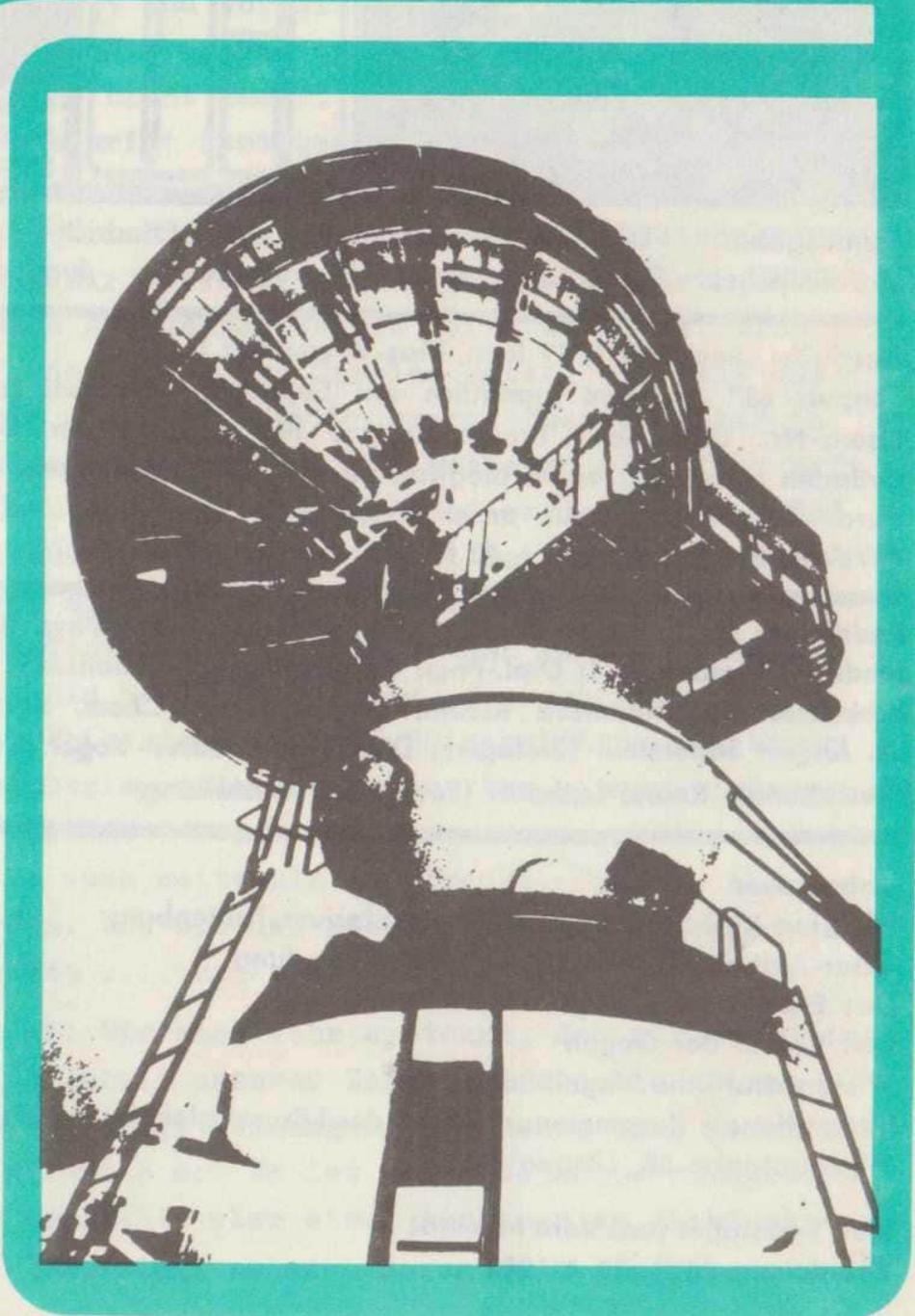


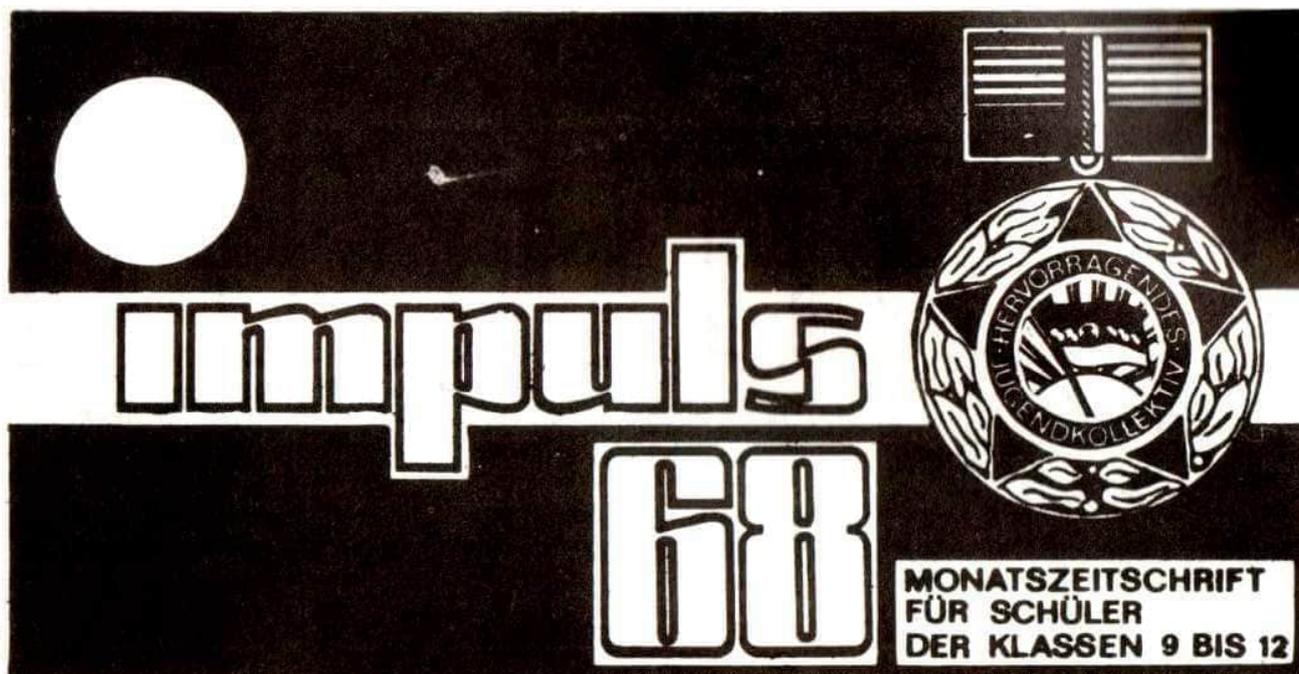
Impuls 68

1



- Liebe Leser
- ☆
- Observatorium Tautenburg
- ☆
- Laser
- ☆
- Experimente
- ☆
- Patente
- ☆
- Vogelberingung

Titelbild: Bodenstation des
Molnija-Systems (UdSSR) (L. G.)



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 (zehn Hefte) unter der Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR. Aus technischen Gründen bitten wir, wenn möglich, um Sammelbestellungen. Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981. Heftpreis: -,40 M, Jahresabonnement: 4,- M

Redaktion: Dr. Eberhard Welsch (Chefredakteur); Dipl.-Phys. Wilfried Hild (stellvertreter Chefredakteur); Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen); Achim Dittmar (Öffentlichkeitsarbeit); Reinhard Meinel (Physik); Dipl.-Chem. Roland Colditz (Chemie); Dr. Jürgen Sauerstein (Biologie); Dipl.-Phys. Gudrun Vogel (Korrektur); Vera Masurat (Gestaltung); Reiner Luthardt (Fotografie, Gestaltung)

Liebe Leser		3
20 Jahre Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg	AST	5
Laser-Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung	PHY	11
Das Experiment: Zauberei mit Chemie	CHE	17
Das Votum der Dogen		21
Wissenschaftliche Vogelberingung	BIO	23
Internationale Zusammenarbeit bei der Lösung globaler Probleme	DOK	27
Physikaufgabe 50, Lösung Nr. 43		31

Heft 1 gestaltet von: Vera Masurat
 Redaktionsschluß: 30. 4. 1980

Liebe Leser!

Sie halten nun das erste Heft des 14. Jahrgangs in der Hand. Als vielleicht langjähriger Leser sind Sie es ja schon gewöhnt, an dieser Stelle einige aufmunternde Worte zum intensiven Studium unserer Zeitschrift und vor allem große Versprechungen unsererseits zu lesen. Wir wissen auch, daß wir solche Vorhaben meist, oder sagen wir, nicht immer, einhalten. Aber bedenken Sie, daß unsere Zeitschrift fast ganz in ehrenamtlicher Tätigkeit, also Freizeitbeschäftigung der Redaktionsmitglieder entsteht. So wie andere Briefmarken sammeln oder Modelleisenbahnen basteln, begutachten wir Artikel, korrigieren sie, fertigen Zeichnungen und Fotos an, gestalten die Hefte usw. usw. Bloß mit dem "Nachteil", daß wir harte Termine haben, bzw. sie uns setzen müssen, damit mit Hilfe der Druckerei "Werner John" in Rudolstadt und wieder anderer fleißiger Kollegen pünktlich Heft für Heft an Sie, lieber Leser, ausgeliefert werden kann. Und wer mag es uns verdenken, daß wir auch mal keine "impuls-Zeit" haben. Denn auch wir sind Menschen "wie Du und ich". Genauer gesagt: Wir sind Studenten der Fachrichtungen Physik, Chemie und Biologie des 1. bis 5. Studienjahres, Forschungsstudenten und Assistenten der Friedrich-Schiller-Universität sowie Mitarbeiter in der Industrie, die noch immer, bzw. immer wieder Spaß am "Impulsen" haben.

Gönnen Sie uns bitte auch weiterhin die Freude, "impuls 68" herausgeben zu dürfen. Wie Sie das machen können? Ganz einfach: Abonnieren, abonnieren und bitte auch lesen.

Noch zu etwas anderem! Wir sind sehr erstaunt, daß wir stets das richtige Maß für den Inhalt unserer Zeitschrift sowie seines Niveaus finden. Gegenteilige Meinungen Ihrerseits sind jedenfalls sehr rar! Ist das wirklich so? Es ist keine Schwäche zuzugeben, daß man etwas nicht versteht, aber eine, wenn man es nicht ehrlich zugibt! Vielleicht liegt es auch daran, daß das Niveau

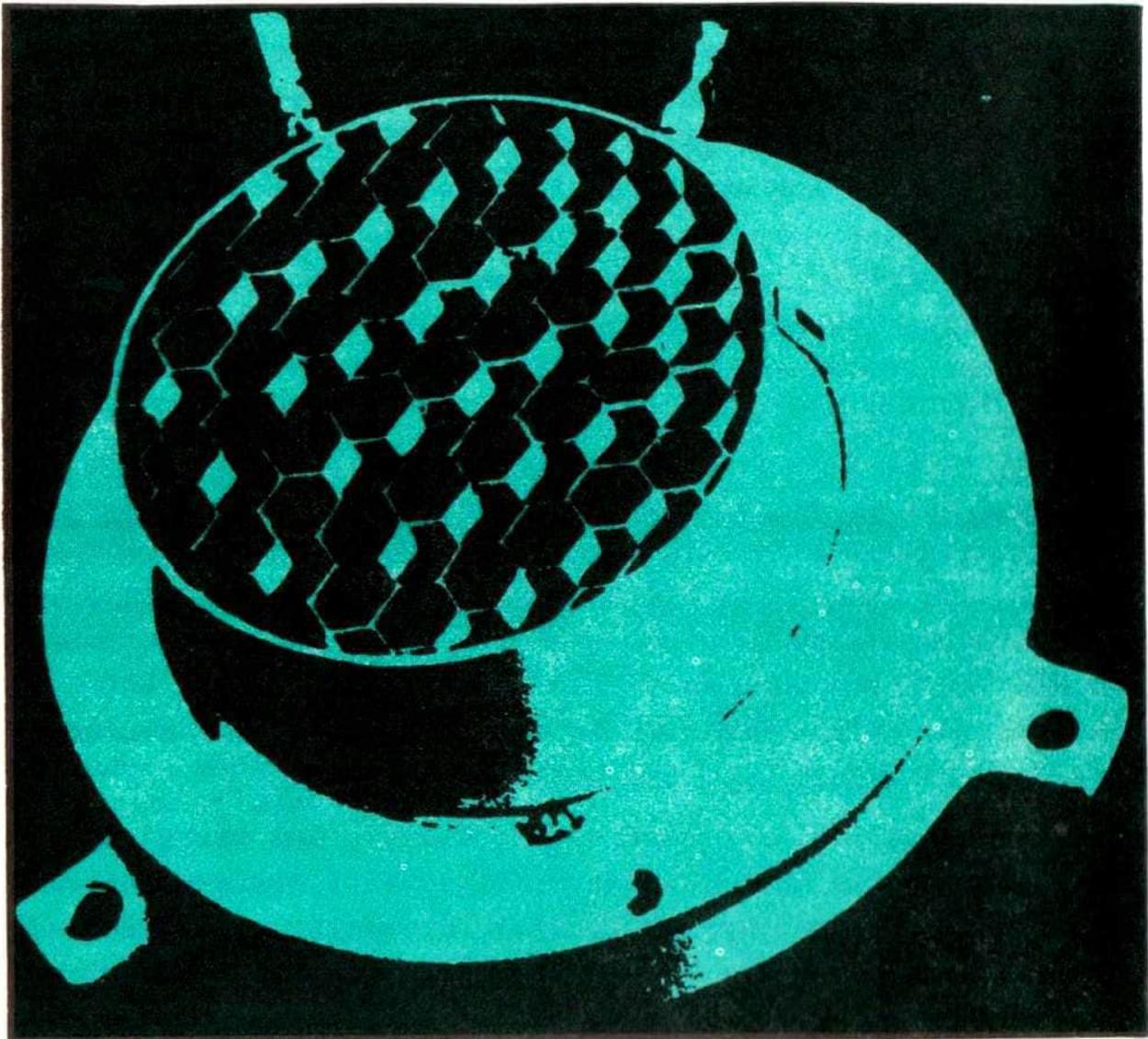
wirklich "etwas viel zu hoch" ist? Die Zeitschrift ist ja nicht für einige Könner gedacht - für sie gibt es andere Informationsmöglichkeiten - sondern für Durchschnittsschüler der Klassen 9 bis 12. Schreiben Sie uns mal! Wir versprechen, den Inhalt jedes Briefes selbstkritisch auszuwerten. Ich möchte aber nicht versäumen, ein schönes, erfolgreiches Schul-, Lehr-, Studien- bzw. Lebensjahr im Namen aller Impuls-Redaktionsmitglieder zu wünschen

Ihr

Wilfried Hild

Wilfried Hild

Stellvertretender Chefredakteur



Wir hoffen, daß Sie nicht von dieser „wabenförmigen Ionenfalle“ eingefangen werden.

Reiner Luthardt
FSU Jena
Sektion Physik
Physikstudent
4. Studienjahr

20 Jahre
Karl-Schwarzschild-Observatorium
Tautenburg

ASTRO

Unweit von Jena, etwas abseits der Straße nach Naumburg, liegt der idyllische Ort Tautenburg. Dieser Name ist zumindest in der astronomischen Fachwelt seit nunmehr zwanzig Jahren zu einem festen Begriff geworden. Am 19. Oktober 1960 wurde außerhalb dieses Ortes, im Tautenburger Forst, ein neues astronomisches Observatorium, ausgestattet mit einem 2-Meter-Universal-Spiegelteleskop des VEB Carl Zeiss JENA, eingeweiht.

Das Institut trägt den Namen des bekannten deutschen Astronomen Karl Schwarzschild. Er leistete wesentliche Beiträge bei der Entwicklung von Meßinstrumenten, zu Problemen der photographischen Photometrie, bei der Erforschung der Sonne, bei der Behandlung grundlegender Fragen der theoretischen Physik, insbesondere der Einsteinschen Allgemeinen Relativitätstheorie sowie auf anderen Gebieten der Astrophysik.

Das zwanzigjährige Jubiläum des Tautenburger Instituts soll für uns Anlaß sein, dieses Observatorium, insbesondere das Teleskop, etwas näher vorzustellen.

Das Karl-Schwarzschild-Observatorium liegt inmitten eines großen Waldgebietes auf einer Hochfläche, 331 m über dem Meeresspiegel. Für Sternwarten ist eine etwas abgelegene Lage notwendig, um störende Einflüsse wie Luftverschmutzungen, Fremdlicht von Straßenbeleuchtungen und Lichtreklamen und störende Luftturbulenzen über Städten fernzuhalten. Auch wird eine Lage im Gebirge angestrebt, da mit zunehmender Höhe die Luft für astronomische Beobachtungen "durchsichtiger", klarer ist. Diese Bedingungen sind hier hinreichend gut erfüllt. Zum anderen liegt das Institut in der Nähe des Herstellerwerkes des Teleskopes, des VEB Carl Zeiss JENA. Das ist hier nicht ganz unwichtig, da es sich bei dem Teleskop um das erste dieser Größe handelt, das von diesem Betrieb gebaut wurde.

Das Kuppelgebäude

Das Observatorium besteht aus dem Kuppelgebäude sowie einigen Wohn- und Nebengebäuden wie Werkstätten, Garagen und einer Telefonzentrale.

Herzstück ist das Kuppelgebäude. Es beherbergt das Teleskop sowie Arbeitsräume für die Wissenschaftler, Fotolabors, Meßräume, das Plattenarchiv sowie den Spektrographenraum.

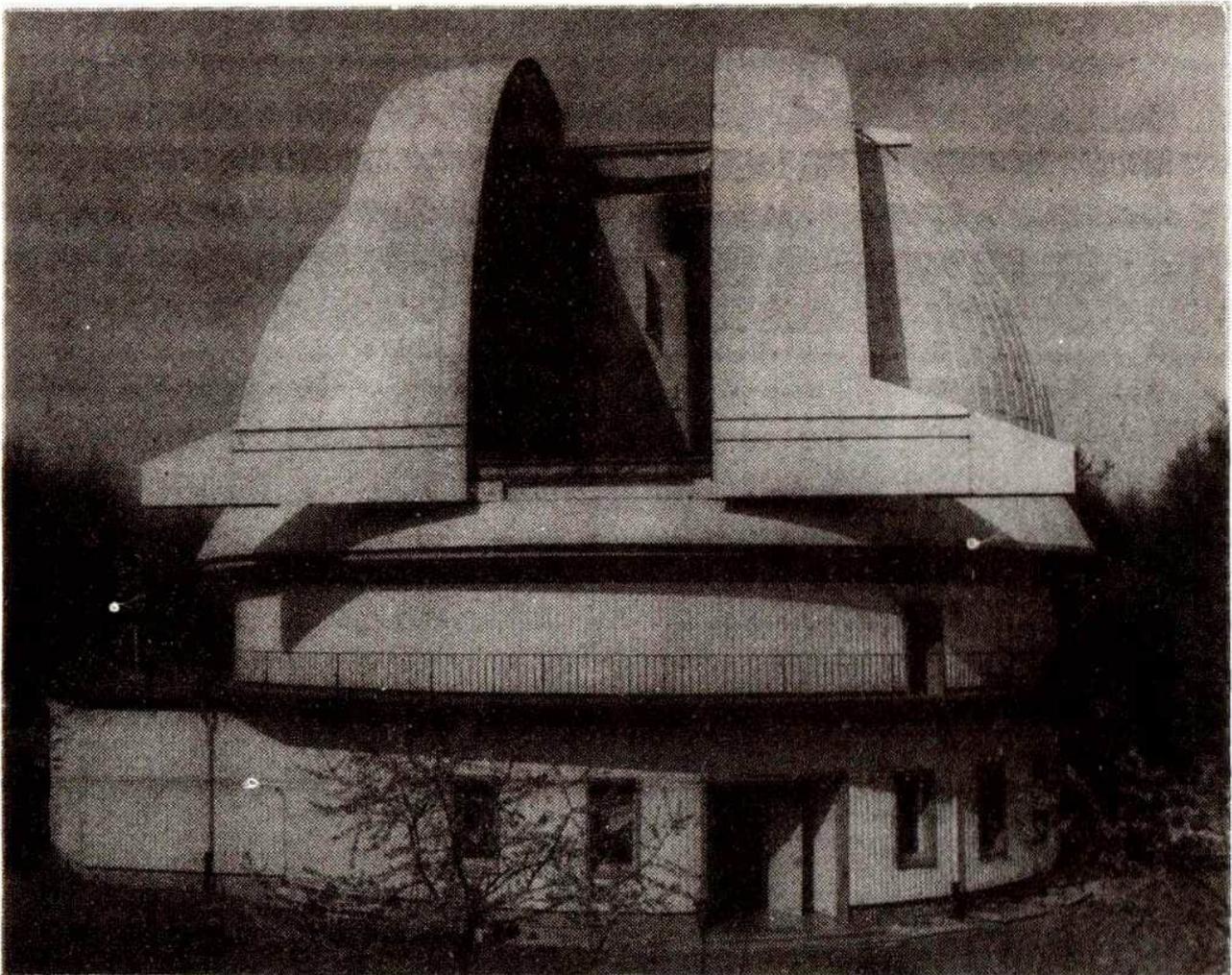


Abb.1: Kuppelgebäude des Karl-Schwarzschild-Observatoriums

Die Kuppel hat einen Durchmesser von 20 m. Sie schützt das Teleskop vor Witterungseinflüssen und klimatischen Schwankungen. Sie muß also undurchlässig für Niederschläge sein und große Temperaturschwankungen vom Fernrohr abhalten, andererseits aber bei Beobachtungen einen schnellen Angleich von Innen- und Außenklima ermöglichen. Die Konstruktion ist dementsprechend ausgelegt. Innen ist die Kuppel mit einem schlecht wärmeleitenden Isolierstoff

und außen mit Aluminium verkleidet sowie mit einem weißen Polyurethan-Lackanstrich versehen. Dadurch kann sich der Innenraum bei starker Sonneneinstrahlung schlecht aufheizen. Eine starke Erwärmung würde nämlich auch zur Erwärmung des Spiegels führen. Bei nächtlicher Beobachtung würden sich dann Vorder- und Rückseite ungleichmäßig abkühlen. Das könnte zu einer Deformation des Spiegels führen, die zwar sehr gering sein würde, sich aber trotzdem auf die Bildqualität und dadurch auf die Reichweite auswirken würde. Um gute Bilder zu erhalten, darf die Temperaturdifferenz dieses 2-m-Spiegels an Vorder- und Rückseite maximal 0,5 Grad betragen.

Der Kuppelraum enthält trotzdem eine Heizung. Sie wird eingeschaltet, wenn nach einer Kälteperiode ein starker Wärmeeinbruch erfolgt. Sonst würde dasselbe eintreten, was einem Brillenträger im Winter beim Eintritt in einen geheizten Raum passiert, nämlich das Beschlagen der kalten Glasteile (Brille, Spiegel), womit jegliche Beobachtung unmöglich wird.

Zur Beobachtung läßt sich ein 5 Meter breiter Spalt in der Kuppel öffnen, der dem Teleskop den Blick zum Himmel freigibt. Um den Ausblick in jede Richtung zu gewähren, läßt sich die gesamte 180 000 kg schwere Kuppelkonstruktion mittels Elektromotor um 360° drehen. Durch eine Infrarot-Lichtschrankenautomatik läuft die Kuppel bei Bewegung des Teleskops automatisch mit.

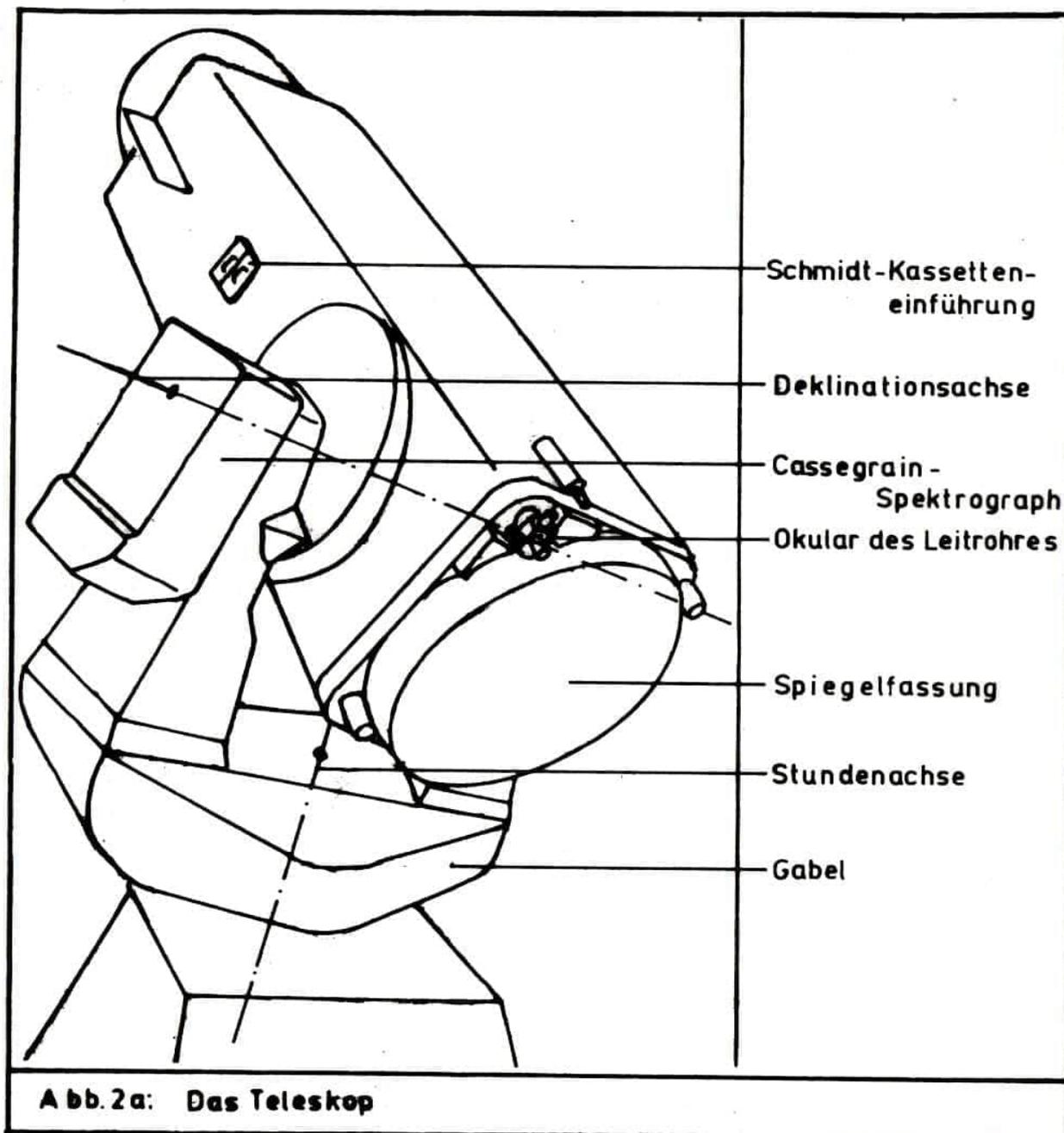
Das 2-Meter-Universal-Spiegelteleskop

Nun soll das Teleskop näher vorgestellt werden.

