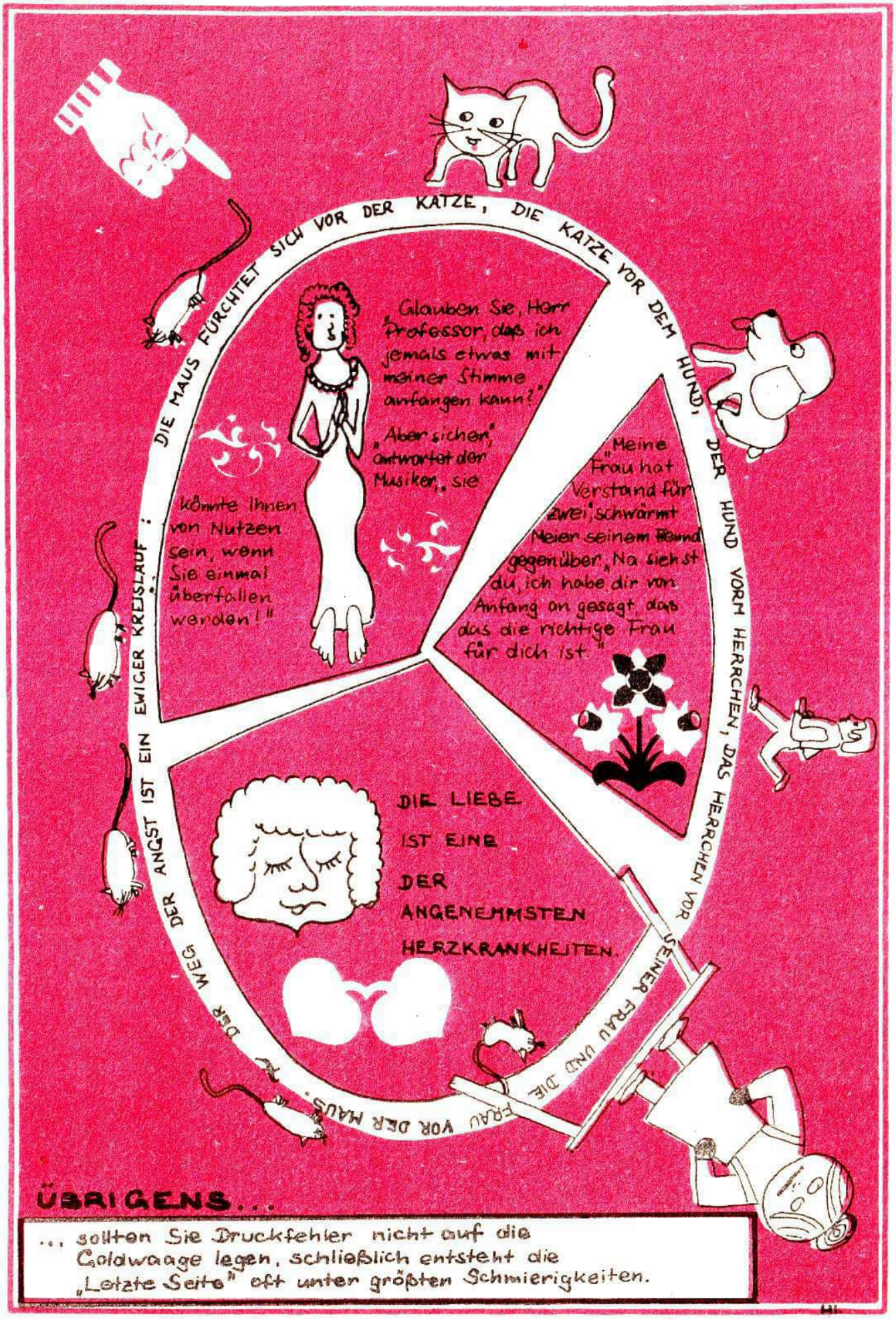
$$F = m \cdot g \overset{!}{=} m \cdot r \cdot \omega^2$$

$$g = r \cdot \omega^2 \text{ oder } \omega = \sqrt{g/r} = 0{,}495\ s^{-1}$$

Die Winkelgeschwindigkeit für die rotierende Außenstation, bei der die Schwere durch die Zentrifugalkraft ersetzt werden soll, muß ungefähr $0{,}5\ s^{-1}$ betragen. Die Dauer eines Umlaufes ist entsprechend $T = 2\pi/\omega = 12{,}8$ s.

==========

Vergessen Sie nicht die Chemieaufgabe von Heft 5, Seite 21! Wir warten noch auf Lösungen oder Lösungsideen von Ihnen. Wie versprochen werden wir unter den eingesandten Lösungshinweisen Bücherschecks verlosen.



ÜBRIGENS...

... sollten Sie Druckfehler nicht auf die Goldwaage legen, schließlich entsteht die „Letzte Seite" oft unter größten Schmierigkeiten.

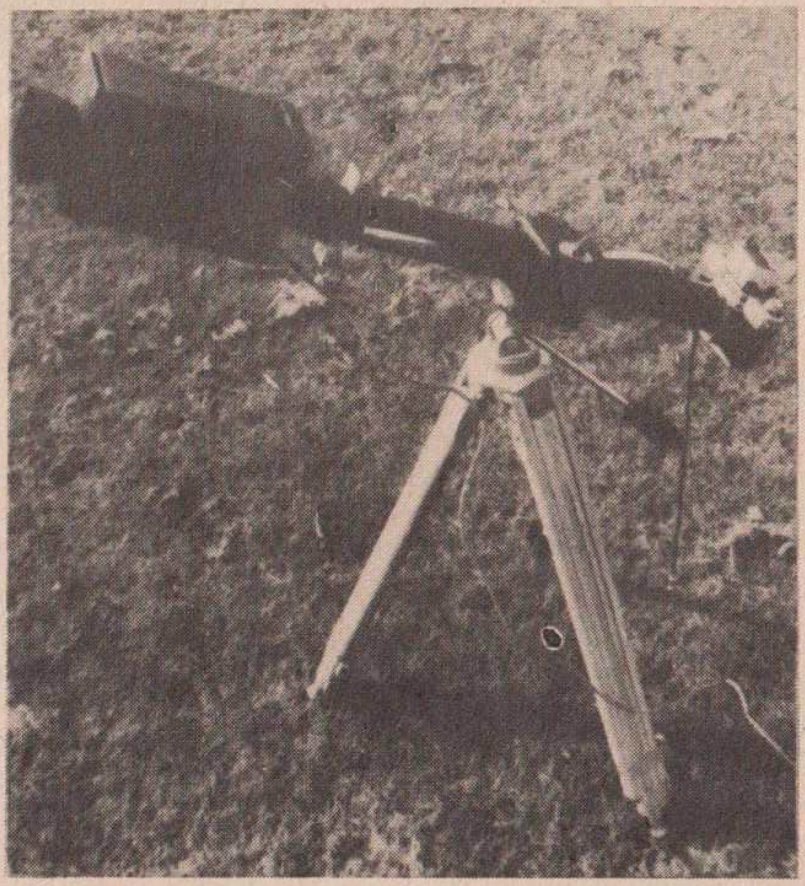
SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

10. JAHRGANG (1976/77)

40 Pf

impuls 68

7



Hallo, Ihr Kalorienschlemmerer!

☆

Tautomerie

☆

Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie

☆

Lochkamera

☆

Schwarze Löcher

☆

Einstein und die Aufgaben eines Physikers heute

Titelbild: Lochkamera für die Astrofotografie mit einem Auszug von 500 mm

impuls 68

MONATSZEITSCHRIFT
FÜR SCHÜLER
DER KLASSEN 9 BIS 12

Herausgeber: FDJ-Aktiv „impuls 68" der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Sozialistisches Studentenkollektiv, Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR

Anschrift: „impuls 68", 69 Jena, Max-Wien-Platz 1
„impuls 68" erscheint monatlich von September bis Juni unter der Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR. Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen. Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981.
Preis des Jahresabonnements: 4,- M

Redaktion: Dipl.-Phys. Hans-Dieter Jähnig (Chefredakteur), Dr. Eberhard Welsch (amt. Chefredakteur), Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen), Dipl.-Chem. Peter Renner (Chemie), Dipl.-Biol. Bärbel Schubert (Biologie), Dipl.-Phys. Wilfried Hild (Gestaltung), Dipl.-Phys. Lutz Günther (Astronomie und fotograf. Gestaltung), Harry Hedler (Korrespondenz), Gudrun Beyer (Korrektor)

Hallo, Ihr Kalorienschlemmerer!	PHY	3
impuls-Lexikon: Tautomerie	LEX	6
Stand und Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie (4)	CHE	7
Die Lochkamera	PHY	13
Schwarze Löcher (2)	AST	21
Waren Sie auch so gut wie unsere Chemieolympioniken?	CHE	25
Einstein und die Aufgaben eines Physikers heute (2)	DOK	27
Physikaufgabe 18		31

(Die IV. Umschlagseite dieses Heftes sowie der Hefte 4 und 5 gestaltete Hans Meinel, Student an der Sektion Physik der FSU Jena.)

Wilfried Hild
Diplom-Physiker

Hallo, Ihr Kalorienschlemmer!

Für Euch kommt eine große Zeit. Es gibt keine Kalorien mehr. Jedenfalls keine Maßeinheit "Kalorie". So sieht es eine Standardisierungsempfehlung der Länder des RGW vor. Bis 1980 soll das Internationale Einheitensystem (SI) eingeführt sein. Es wird bisherige Unzulänglichkeiten und Verwechslungen bei Maßeinheiten (z.B. zwischen Masse und Kraft) beseitigen und eine internationale Übereinstimmung herbeiführen.

Dem Internationalen Einheitensystem kommt als erstes in Naturwissenschaft u n d Technik allgemeingültiges Einheitensystem eine hervorragende Bedeutung zu. In unserer Republik ist das SI das gesetzliche Einheitensystem (Anordnung vom 26. November 1968 über die Tafel der gesetzlichen Einheiten. GBl. S.Dr. 605 und Berichtigung in GBl. II 1969 (Nr. 45) S. 291). Beschlossen wurde das SI im Jahre 1960 durch die 11. Generalkonferenz für Maß und Gewicht (Conférenc Générale des Poids et Mesures, CGPM).

Durch die Internationale Meterkonvention wurden folgende Grundeinheiten eingeführt:

Meter	(m)	für die Länge,
Kilogramm	(kg)	für die Masse,
Sekunde	(s)	für die Zeit,
Ampere	(A)	für die elektrische Stromstärke,
Kelvin	(K)	für die thermodynamische Temperatur,
Candela [1]	(cd)	für die Lichtstärke und
Mol	(mol)	für die Stoffmenge .

[1] Candela (lat.: Wachskerze) wird auf der 2. Silbe betont

Ergänzende Einheiten des SI sind:

Radiant (rad) für den ebenen Winkel und

Steradiant (sr) für den räumlichen Winkel.

Einige aus SI-Einheiten abgeleitete Potenzprodukte mit dem Zahlenfaktor 1 haben selbständige Namen erhalten (z.B. Volt, Hertz).

Physikalische Größenarten, die z.T. neue Einheiten erhalten:			
Größenart	Benennung der Einheit	Kurzzeichen der Einheiten	Beziehungen der Einheiten zu den Grundeinheiten
Kraft	Newton	N	$1N = 1m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Kraftmoment	Newtonmeter	N.m	$1N \cdot m = 1m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Druck	Pascal Newton je Quadratmeter	Pa N/m^2	$1Pa = 1N/m^2 = 1m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Arbeit, Energie	Joule	J	$1J = 1N \cdot m = 1m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Leistung	Watt	W	$1W = 1J/s = 1m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Wärmemenge	Joule	J	$1J = 1W \cdot s = 1N \cdot m = 1m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$ (1cal = 4,1868 J)
Spezifische Wärmemenge	Joule je Kilogramm	J/kg	$1J/kg = 1m^2 \cdot s^{-2}$
Wärmekapazität	Joule je Kelvin	J/K	$1J/K = 1m^2 kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$

Vielfache sowie Teile der SI-Einheiten werden durch die bekannten Vorsätze gebildet (z.B. k = Kilo = 10^3, u = Mikro = 10^{-6}). Es darf jeweils nur <u>ein</u> Vorsatz verwendet werden. Also Gigawatt (GW) und nicht Kilomegawatt (kMW). Die Vorsätze Hekto, Deka, Dezi und Zenti sollen nur in Verbindung solcher Einheiten angewandt werden, wo dies schon lange üblich ist (z.B. cm, dm, hl).

Es ist natürlich nicht so, daß die Einführung des SI die Anwendung eingebürgerter und bewährter Einheiten verbietet. So sind laut RGW-Standardisierungsempfehlung z.B. die Verwendung der Einheiten Minute, Stunde, Tag für die Zeit, Grad, Minute, Sekunde für den ebenen Winkel, Liter für das Volumen, Tonne für die Masse und Grad Celsius für die Celsius-Temperatur zugelassen. Daneben sind auch noch einige SI-fremde Einheiten für Spezialgebiete vorgesehen (z.B. Seemeile, Hektar, Astronomisches Jahr, Knoten).
Der Übergang auf das Internationale Einheitensystem wird in der DDR durch das ASMW (Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung der DDR) entsprechend der volkswirtschaftlichen Notwendigkeiten und Möglichkeiten betrieben. Auf unser tägliches Arbeiten und Denken wird sich besonders einschneidend der Ersatz der Einheit Kilopond durch das Newton [2], Kalorie durch das Joule [3] sowie zahlreicher Druckeinheiten durch das Pascal auswirken.

Bei der Einführung der neuen Einheiten und des Internationalen Einheitensystems sollte die Aufgeschlossenheit der Jugend für den Fortschritt zum Tragen kommen, denn das SI besitzt eine Reihe von vorteilhaften Eigenschaften.

- Die Einheiten sind universell (keine Unterschiede zwischen Physik und Technik).
- Es ist möglich, die Grundeinheiten mit hinreichender Genauigkeit darzustellen.
- Das SI ist "absolut", in ihm können alle Kräfte und Energien in der mechanischen Kraft- bzw. Energieeinheit ausgedrückt werden.
- Das SI enthält eine eigene elektrische Grundeinheit entsprechend der modernen Vorstellungen der Elektrodynamik und der Faktor 4π tritt nur noch als Folge der Kugelsymmetrie auf.

Um zum Anfang des Artikels zurückzukommen. Wenn es auch keine Kalorien mehr sind, die dick machen, so bleiben doch die Joules. Und die sollten bei jedem Bissen, den man ißt, an das neue verbindliche Einheitensystem erinnern!

---

2) Sprich Newton englisch wie 'njuten.

3) Sprich Joule französisch wie dzul.

impuls - lexikon

Tautomerie

Besonderer Fall der Isomerieerscheinung, wobei sich die beiden Isomeren durch Wanderung eines Wasserstoffions (Proton) im Molekül unterscheiden. Am bekanntesten ist die sogenannte Keto-Euol-Tautomerie:

So kann in einem ungesättigten Alkohol ("Euol") das Proton der OH-Gruppe (diese befindet sich an einem ungesättigten Kohlenstoffatom) an das benachbarte ungesättigte Atom gehen. Es entsteht ein Keton ("Keto"-Form). Beide Isomere stehen in einem Gleichgewicht.

<u>Beispiel:</u> ungesättigter Alkohol: $R_1-\underset{\underset{OH}{|}}{C}=CH-R_2$

$$R_1-\underset{\underset{OH}{|}}{C}=CH-R_2 \rightleftharpoons R_1-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH-R_2$$

"Euol"-Form "Keto"-Form

Abbildung zu Artikel „Lochkamera"

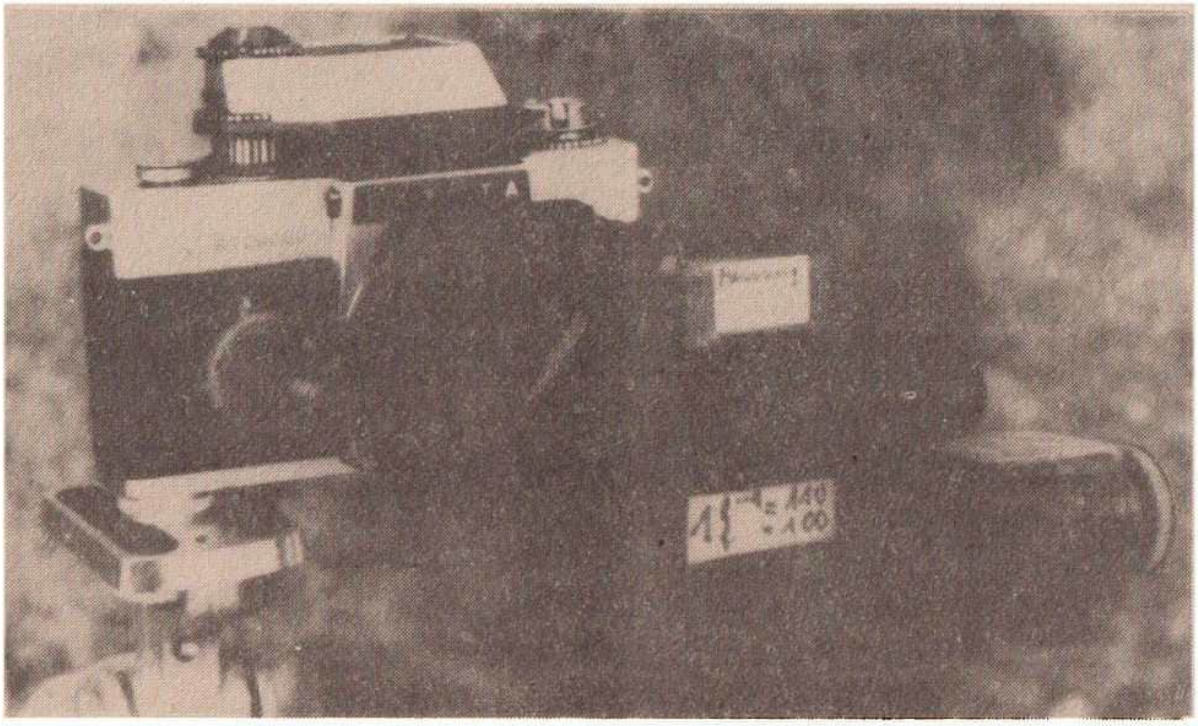


Abb. 8 Einfache Lochkamera

Michael Claus
Diplom-Chemiker

Stand und Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie (Teil 4 und Schluß)

CHEMIE

5. *Entwicklungstendenzen in der petrolchemischen Industrie*

5.1. *Allgemeine Betrachtung*

In den RGW-Ländern wurde in den letzten Jahren eine erhebliche Steigerung der Produktion von Olefinen erzielt. Für den Zeitraum bis 1980 kann auf Grund bereits veröffentlichter Kapazitätsplanungen mit Zuwachsraten für Äthylen und Propylen von etwa 16 % gerechnet werden.
Für die RGW-Länder besteht die Möglichkeit, unter Ausnutzung der Vorteile der gemeinsamen Planung beim Bau von Olefinerzeugungsanlagen, die auszuwählenden Kapazitäten dem Bedarf anzupassen und eine Ausweitung der Olefinverbundwirtschaft durch Kooperation zwischen zwei oder mehreren sozialistischen Ländern zu erreichen.
Ausgehend davon, daß der Bedarf an Olefinen und Polyolefinen in den einzelnen Mitgliedsländern des RGW ständig zunimmt, die Deckung des Bedarfs jedoch entsprechend der Inbetriebnahme neuer Anlagen nicht gleichmäßig in den einzelnen Jahren erfolgen wird, kann es vorübergehend zu Disproportionen zwischen den erzeugten Äthylen- und Propylenmengen und dem Bedarf an diesen Produkten kommen. Zur Lösung dieses Problems werden deshalb die Termine für die Inbetriebnahme von Kapazitäten zur Äthylen- und Propylenerzeugung und -verwertung so abzustimmen sein, daß die Länder nicht zur gleichen Zeit, sondern nacheinander ihre Anlagen in Betrieb nehmen.

Eine Erweiterung der bestehenden bilateralen Vereinbarungen über Olefin-Polyolefin-Kooperation auf Drittländer innerhalb des sozialistischen Wirtschaftsgebietes im Zeitraum 1980 bis 1985 wird ein folgerichtiger Schritt sein.

Es wird z.B. gemäß einer zweiseitigen Vereinbarung zwischen der UdSSR und der Ungarischen VR über die Produktion, Verarbeitung und den Absatz von Olefinen die petrolchemische Industrie der UVR in Leninváros in der Nähe des Chemiekombinates "Tiszai" um einen großen Olefinbetrieb mit einer Kapazität von jährlich 250 000 t Äthylen und 130 000 t Propylen erweitert. Die Produktionsaufnahme erfolgte 1975/76. Von diesem Zeitpunkt ab wird die UVR jährlich auf die Dauer von 10 Jahren 130 000 t Äthylen über Pipeline (1300 km lang) und 80 000 t Propylen in Tankwagen zur Weiterverarbeitung in das westukrainische Chemiezentrum Kalusch exportieren. Während dieser Zeit wird die Sowjetunion Olefinprodukte (250 000 t PVC/Jahr) an die UVR liefern.

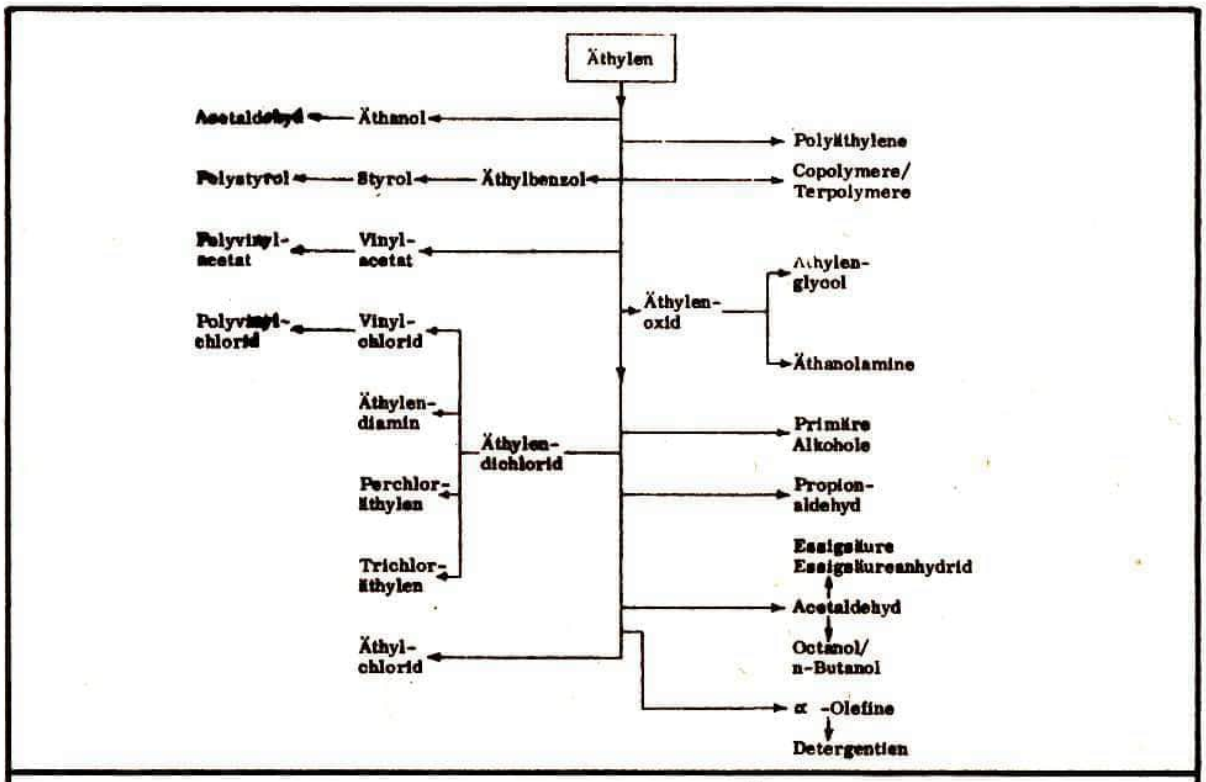


Abb. 10 Verwendungsmöglichkeiten für Äthylen

In der zweiten Phase werden dann bis 1980 in Kalusch eine eigene Großanlage für Äthylen und in der UVR Anlagen für die Weiterverarbeitung der Olefine errichtet.
Ähnlich verläuft die Kooperation zwischen Böhlen (DDR) und Zaluzi (CSSR) seit 1975.

5.2. Produktbezogene Betrachtung

Ä t h y l e n

Einige Verwendungsmöglichkeiten für Äthylen sind in Abb. 10 dargestellt. In Zukunft wird das Äthylen schwerpunktmäßig in größerem Maßstab für die Produktion von Polyäthylen, Äthylenoxid und Äthylendichlorid eingesetzt werden.

Unter Berücksichtigung der zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehenen zusätzlichen Bezugsmöglichkeit von Äthylen aus der CSSR wird dieses Primärprodukt von 1975 bis etwa 1980/85 immer in ausreichender Menge vorhanden sein. Das Äthylenangebot liegt damit höher als der derzeitig ausgewiesene volkswirtschaftliche Bedarf.
Im Durchschnitt setzen wir bis zu 50 % des erzeugten Äthylens für Polymerisationszwecke ein. Dieser Trend wird auch in den nächsten Jahren beibehalten. Als "Standard-Einheit" zur Herstellung von Hochdruckpolyäthylen sei das Typenprojekt "Polymir 50", eine Gemeinschaftsentwicklung der UdSSR und der DDR, genannt.
Gerade für Polyäthylen werden ständig neue Einsatzgebiete und Anwendungsmöglichkeiten gefunden. So wurden z.B. in England belüftbare Schaumbetten hergestellt, aber auch Versuche mit Eisenbahnschienen aus Hochdruckpolyäthylen gemacht.

P r o p y l e n

Die Abb. 11 zeigt, daß dem Propylen ebenfalls ein breites Einsatzgebiet zukommt. Die Schwerpunkte werden sich wenig verlagern und nach wie vor in der Phenolherstellung und Acrylnitrilproduktion liegen. Als neu dürfte sich die verbreiterte Polypropylenproduktion erweisen.

Allerdings lag bis Mitte der 70er Jahre die Propylenproduktion der DDR weit unter dem Bedarf. Erst seit 1975 mit Inbetriebnahme der Böhlener Olefinanlage besserte sich unsere Propylenbilanz.

C_4 - F r a k t i o n

Eine analoge Bilanz der Zunahme zeigen auch diese Produkte.

Hier stellt das Butadien einen Schwerpunkt dar. Mit dem neuen Olefinkomplex in Böhlen erhöhte sich das DDR-Aufkommen auf das Vierfache (bisher von den Leuna-Werken gedeckt), wodurch in der DDR rohstoffseitig die Voraussetzung geschaffen wurde, die Produktion der butadienabhängigen Produkte der Buna-Werke sowohl qualitativ als auch quantitativ zu erweitern.
Die anderen Fraktionsbestandteile werden z.B. in Vergaserkraftstoffkomponenten umgewandelt.

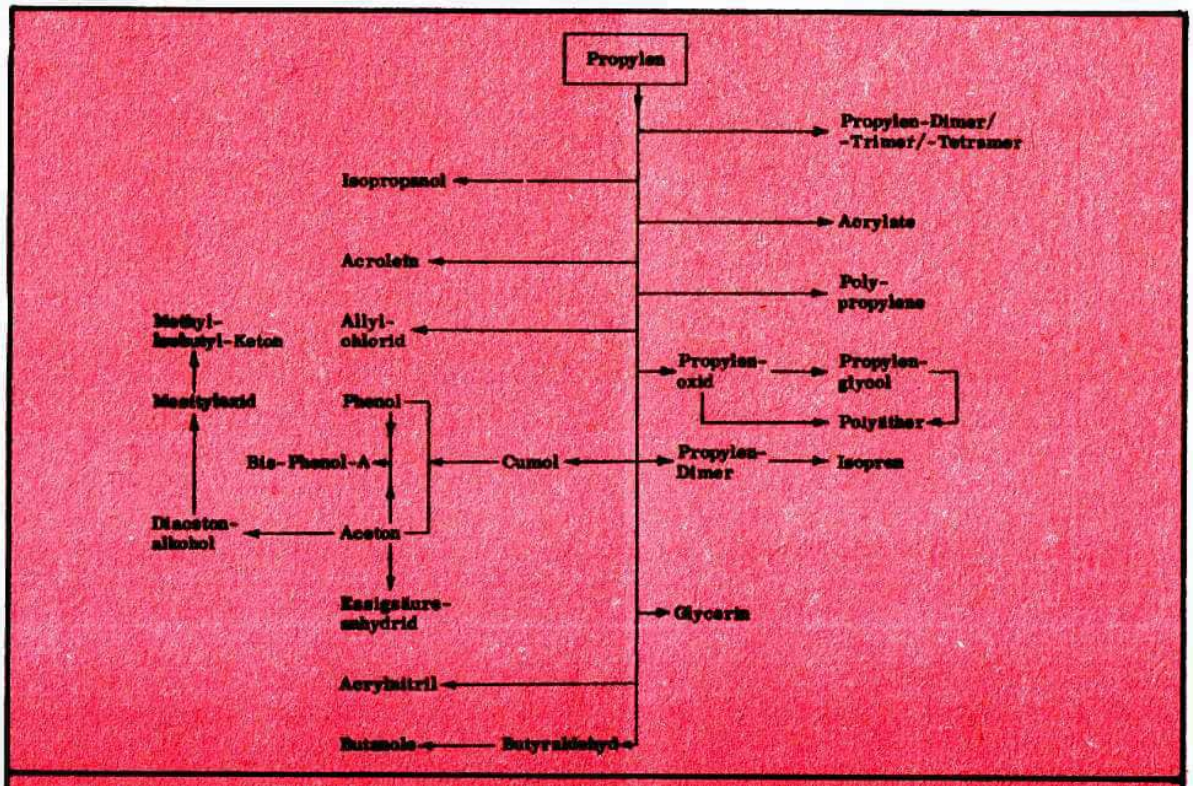


Abb. 11 Verwendungsmöglichkeiten für Propylen

C_5 - F r a k t i o n

Bei dieser Fraktion nimmt die Bedeutung des Isoprens als Ausgangsstoff für Kautschuk zu.

5.3. Technisch-ökonomische Betrachtung

Die bereits erwähnte Anlagenintegration stellt gegenüber der Summation von Einzelanlagen einen unbestreitbaren Fortschritt dar. Eine solche Lösung führt dennoch zu einer Reihe von "Defekten", die eine optimale Gestaltung und ein optimales Betreiben derartig integrierter Produktionskomplexe nicht

zulassen. Die Bemühungen zur Überwindung dieser Defekte werden zu einer neuen Art von integrierten Produktionskomplexen führen, einem qualitativ und quantitativ neuen Anlagentyp, der als systemintegrierter Produktionskomplex (Abb. 12) bezeichnet werden kann.

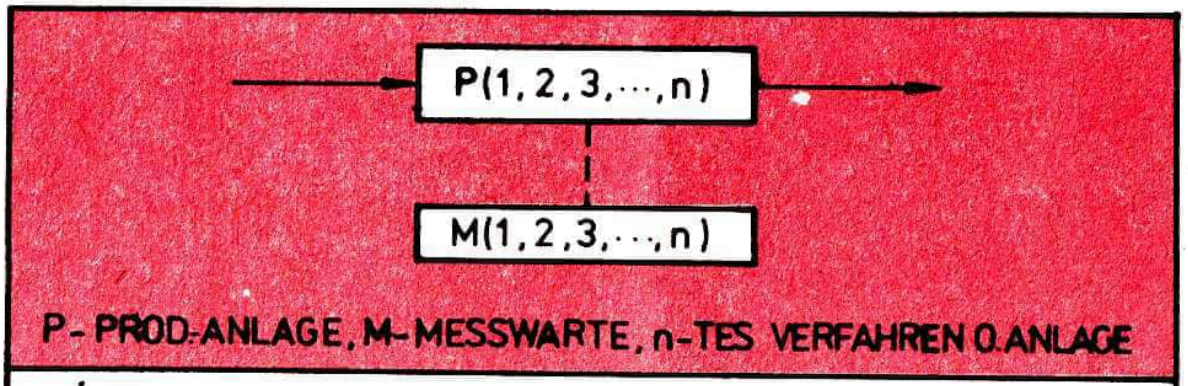


Abb. 12 Systemorientierter Produktionskomplex

Es sind im wesentlichen drei Erkenntnisse bzw. Einschätzungen, welche die Entwicklung und Realisierung derartiger Produktionsanlagen neuen Typs Ende der 70er bis Anfang der 80er Jahre mit hoher Wahrscheinlichkeit erwarten lassen:

1. Die Bedarfsentwicklung zwingt zum Bau von immer größeren Einstranganlagen.
2. Anstelle von Einzelverfahren werden in zunehmendem Maße "know-how"-Bausteine[14] mit Gebrauchswerteigenschaften entwickelt und vielseitig genutzt.
3. Der Entwicklungs- und Erkenntnisstand der wissenschaftlichen Betrachtungs- und Arbeitsweise bietet grundsätzlich die Voraussetzung für die Konzipierung, Realisierung und Beherrschung von systemintegrierten Produktionskomplexen.

Die zur Zeit größten Olefinkomplexe besitzen Produktionska-

---

14) "know-how": "wissen-wie" - Vermittlung von technischem Wissen beim Verkauf von Anlagen oder Produktionsstätten durch Spezialisten; kann umfassen: Einrichtung der Produktionsstätten, Organisation des Betriebsablaufes u.a., Festlegung der benötigten Maschinen usw.

pazitäten von 450 000 bis 540 000 t/Jahr Äthylen. Man glaubt heute schon, die technischen Voraussetzungen für den Bau von Anlagen zur Erzeugung bis zu 750 000 t/Jahr Äthylen prinzipiell erfüllen zu können.

Dem mit der Kapazität von Einstranganlagen wachsenden Produktionsrisiko kann man teilweise durch Verbundleitungssysteme und große Speicherkapazitäten entgegenwirken. In bedeutenden Industriezentren des kapitalistischen Auslandes pulsiert das Äthylen über hunderte von Kilometern durch feinverästelte Pipelinesysteme, welche die Produzenten und Verbraucher miteinander verbinden. Sie können nicht nur den bei Ausfall einer Großanlage entstehenden indirekten Schaden in angemessenen Grenzen halten; sie sind auch insofern von Bedeutung, weil auf diese Weise eine territoriale Trennung zwischen einem Produzenten und mehreren Nachverarbeitern erreicht und die weitere Bildung von Ballungszentren vermieden werden kann. Allerdings wird durch eine derart enge Verflechtung zu systemintegrierten Anlagenkomplexen das Produktionsrisiko soweit erhöht, daß es nur getragen werden kann, wenn es gelingt, menschliches Versagen in Form von Fehlhandlungen und Fehlentscheidungen bei der Bedienung der Anlagen weitgehend auszuschalten. Für solche Entwicklungen bietet sich der Einsatz von elektronischen Rechnern nicht nur an, hier scheint er geradezu erforderlich zu sein.

Damit wird in der Perspektive das Problem der Überwachung und Steuerung des Produktionsprozesses neue, wesentlich höhere Anforderungen stellen, was wiederum eine Vergrößerung des Anteils von Arbeitskräften mit entsprechend hoher Qualifikation nach sich zieht, so daß ein höherer Anteil an Fach- und Hochschulkadern unmittelbar im Produktionsgeschehen zu finden sein wird.

Ilja Irmscher
Student in Dresden

Die Lochkamera

PHYSIK

Angeregt durch einen Themenvorschlag von Herrn Roland Botschen (s. a. WIFO 8/74) innerhalb der MMM-Bewegung an meiner ehemaligen Schule, der Erweiterten Oberschule "Heinrich Hertz" Berlin, habe ich mich in den letzten vier Jahren umfassend mit der Theorie der Lochkamera befaßt und an zwei selbst angefertigten Kameras praktische Untersuchungen durchgeführt. Ich möchte in diesem Artikel eine Zusammenfassung der Ergebnisse meiner Untersuchungen geben.

Der Autor hat des leichteren Verständnisses wegen die Lochkamera unter Vernachlässigung der Beugung des Lichtes behandelt. Tatsächlich wird gerade hier deutlich, daß der Bildpunkt die Beugungsfigur des lichtbündelbegrenzenden Loches ist. Auch bei der Abbildung durch Linsen ist deren Fassung wichtiger als die Linse selbst. Die Linse "sammelt" lediglich ebene oder divergent einfallende Wellenzüge. Dieser prinzipielle Sachverhalt sollte bei den folgenden Ausführungen nicht vergessen werden.

Das zur Zeit am meisten verbreitete optische Grundarbeitsverfahren ist die Sammellinsenprojektion, so daß sich der Vergleich der Lochprojektion mit diesem bewährten Verfahren anbietet. Prinzipiell handelt es sich bei der Lochkamera um einen Spezialfall der Sammellinsenprojektion, da die durch den Linsenmittelpunkt verlaufenden Strahlen genau den (idealen) Strahlenverlauf in der Lochkamera bilden. In diesem Fall werden alle seitlichen Strahlen durch die annähernd völlig geschlossene Blende absorbiert, so daß im Endergebnis keine optische Brechung durch die Linse erfolgt und diese entfallen kann. Durch diese Betrachtung lassen sich die allgemeinen

strahlenoptischen Gesetzmäßigkeiten analog anwenden. Bei der Lochkamera läßt sich keine Brennweite festlegen, da der Brennpunkt, der durch die Brechung der Seitenstrahlen durch die Sammellinse erzeugt wird, nicht vorhanden ist. Als Grundgröße der Lochkamera gibt man deshalb stets den Auszug (Bildweite) an. Von der Lochkamera werden die Seitenstrahlen absorbiert, die im Gegensatz dazu durch die Sammellinse gebrochen und so zusätzlich für die Bilderzeugung genutzt werden. Man kann also die Arbeitsweise der Lochkamera als passiv, die der Sammellinse als aktiv betrachten. Daraus resultiert die wesentlich geringere Lichtstärke der Lochkamera. Sie wird im allgemeinen durch das Öffnungsverhältnis als Quotient aus dem (effektiven) Lochdurchmesser und dem Auszug angegeben. Der Abbildungsmaßstab sowie der Bildwinkel lassen sich in gewohnter Weise ermitteln.

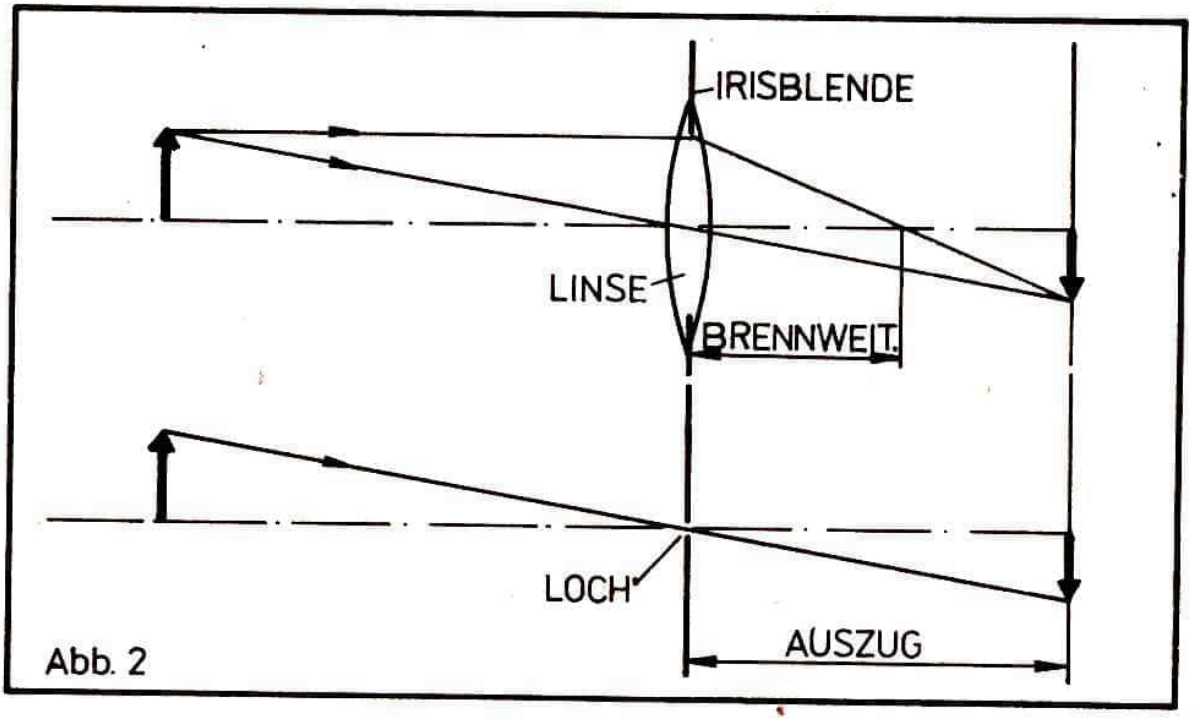


Abb. 2

Mit der Lochkamera läßt sich jedoch keine absolute Schärfe erreichen, da das Loch immer eine endliche Größe hat und dadurch geometrisch nicht genau festgelegt ist, wie die Projektionsstrahlen verlaufen. Die von ein und demselben Objektpunkt ausgehenden Strahlen bilden deshalb einen Kegel, wodurch eine geometrische Unschärfe entsteht. Sie beträgt

$$s = d\,(1 + \frac{a}{e}).$$

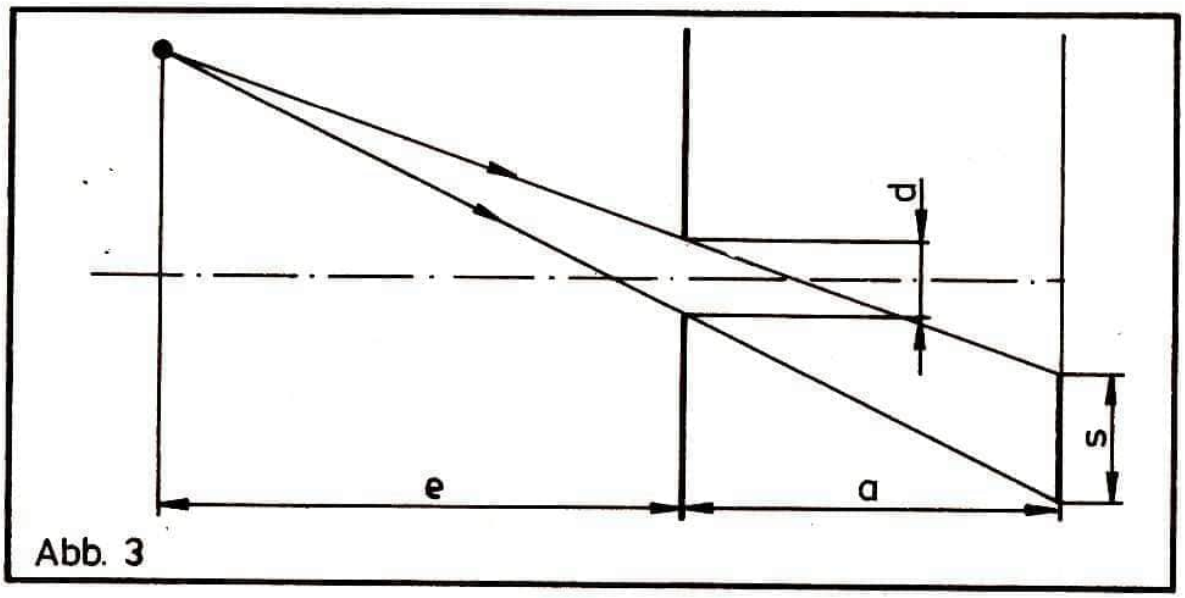


Abb. 3

Ausgehend von dieser Gleichung erkennt man, daß bei vorgegebenem konstantem Abbildungsmaßstab der Lochdurchmesser möglichst klein zu wählen ist. Dabei tritt jedoch eine Minderung der Lichtstärke ein, und es treten Beugungs- und Interferenzerscheinungen auf, die der Bildentstehung entgegenwirken. Je kleiner das Loch ist, desto mehr wird die Beugungscharakteristik an einer Kante von der an einem Loch abgelöst, d. h. die Projektionsstrahlen werden - anschaulich beschrieben - energetisch geschwächt,und es werden konfuse Störstrahlen erzeugt, wodurch ein Interferenzbild dem eigentlichen Bild überlagert wird, so daß eine beträchtliche ungleichmäßige Kontrastminderung eintritt.