Es ist das erste moderne astronomische Großgerät auf dem Boden der DDR. Dieses Teleskop beinhaltet gleich drei unterschiedliche optische Systeme mit drei verschiedenen Öffnungsverhältnissen und Brennweiten, das sogenannte Schmidt-, Cassegrain- und Coudé-System.

Das Objektiv besteht aus einem sphärisch geschliffenen Hohlspiegel von 2 m Durchmesser und 4 m Brennweite. Allein schon die Herstellung dieses gewaltigen Spiegels war eine Meisterleistung der Mitarbeiter des VEB Schott und Gen. Jena und des VEB Carl Zeiss JENA. Der dazu benötigte Rohglasblock wog 2300 kg. Der Kühlvorgang nach dem Gießen dauerte mehrere Monate. Würde er nämlich zu schnell abkühlen, könnten sich Spannungen bilden, die zur Zerstörung des Blockes führen könnten. Die endgültige Form des Spiegels wurde

mit einer eigens dazu konstruierten und gebauten Schleifvorrichtung vom VEB Carl Zeiss JENA geschliffen. Dank der großen Erfahrungen dieser beiden Betriebe entstand ein Spiegel mit sehr guten optischen Eigenschaften. Der so geschliffene Spiegelkörper erhielt noch eine aufgedampfte dünne Aluminiumschicht als Reflexionsbelag. Der Spiegel ist am hinteren Ende des Tubus in der Spiegelfassung des Teleskops befestigt.



Wichtig für das Fernrohr ist seine Beweglichkeit, um es auf beliebige Objekte des Himmels richten zu können. Andererseits muß es aber erschütterungsfrei stehen, wenn man erfolgreich beobachten will. Die Aufstellung, auch Montierung genannt, erfolgt so, daß das Fernrohr um zwei senkrecht zueinander stehende Ach-

sen beweglich ist. Diese gesamte Vorrichtung wird auf einem stabilen Fundament, meist auf felsigem Untergrund, aufgestellt. Beim Tautenburger Teleskop handelt es sich um eine sogenannte Gabelmontierung. Die Gabel, die das Teleskop trägt, ist um die sogenannte Stundenachse drehbar gelagert. Diese liegt genau

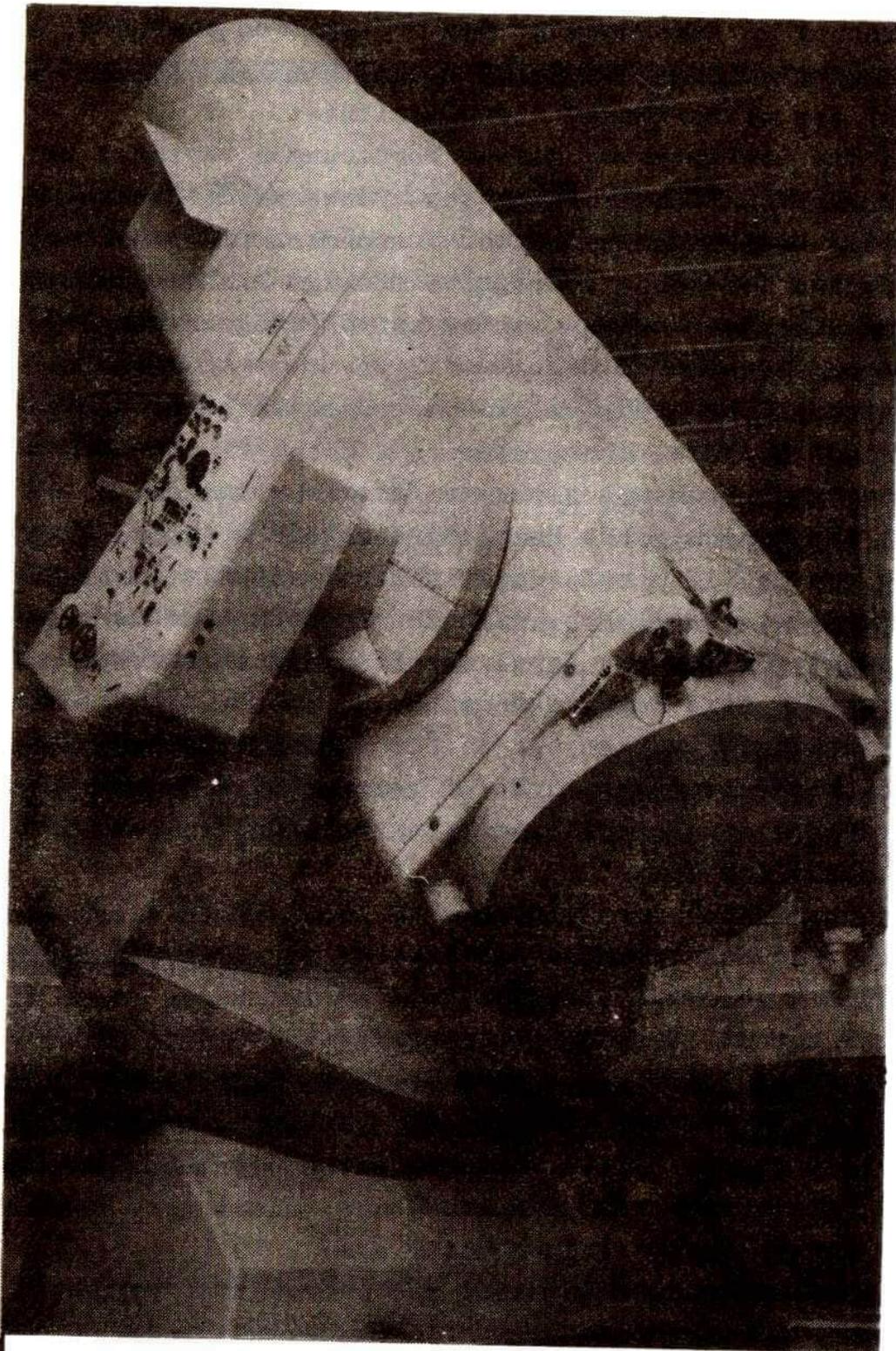


Abb. 2b: Das 2-m - Universal - Spiegelteleskop

parallel zur Rotationsachse der Erde. Dazu senkrecht läßt sich das eigentliche Fernrohr um die Deklinationsachse in der Gabel bewegen. Man kann nun durch Drehung um diese Achse die Deklination des zu beobachtenden Sternes einstellen. Die Rektaszension stellt man durch Drehung um die Stundenachse ein. Bewegt man jetzt das Teleskop so um diese Achse, daß es in 24 Stunden eine volle Umdrehung entgegengesetzt der Erdrotation ausführt, so folgt es der scheinbaren Bewegung des Sternes. Das Fernrohr ist also ständig auf den betreffenden Stern gerichtet.

Die technische Realisierung dieser Forderungen verlangt bei solchen gewaltigen Geräten höchste Präzision. Schwermaschinenbau und Feinmechanik sind hier eng miteinander verbunden. Die gesamte bewegte Masse dieses Teleskops beträgt 65 000 kg. Die astronomischen Anforderungen verlangen, daß man es auf die Bogensekunde genau ausrichten und nachführen muß.

Man kann sich solche Größen schwer veranschaulichen, deshalb wollen wir ein Beispiel dazu geben.

Eine Bogensekunde kann man sich wie folgt vorstellen:

Man stellt ein menschliches Haar, Durchmesser 0,05 mm, in einer Entfernung von ca. 10 m auf. Jetzt visiert man mit einem Zielfernrohr zunächst den linken, dann den rechten Rand des Haares an. Der Winkel, um den man dabei das Zielfernrohr drehen muß, beträgt ungefähr eine Bogensekunde.

Mit dieser Präzision müssen die 65 000 kg des Teleskops bewegt werden. Das alles besorgt ein Motor von nur 55 W Leistung.

(Ein Rührmixgerät im Haushalt hat eine Leistung von ca. 150 W.)

Wie ist das möglich ?

Die Deklinationsechse des Teleskops verläuft genau durch seinen Schwerpunkt. Die Stundenachse ist zweimal so gelagert, daß der Schwerpunkt des gesamten bewegten Gerätes im oberen Lager liegt. Dieses Lager hat die Form einer Kugelkalotte, die in einer Kugelschale gleitet. Dazwischen wird ein 0,05 mm dicker Ölfilm mit einem Druck von 2 MPa (20 at) gepreßt. Das ganze Gerät schwimmt also auf einem dünnen Ölfilm. Dadurch ist die Reibung sehr gering. Dazu kommt, wie gesagt, daß das ganze austariert ist. Deshalb reicht man mit so einem kleinen Motor aus.

Die Sternkoordinaten Rektaszension und Deklination können durch Drehmelderanzeiger an einem zentralen Steuerpult oder auf der beweglichen Beobachterbühne eingestellt werden. Die Bewegung des Teleskops kann in vier Geschwindigkeitsstufen erfolgen. Die automatische Nachführung wird durch eine Präzisionsuhr gesteuert.

Dr. H. G. Walther
 FSU Jena
 Sektion Physik

Laser - Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung

Seit nunmehr 20 Jahren ist der Laser intensives Forschungsgebiet physikalischen Arbeitens und wird zunehmend zum Gegenstand praktischer Anwendung.

In der folgenden Artikelserie soll in 3 Beiträgen ein Abriß über die physikalischen Grundlagen, die Eigenschaften sowie über die Vielfalt der Anwendungsmöglichkeiten des Lasers in Wissenschaft und Technik gegeben werden.

Laser ist eine englische Abkürzung für Light Amplifier by Stimulated Emission of Radiation, d.h. Lichtverstärker auf der Grundlage stimulierter Strahlungsemission. Die mit Lasern erzeugte elektromagnetische Strahlung gleicht in ihrem Verhalten der Strahlung amplitudenstabilisierter Radiowellensender. Aber während man mit den Methoden der klassischen Elektronik nur Frequenzen bis zu etwa 10^{12} Hz erzeugen kann, ermöglichen Laser die Erzeugung, Verstärkung und Wandlung elektromagnetischer Signale im optischen Frequenzbereich bis zu 10^{16} Hz.

1. Physikalische Grundlagen.

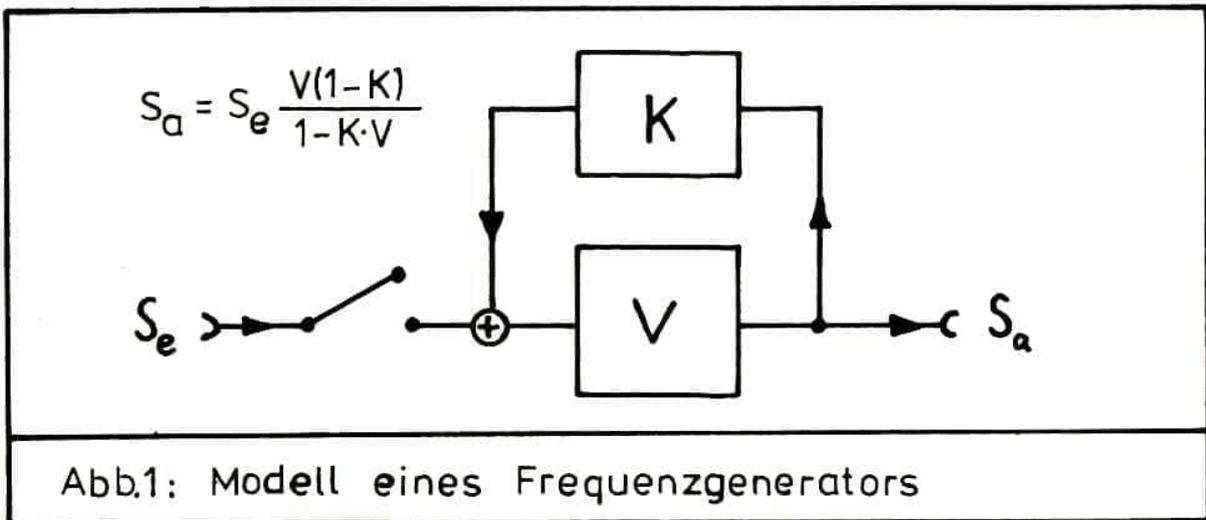
1.1 Grundbeziehungen des Frequenzgenerators

Für das in Abb. 1 dargestellte Modell eines Frequenzgenerators gilt näherungsweise der Zusammenhang zwischen Ausgangssignal S_a und Eingangssignal S_e

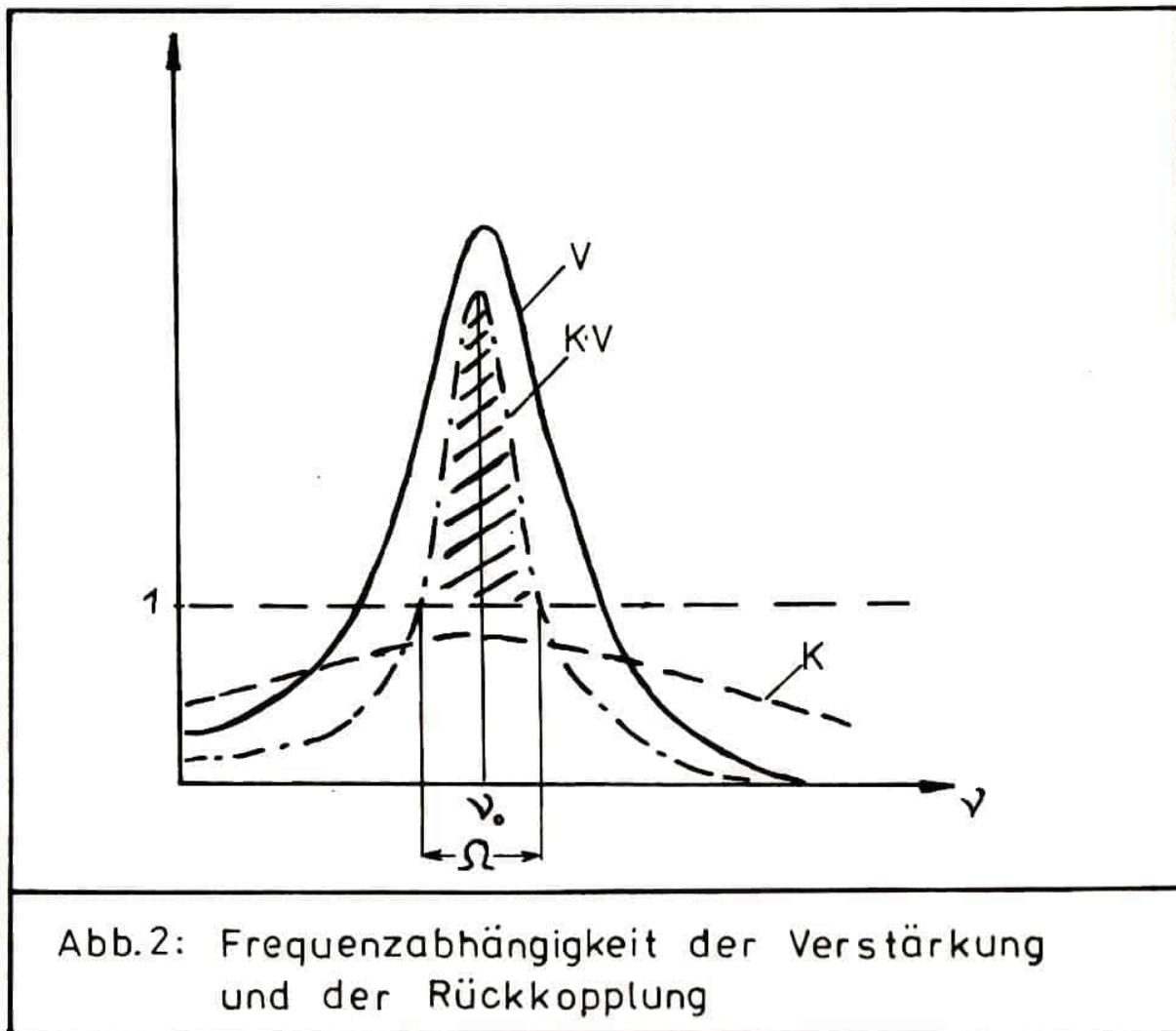
$$S_a \approx S_e \cdot \frac{V}{1 - K \cdot V}$$

wobei V der frequenzabhängige Verstärkungsfaktor des aktiven Bauelements und K der ebenfalls frequenzabhängige Rückkoeffizient ist. Für Mitkopplung (Summation) am Eingang sieht man, daß sich für $K \cdot V \geq 1$ (Schwellenbedingung)

auch für abgeschaltetes Eingangssignal das Ausgangssignal weiter "aufschaukelt", d.h. der Verstärker schwingt.



Die Frequenzabhängigkeit der Verstärkung und Rückkopplung führt entsprechend Abb. 2 dazu, daß nur innerhalb eines Frequenzbereiches Ω um die Resonanzfrequenz ν_0 die



Schwellbedingung erfüllt ist. Ω heißt die Bandbreite des Frequenzgenerators und das Verhältnis $Q = \frac{\nu}{\Omega}$ nennt man die Güte des Oszillators.

Dieses Grundprinzip des rückgekoppelten Verstärkers werden wir im Laser wiederfinden.

1.2 Lichtverstärkung

1.2.1. Einsteinsche Übergangskoeffizienten

In Abbildung 3 betrachten wir ein Atom in der Näherung des Bohrschen Atommodells. Jedes Elektron befindet sich in einem bestimmten Energieniveau. Bleibt das Atom sich selbst überlassen, so nehmen die Elektronen die ihnen nach der Pauli-Regel erlaubten tiefsten Energiezustände ein.

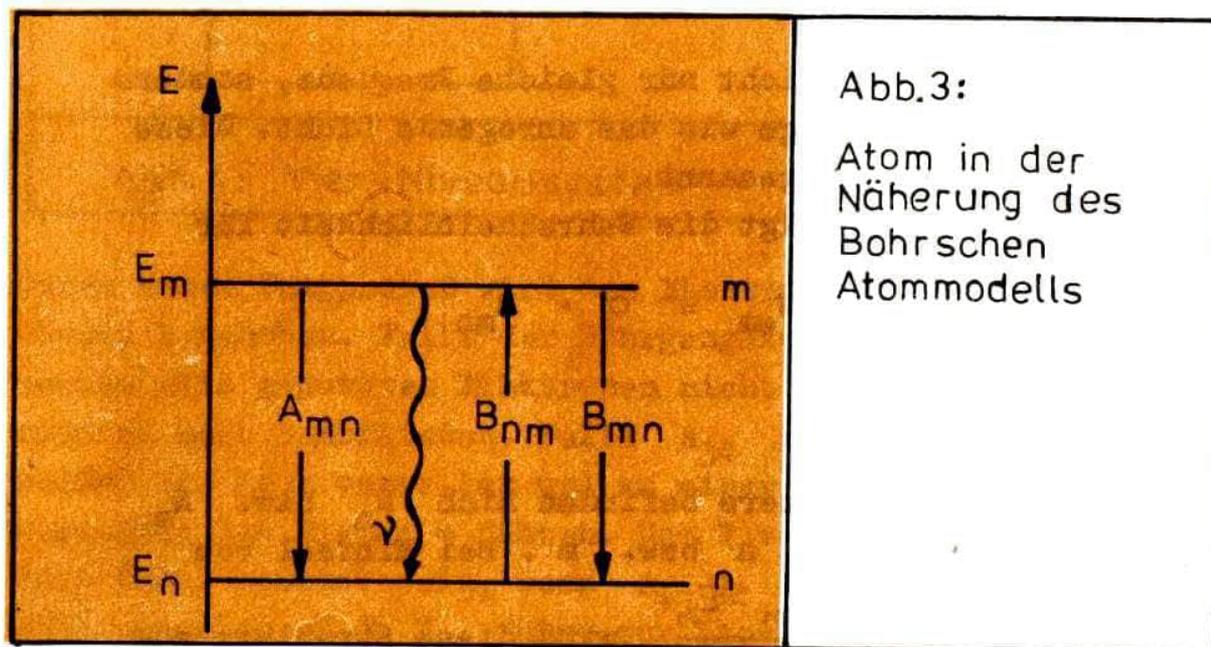


Abb.3:

Atom in der
Näherung des
Bohrschen
Atommodells

Wird die beim Übergang vom Niveau m zum Niveau n freiwerdende Energiedifferenz als Lichtwelle der Frequenz

$\nu = \frac{E_m - E_n}{h}$ abgegeben, so sprechen wir von spontaner Emission.

Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten dieses Prozesses hängt von beiden Energieniveaus ab und wird durch den Einsteinschen Übergangskoeffizienten A_{mn} der spontanen Emission ausgedrückt. Man kann den Übergangskoeffizienten A_{mn} anschaulich als den Kehrwert einer statistisch gemittelten Lebensdauer τ_{mn} des Elektrons im Energieniveau m gegen-

über dem Energieniveau n deuten: $A_{mn} = \frac{1}{\tau_{mn}}$

Wird das Atom mit Licht der Frequenz $\nu = \frac{E_m - E_n}{h}$ bestrahlt, so können Elektronen durch Absorption des Lichts vom Niveau n ins Niveau m angeregt werden. Die Wahrscheinlichkeit W_{abs} dafür hängt sowohl von der einstrahlenden Lichtintensität als auch vom Einsteinschen Übergangskoeffizienten B_{nm} ab.

$$W_{\text{abs}} = \mathcal{S} \cdot B_{nm}$$

Die Anwesenheit von Licht der Frequenz $\nu = \frac{E_m - E_n}{h}$ führt

also auch dazu, daß Elektronen im Niveau m zur Rückkehr ins Niveau n unter gleichzeitiger Emission von Licht der Frequenz $\nu = \frac{E_m - E_n}{h}$ angeregt (stimuliert) werden. Die so

emittierte Strahlung hat nicht nur gleiche Frequenz, sondern auch Richtung und Phasenlage wie das anregende Licht. Diese Eigenschaft wird Kohärenz genannt.

Analog zur Absorption beträgt die Wahrscheinlichkeit für stimulierte Emission

$$W_{\text{em}} = \mathcal{S} \cdot B_{mn}$$

1.2.2 Besetzungszahlinversion

Im aktiven Material des Lasers befinden sich N_n bzw. N_m Atome in den Energieniveaus n bzw. m . Bei Einfall von

Licht der Frequenz $\nu = \frac{E_m - E_n}{h}$ wird diese Strahlung so-

wohl absorbiert als auch durch stimulierte Emission kohärent ergänzt. Die jeweiligen Leistungen sind:

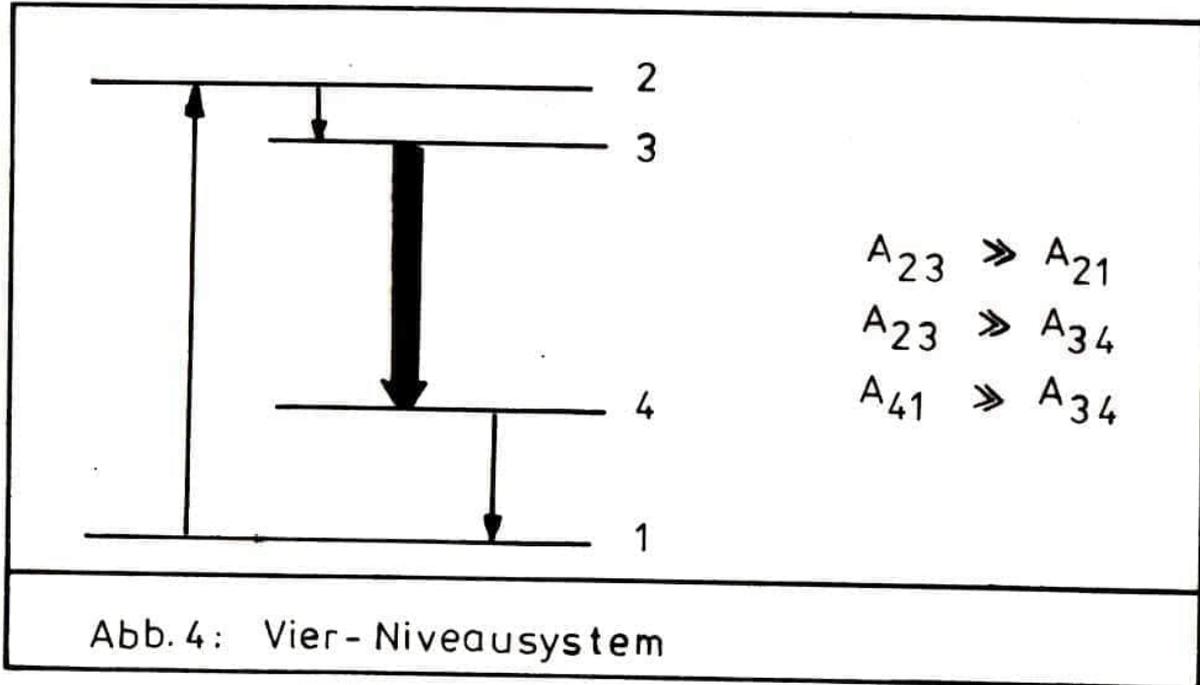
$$\text{absorbierte Leistung } P_{\text{abs}} \sim N_n \cdot \mathcal{S} \cdot B_{nm}$$

$$\text{emittierte Leistung } P_{\text{em}} \sim N_m (\mathcal{S} \cdot B_{mn} + A_{mn})$$

Wegen $B_{mn} = B_{nm}$ wird nur dann wesentlich mehr Strahlung emittiert als absorbiert - das Licht also verstärkt -, wenn $N_m > N_n$. Diesen Zustand nennt man Besetzungszahlinversion, das Lasermaterial dabei "invertiert". Der Prozeß zur Herstel-

lung der Inversion wird Pumpprozess genannt.

Im thermischen Gleichgewicht mit seiner Umgebung kann das in Abb. 3 betrachtete 2-Niveau-System nicht invertiert werden, da hier immer $N_n > N_m$. Andere Verhältnisse können in Mehrniveausystemen, wie z.B. in dem in Abb. 4 dargestellten 4-Niveausystem, auftreten.



Durch einen Pumpprozess wird das Elektron vom Niveau 1 in das Niveau 2 gehoben. Falls der Übergangskoeffizient $A_{23} \gg A_{21}$, werden alle gepumpten Elektronen nicht direkt nach 1 zurück, sondern nach 3 abfließen. Falls A_{34} genügend klein ist, werden sie hier verweilen und zu einer Besetzungszahlinversion gegenüber dem Niveau 4 führen. Das Niveau 4 wird dann besonders wenig besetzt sein, wenn $A_{41} \gg A_{34}$. Die Besetzungszahlinversion $\frac{N_3}{E_3} \gg \frac{N_4}{E_4}$ führt zur Lichtverstärkung bei der Frequenz $\nu = \frac{E_3 - E_4}{h}$ infolge stimulierter Emission.

1.3 Rückkopplung

Die Rückkopplung des Lichts in das verstärkende Lasermaterial zur Erfüllung der Schwellenbedingung wird durch Vielfachreflexion realisiert. Dabei wird das Lasermaterial in einen Resonator aus zueinander justierten hochvergüteten Spiegeln

gesetzt (Abb.5). Die sich in Längsrichtung des Resonators ausbreitende Lichtwelle wird an den Spiegeln S_1 und S_2 reflektiert und durchsetzt dabei wiederholt das Lasermaterial V . Bei jeder Reflexion wird ein gewisser Teil des Lichtes nach außen hindurchgelassen.

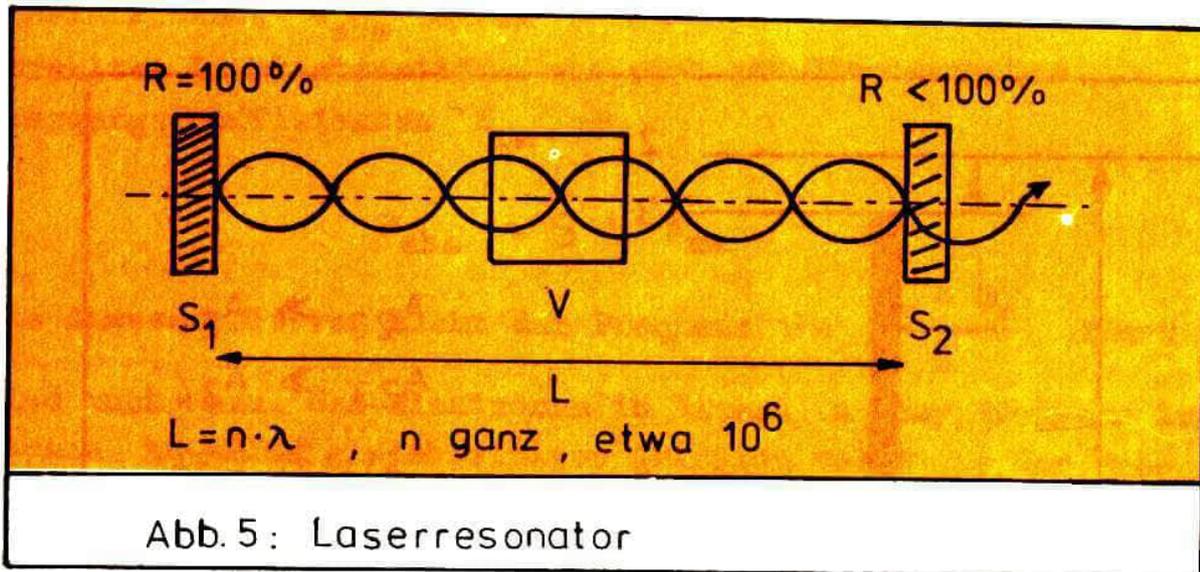


Abb.5: Laserresonator

Die optische Weglänge des Resonators wird dabei als ganzzahliges Vielfaches der Laserwellenlänge λ eingestellt. Dann bildet sich im Laserresonator ein stehendes Wellenfeld aus.

1.4 Laservorgang

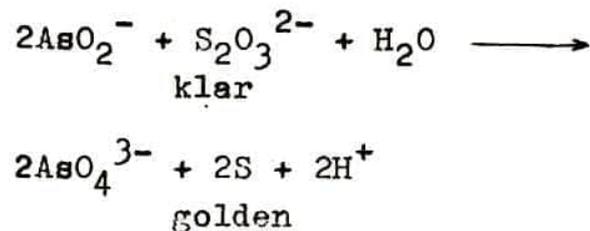
Durch einen Pumpprozess wird im aktiven Lasermaterial eine Besetzungszahlinversion $N_3 > N_4$ erzeugt. Durch spontane Emission wird Licht der Frequenz $\nu = \frac{E_3 - E_4}{h}$ in alle Richtungen emittiert. Die sich längs der Resonatorachse ausbreitende Welle wird an den Resonatorspiegeln reflektiert und durchdringt wiederum das aktive und invertierte Lasermaterial. Jetzt kommt es hier infolge stimulierter Emission zur kohärenten Lichtverstärkung, so lange die Schwellenbedingung des Lasers $V \cdot K \geq 1$ erfüllt ist. In sehr kurzen Zeiten "schaukelt" sich so das Wellenfeld im Resonator zu äußerst hohen Werten auf. Ein Teil der Lichtintensität durchdringt als intensiver kohärenter und sehr gut gebündelter Lichtstrahl den teildurchlässigen Spiegel S_2 .

Fortsetzung folgt

Das Experiment

Zauberei mit Chemie

Synthetische Golduhr

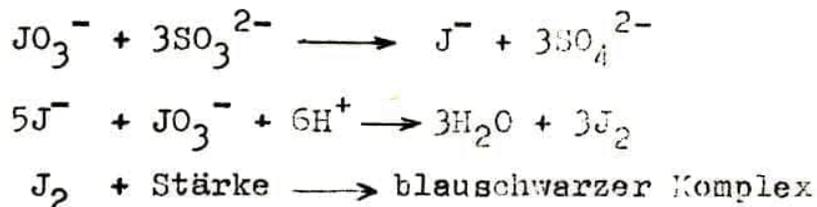


Man stellt die folgenden beiden Lösungen her:

Lösung A - man löst 3 g Natriumarsenit (NaAsO_2) in 150 ml Wasser und gibt 16,5 ml Eisessig dazu; Lösung B - man löst 30 g Natriumthiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) in 150 ml Wasser.

Man gießt je 150 ml der Lösungen A und B in verschiedene Erlenmeyer-Kolben. Dann vereint man die Lösungen. Nach ungefähr 30 Sekunden erscheint eine goldene Farbe. Der Zeitraum läßt sich durch Verringerung oder Erhöhung der Konzentration der Reaktionspartner verlängern bzw. verkürzen.

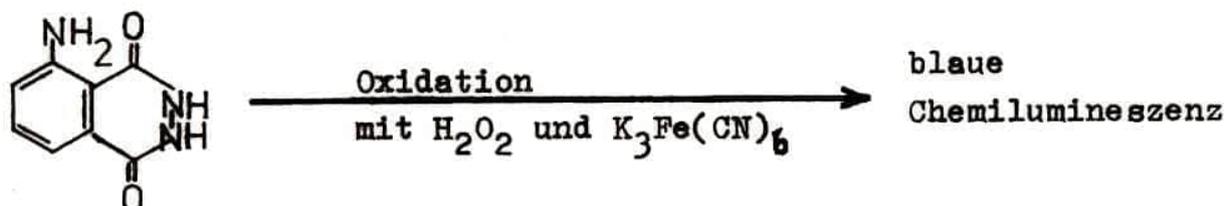
Iod-Uhr



Man stellt die folgenden beiden Lösungen her: Lösung A - man löst 0,25 g Kaliumjodat in 150 ml Wasser; Lösung B - man löst 0,1 g Natriumsulfit, 0,5 ml 6 n H_2SO_4 und 8 ml 1-prozentige Stärkelösung (1 g Kartoffelstärke in 99 ml heissem Wasser) in 142 ml Wasser. Je 150 ml der Lösungen A und B gießt man in zwei 500-ml-Erlenmeyer-Kolben. Dann vereint man

die Lösungen. Nach etwa 15 Sekunden sollte sich die Lösung schwarz färben. Durch Erhöhung oder Verringerung der Konzentration der Reaktionspartner läßt sich der Zeitraum variieren.

Kaltes Licht des Luminols



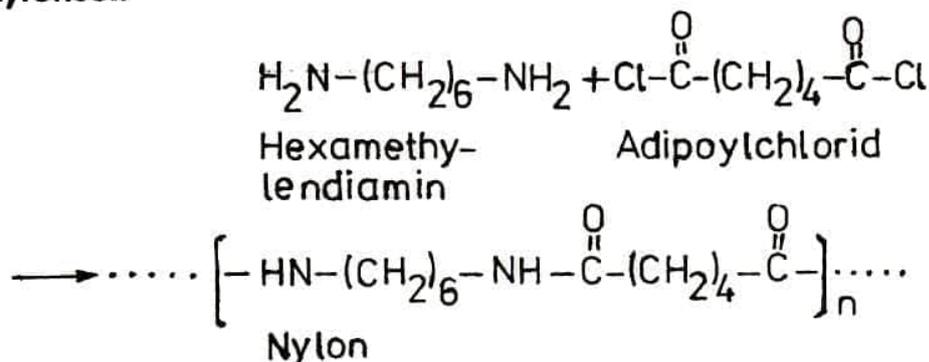
Man stellt die beiden folgenden Lösungen her:

Lösung A - man löst 1 g Luminol (5-Amino-2,3-diaza-1,4-naphthoquinon) und 50 ml 10-prozentiges NaOH in 450 ml Wasser; Lösung

B - man stellt 500 ml einer 3-prozentigen $\text{K}_3\text{Fe(CN)}_6$ -Lösung her (3 g $\text{K}_3\text{Fe(CN)}_6$ pro 97 g Wasser). 50 ml der Lösung A gießt man zusammen mit 350 ml Wasser in ein 500-ml-Becher-Glas. In ein zweites Becherglas bringt man 50 ml der Lösung B, gibt dazu 350 ml Wasser und 3 ml 30-prozentiges H_2O_2 .

Nach dem Verdunkeln des Raumes gießt man die beiden Lösungen gleichzeitig durch einen großen Trichter in einen 2-l -Kolben, in dem sich ein paar Kristalle Kaliumhexacyanoferrat (III) befinden. Das blaugrüne Licht, das erscheint, kann durch kleine Mengen verdünnter Lauge immer wieder aufgefrischt werden, wenn es anfängt zu verblassen. Der Effekt hängt empfindlich von der Konzentration des Peroxids ab. Es kann sich als notwendig erweisen, die optimale Menge und Konzentration des Peroxids experimentell herauszufinden.

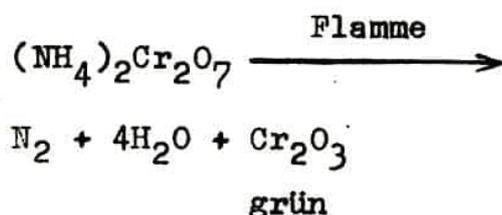
Nylonseil



Man gießt 25 ml einer wässrigen Lösung, die $0,5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ Hexa-

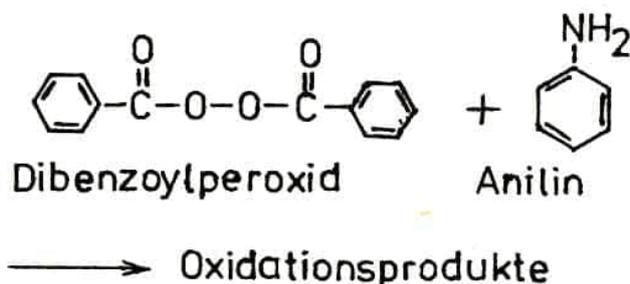
methyldiamin und $0,5 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1} \text{NaOH}$ enthält, in ein 100-ml-Becherglas. Dann läßt man entlang einer Wand des Becherglases vorsichtig 25 ml einer 0,25-molaren Lösung von Adipoylchlorid in Cyclohexan so in das Becherglas laufen, daß sich die organische und wässrige Schicht nicht mischen. Mit einem Kupferdraht, dessen Spitze zu einem kleinen Haken gebogen ist, zieht man den Nylonfilm, der sich an der Grenzfläche der beiden Schichten bildet, vorsichtig aus der Lösung. Es läßt sich ein zusammenhängender, etwa 13 m langer Faden herausziehen.

Vulkan



Man füllt ein 100-ml- oder 150-ml-Becherglas mit granuliertem Ammoniumdichromat und gießt es in Form eines Haufens auf ein großes Stück Asbestpappe. Die Spitze des Haufens feuchtet man mit einigen Millilitern Aceton an und entzündet sie. Das grüne Reaktionsprodukt nimmt ein wesentlich größeres Volumen ein als das Ausgangsmaterial.

Rauchpilz



Man bringt Dibenzoylperoxid in ein 25-ml-Reagenzglas, so daß es bis zu einer Höhe von 0,5 bis 1 cm gefüllt ist. Man stellt das Reagenzglas in ein Gestell und gibt einen Tropfen Anilin hinein. Nach etwa 15 Sekunden steigt ein Rauchpilz bis an die Decke.

Rote Stichtlamme



Man füllt ein 20-ml-Präparatglas mit Kaliumchlorat und verschließt es. Ein zweites 20-ml-Gläschen füllt man mit einem Gemisch aus Zucker und 0,5 g Strontiumnitrat. Man verschließt es ebenfalls. Die Gläschen bewahrt man bis zur Vorführung in einem 150 ml Becherglas auf. Wenn man so weit ist, den Trick vorzuführen (nicht vorher), mischt man den Inhalt der beiden Gläschen sorgfältig in einem sauberen, trockenen Becherglas mit einem sauberen, trockenen Rührstab.

Dann bringt man 1 bis 3 ml konzentrierte Schwefelsäure auf ein Stück Asbestpappe, verdunkelt den Raum, schüttet die Mischung darauf und tritt zurück. Nach einem kurzen Knistern entzündet sich eine intensive rote Flamme.

Grüne Stichtlamme

Man wiegt 4 g Zinkstaub in ein trockenes 5-ml-Gläschen. In ein 25-ml-Gläschen wiegt man 4 g NH_4NO_3 , 1 g NH_4Cl und 0,5 g $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. Wenn man bereit ist, den Trick vorzuführen (nicht vorher!), schüttet man das Zink in das andere Gläschen, verschließt es und schüttelt kräftig durch, so daß der Inhalt gründlich gemischt wird. Dann schüttet man die graue Mischung auf Asbestpappe und spritzt ein paar Tropfen Wasser auf den Pulverhaufen (z.B. durch Schütteln der nassen Finger). Eine grüne Flamme schießt spontan empor.



ÜBRIGENS...

Um zu begreifen, daß der Himmel überall blau ist, braucht man nicht um die Welt zu reisen!



Das Votum der Dogen

Eine Betrachtung über Patente und Erfinder

Mit 116 gegen zehn Stimmen - bei drei Enthaltungen - hat der Rat der Republik Venedig den Patentschutz angenommen. Ob dieses Votum seinerzeit große Publizität erlangt hat, ist nicht bekannt. Fernseh- und Rundfunkinterviews aus dieser Zeit sind nicht archiviert. Doch muß den hochgestellten Persönlichkeiten von damals nicht unterstellt werden, sie hätten vielleicht eine gewisse Scheu davor gehabt, zu ihren Beschlüssen sogleich munter vor der Öffentlichkeit Stellung zu beziehen. Eher ist wohl damit zu rechnen, daß die Dogen in diesem Jahre 1474 noch andere Sachen im Kopf hatten. Außerdem war es für Zeitungsmeldungen sowieso zu früh. Gutenbergs Erfindung der beweglichen Lettern aus Metall war gerade 30 Jahre alt.

Dennoch hat sich der sorgfältig nummerierte und registrierte papierne Panzer, der das geistige Eigentum von Personen und später auch von Institutionen vor unbefugter ökonomischer Verwertung schützen sollte, um die Welt verbreitet.

Not hat zu allen Zeiten erfinderisch gemacht. Doch die früher oft üblichen, zu Tränen provozierenden Darstellungen von Erfinderschicksalen vergaßen meist, daß die wesentlichen Erfindungen zu ihrer Zeit in der Luft gelegen haben. Der Entwicklungsstand der Produktivkräfte hatte sie unumgänglich gemacht. Watt erfand seine Dampfmaschine, als sie gebraucht wurde. Daß er dabei die Fliehkraftregelung einem schon längst bei Windmühlen üblichen Prinzip entnahm, kennzeichnet ihn so recht als Erfinder. Er kannte und verwertete seine "Fachliteratur".

Daß die bahnbrechenden Erfindungen zeitgerecht kamen und in den Erfindern gleichsam nur ihr Medium gefunden haben, um materielle Gestalt anzunehmen, hat also weder etwas Mystisches an sich, noch schmälert es die bewunderungswürdigen geistigen - und physischen Leistungen derer, die sich in risikoreiches Neuland wagten.

In den Jahrhunderten, die nach der Stagnation des Mittelalters folgten, hat Streben nach dem Patent vielen Ideen zum Durchbruch verholfen. So manches blieb aber auch, zum Wohle des Profits, auf der Strecke. So dürfen wir froh sein, daß die großen Denker der Menschheit keines ihrer Werke in einer Patentbibliothek hin-

terlegen konnten. Auf diese Weise wurden ja auch Marx' Ideen sofort zur allgemeinen praktischen Verwendung frei, und bekanntlich wurde davon auch reger Gebrauch gemacht.

Der Zeitvorteil vor dem meist unbekanntesten Konkurrenten wird mit dem Patent zu wirtschaftlichem Gewinn umgemünzt. Dies hat oft den Geist beflügelt und dem Erfinder den Schlaf und manchmal sogar das Leben genommen. Wohl hat es nie, so wie um das Gold, auch um Patente Krieg gegeben. Doch die Jagd nach dem Alleinverwertungsrecht einer lukrativen Idee hat - neben Todesfolgen, wie dem Selbstmord des amerikanischen Nylon-Erfinders, dem die Weiterentwicklung seines Gespinnstes zur unzerreißbaren Faser vom Konzern untersagt wurde - auch schon bedeutende politische Konsequenzen gehabt. Man denke nur an die junge DDR, die einst von seriös aussehenden Herrn mittels kleiner, über die Grenzen geschmuggelter Aktenkoffer um manche Exportchance betrogen worden ist. Welch gewaltiger Anstrengungen der Arbeiter und Ingenieure hat es bedurft, mit neuentwickelten Erzeugnissen wieder Weltgeltung zu erlangen.

Der Weg von Wissenschaft und Technik ist mit Patenten gepflastert, aber mit ihnen keinesfalls identisch. Denn viele kapitalistische Konzerne melden, aus Angst vor der Konkurrenz, ihre Erfindungen gar nicht erst an. Zum anderen igeln sie sich in Patente oft geradezu ein, ohne sie jemals zu benutzen. Sie schützen damit die moralische Lebensdauer ihrer Produkte und behindern, wenn es auch häufig nach dem Gegenteil aussieht, den technischen Fortschritt manchmal erheblich. So ist eine der wichtigsten IBM-Erfindungen, der Plattenspeicher, gegen die ausdrücklichen Ermahnungen der Bosse konstruiert worden, und vom ewigen Zündholz, dessen Formel in einem Panzerschrank unrühmlich dahinschläft, geht die Sage ja schon lange.

500 Jahre nach der Abstimmung von Venedig haben die Erfinder in unserem Teil der Welt die Chance erhalten, ausschließlich zum Nutzen der Gesellschaft zu wirken. Die das ganz Neue suchen, haben unsere Anerkennung. Doch wer aus dem gesammelten Wissen der Menschheit mit einer bis dahin unbekanntesten Kombination, durch Hinzufügen eines vielleicht winzigen Details, eine neue Qualität erzeugt, hat unseren Respekt nicht weniger. Der Mann, der neue Billardkugeln erfinden wollte und dabei das Zelluloid erfand, ist darin ebenso eingeschlossen wie das Kollektiv von Wissenschaftlern und Arbeitern, die im Hallenser Institut neue Schweißtechniken nach Programm erfinden.

Dr. H.-U. Peter
FSU Jena
Sektion Biologie

Wissenschaftliche Vogelberingung

Schon vor einigen Jahrhunderten wurden Vögel mit beschrifteten Fußringen gekennzeichnet, wobei diese Markierungen meist zufälliger Natur waren und nicht wissenschaftlichen Zielen dienten.

Den Grundstein für die moderne Vogelzugforschung legte im Jahre 1899 der Däne H.C.C. Mortensen. Er markierte auf wissenschaftlicher Grundlage als erster Stare mit Aluminiumringen; insgesamt konnte er in 17 Jahren etwa 5000 Vögel beringen. 1903 wurde die Beringung in Deutschland, 1908 in Ungarn und 1909 in England, Rußland und den USA eingeführt.

Heute werden allein in Europa jährlich etwa 3 Millionen Vögel in 500 Arten beringt; seit den Anfängen der Vogelberingung beringten die Mitarbeiter der Vogelwarten etwa 50 Millionen Vögel!

Seit 1964 ist die 1936 gegründete Vogelwarte Hiddensee die Beringungszentrale der DDR. In der DDR sind z.Zt. etwa 340 Beringer auf der Grundlage der "Anordnung über die Beringung der Vögel und Fledermäuse für wissenschaftliche Zwecke ..." ehrenamtlich für die Vogelwarte Hiddensee tätig. Sie beringen jährlich etwa 100 000 Vögel in mehr als 150 Arten; insgesamt sind es seit 1964 etwa 1,6 Millionen.

Wie werden Vögel eingefangen?

Kleinvögel, vor allem Singvögel, fängt man heute vorwiegend mit Stellnetzen (Japan-, Zwirn-, Perligran- oder Monofilnetze) gefangen. Diese 6 bis 25 m langen und 1,5 bis 3 m hohen Netze bestehen aus 4 bis 6 dickeren Längsfäden, zwischen denen ein dünneres, für den Vogel nicht oder kaum sichtbares Netzwerk gespannt ist, in dem er sich verfängt.

Andere Fanggeräte sind Siebfallen oder Schlagfallen, die sowohl selbständig fangen können oder auch aus größerer Entfernung ausgelöst werden.

Zum Fang von Schnepfen- und Entenvögeln stellen Beringer auch sog. Reusen auf; das sind Drahtkäfige, die ähnlich wie eine Fischreuse nur kleine Eingänge besitzen, aus denen die Vögel nicht herausfinden. Die einfachste Möglichkeit, Jungvögel zu beringern, ist die Nestersuche. Viele Arten legen ihre Nester aber sehr versteckt bzw. in den höchsten Gipfeln der Bäume an, so daß große Ausdauer bzw. gute Kletterkünste zum Beringern dazugehören.

Die moderne Technik hat in vielfältigster Form in die Beringung Einzug gehalten: Zur Anlockung der Vögel werden immer mehr vom Tonband abgespielte Vogelstimmen verwandt. Beim Gänsefang werden sog. Raketennetze eingesetzt; diese Netze sind mit Geschossen verbunden, so daß pro Schuß bis 100 Grau- oder Saatgänse gefangen werden können.

Wie wird ein Vogel beringt?

Jedes Land besitzt eine Beringungszentrale, die Aluminiumringe mit der Aufschrift der Vogelwarte, des Landes und einer fortlaufenden Ringnummer prägen läßt. Seltener werden Farbringe eingesetzt, die bei Verwendung verschiedener Farbkombinationen bzw. bei Halsringen bestimmter Buchstaben oder Zahlen das individuelle Erkennen auch ohne Fang ermöglichen.

Die Vogelwarte Hiddensee gibt z.B. 9 verschiedene Aluminiumring-Grundgrößen (Gr. 1 für Adler bis Gr. 9 für Kleinvögel) und einige Spezialringe für Schwäne, Störche, Tauben, Segler und Eisvögel heraus. Die Ringe werden mit einer Zange geschlossen, wobei größere Ringe spezielle Schlaufen besitzen, die umgebogen werden müssen.

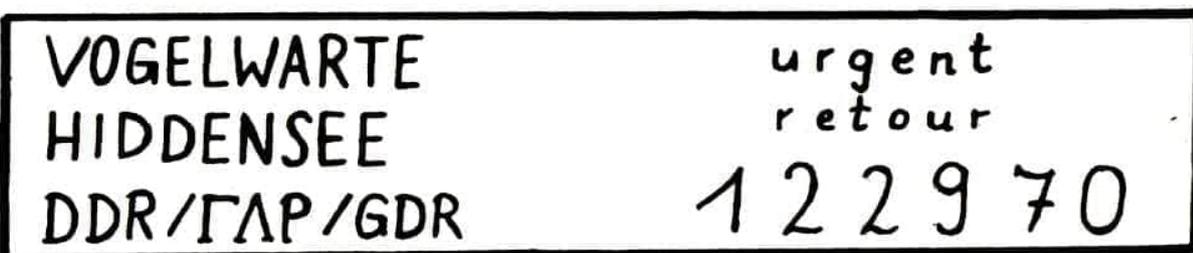


Abb.: Ringaufdruck für Vogelberingung

Bei der Beringung notiert der Beringer neben der fortlaufenden Ringnummer die Vogelart, das Alter, Geschlecht, Gewicht, die Flügelänge, den Beringungsort, -kreis, -bezirk, das Datum, die Uhrzeit, weitere biologische Daten und besondere Fangumstände.