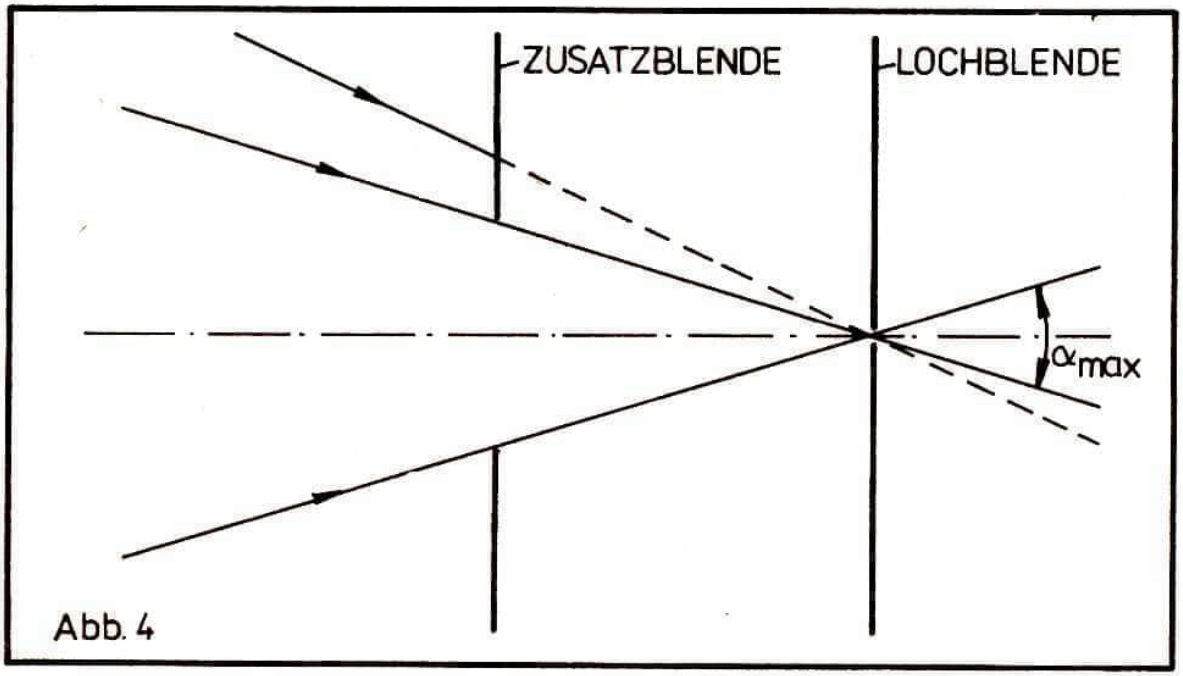


Abb. 4

Für den Lochdurchmesser ist ein Optimum zu finden, das aber nicht global angegeben werden kann, weil dies vom geforderten Kontrast abhängt. Negative Erscheinungen durch die relativ dickere Blende sind unerheblich, da die Blendendicke ohnehin ein Vielfaches der Wellenlänge beträgt. Ferner haben experimentelle Untersuchungen ergeben, daß die Schärfe durch relativ monochromatisches Licht gehoben wird. Außerdem kann das Überlagerungslicht durch Absorption der außerhalb des Bildwinkels liegenden Projektionsstrahlen (vor der Lochblende) geschwächt werden.

Das Projektionsloch ist das "Herz" der Lochkamera. Von seiner Qualität hängt auch die Güte des erzeugten Bildes ab. Es muß völlig rund sein, da sonst die Lichtstärke und die Schärfe ungleichmäßig sind. Die äußere Fläche der Blendenoberfläche kann glänzend oder matt sein. Ihre Funktion besteht darin, möglichst alle nicht benötigten Strahlen von der Projektionsebene fernzuhalten. Die der Projektionsfläche zugewandte Seite ist matt zu schwärzen, damit schädliche Reflexionen unterbunden werden. Mit steigendem Bildwinkel nimmt der effektive Lochdurchmesser ab, die Lichtintensität damit auch,und die Störstrahlung nimmt zu.

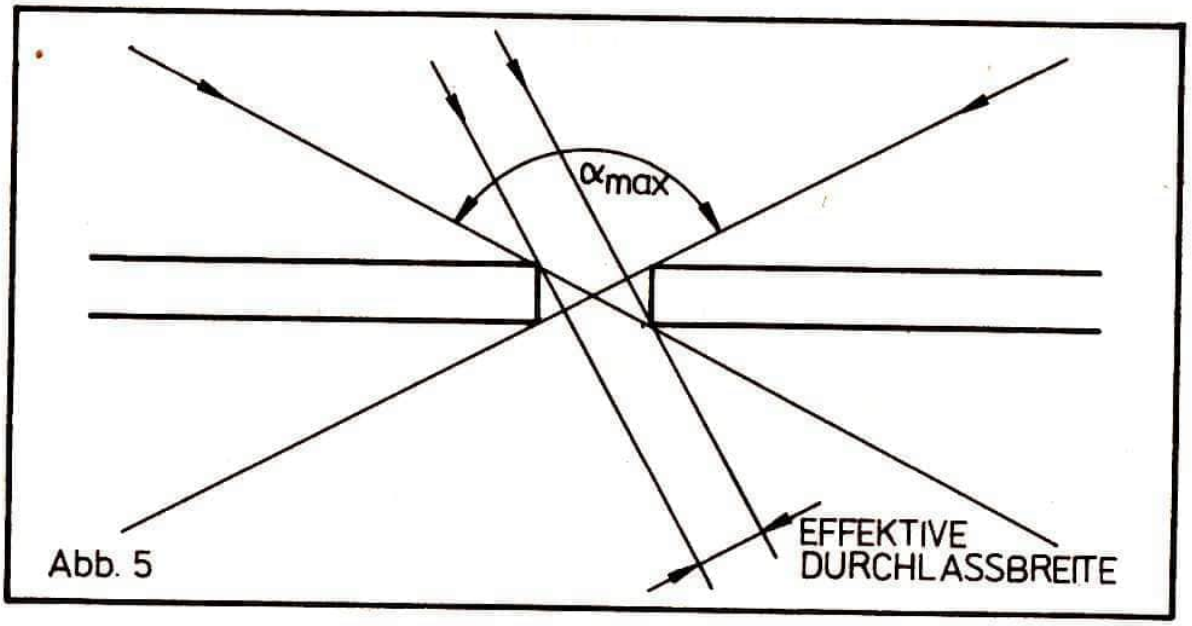


Abb. 5

Als spezielles Einsatzgebiet wurde die Astrofotografie gewählt, da sie äußerst extreme Anforderungen an die Aufnahmetechnik stellt und so sehr deutlich die Grenzen und Möglich-

keiten eines optischen Systems erkennen läßt. Diese Schwierigkeiten liegen bekanntlich in der sehr hohen Gegenstandsweite der astronomischen Objekte. Daraus resultiert eine überwiegend sehr geringe Lichtintensität und ein kleiner scheinbarer Durchmesser (kleiner Bildwinkel). Ferner ist die Relativbewegung Beobachter-Objekt ein großer Schwierigkeitsfaktor; zumindest dann, wenn der Aufwand in Grenzen bleiben soll. Die Lochkamera hat eine sehr geringe Lichtstärke und eine hohe Unschärfe, wodurch ihr Einsatz in der Astronomie auf die Sonne und den Mond beschränkt bleibt. Schon für eine Aufnahme von der verhältnismäßig hellen Venus wäre eine Belichtungszeit von mehreren Tagen mit exakter Kameranachführung erforderlich. Das Filmbild wäre ein runder Lichtpunkt, dem man nichts weiter entnehmen könnte.

Abb. 6 Lochkameraaufnahme des Vollmondes

Mit der Lochkamera lassen sich sowohl Punkt- als auch Strichspuraufnahmen in beachtlicher Qualität von der Sonne und vom Mond anfertigen. Punktaufnahmen vom Mond zeigen deutlich die gröbsten Oberflächenformationen dieses Erdtrabanten. Inwieweit Sonnenflecken aufgenommen werden können, ließ sich nicht ermitteln, da zur Untersuchungszeit keine größeren vorhanden

waren. Bei Strichspuraufnahmen von der Sonne empfiehlt sich das Arbeiten mit Einzelbelichtungen. Wird diese Methode nicht angewendet, so sind sehr starke Lichtfilter erforderlich. Für den Amateur, der mit geringstem Aufwand nur eine Sonnenfinsternis oder eine Sonnenspur fotografisch aufzeichnen möchte, erweist sich die Lochkamera in dieser Beziehung als zuverlässiges einfaches Hilfsmittel.

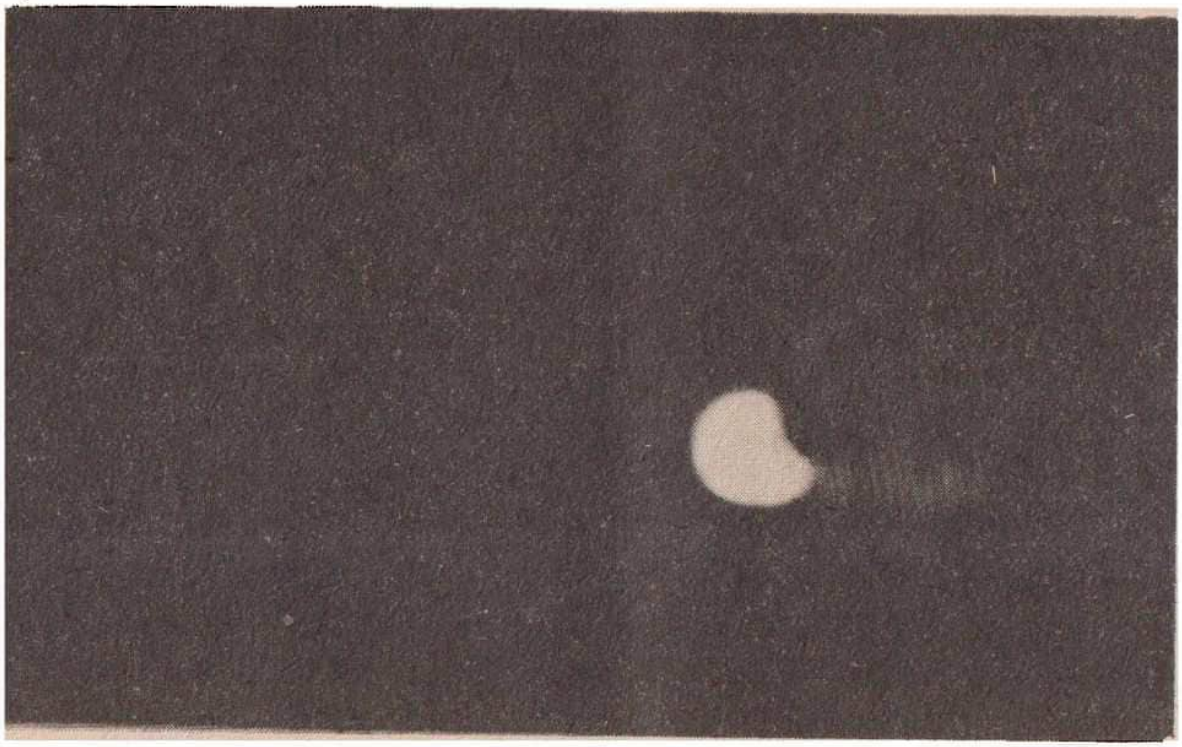


Abb. 7 Lochkameraaufnahme der Sonnenfinsternis vom Febr. 71

Abbildung 6 zeigt eine Lochkameraaufnahme des Vollmondes. Der Auszug betrug 500 mm. Es wurde ORWO NP 27 bei einer Belichtungszeit von 8 Sekunden verwendet. Die Sonnenfinsternis vom Februar 1971 ist in Abbildung 7 dargestellt (ORWO NP 27, 1/1000 Sekunde, 135 mm Auszug).

Im Vergleich zu derzeit üblichen Kameras ergeben sich global folgende Unterschiede:

- Der maximale Bildwinkel ist relativ leicht variierbar, eine Scharfeinstellung entfällt grundsätzlich.
- Relativ zur Kamera schnell bewegte Objekte sind nicht auf

dem entwickelten Filmbild sichtbar.

- Die geringe Lichtstärke erfordert in der Regel ein Stativ, der Einsatz bei ungünstigen Lichtverhältnissen ist höchst zeitaufwendig.
- Die Lichtstärke der Lochkamera kann nur durch Auswechseln der Lochblende geändert werden, weil das Loch absolut rund sein soll.
- Mit der Lochkamera läßt sich kein guter Kontrast, keine gute Schärfe, kein Tiefenschärfebereich und keine exakte Farbwiedergabe erzielen.
- Aufnahmen schnell bewegter Objekte sowie der Einsatz in der wissenschaftlich-technischen und in der künstlerischen Fotografie sind kaum möglich.

Mit dieser Charakteristik ist bereits die geringe praktische Bedeutung der Lochkamera für die moderne Fotografie offensichtlich; man sollte sie trotzdem nicht pauschal als sinnlos ansehen. So eignet sie sich aufgrund ihres äußerst einfachen und billigen Aufbaus hervorragend als Unterrichtsmittel. Sie erbringt den Beweis für den Dualismus Welle - Teilchen (im kritischen Bereich des Loches) und für die Tauglichkeit der Strahlentheorie des Lichtes für die praktische Nutzung. Im Fach Astronomie kann sie als einfache Kamera für Mond- und Sonnenfotos genutzt werden, so u. a. für Spuraufzeichnungen von der Sonne, die dem Schüler in der Regel nicht mit einem normalen Fotoapparat möglich sein werden.

Trotz ihrer vielen Nachteile findet die Lochkamera dennoch begrenzt Anwendung. Leonardo da Vinci gebrauchte sie für die Bewältigung perspektivischer Probleme. In der Röntgenfotografie (Medizin) vereinfacht das Loch wesentlich den Strahlenschutz. Bei diesem Verfahren befindet es sich in der Bleiwand.

Zu Schulzwecken genügt eine ganz einfache Kamera, die in kurzer Zeit aus Pappe gebaut werden kann (1). Diese läßt sich vielfältig modifizieren. So kann sie z. B. auch aus einer Blechbüchse gebaut, anstelle der nur noch schwer erhältlichen Fotoplatten kann Planfilm verwendet werden; für reine Be-

trachtungszwecke ist die Rückwand durch Transparentpapier zu ersetzen.

Ich habe insgesamt zwei Lochkameras zu Experimentierzwecken angefertigt. Dabei hatte ich mir die Aufgabe gestellt, auf der Basis des wirtschaftlichen Kleinbildformats unter Verwendung industriell gefertigter Verschlüsse vorerst eine möglichst robuste und universelle Kamera zu bauen. So entstand ein Kameravorsatz für das Exa-Exakta-System, der ohne zusätzliches Zubehör Auszüge von 100 bis 190 mm gestattet. Die Lochblenden sind auswechselbar, der Lochdurchmesser beträgt 0,3 bis 1 mm. Ferner gestattet ein zusätzlicher Verschluß Mehrfachbelichtungen. Dies ist z. B. für die Aufnahme einzelner Spurteile astronomischer Objekte erforderlich.

Um die Einsatzfähigkeit der Lochkamera in der Astrofotografie besser untersuchen zu können, habe ich - aufbauend auf den Erfahrungen mit dem ersten Kameravorsatz - einen zweiten gebaut, der einen Auszug von 500 mm besitzt (Abb.1). Dieser kann auch als "Lochfernrohr", jedoch mit üblichem Okular, benutzt werden. Ein Zusatzverschluß ist nicht vorhanden, da der Bildwinkel für Strichspuraufnahmen zu klein ist. Zur Verbesserung der Bildqualität ist eine ferngesteuerte Irisblende angebracht, die der Absorption aller außerhalb des erforderlichen Bildwinkels liegenden Strahlen dient; sie ist insbesondere bei sehr kleinen Winkeln wirksam. Der Kameravorsatz ist im Interesse eines hohen Ausnutzungsgrades in kürzester Zeit zu einem Fernrohr, Zeiß-Achromat 50/540, umrüstbar (Beobachtung und Fotografie).

Diese Untersuchungen waren mir nur durch eine sehr gute und gezielte Unterstützung und Anleitung durch die Schule möglich. Sie hat mich dazu angehalten, mir überhaupt erst eine weitgehend selbständige wissenschaftliche Arbeitsweise anzueignen. Darüber hinaus war der Bau der entsprechenden Geräte für mich in gewissem Maß eine Konstruktionsschule. Diese Arbeit hat wesentlich dazu beigetragen, daß mir der Übergang von der Schule zum Studium (Maschineningenieurwesen, TU Dresden) nicht schwer gefallen ist. Ich kann deshalb jedem Jugendlichen nur empfehlen, sich auf diese oder jene Art sinnvoll auf seine spätere berufliche Tätigkeit vorzubereiten.

 (1) Modellbogen "Knüllertüte", Verlag Junge Welt, 1970

Dr. Hans Stephani
Sektion Physik
der FSU Jena

Schwarze Löcher (Teil 2)

Zu starke Kräfte machen halt
die Welt vorzeitig krumm und alt.

3. Eigenschaften kugelsymmetrischer Gravitationsfelder

Schwarze Löcher sind Raum-Zeit-Gebiete, in denen das Gravitationsfeld so stark ist, daß weder Teilchen noch Licht diese Gebiete verlassen können. Die physikalische Theorie, die für derartig starke Gravitationsfelder benutzt werden muß, ist die Einsteinsche allgemeine Relativitätstheorie. Diese Theorie stand früher und steht manchmal auch noch heute in dem Ruf, besonders schwierig und vielleicht sogar etwas abseitig zu sein. Dies liegt sicher auch daran, daß sie über die Zeitmessung und deren Abhängigkeit vom Gravitationsfeld befremdliche Behauptungen aufstellt, wo doch jeder Mensch schon als Kind gelernt hat, wie man die Zeit auf einer Uhr abliest und seitdem weiß, was Zeit ist. Bei der Beurteilung der merkwürdigen Eigenschaften der Schwarzen Löcher gerade hinsichtlich der Zeitmessung sollte man sich aber klar machen, daß die menschliche Zeitmessung (Jahre, Monate, Tage und ihre Unterteilungen) auf Eigenschaften der Bewegung von Himmelskörpern basiert, auf Eigenschaften der Bewegung in Schwerefeldern. Es ist also gar nicht so verwunderlich, daß in Schwerefeldern, die sich wesentlich von denen unserer Umgebung unterscheiden, auch die Zeitstruktur anders ist.

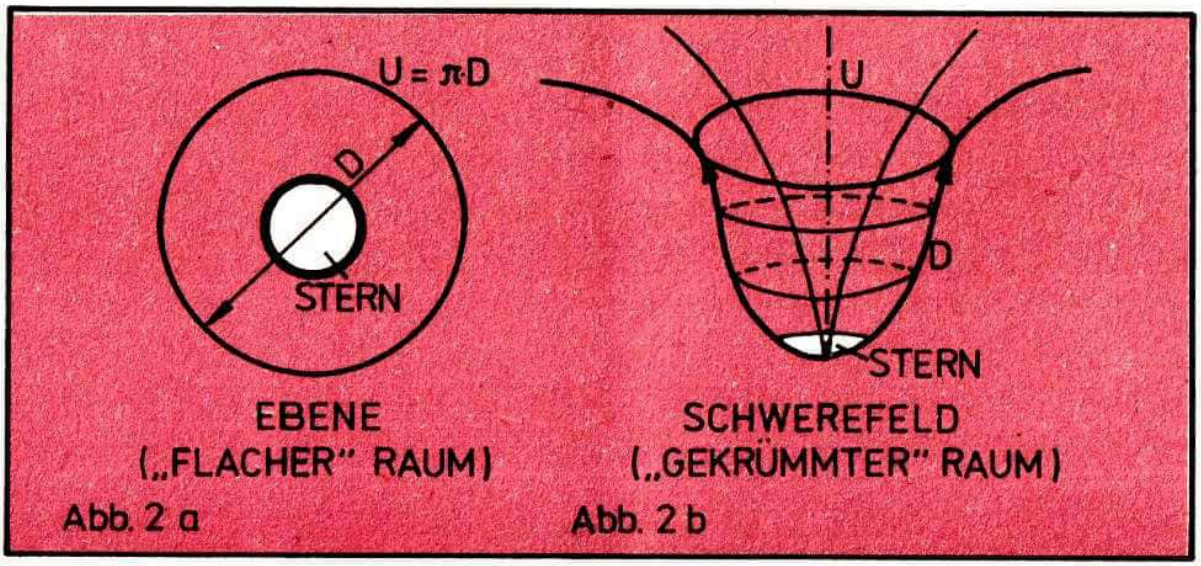
Ohne Benutzung von allzuviel Formeln wollen wir zunächst einmal darstellen, wie sich Längen- und Zeitmessung in der Umgebung eines "normalen" Sterns, etwa unserer Sonne, infolge des Schwerefeldes ändern.

Denken wir uns einen ebenen Schnitt durch den Mittelpunkt des Sterns und in dieser Fläche einen zur Sternoberfläche konzentrischen Kreis. Während in einer Ebene zwischen Um-

fang U und Durchmesser D die Beziehung $U = \pi \cdot D$ gilt, stellt man beim Ausmessen im Schwerefeld

$$U < \pi \cdot D \qquad (3)$$

fest: Umfang und Durchmesser eines Kreises verhalten sich so wie auf der gekrümmten Fläche der Figur 2 b (auch D ist auf der Fläche zu messen!). Wenn wir im Schwerefeld vom "Radius" r eines Kreises sprechen, müssen wir immer dazu sagen, ob wir r durch Umfangs- oder Durchmessermessung bestimmt haben. Wir wollen vereinbaren, von der Umfangsmessung, also von $r = U/2\pi$ auszugehen.



Eine zweite wichtige Eigenschaft der Schwerefelder ist die Beeinflussung des Ganges von Uhren. Zwei physikalisch identische Uhren, die sich im Gravitationsfeld außerhalb des Sterns an den Orten r_1 bzw. r_2 befinden, gehen unterschiedlich; die von ihnen gemessenen Zeiten t_1 bzw. t_2 unterscheiden sich um einen Faktor:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{1 - r_G/r_1}{1 - r_G/r_2} \qquad (4)$$

Der sogenannte "Gravitationsradius" oder auch "Schwarzschildradius" r_G berechnet sich aus der Masse M des Sterns gemäß

$$r_G = 2\,\gamma\, M/c^2 \quad . \qquad (5)$$

Er ist für normale Sterne immer kleiner als der Radius des Sterns (für die Sonne gilt z. B. $r_G = 2{,}96$ km, für die Erde

r_G = 8,8 mm), außerhalb des Sterns gilt $r > r_G$. Formel (4) zeigt, daß Uhren in der Nähe des Sterns ($r_1 < r_2$) langsamer gehen als die weiter entfernten ($t_1 > t_2$). Mißt man mit diesen beiden Uhren die Frequenz ν (Zahl der Schwingungen pro Zeiteinheit) einer Lichtwelle, dann gilt also

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{t_2}{t_1} = \frac{1 - r_G/r_2}{1 - r_G/r_1} \qquad (6)$$

Eine Lichtwelle, die vom Stern wegläuft (von r_1 nach r_2), kommt in r_2 mit kleinerer Frequenz, also größerer Wellenlänge an. Dieser Effekt der "Rotverschiebung" konnte im Schwerefeld der Erde mit hoher Genauigkeit experimentell bestätigt werden.

Zum Schwarzen Loch? O Mensch sei weise und verzichte auf die Reise!

4. Die wichtigsten Eigenschaften Schwarzer Löcher

Kommen wir zurück zu den Schwarzen Löchern. Wie die allgemeine Relativitätstheorie zeigt, unterscheidet sich ihr Gravitationsfeld von denen normaler Sterne dadurch, daß der Sternradius R kleiner als der Gravitationsradius r_G ist, also

$$R < 2\gamma M/c^2 \qquad (7)$$

gilt. Vergleichen wir diese Beziehung mit der nichtrelativistischen Formel $v = \sqrt{2\gamma M/R}$ für die Entweichgeschwindigkeit v, dann stellen wir fest, daß (7) genau die Bedingung dafür ist, daß die Entweichgeschwindigkeit die Lichtgeschwindigkeit übertrifft. Der einfache Energiesatz (1) und die Relativitätstheorie geben also dieselbe Bedingung (für das Verhältnis M/R eines Sternes) dafür, daß er ein Schwarzes Loch ist. Diese Übereinstimmung darf man nicht überbewerten, da die Aussagen der Relativitätstheorie über die physikalischen Eigenschaften solcher Sterne sich von denen der "Alltagsphysik" stark unterscheiden.

Welches sind nun die Eigenschaften dieser Schwarzen Löcher? Es sind unsichtbare Sterne, die ein Schwerefeld besitzen wie andere Sterne auch. In diesem Schwerefeld könnten z. B. Planeten kreisen, wir könnten die Existenz des Schwarzen

Loches durch die von ihm ausgeübte Anziehungskraft feststellen. Stellen wir uns einmal vor, wir hätten ein solches Schwerefeld festgestellt und würden einen Beobachter mit einer Rakete losschicken, um Genaueres über die uns unsichtbare Quelle des Schwerefeldes zu erfahren. Dieser Beobachter hat den Auftrag, in radialer Richtung zu fliegen und regelmäßigen Funkkontakt mit der Erde zu halten. Wir (auf der Erde) würden dann folgendes feststellen: Während sich der Beobachter dem Schwarzen Loch nähert, wird er immer langsamer. Seine Funksignale treffen in immer größeren Zeitabständen ein, sie erleiden eine immer größere Rot-

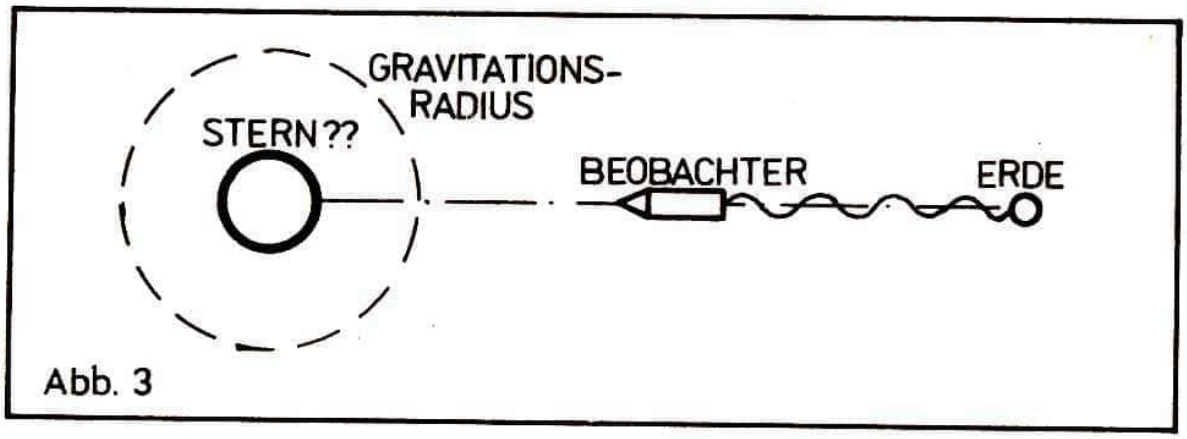


Abb. 3

verschiebung (in Formel (6): $\nu_1 / \nu_2 \longrightarrow 0$ für $r_2 \longrightarrow r_G$). Den nur endlich weit entfernten Gravitationsradius kann er in endlicher Zeit nicht erreichen.
Der Beobachter hingegen ist da ganz anderer Meinung (und teilt uns dies auch mit): Er bewegt sich mit ständig wachsender Geschwindigkeit auf das Schwarze Loch zu und sendet in regelmäßigen Abständen. Beim Überschreiten des (vorher berechneten) Gravitationsradius stellt er nichts besonderes fest und meldet dies zur Erde; diese Meldung kommt jedoch niemals auf der Erde an (in Formel (4): $t_1/t_2 \longrightarrow \infty$ für $r_2 \longrightarrow r_G$). Hinter dem Gravitationsradius versucht der Beobachter umzukehren. Er muß jedoch feststellen, daß dies auch mit stärkster Raketenkraft nicht möglich ist: er stürzt unaufhaltsam zum Zentrum $r = 0$ hin.

Dies eben Geschilderte trifft allerdings nur auf einen gedachten, idealisiert punktförmigen Beobachter zu. Jeder

reale, materielle, ausgedehnte Beobachter würde in der Umgebung des Gravitationsradius durch das starke Schwerefeld deformiert und zerstört werden, dabei Gravitationswellen aussenden und schließlich beim "Hineinfallen" die Masse des Schwarzen Loches (unwesentlich) erhöhen. Während wir ihn noch unterwegs zum Gravitationsradius glauben, ist er (in seiner Zeitmessung, seinem Lebensalter nach gleichzeitig) längst zugrunde gegangen.

Waren Sie auch so gut wie unsere Chemieolympioniken? Hier die vollständige Lösung der Aufgabe aus Heft 5.

Lösungsweg der Chemieaufgabe

gegeben: unbekanntes Salz der Zusammensetzung $A_xB_y \cdot z\ H_2O$

1. Bestimmung des Wassergehaltes durch Reaktion mit Thionylchlorid

$$H_2O + SOCl_2 \longrightarrow 2\ HCl + SO_2$$
$$SO_2 + O_2^{2-} \longrightarrow SO_4^{2-}$$
$$SO_4^{2-} + Ba^{2+} \longrightarrow BaSO_4$$

Aus 1 Mol H_2O wird demzufolge 1 Mol $BaSO_4$ gebildet.

14,04 g Bariumsulfat entsprechen folglich 1,0846 g Wasser; das sind 45,57 % der Einwaage von 2,3792 g .

Wassergehalt: 45,57 %

2. Mit Silbernitrat sind verschiedene Ionen fällbar (Cl^- ; Br^- ; J^-; SCN^- ; CN^-).

Aus 5ml $AgNO_3$ Lösung (0,2n) können aber nur 143 mg AgCl entstehen.
(Es würden sich 188 mg AgBr bzw. 234 mg AgJ bilden.)

Demzufolge muß das Anion Chlorid sein.

5 ml 0,2n $AgNO_3$-Lösung entsprechen 35,5 mg Cl^-
In der gesamten Probe sind also 355 mg Chlorid enthalten.
Dies entspricht bei einer Einwaage von 1189,6 mg einem Chloridgehalt von 29,84 %.

Chloridgehalt: 29,84 %

Aus der Division durch die Atom- bzw. Molekülmassen erhält

man das atomare Verhältnis von Wasser und Chlor.

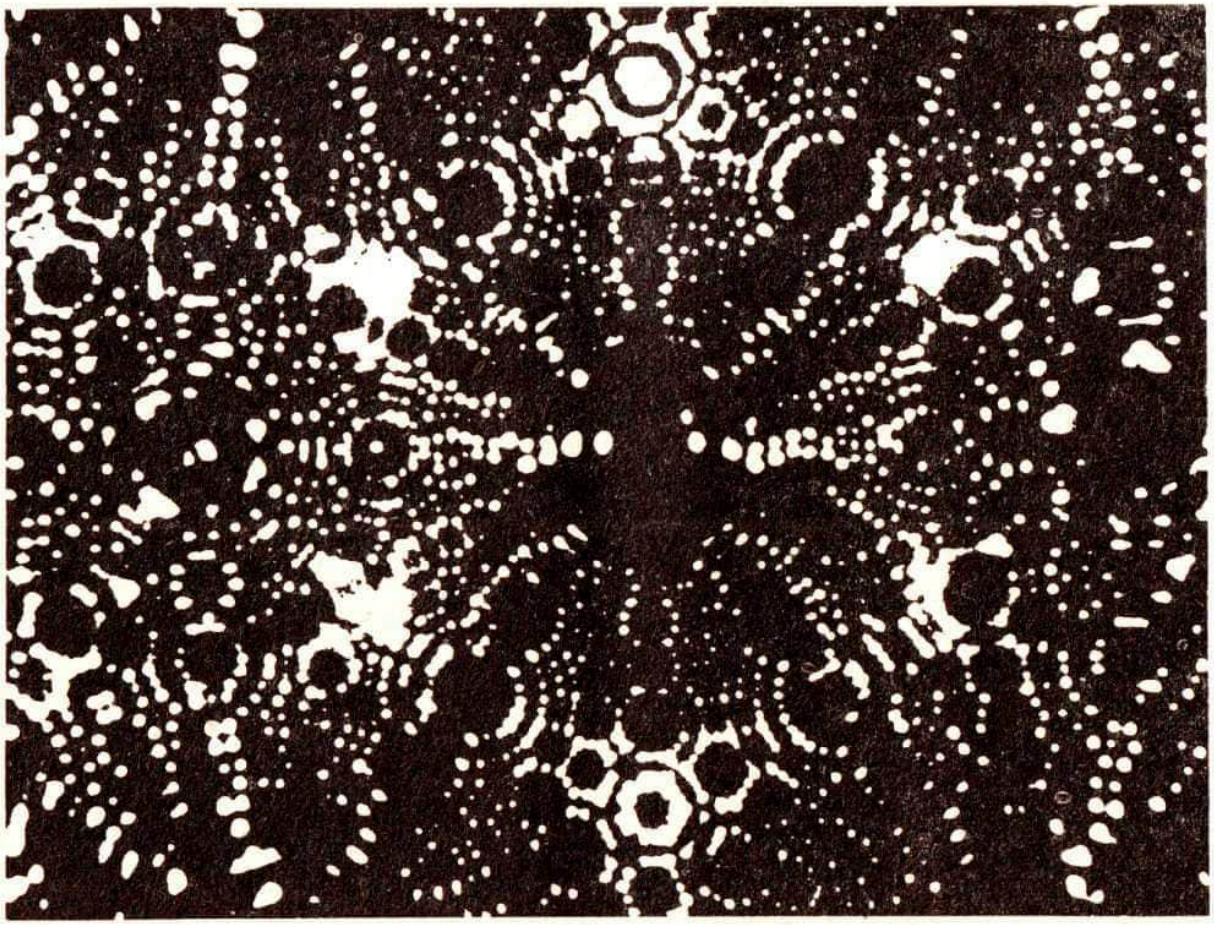
Cl	29,84 %	/ :	35,5	0,8406	1
H_2O	45,57 %	/ :	18	2,5317	3
	75,41				

aus der Differenz zu 100 folgt der Metallgehalt:

Metall : 24,59 %

Aus dem Cl-Gehalt folgt die Molmasse zu 119 oder einem ganzzahligem Vielfachem davon. Daraus erhält man die Atommasse des Metalls.

119	⟶ 30	(P	; 30,97)		
238	⟶ 58,5	(Co	; 58,89)	⟶	$CoCl_2 \cdot 6\ H_2O$ (mit Beschr.)
357	⟶ 88	(Sr	; 87,62)		
476	⟶ 118	(Sn	; 118,7)	⟶	$SnCl_4 \cdot 12\ H_2O$ (ohne Beschr.)



Feldelektronenmikroskopische Aufnahme einer einer Wolfromkristallhalbkugel

Prof. Manfred Balarin

Einstein und die Aufgaben eines Physikers heute (Teil 2 und Schluß)

Für den Physiker ist m. E. noch ein Zug Einsteins wichtig: Stets hat er versucht, seine physikalischen Gedankengänge auch mathematisch zu formulieren. Heute verfügen wir über die schnellen und genauen Mittel der Rechentechnik. Einstein hat sie noch nicht gehabt, und fast hat man den Eindruck, er hat sie auch nicht benötigt, so eindeutig und geschlossen liegen uns alle seine Ableitungen vor. Damit soll nichts gegen den sinnvollen Einsatz der Rechentechnik und auch der Meß-, Steuer- und Regeltechnik gesagt werden, aber vielfach müßte man sich doch an Einstein erinnern und versuchen, eine Aufgabe analytisch und allgemeingültig zu behandeln, funktionelle Abhängigkeiten sicherzustellen, die Größenordnungen der Effekte sauberer abzuschätzen usw. Leider ist es manchmal doch EDV-Praxis, daß man die Zusammenhänge aus den überlangen Zahlenkolonnen nicht mehr herausfindet, so wie das Sprichwort sagt, daß jemand den Wald vor lauter Bäumen nicht mehr sieht. Natürlich verlangt auch die numerische Lösung eine zweckentsprechende und rationelle Behandlung; aber oft ist es einfach Bequemlichkeit oder gar Unvermögen, wenn man die Maschine rechnen läßt und nicht den Weg Einsteins sucht.

Zu einem ganz anderen Vergleich wird der Ruf Einsteins in einem Artikel "Wachstum und Wissenschaft"[8] mißbraucht, in dem die Ideologie des Nullwachstums auf die Entwicklung und Bedeutung der naturwissenschaftlichen Forschung und Technik übertragen wird. Zunächst muß man dort zustimmen, daß das heutige technische und gesellschaftliche Niveau auch ein Produkt des wissenschaftlich-technischen Fortschritts ist.

Dann beklagt man sich darüber, die Wissenschaft und allein schon die Bildung in der BRD würden zu viel Kosten verursachen, zu häufig finde ein "Leerlauf" statt und es gäbe zunehmend "unfruchtbare" Arbeiten. So kommt man zu dem spartanischen Schluß: "Die Geschichte der Wissenschaft beweist allerdings, daß die größten Gestalten sich unbeirrbar und zum Teil gegen größte materielle Widrigkeiten ihre Aufgabe gesucht und ihren Weg gemacht haben - die Zahl der auf gleichem Gebiet Tätigen hatte keinen Einfluß. Schließlich aber muß man sich vor Augen halten, daß auch 1000 Durchschnittspathologen keinen Virchow ersetzen, sowenig 1000 Physiker einen Einstein ergeben", und nach Einstein lanciert man schließlich die Frage, "ob man der Allgemeinheit gegenüber ständig die wachsenden Aufgaben für den Bildungssektor vertreten kann".

Bleiben wir kurz bei Einsteins Entwicklungsgang. Er stammte zwar nicht aus besonders begüterten Kreisen, trotzdem muß seine Ausbildung und erste Anstellung als recht problemlos angesehen werden. Mit der Berufung nach Berlin war er auch materiell gut zufriedengestellt, sicher sogar bevorzugt gegenüber der großen Zahl seiner Kollegen. Nicht wegen materieller Schwierigkeiten, sondern durch die zur Macht gekommene politische und rassistische Verhetzung war er gezwungen, aus Hitler-Deutschland zu emigrieren. Auch die Meinung Einsteins, die ihn offenbar - nach Borns Aussage[6] - mehrere Jahrzehnte bedrückt hat, daß er, könnte er nochmals jung einen Beruf wählen, lieber Klempner oder Hausierer sein wolle, wird von ihm damit motiviert, "so das geringe Maß an Unabhängigkeit zu finden, das unter den heutigen Umständen noch erreichbar ist". Damit wird die allgemeine Enttäuschung und seine Opposition zu der ihn umgebenden bürgerlichen Gesellschaft ausgedrückt, in der er sich zunehmend isoliert fühlte.

Auf dem Gebiet der Wissenschaft hatte sich längst eine andere Situation entwickelt, in der wesentliche Fortschritte und umfangreiche wissenschaftlich-technische Projekte tatsächlich nur noch durch zahlenmäßig große, gut zusammenwirkende und interdisziplinär zusammengesetzte Kollektive erreicht werden

können. Es seien nur zwei Beispiele genannt: die Entwicklung von Kernreaktoren für die großtechnische Energiegewinnung und die Entwicklung der Halbleiterphysik des Siliziums bis zur Physik und Technologie der modernen integrierten Festkörperschaltkreise. Allein für das Halbleitersilizium müßte man die oben zitierte Bemerkung umkehren: Selbst ein Einstein hätte nicht 1000 Physiker ersetzen können! Wie viele Physiker, Elektrotechniker, Verfahrenschemiker, Geräteentwickler wirklich bis heute, d. h. in weniger als 20 Jahren, daran gearbeitet haben, ist nirgends angegeben, und dabei haben die Wissenschaftler auf diesem Gebiet noch ein Heer von Ingenieuren, Laboranten und Werkstattarbeitern unter höchstem Zeitdruck beschäftigt. Hinzu kommt, daß diese Ergebnisse unmittelbar in die Produktionssphäre übernommen wurden, daß damit neue Generationen von Systemen der Nachrichtentechnik, der elektronischen Datenverarbeitung u. a. möglich und tatsächlich entwickelt wurden, daß Organisatoren und Reklamefachleute den Bedarf wecken und den Absatz gegen die Konkurrenz sichern mußten, also daß die Firmen das wissenschaftliche Ergebnis unmittelbar in Profit und Prestigekampf ummünzten. Eine solche praktische Resonanz konnten die Arbeiten Einsteins zu ihrer Zeit noch nicht finden, aber sie haben mit den Grund für viele spätere Applikationen der Wissenschaft gelegt, vor allem jedoch durch die Schaffung eines modernen physikalischen Weltbildes.