Wie erfolgt die weitere Aufarbeitung und Auswertung der Daten?

Die obengenannten Daten werden seit 1977, d.h. nach Einführung der Elektronischen Datenverarbeitung in die Beringung, in EDV-Listen übertragen und im Rechenzentrum der Universität Greifswald gespeichert. Findet man einen Ring bzw. einen toten oder verletzten Vogel, schickt man den Ring (bzw. die Ringnummer) unter Angabe der Fundumstände, des Datums und des Fundortes an die

Vogelwarte Hiddensee
Beringungszentrale der DDR
2346 KLOSTER /Hiddensee

(Ringe von Fledermäusen werden an das ILN Dresden, 8019 Dresden, Stübelpalast 2 geschickt).

Im Rechenzentrum werden diese Daten eingegeben, so daß der Rechner dann eine Wiederfundkarte ausdruckt, auf der sowohl die Beringungs- als auch Wiederfunddaten enthalten sind. Eine solche Karte geht auch dem Finder zu.

Welche Ziele verfolgt die Vogelberingung?

Das ursprüngliche Ziel war die Erforschung der Wanderwege und Winterquartiere der Vögel; heute haben wir darüber schon gute Vorstellungen. Andererseits erlebt man auch Überraschungen: Z.B. tauchten von uns in Jena beringte Höckerschwäne, die wir für Parkschwäne oder zumindest halbzahme Schwäne hielten, nach wenigen Monaten an der Ostseeküste im Raum Wismar, in Dänemark, im Berliner Raum oder auch in Speyer am Rhein auf.

Heute stehen immer mehr andere Fragen der Biologie, besonders der Ökologie der Vögel, im Vordergrund unserer Untersuchungen, wie z.B.: Geburtsorttreue, Lebensalter, Zusammenhalt der Paare, Verbreitungstendenzen und besonders in neuerer Zeit Aussagen über Bestandsschwankungen.

Vielfältige Fragestellungen gibt es im Zusammenhang mit der verantwortungsvollen Nutzung der natürlichen Ressourcen, der Erhaltung des "natürlichen Gleichgewichts" in der Kulturlandschaft und der Erhaltung geschützter und gefährdeter Arten zu lösen.

Alle diese Probleme im Zusammenhang mit der optimalen Gestaltung unserer Umwelt einer Klärung zuzuführen und wirksame Maßnahmen zum Schutz der Natur zu erarbeiten, ist die wichtigste gesellschaftliche Aufgabe, die den Beringern laut Artikel 15 der Verfassung gestellt ist.

Wissenswertes:

Pluto - ein entführter Mond?

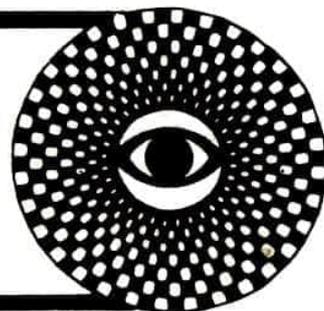
Pluto, der von der Sonne am weitesten entfernte Planet, war möglicherweise einst ein Satellit des Neptuns. Seinem Durchmesser (3000 km) und seiner Masse (ein Siebentel des Erdmondes) nach ähnelt er den Monden der großen Gasplaneten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.

Die Bahn Plutos ist ziemlich exzentrisch und kreuzt die Neptunbahn. Die "Entführungshypothese", bereits 1936 aufgestellt, griffen erneut zwei amerikanische Astronomen auf und berechneten, wie eine "Entführung" des Plutos aus dem Bereich Neptuns vor sich gegangen sein könnte.

Ein fremder Himmelskörper mit der fünffachen Masse der Erde hätte demzufolge das System des Neptuns (mit seinen Monden Triton, Nereide und Pluto) kreuzen und Pluto auf seine heutige Bahn ablenken können. Mit dieser Berechnung würde auch erklärt, warum der Mond Triton den Planeten Neptun in "falscher" Richtung umläuft und warum die Umlaufbahn des Mondes Nereide die Gestalt einer langgestreckten Ellipse hat, schreibt die Zeitschrift Icarus (Band 39/S. 131).

aus ND 10./11.11.79

DOKUMENTATION für den naturwissenschaftlichen und Staatsbürgerkunde-Unterricht



Internationale Zusammenarbeit bei der Lösung globaler Probleme

Interview mit Joao F. da Costa

(Generalsekretär der UNO-Konferenz über Wissenschaft und Technik) aus "Probleme des Friedens und des Sozialismus" 8/79 (gekürzt).

Frage: Wie schätzen Sie die heutigen Möglichkeiten von Wissenschaft und Technik bei der Lösung globaler Probleme (Rohstoffe, Ökologie, Energie, Nahrungsmittel usw.) ein?

J.F. da Costa:

Viele vor der Menschheit stehenden globalen Probleme sind in der heutigen Welt so akut und dringlich geworden, daß ihre Lösung keinen Aufschub duldet. Besonderes Augenmerk wird der Rolle, den Methoden und dem Beitrag von Wissenschaft und Technik dabei gelten. Es ist wichtig, das notwendige wissenschaftlich technische Potential zu bestimmen.

Die Haupthindernisse bei der Lösung globaler Probleme sind aber politischer und sozialer und nicht wissenschaftlich-technischer Art.

Wissenschaft und Technik sind lediglich Instrumente, um bestimmte Ziele der sozialökonomischen Entwicklung zu erreichen. Zwei verschiedene Gruppen globaler Probleme erlangen heute besondere Bedeutung. Das ist erstens der umfangreiche Komplex von Fragen, die verbunden sind mit der Umgestaltung internationaler Beziehungen, entsprechend den Prinzipien der friedlichen Koexistenz einschließlich der Verhütung eines Kernwaffenkrieges, Eindämmung des Wettrüstens, Umgestaltung der internationalen Wirtschaftsbeziehungen auf gerechter und demokratischer Grundlage, Ausmerzung von Armut und Rückständigkeit.

Der zweite Fragenkomplex betrifft die Optimierung der Wechselwirkung Mensch - Natur, die Befriedigung der zunehmenden Bedürfnisse der wachsenden Erdbevölkerung unter Bedingungen, wie der Mensch verstärkt auf seine Umwelt einwirkt.

Hierunter fallen Bevölkerung, Nahrungsmittel, Energie, natürliche Ressourcen, Umwelt, Gesundheit usw.. Diese Probleme sind von besonderem Interesse, da Wissenschaft und Technik besonders wichtig sind für die Art und Weise, wie sie gestellt und gelöst werden.

Die gegenwärtige Entwicklungsstufe von Wissenschaft und Technik erlaubt es prinzipiell, heute oder in allernächster Zukunft jedes der obengenannten Probleme zu lösen (z.B. Kernfusion - Energieproblem). Allerdings haben wir offenbar nur eine recht ungenaue Vorstellung davon, was die verschiedenen Wissenschaften zur Lösung globaler Probleme beitragen können, ebensowenig wissen wir, in welchem Grade sich die einzelnen Probleme durch Forschungen auf den verschiedenen Gebieten, die in den einen oder anderen Ländern durchgeführt werden, lösen lassen. Der Erfolg setzt ein vereintes nationales und internationales Bemühen voraus.

Frage: Welches ist die Rolle der internationalen wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit bei der Lösung globaler Probleme?

J.F. da Costa:

Kennzeichnend für die globalen Probleme, die zu einem Teil aus der sozialökonomischen Entwicklung und der gegenwärtigen wissenschaftlich-technischen Revolution resultieren, ist, daß sie Kraft ihrer Kompliziertheit und wechselseitigen Abhängigkeit nicht von einem Land bzw. wenigen Ländern allein gelöst werden können. Hierzu bedarf es sehr großer finanzieller, materieller und Arbeitskräfte-Ressourcen sowie der massierten Anwendung der neuesten Erkenntnisse von Wissenschaft und Technik. Weltweite koordinierte Aktivitäten aller Länder auf verschiedenen Ebenen sind erforderlich. Eben deshalb ist die Entwicklung einer breit angelegten und langfristigen internationalen Zusammenarbeit von Ländern unterschiedlicher sozialökonomischer Systeme notwendig. Der Schwerpunkt ist aber auf die nationale Tätigkeit zu legen.

Dringend notwendig ist die Ausarbeitung einer neuen Konzeption der internationalen Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technik, die das enge Zusammenwirken von nationalen Einrichtungen, internationalen Agenturen und nichtstaatlichen Organisationen als Repräsentanten der internationalen Gemeinschaft der Wissenschaftler voraussetzt.

Jedes Programm der internationalen Zusammenarbeit bei globalen Problemen muß auf nationalen Programmen basieren und einbezogen sein in die entsprechenden umfassenden nationalen sozialökonomischen Entwicklungsprogramme.

Die internationale Tätigkeit muß sich vor allem darauf konzentrieren, die Anstrengungen der einzelnen Länder, welche globale Probleme lösen oder zu deren Lösung beitragen, zu vervielfachen und sie noch stärker dazu zu befähigen. Es müssen langfristig zahlreiche Foren zu globalen Problemen organisiert werden, auf denen der Dialog zwischen Wissenschaftlern verschiedener Wissenschaftszweige und Länder ermöglicht wird. Eine erstrangige



Kaktus *M. supertexta* Martins (Mexiko)

Aufgabe ist die Festlegung der Hauptbereiche der internationalen Zusammenarbeit. Es gilt, die globalen Probleme ständig im Blickfeld zu behalten, um neue Aspekte, die Dynamik und Wechselwirkung zu erfassen.

Frage: Können Sie die Perspektiven und mögliche Wege charakterisieren, um die Errungenschaften des wissenschaftlich-technischen Fortschritts für friedliche Zwecke zu nutzen?

J.F. da Costa:

Sich mit Fragen der Wechselwirkung von Mensch und Natur zu befassen, wäre völlig sinnlos, würde man es den destruktiven Kräften gestatten, die Versuche zu deren Lösung zu durchkreuzen. Andererseits wird dadurch, daß riesige Ressourcen für das Wettüsten verausgabt werden und ein sehr hoher Prozentsatz von Wissenschaftlern Forschungen für militärische Zwecke betreibt, jeder ernsthafte Versuch behindert, die globalen Probleme in solchen Ausmaßen anzupacken, daß sie zu einem Ergebnis führen würden.

Die Entspannung und die Normalisierung der internationalen Beziehungen ist somit das wichtigste globale Problem und gleichzeitig eine unerläßliche Voraussetzung für die Lösung aller anderen. Erstrangige Bedeutung erlangt die Einstellung des Wettüstens und die Gewährleistung eines stabilen Abrüstungsprozesses.

Für 75 % der Erdbevölkerung dulden die Probleme der Massenarbeitslosigkeit, der Unterentwicklung und Abhängigkeit keinen Aufschub. Es wäre unrealistisch, Wissenschaft und Technik auf die Überwindung dieser oder jener globaler Probleme zu orientieren und obengenannte zu ignorieren.

Die historischen Erfahrungen besagen, daß die Wissenschaft zum Wohle wie auch zum Schaden der Menschheit angewandt werden kann. Folglich erlangen die sozial-humanistische Orientierung der Wissenschaft, die Gebote der Moral und Ethik immer größere Bedeutung.

Wissenschaftler und Spezialisten tragen eine besondere Verantwortung dafür, daß die Möglichkeiten der Wissenschaft und deren Erkenntnisse zum Wohle der Menschheit genutzt werden.

physikaufgabe

50

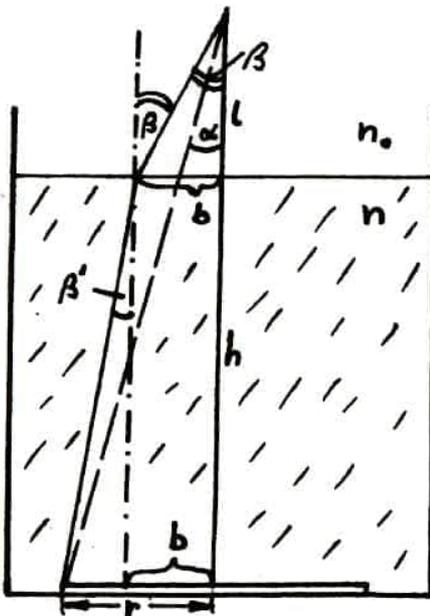
In einem Inertialsystem (ein Bezugssystem, in dem das Trägheitsgesetz gilt) befindet sich zum Zeitpunkt $t=0$ eine Punktmasse m_1 bei $x=x_1$ und eine Punktmasse m_2 bei $x=x_2$. Beide Massen sind zu diesem Zeitpunkt in Ruhe. Infolge ihrer gegenseitigen Gravitationsanziehung bewegen sie sich dann aufeinander zu. Man gebe die Relativgeschwindigkeit der beiden Massen in Abhängigkeit von ihrem gegenseitigen Abstand und den Ort des Zusammentreffens an!

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 aufgabe 43 aus heft 3/13.jg.

aufgabe: Auf dem Boden eines leeren Becherglases liegt eine Münze. Um wieviel mal größer erscheint diese Münze, wenn das Glas mit Wasser gefüllt ist? (Blickrichtung von oben)

lösung: Der Radius der Münze sei r , die Wasserhöhe: h und der Abstand Wasseroberfläche-Auge des Beobachters: l



Die Brechzahlen sind $n=1$ (Luft) und $n=1,33$ (Wasser). α ist der Winkel, unter dem der Radius der Münze ohne Wasser erscheint, β der Winkel mit Wasser infolge Brechung. Für die gesuchte Vergrößerung gilt dann: $V = \frac{\tan \beta}{\tan \alpha}$

Aus der Skizze ersieht man: $b = l \tan \beta$

und $b = r - h \tan \beta' \rightarrow l \tan \beta = r - h \tan \beta'$

Laut Brechungsgesetz gilt: $\frac{\tan \beta}{\tan \beta'} = \frac{\sin \beta}{\sin \beta'} = n$

(Wir setzen voraus, daß die Wasserhöhe groß im Vergleich zum Radius der Münze ist)

$$\rightarrow l \tan \beta = r - \frac{h}{n} \tan \beta \rightarrow \tan \beta = \frac{r}{1 + \frac{h}{n}}$$

$$\text{Laut Skizze ist } \tan \alpha = \frac{r}{1 + h} \rightarrow V = \frac{1 + h}{1 + \frac{h}{n}}$$

Interessant sind folgende Grenzfälle: a) Betrachtung aus sehr großer Entfernung ($l \gg h$) $\rightarrow V=1$ (keine Vergrößerung), b) Betrachtung von einem Punkt knapp über der Wasseroberfläche aus ($l \ll h$) $\rightarrow V=n=1,33$ (maximale Vergrößerung)

Von der Richtigkeit dieser Ergebnisse kann man sich auch durch einen praktischen Versuch überzeugen.

Sage mir,
worüber Du
gelacht, und

ich sage Dir,
in welcher
Zeit Du
gelebt
hast.

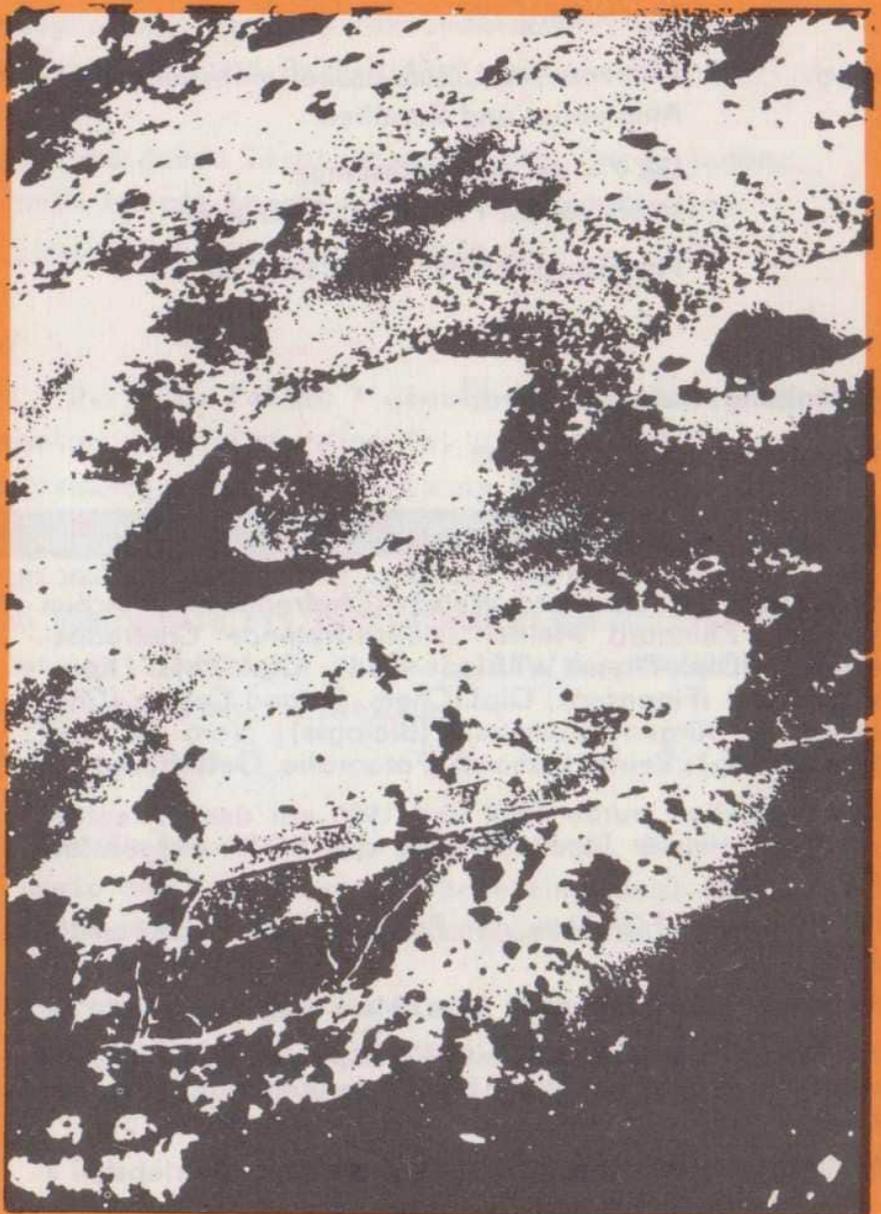
JURANDOT

JW
80



impuls 68

2



Laser und ihre Anwendung



Radioaktive Isotope



Karl-Schwarzschild-Observatorium



Amphibien und Reptilien



GR 9 – ein erstes Resümee

Titelbild:

Schrägaufnahme des Mond-
kraters Godenius (L. G.)

impuls

68

Walther	Die Laser und ihre Anwendung (2)	PHY	3
Michaelis	Die Anwendung radioaktiver Isotope in der Chemie (1)	CHE	9
Luthardt	Zwanzig Jahre Kari-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg (2)	AST	12
Mach	Wissenswertes über unsere einheimischen Amphibien und Reptilien	BIO	21
	GR 9 – ein erstes Resümee	INT	27
	Interview mit Prof. Ernst Schmutzer		
	Physikaufgabe Nr. 51, Lösung Nr. 44		31

Gestaltung: Rainer Luthardt

Redaktionsschluß: 6. 8. 1980

Redaktion: Dr. Eberhard Welsch (Chefredakteur); Achim Dittmar, Reinhard Meinel (stellvertretende Chefredakteure); Dipl.-Phys. Wilfried Hild; Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen); Dipl.-Chem. Roland Colditz (Chemie); Dr. Jürgen Sauerstein (Biologie); Vera Masurat (Gestaltung); Rainer Luthardt (Fotografie, Gestaltung)

Die Redaktion wurde 1969 und 1980 mit dem Ehrentitel „Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR“ ausgezeichnet.

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Anschrift: impuls 68, 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1

Lizenzgeber: Presseamt beim Vorsitzenden des Ministerates der Deutschen Demokratischen Republik unter der Nummer 1570

Kleinoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, Betriebsteil V „Werner John“, Rudolstadt

Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981. Bestellungen richten Sie bitte direkt an unsere Anschrift; bei Bezahlungen oder Anfragen nennen Sie unbedingt die Adresse, unter der Sie „impuls 68“ erhalten.

Heftpreis: -,40 M, Jahresabonnement: 4,- M



2. Lasertypen

Wesentliche Unterschiede der einzelnen Lasertypen bestehen im äußeren Aufbau, in der Art der Anregung sowie in den erreichbaren Ausgangsleistungen. Entsprechend dem laseraktiven Medium werden Festkörper-, Flüssigkeits-, Gas- und Halbleiterlaser unterschieden.

Die Anregung des Lasers kann durch Lichteinstrahlung, Gasentladung, einen Stromstoß oder durch andere Laser erfolgen. Grundsätzlich unterscheidet man kontinuierliche und gepulste Laser.

2.1. Laseraktives Medium

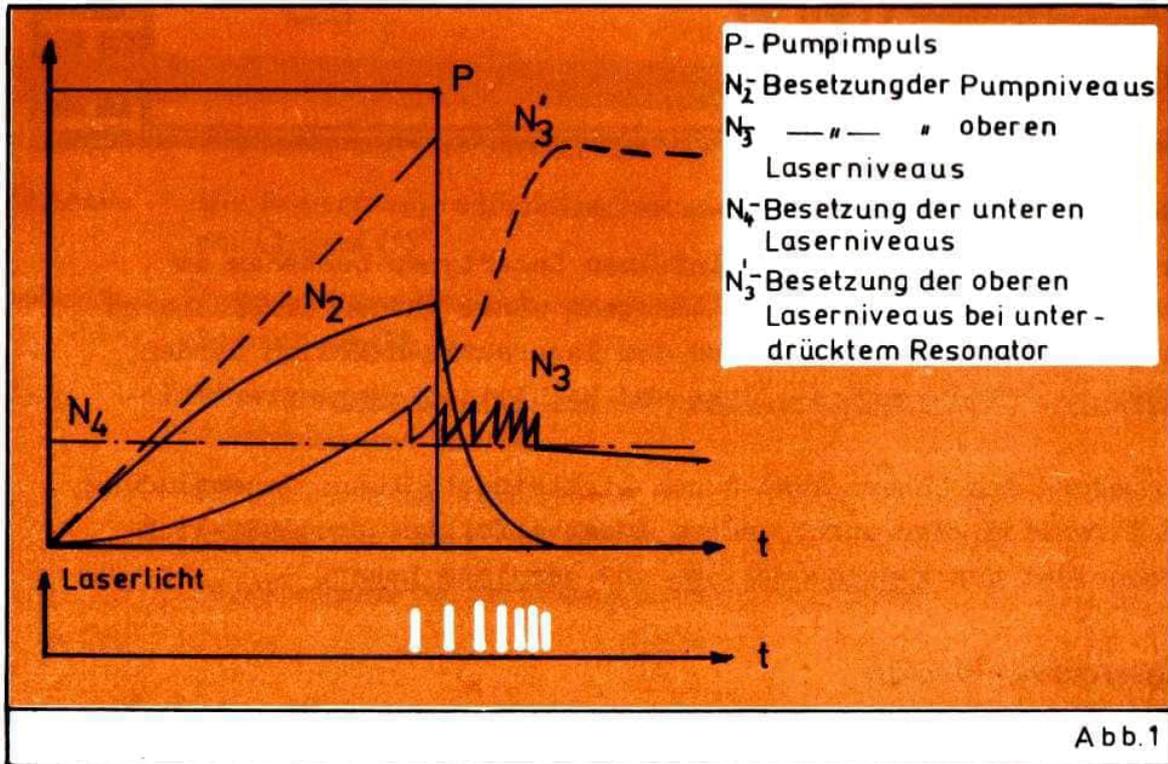
Entsprechend Abschnitt 1.2.2. des Teiles 1 dieses Artikels ist die Erzeugung einer Besetzungszahlinversion (z. B. $N_2 - N_3 > 0$ in einem vorliegenden 4-Niveau-System) Voraussetzung für die Lichtverstärkung. Der sich einstellende zeitliche Verlauf der Besetzungszahlen N_k im Energieniveau k für ein solches Energiesystem, das durch einen Pumpimpuls mit rechteckförmigem Zeitverlauf angeregt worden ist, ist in Abb. 1 dargestellt. Man erkennt wegen der vorausgesetzten Lebensdauerrelationen

$$\tau_{21} \gg \tau_{23}, \quad \tau_{34} \gg \tau_{41}, \quad \tau_{34} \gg \tau_{23}$$

das schnelle Entleeren der Energieniveaus 2 (Pumpniveau) und 4 (unteres Laserniveau) sowie das Anwachsen der Besetzungszahl im oberen Laserniveau 3 bis zum Einsetzen der stimulierten Emission.

Die Effektivität des Laserprozesses ist durch die Quantenausbeute, das ist das Verhältnis der Zahl der stimulierten Übergänge $3 \rightarrow 4$ zur Zahl der insgesamt vom Niveau 1 "weggepumpten" Teilchen,

charakterisiert. Als Wirkungsgrad wird das Verhältnis von erreichter Laserlichtenergie zu aufzuwendender Pumpenergie bezeichnet. Die oft beträchtliche Verlustenergie muß durch Kühlung des Lasermediums abgeführt werden.