Weil diese Verhältnisse aber so unterschiedlich sind, wäre

Liebe Leser!

Um Ihnen die Bezahlung der »impuls 68«-Hefte zu erleichtern, werden wir in dieses oder folgendes Heft einen Überweisungsauftrag auf unser Konto beilegen. Sollten Sie schon bezahlt haben, danken wir Ihnen, daß Sie es auch ohne unsere Aufforderung getan haben.

Die Redaktion

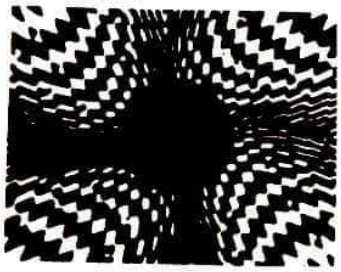
es müßig, die Wirksamkeit der verschiedenen Arbeiten gegeneinander abzuwägen, etwa die von Einstein mit denen zu einer bestimmten aktuellen angewandten Aufgabe. Mit der z. T.allein durch den Gerätepark bedingten, aber auch im Prinzip vielseitigeren kollektiven Arbeit wurde nicht nur ein größeres Entwicklungstempo erreicht, sondern der Fortschritt ist auch das Produkt vieler Beteiligten; einem Einzelgänger wird es heute schwerlich gelingen, einen solchen großen Schritt vorwärts zu tun, wie es Einstein mehrfach vorgemacht hat.

Einsteins Ergebnisse bleiben ein Beweis dafür, wie er sich mit den jeweils aktuellen Problemen erfolgreich beschäftigte, und wie er die geeignetsten Methoden verwandte; sie zeigen aber auch, wie wichtig und notwendig es war und ist, den wissenschaftlichen Meinungsstreit zu suchen und zu führen.

Seit dem Vortrag von Max Born anläßlich der 50. Wiederkehr des Erscheinungstages der Einsteinschen Arbeit über das Lichtquant, d. h. im letzten Lebensmonat von Einstein, ist schon wieder eine neue Physikergeneration herangewachsen. Und wenn Born damals noch aus eigenem Erleben berichten konnte: "Sind doch nur wenige theoretische Physiker noch am Leben, die das aufregende, großartige Schauspiel der Entstehung der modernen Physik von Anfang an miterlebt haben"[6], so sind wir heute schon darauf angewiesen, alle Materialien als historische Quellen zu betrachten. Erst wenn man sich dazu auch in die damalige Vorstellungswelt hineinversetzt, kann man die durch Einstein und seine Zeitgenossen in Gang gesetzte Umwälzung voll erkennen, kann man verstehen, welcher große Umbruch in den Denkgewohnheiten nötig war.
In diesem Sinne sollten wir uns immer wieder auch für die Geschichte der Wissenschaft interessieren, in der Einstein einen würdigen Platz einnimmt.
Das Wissen um diese Geschichte vermittelt aber auch Zuversicht und Kraft für die Arbeit an den heutigen Problemen.

8) M. Arnold, Bild der Wissenschaft 8, 1164 (1972)

physikaufgabe 18



Man denke sich einen angeschlossenen Kühlschrank in einem abgeschlossenen Raum. Dabei soll die Tür des Kühlschrankes geöffnet sein. Wie verhält sich die Temperatur des Raumes?

Senden Sie die Lösung der Aufgabe an uns ein(mit Angabe des Namens, des Alters und der Anschrift). Die beste Lösung wird prämiert und veröffentlicht.

---

lösung der physikaufgabe 15 aus heft 4 / 10. jg.

aufgabe:

Ein Junge (m = 70 kg) steht 1 m entfernt von einem Mädchen (m = 60 kg). Berechnen Sie die Anziehungskraft (Gravitation, $\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11} m^3 kg^{-1} s^{-2}$) zwischen ihnen !

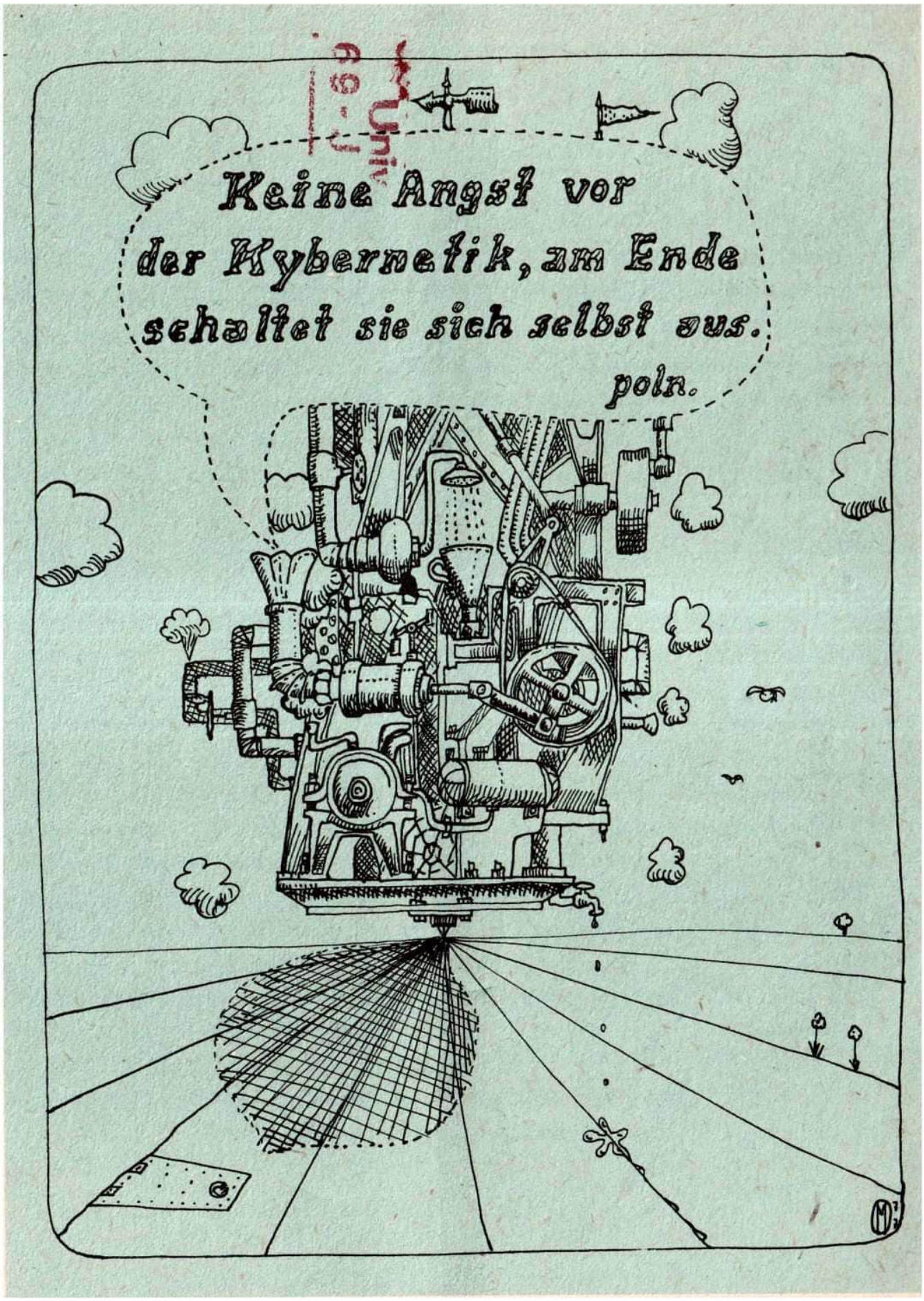
losung:

eingesandt von Kai W e r n e r , 14 Jahre, Riesa

$$F_G = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$$

$$= 2{,}8 \cdot 10^{-7} \text{ N.}$$

Zur Veranschaulichung kann dieses Ergebnis auf Grund der Beziehung $G = m\,g$ in Masse umgerechnet werden. Es ergeben sich dabei 0,031 mg.


Keine Angst vor
der Kybernetik, am Ende
schaltet sie sich selbst aus.
poln.

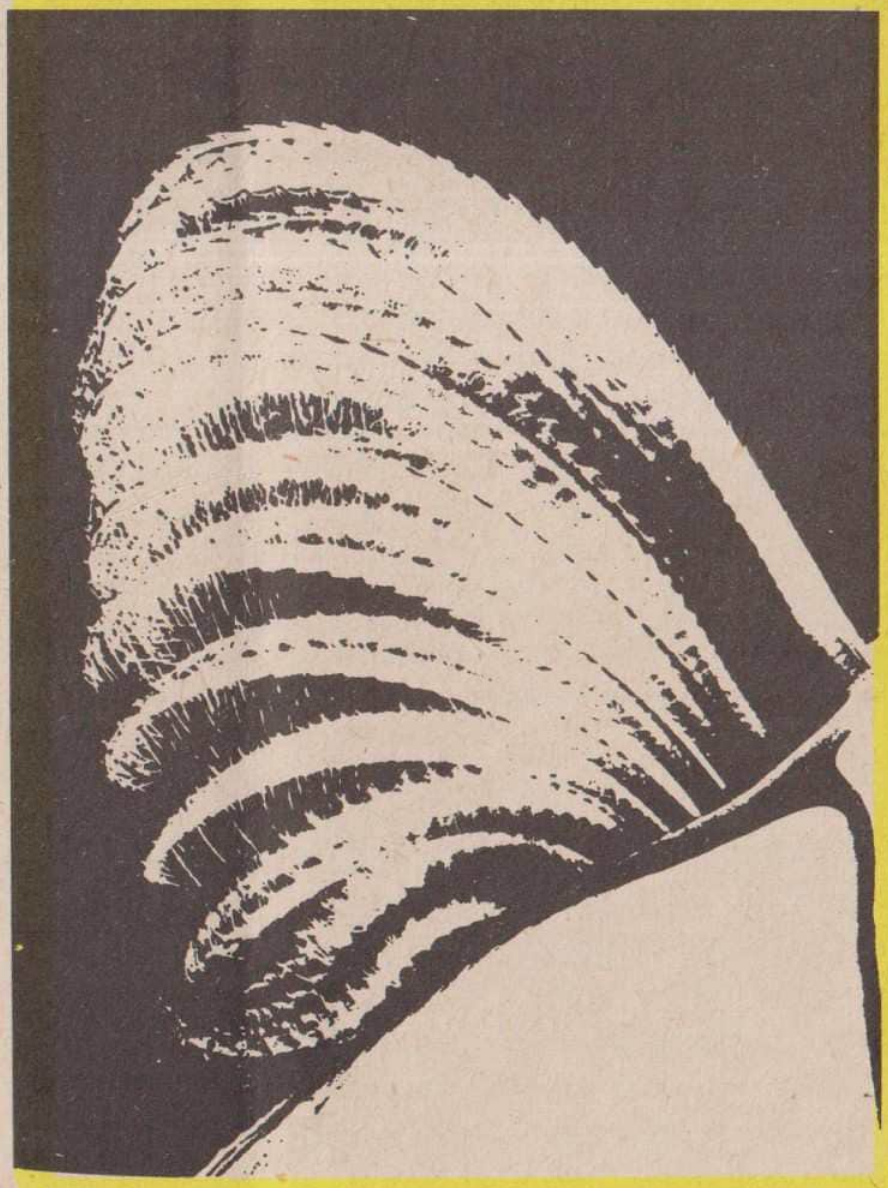
SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

10. JAHRGANG (1976/77)

40 Pf

impuls 68

8



2. Hauptsatz der Wärmelehre
☆
Organische Verbindungen in der Jupiteratmosphäre?
☆
Mosaik
☆
Fleißige Bienchen
☆
IX. Jenaer Physikertage
☆
Schwarze Löcher
☆
Resultate des Sojus-Apollo-Flugs

Titelbild:
Teil der Entenkronmuschel

impuls 68

MONATSZEITSCHRIFT
FÜR SCHÜLER
DER KLASSEN 9 BIS 12

Herausgeber: FDJ-Aktiv „impuls 68" der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Sozialistisches Studentenkollektiv, Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR

Anschrift: „impuls 68", 69 Jena, Max-Wien-Platz 1
„impuls 68" erscheint monatlich von September bis Juni unter der Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR. Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen. Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981.
Preis des Jahresabonnements: 4,- M

Redaktion: Dipl.-Phys. Hans-Dieter Jähnig (Chefredakteur), Dr. Eberhard Welsch (amt. Chefredakteur), Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen), Dipl.-Chem. Peter Renner (Chemie), Dipl.-Biol. Bärbel Schubert (Biologie), Dipl.-Phys. Wilfried Hild (Gestaltung), Dipl.-Phys. Lutz Günther (Astronomie und fotograf. Gestaltung), Harry Hedler (Korrespondenz), Gudrun Beyer (Korrektor)

Der 2. Hauptsatz der Wärmelehre	PHY	3
Organische Verbindungen in der Jupiteratmosphäre?	CHE	11
Mosaik		16
Die fleißigen Bienchen	BIO	17
IX. Jenaer Physikertage		21
Schwarze Löcher (3)	AST	23
Kosmoskooperation – Einige Resultate aus dem Sojus-Apollo-Test-Projekt	DOK	27
Büchermarkt		30
Physikaufgabe 19		31

Gottfried Ietschke
Dipl.-Phys., Fo-Student
Bernd Schröder
Physik-Student im 4. Stdj.
Sektion Physik der FSU
Jena

Der 2. Hauptsatz der Wärmelehre

PHYSIK

Die Wärmelehre, mit streng wissenschaftlichem Namen Thermodynamik, baut wie jede andere Wissenschaft auf gewissen Erfahrungstatsachen auf, die sich im Laufe der Wissenschaftsgeschichte herausgebildet haben. Auf der entsprechenden Beschreibungsstufe einer Theorie stellen sie Axiome dar, d.h. Aussagen, die man mit Hilfe dieser Theorie nicht beweisen kann, sondern als gegeben voraussetzt. In der Mechanik sind dies die drei NEWTONschen Grundgesetze, in der Thermodynamik heißen sie Hauptsätze. Die beiden wichtigsten sind der 1. und der 2. Hauptsatz. (Manche Autoren sprechen auch von einem 0. Hauptsatz, der die Existenz der Temperatur als Zustandsgröße postuliert und von einem 3. Hauptsatz, der die praktische Unerreichbarkeit des absoluten Temperaturnullpunktes zum Ausdruck bringt.)

Im 1. Hauptsatz der Thermodynamik wird das Prinzip der Energieerhaltung formuliert: "impuls" 9. Jhg., H. 4, 5 und 6 (1975/76). Die innere Energie z. B. eines Gases kann man verändern, indem man Wärme zu- bzw. abführt oder am Gas Arbeit verrichtet bzw. dieses welche verrichten läßt. Mathematisch drückt man das durch $\Delta U = \Delta Q + \Delta A$ aus.

Kein Mensch staunt mehr darüber, daß man Energie nicht her- oder wegzaubern kann, daß man lediglich verschiedene Energieformen ineinander umwandeln kann. Aber auch andere Erfahrungen sind uns ebenso selbstverständlich. Niemand würde im kalten Winter auf die Idee kommen, das Fenster zu öffnen, um sein Zimmer auf Kosten einer noch stärkeren Abkühlung draußen zu heizen. Eine Verletzung des Energiesatzes würde aber nicht vorliegen. Auch hat noch niemand gesehen, daß ein Gegenstand nach oben springt und die dafür notwendige mecha-

nische Energie durch eigene Abkühlung gewinnt. Offensichtlich gibt es in der Natur gewisse Auswahlregeln für die Energieüberlagerung, die uns in vielen Fällen aus der Erfahrung selbstverständlich sind. Naturprozesse verlaufen spontan nicht in alle energetisch möglichen Richtungen. Man kann sogar sagen, daß es strenggenommen in der Natur überhaupt keine exakt umkehrbaren (reversiblen) Prozesse gibt. Sie stellen eine Idealisierung dar, bei der sich das betrachtete System jederzeit im Gleichgewichtszustand befindet. (Jedes System nimmt nach einer bestimmten Zeit selbständig einen Zustand ein, den es ohne äußeres Zutun nicht wieder verläßt. Er heißt Gleichgewichtszustand und hängt von der Gesamtheit äußerer und innerer Bedingungen ab.) Praktisch sind solche Prozesse nicht realisierbar. Nur äußerst kleine Änderungen an einem System stören dessen Gleichgewicht nicht. Für eine wirkliche endliche Änderung müßte man unendlich viele infinitesimale Änderungen hintereinander ausführen, das würde unendlich lange dauern. Für die mathematische Beschreibung

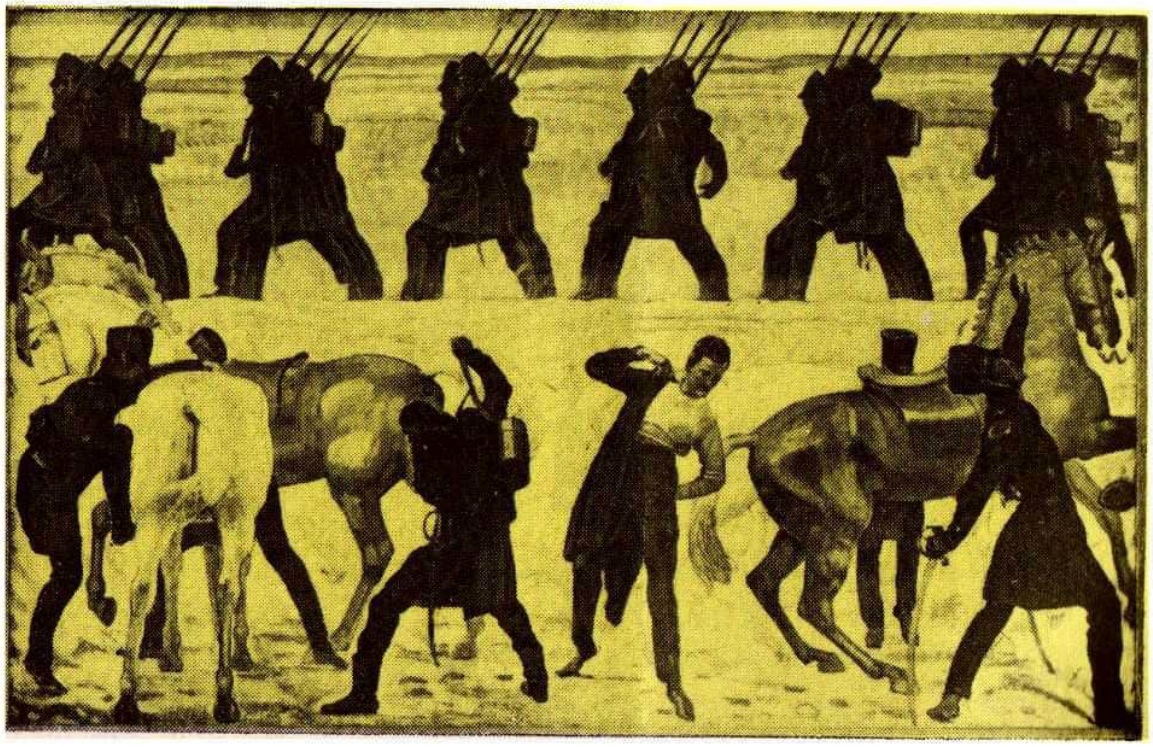


Bild „Auszug der Jenaer Studenten" von Ferdinand Hodler

eignen sich aber gerade diese reversiblen Prozesse durch Gleichgewichtszustände am besten. Daß sie in Wirklichkeit unendlich lange dauern würden, braucht uns dabei nicht zu stören. Rechtfertigen können wir uns damit, daß sehr langsam ablaufende reale Prozesse in guter Näherung beschrieben werden. (Auf alle Fälle können wir die Irreversibilität der Naturprozesse nicht ignorieren und müssen mathematische Beschreibungsmethoden finden.)

Der 2. Hauptsatz der Thermodynamik bringt die Erfahrung zum Ausdruck, daß Naturprozesse spontan, also von selbst, nur in bestimmten Richtungen ablaufen, d. h. nicht umkehrbar (reversibel) sind (Nichtumkehrbarkeit bedeutet hier, daß der gleiche Prozeß nicht rückgängig gemacht werden kann, ohne Änderungen in der Umgebung hervorzurufen). Als ein Maß für die Irreversibilität wurde die Entropie S eingeführt. Wir wollen jetzt ihre Eigenschaften untersuchen.

1. Die Entropie ist eine Zustandsgröße, die genau wie Temperatur, Druck oder innere Energie den Zustand eines thermodynamischen Systems charakterisiert. Ihr Wert ist deshalb auch unabhängig davon, auf welchem konkreten Weg dieser Zustand erreicht wurde.

2. Die Entropie ist eine extensive Zustandsgröße. Ihr Wert hängt von der Größe des Systems ab, das bedeutet, extensive Größen sind additiv. Andere extensive Größen sind etwa Masse und innere Energie. Vereinigt man zwei Systeme mit den einzelnen Entropien S_1 und S_2 und entfernt die Trennwand, so beträgt die Gesamtentropie S_1+S_2. Ebenso wäre die Gesamtenergie mit U_1+U_2 zu berechnen.

3. Während sich die gesamte innere Energie aber spontan nicht mehr ändert, wenn keine äußeren Einflüsse auftreten, verhält es sich mit der Entropie anders. Die physikalische Erfahrung lehrt nämlich: Im Innern abgeschlossener Systeme kann die Entropie niemals abnehmen, sie wird ständig zunehmen, bis ein Gleichgewichtszustand erreicht ist. Dann hat die Entropie ihren unter den konkreten Bedingungen größtmöglichen Wert.

Betrachten wir ein abgeschlossenes System; das ist ein System, das mit der Umgebung weder in Energie- noch in Stoffaustausch steht. Ein nach außen wärmeisolierter Kasten, in dem ein Pendel schwingt, erfüllt die Bedingung. Nach bestimmter Zeit wird das Pendel auf Grund von Reibung zur Ruhe kommen, es hat seine Schwingungsenergie als Wärme an die Luft im Kasten abgegeben. Es geschieht also etwas beim irreversiblen Prozeß, was nicht wieder rückgängig gemacht werden kann. Man kann physikalisch formulieren, daß eine Größe entsteht, die nicht wieder zu vernichten ist. Diese Größe ist definitionsgemäß die Entropie. Mathematisch schreibt man

$$S_{Ende} - S_{Anfang} = \Delta_i S_{\pm} \geq 0$$

Der Index i deutet darauf hin, daß diese Entropiezunahme allein durch innere Vorgänge erzeugt wurde, denn wir haben ein abgeschlossenes System betrachtet. Das Gleichheitszeichen drückt den reversiblen Grenzfall aus, den wir zwar nicht erreichen, aber beliebig gut annähern können, bzw. bedeutet, daß sich im Gleichgewicht die Entropie nicht mehr ändert.

Im folgenden betrachten wir offene Systeme, die definitionsgemäß in Wechselwirkung mit ihrer Umgebung stehen und insbesondere Stoff und Energie austauschen. Für alle extensiven Größen A kann man dann eine Bilanzgleichung aufstellen:

$$\Delta A = \Delta_i A + \Delta_a A$$

Das bedeutet: Der Wert der Größe A kann sich auf zweierlei Arten ändern. Einmal kann sich A aufgrund innerer Prozesse ändern ($\Delta_i A$), zum anderen wegen der Wechselwirkung mit außen ($\Delta_a A$). Bezieht man die Bilanz auf eine kleine Zeit Δt, so lautet sie

$$\frac{\Delta A}{\Delta t} = P[A] + \Phi[A] \quad \text{mit} \quad P[A] \equiv \frac{\Delta_i A}{\Delta t} \; ; \; \Phi[A] \equiv \frac{\Delta_a A}{\Delta t}$$

Die totale zeitliche Änderung der Größe A setzt sich zusammen aus einem Produktionsanteil P (der natürlich als Vernichtung auch negativ sein kann) und einem Anteil Φ , der den Fluß durch die Systemoberfläche angibt.

Für die extensive Größe Masse M gilt ein Erhaltungssatz: $\Delta_i M = 0$. Masse kann nicht produziert werden, sondern nur ein- oder ausströmen. Für die Entropie gilt dagegen nach dem zweiten Hauptsatz die charakteristische Ungleichung

$$\Delta_i S \geq 0 \qquad \text{bzw.} \qquad P[S] \geq 0,$$

wobei das Gleichheitszeichen am Gleichgewichtszustand gilt.

Welche Bedeutung hat nun der 2. Hauptsatz, auch Entropiesatz genannt, für den Ablauf von Naturprozessen? Wir können die Aussage jetzt so fassen: Alle in der Natur möglichen Prozesse sind irreversibel, sie verlaufen spontan nur in jene Richtung, in der die Entropie zunimmt, und zwar so lange, bis der Gleichgewichtszustand erreicht ist.
Natürlich können wir bestimmte Prozesse so weit idealisieren, daß sie reversibel sind. Das tun wir beispielsweise in der Mechanik, wenn wir Bewegungen ohne Reibung betrachten. Alle realen Prozesse sind dagegen irreversibel. Die wichtigsten irreversiblen Prozesse sind:

1. Umwandlung mechanischer Energie in Wärmeenergie durch mechanische Reibung

   Jede mechanische Bewegung wird irgendwie durch Reibung gebremst. Noch nie hat sich ein Körper beschleunigt, indem er seine Unterlage abkühlte. Mechanische Reibung hemmt die Bewegung und führt zum Gleichgewichtszustand.

2. Wärmeleitung

   Wärmeenergie fließt bekanntlich nur von heißeren zu kälteren Körpern. Durch Wärmeleitung werden spontan alle Temperaturunterschiede ausgeglichen, bis sich das (isotherme) Gleichgewicht einstellt.

3. Diffusion

   Bringt man zwei Gase oder Flüssigkeiten (ja selbst Festkörper unterschiedlicher Konzentrationen) in Kontakt, so setzt sofort ein Konzentrationsausgleich durch sog. Diffusionsprozesse ein, bis im Gleichgewicht das gesamte System homogen durchmischt ist. Das kann im Einzelfall

sehr lange dauern, aber die Richtung des Prozesses ist prinzipiell festgelegt. Noch nie hat jemand gesehen, daß sich in einem Glas mit verdünntem Sirup von selbst Sirup und Wasser wieder entmischt hätten.

Bei all diesen Prozessen nimmt die Entropie ständig zu. Natürlich kann man ein System daran hindern, das Gleichgewicht zu erreichen. Das ist aber nur durch äußere Einwirkung, d. h. in einem offenen System möglich.

Der 2. Hauptsatz hat in der Vergangenheit zu unberechtigten Schlüssen geführt. So sagten einige Wissenschaftler den Wärmetod des Weltalls voraus, weil alle Naturprozesse so lange ablaufen sollten, bis der unstrukturierte Gleichgewichtszustand erreicht ist, in dem insbesondere alle nichthermische Energie in Wärme umgewandelt sei. Schon ENGELS kritisierte dieses Vorgehen, indem er erklärte, daß Erfahrungstatsachen, die wir in unserer Umgebung gewonnen haben, nicht einfach formal auf das gesamte Weltall ausgedehnt werden können.

In den uns durch Beobachtung zugänglichen Bereichen ist aber die Irreversibilität eine unumstößliche Erfahrungsregel. Wollen wir einsehen, warum sich die Natur gerade so verhält, müssen wir die physikalischen Bewegungsgesetze des Mikrokosmos untersuchen. Man wird einsehen, daß bei der Vielzahl der Teilchen (rund 10^{23} pro Mol) das Aufstellen und Lösen von Bewegungsgleichungen nach Newton $m_i \ddot{\mathfrak{r}}_i = \mathfrak{F}_i$ ein aussichtsloses Unterfangen ist. Schon am Aufstellen der Anfangsbedingungen würde man scheitern. Deshalb werden hier Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung angewandt. Ein Beispiel ist die molekularkinetische Erklärung des makroskopischen Gasdrucks, der durch die mittlere Wirkung der auf die Gefäßwand stoßenden Moleküle erzeugt wird. Speziell für die Entropie findet man mit den Methoden der Statistik die berühmte, auf BOLTZMANNs Grabstein eingemeißelte Formel

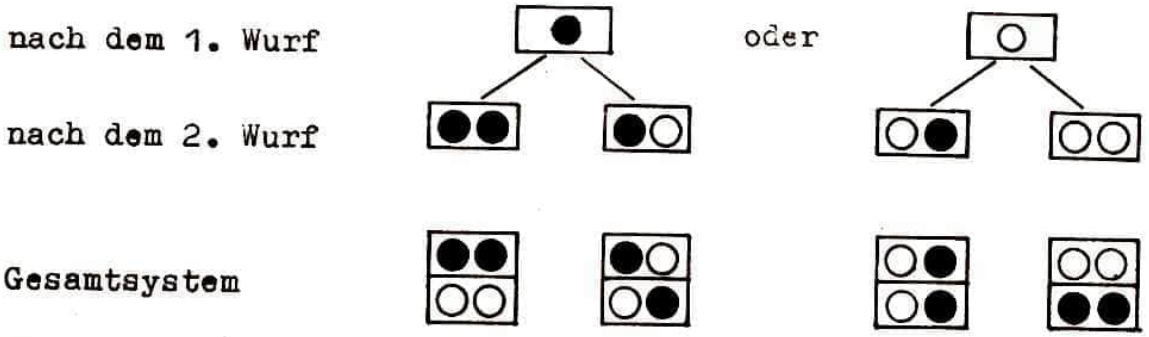
$$S = k \cdot \ln W$$

k = Boltzmann-Konstante.

Dabei ist W die Wahrscheinlichkeit für einen bestimmten Makro-

zustand, der durch makroskopische Größen, wie Druck, Temperatur, Energie, charakterisiert wird. Jeder Makrozustand ist aber durch verschiedene Mikrozustände realisierbar, das sind Zustände, die man durch genaue Angabe von Lage und Geschwindigkeit jedes Atoms oder Moleküls erhält. Diese Wahrscheinlichkeiten sind berechenbar, indem man abzählt, wieviel (durch makroskopische Messungen nicht unterscheidbare) Mikrozustände einen bestimmten Makrozustand ergeben. In der Natur werden natürlich die wahrscheinlichsten Zustände am häufigsten anzutreffen sein.

Ein simples Beispiel soll dies verdeutlichen. Unser System soll aus nur zwei Teilen bestehen, in denen sich vier Teilchen aufhalten, zwei rote und zwei weiße Kugeln (Sirup und Wasser). Aus Platzgründen sollen in jeder Hälfte genau zwei Teilchen sein. Man wählt zunächst völlig willkürlich zwei Teilchen für die eine Hälfte aus (etwa durch Werfen einer Münze: Wappen oder Zahl), die beiden anderen Teilchen kommen dann in die andere Hälfte:



Wir erkennen: Die Wahrscheinlichkeit, daß Sirup und Wasser gemischt sind, beträgt 50 %, dagegen, daß Sirup oben oder daß Sirup unten ist, jeweils nur 25 %. Erhöht man jetzt Teilchen- und Zellenzahl, so wird das Ergebnis noch viel drastischer. Die gleichmäßige Durchmischung ist sehr viel wahrscheinlicher als die einzelnen Möglichkeiten der teilweisen Mischung.

Die Aussage, daß sich in der Natur von selbst alles in den Zustand maximaler Entropie bewegt, findet gemäß $S = k \cdot \ln W$ eine mikroskopische Erklärung: Jedes System strebt zum wahrscheinlichsten Zustand; der Zustand größter Wahrscheinlichkeit ist der mit maximaler Entropie, also das Gleichgewicht.

Nur in offenen Systemen sind Eingriffe von außen möglich, die einen Zustand höherer Organisation erzeugen und damit die Entropie erbringen. Die Zustände hoher Wahrscheinlichkeit sind nämlich solche hoher Unordnung. Wenn man in seinem Zimmer nicht ab und zu aufräumt, sieht es nach gewisser Zeit recht unordentlich aus. Die Zahl der Möglichkeiten, daß die verschiedenen Gegenstände völlig ungeordnet im Zimmer herumliegen, wenn man sie oft in die Hand nimmt, ist wesentlich größer als die Zahl der Möglichkeiten, die als geordnet und aufgeräumt betrachtet werden. Dieses Beispiel ist allerdings nicht so ernst zu nehmen, da wir uns hier schon aus dem Mikrokosmos wegbegeben haben; aber es zeigt anschaulich das Prinzip.

In der Natur wird somit ständig irgendwo konzentrierte Energie (Zustand hoher Ordnung) zerstreut. Dieser Vorgang wird auch Dissipation genannt. Das Pendel verteilt seine Schwingungsenergie an die umgebenden Gasmoleküle und an die Aufhängung. Die schnellen Moleküle eines heißen Gases geben ihre Überschußenergie ab, sobald sie mit langsameren Molekülen einer kühleren Umgebung in Kontakt kommen, und die Ordnung von mit Wasser überschichtetem Sirup wird durch die Bewegung der Moleküle bald bis zur völligen Durchmischung zerstört.

Eine der grundlegenden Fragen der Naturwissenschaft ist nun, wie in der Natur trotz dieser überall stattfindenden unvermeidlichen Energiedissipation hochgeordnete biologische Strukturen entstehen und sich fortwährend neu ausbilden können. Dieses Problem soll in dem nächsten Heft in den Beiträgen "Dissipative Strukturen in Physik, Chemie und Biologie" zur Sprache kommen.

Burkhard Langguth
Diplomand, Sektion
Chemie der FSU Jena

Organische Verbindungen in der Jupiteratmosphäre?

CHEMIE

In der populärwissenschaftlichen Literatur stößt man sehr oft auf Diskussionen um die Möglichkeit der Existenz außerirdischen Lebens.
Die Entstehung von belebter Materie ist an gewisse natürliche Bedingungen gebunden; so z.B. das Vorhandensein von Wasser, einen bestimmten Temperaturbereich, in dem die Proteine, Träger allen Lebens, funktionsfähig sind und natürlich die chemischen Voraussetzungen zu deren Bildung.
Die Suche nach Lebensspuren außerhalb der Erde begann, gegeben durch den technischen Entwicklungsstand, auf unseren Nachbarplaneten. Hinsichtlich der Entstehungsmöglichkeiten von Leben müssen aber auch die Gashüllen der Riesenplaneten Jupiter und Saturn in Betracht gezogen werden.
Durch spektroskopische Untersuchungen von der Erde aus und durch Messungen der Raumsonden Pioneer 10 und 11 im Dezember 1973 und Dezember 1974, deren Auswertung erst jetzt beendet wurde, haben wir neue Informationen über die Jupiteratmosphäre gewonnen.
Wie bereits in Heft 1 des 9. Jahrganges berichtet, handelt es sich beim Jupiter um einen ungewöhnlichen Planeten. Die Dichte der Atmosphäre, die ein Planet besitzt, und folglich auch die Art der Gase, die darin enthalten sind, hängen in großem Umfang von der Größe des Gravitationsfeldes des Planeten und von der Temperatur in den obersten Schichten der Atmosphäre ab. Je größer ein Planet ist, um so schwieriger wird es für die Moleküle, aus der Atmosphäre in den kosmischen Raum zu diffundieren.
Der Jupiter, dessen Äquatordurchmesser 142 000 km beträgt, und dessen Rauminhalt 1300 Erden Platz bieten würde, besitzt eine Atmosphäre, die ähnlich der kosmischen Zusammen-

setzung ist. Der Riesenplanet Jupiter, der ein großes Gravitationsfeld hat, und dessen obere Atmosphärenschichten wahrscheinlich eine Temperatur von -140°C besitzen, läßt auch kleine und leichte Moleküle, wie H_2 oder Heliumatome nur schwer in das Universum diffundieren.
Das Universum besteht hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium mit kleinen Mengen an Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff, sowie Spuren anderer Atome. Falls die Ansammlung solcher kosmischer Materie zu einem Planeten geformt wird, wird die überwältigende Menge an Wasserstoffatomen zur Bildung molekularen Wasserstoffs und der Hydride von Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff führen. Das ist genau der Fall, der beim Jupiter beobachtet wurde. Tatsächlich entsprechen die Mengenverhältnisse von Methan CH_4, Ammoniak NH_3 und H_2, die in der Jupiteratmosphäre beobachtet wurden, genau den Verhältnissen, die auf der Basis der Verdichtung von Materie "kosmischer Zusammensetzung" erwartet wurden.
Die Atmosphäre des Jupiter besteht also vorwiegend aus molekularem Wasserstoff mit kleinen Beimengungen von Methan, Ammoniak und anderen Gasen wie Wasserdampf, Kohlenmonoxid, Äthan, Acetylen u.a. Das Verhältnis von Kohlenstoff- und Stickstoffatomen zu den Wasserstoffatomen beträgt etwa 1:3000 bzw. 1:10000. Dies entspricht näherungsweise den Verhältnissen dieser Elemente auf der Sonne. Auch das Helium-Wasserstoff-Verhältnis (1:15) ähnelt dem entsprechenden Wert der Sonne.
Der Aufbau des Jupiter ist noch nicht vollständig geklärt. Von NASA-Wissenschaftlern wurde ein Modell vorgeschlagen, wonach der Riesenplanet einen dreiteiligen Aufbau hat.
Der gesamte Planet wird von einer Atmosphäre mit einer Höhe von nahezu 30000 km umgeben. Nach unten hin wird diese Atmosphäre wärmer und dichter und geht, ohne daß man eine feste Grenze bestimmen kann, in eine flüssige Phase über. Der Jupiter besitzt also gar keine Oberfläche, wie wir sie von der Erde her kennen.
Im Inneren des Planeten befindet sich ein flüssiger Kern (10% des Radius), der aus geschmolzenem, flüssigem metallischem Wasserstoff besteht. (vgl. auch H.1 d. 9. Jgs.)

Eine auffallende Besonderheit der Jupiteratmosphäre, die vollkommen in Wolken eingehüllt ist, sind bänderartige Formationen der Wolken parallel zur Rotation des Äquators, die sich über lange Zeiträume nicht zu verändern scheinen. Diese bänderartigen Wolkenformationen entsprechen wahrscheinlich den Hoch- und Tiefdruckgebieten der Erde. Bei diesen Wolkenbildungen unterscheidet man Bänder und Zonen. Während die Bänder eine braune oder bräunlich -blaue Farbe besitzen, sind die Zonen weiß oder rötlich-weiß gefärbt. Welche Stoffe für die unterschiedliche Färbung der Bänder und Zonen verantwortlich sind, konnte bisher noch nicht mit Sicherheit geklärt werden. Es gibt aber bereits einige Hypothesen, auf die später noch eingegangen werden soll.
Seit mindestens 300 Jahren beobachtet man auf der Südhalbkugel des Jupiters einen großen roten Fleck, der 40000 km lang und 15000 km breit ist. Bisher wurden verschiedene Vermutungen über den roten Fleck geäußert. Eine der ersten Hypothesen besagte, daß der rote Fleck einen Teil der festen Jupiteroberfläche darstellen sollte. Später vermutete man, daß es sich um eine große schwimmende Scholle handelt. Nach neuesten Erkenntnissen soll der rote Fleck aber, der sich in einer weißen Zone befindet, eine starke Wirbelströmung, ähnlich einem riesigen Hurrikan, sein.
Die äußerste Schicht der Atmosphäre des Riesenplaneten besitzt wahrscheinlich eine Temperatur von -140°C, deshalb ist vermutlich die Atmosphäre von einer Hülle aus festen Ammoniak- und Eispartikeln umgeben. Außer den uns bekannten Niederschlägen aus Schnee und Regen kann man auf dem Jupiter auch Ammoniak-Schnee und Ammoniak-Regen erwarten. Da die Temperatur zum Inneren sehr stark ansteigt, sublimieren die Niederschläge bald und steigen als Gase wieder auf. Durch die unterschiedlichen Bewegungen in den Zonen und Bändern treten in den Grenzgebieten Strömungen mit Geschwindigkeiten bis zu 430 km/h auf. Solche meteorologischen Erscheinungen in der Wolkenschicht können Gewitter unvorstellbaren Ausmaßes hervorrufen.
Da in der Jupiteratmosphäre neben Wasserstoff auch Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und deren Wasserstoffverbin-

dungen (CH_4, NH_3 u. H_2O) enthalten sind, ergibt sich die Frage nach der Möglichkeit zur Synthese von organischen Verbindungen in dieser Atmosphäre.
Die Möglichkeit dazu zeigte ein Experiment von Stanley MILLER, der auf eine Mischung von Methan, Ammoniak und Wasser eine elektrische Entladung einwirken ließ. Im Ergebnis konnten nach Hydrolyse der an den Gefäßwänden niedergeschlagenen roten Substanz geringe Mengen an Aminosäuren nachgewiesen werden, die ja bekanntlich die Basis allen Lebens bilden. Verschiedene Wissenschaftler stellten die Hypothese auf, daß zuerst in einer Gasphasenreaktion organische Vorläufer wie Blausäure, Formaldehyd, Aminonitrile und Kohlenwasserstoffe gebildet werden. In Lösung reagieren diese Verbindungen weiter und bilden Aminosäuren, Zucker und Polypeptide.
Man vermutet, daß dieselben Prozesse in sehr ähnlicher Weise in der Jupiteratmosphäre ablaufen können, da eine starke Ähnlichkeit zwischen den Farben, die in den Wolkenbändern beobachtet wurden und denen, die bei den Laborversuchen erhalten wurden, besteht.
In der Jupiteratmosphare existieren Zonen, deren Temperatur- und Druckverhältnisse sehr günstig für eine organische Evolution erscheinen.
An dieser Stelle wollen wir uns mit zwei möglichen Reaktionen in zwei verschiedenen Bereichen der Atmosphäre und damit unter dem Einfluß verschiedener Arten von Strahlung etwas genauer befassen.
Nach einer Hypothese amerikanischer Wissenschaftler werden im Bereich energiereichen, sichtbaren Lichtes Ionen gebildet:

$$CH_4 \xrightarrow{h\nu} CH_3^+ + H + e^-$$

Diese Ionen und Elektronen können weiter reagieren und neue Spezies bilden, wie z.B. bei der Synthese von HCN:

$$CH_3^+ + NH_3 \longrightarrow CH_2NH_2^+ + H_2$$

$$CH_2NH_2^+ + e^- \longrightarrow HCN + H_2 + H$$

Auf einer energetisch niedrigeren Stufe, wo langwelligeres Licht absorbiert wird, können sich evtl. freie Radikale bilden:

$$CH_4 \longrightarrow CH_2 + H_2$$

Diese Radikale können weitere Reaktionen eingehen:

$$CH_2 + CH_4 \longrightarrow C_2H_6$$

$$C_2H_6 + H_2 \longrightarrow C_2H_6 + H_2$$

Die Stabilisierung erfolgt wahrscheinlich durch Zusammenstöße mit dem Hauptbestandteil der Atmosphäre, dem molekularen Wasserstoff.

Die angeführten Versuche führten viele Wissenschaftler zu der Auffassung, daß die organisch-chemische Evolution nicht nur auf unserem eigenen Planeten erfolgt, sondern daß sie ein gewöhnliches Vorkommnis im Universum ist.

Nach den Vorstellungen einiger Forscher ist die Existenz primitiver Lebensformen in der Jupiteratmosphäre nicht vollständig ausgeschlossen.

Andere sprechen von einer sogenannten "live zone", einer etwa 3000 km dicken Schicht innerhalb der Atmosphäre, wo Temperaturen zwischen $-5^{o}C$ und etwa $+100^{o}C$ herrschen sollen, die gegenüber den starken Strömungen in der Atmosphäre geschützt liegende Mikrobereiche darstellt.

Eine solche Auffassung wird durch Laborversuche gestützt, bei denen in einer simulierten Jupiteratmosphäre Bakterien und sogar Grünpflanzen längere Zeit überlebten.

Die Möglichkeit der Existenz von Lebensformen, nicht nur auf Nachbarplaneten der Erde, sondern auch außerhalb unseres Sonnensystems, ist grundsätzlich gegeben, wenn die nötigen natürlichen Voraussetzungen vorhanden sind. Doch es wird noch vieler eingehender Untersuchungen auf vielen Gebieten der Naturwissenschaften, insbesondere der Astronomie, Biologie, Physik und Chemie, bedürfen, bevor man die bisherigen Hypothesen beweisen kann oder zu anderen interessanten Ergebnissen gelangt.

MOSAIK

Wie findet die Mücke ihr Opfer?

Wissenschaftler in den USA stellten fest, daß sich Mücken am liebsten auf ein feuchtwarmes Ziel stürzen. Orientierungshilfe ist das vom Menschen ausgeatmete CO_2. Stechen und Blutsaugen tun nur die weiblichen Mücken; die männlichen Mücken bevorzugen den pflanzlichen Nektar. Ist das Ziel nur feucht, so wird es von der Mücke 15 mal weniger angegangen, ist es sogar nur warm, so ist man 50 mal geringer den Mückenstichen ausgesetzt.

Entwicklung der Anzahl der Wissenschaftler in der UdSSR

Jahr	1940	1950	1960	1965	1970	1973
Anz. in 1000	98,3	162,5	345,2	664,6	927,7	1108,3

Spiegelteleskop mit einem Glaskeramikspiegel

Das sich im Bau befindliche 3,5 m - Spiegelteleskop des Max-Planck-Instituts (BRD) erhält einen Spiegel aus dem Glaskeramik-Werkstoff "Zeodur" (siehe "impuls 68" 9. Jg., Heft 9/10). Mit diesem Werkstoff erhält man einen außergewöhnlich kleinen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten ($1{,}5 \cdot 10^{-8}$/K). Dieser ist etwa 500 mal kleiner als bei bisher üblichen Spiegeln aus optischem Glas (mit Brillenglas vergleichbar). Dadurch erreicht man eine hohe Auflösung. Das Spiegelteleskop soll 1980 an die Astronomen übergeben werden und wird seinen Standort auf dem 2168 m hohen Calar Alto in Südostspanien haben und wird dann zu den leistungsfähigsten der Welt zählen.

Erika Renner
Diplom-Lehrer Bio/KE

Die fleißigen Bienchen

Beim Lesen der Überschrift denken wir zuallererst an unsere einheimische Honigbiene.
Aber neben der Honigbiene gibt es tausende Bienenarten, die sich mehr oder weniger voneinander unterscheiden. Bisher sind etwa 2o ooo Arten bekannt geworden.
Nur einige sollen hierfür stellvertretend genannt werden: Holzbiene, Seidenbiene, Mauerbiene, Wespenbiene, Wollbiene und Hummel.
Bei den Bienen unterscheiden wir einzeln lebende und staatenbildende Tiere.
Die höchste und auch komplizierteste Form der Staatenbildung wurde von der Honigbiene erreicht.
Im folgenden wollen wir uns den Staat der Honigbiene etwas näher betrachten.
Die Gemeinschaft dieses Tierstaates zeichnet sich durch eine hochgradige Arbeitsteilung aus, die mit einer morphologischen (Körperbau) und physiologischen (Funktion) Differenzierung verbunden ist.
Der Staat der Honigbiene besteht aus der Königin, dem einzigen fruchtbaren Weibchen, und 5o ooo bis 7o ooo unfruchtbaren Arbeiterinnen; dazu kommen im Frühjahr noch einige Hundert männliche Bienen, die sogenannten Drohnen. Keine dieser drei Tierformen ist ohne die anderen lebens- und entwicklungsfähig. Diese Tatsache wird uns klar, wenn wir uns die Funktionen von Königin, Arbeitsbiene und Drohn vor Augen führen.

1. Die Königin

Die Bezeichnung "Königin" könnte leicht zu der Annahme führen, daß sie ein Wesen ist, das über den Staat herrscht.

Dies ist aber keinesfalls so. Auch die Königin ist der allgemeinen Disziplin des Volkes unterworfen.
Ihre Aufgabe besteht im wesentlichen darin, möglichst viele Eier zu legen. Da sich aber nur aus befruchteten Eiern Königinnen und Arbeiterinnen entwickeln können, ist zuvor eine Begattung durch den Drohn notwendig. Der Drohn entwickelt sich aus unbefruchteten Eiern. Die Begattung findet fern vom Bienenstock in der Luft statt. Die Königin kann während eines Ausflugs 5 bis 1o mal von mehreren Drohnen begattet werden. Das Sperma der Drohnen gelangt in die Samenblase der Königin und reicht meist für ihr ganzes Leben.
Die Eiablage erfolgt von Anfang März bis Ende September. Von Mitte Mai bis Mitte Juni erreicht die Eiablage mit bis zu 3 ooo Eiern innerhalb von 24 Stunden ihr Maximum. Das ist etwa das Doppelte ihres eigenen Körpergewichts. Die Königin, in der Fachsprache auch Weisel genannt, lebt durchschnittlich 4 bis 5 Jahre und produziert in dieser Zeit ca. 4oo ooo bis 75o ooo Eier.

Die flotte Biene

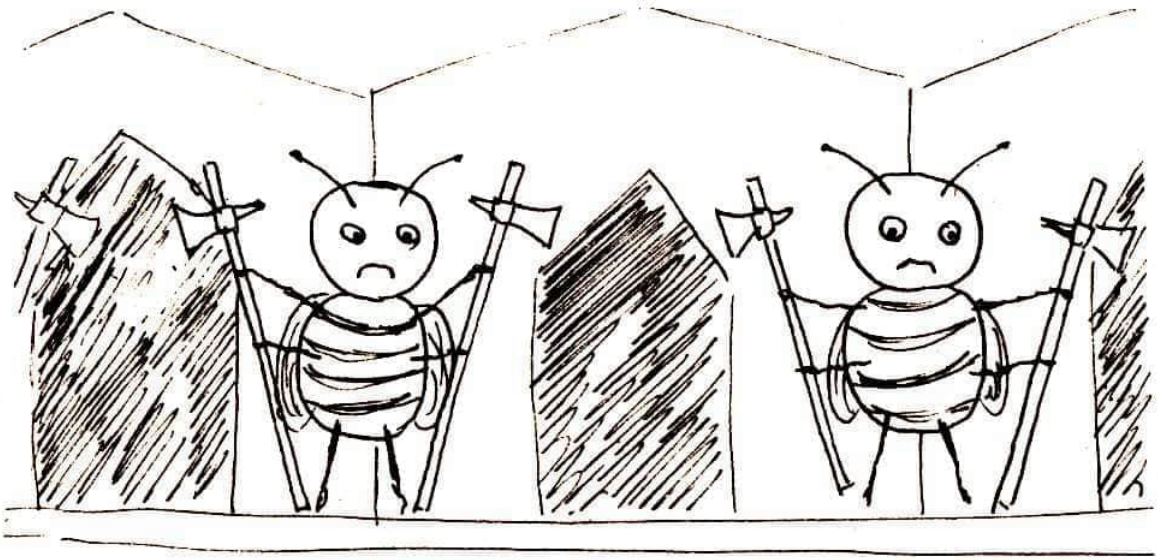
2. *Die Arbeiterin*

Die Arbeiterinnen im Bienenstaat sind weibliche Tiere, die nicht zur Fortpflanzung fähig sind. Die Aufgaben, die die Arbeiterin zu erfüllen hat, sind sehr vielseitig. Sie ist aber keinesfalls in der Lage, zu jeder Zeit ihres Lebens alle Tätigkeiten zu verrichten. Welche Funktion die Arbei-

terin gerade erfüllt, ist vom Entwicklungsstand einer Reihe von Organen abhängig. Diese Organe (Futtersaftdrüse, Wachsdrüse u.a.) werden arbeitsfähig, bleiben es eine zeitlang, um sich dann allmählich zurückzubilden und zu verkümmern. Dies vollzieht sich bei jeder Honigbiene in der gleichen Reihenfolge.

Alle Arbeiten führt sie instinktiv zur rechten Zeit aus. Zuerst, etwa vom ersten bis zum zehnten Tag ihres Lebens, ist die Arbeitsbiene als Stockbiene mit Innenarbeiten beschäftigt. Sie reinigt freigewordene Brutzellen und bereitet diese für eine erneute Eiablage vor. Indessen werden die Futtersaftdrüsen funktionsfähig und sondern ein nährstoffreiches Sekret für die Fütterung der Larven und der Königin ab. (Die Honigbiene macht eine indirekte Entwicklung durch: Ei--Larve--Puppe--Insekt. Die Larve ist eine Made.) Man bezeichnet die Arbeitsbiene nun als Amme. Vom 1o. bis zum 2o. Tag hat sich die Futtersaftdrüse zurückgebildet, und die Wachsdrüse hat ihre Funktion übernommen. Während der Bautätigkeit verrichtet die Arbeitsbiene noch weitere Tätigkeiten, z.B. nimmt sie Nektar, Wasser, Pollen und Kittharz in Empfang und verwertet diese Stoffe oder entfernt Abfälle und Bienenleichen aus dem Stock.

Nachdem sich die Wachsdrüsen wieder zurückgebildet haben, ist sie für 3 Tage Wehrbiene, denn die Bienen müssen sich auch vor Feinden schützen.



Die Wachbienen

Aus dem Chitinleib eines anderen Insekts kann die Wehrbiene ihren Stachel unverletzt wieder herausziehen. Sticht sie aber einen Menschen oder ein anderes Wirbeltier, so muß sie sterben. Der mit Widerhaken versehene Stachel bleibt in der Wunde stecken. Mit dem Stachelapparat werden auch andere lebenswichtige Organe (Darm, Nervenstrang) herausgerissen. Wird man von einer Honigbiene gestochen, empfielt es sich, den Stachel schnellstens zu entfernen, da die am Stachelapparat haften gebliebenen Nervenknoten noch eine zeitlang funktionstüchtig sind und sich so der Stachel immer tiefer in die Stichstelle einbohrt; auch Gift wird noch ergossen.
In der letzten Zeit ihres Daseins ist die Honigbiene Sammlerin, Trachtbiene. Um zum Beispiel 1 kg Honig zu erzeugen, ist der Besuch von 1 600 000 Robinienblüten notwendig.
Das Leben der Arbeitsbienen ist unterschiedlich lang. Während sie im Sommer nur rund 6 Wochen leben, erreichen die Arbeiterinnen, die im Herbst geboren werden und überwintern, ein Alter von 6 bis 8 Monaten.

3. Der Drohn

Die Drohnen sind die männlichen Tiere im Staat der Honigbiene. Sie entwickeln sich aus unbefruchteten Eiern. Solch einen Vorgang bezeichnet man als Parthenogenese (Jungfernzeugung).
Die Drohnen sind besonders stark gebaut und fallen durch ihre Größe sofort auf.
Sie haben die wichtige Aufgabe, die Königin zu begatten. Zur Verrichtung anderer Aufgaben sind sie nicht fähig, da ihnen sämtliche Organe hierfür fehlen.
Während des ganzen Sommers werden die Drohnen in jedem Volk geduldet. Sie werden aber abgewehrt, wenn der Sommer seinem Ende zugeht und eine Begattung junger Königinnen nicht mehr zu erwarten ist.
Im zweiten, folgenden Text des Artikels werden Sie Interessantes über die Sprachverständigung der Bienen lesen können.

IX. Jenaer Physikertage

Die Jenaer Physikertage werden als Sommerlager für physikinteressierte Schüler vom Bezirkskabinett für außerunterrichtliche Tätigkeit Gera in Zusammenarbeit mit dem Jugendkollektiv "impuls 68" der FSU Jena und der Station Junger Naturforscher und Techniker organisiert. Sie sind schon zur Tradition geworden. In diesem Jahr werden die IX. Jenaer Physikertage in Verbindung mit der VII. "Olympiade Junger Physiker" des Bezirkes Gera vom 5.-15.7.77 in Jena durchgeführt.

Während der fachlichen Veranstaltungen in der Sektion Physik der FSU haben die Teilnehmer nicht nur die Möglichkeit, neue Kenntnisse auf dem Gebiet der Physik zu gewinnen und zu vertiefen, sondern auch einen Einblick in Formen des Studiums an einer Hochschule zu erhalten.

Die Vorlesungen dürften sicher auch für Schüler, die nicht das erste Mal an den Physikertagen teilnehmen, noch viel Wissenswertes bringen. Eine Mechanikvorlesung wird, unterstützt durch verschiedene Experimente, zum Verständnis der Begriffe Impuls und Drehimpuls beitragen. Der Besuch des Planetariums ergänzt eine Astronomievorlesung. Methoden der Untersuchung von Stoffen sind Gegenstand einer Vorlesung über Röntgenphysik. Sicher wird schließlich auch die Vorlesung über Laser und Kernenergie unter der Fragestellung "Ist der Laser Voraussetzung für die Energiequelle der Zukunft ?" mit Interesse aufgenommen.

In nach Klassenstufen getrennten Seminaren wird der Vorlesungsstoff vertieft; Fragen können sachkundig beantwortet werden.

Großen Anklang fand im vergangenen Jahr die Erweiterung des Praktikums auf 2 Nachmittage. Das wird in diesem Jahr beibehalten. Die Schüler haben Gelegenheit, an den Meßplätzen des Grundpraktikums für Physikstudenten des 1. Studienjahres zu experimentieren.

Übungen, in denen physikalische Aufgaben gelöst werden, dienen als eine letzte Vorbereitung auf den Höhepunkt der Physikertage, die Klausur der Bezirksphysikolympiade, die am 12.7. stattfinden wird.
Trotz eines umfangreichen fachlichen Programms kommen auch Kultur und Sport zu ihrem Recht. So sind für das Wochenende das traditionelle Sportfest und eine Exkursion nach Tautenburg mit Besuch der Sternwarte geplant. In hohem Maße hängt es auch von den Teilnehmern des Sommerlagers selbst ab, wie interessant sie ihre Freizeit gestalten.
Wer kann nun eigentlich an den Physikertagen teilnehmen ? Zunächst Schüler der 10.-12. Klassen und besonders leistungsstarke Schüler der 9. Klassen aus dem Bezirk Gera. Auch aus den Bezirken Erfurt und Suhl werden Delegationen eingeladen. Voraussetzung für die Teilnahme sind neben dem Interesse für Physik gute bis sehr gute Leistungen in allen Fächern. Die Delegierung eines Schülers zu den Physikertagen erfolgt nur über das jeweilige Bezirkskabinett für außerunterrichtliche Tätigkeit. Interessierte Schüler können sich an ihren Physiklehrer wenden, der im Bezirk Gera in Zusammenarbeit mit dem Kreisfachberater bzw. in den Bezirken Erfurt und Suhl unmittelbar über das Bezirkskabinett eine Teilnahme ermöglichen kann.

Wissenswertes:

Ein nordschwedisches Papierwerk entwickelte eine Methode zur Reinigung von ölverschmutztem Wasser mittels Baumrinde. Man hatte zufällig die Beobachtung gemacht, daß ein mit Baumrinde verstopfter Schlauch, der zum Absaugen des ölhaltigen Wassers genommen wurde, klares Wasser abgab. Die im Schlauch befindliche Baumrinde war dagegen völlig mit Öl durchtränkt. Durchgeführte Untersuchungen ergaben, daß sich Nylonnetze, die mit feingeschnittener Baumrinde gefüllt sind, vorzüglich zur Abgrenzung und Reinigung größerer Öllachen auf dem Wasser eignen. 1 kg Baumrinde kann etwa 1 Liter Ölflüssigkeit aufsaugen.

Dr. Hans Stephani
Sektion Physik
der FSU Jena

Schwarze Löcher (Teil 3 und Schluß)

Wenn man nichts Genaues weiß,
wird der Streit besonders heiß.

5. Kann und darf es Schwarze Löcher geben?

Seit in den letzten Jahren die Schwarzen Löcher, ihre Entstehung und ihre Eigenschaften von den Astrophysikern und Relativitätstheoretikern diskutiert werden, treten immer wieder ablehnende Stimmen auf. Sie vertreten die Meinung, daß die uns bekannten Naturgesetze bei solchen extremen Dichten und starken Schwerefeldern nicht mehr gelten und gehen manchmal sogar so weit zu sagen, daß Schwarze Löcher allgemeinen Naturgesetzen widersprechen und nicht existieren können. Auf zwei umstrittene Punkte wollen wir etwas eingehen.

Vergegenwärtigen wir uns noch einmal die in Kapitel II dargestellten möglichen Endstadien der Entwicklung eines Sterns und die dabei auftretenden ungeheuren Dichten: Ein Kubikzentimeter Materie eines Weißen Zwerges würde auf der Erde 1000 Tonnen wiegen, ein Kubikzentimeter Neutronensternmaterie bis zu 10 Milliarden Tonnen, und beim Gravitationskollaps (der zu einem Schwarzen Loch führt) wird die Materie noch stärker komprimiert, der ganze Stern zieht sich auf einen Punkt zusammen. Bei den Neutronensternen sind wir noch überzeugt, daß unsere Kenntnisse über die Elementarteilchen ausreichen, um die Eigenschaften dieser Sterne zu verstehen. Woher wissen wir aber, wie sich Materie bei den ungeheuer großen Dichten verhält, die beim Kollaps auftreten? Könnten Elementarteilchentheorie und allgemeine Relativitätstheorie nicht in ganz anderer Weise zusammenspielen, müssen nicht beide Theorien eventuell abgeändert werden? Ist nicht das Hinnehmen des Gravitationskollaps, das Zusammenstürzen

eines Sterns in einen Punkt fast schon der Verzicht auf eine wirklich physikalische Beschreibung des Vorganges? Natürlich können wir nicht sicher sein, daß unsere gegenwärtigen Kenntnisse ausreichen, um den Gravitationskollaps zu erfassen. Es hat sich aber bisher immer bewährt, von Erfahrungen und Theorien auszugehen, die Theorien dann über den gesicherten Bereich hinaus anzuwenden und durch Beobachtungen und Experimente zu prüfen, wie weit die Vorhersagen der Theorie stimmen. Bis heute sind noch keine der allgemeinen Relativitätstheorie widersprechenden Beobachtungen gemacht worden.

Man könnte der Ansicht sein, daß die Diskussion der Schwierigkeiten beim Erfassen des Gravitationskollaps und der dabei im Stern stattfindenden Vorgänge einen etwas akademischen Charakter hat, weil ja alles innerhalb des Gravitationsradius passiert und deswegen für einen Beobachter auf der Erde prinzipiell unbeobachtbar ist, für ihn gewissermaßen hinter dem Horizont geschieht. Aber würde das nicht bedeuten, daß es (eben hinter dem Horizont) Naturvorgänge geben kann, die für uns niemals erkennbar sind? Bei genauer Betrachtung zeigt sich jedoch, daß man die Prozesse vor dem Verschwinden hinter dem Horizont natürlich von außen beobachten kann und daß nach dem Kollaps der Stern keine weitere Eigenschaft hat als seine Masse. Alle Details seiner Zusammensetzung und seines inneren Aufbaus gehen beim Kollaps verloren, es entsteht eine einheitliche Kernmaterie, die am Ende nur noch durch die Gesamtmasse gekennzeichnet zu werden braucht. Diese Masse ist aber durch ihr Schwerefeld auch außerhalb des Horizontes feststellbar und meßbar.

Richtig sehen wir erst klar,
wenn sie auch beobachtbar.

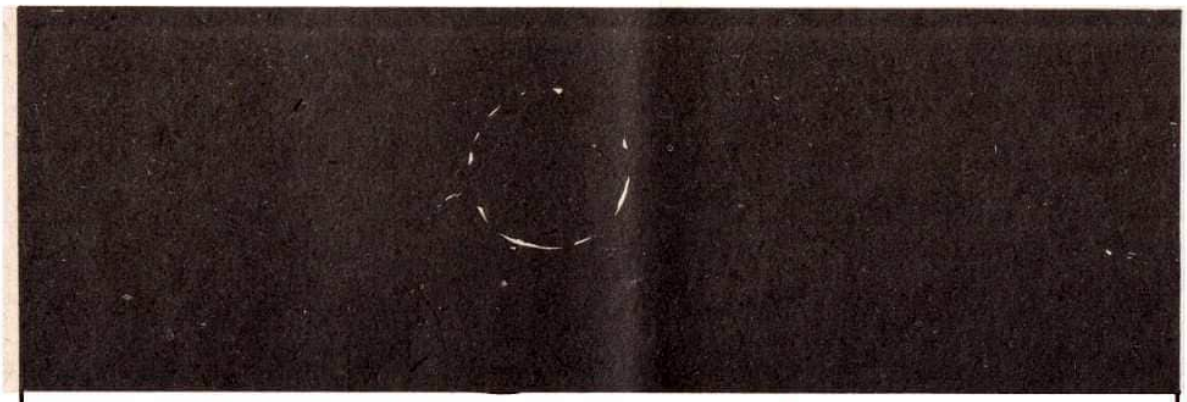
6. Gibt es Schwarze Löcher?

Die beste Widerlegung aller an der Existenz der Schwarzen Löcher gehegten Zweifel wäre natürlich ihr Nachweis durch astronomische Beobachtungen. Ehe wir darauf eingehen, ob

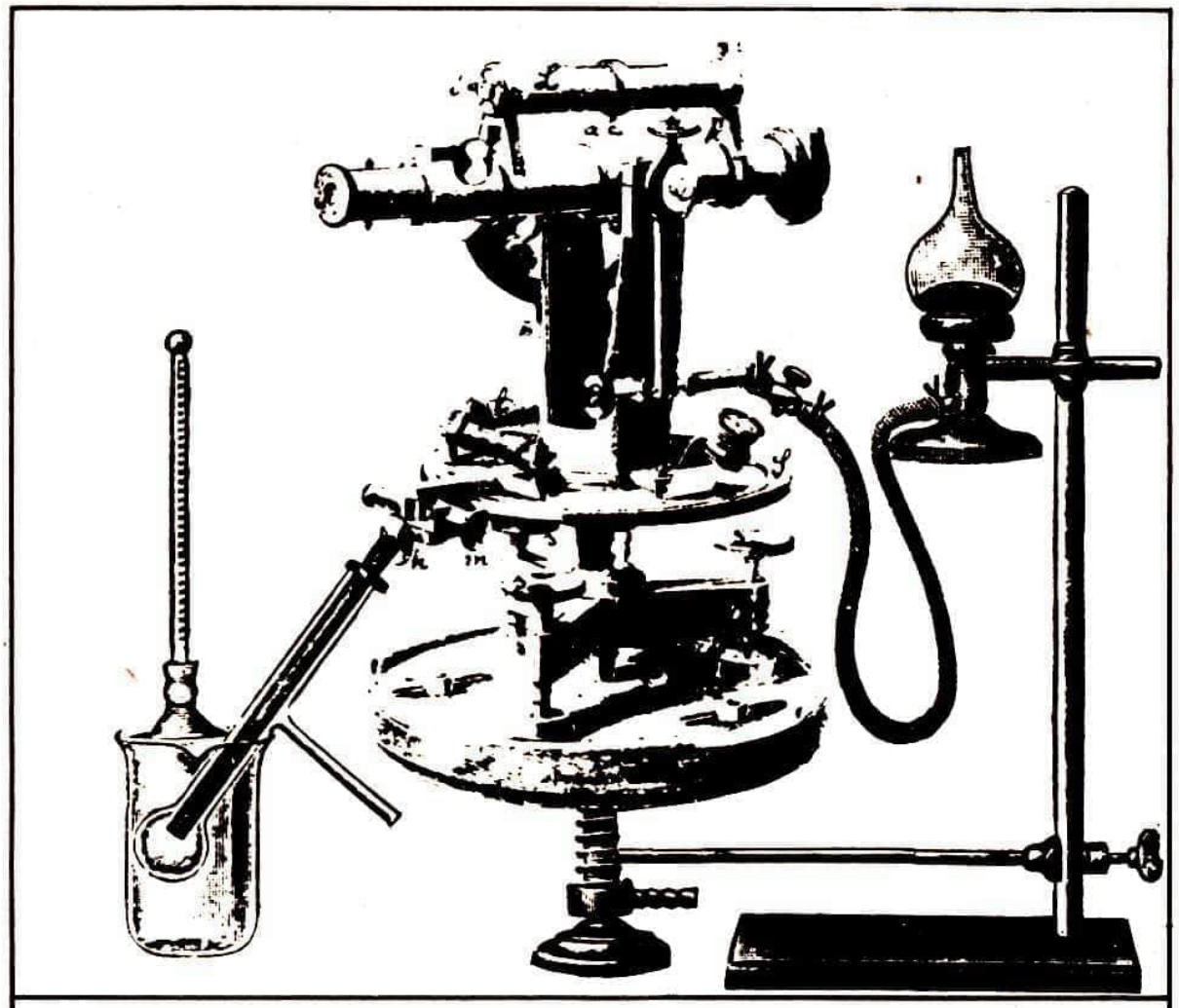
und wie dies geschehen könnte, noch eine Bemerkung: Wir haben uns in diesem Artikel nur mit den einfachsten Schwarzen Löchern beschäftigt. Sterne können z. B. rotieren; sie sind dann nicht mehr kugelsymmetrisch und die aus ihnen entstehenden Schwarzen Löcher haben dann kompliziertere Eigenschaften. Die wesentlichen Aussagen bleiben jedoch auch dann gültig.

Wie könnte man nun Schwarze Löcher nachweisen? Da sie unsichtbar sind, natürlich nicht unmittelbar durch optische Beobachtungen, und da sich ihr Schwerefeld in größerer Entfernung nicht von dem eines normalen Sterns unterscheidet, auch nicht durch die auf weit entfernte Objekte ausgeübte Anziehungskraft. Nur die Vorgänge in der Nähe des Gravitationsradius sind charakteristisch für Schwarze Löcher.

Die größten Aussichten für die Entdeckung eines Schwarzen Loches bietet ein Doppelsternsystem, das aus einem Schwarzen Loch und einem sichtbaren normalen Stern besteht, die einander in geringem Abstand umkreisen. Aus den periodischen Bewegungen des sichtbaren Sterns, seiner Strahlung und den periodischen Änderungen der Strahlung kann man auf die Existenz eines unsichtbaren Begleiters schließen und die Massen beider Sterne berechnen. Zeigt es sich, daß die Masse des unsichtbaren Begleiters die Sonnenmasse um mehr als das Doppelte übersteigt, kann es sich bei ihm nicht um einen Weißen Zwerg oder einen Neutronenstern handeln (vgl. Kapitel II), es muß ein Schwarzes Loch sein.

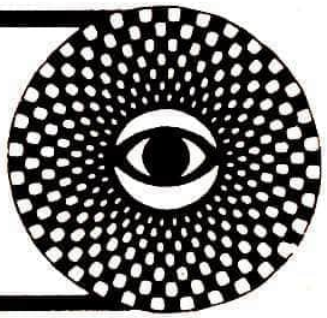


KURZ VOR REDAKTIONSSCHLUSS: Aufnahme eines Schwarzen Loches am abendlichen Aprilhimmel zwei Handbreit neben dem Mond



Mit dieser komplizierten Apparatur gelang unserem Sternguckerchef-Mitarbeiter die sensationelle Aufnahme

Ein Doppelsternsystem mit den eben geschilderten Eigenschaften wurde vor einigen Jahren im Sternbild des Schwans gefunden. Es ist der Röntgenstern Cygnus X-1; die Röntgenstrahlung, durch die man auf dieses Objekt aufmerksam wurde, entsteht beim Hineinstürzen von Materie der Hülle des sichtbaren Sterns in das Schwarze Loch. Wahrscheinlich hat man also das erste Schwarze Loch gefunden. Gewiß ist das jedoch erst dann, wenn man mehrere solcher Doppelsternsysteme kennt und ihre physikalischen Eigenschaften so genau beherrscht, daß es keine andere Erklärungsmöglichkeiten für die Beobachtungen gibt. Erst dann werden wir wissen, ob Schwarze Löcher Wirklichkeit sind und wir ihre Gesetze schon kennen, oder ob wir Naturgesetze über ihren Gültigkeitsbereich hinaus angewandt haben.



H.-K. Remane

Kosmoskooperation - Einige Resultate aus dem Sojus-Apollo-Test-Projekt

Die Internationale Astronautische Föderation (IAF) veranstaltet alljährlich in einem anderen Land einen Kongreß, der die führenden Fachleute der Raumfahrt aus aller Welt zu Informationsgesprächen und zum Erfahrungsaustausch zusammenführt. Der jüngste fand in Anaheim bei Los Angeles (USA) statt und vereinte rund 1000 Teilnehmer aus 30 Ländern. Eines der beiden Generalthemen des 27. Kongresses, an dem auch eine DDR-Delegation teilnahm, widmete sich der Kooperation im Kosmos. Verständlicherweise nahmen dabei die Ergebnisse des Sojus-Apollo-Test-Projektes (SATP) von 1975 einen bedeutenden Platz ein.

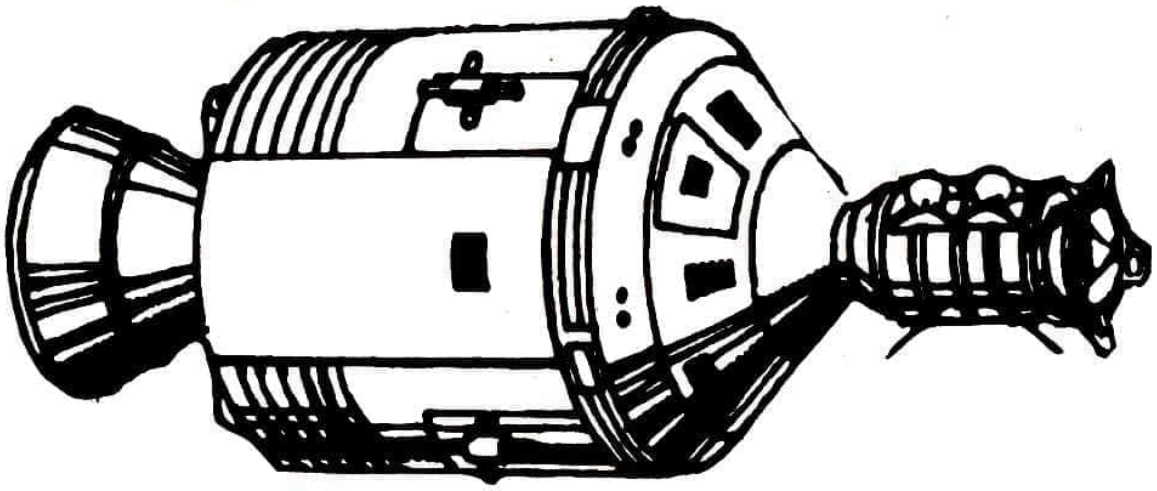
Die Auswertungsphase dieses SATP ist noch nicht allumfassend abgeschlossen. Aus der Fülle bereits vorliegender Ergebnisse sollen hier nur zwei herausgegriffen werden.

Die Lage der Kontinente auf unserem Erdball galt lange Zeit als unveränderlich. Später erzielte Ergebnisse geophysikalischer Forschungen bewiesen jedoch, daß sich die Oberflächengestaltung der Erde ständig wandelt. Eine der führenden Hypothesen der modernen Geotektonik ist die von der Verschiebung der Kontinente. Die heutige Verteilung der Kontinente, so besagt diese Theorie, ist das Ergebnis der späteren Abspaltung einzelner Kontinentschollen und der dann einsetzenden Kontinentaldrift. Die Auswertung der während des Gemeinschaftsfluges angefertigten Farbaufnahmen in verschiedenen Spektralbereichen brachte für die Theorie der Kontinentaldrift neue Beweise. So war den Wissenschaftlern bisher auch die Tatsache bekannt, daß sich die arabische Halbinsel in Richtung Asien

bewegt. Nunmehr konnte durch SATP festgestellt werden, daß sich die arabische Halbinsel mit einer Geschwindigkeit von fünf Zentimeter pro Jahr in östlicher Richtung um eine imaginäre Achse im Bereich der Golan-Höhen bewegt.

Nach Auswertung des Beobachtungsmaterials, das bei der Untersuchung von kosmischen Röntgenstrahlungsquellen gewonnen wurde, konnte eine Energiequelle gefunden werden, deren Stärke alle anderen bisher bekannten Röntgenstrahler um ein Vielfaches übertrifft. Die Strahlung dieser neuentdeckten Quelle ist etwa einmillionenmal so stark wie die unserer Sonne und reicht damit in die Größenordnung der Strahlungsenergie von ganzen Galaxien, also Sternsystemen mit einer Vielzahl von Einzelsonnen. Diese neue Röntgenstrahlungsquelle befindet sich in der kleinen Magellanischen Wolke, einem relativ kleinen Sternsystem des südlichen - bei uns nicht sichtbaren - Sternenhimmels und ist damit die erste, die außerhalb unserer Milchstraße gefunden wurde.

Der Vertrag aus dem Jahre 1972, auf dem das SATP basierte, läuft 1977 ab. "Es existieren jedoch vernünftige Bedingungen für eine Verlängerung des Weltraumabkommens zwischen der UdSSR und den USA", so sagte Dr. A. Fruitkin, stellvertretender NASA-Direktor.

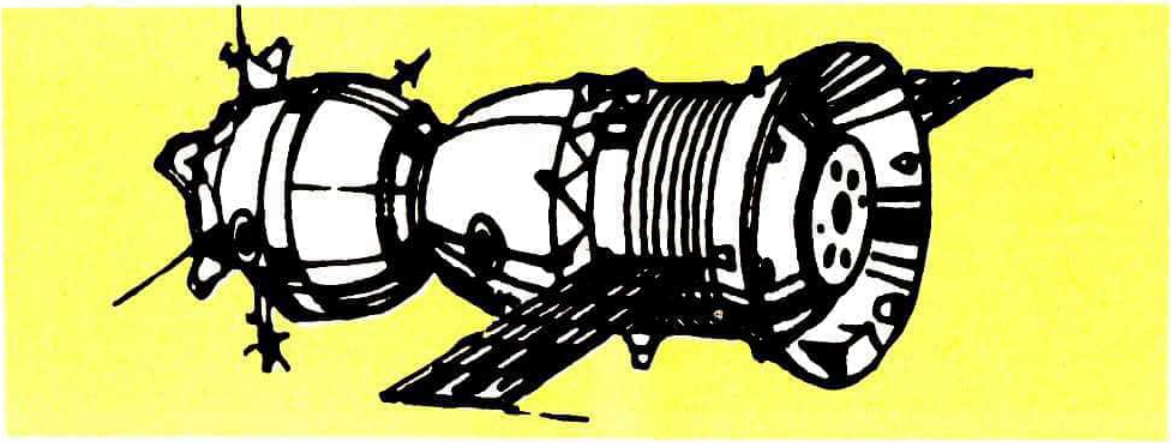


Für die weitere Kooperation der UdSSR und der USA im Weltraum zeichnen sich nunmehr folgende Schritte ab:

- In den Jahren 1976 bis 1978 finden die "Jahre der Erfor-

schung der Magnetosphäre" der Erde statt. Allein im Rahmen dieses internationalen Programms sollen etwa 50 zweckentsprechende Satelliten gestartet werden. Der überwiegende Teil dieser Satelliten kommt aus der UdSSR und den USA.

- Zwischen der UdSSR und den USA entwickelt sich ein intensiver Informationsaustausch sowie eine gewisse Arbeitsteilung hinsichtlich der Erforschung der Planeten mittels automatischer Stationen.



- Ein weiteres sowjetisch-amerikanisches Rendezvous im Weltraum wird für die Zeit nach 1981 für möglich gehalten. So wird z.B. daran gedacht, bei Flügen mit dem mehrfach einsetzbaren Raumtransportern - denen das 2. Generalthema des Kongresses gewidmet war - die beim SATP erfolgreich erprobten Rendezvous- und Kopplungssysteme zu verwenden.

Aus "Das Volk" vom 14.1.1976

Wissenswertes:

Der Wissenschaftler J.D. ANDERSON hat den Durchgang der Marssonden "MARINER" 6 und 7 hinter der Sonne genutzt, um die von der allgemeinen Relativitätstheorie geforderten Laufzeitverzögerungen von Radiosignalen zu messen. Die EINSTEINsche Theorie fordert eine Verringerung der Ausbreitungsgeschwindigkeit von elektromagnetischen Wellen beim Durchlaufen eines starken Magnetfeldes. Die Auswertung ergab eine Signalverzögerung von 202 µs. Dieser Wert ist im Rahmen der Fehlergrenzen mit dem theoretisch berechneten Wert von 200 µs vergleichbar.

BÜCHERMARKT

Felix Sigel

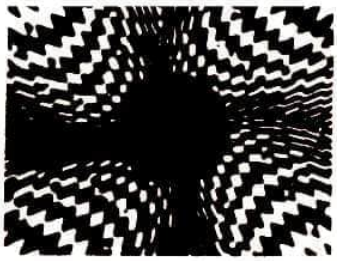
»Schuld ist die Sonne«

Gemeinschaftsarbeit des Verlages MIR Moskau und des VEB Fachbuchverlages Leipzig 1975, 215 Seiten, 49 Abb., 5,50 M

Woran soll die Sonne schuld sein? Daß im Rhythmus des elfjährigen Sonnenzyklus' verstärkt Polarlichter auf der Erde auftreten? Daß es in den Jahren der aktiven Sonne starke Änderungen und Funkstörungen gibt? - Das sind Erscheinungen, denen man spätestens im Astronomieunterricht der 10. Klasse begegnet. Die durch den russisch-sowjetischen Wissenschaftler Alexander Leonidowitsch TSCHISHEWSKI in ihren Grundlagen geschaffene Heliobiologie - sie ist Hauptgegenstand dieses Buches - zeigt weit mehr Zusammenhänge auf, als durch die klassischen Theorien über solar-terrestrische Beziehungen erklärt werden. Es ist interessant zu erfahren, daß der Zeitgenosse und Freund Ziolkowskis (Vater der Weltraumfahrt) ein ähnliches Schicksal hatte wie dieser und seine wissenschaftlichen Arbeiten auf die gleichen Schwierigkeiten stießen, und daß erst der neu geschaffene Sowjetstaat nach 1917 seine Arbeiten zur Geltung brachte. Aber auch heute ist die Heliobiologie ein offenes Forschungsfeld, und birgt viele Hypothesen, die noch der Bestätigung oder Widerlegung durch weitere Beobachtungen und Experimente bedürfen. Magnetstürme werden in Tschishewskis Buch untersucht, Wetter- und Klimabeeinflussung durch die Sonnenaktivität, Sonnenrhythmen bei Pflanzen und veränderte Verhaltensweisen bei Tieren, die Auswirkungen auf Krankheiten und Krankheitserreger beim Menschen und vieles andere mehr, was des Nachdenkens und Nachlesens wert ist; für angehende Biologen, Mediziner oder Physiker in gleicher Weise interessant.
Wir können Prof. Göring von der Humboldt-Universität Berlin zustimmen, wenn er im Vorwort zur deutschen Ausgabe feststellte: "F. Sigel führt durch unwegsames wissenschaftliches Neuland. Nur wenn uns alle Auswirkungen der Sonne auf die irdischen Lebensvorgänge bekannt sind, werden wir die einen nutzen und uns vor den anderen schützen können."

Wolfgang König

physikaufgabe 19



Es seien die Pole der Erde durch eine senkrechte Bohrung verbunden, die groß genug ist, daß eine Kugel sicher hindurchpaßt. Man lasse nun diese Kugel vom Nordpol aus in diese Bohrung hineinfallen.
Wie verhält sich die Kugel, wie weit fliegt bzw. fällt sie?
Hinweis: Man benutze den Energieerhaltungssatz!

Senden Sie die Lösung der Aufgabe an uns ein (mit Angabe des Namens, des Alters und der Anschrift).
Die besten Lösungen werden prämiert und veröffentlicht.

---

lösung der physikaufgabe 16 aus heft 5 / 10. jg.

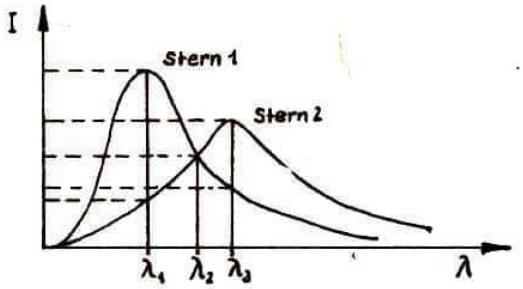
Wir mußten zu unserem Bedauern feststellen, daß die Aufgabenstellung 16 nicht präzis genug war. Sie muß heißen:

Warum fotografiert man Sterne unter Verwendung von Farbfiltern?

Deshalb müssen wir sie diesmal selbst beantworten. Die Redaktion

losung:

Das von den Sternen emittierte Licht weist unterschiedliche spektrale Verteilungen auf; es gibt Sterne, die vorwiegend ultraviolettes bis blaues Licht aussenden, während andere -etwa unsere Sonne- einen großen gelb-roten Anteil emittieren.
In der Abbildung ist die spektrale Verteilung der Intensität I in Abhängigkeit von der Wellenlänge λ für 2 Sterne aufgetragen. Die Verwendung von 3 Filtern der Wellenlängen λ_1, λ_2 und λ_3 ermöglicht beispielsweise eine Bestimmung der spektralen Intensitäten bei λ_1, λ_2 und λ_3 und eine grobe Kenntnis über den Verlauf der spektralen Intensitätsverteilung im Bereich λ_1 bis λ_3. Daraus können Rückschlüsse auf die Oberflächentemperatur und die ablaufenden Prozesse in den Sternen gezogen werden.