2.1.1. Festkörperlaser

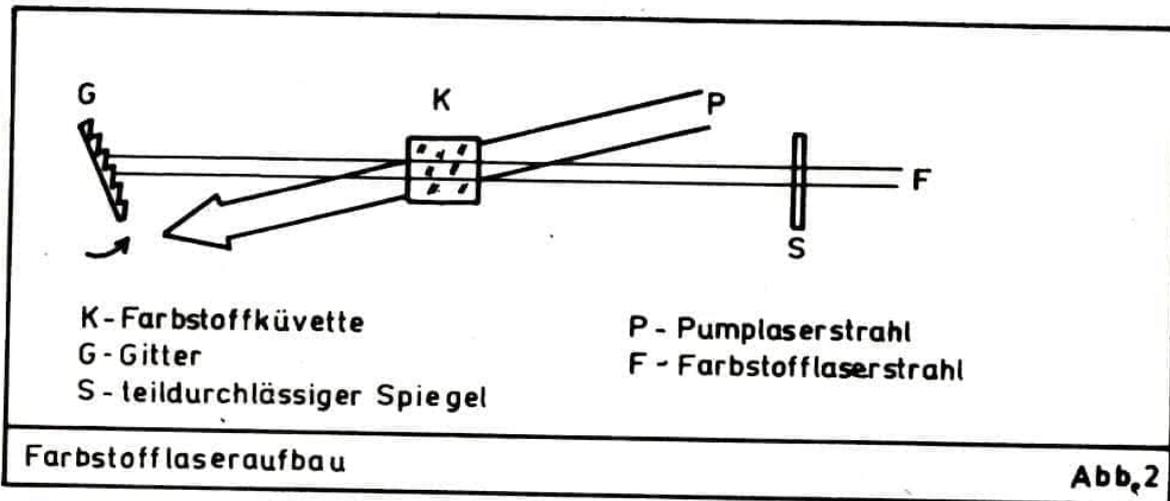
Typische Lasermaterialien sind hier der Rubinkristall (Al_2O_3 mit eingelagerten Cr^{3+} -Ionen) sowie Neodymglas. Aufgrund der hohen Teilchendichte von 10^{22} cm^{-3} im Festkörper können selbst bei Anregungsraten von 1 % noch sehr viele Teilchen zur Laseraktion gebracht werden. Das Pumpen erfolgt durch intensive Bestrahlung mit Edelgas-Blitzlampen in speziellen Reflektoren.

Lasermaterial	Wellenlänge	Ausgangsleistung (Dauerbetrieb)
Rubin	0,694 μm	$10^{-2} \dots 10^2 \text{ W}$
Neodymglas	1,06 μm	

Besonders bei den Festkörperlaseren können im gepulsten Betrieb (s. Abschnitt 2.2.) enorm hohe Impulsleistungen erzielt werden.

2.1.2. Farbstofflaser

Als laseraktives Medium dient ein in Wasser oder Alkohol gelöster fluoreszenzfähiger Farbstoff. Die Anregung des Pumpniveaus 2 erfolgt durch Absorption von intensivem Blitzlicht (wie beim Festkörperlaser) oder eingestrahlttem Laserlicht. Auf Grund des sehr breiten oberen Laserniveaus 3 kann bei geeignet aufgebautem Resonator die Farbe des Laserlichtes in einem weiten Bereich von blau bis rot durchgestimmt werden. Eine typische Resonatoranordnung zeigt Abbildung 2. Durch Drehung des Gitters G kann die Laserwellenlänge variiert werden.



2.1.3. Gaslaser

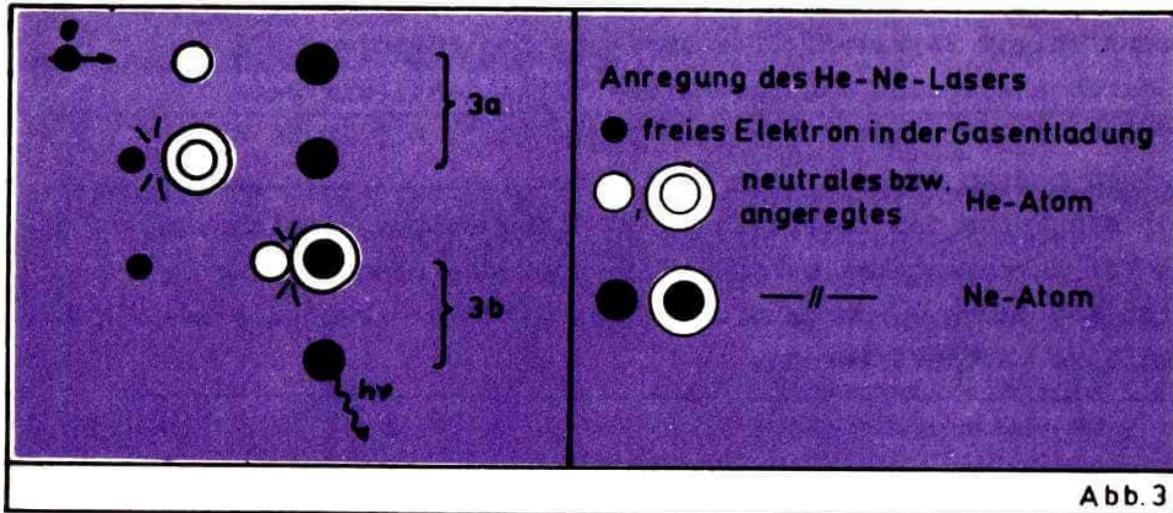
Typische Ausführungen dieser Lasergruppe sind der Helium-Neon-Laser ($\lambda = 0,633 \mu\text{m}; 1,15 \mu\text{m}; 3,39 \mu\text{m}$), der Argonionen-Laser ($\lambda \approx 0,500 \mu\text{m}$) und der Kohlendioxid-Laser ($\lambda \approx 10,6 \mu\text{m}$).

Aufgrund seiner frühen physikalischen Erforschung und seiner guten Strahlungseigenschaften ist der He-Ne-Laser sehr häufig in der Applikation (vor allem im Meßwesen) anzutreffen.

Den Anregungsmechanismus der laseraktiven Neonatome zeigt Abb. 3. In einer Gasentladung wird bei Drücken von wenigen 100 Pa das Pumpgas Helium durch Elektronenstoß energetisch angeregt (3a). Durch elastischen Stoß (wie beim Billard) geben diese Atome ihre Energie an die Neonatome ab und regen dort das Laserniveau an (3b).

Beim CO_2 -Laser ist der Anregungsmechanismus ähnlich. Hier dient Stickstoff als Pumpgas, das die laseraktiven CO_2 -Moleküle zu Schwingungen anregt.

Infolge des hohen Wirkungsgrades um 30 % sind Ausgangsleistungen von 100...1000 W im kontinuierlichen Betrieb möglich.



2.1.4. Halbleiter-Injektionslaser

In einem mehrere mm großen GaAs-Quader wird ein geeigneter pn-Übergang dotiert (Abb. 4). Durch Diffusion der freien Ladungsträger stellt sich eine dünne Sperrschicht ein. Beim Anlegen einer Spannung an den Halbleiter können weitere Ladungsträger (Elektronen und Löcher) in die Sperrschicht eindringen und dort unter Energieabgabe (= Lichtaussendung bei $\lambda \approx 0,9 \mu\text{m}$) miteinander rekombinieren. Bei geeigneter Verspiegelung der Kristallendflächen entsteht so ein Laser, der wegen seiner Kleinheit und direkten Spannungsansteuerung seinen Platz in der optischen Informationsverarbeitung gefunden hat.

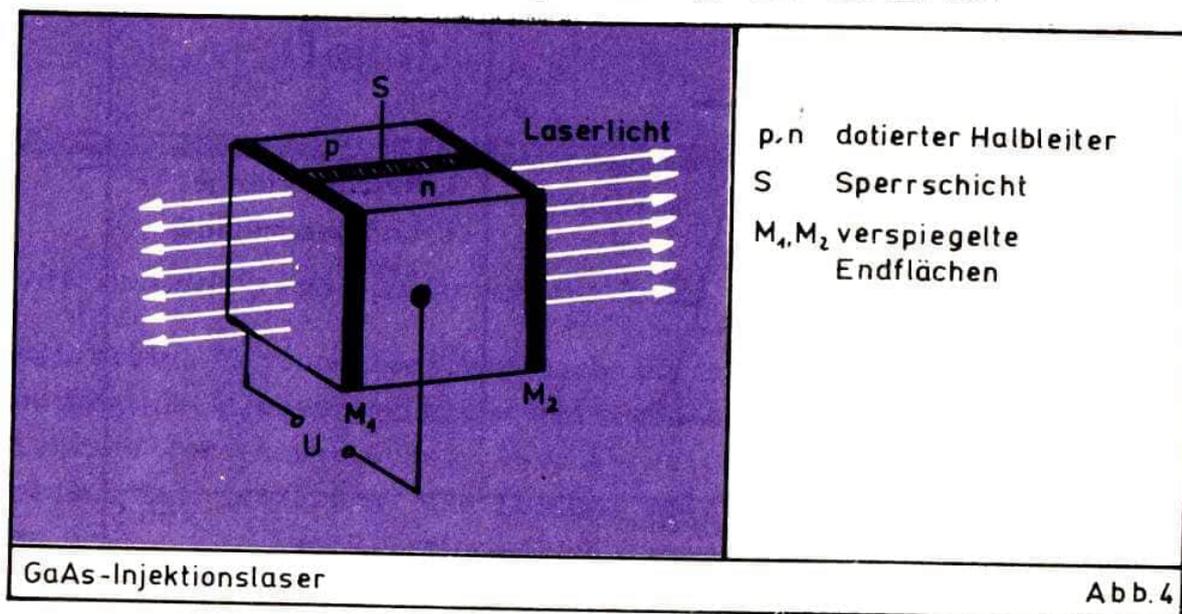
2.2. Gepulste Laser

Für bestimmte Anwendungszwecke des Lasers ist man bestrebt, die Laserlichtleistung zu erhöhen. Das ist möglich, indem die im laseraktiven Medium gespeicherte Energie nicht zeitlich kontinuierlich, sondern in einzelnen, möglichst kurzen Lichtimpulsen abgegeben wird. Ein solcher Impulsbetrieb ist durch die sogenannte Güteschaltung und die Modensynchronisation möglich.

2.2.1. Güteschaltung

Hier unterdrückt man den Laserresonator so lange, bis die Besetzung des oberen Laserniveaus maximal geworden ist (Kurve N_3

in Abb. 1) und "schaltet" erst dann den Resonator auf. Das kann u. a. durch eine geeignete Farbstofflösung mit intensitätsabhängiger Transparenz ("Ausbleichung") erreicht werden. Die Besetzungszahlinversion baut sich in einem einzigen Riesenimpuls von typisch 10 ns Dauer bei Impulsleistungen von typisch 100 MW ab.

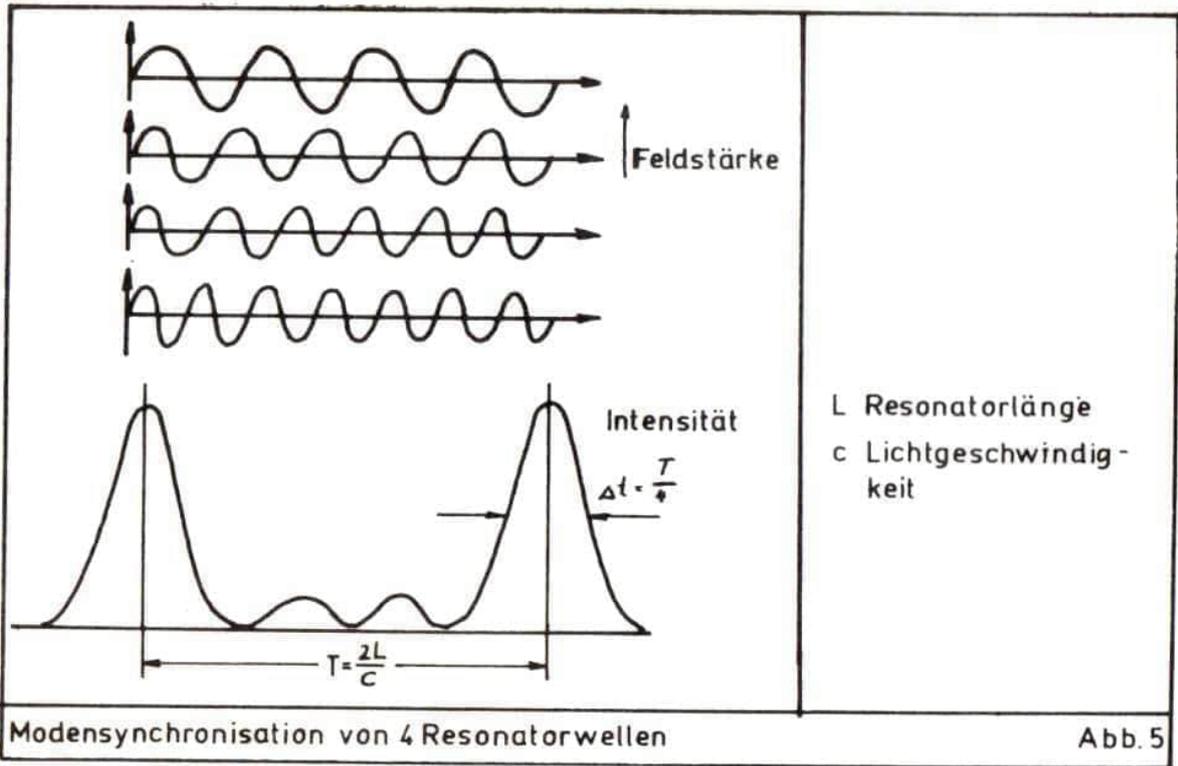


2.2.2. Modensynchronisation

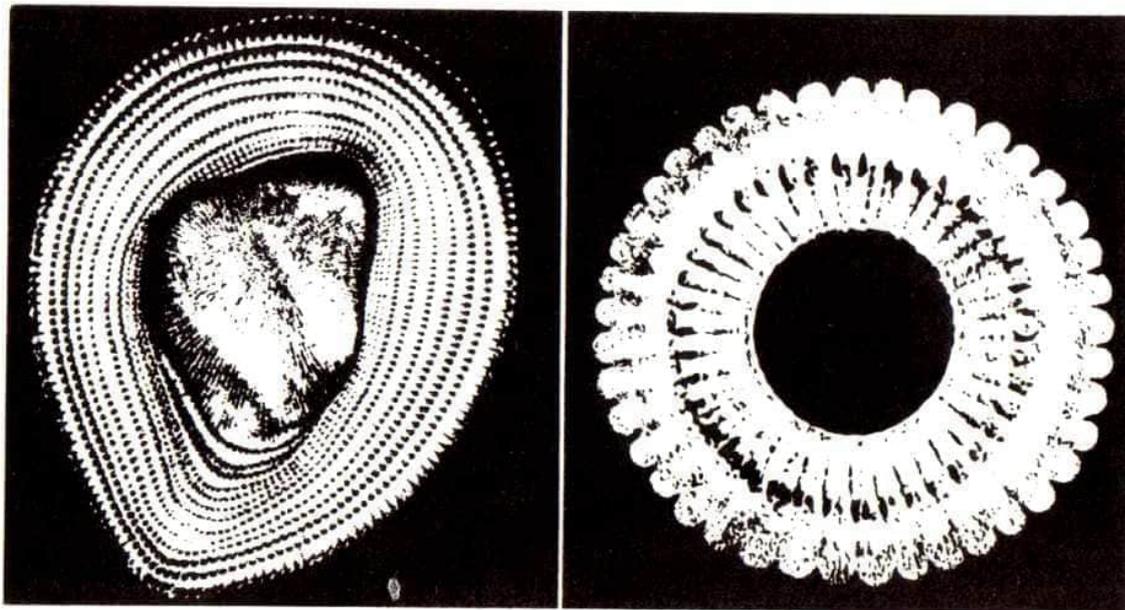
Eine weitere Impulsverkürzung bis zu Impulsdauern von etwa 10^{-12} s erhält man durch Modensynchronisation. Hier sorgt man im Resonator für eine Überlagerung von stehenden Wellen verschiedener Frequenz mit zueinander zeitlich konstanter Phasendifferenz. Das Ergebnis dieser Überlagerung ist eine Schwebung mit umso kleinerer zeitlicher Breite des Maximums, je mehr stehende Wellen verschiedener Frequenz in die Synchronisation einbezogen sind. Abbildung 5 zeigt den Fall der Überlagerung von vier Resonatorwellen. ⁺⁾

Aufgrund der kurzen Impulsdauer erreicht die Impulsleistungsdichte des Laserblitzes gigantische Werte von einigen GW/cm^2 . Zum Vergleich dazu beträgt die Leistungsdichte der Sonne $5 \cdot 10^2 \text{ W}/\text{cm}^2$.

⁺⁾ Für n Resonatorwellen verkürzt sich die Impulsdauer $\frac{T}{4}$ auf $\frac{T}{n}$.



- Fortsetzung folgt -



Stacheln zweier Seeigel, etwa 20fach vergrößert (L. G.)

reißert (L.G.)

Dr. G. Michaelis

Die Anwendung radioaktiver Isotope in der Chemie (Teil I)

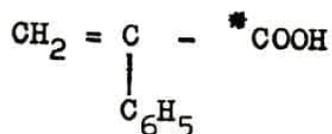
CHEMIE

Teil I: Aufklärung von Reaktionsmechanismen

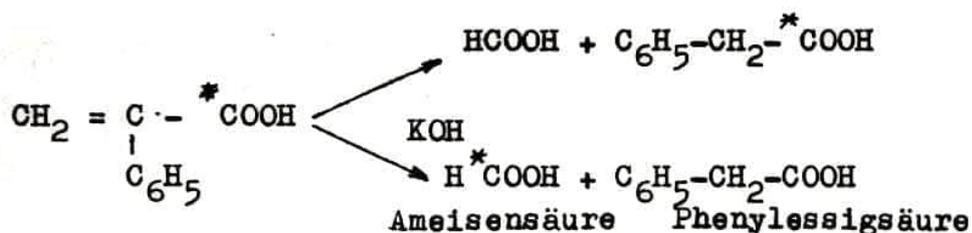
Radioaktive Isotope besitzen auch in der Chemie eine große Bedeutung. In diesem und einem weiteren Artikel sollen zwei wichtige Anwendungsgebiete herausgegriffen und vorgestellt werden. Das ist einmal die Tracer- oder Indikatormethode, die der Aufklärung von Reaktionsmechanismen dient, und zum anderen die radioaktive Aktivierungsanalyse, die im nächsten Artikel betrachtet werden soll.

Bei der Tracer- oder Indikator-Methode wird ein bestimmtes Atom einer Verbindung durch das radioaktive Isotop ersetzt. Es wird "markiert". So kann man beispielsweise in einer Verbindung anstelle des Kohlenstoffatoms das radioaktive Kohlenstoffisotop ^{14}C einführen und kann dann den Weg dieses Isotops während einer Reaktion verfolgen, indem man die Radioaktivität der Zwischen- und Endprodukte mißt. Auf diese Weise erhält man den Weg, den dieses Kohlenstoffatom während der Reaktion durchläuft. (Man kann diese Methode mit dem Beringen eines Vogels vergleichen, wodurch es möglich ist, die Stationen seines Fluges, z. B. nach dem Süden, zu verfolgen.)

Als Substanz wurde die 2-Phenylacrylsäure verwendet, deren Säuregruppierung mit ^{14}C markiert wurde:



Es standen zwei Reaktionswege zur Auswahl, nach denen die austretende Ameisensäure entweder aus der Säuregruppierung oder aus der Methylengruppe gebildet werden kann:



Die Untersuchung ergab, daß die Phenyllessigsäure und nicht die Ameisensäure radioaktiv war, so daß man eindeutig auf den ersten Weg schließen konnte, d. h., die Ameisensäure entsteht aus der Methylengruppe.

Auf diese Weise konnten schon viele Reaktionsmechanismen aufgeklärt werden, wodurch es möglich wurde, einen Einblick in das molekulare Geschehen vieler Reaktionen zu erhalten.

Abschließend soll noch bemerkt werden, daß man anstelle der radioaktiven Isotope auch stabile Isotope, wie z. B. ^{15}C , ^{15}N und ^{18}O , einsetzen kann. Hierbei ist es jedoch wesentlich komplizierter, das Isotop in einem der Endprodukte festzustellen, da es keine radioaktive Strahlung aussendet. Man weist diese Isotope mit Hilfe spektroskopischer Mittel, z. B. Massenspektroskopie oder IR-Spektroskopie, nach.

Die Verbindungen, die das interessierende radioaktive Isotop enthalten, kann man durch drei verschiedene Verfahrensweisen herstellen:

1. klassisch präparativ
2. biosynthetisch
3. radiochemisch.

Heute wird zumeist noch die klassisch-präparative Methode angewendet. Dabei ergeben sich oft umständliche und lange Synthesewege, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll.

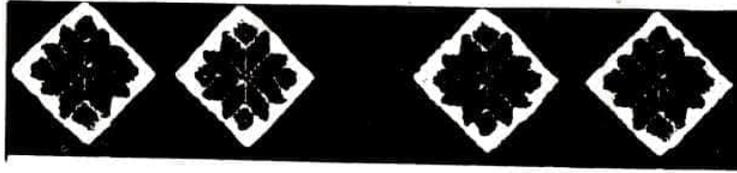
(Beim ^{14}C z. B. geht man meist von $\text{Ba } ^{14}\text{CO}_3$ aus, erzeugt daraus $^{14}\text{CO}_2$, das als Ausgangsprodukt für die Synthese einer Reihe von organischen Verbindungen dienen kann, die dann das ^{14}C -Isotop enthalten.)

Anders verwendete Isotope sind z. B. ^3H (Tritium) und ^{35}S .

Wichtig für die Verwendung von radioaktiven Isotopen zu diesem Zweck ist aber, daß die radioaktive Strahlung keine chemischen

Veränderungen der Reaktanden hervorruft. Darüber hinaus muß auch beachtet werden, daß jede Verbindung unwägbare Mengen von radioaktiven Verunreinigungen enthält.

Ein Beispiel für die Aufklärung eines Reaktionsmechanismus ist die Spaltung einer ungesättigten Carbonsäure mit geschmolzenem KOH.



Reiner Luthardt
Sektion Physik
FSU Jena
4. Studienjahr

Zwanzig Jahre Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg (Teil 2)

ASTRO

Im ersten Teil dieses Artikels wurden das Kuppelgebäude sowie das 2-Meter-Universalspiegelteleskop des Observatoriums vorgestellt. In diesem Teil sollen die verschiedenen optischen Systeme des Teleskops erläutert werden.

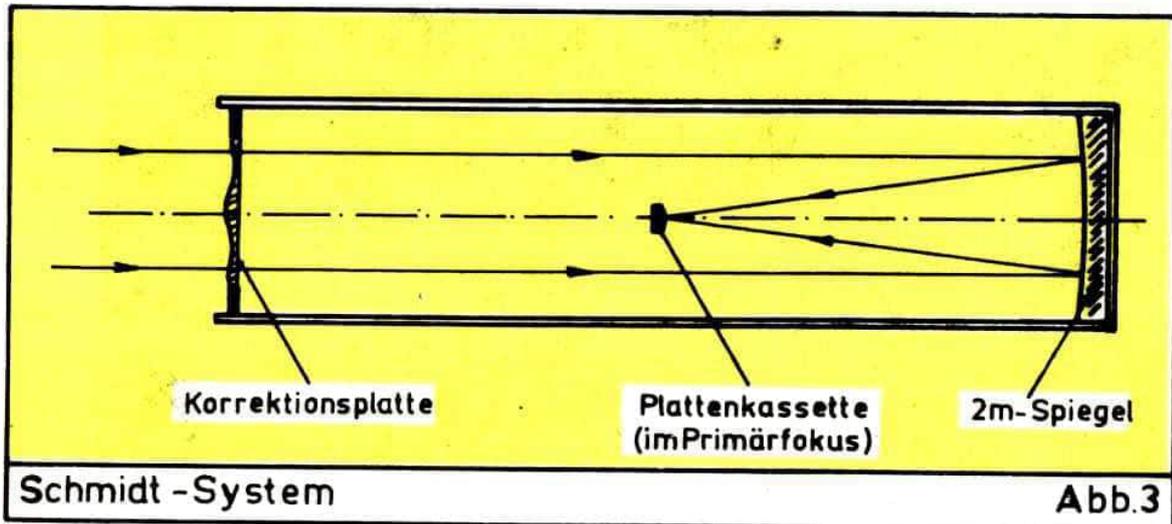
Die optischen Varianten des Teleskops

Das Schmidt-System (Abb. 3)

Sein Erfinder war der 1879 in Estland geborene Astrooptiker Bernhard Schmidt, der viele Jahre in Hamburg-Bergedorf wirkte. Dieses System eignet sich besonders gut zur Fotografie größerer Sternfelder. Es treten aber mit zunehmendem Abstand von der Fernrohrachse Abbildungsfehler stark in Erscheinung. Diese werden beim Schmidt-Teleskop beseitigt, indem man im doppelten Brennweitenabstand, also hier in einer Entfernung von 8 m vom Spiegel, eine sogenannte Korrekionsplatte in den Strahlengang bringt. Das ist eine dünne, kompliziert geschliffene Glasplatte. Ihr Durchmesser ist kleiner als der des Spiegels und ist somit die wirksame Öffnung des Teleskops. Am Tautenburger Instrument hat diese Platte einen Durchmesser von 134 cm. Damit ist das Teleskop heute, zwanzig Jahre nach seiner Inbetriebnahme, immer noch die größte Schmidt-Kamera der Welt.

Das Bild entsteht in der Mitte zwischen Korrekionsplatte und Spiegel, aber nicht auf einer Ebene, sondern auf einer Kugelfläche. Deshalb benutzt man speziell konstruierte Plattenkassetten, die eine Vorrichtung besitzen, die die Fotoplatten leicht durchbiegen, also eine kugelige Bildfläche schaffen. Diese Kassetten werden durch eine seitliche Öffnung im Teleskop in eine Halte-

rung eingelegt und elektromechanisch zu dem entsprechenden Ort der Bildentstehung geschwenkt. Die Fotoplatten haben eine Größe von 24 cm x 24 cm. Das darauf abgebildete Sternfeld hat eine Ausdehnung von $3,4^\circ \times 3,4^\circ$. Zum Vergleich: Die Vollmondscheibe erscheint in einer Ausdehnung von ca. $0,5^\circ$ im Durchmesser. Sie hätte also auf der Platte einen Durchmesser von 3,2 cm.