Faßt euch kurz,
die Welt ist
übervölkert mit Wörtern
S. Lec

SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

10. JAHRGANG (1976/77)

80 Pf

impuls 68

9·10

Dissipative Strukturen
☆
Leserpost
☆
Weißmacher
☆
Sprache der Bienen
☆
DDR – Weltraumnation?
☆
Vergangenheit der Chemie
☆
Isaak Newton
☆
Kontinentaldrift
☆
Julius Schaxel

Titelbild:
Radiogalaxis Centaurus A

impuls 68

HERVORRAGENDES JUGENDKOLLEKTIV

MONATSZEITSCHRIFT
FÜR SCHÜLER
DER KLASSEN 9 BIS 12

Herausgeber: FDJ-Aktiv „impuls 68" der Friedrich-Schiller-Universität Jena
Sozialistisches Studentenkollektiv, Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR

Anschrift: „impuls 68", 69 Jena, Max-Wien-Platz 1
„impuls 68" erscheint monatlich von September bis Juni unter der Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR. Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen. Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981.
Preis des Jahresabonnements: 4,- M

Redaktion: Dipl.-Phys. Hans-Dieter Jähnig (Chefredakteur), Dr. Eberhard Welsch (amt. Chefredakteur), Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen), Dipl.-Chem. Peter Renner (Chemie), Dipl.-Biol. Bärbel Schubert (Biologie), Dipl.-Phys. Wilfried Hild (Gestaltung), Dipl.-Phys. Lutz Günther (Astronomie und fotograf. Gestaltung), Harry Hedler (Korrespondenz), Gudrun Beyer (Korrektor)

Liebe Leser		3
Dissipative Strukturen – Bindeglied zwischen Physik und Biologie?	PHY	5
Leserpost: Exkursion nach Jena		18
Chemie im Alltag: Weißmacher	CHE	21
Büchermarkt		26
Die Sprache der Bienen	BIO	27
Inhaltsverzeichnis Physik / Astronomie / Chemie / Biologie		31
Wird die DDR eine Weltraumnation		35
Chemie – ein Blick in die Vergangenheit		41
Isaak Newton – ein Mensch von höchster Denk- und Gestaltungskraft		47
Kann man die Kontinentaldrift messen?		49
Julius Schaxel – ein hervorragender Wissenschaftler und Revolutionär	DOK	57
Mosaik		62
Physikaufgaben 20 und 21		63

Liebe Leser

am Ende des 10. Jahrganges möchte ich mich im Namen der Redaktion "impuls 68" an Sie wenden. Wir schließen ihn wiederum mit einem Doppelheft ab, das hoffentlich auch mindestens doppelt so interessant für unsere Leser ist. Ganz besonderer Dank gilt den Absendern der zahlreichen Leserpost. Auch an Einsendungen zur Physikaufgabe hat es in letzter Zeit nicht gefehlt. Darüber haben wir uns besonders gefreut und hoffen, daß daraus eine gute Tradition wird.

Aus den o. g. Zuschriften konnten wir entnehmen, daß nicht nur unsere ausgesprochenen Fachartikel, wie "Die Entstehung der Planetensysteme", "Schwarze Löcher", "Plancksches Wirkungsquantum" - um nur einige zu nennen -, sondern auch die Beiträge zu allgemein interessierenden Themen, wie "Forschungsplanung", "Biosphäre und ökologische Probleme", "Fabriken im All" etc., "angekommen" sind.

DOKUMENTATION f den
naturwissenschaft
Staatsbürgerkunde

Prof. Dr. Gerhard Weber
Sektion Physik der FSU
Jena

Die Entdeckung des universellen Wirkungsquantums durch Max Planck - der erste Schritt zu revolutionierenden physikalischen Erkenntnissen (Teil 1)

PHYSIK

Evolution der Biosphäre und ökologische Pr

S. Schwarz*

Längere Zeit wurde die Evo
Entwicklung der Organisme
achtet. Heute ist jed

1. Die Situation in der Physik an der Jahrhundertwende

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts war die Physik in ein Stadium der Zwiespältigkeit. Die heute als "Klassische Physik" bezeichnete Mechanik, Elektrodynamik und Thermodynamik hatte bereits große Erfolge erzielt, das
schlossenes Ganzes aufge-
ng und Industrialisierung
tig ergaben sich Möglich-
ren, die Messungen mit
das Vordringen in
ließen

Lutz Günther
ZIPE Potsdam

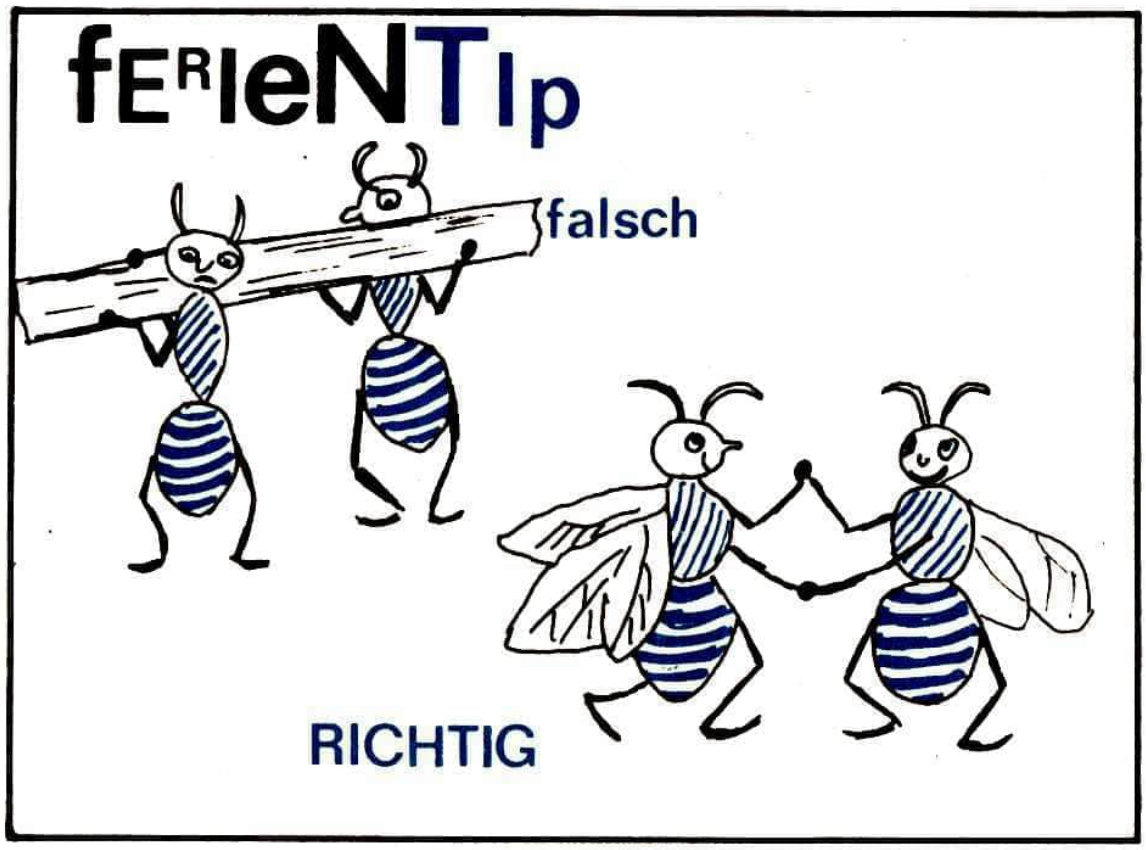
Wie entstehen Planetensysteme? (Teil 1)

„Millionen und aber Millionen Sonnen leuchten im Universum, und kein Zweifel kann sein, daß sie Millionen Erden leuchten."

(Bruno H. Bürgel: „Der Mensch und die Sterne")

Auch das große Interesse vieler Leser bei Fragen nach Einzelheiten eines zukünftigen Hochschulstudiums hoffen wir einigermaßen ausreichend berücksichtigt zu haben.

Denken Sie bitte beim Bezug unserer Zeitschrift daran, wieviel Arbeit unserer Verpackungsmannschaft erspart bleibt, wenn "Impuls 68" möglicherweise über eine Sammelbestellung zu Ihnen gelangt. Wieder gilt der Hinweis: Falls bis Ende September 1977 keine Abbestellung vorliegt, läuft Ihr Abbonement automatisch weiter.



Bei allen interessanten "Fachfragen" möchte ich jedoch meine Glossen zum abgeschlossenen Jahrgang nicht beenden, ohne Ihnen für Ihre ins Haus stehenden Sommerferien viel Spaß beim Faulenzen zu wünschen, denn wie sagt der Dichter: Faulheit ist der Humus des Geistes. Oder: Auch Tätigkeit kann zur schlechten Gewohnheit werden.

Eberhard Wenk

Gottfried Ietschke
Sektion Physik der
FSU Jena
Diplom-Physiker
Forschungsstudent

Dissipative Strukturen - Bindeglied zwischen Physik und Biologie?

PHYSIK

Die physikalisch-chemische Grundlage biologischer Ordnung ist ein grundlegendes Problem, das schon viele Biologen, Chemiker und Physiker beschäftigt hat und weiterhin beschäftigt. Die DARWINsche Evolutionsauffassung sagt auf Grund des Selektionsprinzips eine Zunahme des Organisationsgrades lebender Organismen voraus. Biologische Systeme sind äußerst komplexe und geordnete Systeme, die sich nur in einer langen Evolution entwickelt haben können. Die ständige Aufrechterhaltung dieser Ordnung erfordert eine große Zahl gekoppelter chemischer Reaktionen und biologischer Reaktionsmechanismen und eine räumlich stark differenzierte Stoffverteilung in den Zellen. Dieses hochgeordnete Verhalten ist eine charakteristische Eigenschaft aller lebender Systeme.
Im Gegensatz dazu steht die bekannte Aussage der Thermodynamik, daß die zeitliche Veränderung eines physikalischen Systems zu einem Gleichgewichtszustand maximaler Unordnung führt. Diese Aussage ist im 2. Hauptsatz formuliert, nach dem die Entropie in abgeschlossenen Systemen ständig anwächst, bis sie ihren größten Wert am thermodynamischen Gleichgewicht erreicht. Zwischen der vom Physiker eingeführten Zustandsgröße Entropie S und der statistischen Wahrscheinlichkeit W für diesen Zustand besteht der Zusammenhang

$$S \sim \ln W.$$

Da die wahrscheinlicheren Zustände, wie sich zeigen läßt, die ungeordneteren sind, verbietet der 2. Hauptsatz die Bildung geordneter Strukturen in abgeschlossenen Systemen. Diese Tendenz zur Unordnung zeigt sich in einer ständigen Dissipation, "Zerstreuung", von Energie, z.B. durch Reibung, Diffusion,

Wärmeausgleich, und tritt bei allen realen Prozessen auf. Deshalb ist es eine der grundlegenden Fragen der Wissenschaft, wie trotz dieser unvermeidbaren Energiedissipation hochgeordnete Strukturen entstehen und aufrechterhalten werden können.

Gleichgewichtsstrukturen

Da die Entropie mit steigender Temperatur wächst, gibt es eine Möglichkeit, geordnetere Zustände zu erzeugen: den Wärmeentzug. Alle physikalischen Systeme gehen beim Übergang zu tieferen Temperaturen in Zustände mit relativ hohem Ordnungsgrad über. Gasförmiger Wasserdampf bildet beim Abkühlen flüssiges Wasser und schließlich festes Eis. Viele Stoffe bilden kristallförmige Zustände. Solche Zustände, die insbesondere bei tiefen Temperaturen eine höhere Ordnung zeigen, nennen wir Gleichgewichtsstrukturen. Sie kennzeichnen das thermodynamische Gleichgewicht und Zustände in seiner näheren Umgebung.
Leider kann dieses Unordnungsprinzip nicht bei der Erklärung biologischer Strukturen helfen. Bei den uns umgebenden Temperaturen ist die Wahrscheinlichkeit äußerst gering, daß sich eine große Zahl von Molekülen spontan zu so komplizierten Formen wie etwa einer Zelle zusammenfindet. Andere Autoren nehmen die Existenz besonderer "Kräfte" in lebenden Organismen an, die nicht physikalischen Gesetzmäßigkeiten unterliegen, doch widerspricht diese Annahme der materialistischen Konzeption von der Einheit der Natur.

Offene Systeme

In den letzten zehn bis zwanzig Jahren ergaben sich wesentlich neue Ideen für die Lösung des Problems der Strukturbildung. Im Mittelpunkt steht dabei die Tatsache, daß alle natürlichen Systeme offen gegenüber ihrer Umgebung sind. So ist für alle Lebewesen, von der einfachsten Zelle bis hin zum Menschen, der ständige Austausch von Stoff und Energie mit der Umgebung eine natürliche Existenzbedingung. Jeder Organismus nimmt Nahrung auf und atmet. In die Zellen fließen Nährstoffe, werden verarbeitet, und Stoffwechselprodukte diffundieren in

andere Zellen. Selbst die Biosphäre als Ganzes steht unter ständiger Einstrahlung von Sonnenenergie. Deshalb sind Nichtgleichgewichtsbedingungen alles andere als außergewöhnlich. Die Entropiebilanz offener Systeme sieht dann so aus:

$$\Delta S = \Delta_i S + \Delta_a S .$$

Die gesamte Änderung ΔS der Entropie in einer Zeitspanne Δt setzt sich zusammen aus einem inneren Anteil $\Delta_i S$, der Entropieproduktion, die nach dem 2. Hauptsatz nicht negativ ist,

$$\Delta_i S \geq 0$$

und von irreversiblen Prozessen herrührt, wie Wärmeleitung, Diffusion, chemische Reaktionen, und einem Austauschanteil $\Delta_a S$, dem Entropiefluß, der von der Wechselwirkung mit der Umgebung herrührt und positiv oder negativ sein kann (Zufluß oder Abfluß von Entropie).

Da im isolierten System $\Delta_a S = 0$ gilt, nimmt gemäß $\Delta S = \Delta_i S \geq 0$ die Entropie bis zu ihrem Maximalwert ständig zu. Ein offenes System kann dagegen zu einem Zustand niedrigerer Entropie gelangen, wenn es Entropie nach außen abführt, sodaß gilt

$$|\Delta_e S| > \Delta_i S \geq 0 \text{ bzw. } \Delta S < 0 .$$

Da in Gleichgewichtsnähe der Produktionsterm überwiegt, muß der Entropie-"Export" einen kritischen Wert übersteigen. Einen beliebigen Zustand können wir dann <u>stationär</u>, d.h. zeitunabhängig, gestalten, wenn

$$\Delta S = 0 \quad \text{bzw.} \quad |\Delta_e S| = \Delta_i S$$

ist.

Was sich für ein Nichtgleichgewichtszustand einstellt, hängt somit davon ab, wie wir die Bedingungen an der Oberfläche des Systems gestalten. Diese Bedingungen zwingen dann das System, einen bestimmten Nichtgleichgewichtszustand einzunehmen. Eine Antwort auf die Frage nach der Strukturbildung muß demnach aus der Thermodynamik offener Systeme kommen.

Dissipative Strukturen

Eines der Hauptergebnisse unserer Forschungen ist die Feststellung, daß es eine Klasse von offenen Systemen gibt, die

zwei Arten von Verhaltensweisen zeigt:

1. Abbau von Ordnung (Strukturzerstörung) in Gleichgewichtsnähe. Diese Tendenz tritt in allen Systemen bei beliebigen Bedingungen auf.
2. Erzeugung von Ordnung (Strukturbildung) in Gleichgewichtsferne.

Diese Möglichkeit ist an spezielle Bedingungen gebunden. Das betrachtete System muß offen sein, es muß sich soweit ab vom thermodynamischen Gleichgewicht befinden, daß seine inneren Gesetzmäßigkeiten mathematisch eine nichtlineare Form erfordern, und diese Gesetzmäßigkeiten immer so spezifisch sind, daß sie bei überkritischen Werten der Systemtemperatur einen genügend großen Entropieexport erlauben.

Nach dem belgischen Physiker PRIGOGINE sollen solche Strukturen, die sich in offenen Systemen jenseits eines kritischen Gleichgewichtsabstandes ausbilden, zu deren Aufrechterhaltung somit ständiger Stoff- und Energieaustausch mit der Umgebung notwendig ist, dissipative Strukturen heißen.

Die physikalische Theorie liefert mathematische Gleichungen, mit denen wir das Zeitverhalten von Zustandsgrößen des Systems, wie innere Energie, Volumen, Temperatur, Konzentrationen anwesender Stoffe, beschreiben. Speziell können wir daraus stationäre Zustände des Systems berechnen, das sind solche, die (nach ihrer Einstellung) zeitlich unverändert bleiben. Solche stationären Nichtgleichgewichtszustände heißen auch Fließgleichgewichte, wobei die Betonung auf dem Wort "Fließen" liegt. Wichtig ist für uns die physikalische Stabilität solcher Zustände. Ein Zustand ist stabil, wenn eine kleine Störung dieses Zustandes im Laufe der Zeit wieder abgebaut wird. Instabilität liegt dann vor, wenn eine anfängliche kleine Störung vom System verstärkt ("aufgeschaukelt") wird und das System sich weit von seiner Ausgangslage entfernt, vielleicht einen neuen stationären Zustand erreicht (Abb. 1). Eine mechanische Analogie läßt diese Begriffe klar werden; Es gibt auf einer Bergkuppe für eine Kugel eine stationäre Lage, in der sie in Ruhe bleibt, doch wird sie nach dem kleinsten Anstoß diesen instabilen stationären Zustand verlassen und davonrollen. In einer Mulde ist ihr stationärer Zustand dagegen

stabil, nach jeder kleinen Auslenkung kehrt die Kugel wieder zurück. Deshalb können wir jetzt sagen: Gleichgewichtsstrukturen nennen wir die am thermodynamischen Gleichgewicht und in seiner näheren Umgebung stabilen Zustände.

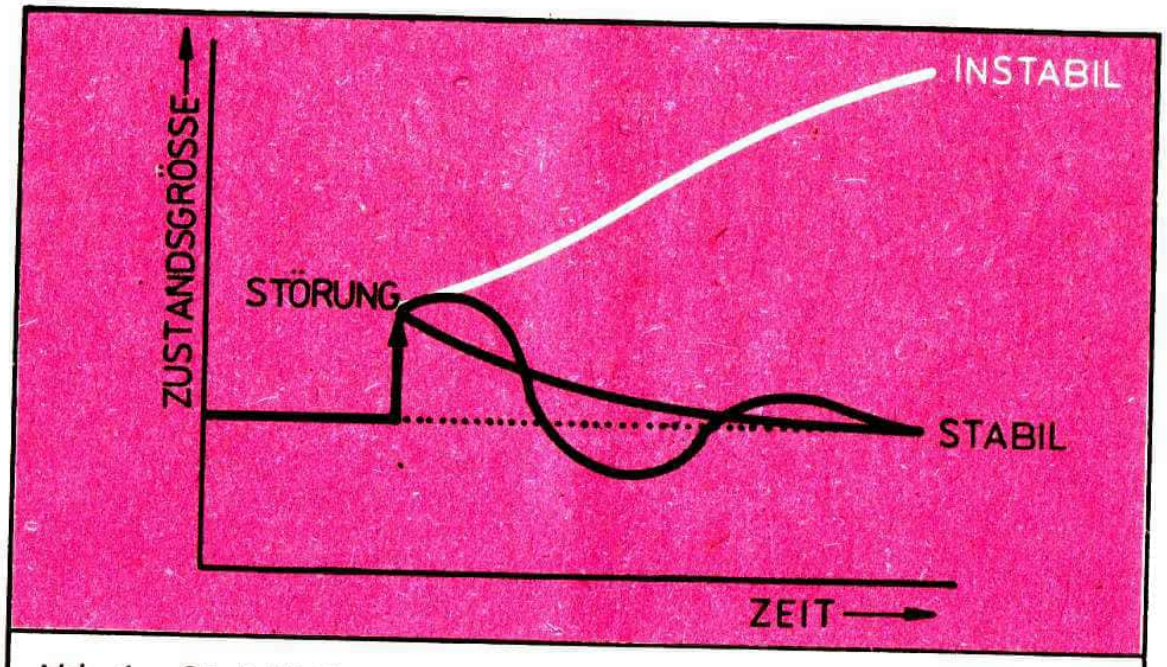


Abb. 1 Stabilität

Dissipative Strukturen treten jenseits einer Instabilität dieses sog. thermodynamischen Lösungszweiges auf, und zwar erst

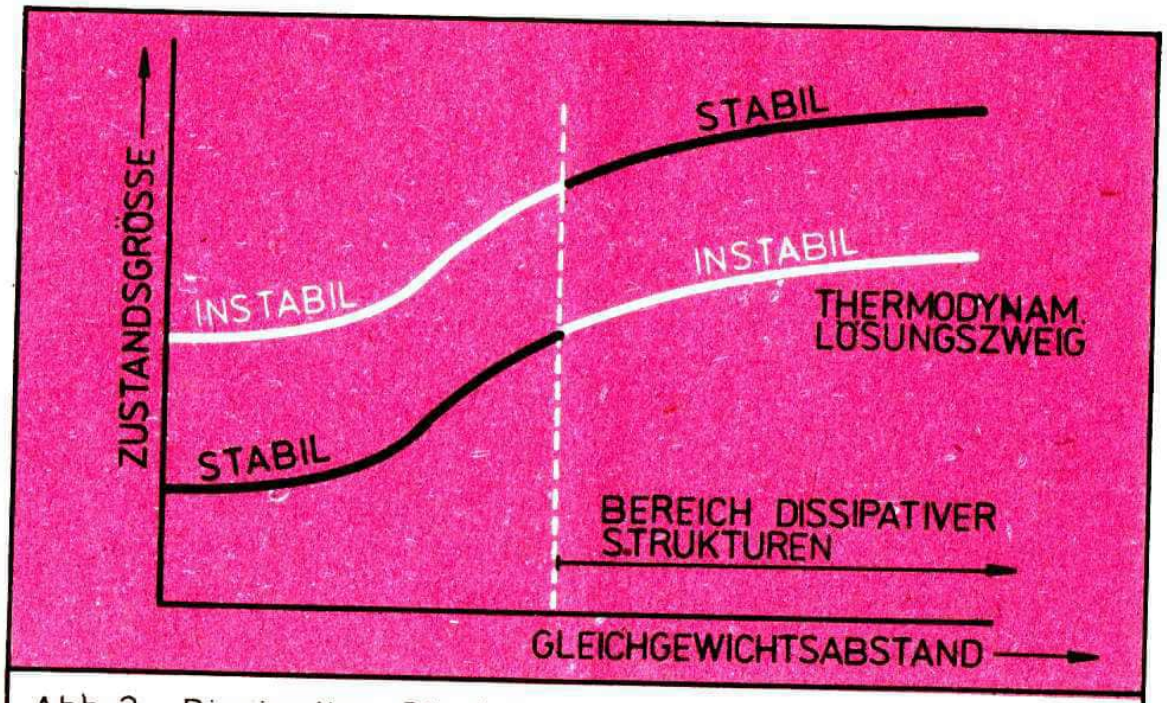


Abb. 2 Dissipative Strukturen

in Gleichgewichtsferne. Ihr Auftreten ist aber nicht zwangsläufig, sondern an bestimmte Systemeigenschaften gebunden (Abb. 2).

Ein eindrucksvolles Beispiel für eine dissipative Struktur ist der nach seinem Entdecker benannte BÉNARD-Effekt. Eine horizontale, zu Anfang ruhende Flüssigkeitsschicht, z.B. Silikonöl, wird von unten erhitzt. Es tritt eine Temperaturdifferenz $T_U - T_O$ zwischen Unter- und Oberseite auf, die ein direktes Maß für den Gleichgewichtsabstand ist. In Gleichgewichtsnähe stellt sich in der ruhenden Flüssigkeit ein nach oben gerichteter Wärmestrom ein - der thermodynamische Lösungszweig. Oberhalb einer kritischen Temperatur kann die Zähigkeit nicht mehr verhindern, daß die erhitzte und damit leichtere Flüssigkeit nach oben steigt. Es kommt zur Ausbildung der dissipativen Struktur - regelmäßige sechseckige Konvektionszellen, in denen die Flüssigkeit in der Mitte nach oben und an den Rändern nach unten strömt (Abb. 3), und einen effektiveren Wärmetransport gewährleistet. (Übrigens kann man Andeutungen solcher Zellgrenzen gelegentlich in einer Tasse morgendlichen Kakaos beobachten.) Auch die Sonnengranulation läßt sich auf diese Weise deuten.

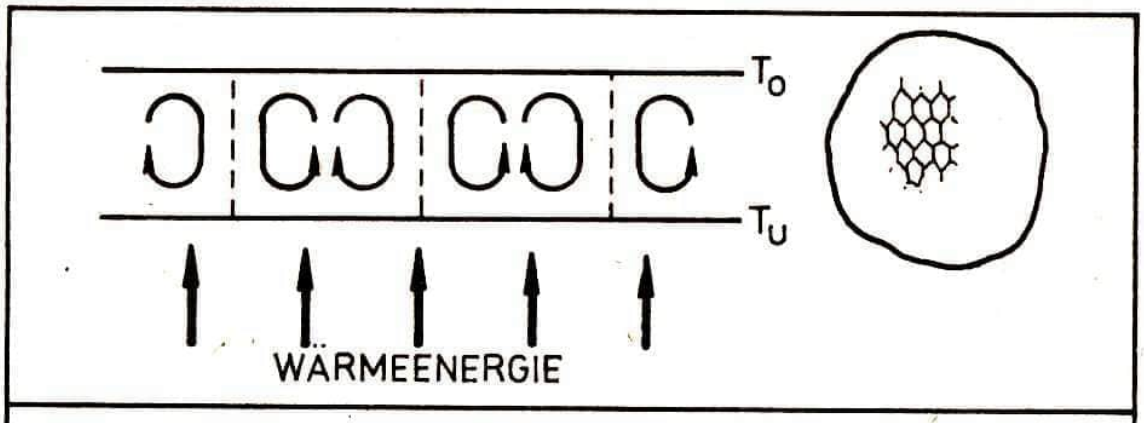


Abb. 4 Bénard - Effekt

Es handelt sich also hierbei um eine hochkooperative Erscheinung, ein eindrucksvolles Beispiel spontaner Selbstorganisation der Materie unter Nichtgleichgewichtsbedingungen. Interessant ist, daß die Bildung kohärenten Lichtes im Laser ebenfalls als eine dissipative Struktur interpretiert werden

kann. Die Gleichgewichtsabweichung wird durch Einstrahlung von Pumpenergie erreicht. Unterhalb der sog. Laserschwelle senden die angeregten Atome ihr Licht spontan und unkoordiniert aus wie eine gewöhnliche Lampe. Bei einem kritischen Wert der Anregungsenergie jedoch wird diese Lampenfunktion instabil, es kommt zur äußerst großen Verstärkung von Licht ganz bestimmter Frequenz und Richtung, eben der Laserstrahlung. Das Schema der Abb. 2 sieht somit im Falle des BÉNARD-Effektes (Abb. 4) und des Lasers (Abb. 5) verblüffend ähnlich aus:

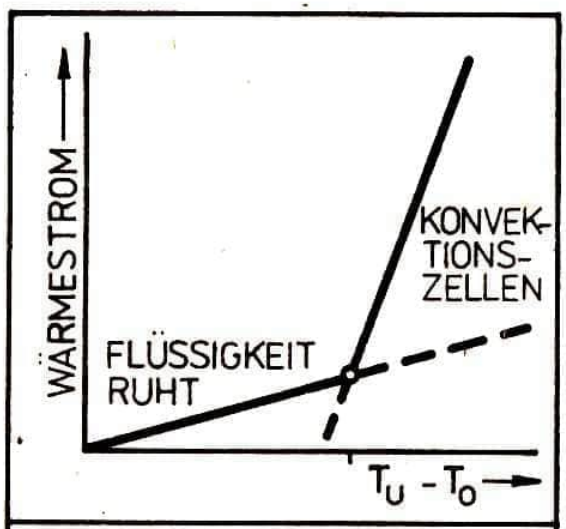


Abb. 4

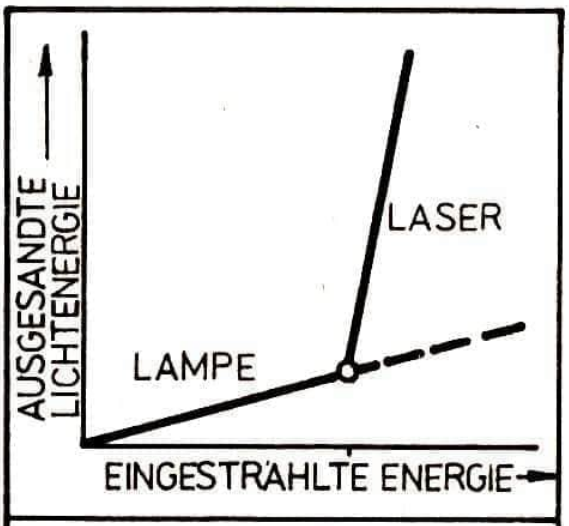


Abb. 5

Auch die Selbsterregung nichtlinearer Schwingungen in der Mechanik und der Elektrotechnik, etwa das Quietschen einer Tür, das Tönen eines Weinglases beim Reiben oder eine Multivibratorschaltung, können im weiteren Sinne ebenfalls als dissipative Struktur gesehen werden.

Ein Modellsystem

Eine besonders große Vielfalt an dissipativen Strukturen liefert uns die Betrachtung gekoppelter chemischer Reaktionen, bei denen die Reaktionsteilnehmer im Reaktionsgefäß frei diffundieren können. Betrachten wir ein sehr gut untersuchtes Modellsystem, den sog. Brüsselator. Es sind dies die vier gekoppelten Reaktionen

$$A \rightleftharpoons X \;,\; 2X + Y \rightleftharpoons 3X \;,\; B + X \rightleftharpoons Y + D \;,\; X \rightleftharpoons E \;,$$

durch die die Ausgangsstoffe A und B über die Zwischenprodukte X und Y in die Endprodukte D und E umgewandelt werden. Die spezifischen Bedingungen, die einen überkritischen Entropieexport ermöglichen, werden hier durch den zweiten, einen sog. autokatalytischen Reaktionsschritt hervorgerufen. Bei Anwesenheit von Y vermehrt sich X selbstständig und würde unbegrenzt anwachsen, wenn nicht andere hemmende Faktoren aufträten. Es ist klar, daß eine solche Reaktion bei gewissen kritischen Parameterwerten das Systemverhalten schlagartig ändern kann.

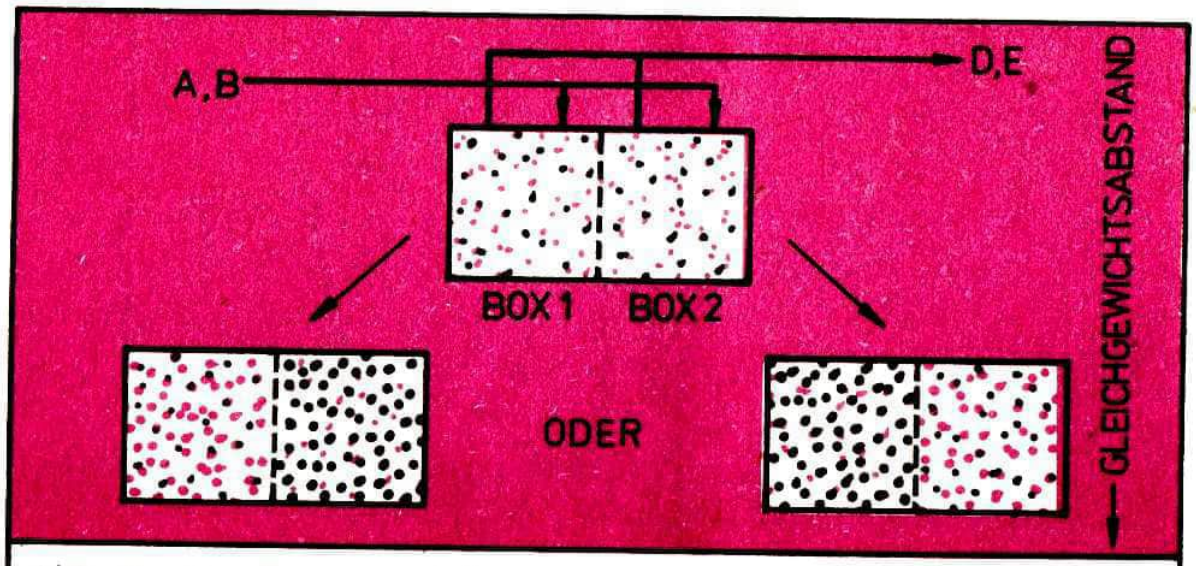


Abb. 6 Zweiboxenmodell

Nichtgleichgewicht erzeugen wir, indem wir die Ausgangsstoffe A und B ständig zuführen und die Endprodukte D und E laufend entfernen. Dadurch laufen die Reaktionen nur in einer Richtung ab. Der Einfachheit halber lassen wir das Ganze in zwei völlig gleichen Boxen ablaufen, zwischen denen die Stoffe X und Y diffundieren können, wenn die Konzentrationen rechts und links der Trennwand verschieden sind. Innerhalb jeder Box werden die Konzentrationen von X und Y durch Umrühren jeweils konstant gehalten. Als äußere Randbedingung, die das Nichtgleichgewicht bestimmt, seien die Konzentrationen von A und B (groß) und D und E (klein) im gesamten Gefäß jeweils konstant. In Gleichgewichtsnähe gibt es nur die (thermodynamische) Lösung: $X_1 = X_2$, $Y_1 = Y_2$, wobei die Indizes 1 und 2 die Konzentrationen in jeder der beiden Boxen bezeichnen. Das Gesamtsystem ist somit homogen, beide Hälften unterscheiden sich nicht.

Bei Überschreiten kritischer Mengen von A und B wird die Lösung jedoch instabil, wir finden eine neue stabile Lösung mit $X_1 < X_2$, $Y_1 > Y_2$ (Abb. 6) oder das Spiegelbild mit $X_1 > X_2$, $Y_1 < Y_2$. Es hat sich spontan eine räumliche, dissipative Struktur herausgebildet ! Obwohl die Randbedingungen für das Gesamtsystem überall gleich sind, differenziert sich das System in zwei unterscheidbare Hälften. Auch das ist Strukturbildung unter Nichtgleichgewichtsbedingungen. Welcher der beiden spiegelbildlichen Zustände sich beim Überschreiten der kritischen Werte von A und B tatsächlich einstellt, hängt davon ab, welche zufällige Schwankung von X und Y in dem Moment gerade auftritt. Das System besitzt damit einen ganz primitiven Gedächtniseffekt.

Betrachtet man nicht zwei Boxen, sondern gleichmäßige Diffusion im gesamten Gefäß, so können je nach Randbedingungen folgende dissipative Strukturen auftreten:

- zeitliche Schwingungen der räumlich homogen verteilten Konzentrationen von X und Y
- zeitlich unveränderte, räumlich periodische Zu- und Abnahme der Konzentrationen von X und Y
- Ausbreitung von Konzentrationswellen

Ein Demonstrationsexperiment

Das so etwas in der Praxis auch tatsächlich auftritt, läßt sich leicht mit der sog. SCHABOTINSKI- Reaktion beweisen. Die dafür gebrauchten Substanzen müßten in jeder Schule vorhanden sein. Es handelt sich um eine organische Reaktion der Produkte Schwefelsäure, Malonsäure, Cersulfat und Kaliumbromat. Wir brauchen 0,8 cm^3 H_2SO_4 auf 9,2 cm^3 Wasser sowie 0,5 g $CH_2(COOH)_2$, 0,03 g $Ce(SO_4)_2$ und 0,6 g $KBrO_3$ auf je 10 cm^3 Wasser sowie Ferroin als Indikator, das sich je nach pH-Wert rot oder blau färbt. (Genauere Rezepturen, auch ohne Cersulfat, können auf Wunsch mitgeteilt werden.) Mischen wir diese Lösungen in einem Reagenzglas kräftig, so werden sich nach einiger Zeit Oszillationen von Zwischenprodukten mit einer Periode von etwa vier Minuten einstellen, die sich in einer abwechselnd roten und blauen Färbung des Gemischs zeigen. Das System bildet spontan auf Grund innerer Gesetzmäßigkeiten eine zeitliche dissipative

Struktur aus. Wenn die Diffusion wirksam genug ist, bilden sich auch übereinander blaue und rote Schichten aus, während man in einer flachen Schale Wellenphänomene beobachten kann. Da wir keine Produkte zu- oder abführen, wird das System nach etwa dreißig Minuten das homogene, unstrukturierte chemische Gleichgewicht erreichen.

Biologische Probleme

Die Impulse zur Entwicklung der bisher geschilderten Nichtgleichgewichts- Thermodynamik kamen zu einem großen Teil aus der Biologie. Nobelpreisträger EIGEN hat die Frage selbst so formuliert: "Ist die Biologie durch die Physik - in ihrer gegenwärtigen Form - begründbar ?" Wir wollen wissen, ob sich biologische Vorgänge auf bekannte physikalische Prinzipien zurückführen lassen können oder nicht. Die Physik soll dabei im wesentlichen zwei Problemkreise erklären:

1. Wie kann man die funktionelle Ordnung lebender Systeme verstehen ? Diese Frage betrifft die <u>Aufrechterhaltung des Lebens.</u>

2. Wie konnten sich aus einer Mischung relativ einfacher Moleküle im Laufe der Zeit Nukleinsäuren und Proteine und schließlich lebende Strukturen, nie etwa Einzeller, entwickeln. Das ist die Frage nach dem <u>Ursprung des Lebens</u>.

Bleiben wir beim ersten Problem. Eine Anzahl typischer Phänomene kann heute schon mit der dargelegten Theorie erklärt und mathematisch zufriedenstellend behandelt werden, so unter anderem spezielle Regulationsprozesse, die sichern, daß bestimmte Stoffwechselprodukte zur rechten Zeit in richtigem Maße zur Verfügung gestellt werden. Das geschieht dadurch, daß die Menge des entsprechenden Enzyms, das diese Reaktion steuert, beeinflußt wird. Enzyme sind bekanntlich Biokatalysatoren, durch die biochemische Reaktionen erst ablaufen können. Gut bekannt ist in dieser Hinsicht die Glykolyse. Darunter verstehen wir die biologische Oxydation von Kohlenhydraten zur Energiegewinnung. Diese freigesetzte Energie wird gespeichert, indem aus Adenosindiphosphat (ADP) und Phosphorsäure das Adenosintriphosphat (ATP) aufgebaut wird. Das ener-

giereiche ATP kann dann im Körper transportiert werden. Bei der Zellarbeit wird diese Energie verbraucht, indem ATP wieder zerlegt wird. Wir haben hier einen Kreislauf, eine Konkurrenz ATP- aufbauender und ATP- spaltender Reaktionen (Abb. 7).

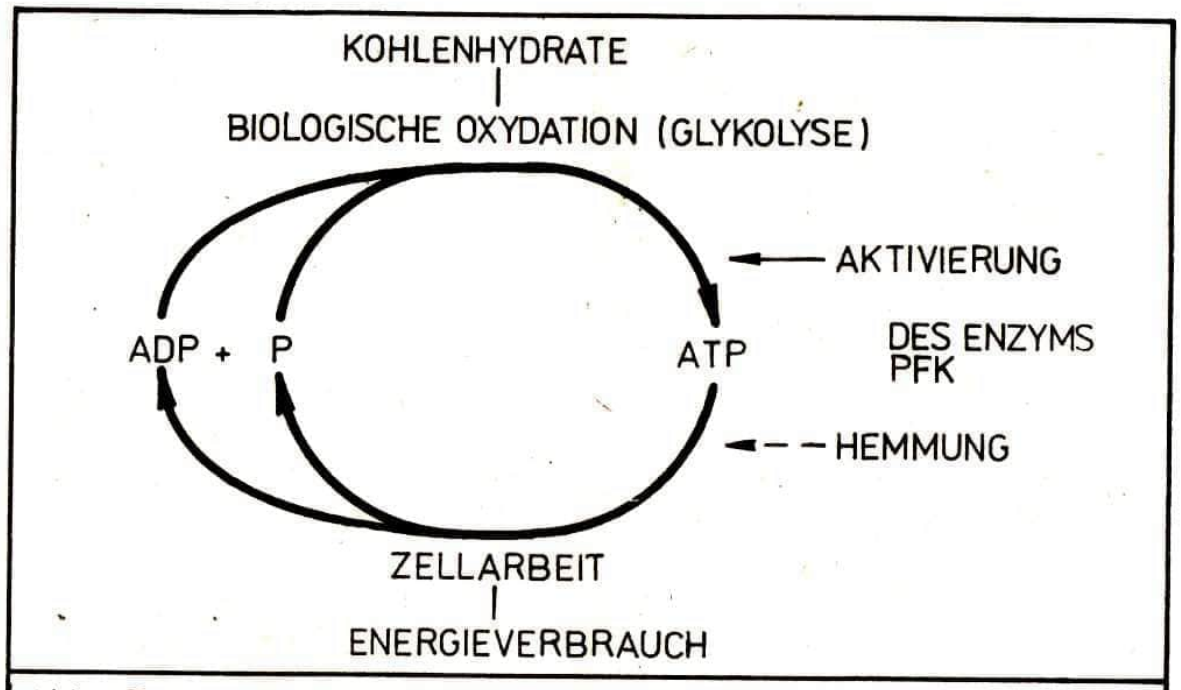


Abb. 7

Es ist klar, daß eine sehr ausgewogene Bilanz aufrechterhalten werden muß, auch wenn wir einmal viel Zucker gegessen haben oder schwer arbeiten mußten, damit der Körper nicht aus seinem Fließgleichgewicht kommt.

Wie Experimente ergeben haben, beruht der Regulationsmechanismus auf einer periodischen Aktivierung und Hemmung des Enzyms Phosphofruktokinase, das die Bildung von ATP katalysiert. Auf Grund dieser experimentellen Daten wurde ein experimentelles Modell für die Glykolyse aufgestellt mit dem Ergebnis: Die periodischen Konzentrationsschwankungen von ADP und ATP (Abb.8) mit sehr konstanter Amplitude und Schwingungsdauer sind eine zeitliche dissipative Struktur, eine notwendige Folge der Offenheit und Gleichgewichtsferne des Systems. Durch diese Interpretation wird verständlich, warum bei der Glykolyse Oszillationen auftreten, und wodurch deren Kenngrößen bestimmt sind.

Auch Zellteilung, Zellzusammenballung und Informationsübertra-

gung durch anregbare Zellmembranen können möglicherweise Folge des Auftretens raum-zeitlicher dissipativer Strukturen sein.

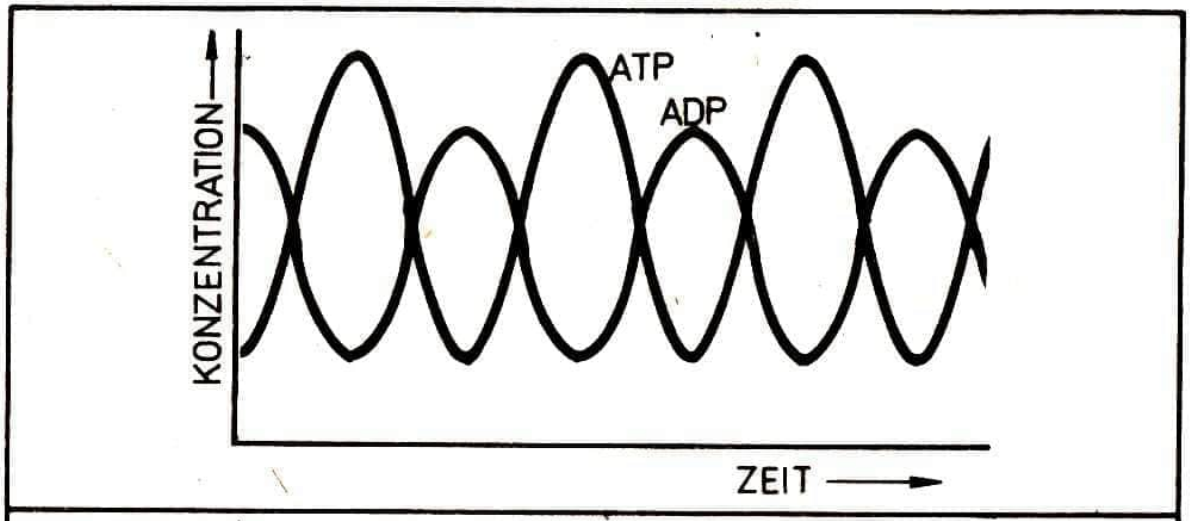


Abb. 8

Zum zweiten Problemkreis, dem der Herkunft des Lebens, wollen wir ebenfalls einige Überlegungen vorstellen. So erklärt Prof. EIGEN die Vereinigung von Polypeptiden und Polynukleotiden zu selbstreproduzierenden, entwicklungsfähigen Einheiten- also den eigentlichen Übergang vom "Nichtlebenden" zum "Lebenden"- als Folge einer Reihe von gekoppelten, autokatalytischen Reaktionszyklen, wie sie unter bestimmten Bedingungen in offenen Systemen auftreten konnten.

Auch die nachfolgende Evolution der Biopolymere läßt sich vom Standpunkt der Thermodynamik aus verstehen. Die Verkoppelung etwa des DNS- Moleküls mit Hilfe eines Rohstoffs läßt sich schematisch wie eine autokatalytische Reaktion der Form $X + A \rightarrow 2X$ darstellen. Den stationären Endzustand kann hier aber eine neue Art von Störungen beeinflußen, das Auftreten von Mutanten, also fehlerhaften Kopien, formal geschrieben $X + A \rightarrow X + X'$. Solche neuen Stoffe, z.B. Nukleinsäuren mit verändertem genetischen Code, können das Verhalten des Systems entscheidend beeinflussen, wenn sie Vorteile hinsichtlich ihrer Verdopplung haben und sich dadurch durchsetzen können. Der bisherige stationäre Zustand wird dann instabil, und es stellt sich ein neuer Endzustand ein, der wiederum von Mutationen gestört werden kann. Das DARWINsche Evolutionsprinzip, daß

"der am besten Angepaßte überlebt", erscheint hier als ein aus bestimmten physikalischen Voraussetzungen ableitbares Prinzip und nicht als Erscheinung, die nur in der Biosphäre auftreten kann. Es ist aus bestimmten Aussagen der Thermodynamik offener Systeme ableitbar. Es bietet keinerlei Ansatzpunkt für die Annahme von Kräften und Wechselwirkungen, die nur in Lebenserscheinungen auftreten sollen.

Da die im konkreten Fall auftretende Mutation rein zufällig sein wird, ist die Evolution in ihrem konkreten Ablauf nicht vorherbestimmt und deshalb auch nicht historisch wiederholbar. Die Tendenz der Evolution zum Durchsetzen höherwertiger Arten ist aber zwangsläufig, ist notwendige Folge physikalischer Prinzipien, ist Gesetz.

Die Ausführungen der letzten Abschnitte waren erste Ansätze dafür, wie die Thermodynamik offener Systeme, speziell die Auffassung von dissipativen Strukturen, Beiträge leisten kann zum Verständnis der spontanen Strukturbildung in der Natur, speziell der belebten. Wir stehen hier erst am Anfang. Doch glauben wir fest daran, daß aus der Physik noch viele wichtige Impulse zur Erklärung biologischer Phänomene kommen werden.

Hinweis !

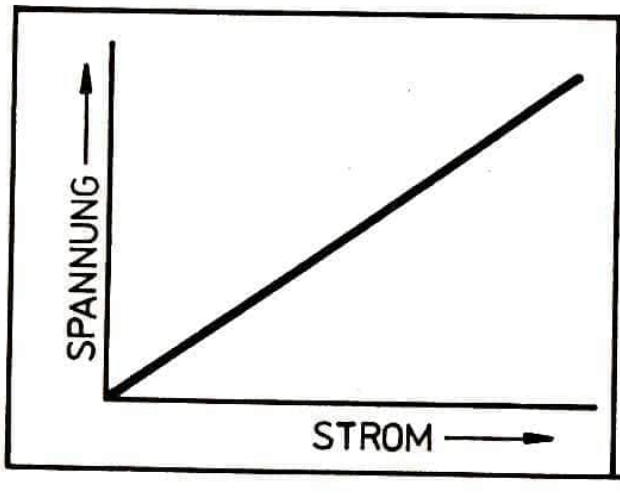
Lesen Sie als Vorbereitung für den Artikel "Dissipative Strukturen - Bindeglied zwischen Physik und Biologie ?" in Heft 8 dieses Jahrganges den Artikel "Der 2. Hauptsatz der Wärmelehre".

In so manchem Menschen steckt ein Stück von Robinson: Schon Montag früh seufzt er: „Wann kommt endlich der Freitag?"

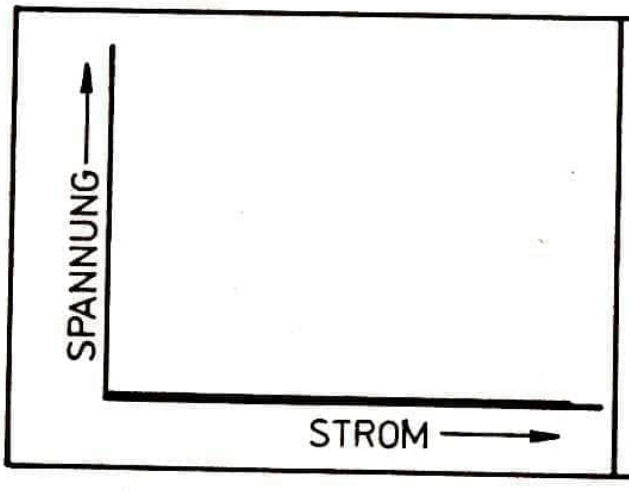
LESERPOST: EXKURSION NACH JENA

Am 21. Februar dieses Jahres unternahmen wir, die Teilnehmer des Lehrganges Festkörperphysik der EOS Worbis, eine Exkursion zur Friedrich-Schiller-Universität Jena, Sektion Physik. Unsere Betreuung hatten die Redaktionsmitglieder der Schülerzeitschrift "impuls 68" Dipl.-Physiker Hild und Physikstudent Hedler übernommen.

Wir besichtigten zuerst die Räume für das Fortgeschrittenenpraktikum. Von Dr. Reichmann vorgeführt und erläutert sahen wir Experimente zur Beugung und Interferenz von Laserstrahlen, welche mit Hilfe eines Gaslasers erzeugt wurden. Da gerade kein Kreuzgitter greifbar war, schlug unser Physiklehrer, Herr Löffelholz, vor, seinen Regenschirm zu benutzen. Das geschah dann auch - und das Experiment gelang. Außerdem zeigte man uns ein Hologramm. Auf dem Transport in den Praktikumsraum zerbrach dieses Hologramm, so daß wir, zwar unbeabsichtigt, aber doch für uns sehr interessant, bestätigt sahen, daß beide Bruchstücke des Hologramms das Bild des dargestellten Mikroskopes vollständig räumlich liefern konnten. Allerdings sind die räumlichen Bilder der Buchstücke des Hologrammes mit etwas verminderter Schärfe zu sehen. Nachdem wir das Fortgeschrittenenpraktikum verlassen hatten, begaben wir uns in einen Experimentierraum, in dem Versuche zur Supraleitung durchgeführt werden. Hier arbeitet Dr. Dettmann, der uns das Wesen der Supraleitung und den dabei möglichen Gleichstrom-Tunneleffekt erklärte. Mit Hilfe von flüssigem Helium (4,2 K), in dem Blei supraleitend wird, konnte der Effekt der Supraleitung experimentell demonstriert werden. Dieses geschah mit Hilfe eines Oszillographen, auf dem folgende Bilder zu sehen waren:



Die Strom-Spannungs-Kurve vor dem Eintauchen des Bleis in das flüssige Helium (T = 4,2 K) stellt die Normalleitung dar



Das in flüssiges Helium getauchte Blei wird supraleitend

Auf dem Oszi war zu erkennen, daß während der Supraleitung der Spannungsabfall und damit der Widerstand des Bleis 0 ist. Einen wesentlichen Teil der Exkursion hatte die Röntgenstrukturanalyse zum Thema. Hier war es Dr. Förster, der uns die Apparaturen zur Röntgenstrukturanalyse, die Debey-Scherrer-Kamera, die Kamera für das Drehkristallverfahren, die Apparatur zum Laue-Verfahren und zur Fluoreszensspektralanalyse zeigte. Überrascht waren wir, daß die Kristalle für das Drehkristallverfahren so klein waren. Neu für uns war ebenfalls, daß bei Debey-Scherrer-Aufnahmen das sich in kristallografischer Unordnung befindliche Kristallpulver noch gedreht wird, um die Unordnung weiter zu erhöhen. Danach hörten wir uns eine Vorlesung von Dr. Förster über die theoretischen Grundlagen der Röntgenstrukturanalyse an.

Außerdem sprach er über die Struktur der Kristalle, über 2-, 3- und 4-zählige Symmetrieebenen und Spiegelebenen. Besonders beeindruckend und schön war der Film, welcher uns zu diesem Problem gezeigt wurde.
Das Mittagessen nahmen wir im Universitäts-Hochhaus ein. Danach gingen wir zur letzten Station unserer Exkursion, zur Kristallzüchtung. Im fakultativen Unterricht hatten wir hierzu bereits die theoretischen Grundlagen erarbeitet. Außerdem züchteten wir schon selbst mit viel Mühe und Geduld Kristalle nach dem Verdunstungsverfahren. Deshalb war für uns die technische Seite der Kristallzüchtung von besonderem Interesse. Für die weitere Arbeit auf diesem Gebiet bekamen wir durch die Ausführungen von Dr. Kühmstedt wichtige Anregungen.
Zurückschauend können wir sagen, daß sich die Exkursion nach Jena für uns gelohnt hat. Wir möchten all denen nochmals danken, die zum Gelingen dieser Exkursion beigetragen haben. Dies sind vor allen Dingen die Mitarbeiter der Sektion und die Betreuer von der Redaktion "impuls 68".
Für die Zukunft wünschen wir uns eine weiterhin gute Zusammenarbeit.

Heinrich Jäger
Teilnehmer am fak. Lehrgang
Festkörperphysik der
EOS Worbis
Schuljahr 1976/77

NEBENBEI:

Wer sich vornimmt, Wein, Weib und Gesang aufzugeben, fange am besten mit dem Gesang an. Der stört die Nachbarn am meisten.

Dr. Georg Hüller
Erfurt

Chemie im Alltag: »Weißmacher«

CHEMIE

Seit einiger Zeit findet man bei Wasch- und Spülmitteln Hinweise darauf, daß die Anwendung des Mittels zu besonders weißer Wäsche führt. Zu nennen wären beispielsweise die Waschmittel Fay (mit zwei "Weißmachern") und Spee (mit intensiver Weißkraft), oder das Spülmittel Wofalor (Weich- und Weißspülmittel). Was hat es mit diesen "Weißmachern" auf sich ?

Mittel, die Textilien - und auch andere Produkte, wie z.B. Papier - schön weiß machen sollen, werden schon lange angewendet. Hier sind vor allem Bleichlaugen zu nennen, die durch Oxydation (z.B. Natriumhypochlorit-Lösung NaOCL, die Natronbleichlauge, Wasserstoffperoxid H_2O_2 u.a.) oder durch Reduktion (z.B. Natriumhydrogensulfitlösung $NaHSO_3$) Farbstoffe zerstören und dadurch die behandelte Textilie bleichen. Neben diesen traditionellen, chemisch wirkenden Bleichmitteln sind in jüngerer Zeit zahlreiche - (vor allem organische) - chemische Verbindungen komplizierter Struktur hinzugekommen, die auf Grund physikalischer Prozesse eine leuchtend weiße Farbe hervorrufen und die in zunehmendem Maße industriell genutzt werden. Diese Stoffe werden als optische Aufheller bezeichnet. Sie finden beileibe nicht nur in der Textilchemie Anwendung, sondern auch in anderen Bereichen, z.B. um Papier, Kunststoffe oder Lacke aufzuhellen (bei dem neuen PUR-Lack wird die leuchtend weiße Farbe möglicherweise durch solche Zusätze bewirkt.). Selbst bei kosmetischen Erzeugnissen, nämlich in Lichtschutzcremes, wurden solche Verbindungen verwendet.

Was sind optische Aufheller ?

Optische Aufheller gehören in die große Klasse der organi-

schen Fluoreszensfarbstoffe. Ihre Wirkung beruht darauf, daß sie energiereiches, nicht sichtbares ultraviolettes Licht (UV-Licht) absorbieren und die aufgenommene Strahlung im sichtbaren Bereich des Spektrums wieder abstrahlen. Sie "verwandeln" also energiereicheres in energieärmeres, in vielen Fällen unsichtbares in sichtbares Licht.
Je nach der Wellenlänge, die abgestrahlt wird, "fluoreszieren" diese Verbindungen in einer bestimmten Farbe. Der wohl bekannteste Vertreter dieser Art ist das Fluoreszein, das wegen seiner leuchtend gelbgrünen Fluoreszenz häufig in Badezusätzen verwendet wird, wobei selbst die extreme Verdünnung von $1:10^{11}$ noch ausreichend ist.

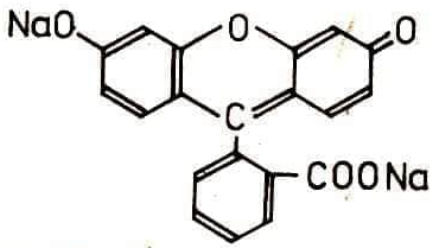


Abb. 1
Natriumsalz des Fluoreszeins

Wie kann man diese Erscheinung - Absorption von UV-Strahlung und Emission von sichtbarem Licht - erklären ?
Wie bekannt ist (vgl. Heft 5-8, Jhrg. 9), besitzen Atome und Moleküle für die Elektronen verschiedene diskrete Energieniveaus, d.h., das Atom oder Molekül kann sich nur in ganz bestimmten Elektronenzuständen befinden. Der Energieunterschied zwischen dem niedrigsten (dem Grundzustand) und dem nächsthöheren, dem ersten Anregungszustand, ist so groß, daß ein Übergang die Einstrahlung von sichtbarem oder UV-Licht erfordert. (Stoffe, die sichtbares Licht absorbieren, sind farbig, wobei sie jeweils die Komplementärfarbe zeigen, d.h., eine blaue Verbindung absorbiert gelbes Licht, eine rote grünes usw.) Moleküle besitzen gegenüber Atomen die Besonderheit, daß die Atomkerne auch Schwingungen und Rotationen ausführen, wobei diese Bewegungsformen gequantelt sind, d.h., es gibt wie bei den "Elektronenbewegungen" für die Schwingungs- und Rotationsbewegungen des Moleküls nur ganz bestimmte diskrete Energieniveaus, wobei die Energiedifferenzen zwischen diesen Niveaus wesentlich kleiner als

zwischen den Elektronenniveaus sind (vgl.Heft 5-8,Jhrg.9). Dabei gehören zu jedem Elektronenzustand eine ganze Reihe verschiedener Schwingungs- und Rotationszustände. In Abb.2 ist dies schematisch dargestellt, wobei nur einige Schwingungszustände eingetragen worden sind. Findet eine Elektronenanregung statt, so ist sie auch mit der Änderung des Schwingungszustandes verbunden, d.h., das Molekül geht aus dem Grundzustand (bei Zimmertemperatur ist das zugleich der Schwingungsgrundzustand) in einen energiereichen Schwingungszustand des ersten angeregten Elektronenzustands über. In Abb.2 ist dies durch den Pfeil (1) symbolisiert. In diesem Zustand verbleibt das Molekül nur sehr kurze Zeit. Bereits nach etwa 10^{-12}s hat es die Schwingungsenergie strahlungslos an andere Moleküle abgegeben (gestrichelter Pfeil (2)), so daß die Emission (3), die Lichtausstrahlung, nach etwa 10^{-8}s vom Schwingungsgrundzustand aus erfolgt, die - ebenso wie die Anregung - im allgemeinen zu einem angeregten Schwingungszustand führt.

Der Gesamtvorgang - Absorption (1), strahlungsloser Schwingungsübergang (2), Emission (3) - wird als Fluoreszens bezeichnet. (Der sich anschließende strahlungslose Übergang (4) soll nicht weiter interessieren !)
Die Länge der Pfeile in Abb. 2 symbolisiert den Energieunterschied bei diesen Übergängen. Man sieht, daß bei der Elektronenanregung eine größere Energiedifferenz überwunden wird als bei der Emission. D.h., es wird energiereichere (kurzwelligere) Strahlung absorbiert als emittiert. Führen die Elektronenübergänge (1) und (3) zu verhältnismäßig hoch angeregten Schwingungsniveaus, so wird der Unterschied zwischen den Energiedifferenzen (1) und (3) groß, so daß der geschilderte Fall - Absorption im UV-Bereich, Emission von sichtbarem Licht - möglich wird.
Wie läßt sich dies zum Erzeugen einer leuchtend weißen Farbe ausnutzen ?
Überlagert man komplementärfarbiges, z.B. gelbes und blaues Licht, so erhält man weißes Licht. Bringt man also auf eine gelbliche Textilie einen UV-Licht absorbierenden und bläulich fluoreszierenden Stoff auf, so wird der Gelbton kom-

pensiert und die Textilie erscheint weiß. Sie hat "Weißkraft" erhalten.

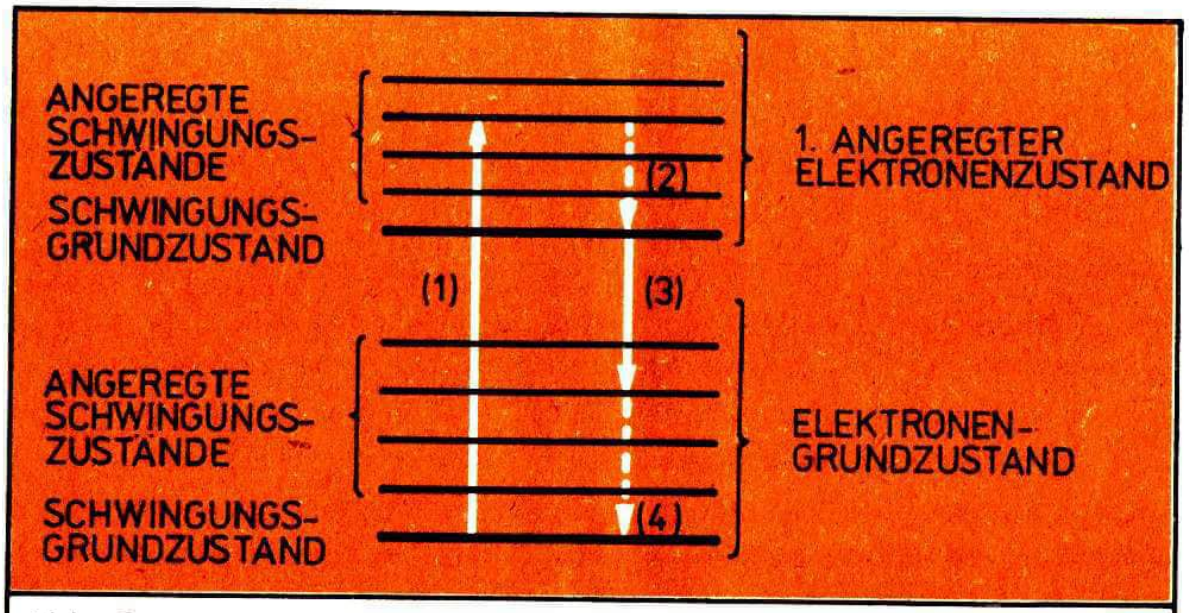


Abb. 2

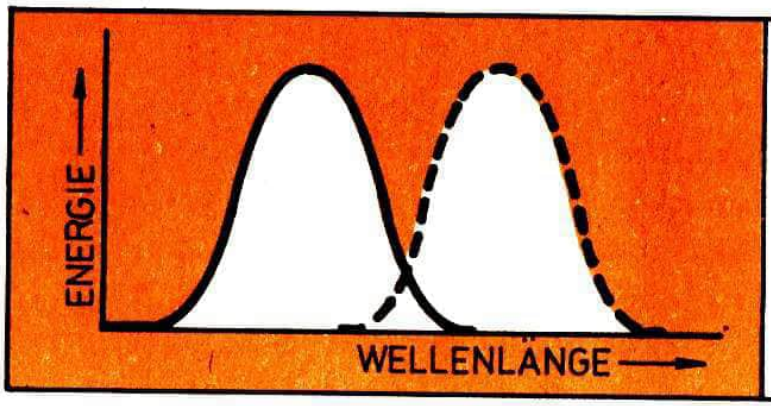
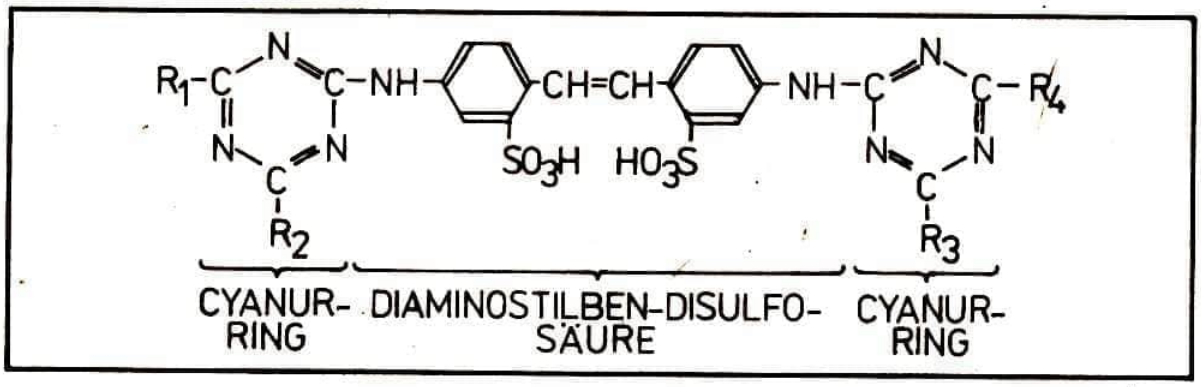


Abb. 3
Das zu Abb. 2 gehörende Energiespektrum

Verbindungen dieser Art, die sich als Waschmittelzusätze eignen, müssen in der Wasch- oder Spüllauge von den Textilien leicht aufgenommen werden und auf der Unterlage gut haften, d.h., sie müssen chemische Wechselwirkungen (z.B. Wasserstoffbrückenbindungen) mit der Unterlage eingehen. Weiterhin sollten diese Verbindungen lichtecht sein, d.h., sie dürfen sich durch die Lichteinwirkung chemisch nicht verändern. Die Zahl der Verbindungen, die solche Eigenschaften besitzen, ist bereits sehr groß. Sie besitzen in der Regel eine komplizierte Struktur, so daß sie im einzelnen nicht besprochen werden sollen.

Als Beispiel seien nur die Derivate der Diaminostilben - disulfosäure genannt:



R_1, R_2, R_3 und R_4 sind verschiedene Substituenten. Sind R_1 und R_4 Anilingruppen und R_2 und R_3 je eine Hydroxygruppe -OH, so handelt es sich um das sogenannte Ultrasan, das schon seit längerer Zeit bekannt ist. Es haftet gut auf Zellulose-Fasern und besitzt eine relativ gute Wasser- und Waschechtheit.

Die Stoffmenge, die zur Aufhellung benötigt wird, ist relativ gering. Sie liegt zwischen 0.1 und 0.01 g/l Lösung. Dies ist von Vorteil, wenn man an mögliche schädigende Nebenwirkungen denkt, von denen allerdings bis heute noch keine bekannt sind.
Wie eingangs bereits erwähnt worden ist, beschränkt sich die Anwendung optischer Aufheller nicht nur auf Wasch- und Spülmittel, sondern sie werden u.a. bereits bei der Textilherstellung verwendet, wobei vollsynthetische Fasern Vorteile bieten, da der Aufheller mit versponnen werden kann. Hier müssen aber - im Gegensatz zu den Wasch- und Spülmittelzusätzen - besonders lichtechte und temperaturbeständige Substanzen verwendet werden, wenn der Effekt nicht nach kurzer Zeit verschwinden soll.
Ein Nachteil der optischen Aufheller soll abschließend noch erwähnt werden. Er liegt darin begründet, daß sie bei Kunstlicht wegen des geringen UV-Anteils nahezu wirkungslos sind. Das bietet aber die Möglichkeit, bei manchen Tanzveranstaltungen recht hübsche Effekte zu beobachten, wenn nämlich die Band als "Lichtschau" UV-intensive Quellen ein-

setzt, wodurch einzelne Kleidungsstücke intensiv zu fluoreszieren beginnen, was bei der sonst allgemein üblichen dämmrigen Beleuchtung besonders wirkungsvoll ist.

Berichtigung zu Heft 7 dieses Jahrgangs

Auf Seite 6 muß es statt "Euol" "Enol" heißen. Die Chemiespezialisten unter Ihnen werden diesen Fehler, für den wir uns entschuldigen möchten, sicher schon längst bemerkt haben.

BÜCHERMARKT

W. Franke, K. Meyer und W. Vinz

Kleiner Wissensspeicher CHEMIEFASERN

VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1976
120 Seiten; Preis: 6,- M

Der kleine Wissensspeicher CHEMIEFASERN gibt in gut verständlicher und überschaubarer Darstellungsweise eine umfassende Übersicht über die wichtigsten Chemiefaserstoffarten aus natürlichen und synthetischen Polymeren und aus anorganischen Stoffen. Es werden Namen und Kurzzeichen (auch die verschiedenen Handelsmamen), Gebrauchseigenschaften, Verwendung und Pflege aufgeführt und eine kurze Darstellung zur Herstellung der Faserstoffe gegeben.
Ein Kapitel zur Erläuterung der faser- und textilspezifischen Begriffe sowie ein historischer Abriß der Entwicklung und Produktion von Chemiefaserstoffen runden den Gesamtüberblick dieses kleinen Nachschlagewerkes ab.
Es ist für Schüler und Lehrer zur Vertiefung und Ergänzung des Schulstoffes geeignet, kann aber auch durchaus von jedem als Ratgeber beim Kauf und täglichen Gebrauch von Chemiefasern Verwendung finden.

Dr. Regina Bergmann

Erika Renner
Diplom-Lehrer Bio/KE

Die Sprache der Bienen

BIOLOGIE

Der Nahrungsbedarf eines Honigbienenvolkes ist sehr groß, da nicht nur Bienen und Brut ernährt, sondern auch gleichzeitig Vorräte für den Winter angelegt werden müssen. Die Honigbienen müssen daher sehr rationell sammeln. Es kommt also darauf an, die ergiebigsten Futterquellen zu finden und zu nutzen. Hat nun eine Biene eine reiche Tracht (Tracht = Futterquelle) entdeckt, so informiert sie sofort die anderen Sammlerinnen des Bienenstaates.
Wie aber erfolgt die Verständigung der Bienen untereinander ? Diese Frage konnte 1932 von dem Münchener Zoologen Prof.Dr. Karl von Frisch nach zehnjähriger Forschungsarbeit beantwortet werden.
Die Verständigung der Bienen erfolgt durch Bewegungssignale, durch "Tänze". Diese Tänze sind angeborene Instinkthandlungen, die auch als Sprache der Bienen bezeichnet werden. Die Verständigungsform der Honigbienen ist im Tierreich einmalig. Die Beobachtungen v. Frischs zeigten, daß zwei gesonderte Tanzformen, die jeweils eine bestimmte Nachricht übermitteln, von den Bienen ausgeführt werden. Diese Tanzformen sollen nun etwas näher beschrieben werden.
Befindet sich die Tracht nahe am Stock, vollführt die Biene einen Rundtanz. Sie läuft in einem nahezu geschlossenen Kreis, kehrt um, läuft zurück usw. (siehe Abb. 1).
Bei größeren Entfernungen (ab 100 m) vollführt sie einen Schwänzeltanz. Dabei läuft sie die Figur einer Acht und schwänzelt auf der geraden Strecke mit dem Hinterleib (siehe Abb. 1).
Je näher die Tracht ist, um so hastiger ist der Tanz. Bei einer Entfernung von 100 m wird die gerade Strecke der Tanzfigur etwa 40 mal in der Minute durchlaufen; bei 300 m aber nur 8 mal.

Wie ist es aber möglich, daß die Honigbienen die Entfernung so genau abschätzen können ?

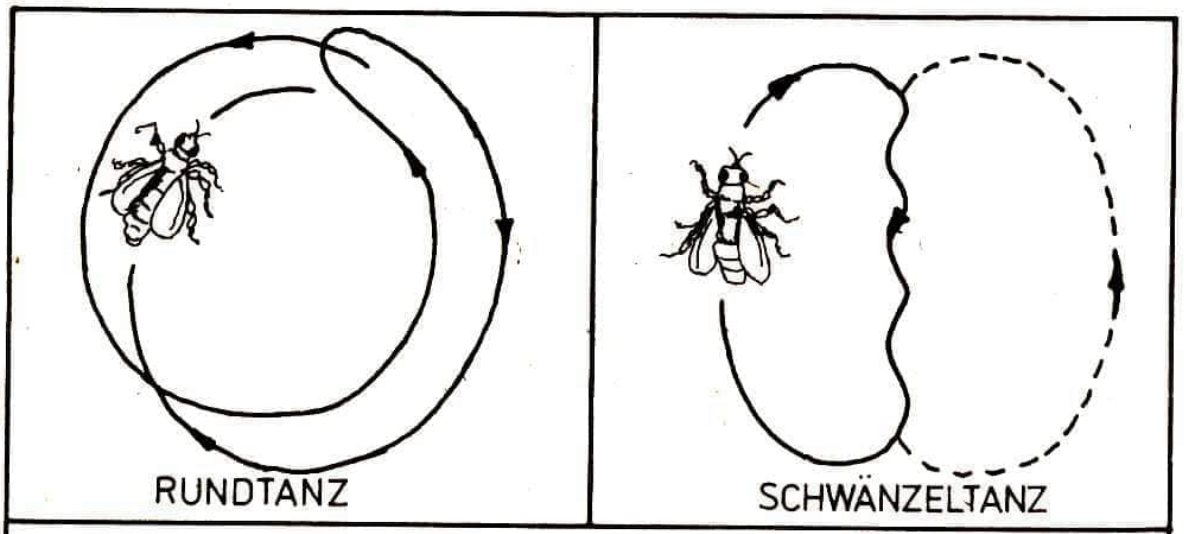


Abb. 1

Die Biene prägt sich die auf dem Flug geleistete Muskelarbeit ein und gestaltet einen dieser Information entsprechenden Tanz. Die durch den Tanz informierte Biene ist in der Lage, die ihr damit vermittelte Entfernungsinformation wieder in Muskelarbeit umzusetzen. Diese Tatsache hatte man festgestellt, in dem die Bienen eine größere Entfernung anzeigten, wenn der Flug durch starken Gegenwind behindert wurde und eine geringere, wenn sie Rückenwind hatten.
Um die Futterquelle schnell finden zu können, reicht aber die Kenntnis der Entfernung nicht aus. Die Bienen sind auch in der Lage, die noch fehlende Information, die Richtung, anzugeben. Als Orientierungspunkt benutzen sie die Sonne. Nur sehr wenige Bienen tanzen auf dem Flugbrett des Stockes. Bei ihnen stimmt die Richtung der Geraden des Schwänzeltanzes mit der Richtung der Futterquelle überein. Die meisten Bienen aber tanzen im dunklen Stock auf der senkrechten Waabe. Die Biene muß den Winkel ihrer Flugstrecke zum Sonnenstand auf die Senkrechte übertragen. Liegt z.B. die Futterquelle direkt in Sonnenrichtung, so zeigt die Gerade des Schwänzeltanzes nach oben. Nach unten zeigt sie, wenn die Futterquelle entgegengesetzt zum Sonnenstand liegt (siehe Abb. 2).

Die Gerade des Schwänzeltanzes weicht also soviel von der Senkrechten ab, wie die Richtung der Futterquelle von der Richtung zur Sonne. Da es aber im Bienenstock dunkel ist, können die Bienen die Tänzerin optisch nicht wahrnehmen. Sie verfolgen deshalb diese und berühren mit ihren Antennen den Hinterleib der Tanzenden. Jeder Phase des Tanzes folgen sie mit lebhaftem Flügeltrillern und leicht gespreizten Flügeln als Zeichen starker Erregung. Dabei nehmen sie auch gleichzeitig den Duft der besuchten Blüten wahr. Gewöhnlich tanzt eine Biene nicht länger als ein bis zwei Minuten. Es konnten aber auch schon Dauertänzerinnen beobachtet werden, die stundenlang tanzten und sogar den veränderten Sonnenstand mit einberechneten.

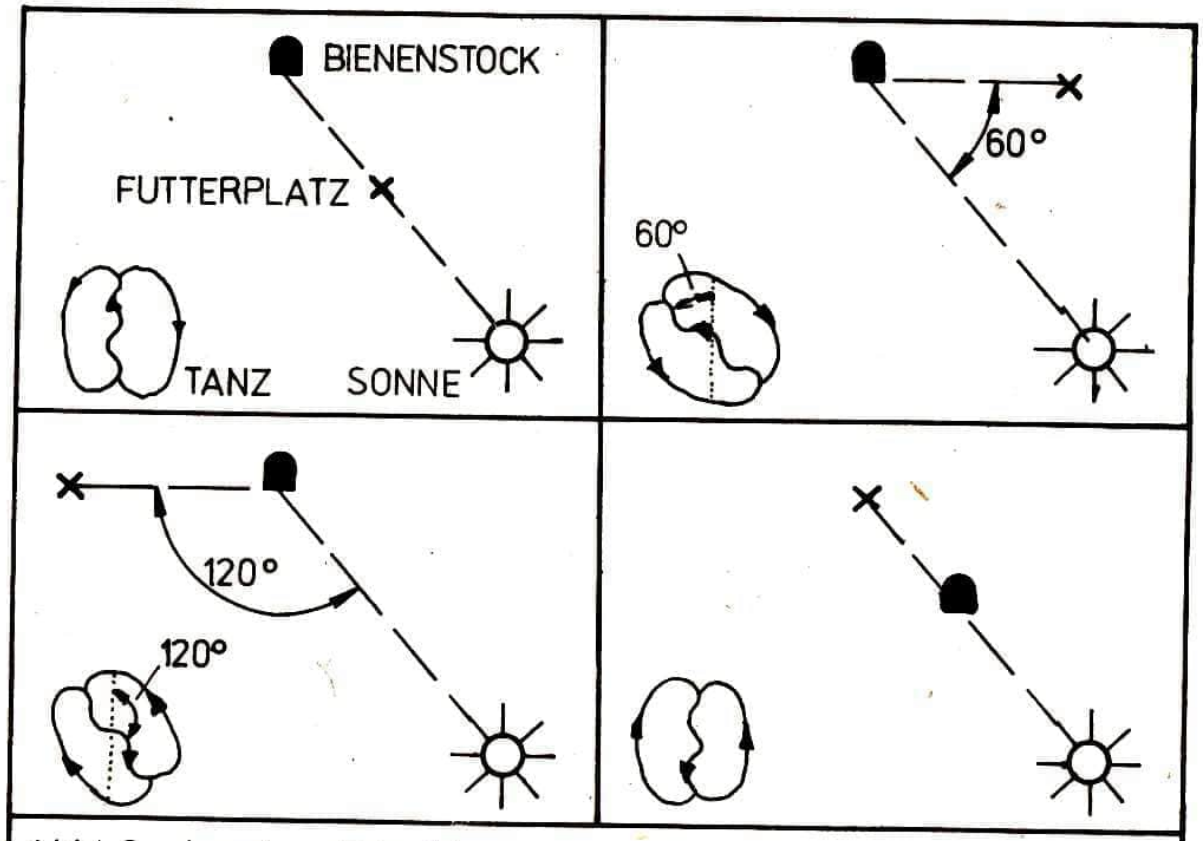
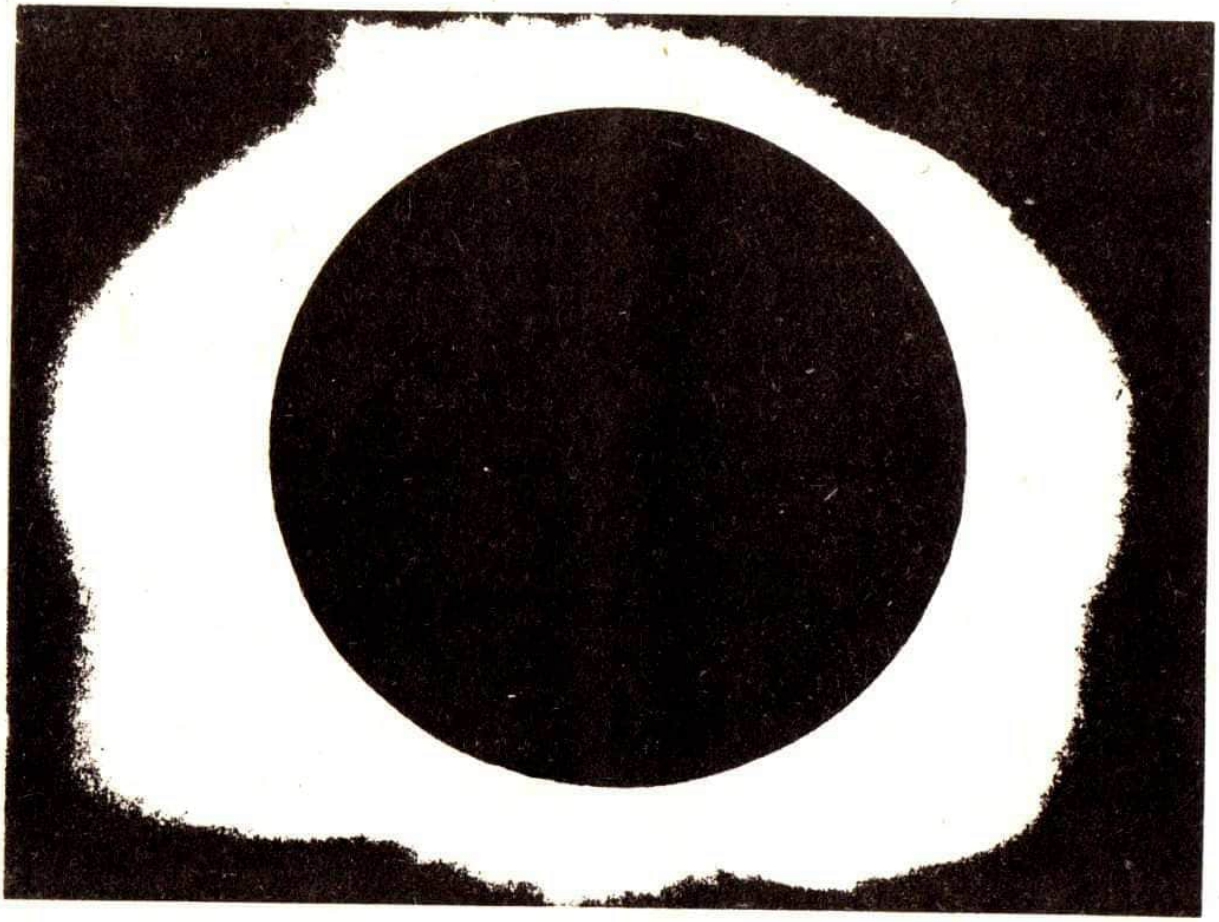


Abb. 2 (nach v. Frisch)

Wie aber erfolgt die Orientierung der Bienen, wenn die Sonne nicht scheint ?

Das Bienenauge ist in der Lage, die Schwingungsrichtung des polarisierten Himmelslichtes zu analysieren - eine Fähigkeit, die das menschliche Auge nicht besitzt. Mitunter

orientieren sich die Bienen auch nach markanten Punkten in der Landschaft, z.B. Waldränder, große Bäume u.ä.
Unter den Honigbienen gibt es auch verschiedene Rassen, die italienischen, kaukasischen, deutschen und ägyptischen Bienen. Alle diese Rassen verständigen sich durch Rund- und Schwänzeltanz. Genaue Beobachtungen zeigten allerdings, daß die einzelnen Rassen verschiedene "Dialekte" haben. Sie können sich also untereinander sehr schwer verständigen und es kommt zu Fehlinformationen. Bekommt z.B. eine deutsche Biene von einer italienischen die Anweisung, 120 m weit zu fliegen, so fliegt diese nur 100 m . Die Abweichungen können bis über 1000 m betragen.
Die Artikel über die Bienen sind sicher Anlaß, daß man beim Honigessen einmal daran denkt, von welch hochorganisiertem Bienenvolk der Honig zusammengetragen worden ist.