Um möglichst lichtschwache Objekte fotografieren zu können, werden die Platten mehrere Minuten bis etwa eine Stunde lang belichtet. Da aber der Himmelshintergrund nicht vollständig dunkel ist, sondern auch eine gewisse Helligkeit besitzt, die durch die Straßenbeleuchtungen der umliegenden Städte noch verstärkt wird, kann man die Platten nicht beliebig lange belichten; sie verschleiern mit zunehmender Belichtungszeit. Dieser Schleier kann so stark werden, daß die Aufnahme wertlos wird, weil die schwachen Sterne dann durch diesen "verschluckt" werden. Es existiert also eine optimale Belichtungszeit, die den maximalen Informationsgehalt einer Fotoplatte ermöglicht. Zu diesem Zweck ist das Teleskop mit einem elektronischen Belichtungsmesser ausgerüstet. Dieser mißt die Helligkeit des Himmelshintergrundes und zeigt an, wann die optimale Belichtungszeit erreicht ist. Bei guten Beobachtungsbedingungen können noch Sterne der 21. Größenklasse fotografiert werden. Das menschliche Auge erkennt bei guten Bedingungen noch Sterne der 6. Größenklasse. Ein Stern der 21. Größenklasse strahlt ca. 1 Million mal schwächer als ein mit bloßem Auge gerade noch erkennbarer Stern.



Abb. 4:
M 31 - „Andromeda-Nebel“
aufgenommen mit der Schmidt-Variante des 2-m-Spiegelteleskops

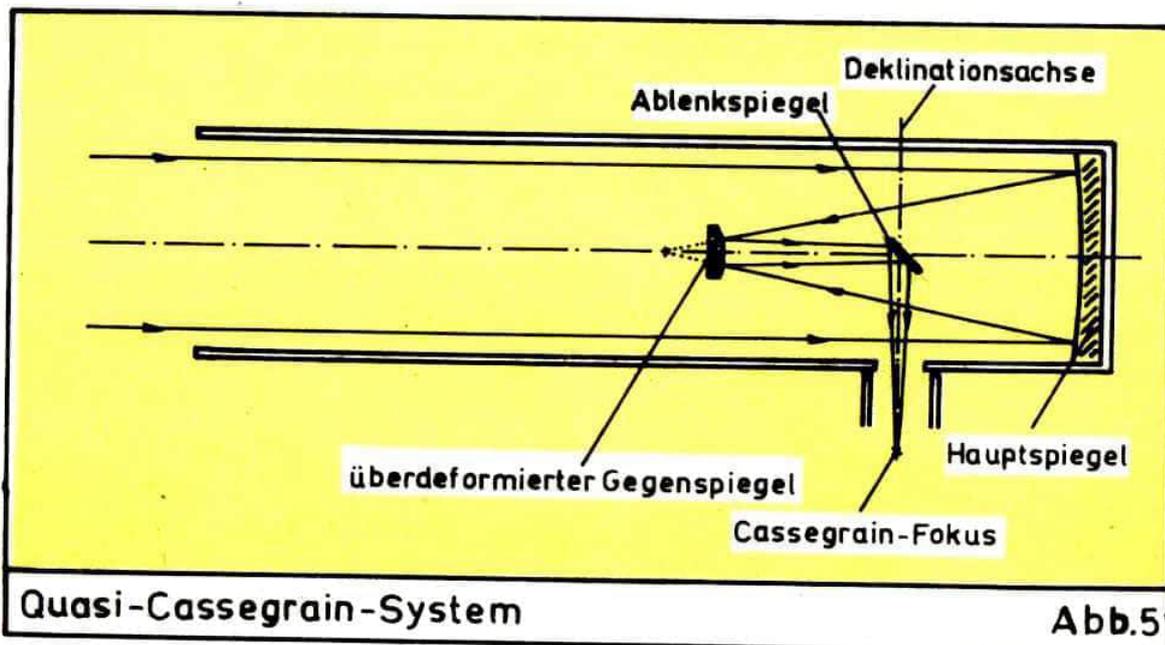
Zur Beobachtung ist es außerdem wichtig, daß das Teleskop exakt nachgeführt wird. Wie bereits beschrieben, erfolgt dies automatisch. Trotzdem sind, besonders bei langen Belichtungszeiten, kleine Korrekturen erforderlich. Diese können zum Beispiel durch die höhenabhängige Refraktion zustandekommen. Der Beobachter muß also die Nachführung ständig kontrollieren. Dazu sind in den Tubus des Instrumentes zwei Leitrohre mit einer Öffnung von 30 cm und einer Brennweite von 4,70 m eingebaut. Der Astronom überwacht damit die Lage eines Leitsternes in einem Fadenkreuz. Bei Auswanderung dieses Sternes aus dem Schnittpunkt des Kreuzes kann er durch zusätzliche Feinbewegung des Teleskops diese Abweichung wieder ausgleichen. Dadurch, daß die Brennweite der Leitrohre größer ist als die des Teleskops, machen sich solche Störungen hier stärker bemerkbar als auf der Fotoplatte, das bedeutet, daß die Korrekturen auf die Aufnahme so gut wie keinen Einfluß haben.

Das Schmidt-System läßt sich auch für die Sternspektroskopie verwenden. Dazu wird die Korrektionsplatte durch eine andere, zusätzlich etwas keilförmig angeschliffene, ausgetauscht. Diese wirkt wie ein vor das Fernrohr gesetztes Prisma, das das Sternlicht in seine spektralen Bestandteile zerlegt. Man erhält so eine Aufnahme mit einer Vielzahl von Sternspektren und kann dadurch eine grobe Klassifikation der abgebildeten Objekte nach Spektraltyp, Entfernung und anderen Gesichtspunkten vornehmen. Die Reichweite ist natürlich, da das Licht zu einem Streifen auseinandergezerrt ist, geringer. Sie liegt bei etwa 19^m .

Das Cassegrain-System (Abb. 5)

Besser ist die Bezeichnung Quasi-Cassegrain-System, da es entgegen der klassischen Bauweise statt mit einem Parabol- mit einem sphärischen Hauptspiegel ausgerüstet ist. Bei dieser optischen Variante wird das Teleskop ohne Korrektionsplatte betrieben. Dadurch kann die volle Öffnung des Hauptspiegels (2 m) genutzt werden. Kurz vor dem Primärfokus wird ein überdeformierter erhabener Gegenspiegel in den Strahlengang gebracht. Die Brennweite des Systems beträgt dadurch jetzt 21 m. Das Gesichtsfeld ist deshalb kleiner und hat

eine Ausdehnung von nur **einigen** Bogenminuten. Ein elliptischer Planspiegel lenkt den Strahlengang aus dem Rohr heraus in die Deklinationsachse. Am Gabelholm hat man nun die Möglichkeit, visuelle Beobachtungen durchzuführen oder verschiedene Zusatzgeräte anzubringen. Viele Jahre wurde der große Cassegrain-Spektrograph genutzt, der auf Abbildung 2 gut zu erkennen ist. Heute wird dieses System hauptsächlich für Beobachtungen mit einem UAGS (Universal-Astro-Gitterspektrograph) mit elektronischer Bildverstärkung verwendet.

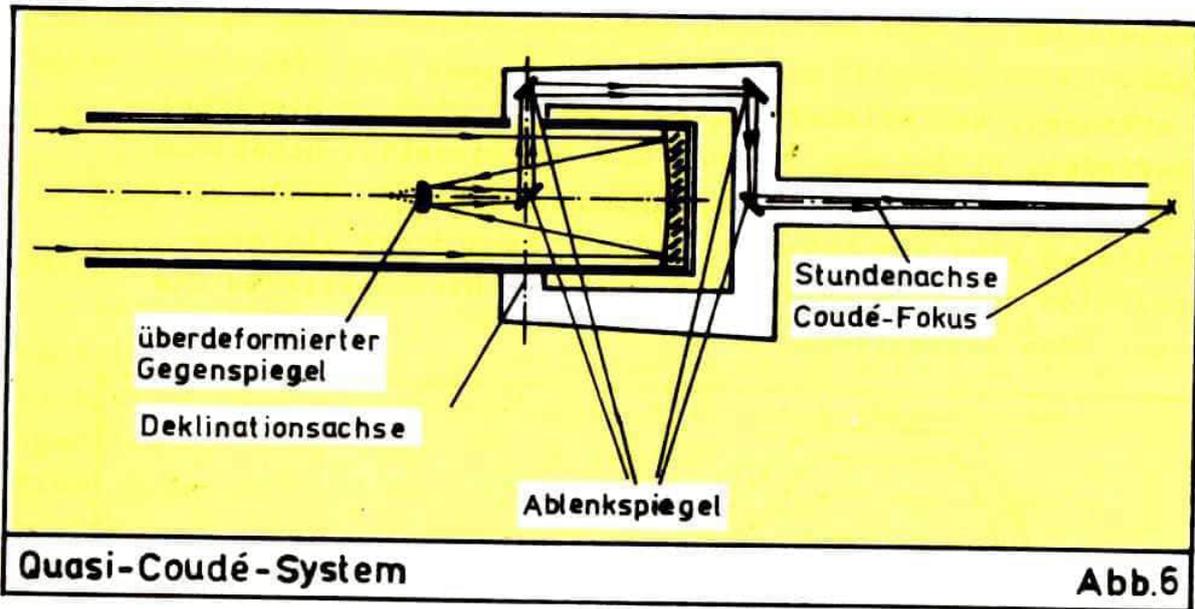


Das Coudé-System (Abb. 6)

Beim Coudé-, oder besser Quasi-Coudé-System wird zunächst, wie beim Cassegrain-System, kurz vor dem Brennpunkt des Hauptspiegels das Licht durch einen erhabenen Gegenspiegel abgelenkt und über mehrere Planspiegel durch die Stundenachse in die Keller Räume des Kuppelgebäudes geleitet. Dort befindet sich der Coudé-Spektrograph.

Die Brennweite dieser Variante beträgt 91 m. Durch das sehr kleine Gesichtsfeld bedingt, können nur einzelne Objekte untersucht werden. Der Vorteil dieses Systems besteht aber darin, daß der Fokus ortsfest ist, unabhängig von der Stellung des Teleskops. Dadurch lassen sich besonders gute Beobachtungsbe-

dingungen schaffen. So sitzt der Beobachter in einem vollklimatisiertem Raum, und für die Geräte entfallen aufwendige Kompensationseinrichtungen für Temperaturschwankungen.



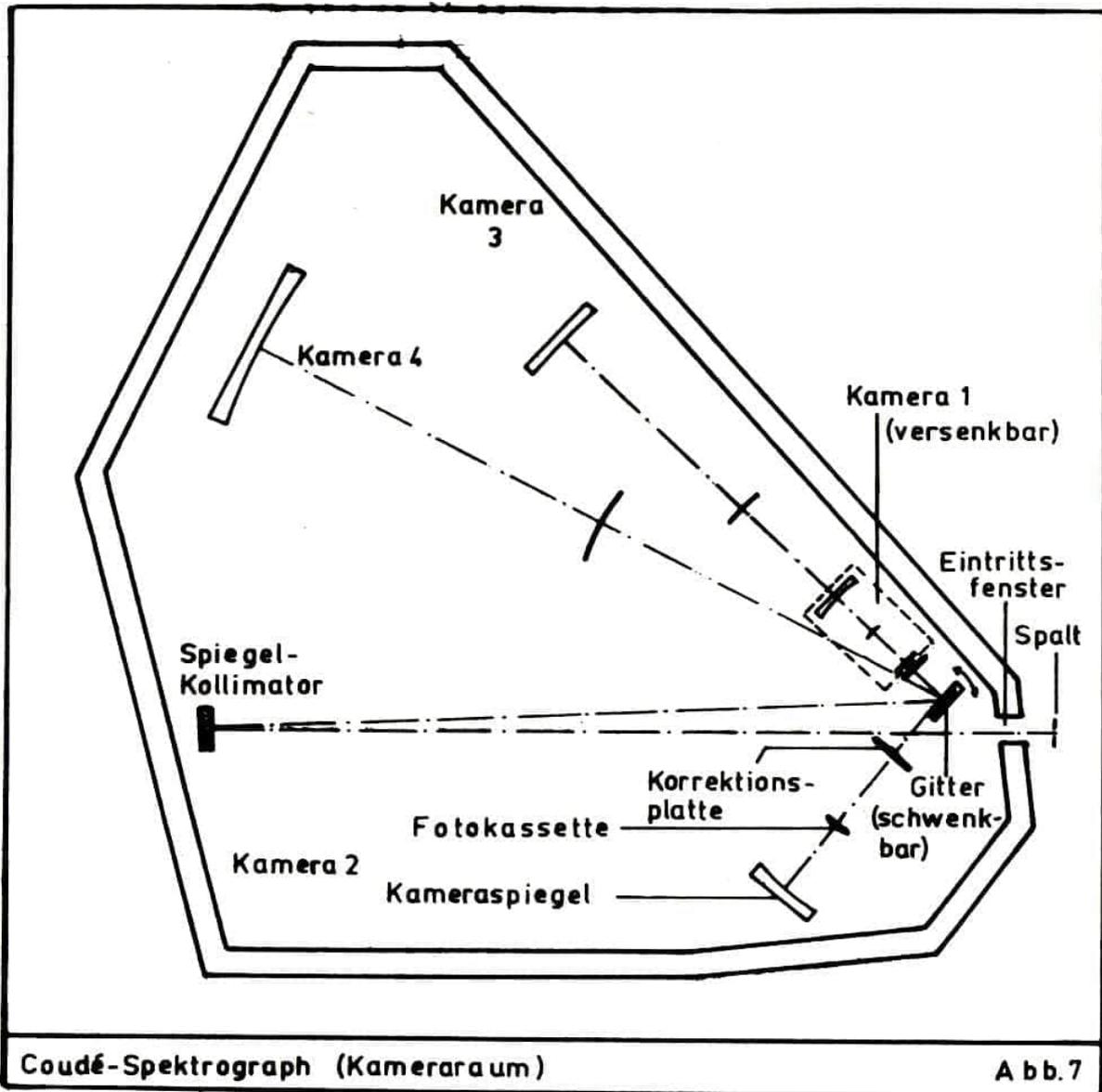
Der Coudé-Spektrograph (Abb. 7)

Das durch die Stundenachse ankommende Sternlicht beleuchtet zunächst einen Spalt. Von dort gelangt es auf einen Spiegelkollimator, von wo es als paralleles Lichtbündel das Gitter ausleuchtet. Dieses Gitter zerlegt das Licht, ähnlich wie ein Prisma, in seine Spektralfarben. Das so entstandene Spektrum kann nun wahlweise mit vier Kameras unterschiedlicher Brennweite fotografiert werden. Das bedeutet, daß man Spektren unterschiedlicher Dispersion erhalten kann. Diese Kameras sind als Schmidt-Kameras ausgelegt. Sie bestehen also aus einer Korrekptionsplatte, einem sphärischen Spiegel und einer Fotokassette. Man erhält damit Spektren mit einer Dispersion von 2,4 nm/mm bis 0,2 nm/mm, je nach dem, mit welcher Kamera man das Spektrum aufnimmt.

Solch ein Sternspektrum ist allerdings ohne gewisse Anhaltspunkte und Markierungen nicht sehr wertvoll. Deshalb werden auf die Fotoplatte noch ein sogenanntes Kalibrierungs- und ein Orientierungsspektrum aufbelichtet.

Durch eine Xenon-Hochdrucklampe erhält man ein kontinuierliches Spektrum für die photometrische Intensitätskalibrierung. Die Aufbelichtung geschieht parallel zum eigentlichen Spektrum. Mittels spezieller Filter und Blenden wird es der jeweiligen Farbverteilung und der Strahlung des zu untersuchenden Objektes angepaßt.

Um zu erkennen, bei welcher Wellenlänge man sich im Sternspektrum befindet, bildet man daneben das Emissionslinienspektrum einer Eisenhohlkathode mit Argonfüllung ab. Die Wellenlängen dieser Linien sind gut bekannt, und man kann durch einfache Interpolation den interessanten Linien des Sternspektrums die entsprechenden Wellenlängen zuordnen.



Auch das Coudé-System verfügt über einen elektronischen Belichtungsmesser. Die Belichtungszeiten sind zum Teil erheblich länger als beim Schmidt-System. Besonders bei Spektren mit großer Dispersion belichtet man mitunter mehrere Stunden. Die Reichweite beim Coudé-System beträgt, bedingt durch die lange Brennweite und demzufolge geringeren Öffnungsverhältnis, nur ca. 8^m .

Die Aufgaben des Karl-Schwarzschild-Observatoriums

Das Karl-Schwarzschild-Observatorium ist dem Zentralinstitut für Astrophysik der Akademie der Wissenschaften der DDR (ZIAP) angegliedert. Mit seinem 2-m-Spiegelteleskop hat es wichtige Beobachtungsaufgaben zu erfüllen. Auch viele ausländische Kooperationspartner machen davon Gebrauch.

Diese Aufgaben sind sehr vielfältig. Mit der Schmidt-Kamera werden größere Felder fotografiert. Diese Aufnahmen werden zum größten Teil zur Untersuchung extragalaktischer Sternsysteme verwendet, was einen Hauptforschungsschwerpunkt des ZIAP darstellt. Die Spektralaufnahmen mit der prismatischen Korrektionsplatte dienen zum Auffinden spezieller extragalaktischer Objekte, die dann am 6-Meter-Teleskop in der UdSSR spektroskopisch erforscht werden. Dies waren nur einige Aufgaben, die mit dem Schmidt-System bearbeitet werden.

Mit dem Coudé-Spektrographen werden hauptsächlich magnetische Sterne beobachtet. Das sind Sterne, die ein besonders starkes Magnetfeld besitzen (einige 100 mal stärker als das der Sonne). Diese machen sich durch die Aufspaltung ihrer Spektrallinien (Zeeman-Effekt) bemerkbar. Diese Aufspaltung ist um so größer, je stärker das Magnetfeld des Sternes ist.

Der größte Teil des gewonnenen Beobachtungsmaterials wird in den verschiedenen Abteilungen des ZIAP und bei den Kooperationspartnern in den sozialistischen Ländern bearbeitet.

Eine weitere Aufgabe ist die immer weitere Vervollkommnung und Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Teleskops. Dazu zählt zum Beispiel der Einsatz elektronischer Bildverstärker im Cassegrain-Fokus.

Da beim Schmidt-System die Fotoplatte auch in den nächsten Jahrzehnten noch der "Hauptempfänger" sein wird, ist man am Institut auch bestrebt, die Leistungsfähigkeit der eingesetzten Fotoemulsionen zu steigern. So wurden in Tautenburg spezielle fotografische Verfahren entwickelt, die zur Steigerung des Informationsgehaltes beitragen. Es existiert auch eine Kooperation mit ORWO Wolfen auf diesem Gebiet.



MOSAIK

Blutgerinnsel - Bildung durch Zigarettenrauch



Eine Substanz, die eine Rolle bei der Bildung von Blutgerinnseln spielt, konnte an einer New Yorker Universitätsklinik aus dem Zigarettenrauch isoliert werden. Die Substanz mit dem Namen Rutin ist ein Protein. Bisher war ein Zusammenhang zwischen Embolien und dem Tabakkonsum nur statistisch nachgewiesen. Die Substanz Rutin befindet sich auch in einigen Nahrungsmitteln, sie gelangt aber offensichtlich durch das Inhalieren von Tabakrauch leichter ins Blut als durch den Verdauungstrakt.

Pipeline für Ammoniak



Eine Ammoniakleitung von 2 200 km Länge ist in der UdSSR im Bau. Sie führt von Togliatti an der Wolga über Gorlowka in der Ukraine zum Schwarzmeerhafen Odessa.

Volker Mach
Sektion Biologie
FSU Jena
5. Studienjahr

Wissenswertes über unsere einheimischen Amphibien und Reptilien

Die Amphibien und Reptilien oder auch die Lurche und Kriechtiere sind zwei Tierklassen innerhalb der Systematik des Tierreiches, die von jeher mit einer gewissen Abneigung und Scheu behandelt wurden. Das ist aber ausschließlich eine Erziehungsfrage, wie Untersuchungen mit Kleinkindern gezeigt haben, denn diese betrachteten sie wie alles Neue recht interessiert und scheuten sich auch nicht, Frösche, Eidechsen oder gar Schlangen anzufassen. Im Normalfall kommt ein Kind aber kaum in seinen ersten Lebensjahren mit den genannten Tiergruppen in Berührung und so werden sie durch ihre "Umwelt" stark beeinflusst.

Doch gerade die Amphibien verdeutlichen uns in einer Art Zeiträfferaufnahme einen der wichtigsten Entwicklungsprozesse auf unserer Erde, nämlich den Übergang vom Wasser- zum Landleben. Der Entwicklungsprozeß dauerte viele Millionen Jahre; eine Molchlarve zeigt uns dazu wesentliche Details in wenigen Monaten. Die ältesten Vorfahren der Amphibien gelten heute als ausgestorben. Sie bildeten eine verschiedenartig zusammengesetzte Gruppe, die vom Oberdevon bis in die obere Trias lebte.

Im folgenden seien einige wichtige Merkmale der Amphibien und Reptilien beschrieben.

Beide Tierklassen sind poikilotherm (wechselwarm), d.h. ihre Körpertemperatur gleicht sich der Außentemperatur an.

Die Vitalität der Tiere ist somit stark vom Klima und der Witterung abhängig. Daraus resultiert die Kältestarre, in der die Amphibien und Reptilien die kalte Jahreszeit mit stark herabgesetzten Lebensfunktionen überdauern. In dieser Zeit wird keine Nahrung aufgenommen. Die meisten Vertreter der Herpatofauna - unter diesem Begriff faßt man alle Amphibien und Reptilien zusammen - überwintern in frostfreien Schlupfwinkeln, wie z.B.

unter Moos und Wurzeln, unter Baumstubben, in Erdhöhlen usw. Manche Amphibien verbringen den Winter am Grund von Gewässern, wo sie den geringen Sauerstoffbedarf über die Hautatmung decken.

Bei Gesprächen mit den verschiedensten Personen fiel auf, daß viele schon Schwierigkeiten haben, einen "Salamander" (wie oft gesagt wird) von einer Eidechse zu unterscheiden. Damit die Antwort auf diese Frage leichter fällt, hier ein einfaches Unterscheidungsmerkmal, und zwar die Haut. Jedes Tier, das Hornschuppen besitzt, auch wenn sie sehr klein sind, wie z.B. bei der Blindschleiche, ist ein Kriechtier (Reptil). Die Amphibien zeigen dagegen eine fast immer feuchte Hautoberfläche. Ist die Haut trocken, wie z.B. beim Teich- und Bergmolch in der Landtracht, so sind aber keinerlei Schuppen oder Ähnliches erkennbar.

Ein Merkmal, welches für beide Tiergruppen zutrifft, ist die Häutung. Daß sich Reptilien häuten, ist sicher allgemein bekannt. Man findet hin und wieder ein sogenanntes Natternhemd, die abgestoßene, verhornte Hautschicht von Schlangen.

Aber auch Amphibien "fahren von Zeit zu Zeit aus ihrer Haut". Am leichtesten kann man das sehen, wenn man Molche zur Paarungszeit im Aquarium hält (nur zu dieser Zeit sind sie im Wasser). Ein genaues Beobachtungsvermögen ist allerdings erforderlich, weil die abgestoßene Hautschicht durchsichtig ist. Bei dieser Gelegenheit sind sogar die einzelnen Finger und Zehen als eine Art durchsichtiger Handschuh zu sehen.

Der Feuersalamander, der zur Fortpflanzung nicht ins Wasser geht (die Weibchen setzen die Larven im flachen Wasser ab), häutet sich an Land, wobei die Haut vom Maul her aufreißt und nach hinten abgestreift wird.

Die Systematik der Amphibien und Reptilien ist recht einfach, wenn man sie auf die Vertreter unserer heimatlichen Natur beschränkt.

Die Klasse Amphibien unterteilt man im wesentlichen in zwei Ordnungen, die Schwanzlurche (Urodela bzw. Caudata) und die Froschlurche (Salientia).

Die einheimischen Arten der Schwanzlurche sind sehr nahe verwandt, so finden wir alle in der Familie der Echten Salamander und Molche (Salamandridae). Die einzelnen Arten sind:

Feuersalamander, Teich-, Faden-, Berg- und Kammolch.

Die dreizehn einheimischen Froschlurche gehören zu fünf verschiedenen Familien.

In einer der primitivsten Familien sind gemeinsam die Gelb- und Rotbauchunke sowie die Geburtshelferkröte eingeordnet.

Unter unseren Froschlurchen gibt es nur eine Art von Krötenfröschen, die Knoblauchskröte.

Die Echten Frösche, eine weitere Familie, sind mit fünf bzw. sechs Arten bei uns vertreten. Die nicht exakte Angabe der Artenzahl dieser Familien wird später noch erläutert.

Eine zumindest dem Namen nach bekannte Familie sind die Echten Kröten. Dazu gehören die Erd-, Wechsel- und Kreuzkröte. Eine gewisse Sonderstellung innerhalb der Froschlurche, auch wegen seiner Popularität, nimmt der Laubfrosch ein. Er ist zugleich der einzige Vertreter einer Familie, die durch ihre Haftscheiben an jeder Zehe sehr gut an das Leben auf Sträuchern und Bäumen angepaßt ist.

Auch die Arten der Klasse Reptilia unserer Fauna beschränken sich auf zwei Ordnungen, wobei wir nur einen Vertreter bei der Ordnung Schildkröten vorweisen können. Hierbei handelt es sich um die Europäische Sumpfschildkröte. Alle anderen Arten gehören in die große Ordnung Schuppenkriechtiere, die in die Unterordnungen Eidechsen und Schlangen unterteilt sind.

In der ersten Unterordnung werden u.a. die Halsbandeidechsen (Zaun- und Waldeidechse) und die Schleichen (Blindschleiche) eingegliedert. Die drei einheimischen Schlangenarten (Ringel- und Glattnatter, Kreuzotter) sind u.a. in der zweiten Unterordnung zu finden.

Im Hauptteil des Beitrages sollen einige Familien oder Arten etwas näher vorgestellt werden.