Inhaltsverzeichnis

Physik/Astronomie

Titel		Verfasser	Jhrg.	Heft	Seite
Der Nutzen der Raumfahrt	I	Marx	8	1	22
	II		8	2	21
Energiequellen der Zukunft	I	Jähnig	8	1	26
	II		8	2	3
Botschaft aus dem All	I	Günther	8	3	23
	II		8	4	24
	III		8	5	23
Vakuumtechnik	I	Günther	8	3	3
	II	Hild	8	4	3
	III	Hild	8	5	3
Bewegung künstlicher Satelliten		Kessler	8	5	11
Frank-Hertz-Versuch (..)		Reinhold	8	5	19
Zusammenarbeit im Kosmos	I	Weber	8	6	3
	II		8	7	19
Die Plasmahüllen von Mars und Venus	I	Günther	8	6	25
	II		8	7	24
Materialbearbeitung mit Lasern		Vogler Welsch	8	7	3
Hologramminterferometrie		Seidel	8	8	3
Planetenforschung	I	Günther	8	8	23
	II		8	9	23
	III		9	1	22
Kernfusion durch Laseranregung	I	Kleinschmidt	9	1	4
	II		9	2	9

Titel		Verfasser	Jhrg.	Heft	Seite
Kernfusion durch Laser-anregung	III	Bassow	9	3	13
	IV	Jähnig	9	4	3
Unschärferelation und Determinismus (W)		Welz	9	1	17
Tunguska-Meteorit	I	Günther	9	2	23
	II		9	3	21
Wie entwickelt sich die Mikroelektronik?		Hild	9	3	16
Energieerhaltungssatz	I (W)	Dintner	9	4	17
	II(W)		9	5	21
	III	Welsch	9	6	19
Seismologie		Maaz	9	4	21
Licht per Leitung		Bergmann	9	6	3
Teilchenbeschleuniger	I	Welsch/Hedler	9	7	3
	II		9	8	3
13 Jahre Raumfahrt		Günther	9	8	23
Ultrakurzwellen (L)		Bölte	9	9/10	3
Physik im Sport		Sust	9	9/10	43
Rasterelektronenmikroskop		Kaiser	10	1	5
Kohärenz des Lichtes	I	Vogel	10	2	3
	II		10	3	3
Wie entstehen Planeten-systeme	I	Günther	10	2	19
	II		10	3	19
	III		10	4	
Ernst Abbe		Jähnig	10	3	14
Wirkungsquantum, Entdeckung des	I	Weber	10	4	3
	II		10	5	3

Titel		Verfasser	Jhrg.	Heft	Seite
Alltagsphysik	I	Seidel	10	4	19
	II		10	6	3
Schwarze Löcher	I	Stephani	10	6	21
	II		10	7	
	III		10	8	

Chemie

Oberflächenchemie		Fink	8	1	5
Kohlenstoffoxide (w)		Köhler	8	2	10
Prinzip Le Chatelier-Braun		Hüller	8	3	11
Wir zeichnen organische Verbindungen	I	Hallpap/	8	4	15
	II	Stadermann	8	5	13
	III		8	9	16
Elektrofotografie		Tauer	8	8	9
Flüssige Kristalle		Atrat	8	10	6
Wein - von der Traube bis zum Kater		Hüller	8	10	17
Rauchen oder rauchen lassen?		Hüller	9	1	10
Infrarotdurchlässige Materialien	I	Linke	9	2	14
	II		9	3	7
	III		9	4	7
Quantenchemie	I	Hüller	9	5	3
	II		9	6	9
	III		9	7	17
	IV		9	8	7
Oberflächenchemische Reaktion im Kosmos		Hüller	9	6	23
Glaskeramiken		Täumler	9	9/10	21

Titel		Verfasser	Jhrg.	Heft	Seite
Metallkorrosion		Bohl	10	1	13
Elektronenmikroskop und Glasstrukturforschung		Horn	10	2	9
Edelsteine		Renner	10	3	7
Petrolchemische Industrie	I	Claus	10	4	11
	II		10	5	9
	III		10	6	13

Biologie

Das Herbarium Hausknecht	Meyer	10	1	20
Als Botaniker in Kuba	Dietrich	10	2	17
Botanischer Garten Jena	Dietrich	10	5	15
Die Loose	Dick	10	6	7

Dieses Inhaltsverzeichnis ist eine Ergänzung der Inhaltsverzeichnisse Physik 1.-7. Jhrg. im Heft 4 /8. Jhrg. (1974/75)

Chemie 1.-7. Jhrg. im Heft 7 /8. Jhrg. (1974/75)

und Biologie 3.-9. Jhrg. im Heft 4 /10. Jhrg. (1976/77).

Es wird in Zukunft am Ende jedes Jahrganges ergänzt werden.

(W) - wiederholt veröffentlicht

(L) - aus anderen Zeitungen bzw. Zeitschriften übernommen

WIRD DIE DDR ? eine weltraumnation

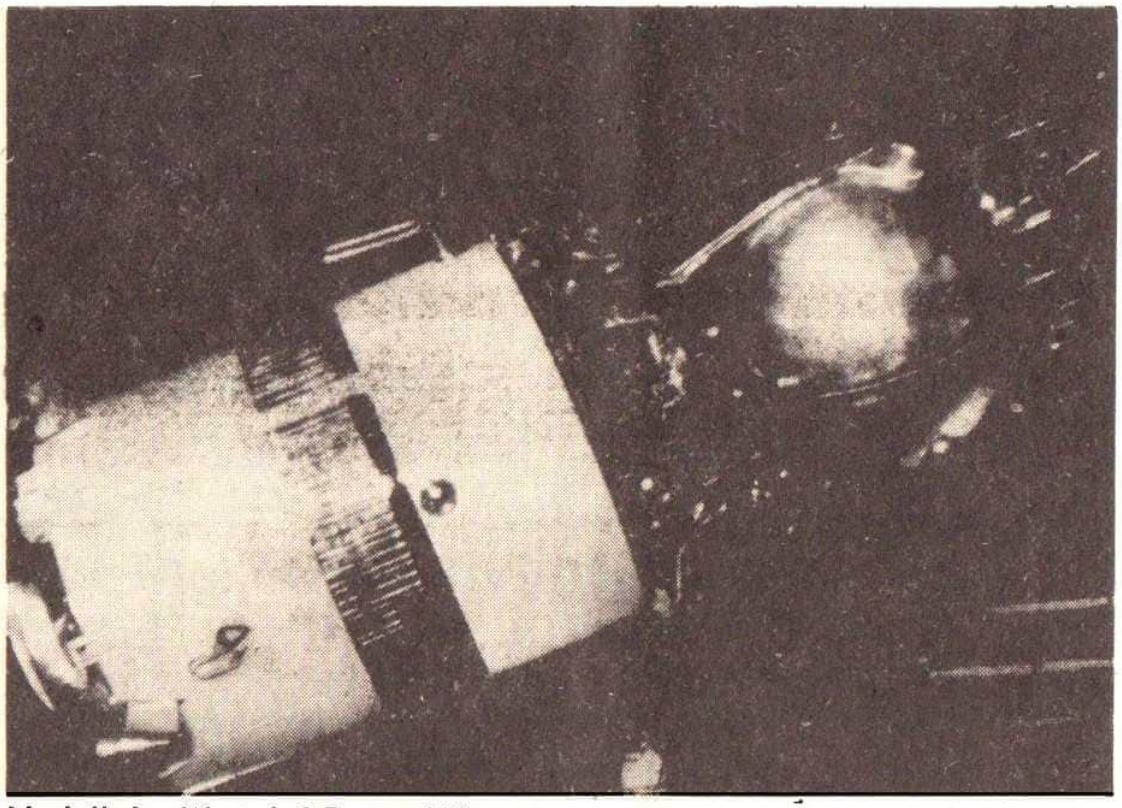
Die aufsehenerregenden Experimente mit der Multispektralkamera MKF 6 im September 1976 ließen die Welt aufhorchen - wird die DDR eine "Weltraumnation" ? Gewiß ist diese Frage übertrieben, sicher ist aber, daß die DDR in zunehmendem Maße in enger Zusammenarbeit mit der UdSSR und anderen sozialistischen Ländern sich an der friedlichen Erschließung des Weltraums beteiligen wird.

Bereits in den Jahren 1971 bis 1975 beteiligte sich die DDR im Rahmen des Interkosmos-Programmes an einer Reihe von Satelliten-Experimenten. Von den in diesem Zeitraum gestarteten 14 Inter-Kosmos-Satelliten enthielten 8 in der DDR entwickelte bzw. gebaute Geräteteile oder Meßinstrumente. Bei 2 weiteren Satellitenstarts war die DDR am Bodenprogramm beteiligt. Im Fünfjahrplan 1976 bis 1980 sind weitere wichtige Kosmosexperimente vorgesehen, die insbesondere Ergebnisse für die Nutzung in der Volkswirtschaft liefern sollen. Zu diesen Experimenten gehörte auch der Flug von Sojus 22 mit der Multispektralkamera an Bord.

Was heißt überhaupt: multispektral ?

Bei einer üblichen Schwarzweißaufnahme eines Objekts werden im Prinzip nur Form und Lage der einzelnen Gegenstände, aber nicht die spektrale Zusammensetzung des absorbierten bzw. reflektierten Lichtes erfaßt. Das menschliche Auge kann etwa 30 Graustufen unterscheiden, so daß ein erfahrener und geschulter Beobachter aus der fotografischen Aufnahme noch zahlreiche andere Informationen herausholen kann z.B. , ob ein Baum hell- oder dunkelgrün ist. Bei Aufnahmen auf den allbekannten Farbfilm erhöht sich zwangsläufig der Informationsgehalt des Bildes, da 3 übereinanderliegende Filmschichten nicht nur die hell/dunkel Töne speichern, sondern auch noch für bestimmte Spektralbereiche (Farben) empfindlich sind (blaugrün, gelb und rot). Durch die übereinanderliegenden fotografischen Schichten

wird aber u.a. das Auflösungsvermögen der Farbfotos beschränkt, so daß man sich bereits seit längerer Zeit überlegt hat, wie dieser Nachteil umgangen werden kann.



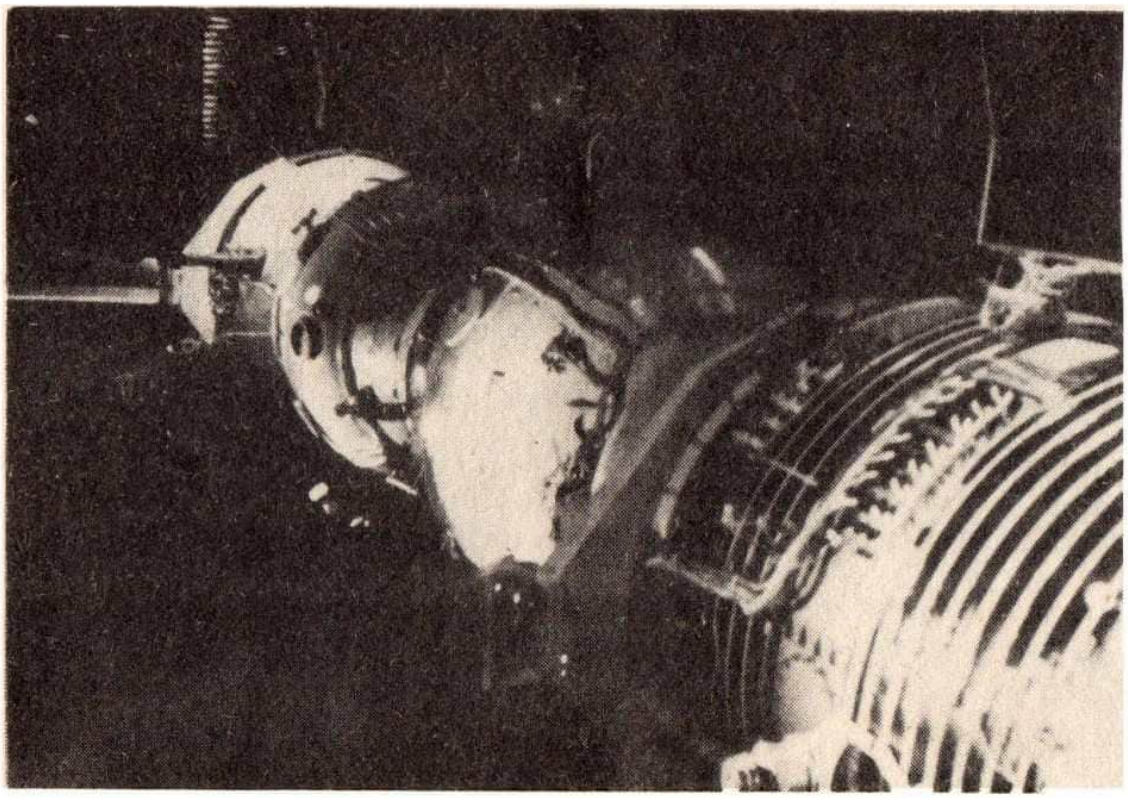
Modell des Wostok 1-Raumschiffes

Seit Anfang der siebziger Jahre wird in der Kosmosforschung ein anderes Prinzip genutzt. Es werden von den Objekten mehrere Schwarz-Weiß-Fotos gemacht, indem jede Aufnahme nur einen bestimmten Spektralbereich des absorbierten bzw. reflektierten Lichtes umfaßt (z.B. den Bereich um 0,8 bis 1,3 Mikrometer Wellenlänge = naher Infrarotbereich) . Das hat den großen Vorteil, daß bei der gleichzeitigen Aufnahme von, sagen wir 6 Spektralbereichen eine hohe Auflösung erzielt wird (es sind ja im Prinzip Schwarzweißbilder in dem entsprechenden Spektralbereich) und außerdem noch in jeder einzelnen Aufnahme eine spektrale Information steckt, die bei üblichen Schwarzweißaufnahmen fehlt. Der nächste Schritt würde also darin bestehen, eine Kamera zu bauen, bei der mit jeder Aufnahme mehrere Filme gleichzeitig belichtet werden, deren spektrale Empfindlichkeit durch das Vorschalten von Filtern unterschiedlich ist

und bei der insgesamt z.B. der Bereich vom Ultraviolett bis zum Infrarot erfaßt wird. Die so entstandene Multispektralkamera liefert Aufnahmen, deren Aussagegehalt ganz erstaunlich ist. So bekommt z.B. bei einem absterbenden Baum etwa 3 Jahre vorher schon das Laub eine andere "spektrale Zusammensetzung", die selbstverständlich nur mit hochempfindlichen Filmen festgestellt werden kann. Aus dem Weltall lassen sich solche Waldbestände bestimmen, die "reif" sind, abgeholzt zu werden. Weiterhin kann man durch Registrierung aus dem Weltall Angaben über den Wasserhaushalt und die Beschaffung des Bodens (sehr wichtig für die Landwirtschaft !) machen. Es ließen sich noch eine Vielzahl von Beispielen anbringen.
Doch zurück zu den Experimenten mit der MKF 6 im Rahmen des Sojus 22 - Fluges. Hätte man Aufnahmen gleichen Informationsgehalts mit herkömmlichen Methoden gemacht, also z.B. aus einem Flugzeug und nicht aus einer mittleren Höhe von 265 km, würde man für das Territorium der DDR etwa 80 (!) Jahre benötigen. Allein diese Zahl beweist auf eindrucksvolle Weise den gewaltigen ökonomischen Nutzen, der aus der gezielten Nutzung von Ergebnissen der Weltraumforschung gezogen werden kann.
Wir wollen uns aber im Folgenden nicht so sehr mit der Nutzung der Ergebnisse multispektraler Aufnahmen beschäftigen, sondern einmal einen Blick "hinter die Kulissen" riskieren. Mit anderen Worten: Welche Probleme mußten gelöst werden, ehe die MKF 6 zum Einsatz gelangen konnte ?
Prof. Dr. Karlheinz Müller, Technischer Leiter des gemeinsamen Experiments von DDR- Seite und verantwortlicher Mitarbeiter im Kombinat VEB Carl Zeiss Jena gab in einem Kolloquiumsvortrag an der Sektion Physik der Friedrich-Schiller-Universität einen interessanten Einblick in die Arbeit eines großen Forschungskollektivs. Das umfangreiche Wissen der Sowjetunion, gewonnen in nahezu 1000 Satellitenstarts sowie zahlreichen Raumsonden und bemannten Weltraumflügen und die traditionsbedingten Kenntnisse des VEB Carl Zeiss auf dem Gebiet optisch-feinmechanischer Instrumente waren die wesentlichen Voraussetzungen, daß in der im Weltmaßstab einmalig kurzen Zeit von einem Jahr eine Multispektralkamera mit absoluten Spitzenleistungen entwickelt, gebaut und zum Einsatz gebracht werden konnte.

Allein in der DDR waren etwa 20 Institutionen in die Entwicklungsarbeiten einbezogen, im VEB Carl Zeiss arbeiteten zeitweilig 600 Wissenschaftler, Techniker und Facharbeiter mit. Einige der zu lösenden Aufgaben sollen genannt werden.
Die UdSSR startet ihre bemannten Raumschiffe mit einer Neigung von 52° zum Äquator (energetisch wäre das Optimum in Richtung Äquator, da dadurch der "Schwung der Erdumdrehung" mit ausgenutzt werden kann) . Bei einer Bahnneigung von 52° würde aber nur der südliche Teil der DDR überflogen werden. Also mußte der Start von Sojus 22 mit einer Neigung von etwa 65° erfolgen. Die Folge war, daß durch die dadurch verlorengegangene "Schwungenergie" die Masse der Nutzlast als Ausgleich um über 50 kg verringert werden mußte (z.B. Speichenzahnräder !).
Jedes Raumschiff hat Eigenschwingungen, die beim Start sehr erheblich sein können. Wenn ein Gerät in den Flugkörper hineingebaut wird, dürfen dessen Eigenschwingungen nicht in dem Bereich liegen, wie sie beim Start auftreten, da anderenfalls Resonanzschwingungen bis zur Funktionsuntüchtigkeit des Gerätes führen können. Ehe also die MKF 6 im Sojus 22- Raumschiff untergebracht wurde, mußten deren Schwingungseigenschaften exakt vorausbestimmt werden. Es durften sich z.B. die Objektivachsen der 6 Kameras nicht durch Erschütterungen beim Start verändern. Außerdem rufen das Absprengen von Verkleidungsteilen von der Rakete kurzzeitige Soßbelastungen hervor, die ebenfalls die Kamera zu überstehen hatte.
Bekanntlich war ja die MKF 6 mit einer aufwendigen und komplizierten Elektronik versehen. Selbst die kleinsten elektronischen Bauelemente erzeugen Wärme, die auf der Erde durch Konvektion (warme Luft steigt nach oben, kalte Luft kann nachströmen) abgeführt wird. Im schwerelosen Zustand gibt es aber keine Konvektion. Die Umgebung der elektronischen Bauteile würde sich aufheizen und das könnte zu einer Zerstörung empfindlicher Bauelemente führen. Es mußte daher genau untersucht werden, wie die Kamera "wärmemäßig" auf das gesamte Bordsystem reagiert und umgekehrt.
Viele der auf der Erde verwendeten Substanzen und Bauelemente gasen, das heißt, sie vergasen z.B. durch geringfügiges Erwärmen der Moleküle (z.B. gasen Drahtisolierungen erheblich).

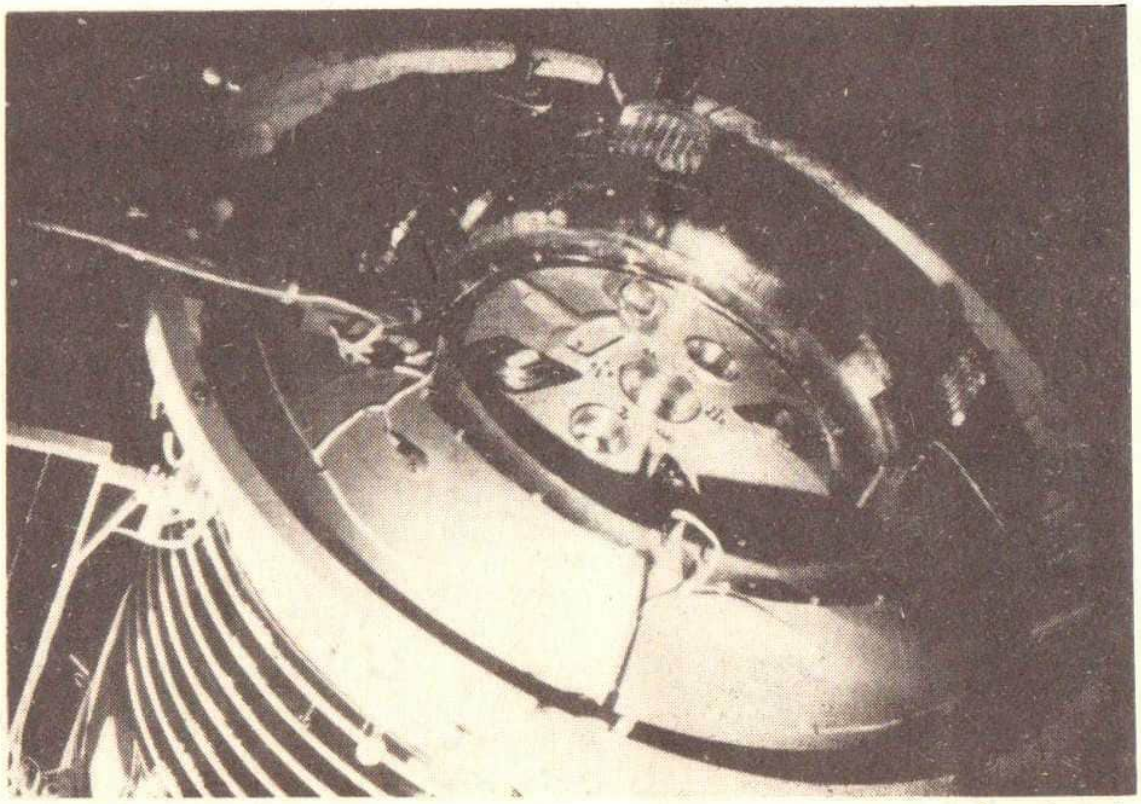
Die Atmosphäre des Sojus- Raumschiffes enthielt etwa 10 m^3 sauerstoffangereicherte Luft. Alle Abgasprodukte befinden sich dann in diesem kleinen Volumen. Viele Substanzen und elektronische Bauelemente konnten daher für den Bau der MKF 6 nicht verwendet werden.



Gekoppelte Raumschiffe Sojus 4/5 (Modelle)

Ein weiteres Problem: da die Atmosphäre sauerstoffangereichert ist, brennen selbstverständlich brennbare Gegenstände leichter und schneller. Die DDR- Wissenschaftler mußten garantieren, daß die Teile der MKF 6 weder brennen noch zur Entwicklung oder Weiterverbreitung eines Brandes beitragen.
An diesen wenigen Beispielen ist ersichtlich, daß es bei der Lösung der Aufgabe nicht schlechthin um den Bau einer Kamera ging, sondern aufwendige Forschungsarbeit in einer ungeheueren Breite (und dazu noch in einer extrem kurzen Zeit) betrieben werden mußte.
Die völlig andersgearteten Bedingungen des schwerelosen Raumes und die umfangreichen Sicherheitsbestimmungen erforderten neue Lösungen. Das soll zum Schluß folgende Problematik ver-

deutlichen: Geht auf der Erde ein optisches Gerät (Glas !) in die Brüche bzw. lösen sich Teilchen (Metall-, Plaste- oder Lacksplitter), fallen diese zu Boden - völlig klar. Anders im Weltraum, sie würden in der (künstlichen) Atmosphäre schweben und könnten so von den Kosmonauten eingeatmet werden. Diese verhängnisvolle Möglichkeit mußte bei der Entwicklung der Multispektralkamera von vornherein ausgeschaltet werden.



Heckteil eines Modells eines Sojus-Raumschiffes mit Brems- und Steuertriebwerken

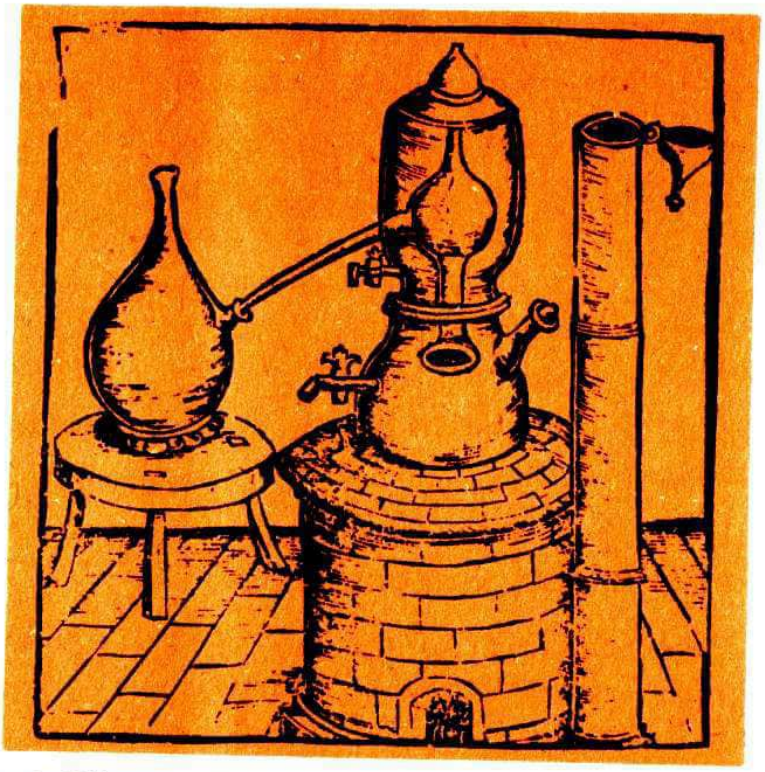
Prof. Müller, einer der Väter der MKF 6 , betonte, daß die Realisierung eines so komplexen Projektes nicht nur neue Maßstäbe in der sozialistischen Gemeinschaftsarbeit zwischen den Institutionen der Sowjetunion und der DDR gesetzt hat, sondern Qualität und Quantität des geleisteten Arbeitspensums durchaus das Sojus/Apollo-Unternehmen um eine Größenordnung übertreffen. Die direkte Einbeziehung der Industrie in die Kosmosforschung wird wesentlich dazu beitragen, die durch den XXV. Parteitag der KPdSU und den IX. Parteitag des SED formulierten Ziele zu realisieren bzw. bei deren Lösung, insbesondere auf lange Sicht, mitzuwirken.

Diplom-Physiker Hans-Dieter Jähnig

chemie - >EIN BLICK IN DIE VERGANGENHEIT<

VON DIPLOM-CHEMIKER MARITA SUPPRA, SEKTION CHEMIE, FSU

Die Chemie ist eine der jüngsten Naturwissenschaften. Während andere Wissenschaften (Mathematik, Astronomie) ihr Ziel von Anfang an relativ klar vor Augen hatten, wurde die Chemie lange Zeit plan- und ziellos betrieben. Erste empirische Erfahrungen gab es im Altertum; man kannte einige, in der Natur gediegen vorkommende oder aus Erzen leicht zu gewinnende Metalle. Goldfunde in den Pyramiden, Eisenschmelzöfen in Ägypten, Werkzeuge, Waffen und Schmuck aus Kupfer, Gold-Silber-Legierungen, Bronze und Messing sind Zeugen dieser hohen Kultur. Die Erfahrungen der alten Kulturvölker, wie Ägypter, Babylonier, Assyrer und Juden wur-



den von den Griechen und Römern übernommen. Auch das Töpferhandwerk, die Glasmacherei, die Herstellung von Mörtel aus gebranntem Kalk, die Seifenherstellung, Bierbrauerei, Wein-

und Essigherstellung waren bekannt. Die Glasbereitung ist wahrscheinlich auf die Beobachtungen zurückzuführen, daß beim Ausschmelzen von goldhaltigem Quarzsand mit Kalk, Soda oder Pottasche ein glasartiger Stoff mitentstand. Die Chinesen verfeinerten im 3. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung die Töpferei zur Porzellanmacherei.
An Chemikalien kannte man Soda, Pottasche, Salpeter, Schwefel, Quecksilber, Arsen und Kochsalz.
Das Kochsalz z.B. spielte in Ägypten bei der Mumifizierung der Leichen eine große Rolle. Nachdem die dahingeschiedenen Pharaonen von Eingeweiden und Gehirn befreit worden waren, wurden sie mehrere Monate in ein Kochsalzbad gelegt, an der Luft getrocknet und dann mit Ocker, Gummischleim und Harzstoffen angestrichen.

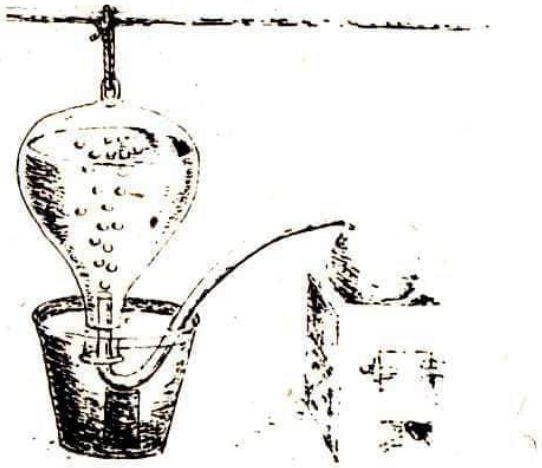
Die großen Philosophen

Bei den Griechen war der Sinn zur experimentellen Naturforschung wenig ausgebildet. Die Spekulationen der griechischen Naturphilosophen über die Natur des Stofflichen standen mit chemischen Erfahrungen in keinerlei Zusammenhang. Primitive, vereinzelte Beobachtungen wurden in weitgehender Weise verallgemeinert. Grundproblem war die Frage nach dem Urstoff.
DEMOKRIT (460 - 370 v.u.Z.) begründete die Atomistik. Ebenfalls aus dieser Zeit hervorgegangen, war die Elementenlehre. Als Elemente wurden Wasser, Erde, Luft und Feuer (nach ARISTOTELES) bezeichnet. Das fünfte Element war der "Äther", der als ewig umwandelbar, über allem schwebend und alles durchdringend galt.

Die Suche nach dem Stein der Weisen

Im Zeitalter der Alchemie, etwa vom 4. Jahrhundert bis Anfang des 16. Jahrhunderts, standen fast alle chemischen Arbeiten unter dem Einfluß des Glaubens an die gegenseitige Umwandelbarkeit der Metalle. Alle chemischen Bestrebungen waren auf die Goldmacherei gerichtet und darauf, den "Stein der Weisen" zu finden. Zahlreiche "Kochrezepte" entstanden,

und sogenannte "Goldmacher" konnten sich durch lügnerische Angaben, erhebliche Geldbeträge erschwindeln oder mußten ihr Treiben am Galgen büßen, falls es ihnen nicht glückte, durch einen ganz anderen Erfolg ihrer experimentellen Tätigkeit die Gunst der geldgebenden Herren wiederzuerwerben. So sind z.B. das Rubinglas von KUNCKEL und das Porzellan von BÖTTGER entstanden.
Chemische Grundstoffe dieser Zeit waren die drei "Geister" Quecksilber, Schwefel und Arsen.
Wenn auch in den langen Epochen der Alchemie viel Arbeit und Mühe vergeblich aufgewandt worden ist, so hat die eifrige Beschäftigung der Alchimisten mit chemischen Versuchen dazu geführt, daß die Kenntnis von den chemischen Stoffen, die Entwicklung von Arbeitsgeräten und Methoden gefördert worden ist. Hervorzuheben ist weiterhin, daß man versuchte, Beobachtungen unter gemeinsamen Gesichtspunkten zusammenzufassen, wie z.B. die Gruppierung der Stoffe nach Säuren, Basen, Salzen, Metallen und Nichtmetallen, denn es waren zahlreiche neue Stoffe (Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure) entdeckt worden.



Mit der Wende des 15. zum 16. Jahrhundert wurde allmählich der Übergang des Mittelalters zur Neuzeit eingeleitet.
Die Erfindung der Buchdruckerkunst ermöglichte eine schnelle Verbreitung des Wissens.
In der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts wurde durch PARACELSUS mit der Bereitung von Arzneimitteln die Chemie in ein neues Licht gerückt. PARACELSUS hatte sich durch eifriges Experimentieren gründliche Kenntnisse in der Chemie

angeeignet, und ging bei seiner ärztlichen Tätigkeit von der Anschauung aus, daß alle Lebensvorgänge chemisch zu deuten und auf chemischem Wege zu beeinflußen seien. Medizin und Chemie haben sich in dieser Zeit erheblich befruchtet. Andererseits hatte sich während des Mittelalters die praktische Gewinnung von Metallen, das Berg- und Hüttenwesen bedeutend weiterentwickelt.

Nach der Erfindung der Feuergeschutze waren die sogenannten Feuerwerksbücher diejenigen, die die Kenntnisse der Chemie weitervermittelten, denn sie unterrichteten nicht nur über Schieß- und Sprengstoffe, sondern auch über die verschiedenen Gebiete der Technik, des Ingenieurwesens, der Metallkunde usw.. Hauptvertreter dieser Richtung war AGRICOLA, der auch als Begründer der wissenschaftlichen Mineralogie gilt.

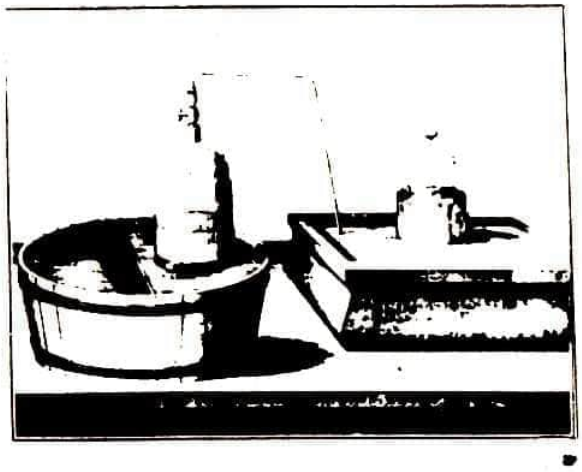
Wie die Alchimisten die Darstellung des "Steins der Weisen", die Umwandlung unedler Metalle in Gold erzwingen wollten, so versuchten im 17. und 18. Jahrhundert die Iatrochemiker alle Lebensvorgänge und die Wirksamkeit der Arzneimittel

auf chemische Prozesse mit völlig unzureichenden Mitteln zurückzuführen.

Chemie - eine exakte Wissenschaft

Zu einer exakten Naturwissenschaft wurde die Chemie erst durch Robert BOYLE (1627-1691). Er wies der Chemie ihre eigentliche Aufgabe zu, die Zusammensetzung der Stoffe, sowie deren Eigenschaften und Verhalten nach exakten experimentellen Methoden zu bestimmen. Auf ihn geht der Begriff des chemischen Elements im heutigen Sinn zurück. Seinen Bemühungen, die Zusammensetzung der Stoffe zu ergründen, verdankt die analytische Chemie ihren Ursprung. Auch mit Fragen der technischen Chemie setzte sich BOYLE auseinander; er führte nicht nur die fraktionierte Destillation ein, sondern auch die Destillation unter vermindertem Druck. Durch seine physikalisch-chemischen Messungen konnte BOYLE das nach ihm und dem Physiker MARIOTTE benannte Gasgesetz aufstellen, nach welchem bei konstanter Temperatur das Volumen einer konstanten Gasmenge dem Druck indirekt proportional ist.Wie bei BOYLE, so rückten auch bei anderen Chemikern die Fragen der Verbrennung immer mehr in den Mittelpunkt des Interesses. Nach der Phlogistontheorie von STAHL ließ sich das Wesen der Verbrennung von Stoffen und der sogenannten Verkalkung (heute Oxydation) von Metallen durch das Entweichen einer Art Feuermaterie, dem "Phlogiston", erklären. Das Phlogiston sollte in allen brennbaren und in der Hitze veränderlichen Stoffen enthalten sein und beim Verkalken der Metalle ebenso entweichen wie beim Verbrennen organischer Stoffe mit der Flamme.Ebenso sollte das Phlogiston beim Atmen, Gären und Verwesen die entscheidende Rolle spielen. Diese Lehre fand, bis sie durch LAVOISIER widerlegt wurde, allgemeine Verbreitung, weil sie gestattete, eine große Anzahl chemischer Vorgänge einheitlich zu deuten. Das phlogistische Zeitalter war eine Zeit wichtiger Entdeckungen in der Chemie gewesen. Namhafte Persönlichkeiten wie CAVENDISH, SCHEELE, RUTHERFORD und PRIESTLEY beschäftigten sich eingehend mit der Chemie und Physik der Gase. So wurde in der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts Wasserstoff

und Kohlendioxid von CAVENDISH und Stickstoff von RUTHERFORD entdeckt. PRIESTLEY und SCHEELE fanden unabhängig voneinander den Sauerstoff. Als quantitativer Forscher hat sich CAVENDISH besonders um Schmelz- und Verdampfungswärmen verdient gemacht.
Aber auch Aufsätze stöchiometrischer Bestimmungen sind bei ihm zu finden. Ende des 18. Jahrhunderts wies SCHEELE nach, daß Luft kein einfacher Stoff ist, sondern aus zwei Gasen, Sauerstoff und Stickstoff, besteht. Die Natur des Feuers, bzw. das Wesen der Verbrennung vermochte SCHEELE jedoch auch nicht richtig zu deuten.



BOYLE hatte schon die Massenzunahme bei der Verbrennung feststellen können. Aber erst LAVOISIER konnte durch Anwendung des von LOMONOSSOW 1748 erkannten Gesetzes von der Erhaltung der Masse beweisen, daß das verbrennende Metall nicht einen Stoff (Phlogiston) abgibt, sondern sich mit Sauerstoff unter Freisetzung von Wärme und Licht verbindet.
Mit der Entdeckung des Gesetzes von der Erhaltung der Masse bzw. dessen Anwendung zur Erklärung der Verbrennung begann jenes Zeitalter der Chemie, das man als ihre Neuzeit bezeichnet und das bis in die Gegenwart reicht.
Beim Übergang zur Neuzeit wurde auch die Natur der beiden für unser Leben so wichtigen Stoffe Luft und Wasser aufgeklärt.

ISAAK NEWTON

EIN MENSCH VON HÖCHSTER DENK- UND GESTALTUNGSKRAFT

Am 21. März dieses Jahres jährte sich zum 250. Mal der Todestag des englischen Mathematikers und Physikers ISAAK NEWTON. Er, der 1643 als Sohn eines Bauern in Mittelengland geboren wurde, bekam nach seinem Theologiestudium schon mit 27 Jahren eine Professur für Mathematik an der Cambridge-Universität. Seit dem Jahr 1703 war er Präsident der Royal Society.

NEWTON hatte die Fähigkeit, Forschungsergebnisse genial zusammenzufassen. Er begründete damit die moderne Naturwissenschaft und Technik.

1668 baute er das erste Spiegelteleskop; vier Jahre später beobachtete er Farberscheinungen in der Nähe des Brennpunktes einer Sammellinse. NEWTON entdeckte, daß das weiße Licht aus verschiedenfarbigen Komponenten besteht, die unterschiedlich stark gebrochen werden. Später fand er den Dualismus von Teilchen- und Welleneigenschaften des Lichtes.

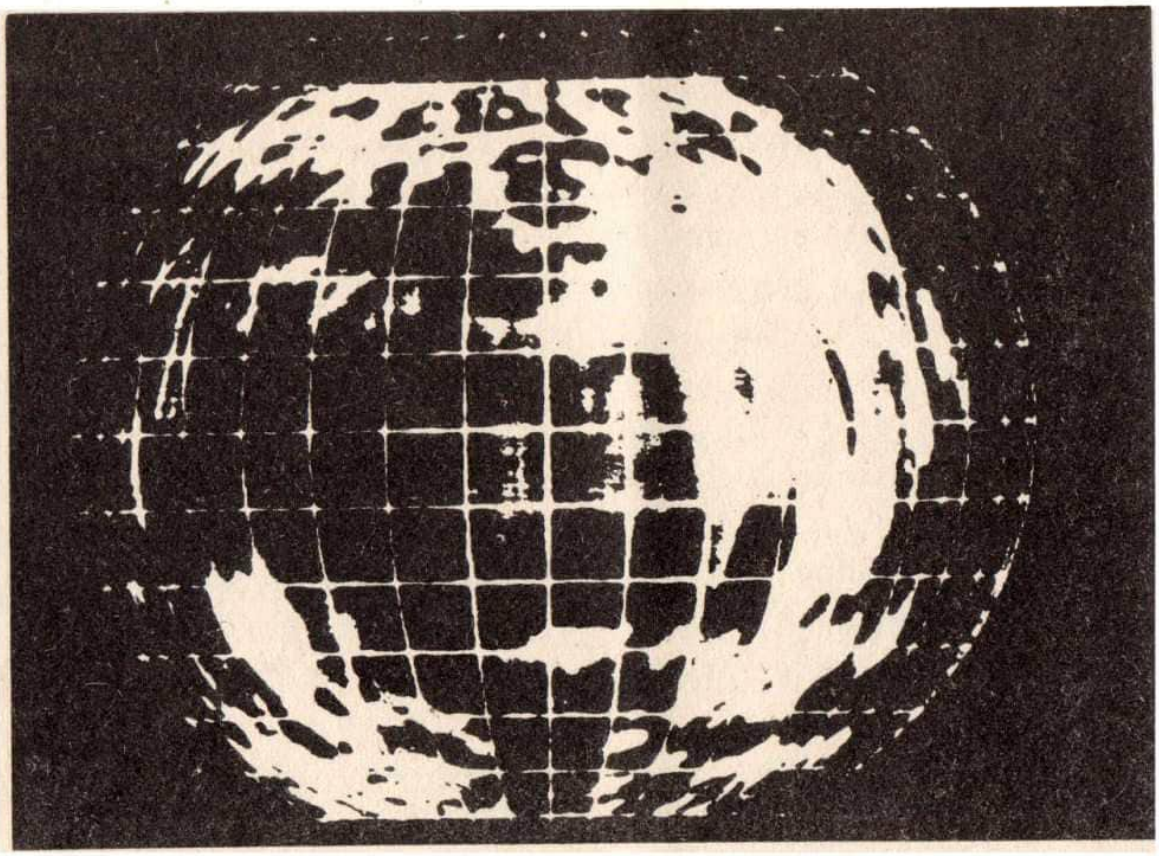
Schon 1687 veröffentlichte NEWTON die drei Axiome der klassischen Mechanik: Trägheitsgesetz, Impulssatz, Reaktionsprinzip. Die NEWTONsche Mechanik wurde zu einem festen Begriff und erst in unserem Jahrhundert brachten PLANCK und EINSTEIN mit der Quanten- und Relativitätstheorie grundsätzlich neue Gedanken hinzu.

Mit der wohl bekanntesten Legende - dem vom Baum fallenden Apfel, der zwar nicht weit vom Stamm fällt, doch dem damals dreiundzwanzigjährigen NEWTON eine gewichtige Idee brachte - verbindet sich die Entdeckung des Gravitationsgesetzes.

Er ordnete zahlreiche Beobachtungen von KOPERNIKUS, BRAHE,

GALILEI und KEPLER und brachte sie auf die einfache, mathematische Form des Gravitationsgesetzes. Er berechnete unter anderem die Sonnenmasse, die Bewegung der Erdachse und die Erdabplattung.
NEWTONs "absoluter Raum" und die "absolute Zeit" hat EINSTEIN als nicht allgemeingültig nachgewiesen; doch sie waren und sind die Grundlage der "Alltagsphysik", der Physik der Geschwindigkeiten, die sehr viel kleiner als die Lichtgeschwindigkeit sind.
EINSTEIN schrieb: "...du fandest den einzigen Weg, der zu deiner Zeit für einen Menschen von höchster Denk- und Gestaltungskraft eben noch möglich war. Die Begriffe, die du schufst, sind auch jetzt noch führend in unserem physikalischen Denken, obwohl wir nun wissen, daß sie durch andere, der unmittelbaren Erfahrung fernstehende ersetzt werden müssen, wenn wir ein tieferes Begreifen der Zusammenhänge anstreben."

Diplom-Physiker Wilfried Hild



KANN MAN DIE > KONTINENTALDRIFT > MESSEN ?

VON LUTZ GÜNTHER, DIPLOM-PHYSIKER, ZIPE POTSDAM

Wer Aussehen und Verteilung der heutigen Kontinente auf der Erde aufmerksam vergleicht, wird eine auffällige Übereinstimmung der Gegenküsten einiger Kontinente feststellen (z.B. Südamerika/Afrika; Afrika/Madagaskar; Nordostafrika/Arabien). Ineressanterweise sind diese Gegenküsten nicht nur in ihrer Form sondern auch im geologischen Bau sehr ähnlich. Diese Befunde sind Ausgangspunkt einer sehr populären (wenn auch umstrittenen) Theorie, die u.a. auf Alfred W e g e n e r (1912) zurückgeht. Es ist die Theorie der sogenannten Kontinentaldrift.

Ihre Hauptaussage besteht darin, daß die Kontinentalmassen (Schollen) eine langsame, stetige Drift in horizontaler Richtung ausführen. Das führte zum Zerreißen ehemals zusammenhängender "Superkontinente" . Demzufolge sind Südamerika, Afrika, Arabien und die Vorderindische Halbinsel, Madagaskar, Australien und die Antarktis Bruchstücke eines riesigen Ur-Südkontinents (Gondwana, siehe Abb.1), während Nordamerika, Grönland, Europa und Asien Bruchstücke des Ur-Nordkontinents (Laurasien) darstellen. Der Atlantische Ozean wäre dann eine gewaltig verbreiterte Spalte zwischen auseinanderdriftenden Kontinentalblöcken..

Entsprechend der Kontinentaldrifttheorie dauert das Auseinanderdriften der Kontinente auch heute noch unvermindert an, und die Kontinente, speziell Amerika und Europa, entfernen sich voneinander mit einer Geschwindigkeit von ca. 3 cm pro Jahr !

Obwohl die endgültige Entscheidung über die Richtigkeit der obengenannten Theorie sicher der Geologie vorbehalten sein wird, wäre es interessant zu erfahren, ob sich nicht vielleicht der winzige Betrag der jährlichen Driftbewegung messen ließe.

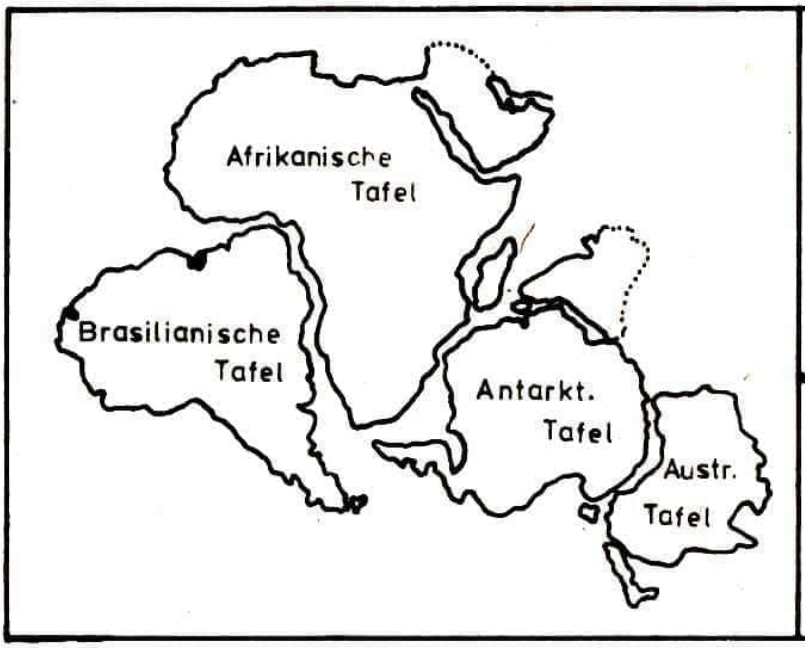


Abb. 1
Moderne Rekonstruktion des Ur-Südkontinents Gondwana

Ein wenig Geodäsie

Auf den ersten Blick erscheint es aussichtslos, den minimalen Betrag von 3 cm/Jahr messen zu wollen. Das hieße, daß man die relative Lage mindestens zweier Stationen auf zwei verschiedenen Kontinenten mit eben dieser Genauigkeit kennen müßte.

Die genaue Lage von Punkten auf der Erdoberfläche zu bestimmen ist Aufgabe der Geodäsie. Innerhalb eines Landes ist es durchaus möglich, ein Netz von Dreiecken (das sogenannte Triangulationsnetz) aufzuspannen und als Grundlage aller weiteren Landesvermessungen zu benutzen. Die Seitenlängen der Dreiecke liegen dabei allgemein zwischen 20 und 50 km und ihre Eckpunkte sind durch trigonometrische Punkte eindeutig definiert.

Dieses Verfahren der Triangulation muß bei der Überbrückung von Ozeanen selbstverständlich scheitern, da dort die Festpunkte fehlen. Seit dem Beginn der Weltraumfahrt vor 20 Jahren ist es aber möglich geworden, eine Triangulation auch über Kontinente und Ozeane hinweg durchzuführen. Das Prinzip dieses Verfahrens zeigt Abb.2:

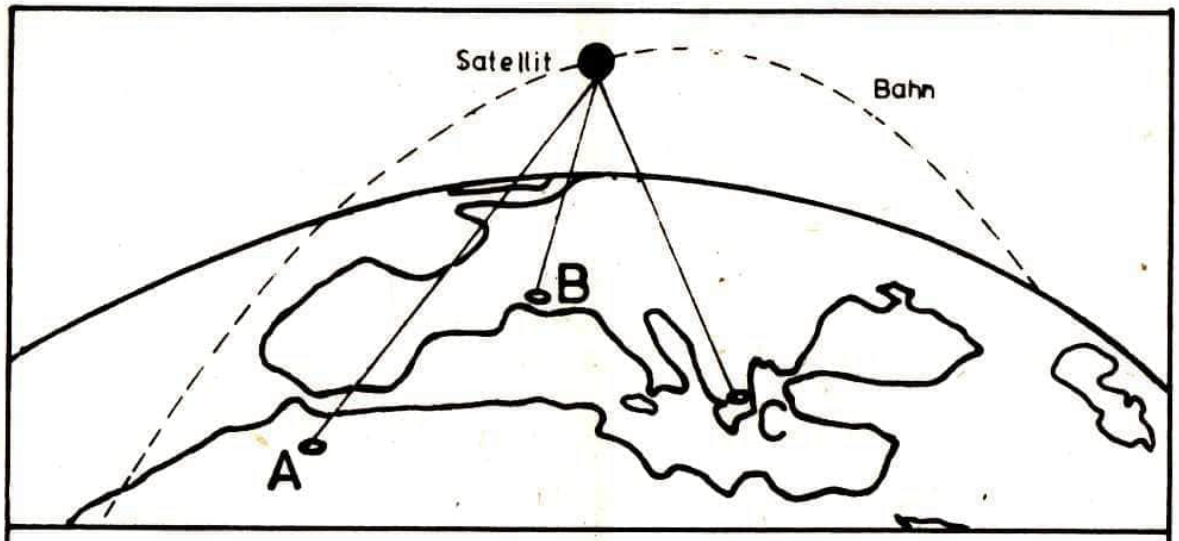


Abb. 2 Schema der Satellitentriangulation zwischen den Stationen A, B und C

Der künstliche Satellit dient dabei als Hilfsziel. Wird sein Flug von allen drei Stationen genau registriert, so lassen sich aus den Positionsbestimmungen des Satelliten räumliche (sphärische) Dreiecke bestimmen, aus denen wiederum die Lage der Stationen ermittelt werden kann. Diese Methode ist bereits sehr genau, würde für unsere Zwecke aber noch wesentlich zu grob sein.
Eine entscheidende Verbesserung wäre es, wenn außer der scheinbaren Position des Satelliten auch seine Entfernung mit höchster Genauigkeit gemessen werden könnte. Und hier setzt nun ein sehr interessantes, modernes Meßverfahren ein - der Laser-Radar.

Entfernungsmessung mittels Laserblitz

Das Prinzip des Laser-Radars ist folgendes:

- ein kurzer Laserblitz eines Hochleistungslasers (Rubin- oder Neodym-L.) wird in Richtung des Satelliten ausgestrahlt
- der Laserblitz wird vom Satelliten reflektiert und zur Erde zurückgesandt, die Laufzeit von der Aussendung bis zum Empfang wird registriert
- die Entfernung zum Satelliten ergibt sich aus der einfachen Formel:

$$s = \frac{c}{2} \cdot t$$

t - Laufzeit des Laserblitzes
c - Lichtgeschwindigkeit

Eigentlich sehr einfach, nicht wahr ?
Die technische Realisierung ist leider weitaus komplizierter. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, seien hier nur zwei Probleme genannt:

a) das vom Satelliten reflektierte Signal ist äußerst schwach; zu seinem Nachweis ist eine höchstkomplizierte und empfindliche Elektronik notwendig

b) die Laufzeit von der Aussendung bis zum Empfang des Laserblitzes muß mit einer Genauigkeit von 10^{-9} s gemessen werden !

Daß die Realisierung von Punkt b) Schwierigkeiten macht, leuchtet sofort ein. Dagegen erscheint es dem Laien kaum glaubhaft, daß von dem kräftigen, ausgesandten Laserblitz praktisch nichts"übrigbleibt". Das beruht auf falschen Vorstellungen über den Laser an sich. Meist wird vergessen, daß bei dem oben geschilderten Meßverfahren praktisch zweimal die ganze Erdatmosphäre durchstrahlt werden muß. Infolge von Verlusten durch Beugung, Streuung und Absorbtion tritt normalerweise der Fall ein, daß von ca. 10^{18} ausgesandten Photonen nur etwa 10^{3} zurückkommen. Und selbst das ist nur möglich, wenn der Satellit praktisch alles auftreffende Laserlicht in die Richtung des Senders zurückstrahlt. Um diesen Effekt zu erreichen, werden Satelliten mit ganz speziellen Ausrüstungen geschaffen.

»Katzenaugen« für Satelliten, »Kanonenkugeln« aus Uran

Wie erreicht man, daß ein Laserstrahl immer parallel zu sich selbst reflektiert wird, unabhängig von seiner Einfallsrichtung ? Wir alle kennen das Prinzip, haben uns wohl aber noch nie Gedanken darüber gemacht: das Katzenauge an Fahrrad oder Moped ! Nehmen wir einmal eines der vielen kleinen Elemente heraus, dann hat es (bis auf die sechseckige Vorderfläche) dasselbe Aussehen, wie in Abb.3 gezeigt ist.

Es handelt sich um ein sogenanntes Tripelprisma. Seine Grenzflächen sind so angeordnet, daß ein einfallender Lichtstrahl infolge mehrfacher Reflexion wieder in die Einfallsrichtung zurückgestrahlt wird. Solche Tripelprismen (wenn auch größer und optisch hochwertiger) sind auch an den geodätischen

Satelliten angebracht, um eine Laserortung zu ermöglichen. 1964 wurde der erste derartige "Katzenaugen"-Satellit (Explorer 22) gestartet; er trägt 360 solcher Prismen und kann noch heute für derartige Zwecke genutzt werden. Abb.4 zeigt uns den "klassischen" geodätischen Satelliten G e o s A (gestartet 1965). Die mit B bezeichneten Flächen sind die Tripelprismensätze, A kennzeichnet Xenonblitzlampen, die eine optische Identifizierung erlaubten.+) Die oben angebrachte Stange ist in Wirklichkeit 20 m lang und dient dazu, den Satelliten im Erdgravitationsfeld so zu stabilisieren, daß die Prismen ständig zur Erdoberfläche zeigen. Dieses Verfahren ist einfach, aber sehr wirkungsvoll.

+) Diese Lampen sind inzwischen ausgefallen.

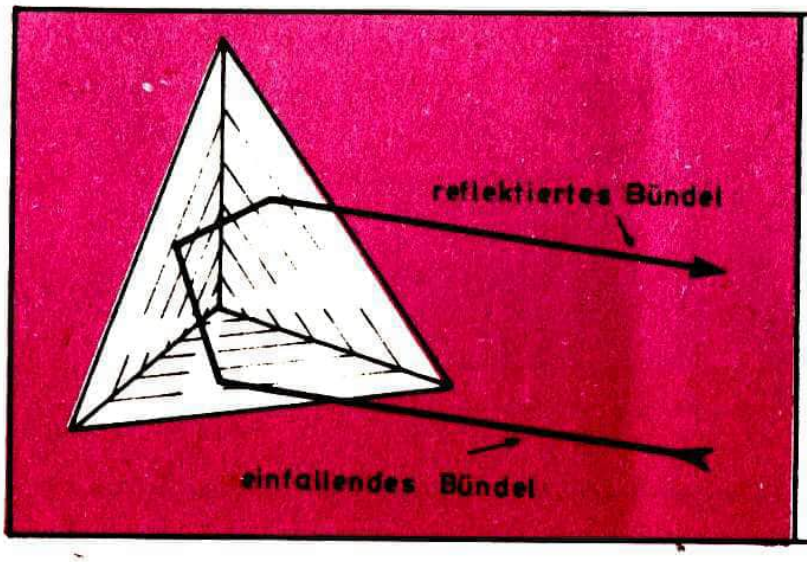


Abb. 3
Strahlengang im Tripelprisma

Mit Satelliten ähnlich G e o s A (es existieren insgesamt 8 verschiedene) und Laseranlagen, wie sie bis Ende der 60-er Jahre üblich waren (Rubinlaser mit Impulslängen bis 10^{-8} s), lassen sich Genauigkeiten in der Entfernungsbestimmung bis zu 1 m herab erzielen. Die Flughöhe solcher Satelliten beträgt dabei ca. 1000 km, sodaß der relative Meßfehler von 10^{-6} bereits außerordentlich klein ist. Eine solche Meßanlage zeigt Abb.6.

Mit weiterentwickelten, hochkomplizierten und teuren Laseranlagen sowie einer umfangreichen Elektronik werden sich in

den nächsten Jahren wahrscheinlich Meßgenauigkeiten von 3 - 5 cm (!) erzielen lassen. Voraussetzung dafür ist aber auch eine neue Generation von Satelliten; es sind die sogenannten "Cannonballs" (Kanonenkugeln), deren erster Vertreter S t a r l e t t e (Abb.5) 1975 auf eine Erdumlaufbahn gebracht wurde.

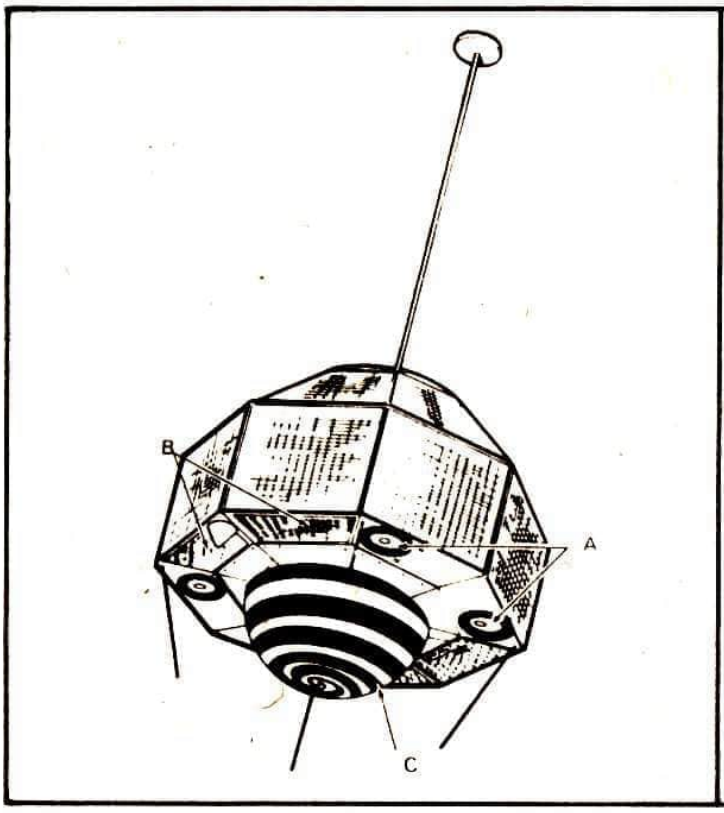


Abb. 4
Geos A

S t a r l e t t e ist eine Kugel von 24 cm Durchmesser, die trotzdem die enorme Masse von 43,3 kg besitzt. Der Grund: S t a r l e t t e besitzt einen Kern aus Uran ! An der Oberfläche sind 60 Tripelprismen angebracht, von denen stets genau nur drei zum Beobachter zeigen. Ein zweiter Vertreter dieser "zweiten Generation" kreist seit 1976 um die Erde: LAGEOS , eine ähnliche, wenn auch größere Konstruktion als S t a r l e t t e .

Was werden wir messen?

Nach allem bisher Gesagten scheint sich nun tatsächlich die Möglichkeit anzudeuten, den winzigen jährlichen Betrag der

Kontinentaldrift zu messen. Solche Messungen werden aber, wenn sie einmal ernsthaft ausgeführt werden, immer nur Bestandteil eines viel umfangreicheren Programmes sein, das heute bereits auf der Tagesordnung steht, der Geodynamik.

Abb. 5
Starlette

Warum brauchen Satelliten wie S t a r l e t t e und LAGEOS solche hohen Massen bei kleinen Durchmessern ? Ganz einfach: damit auf sie praktisch nur das Schwerefeld der Erde wirkt. Sie stellen somit die immer wieder in der Physik geforderten Punktmassen dar (man erinnere sich an das Gravitationsgesetz!). Unsere Erde ist im Inneren nicht homogen. Demzufolge kann das Erdschwerefeld nicht homogen sein, und so werden sich auch die Bahnen von künstlichen Satelliten immer wieder verändern. Wenn es also möglich wird, die Umlaufbahnen von solchen "Kanonenkugel"-Satelliten hochpräzise zu vermessen, dann werden wir u.a. folgende Fragen besser als bisher beantworten können:

- Welche genaue Form hat die Erde ?
- Welche großräumigen Masseverteilungen liegen im Innern der Erde vor ?

- Wo liegen Gravitationsanomalien und auf welche Prozesse sind sie zurückzuführen ?

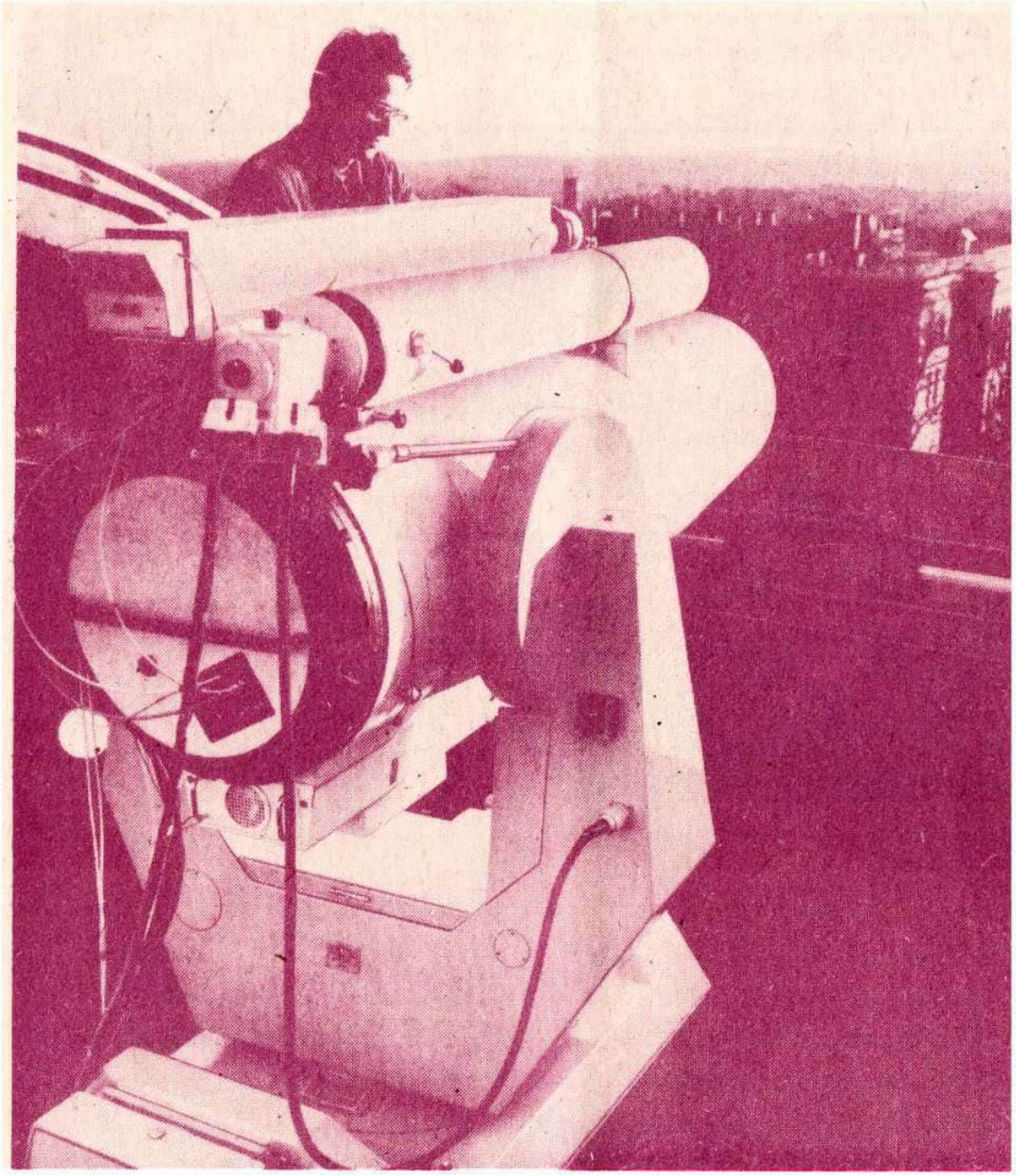


Abb. 6 Satellitenkamera SGB (VEB Carl Zeiss Jena) mit Lasersender (links oben) im Zentralinstitut für Physik der Erde, Potsdam

Vielleicht werden in einigen Fällen auf diese Weise sogar Erdbebenvoraussagen getroffen werden können. Derartige Projekte unter Ausnutzung des Satelliten LAGEOS gibt es bereits.
Wir sehen also auch hier: Weltraumfahrt - angewandt zur Erforschung des Planeten, auf dem wir leben !

DOKUMENTATION für den naturwissenschaftlichen und Staatsbürgerkunde-Unterricht

A. Iobi und M. Passarge, Biologiestudenten FSU

Julius Schaxel - ein hervorragender Wissenschaftler und Revolutionär

Das Streben der heutigen Zeit geht oftmals nur danach, die neuesten Ergebnisse in Wissenschaft und Technik als bedeutend anzuerkennen. Dabei kommt die Pflege alter Traditionen nicht selten zu kurz. Es ist doch sicherlich nicht uninteressant zu wissen, wer viele Kämpfe ausfocht und genügend Opfer brachte, damit das Recht auf Bildung für uns alle gilt.

Einer der Vorkämpfer an der Universität zu Jena, der sich besonders in der Fachrichtung Biologie einen Namen machte, war Julius Schaxel. In diesem Artikel soll der Leser mit einem marxistischen Naturwissenschaftler bekannt gemacht werden, der sich bemühte, die Wissenschaft in Einheit zur Gesellschaft zu bringen.

Julius Schaxel wurde am 24. März 1887 als Sohn einer wohlhabenden Kaufmannsfamilie in Augsburg geboren. Seine Schulausbildung im reaktionären Bayern befriedigte ihn in keiner Weise. Schon in jungen Jahren protestierte er gegen die Rückständigkeit und Beengtheit der bürgerlichen Welt, in der er lebte. Nur wenig Zeit opferte er seinen Schularbeiten. Viel lieber las er, was ihn interessierte, Darwin, Zola, Gorki. Besonders begeistert war er von Haeckels "Welträtseln" . Er war so beeindruckt, daß er sich in einem Brief an Haeckel wandte, worin er seine Eindrücke schilderte. Mit diesem Brief begann auch sein Wirken an der Universität zu Jena, da ihn Haeckel als Schüler zu sich rief.

Nach einem dreijährigen Studium promovierte Schaxel 1909

und habilitierte 1912 an der Philosophischen Fakultät.
Mit der Zeit gelang es Schaxel, die Schwächen seines Lehrers zu überwinden. Dieser glaubte, die Gesetze der Natur mechanisch auf die Gesellschaft übertragen zu können. So stieß Schaxel zum dialektischen und historischen Materialismus vor. In Jena fand Schaxel erstmals Anschluß zur Arbeiterklasse und zur sozialistischen Arbeiterbewegung.

Der erste Weltkrieg beeinflußte Schaxel stark in seiner Entwicklung zum revolutionären Sozialisten. Auf Grund seiner medizinischen Kenntnisse wurde er als Leiter eines Reservelazarettes in der Schweiz eingesetzt. Hier lernte er die Grausamkeit des Krieges unmittelbar kennen, und es verstärkte sich seine oppositionelle Haltung gegenüber allen, die den Krieg unterstützten und zu verlängern suchten.
Im Jahre 1916 wurde Julius Schaxel zum Professor ernannt. Er bekam die Erlaubnis zur Gründung einer Anstalt für experimentelle Biologie. Er war einer der wenigen Professoren, die sich für eine Hochschulreform einsetzten. Im Februar 1923 wurde er in das Thüringische Volksbildungsministerium als Kurator berufen.
Zur Zeit der Weimarer Republik war die Jenaer Universität eine Hochburg der Reaktion. Antisowjetismus, Rassismus, Chauvinismus und Monarchismus beeinflußten immer mehr das Denken und Handeln vieler Professoren.
Bald wurde die Thüringische Landesregierung durch Reichswehrtruppen beseitigt. Die nun herrschende Militärdiktatur nutzte die Lage, um gegen Schaxel vorgehen zu können. Nach einem Beschluß aus dem Jahre 1923 mußte jeder amtliche Verkehr mit ihm eingestellt werden.
Einige Zeilen aus seiner Autobiographie lassen erkennen, wie ihm damals zumute gewesen sein mußte:
'Mit dem Mute der Verzweiflung kämpfte ich auf dem verlorenen Posten der Hochschulreform... Ich blieb ein General ohne Armee umgeben von verlogenen Saboteuren und offenen Gegnern."
Trotz starker antisowjetischer Hetze fuhr Schaxel im Winter 1924/25 in die Sowjetunion. Er wollte das Land näher kennenlernen, in welchem die von ihm ersehnten Verhältnisse

herrschten, wo die fortschrittliche Wissenschaft ihre wahre Heimstätte besaß. Von nun ab bewies er immer wieder seine Freundschaft zu diesem Land. Im Herbst 1925 weilte Schaxel wiederholt in der Sowjetunion, wo er auf Einladung der Regierung an den Feierlichkeiten anläßlich des 200- jährigen Bestehens der russischen Akademie der Wissenschaften teilnahm.

Immer wieder wandte sich Julius Schaxel gegen alle antikommunistischen und antisowjetistischen Lügen. In der sozialistischen Gesellschaft sah er die Zukunft, in der die Wissenschaft zum Wohle des Volkes genutzt wird. Das Studium der gesellschaftlichen Verhältnisse in der Sowjetunion war für seine Entwicklung von entscheidender Bedeutung. Nicht nur, daß er die führende Rolle der Arbeiterklasse erkannte, er wandte sich gegen jeden Versuch, der historischen Mission der Arbeiterklasse entgegenzuwirken.

So zog es ihn mehr und mehr zur KPD hin, der einzigen Partei, die vorbehaltlos für die Erfüllung der historischen Mission der Arbeiterklasse kämpfte.

Schaxel versuchte stets, seine Erkenntnisse aus dem Studium des wissenschaftlichen Kommunismus und vor allem aus den Werken Lenins propagandistisch zu verbreiten. Dabei half ihm die Veröffentlichung von Beiträgen in der Zeitschrift "Urania" , die 1924 unter Schaxels maßgeblicher Beteiligung gegründet wurde.

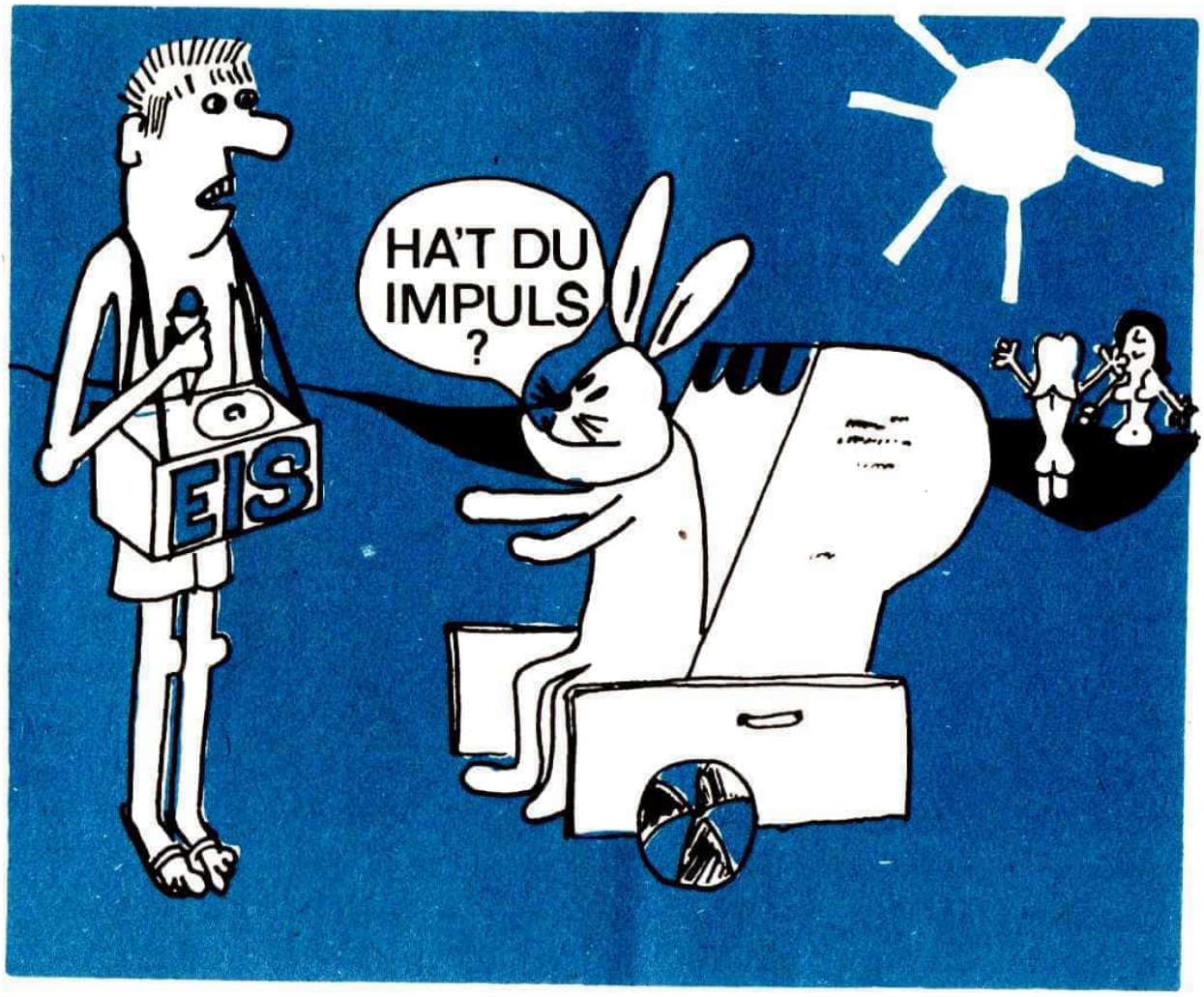
In der Urania erschienen immer wieder Beiträge, die auf marxistischer Grundlage natur-und gesellschaftliche Kenntnisse vermittelten.

Unermüdlich war Schaxel in der Popularisierung seiner Erkenntnisse. Vorträge, Versammlungen und Artikel nahmen ihn täglich in Anspruch. Besonders war Schaxel der Jugend zugetan. In ihr sah er die Kraft, die einmal die Gesellschaft, für die er kämpfte, aufbauen sollte. In erster Linie widmete er sich der Förderung von Arbeiter- und Bauernkindern unter den Studenten. Der durchschnittliche Anteil dieser an der Gesamtzahl der Studenten betrug in den Jahren der Weimarer Republik 2 bis 3 %. Die Förderung der Arbeiterstudenten ist Beweis dafür, wie Schaxel seine theoretischen

Erkenntnisse über die Führungsrolle der Arbeiterklasse in die Praxis überführte.
Der Wissenschaftler Julius Schaxel trat während der Zeit der Faschisierung Deutschlands mutig gegen Rassismus und Sozialdarwinismus, der bei den deutschen Biologen immer mehr Anhänger fand, auf. Er entlarvte vor den Massen diese Irrlehren.
Im Jahre 1932 veröffentlichte J. Schaxel sein Buch "Das Weltbild der Gegenwart". Hierin grenzte er sich klar vom Faschismus ab. Er stellte darin richtig fest:
"Die Arbeiterschaft soll um die Stellung gebracht werden, die sie im Klassenkampf errungen hat oder zu besitzen im Begriffe ist. Auf jeden Fall soll sie von der Verwirklichung des Sozialismus mit allen Mitteln, durch geistige Verwirrung und Vernebelung und durch die rohe Gewalt abgehalten werden."
Bald richtete sich der Terror wegen seiner antifaschistischen Haltung auch gegen ihn und er mußte viele Schikanen hinnehmen. Die Errichtung der offenen terroristischen Diktatur machte seiner Tätigkeit als Hochschullehrer ein jähes Ende. Am 24. März 1933 wurde ihm sein Lehrauftrag für experimentelle Biologie und die Lehrbefugnis an der Universität aberkannt. Als politischer Emigrant mußte J. Schaxel Deutschland verlassen.
Schaxel erkannte jetzt endgültig, daß es wahre Demokratie und echte Heimstatt für die Wissenschaft nur dort geben kann, wo die Werktätigen herrschen und nicht ihre Feinde. Nur in solchem Land kann die Wissenschaft für das ganze Volk nützlich gemacht werden. Er zog die richtige Schlußfolgerung und emigrierte in die Sowjetunion, wo es ihm möglich wurde, zum ersten Mal seine Arbeit für das Glück der Menschen einzusetzen. Am 11. November 1934 wurde Schaxel die deutsche Staatsangehörigkeit aberkannt. Sein Eigentum einschließlich seiner Bibliothek von fast 10 000 Bänden wurde konfisziert.
Die Bekräftigung der politischen Entwicklung Schaxels war seine Unterschrift unter den Volksfrontaufruf. Er bekannte sich vor aller Welt zu einem antifaschistischen und fried-

liebenden Deutschland.
Die Verwirklichung dieses Zieles konnte er nicht mehr miterleben. Er starb am 15. Juli 1943 in einem Sanatorium in der Nähe Moskaus.

Doch sein mit vielen Opfern verbundener Kampf war nicht umsonst gewesen. In unserer sozialistischen Gesellschaft besteht für alle gleichermaßen das Recht auf Bildung.
Die marxistische Dialektik hat in der Wissenschaft gesiegt.
Der marxistische Naturwissenschaftler und Hochschullehrer Julius Schaxel war einer unter vielen, der der marxistischen Wissenschaft zum Sieg verholfen hat.



MOSAIK

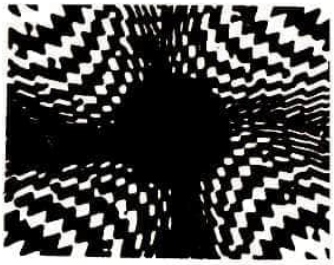
Neue Solarzelle - mehr Energie

Von AEG wurde eine neuartige Solarzelle entwickelt, die es gestattet, den Wirkungsgrad von Sonnenbatterien, der bisher um 10 % lag, erheblich zu steigern. Da bei herkömmlichen Zellen der größte Teil des einfallenden Lichtes wieder reflektiert wurde, versah man diese neue Solarzelle mit einer optimierten Anti-Reflexschicht, die es gestattet, ein höheres Quantum an Sonnenlicht in elektrische Energie umzuwandeln. Da diese Schicht außerdem als Schutzschicht für die Halbleiterkombination dient, sind Anwendungen auch bei hoher Luftfeuchtigkeit und hohen Außentemperaturen möglich. Eine Batterie aus solchen Zellen findet sicherlich bald in der Raumfahrt, in irdischen Solargeneratoren, aber auch als Fotozelle breite Anwendung.

Laserstrahl zur Nachrichten übermittlung

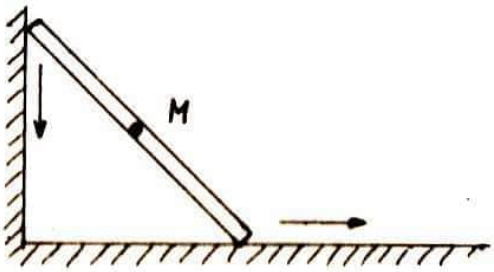
Der Laser sendet, aus der Sicht des Nachrichtentechnikers betrachtet, eine Trägerwelle in Form eines scharf gebündelten Lichtstrahles hoher Intensität aus, die mit einer Welle niedrigerer Frequenz, der Information (Sprache, Bild, Musik) moduliert werden kann. Die extrem hohen Trägerfrequenzen bei dieser "optischen" Übertragung ermöglichen eine Bandbreite, die ausreichen würde, um eine Milliarde Telefongespräche gleichzeitig zu übertragen. Übertragungsversuche wurden im sichtbaren Rot bei 0,6328 µm mit einem He-Ne-Gaslaser mit Ausgangsleistungen von 100 mW durchgeführt. Die Experimente ergaben, daß für diesen Leistungsbereich eine Übertragungsstreckenlänge von 5 km optimal ist. In den USA wurden mit höheren Ausgangsleistungen Versuchsübertragungen über Entfernungen bis zu 150 km durchgeführt.

physikaufgabe



20

Ein Stab gleitet an einer Wand nach unten ab (siehe Skizze). Auf welcher Bahn bewegt sich der Mittelpunkt M dieses Stabes?



21

Bekanntlich fallen im luftleeren Raum sämtliche Körper gleich schnell, wenn man sie vom gleichen Niveau aus fallen läßt. Es seien nun zwei Kugeln mit gleichen Abmessungen gegeben, wobei die eine aus Blei und die andere aus Holz besteht. Sie haben also den gleichen Luftwiderstand. Man begründe nun folgende Erscheinung: Läßt man beide Kugeln im lufterfüllten Raum vom gleichen Niveau fallen, so ist die Fallzeit der Bleikugel geringer (natürlich bei gleicher Fallstrecke!) !

Bitte senden Sie eine oder beide Lösungen der Aufgaben mit Angabe des Namens, des Vornamens, des Alters, der Klasse und der Anschrift an folgende Adresse ein: impuls 68, 69 Jena, Max-Wien-Platz 1, Kennwort: Physikaufgabe. Die besten Lösungen werden mit einem Büchergutschein prämiert und veröffentlicht.

Aus terminlichen Gründen können wir die Lösung der Physikaufgabe 17 aus Heft 6/10. Jahrgang erst im Heft 1 des 11. Jahrgangs veröffentlichen.

---

die letzte Seite

Prüfungsfrage

„Welche Muskeln treten bei Ihnen in Tätigkeit, wenn ich mit Ihnen boxen wollte?" fragte der Professor den Medizinstudenten.

— „Die Lachmuskeln, Herr Professor!"

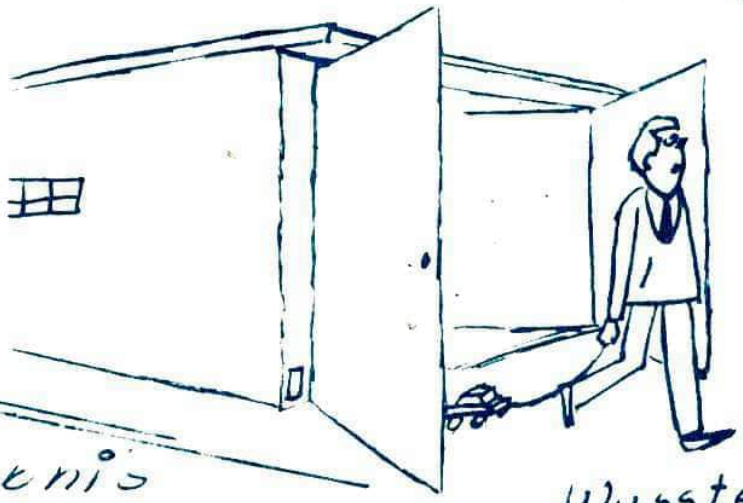
zu Hause

Vati hatte sich gerade aufs Sofa gelegt. Da kam Michael zu ihm und fragte: „Du, Vati, wo sind die Anden?" „Die Anden?" brummte der Vater, „Die Anden? Geh zu Mutti, die räumt immer alles weg!"

Abschreckung

„Seit wir bei unserer Schwiegermutter wohnen", klagte Georg seinem Kollegen, „bin ich Abstinenzler geworden."
„Hat sie dir etwa den Alkohol verboten?"
„Nicht direkt, — aber ich sah sie einmal doppelt! Und das genügt für alle Zeiten!"

Für einen prestigebewußten Autobesitzer ist und bleibt die Garage entscheidend



Erlaubnis

fragt der kleine Sohn:

„Papi, wann werde ich endlich ausgehen dürfen, ohne jedesmal um die Erlaubnis von Mutter bitten zu müssen?"

darauf der Vater:

„Hm, mein Junge, dann bin ich auch noch nicht gekommen."

Wussten Sie schon?

— daß so manches Decolleté vor Blößen wahrt?