Eingangs war zu lesen, daß uns die Amphibien einen wesentlichen Evolutionsschritt des Lebens auf der Erde in wenigen Monaten zeigen. Jeder Molch beginnt sein Leben im Wasser, d.h. aus einem winzigen Ei von etwa 2 mm Durchmesser schlüpft nach rund vierzehntägiger Entwicklung eine Larve, die nur 4 mm mißt. Sie besitzt zu dieser Zeit keine Extremitäten, aber eine Haftscheibe am Kopf sowie winzige Stummel von äußeren Kiemen. Im Verlauf von zwei Monaten entwickeln sich drei Paar Kiemenäste

in der Halsgegend sowie erst die Vorder- und danach die Hinterextremitäten (genau umgekehrte Folge im Vergleich zu den Froschlurchlarven). Nach insgesamt drei bis vier Monaten vollzieht sich eine tiefgreifende Umwandlung, auch Metamorphose genannt. Dabei stellt sich der Organismus von der anfänglichen Kiemenatmung auf die Lungenatmung um. Ist die Lunge voll funktionsfähig, bilden sich die äußeren Kiemen zurück und für die Tiere beginnt das Landleben. Die Larven bzw. Jungmoloche vom Teich-, Faden und Bergmolch haben dann eine Größe von 4-5 cm, die des Kammolches von 6-8 cm. Da die Lurchhaut kaum einen Verdunstungsschutz besitzt, bleiben die Tiere vorwiegend in feuchter Umgebung. Die erwachsenen Molche kehren dann im nächsten Frühjahr wieder in die Gewässer zurück, wo die Weibchen nach erfolgter Befruchtung, der ein interessantes Paarungsspiel vorausgeht, die Eier (bis zu 70) einzeln an Wasserpflanzen heften.

Im Verlauf des Textes war schon einmal von der Familie der Echten Frösche (Ranidae) die Rede, dabei wurde erwähnt, daß in unseren Gewässern fünf oder sechs Arten dieser Familie leben. Von diesen Arten faßt man drei zu der nichttaxonomischen Gruppe der "Braunfrösche" zusammen, es sind der Gras-, Spring- und Moorfrosch. Die andere Gruppe wird als "Grünfrösche" bezeichnet. Nach intensiven Untersuchungen, in der DDR vorwiegend von Dr. Günther (Berlin) durchgeführt, wurde festgestellt, daß der Wasserfrosch (*R. esculenta*)¹ keine echte Art ist. Der Wasserfrosch ist vielmehr ein Hybrid des Kleinen Teichfrosches (*R. lessonae*) und des Seefrosches (*R. ridibunda*). Der Kleine Teichfrosch kommt vorwiegend im westlichen Europa vor, der Seefrosch mehr im Osten Europas und in unserem Gebiet überschneiden sich die Verbreitungsgebiete beider Arten. Wir müssen also bei den "Grünfröschen" von zwei Arten sprechen, obwohl man in der meisten Literatur den Wasserfrosch noch als echte Art findet.

1

An dieser Stelle möchte ich nicht auf den lateinischen Namen verzichten, damit keine Verwechslungen entstehen.

Noch einiges zum Laubfrosch. -

Leider hört man immer noch recht häufig das Märchen vom Wetterpropheten. Die armen Frösche sind nur zu bedauern, die in ein Glas mit einer kleinen Leiter gesteckt werden. Wie bereits gesagt, gehört der Laubfrosch zu den "Baumfröschen". Sie sind immer bestrebt, sich über dem Boden aufzuhalten. So wird der Laubfrosch vorwiegend auf der Leiter sitzen, egal ob Regen oder Sonnenschein das Wetter bestimmt. Eine solche Handlungsweise ist Tierquälerei.

Bei den Reptilien möchte ich nur auf zwei Vertreter näher eingehen.

Die Europäische Sumpfschildkröte vertritt als einzige Art die Schildkröten in unseren Breiten. Sie lebt in bzw. an stehenden oder langsam fließenden Gewässern. Bedauerlicherweise ist sie in unserer Republik schon sehr selten geworden. Durch ihre lebhafteste Art begeistert sie jeden Beobachter, vorausgesetzt die Sumpfschildkröte fühlt sich ungestört. Bei der geringsten Störung flüchtet sie an den Grund der Gewässer und verharnt dort ziemlich lange. Die Nahrung besteht im Gegensatz zu den Landschildkröten vorwiegend aus Fleisch, seien es Insektenlarven, Kaulquappen, Regenwürmer, Schnecken mit Gehäuse oder auch geschwächte, kleine Fische. Beutetiere, die zum Verschlingen zu groß sind, werden mit dem hornartigen Maul festgehalten und mit den Krallen, die sich an jeder Zehe befinden, zerkleinert. Die Eier (3-16 Stück) werden an Land eingegraben und durch die Umgebungstemperatur ausgebrütet.

Zur einzigen einheimischen Giftschlange, der Kreuzotter, seien noch einige Bemerkungen gestattet. Kurz und knapp kann man sagen, daß die Gefährlichkeit der Kreuzotter fast immer übertrieben wird. Nach einer mündlichen Mitteilung hat die Überprüfung aller Bißfälle der letzten 20 Jahre in der DDR ergeben, daß kein Todesfall verzeichnet ist. Natürlich ist der Ausgang eines Kreuzotterbisses von vielen Faktoren abhängig, z.B. vom Gesundheitszustand und vom Alter der Person, von der Größe der Kreuzotter, vom Zeitraum zwischen dem vorletzten Biß und dem letzten Biß (den die Person erhielt), danach richtet sich mit die Giftmenge und nicht zuletzt vom Zeitraum zwischen Biß und Serungabe durch einen Arzt. Zur Serungabe sei noch gesagt, grundsätzlich sollte in jedem Krankenhaus Serum vorhanden sein, und da es für

alle europäischen Giftschlangen ein multivalentes Serum gibt, dürften von dieser Seite keine Schwierigkeiten zu erwarten sein. Man sollte nur umgehend einen Arzt aufsuchen, wobei ein - zwei Stunden im allgemeinen keine Gefahr bedeuten. Das Gesagte darf allerdings nicht zum leichtfertigen Umgang mit Giftschlangen anregen. Dennoch möchte ich unbedingt darauf hinweisen, daß auch die Kreuzotter, wie alle anderen Amphibien und Reptilien unserer Heimat unter Naturschutz stehen. Im Moment ist die Gattung Rana (Echte Frösche) vom Schutz noch ausgeklammert, aber wenn wir uns die Frösche vor dem Aussterben bewahren wollen, vor allen Dingen die "Braunfrösche", so sind auch hier Schutzmaßnahmen notwendig.

Das starke Zurückgehen der heimischen Herpetofauna resultiert u.a. aus der tiefgreifenden Umgestaltung der Landwirtschaft, was notwendig ist, wobei aber diese oder jene Maßnahme sicher herpetofaunafreundlicher durchgeführt werden könnte.

Wir wollen hoffen, daß die Artenvielfalt unserer Herpetofauna noch lange erhalten bleibt.





GR 9 – ein erstes Resümee

Interview mit Prof. Ernst Schmutzer

In der Zeit vom 14. bis 19. Juli 1980 fand in Jena die 9. Internationale Konferenz über Allgemeine Relativitätstheorie und Gravitation (GR 9) statt. Mit dem Vorsitzenden des Internationalen Programmkomitees Prof. Ernst Schmutzer, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Sektion Physik, sprach unser Mitarbeiter Reinhard Meinel über erste Ergebnisse der Konferenz.

GR 9 - ein erstes Resümee

impuls 68: Herr Prof. Schmutzer, wir beglückwünschen Sie zum erfolgreichen Abschluß der 9. Internationalen Konferenz über Allgemeine Relativitätstheorie und Gravitation!

Können Sie uns einige Gebiete nennen, auf denen wesentliche neue Ergebnisse bekannt wurden?

Prof. Schmutzer: Ich kann heute feststellen, daß der Kongreß im Wesentlichen so ablief, wie es vorgesehen war – auch hinsichtlich der Teilnehmerzahl, der Vorträge und Diskussionsgruppen. Wir können im Moment bezüglich der Ergebnisse das Gesamtgebiet noch nicht voll überblicken; die Auswertung wird die Arbeit von mindestens einem Jahr sein.

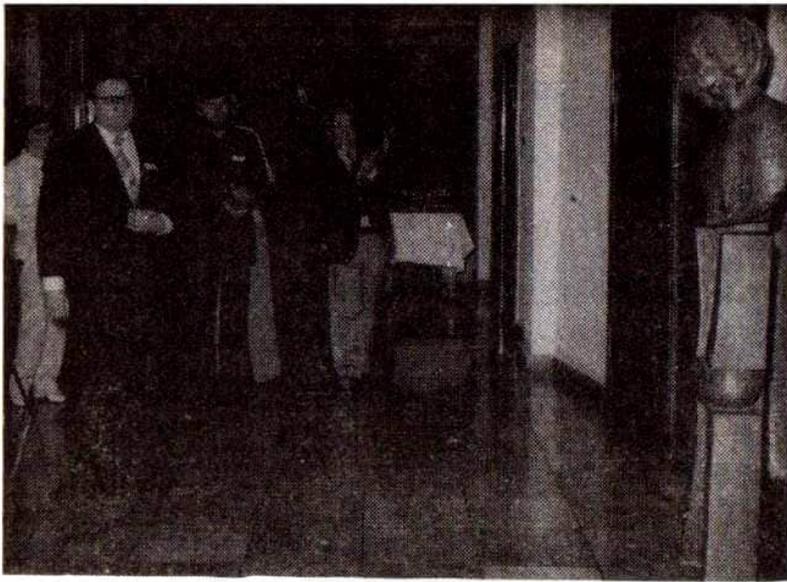
Der Kongreß begann mit der mathematischen Theorie der strengen Lösungen der Einsteinschen Gleichungen. Erst die strengen Lösungen gestatten schlüssige Folgerungen, die zum Beispiel auch die Problematik der Gravitationsstrahlung betreffen. Es ging in diesem Zusammenhang auch darum, ob eine von Einstein und Eddington angegebene Formel für die Gravitationsstrahlung gesichert ist; wahrscheinlich ist diese sogenannte Quadrupolstrahlungsformel richtig. Ein endgültiges Urteil ist aber noch nicht möglich.

impuls 68: Wie wirkt sich die Entdeckung der Ruhemasse der Neutrinos auf die Kosmologie und die relativistische Astrophysik aus?

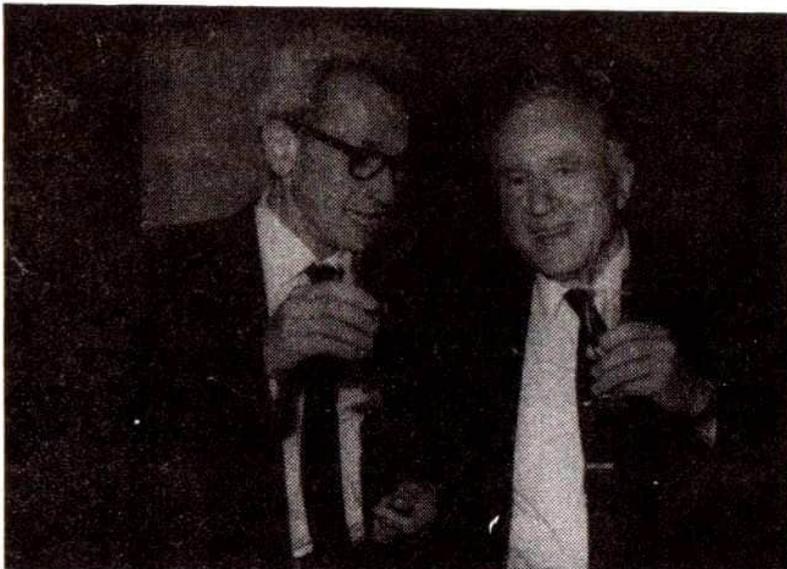
Prof. Schmutzer: Falls diese vor einigen Monaten von sowjetischen Wissenschaftlern bekanntgegebene Entdeckung bestätigt wird, dürfte dies einige Konsequenzen für die Kosmologie haben. Es wäre dann nach der Meinung einiger Experten die Massendichte unseres Kosmos vermutlich größer, als bisher angenommen wurde, und das würde eine weitere Verschärfung der Aussage in Richtung auf ein geschlossenes Weltall bedeuten.

impuls 68: Gibt es neue Ergebnisse bei der Frage des Nachweises „Schwarzer Löcher“?

Prof. Schmutzer: Direkte, neue Ergebnisse liegen nicht vor, aber bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang vielleicht die experimentelle Suche nach dem Gravitationseffekt. Lichtstrahlen, die von einem Quasar ausgesendet



Vor Beginn des Kongresses wurde vor dem Großen Hörsaal der Sektion Physik der Friedrich-Schiller-Universität eine Büste Albert Einsteins, die von Jo Jastram geschaffen wurde, von Prof. Ernst Schmutzer enthüllt



J. A. Wheeler (Einsteinschüler, USA, rechts) und J. Weber (Erster Experimentator auf dem Gebiet des Gravitationswellennachweises, USA) auf dem Jenaer Kongreß



Während der Eröffnung der GR 9

(Fotos: Hentschel)

werden, könnten infolge einer sehr starken Massenansammlung, z. B. in einem Schwarzen Loch, auf dem Weg zur Erde so gekrümmt werden, daß man den Quasar doppelt (in zwei verschiedenen Richtungen) sieht. Natürlich ist diese Schlüssigkeit nur dann gegeben, wenn anhand des Spektralverhaltens die Identität der beiden Objekte gesichert ist. Diese Frage ist jedoch noch umstritten.

impuls 68: Wie sieht es mit dem experimentellen Nachweis von Gravitationswellen aus?

Prof. Schmutzer: Man ist inzwischen in der Lage, Zylinderelongationen von 10^{-19} m zu messen. Die Forschung ist in den letzten Jahren allerdings mehr in Richtung der Verfeinerung der Meßmethoden gegangen. Tatsächliche Beobachtungen von Gravitationsstrahlung sind noch nicht erfolgt. Es ist so, daß man immer noch ein bis zwei Größenordnungen in der Meßgenauigkeit weiterkommen muß, um das aus der Theorie zu Erwartende nachzuweisen. Wir hatten zu den Gravitationswellen-Experimenten fünf Diskussionskreise, so daß man sagen kann, daß dieser Sektor auf der Konferenz mit im Mittelpunkt stand.

impuls 68: Wurde über weitere Experimente zur Bestätigung der Allgemeinen Relativitätstheorie berichtet?

Prof. Schmutzer: Im planetarischen Raum sind ganz großartige Experimente hinsichtlich der Laufzeitverzögerung von elektromagnetischen Wellen, die an der Sonne vorbeigehen, gelungen. Dabei wurde die Einsteinsche Theorie bis auf einen Faktor $1,000 \pm 0,001$ bestätigt.

Für die nächsten 20 Jahre soll das Viking-Projekt herausragend werden: Auf einem Orbiter um den Mars sollen höchstpräzise Laser- und Masereinrichtungen installiert werden, um mit Hilfe dieser Technik Effekte zweiter Ordnung zu messen, die erst ein richtiges Auswahlkriterium für konkurrierende Gravitationstheorien ergeben.

impuls 68: Können Sie einiges zu Versuchen der Weiterentwicklung und Verallgemeinerung der Einsteinschen Theorie sagen?

Prof. Schmutzer: In dieser Richtung gab es sehr viele Aktivitäten. Zunächst möchte ich hier die Frage der einheitlichen Beschreibung von Gravitation und Elektromagnetismus erwähnen. Ich selber habe in meinem Plenarvortrag eine neue einheitliche Projektive Feldtheorie vorgestellt, von der ich glaube, daß sie einige Schwierigkeiten der bisherigen Projektiven Relativitätstheorie überwindet. Die vorgetragene Theorie ist im Prinzip ausgearbeitet. Es kommt jetzt darauf an, konkrete Schlußfolgerungen zu ziehen, um Vorschläge für Experimente machen zu können, die über den Wert dieser Theorie entscheiden. Sollte sie die Realität beschreiben, gäbe es außer der Gravitation und dem Elektromagnetismus noch ein zusätzliches skalares Phänomen, wofür ich in Analogie zum Elektromagnetismus den Begriff „Skalarismus“ geprägt habe.

Schließlich darf das außerordentlich aktuelle Forschungsgebiet „Supergravitation“ nicht vergessen werden. Es handelt sich dabei um den Versuch einer vereinheitlichten Theorie von Elementarteilchen und Gravitation, von der ein entscheidender Schritt auf dem Wege zur Lösung des Elementarteilchenproblems erhofft wird.

Sie sehen, daß beim Jenaer Kongreß sehr hart um die Bestätigung und Weiterentwicklung der Einsteinschen Theorie gerungen wurde. Es ist jetzt

unsere Aufgabe, diese Dinge weiterzuführen, d. h., die eingereichten Abstracts (Referate) weiter auszuwerten und die Plenarvorträge zu bearbeiten, um sie im Herbst dieses Jahres in Form eines Kongreßbandes zum Druck zu geben.

impuls 68: Wie bewährte sich Ihr System „Plenarvorträge/Diskussionsgruppen“, das Sie uns im Interview zur Vorbereitung der GR 9 (impuls 68, 13. Jahrgang, Heft 8) beschrieben hatten?

Prof. Schmutzer: Wir haben bei der Auswertung dieses Jenaer Modells in der Sitzung des Internationalen Gravitationskomitees hier in Jena feststellen können, daß sich manche Diskussionsgruppen gemäß dieser Methode außergewöhnlich ergiebig mit den wesentlichen Grundsatzfragen der Physik beschäftigt haben, so daß sich in diesen Gruppen das System sehr gut bewährt hat. In einigen anderen Gruppen haben die Leitenden Moderatoren doch noch einer gewissen Abarbeitung der eingereichten Abstracts im Sinne von Kurzvorträgen den Vorrang gegeben. Meine Meinung ist, daß man dieses System in Richtung einer echten lebendigen Diskussion noch weitertreiben muß. Insgesamt habe ich viel Lobendes über dieses neue System zur Abhaltung internationaler Kongresse vernommen

impuls 68: Wie schätzen Sie den Beitrag der Jenaer Wissenschaftler ein?

Prof. Schmutzer: Die Jenaer Wissenschaftler waren insgesamt gesehen sehr stark engagiert: Wir haben zwei Plenarvorträge bestritten und zwei Diskussionsgruppen als Leitende Moderatoren betreut. Wir können sagen, daß die Relativistische Physik der Friedrich-Schiller-Universität hier zum ersten Mal auf einem internationalen Kongreß ihr Profil zeigen konnte.

impuls 68: Wie war der Kontakt der Wissenschaftler aus aller Welt untereinander?

Prof. Schmutzer: Der Kontakt der Wissenschaftler aus aller Welt war außerordentlich schnell hergestellt, und war sehr lebendig und gut. Es ist sicherlich aufgefallen, daß die Wissenschaftler sehr viel zusammensaßen und diskutiert haben; in der Regel bis spät in die Nacht, auch bei einem Glas Bier. Es ist außerhalb unseres wissenschaftlichen Programms ein sehr umfangreiches Kulturprogramm abgelaufen. Dieses ist ebenfalls auf große Resonanz gestoßen und hat zur Verständigung der Wissenschaftler herausragend beigetragen. Ich glaube, man kann mit Recht einschätzen, daß unser Kongreß den beiden Komponenten des Einsteinschen Anliegens, nämlich Wissenschaft und Humanismus, Rechnung getragen hat. Wir schätzen es als ein Verdienst ein, daß diese Konferenz zur Verstärkung der internationalen Kontakte und zum Abbau der im letzten Jahr aufgetretenen internationalen Spannungen beigetragen hat.

impuls 68: Wann und wo wird die nächste Weltkonferenz (GR 10) stattfinden?

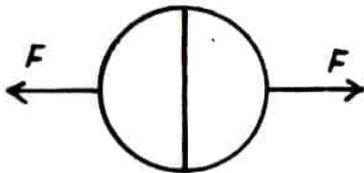
Prof. Schmutzer: Es ist in der Generalversammlung der Internationalen Gesellschaft für Allgemeine Relativitätstheorie und Gravitation hier in Jena beschlossen worden, daß GR 10 1983 in Venedig abgehalten werden wird, wobei, da Venedig selber keine Universität besitzt, die Universität Padua die Betreuung übernimmt.

impuls 68: Herr Prof. Schmutzer, wir bedanken uns sehr herzlich für die Gewährung dieses Interviews!

physikaufgabe

51

Im Jahre 1654 führte Otto von Guericke in Magdeburg seinen berühmten Versuch zur Bestätigung der Existenz des Luftdruckes durch: Zwei hohle, luftdicht aufeinander passende Halbkugeln ("Magdeburger Halbkugeln") wurden luftleer gepumpt. Danach reichte selbst die Zugkraft mehrerer Pferde nicht aus, die Halbkugeln auseinanderzuziehen.



Man berechne die Kraft F , die nötig ist, um die luftleer gepumpten Halbkugeln auseinanderzuziehen in Abhängigkeit vom Luftdruck p und vom Radius R der Halbkugeln!

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 aufgabe 44 aus heft 4/13.jg.

aufgabe: Um wieviel Minuten pro Tag geht eine am Äquator geeichte Pendeluhr auf dem Nordpol falsch?
Geht sie vor oder nach?

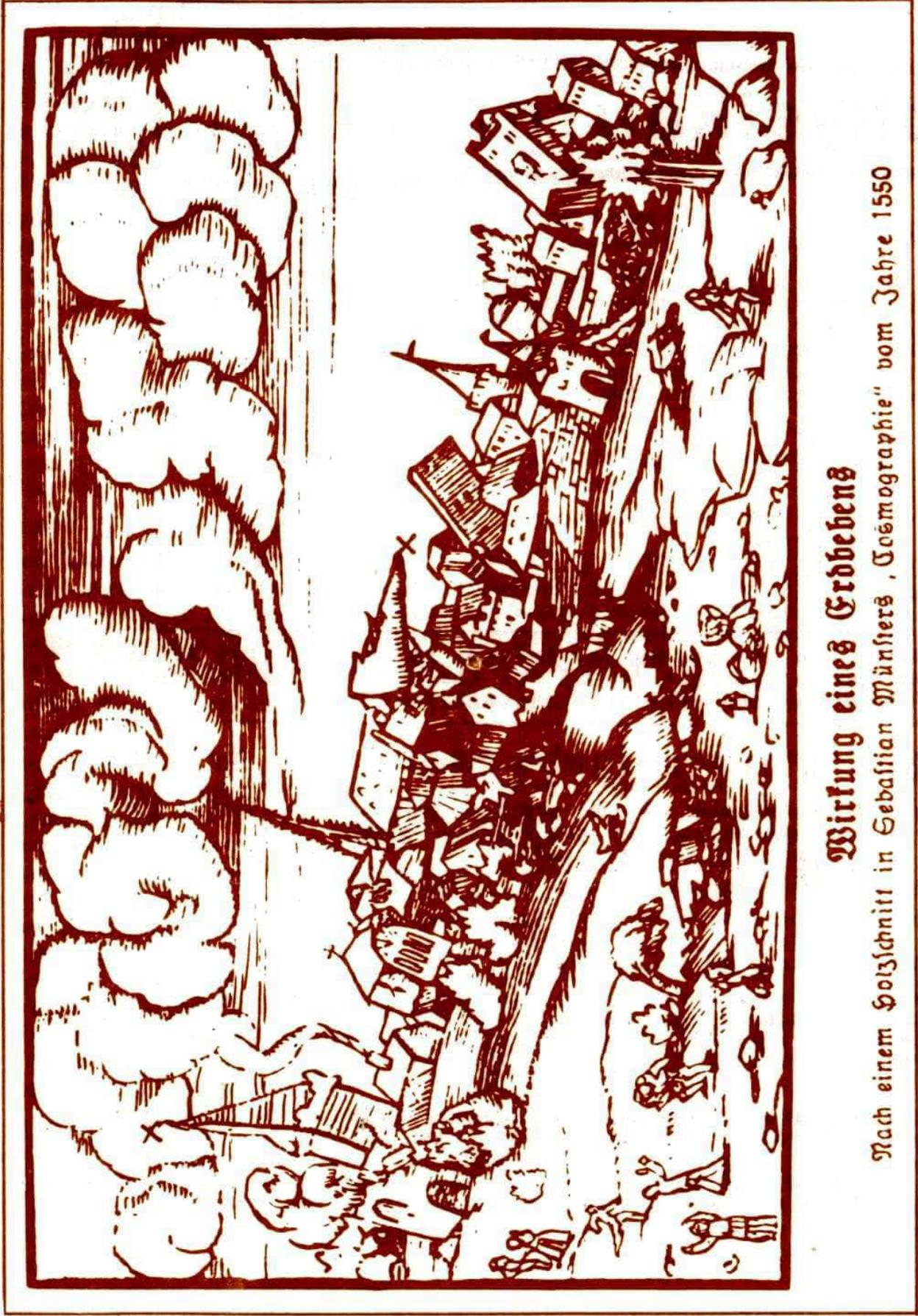
Erdbeschleunigung am Äquator: $g_1 = 9,7804 \text{ ms}^{-2}$

Erdbeschleunigung am Nordpol: $g_2 = 9,8321 \text{ ms}^{-2}$

lösung: (eingesandt v. Christiane Högel, 16 Jahre, Wernigerode)

Zur Lösung verwendet man die Gleichung zur Berechnung der Schwingungsdauer des Pendels am Äquator (T_1) und am Nordpol (T_2). Die Pendellänge ist beliebig, aber am Äquator und Nordpol gleich. (Pendellänge l) $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_1}}$, $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g_2}}$ Die Uhr geht am Nordpol

vor, da sie dort eine kleinere Schwingungsdauer und somit größere Zahl von Schwingungen pro Tag hat. Ein Tag hat 1440 Minuten. Soviel zeigt die Uhr am Äquator an. Am Nordpol zeigt sie x min an, wobei das Verhältnis $x:1440 = T_1:T_2$ ist. $\rightarrow x \approx 1444$. Die Uhr geht somit um rund $(1444-1440)$ min, also rund 4min pro Tag am Nordpol vor.

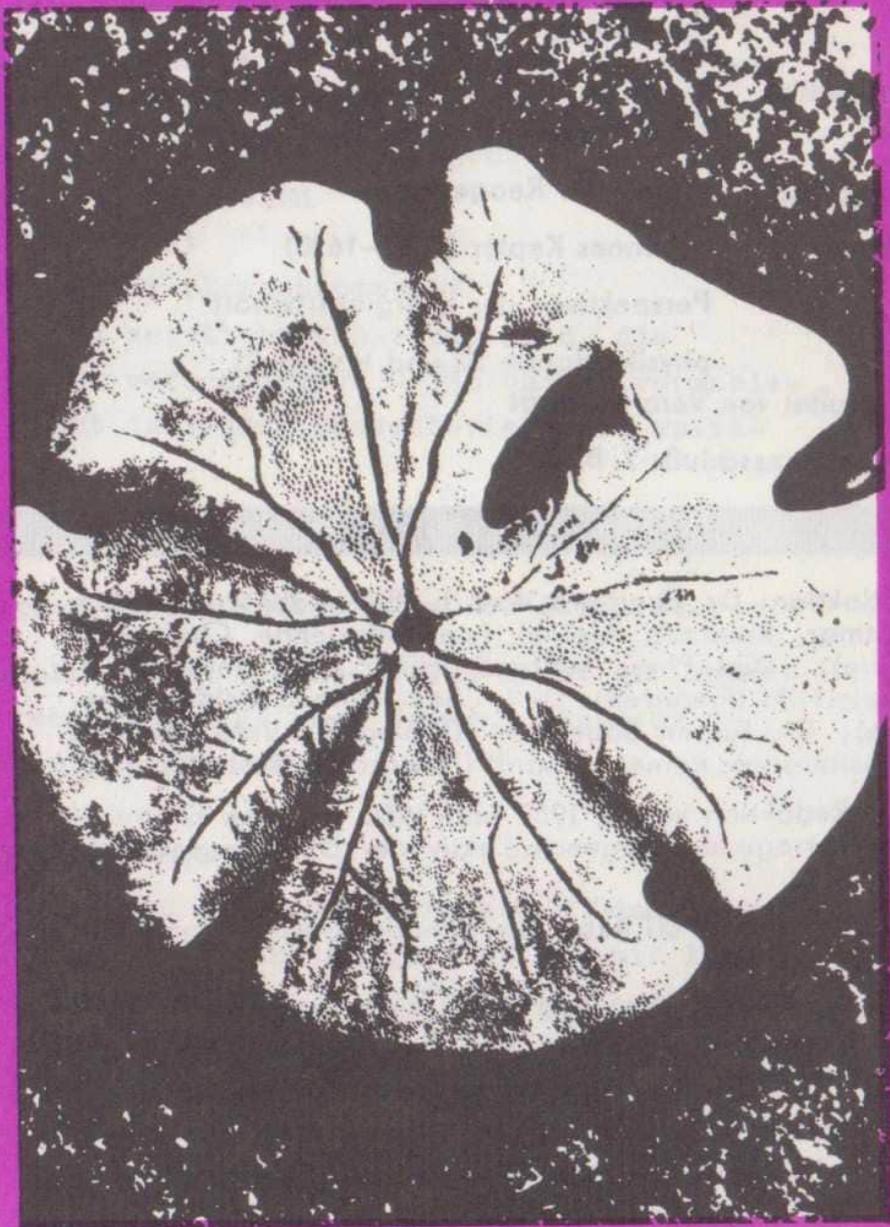


Wirkung eines Erdbebens

Nach einem Holzschnitt in Sebastian Münsters „Cosmographie“ vom Jahre 1550

impuls 68

3



Laser und ihre Anwendungen



Speisepilze



Radioaktive Isotope



Tunguska 1908



Klonen im Reagenzglas



Johannes Kepler



Energiewirtschaft

Titelbild:

Gehäuse des Seeiegels *Encope grandis* Ag. (L. G.)

impuls

68



Walther	Die Laser und ihre Anwendungen (3)	PHY	3
	MOSAIK		8
Voigt	Kultivierung von Speisepilzen	BIO	9
Hüller	Anwendung radioaktiver Isotope in der Chemie (2)	CHE	14
Grunwaldt	Tunguska 1908 – Auf den Spuren einer Katastrophe (1)	AST	16
Sauerstein	Klonen im Reagenzglas	BIO	21
Meinel	Johannes Kepler (1571–1630)		23
Schröder	Perspektiven der Energiewirtschaft	DOK	26
	physikaufgabe 52 und lösung 45		

Gestaltet von Vera Masurat

Redaktionsschluß: 7. 8. 80



Redaktion: Dr. Eberhard Welsch (Chefredakteur); Achim Dittmar, Reinhard Meinel (stellvertretende Chefredakteure); Dipl.-Phys. Wilfried Hild; Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen); Dipl.-Chem. Roland Colditz (Chemie); Dr. Jürgen Sauerstein (Biologie); Vera Masurat (Gestaltung); Reiner Luthardt (Fotografie, Gestaltung)

Die Redaktion wurde 1969 und 1980 mit dem Ehrentitel „Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR“ ausgezeichnet.

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Anschrift: impuls 68, 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1

Lizenzgeber: Presseamt beim Vorsitzenden des Ministerates der Deutschen Demokratischen Republik unter der Nummer 1570

Kleinoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, Betriebsteil V „Werner John“, Rudolstadt

Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472–39–2981. Bestellungen richten Sie bitte direkt an unsere Anschrift; bei Bezahlungen oder Anfragen nennen Sie unbedingt die Adresse, unter der Sie „impuls 68“ erhalten.

Heftpreis: –,40 M, Jahresabonnement: 4,– M



3. Anwendungen

Mit dem Laserlicht steht eine elektromagnetische Strahlung im Frequenzbereich vom nahen UV bis zum mittleren IR zur Verfügung, deren Anwendung aufgrund ihrer vorzüglichen Eigenschaften bereits heute am Stand der Technik gezählt werden kann. Besondere Eigenschaften des Laserlichtes gegenüber der Strahlung herkömmlicher Lichtquellen sind

- hohe Frequenzstabilität
- extreme Einfarbigkeit (Monochromasie)
- gute räumliche und zeitliche Kohärenz, d. h. die Lichtfeldstärke an verschiedenen Orten und zu verschiedenen Zeiten steht in festen Phasenbeziehungen zueinander.
- hohe Leistungsdichten, besonders im Impulsbetrieb des Lasers
- geringe Divergenz (Auseinanderlaufen des Strahls).

Natürlich findet man alle diese Eigenschaften nicht gleichzeitig bei einem Laser realisiert. Je nach Verwendungszweck werden die Lasertypen spezialisiert.

3.1. Standards für Länge | Zeit | Frequenz:

Stabilisierte Laser erreichen eine höhere relative Genauigkeit der Wellenlänge als bisherige Strahlungsquellen. Damit kann z. B. die Einheit der Länge besser als 10^{-10} festgelegt werden. In gleicher Weise lassen sich so Frequenz-Zeit-Standards aufbauen, die genauer als 10^{-13} sind.

3.2. Längenmeßtechnik

Zum Vermessen großer Entfernungen (10 km bis kosmische Entfernungen) bedient man sich des Licht-Echos (LIDAR) (Abb. 1).

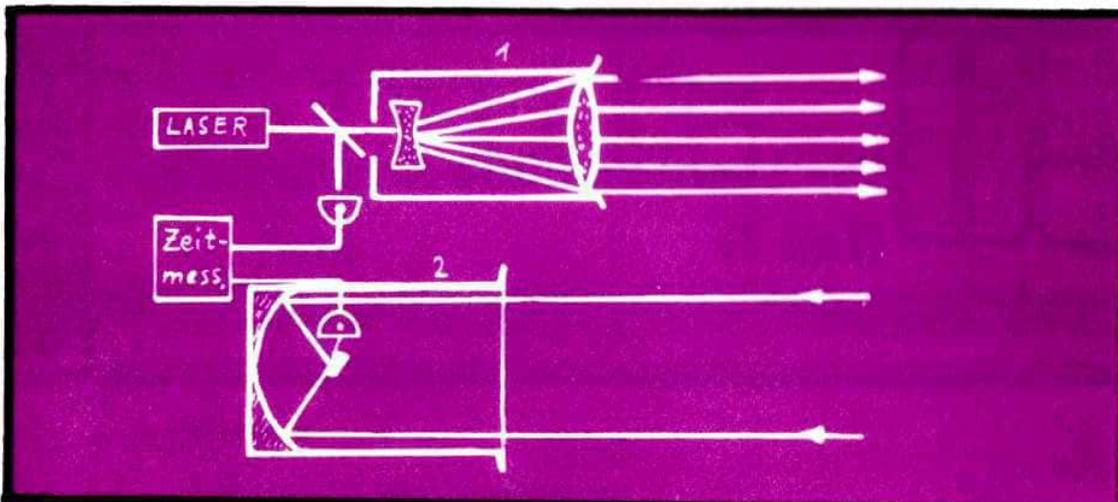


Abb.1: LIDAR (1: Sendeoptik, 2: Empfängerteleskop)

Hierbei mißt man die Laufzeit ausgesendeter und vom Meßobjekt reflektierter kurzer Lichtimpulse hoher Leistung (Impulsdauer etwa 10^{-9} s). So wurde die Entfernung Erde-Mond bis auf etwa 1 m genau vermessen, wobei von etwa 10^{20} ausgesendeten Photonen nur etwa 10 den Empfänger wieder erreichten. Das Licht-Echo-Verfahren findet auch bei der Untersuchung der Atmosphäre Anwendung, wo z. B. die Luftverunreinigung über Industriezentren zu kontrollieren ist.

Für die Messung mittlerer Entfernungen werden frequenzmodulierte Laser im Dauerbetrieb verwendet. Aus der Phasendifferenz

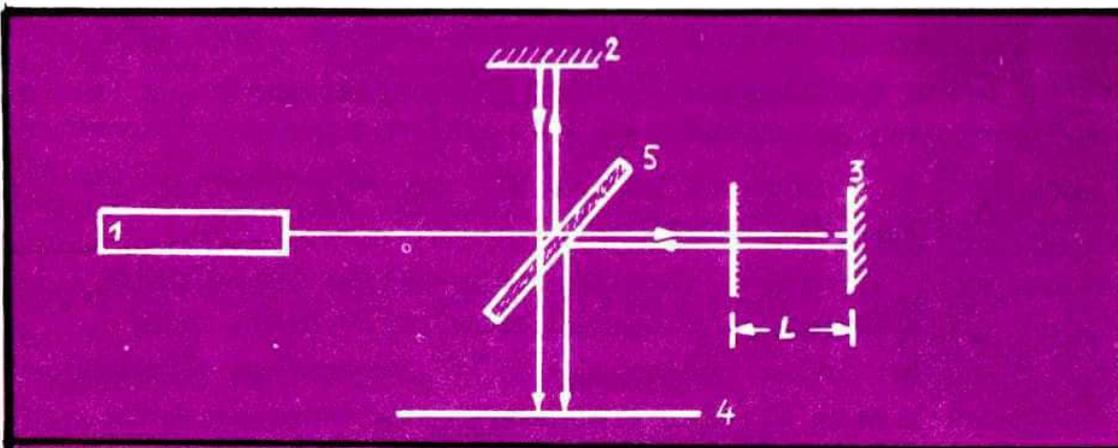


Abb.2: Laserinterferometer (1: Laser, 2: fester Spiegel, 3: verschiebbarer Spiegel, 4: Empfänger, 5: teildurchlässige Platte)

der Modulationsfrequenz zwischen auslaufendem und reflektiertem Licht kann die Entfernung sehr genau bestimmt werden. Kleine Entfernungen bis zu 10 m sind mit Laserinterferometern ausmeßbar (Abb. 2). Hier erreicht man Genauigkeiten bis zu 10 nm. Optische Justier- und Leitstrahlverfahren bilden einen weiteren Anwendungsschwerpunkt des gering divergierenden Laserlichtes. Das Auseinanderlaufen des Laserlichtes beträgt typischerweise 1 mrad und läßt sich durch Teleskopvorsätze weiter verkleinern. Ein solches "optisches Lineal" wird beim Bau von Brücken, Tunneln, Gräben und ausgedehnten Bauwerken eingesetzt.

3.3. Geschwindigkeitsmessung

Aufgrund seiner eigenen kleinen Spektralbreite ermöglicht Laserlicht durch Ausnutzung des optischen Dopplereffekts über die Messung der Spektralverschiebung bewegter leuchtender (oder angestrahlter) Objekte eine präzise Geschwindigkeitsmessung,

$$\Delta\nu = \nu_0 \cdot \frac{v}{c} \cdot \cos \alpha$$

wobei $\Delta\nu$ die Frequenzverschiebung der Mittenfrequenz ν_0 , v und c die Objekt- und Sichtgeschwindigkeit und α der Beobachtungswinkel (Abb. 3) sind.

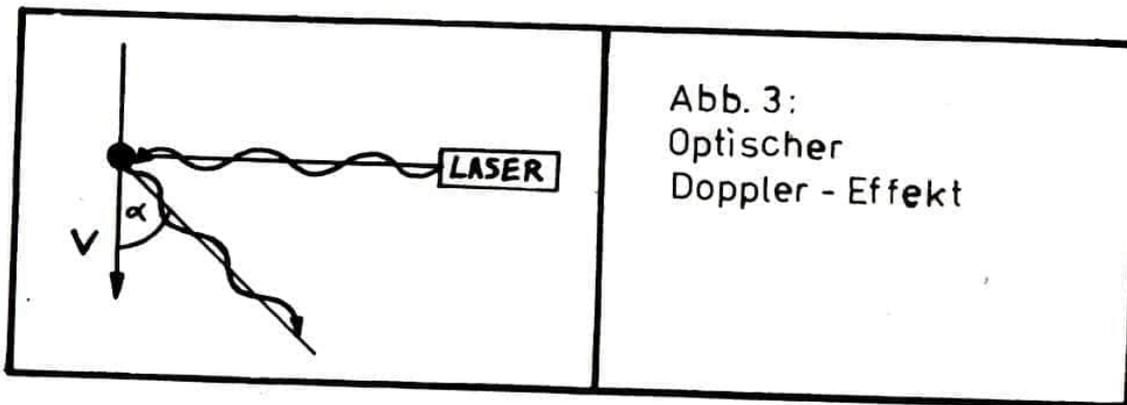


Abb. 3:
Optischer
Doppler - Effekt

3.4. Holografie

Die Verwendung des räumlich-zeitlich kohärenten Laserlichts zur Aufzeichnung von dreidimensionalen Objekten auf zweidimensionalen Speichern erlaubt neben der herkömmlichen Erfassung der Lichtintensität auch die Registrierung des Phasen-

verlaufs der Wellenfronten (sogenanntes Hologramm). Bei der Bildwiedergabe mit dem gleichen Laserlicht können dreidimensionale Bilder erzeugt werden.

3.5. Materialbearbeitung

Die hohe Leistungsdichte N eines Hochleistungslasers läßt sich wegen der kleinen Strahldivergenz Ω durch eine kurzbrennweitige Linse der Brennweite f in deren Fokus auf schwer vorstellbare gigantische Werte N_f erhöhen, bei der alle bekannten Stoffe schmelzen und verdampfen.

$$N_f = N_2 \frac{F}{f^2 \cdot \Omega}$$

(F - unfokussierter Strahlquerschnitt)

Typische Leistungsdichten bekannter Strahlungsquellen (in Wcm^{-2})

Sonne, fokussiert	$5 \cdot 10^2$
Argonlaser, fokussiert	$4 \cdot 10^8$
Neodymlaser, fokussiert	$4 \cdot 10^{15}$
Elektronenstrahl	$5 \cdot 10^8$
Acetylen-Sauerstoff-Brenner	$1 \cdot 10^3$

Folglich wird der Laserstrahl zum Schneiden, Schweißen und Bohren eingesetzt, wobei allerdings die kleine Strahlenergie seinen Einsatz auf die Präzisions- und Feinwerktechnik (und zunehmend auch auf die Medizin) begrenzt.

3.6. Laserinduzierte Kernfusion

Das Vorhandensein gewaltiger Hochleistungslaser läßt die Verwirklichung der gesteuerten Kernfusion, z. B. der Verschmelzung zweier Deuteriumkerne, in realistische Nähe rücken. Dabei kommt es darauf an, ein Plasma hoher Dichte (größer 10^{25} cm^{-3}) und hoher Temperatur (größer 10^8 K) zu erzeugen. Solche Plasmen können erzeugt werden, wenn gepulstes Hochleistungslaserlicht, z. B. eines Neodymlasers, mit Leistungsdichten größer 10^{15} Wcm^{-2} auf Deuteriumeis fokussiert wird. (Abb. 4). Das Ziel derartiger Forschung ist die Erzeugung

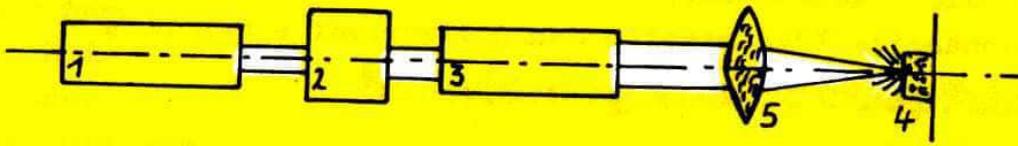


Abb. 4: Laserinduzierte Kernfusion
 (1: Riesenimpulslaser, 2: Impulsverkürzer,
 3: ein oder mehrere Laserverstärker, 4:
 Deuteriumeis, 5: Fokussieroptik)

hochenergetischer Lichtimpulse, um das erzeugte heiße Plasma auch genügend lange verfügbar zu haben.

3.7. Nichtlineare Optik

Die sehr großen Feldstärken im Strahl eines intensiven Lasers bewirken in beleuchteter Materie eine spürbare Verzerrung der Elektronenhüllen gegenüber den Atomkernen. Für die dabei entstehenden elektrischen Dipolmomente in den Atomen und Molekülen findet man eine Verletzung der in der linearen Optik geläufigen Proportionalität zwischen induzierter Dipolmomentendichte P und elektrischer Feldstärke E .

lineare Optik: $P \sim E$

nichtlineare Optik: $P \sim \alpha_1 E + \alpha_2 E^2 + \alpha_3 E^3 + \dots$

Als Folge dieses nichtlinearen Zusammenhanges treten eine Reihe ungewöhnlicher Effekte mit zum Teil erheblicher Intensität auf, wie z. B.

- Frequenzvervielfachung des Laserlichtes
- Erzeugung von Summen und Differenzfrequenzen bei gleichzeitig eingestrahlt 2 Frequenzen
- Intensitätsabhängige Transmission (siehe Teil 2, Abschnitt 2,3)
- Laserinduzierte Plasmaerzeugung durch Mehrfachabsorption
- Induzierte Streuung

Für die Laserphysik bietet die Nichtlineare Optik die Möglichkeit, sowohl die Frequenz des Laserlichtes als auch über die intensitätsabhängige Transmission den Zeitverlauf eines Laserimpulses zu verändern.

3.8. Weitere Anwendungen

Die vorstehend genannten Einsatzgebiete erschöpfen die Anwendbarkeit des Lasers in Forschung, Technik und Umwelt keinesfalls. So ist hier u.a. nicht eingegangen worden auf seinen Einsatz in der Spektroskopie und der Nachrichtentechnik.

Thema: Kernfusion und Laseranregung siehe impuls 68, 9. Jg. (1975/76) H. 1 und 2
Fortsetzung im nächsten Heft



Eisen aus Asche

Untersuchungen zum Gewinn von Eisenkonzentrat aus Asche der Kraftwerke Boxberg und Trattendorf laufen derzeit im Leipziger Institut für Energetik. Damit weisen die Wissenschaftler einen Weg, aus bisher ungenutzten Abbauprodukten wertvolle Rohstoffe zu erschließen. Berechnungen ergeben, daß allein aus der Asche des Kraftwerkes Boxberg jährlich 3 000 t Eisenkonzentrat zu gewinnen sind.

Elektrische Leiter aus synthetischem Material

Ein Material, das als Leiter von Elektroenergie billiger und wirksamer als Kupfer ist, wurde an der Universität von Philadelphia entwickelt. Bei Experimenten zeigten Drähte, die dieses synthetische Material enthielten, eine eineinhalbmal größere Leitfähigkeit als Kupfer. In einigen Jahren soll das neue Drahtmaterial, das unter anderem Graphit enthält, beim Bau von Motoren, Generatoren und Transformatoren Kupfer ersetzen können.

Astrid Voigt
Dipl.-Biol.
FSU Jena
Sektion Biologie

Kultivierung von Speisepilzen

Speisepilze sind bei vielen Familien sehr beliebt, bereichern sie doch den Speiseplan in willkommener Abwechslung. Die Möglichkeiten ihrer Verwertung sind zahlreich, da es Arten mit recht unterschiedlichen Geschmackseigenschaften gibt. In der DDR sind 77 Pilzarten zum Verkauf in frischem Zustand und weitere 22 Arten zur Herstellung von Pilzerzeugnissen (Trockenpilze, Pilzpulver, Extrakte, Konserven) zugelassen. Der Pilzertrag aus deutschen Wäldern wurde vor Jahren auf 200 Mill. Mark jährlich geschätzt. Das Jahr 1950 brachte eine Ernte im Werte von 1 Milliarde Mark. 1941 wurden in der Großmarkthalle von Dresden etwa 2,5 Mill. Kilo Frischpilze verkauft. Dabei rangierten mengenmäßig Arten wie Steinpilz, Birkenpilz, Champignon und Pfifferling an erster Stelle.

Nur drei Jahrzehnte später muten uns solche Zahlenangaben wie eine Phantasie an. Worin liegt der Grund, daß wir heute viele Stunden im Wald herumlaufen und dabei doch nur wenige Speisepilze finden? Sind die Pilze etwa weniger geworden? Oder hat das Wetter daran Schuld?

Pilzausflüge, Vorträge, Ausstellungen, Pilzbücher haben die Pilzkenntnis in weite Schichten der Bevölkerung getragen, so daß nur noch wenige Speisepilze übersehen werden. Das führt tatsächlich zur regelrechten Ausräumung der Wälder und damit zur Pilzarmut. Die Fruchtkörper werden schon im jungen Zustand geerntet (bereits vor der Sporenreife). Nur die Giftpilze bleiben stehen, nur sie können sich uneingeschränkt vermehren. Doch heute sind wir bereits in der Lage, der Ausrottung der eßbaren Pilze entgegenzuwirken und ihre natürliche Vermehrung zu begünstigen.

Der Mangel an guten Speisepilzen stellt die Frage, ob man Pfifferlinge und Steinpilze auch im Garten züchten könnte. Das ist bis heute leider noch nicht erreicht worden. Die Kulturfähigkeit bestimmter Pilze ist an spezifische Bedingungen gebunden. Nach der Art der Ernährung lassen sich drei biologische Gruppen unterscheiden:

1. Mykorrhizapilze oder Symbionten,
2. humus- und dungbewohnende Pilze oder Saprophyten,
3. holzbewohnende Pilze oder Parasiten.

Die erste Gruppe ist für den Anbau ungeeignet, da sie ohne Symbiose mit gewissen Waldbäumen keine Fruchtkörper bilden können. Solange wird ihre Zucht nicht möglich sein, bis ernährungsphysiologische Vorgänge beim Stoffaustausch Pilz-Baumwurzel geklärt sind.

Zur ersten Gruppe zählen solche Pilze wie Pfifferling, Reizker, Grünling, Steinpilz, überhaupt alle Röhrlinge, und auch Täublinge.

Die zweite Gruppe braucht für ihre Entwicklung keine lebenden Bäume. Sie ernährt sich von Humusstoffen. Darunter fallen auch zahlreiche eßbare Pilze: Morchel und Champignon. Einige Arten wurden bereits mit Erfolg auf gedüngter Laub- bzw. Gartenerde gezüchtet (z. B. Violetter Ritterling, Schopftintling, Champignon).

Die dritte und letzte Gruppe beinhaltet solche Pilze wie Hallimasch, Austernseitling, Stockschwämmchen, Samtfußrübling und Winterpilz.

Schauen wir uns nun ein wenig in der Kultivierung von Speisepilzen um. Kein Pilz ist in Japan so geschätzt wie der Shiitakepilz (*Lentinus edodes*), der seit sehr langer Zeit auf totem Holz angebaut wird. Die Shiitakekultur ist sicherlich viel älter als die Champignonzucht und reicht möglicherweise bis in prähistorische Zeiten zurück. Der Pilzanbau hat eine enorme wirtschaftliche Bedeutung für Japan erlangt. Getrocknete und konservierte Shiitake bilden heute das wichtigste agrarische Exportprodukt Japans. Es werden eigens Wälder aufgeforstet, um das für die Pilzkultur nötige Holz zu gewinnen. Der Genuß des Shiitake gilt als sehr gesund und lebensverlängernd. Der Pilz gedeiht nur auf Laubholz, am besten auf Holz vom Shiibaum, einem unserer Eiche und der Edelkastanie verwandten

Gehölz. Eine Kultivierung gelang folgendermaßen: Man schnitt etwa armstarke Stämme und Äste in 1 m lange Stücke, brachte an diesen Knüppeln Einschnitte oder Bohrlöcher an, in welche sporenhaltiges Wasser gegossen wurde. Die Knüppel wurden an schattigen Stellen der Wälder aufgestellt, wo sie nach zwei Jahren zu fruchten begannen und dann einige Jahre im Frühjahr und im Herbst Ernten brachten. Heute gibt es eine Reihe von Shiitake-Forschungsinstituten, die die Physiologie des Pilzes untersuchen. Eine uns interessierende Frage ist, ob die Shiitakekultur auch in unseren Gegenden mit Erfolg betrieben werden kann. Diese Frage ist bis jetzt noch nicht eindeutig gelöst. Zwar wurden bereits Freilandversuche angelegt, sie brachten aber immer nur bescheidene Ernten. Das hängt in hohem Maße mit unserem anders gearteten Klima zusammen. Das Klima in Japan ist zum großen Teil sehr mild und wesentlich feuchter, niederschlagsreicher, als es bei uns ist.

Pilze, deren Kultur in Europa ebenfalls Millionen einbringt, sind die Trüffel, besonders der in Frankreich gezüchtete Perigordtrüffel (*Tuber melanosporum* VITT). Dieser wächst unter Eichen, besonders auf Kalkboden, nesterweise zu 3 bis 5 Knollen. In Frankreich werden dafür regelrechte Trüffelwälder angelegt. Entweder werden Eichen zur Aufforstung oder 1 bis 2 jährige Eichen aus Trüffelgegenden verwendet, oder kleingeschnittene Trüffel werden unter Eichen eingegraben. Die Ernte erfolgt mit Hilfe von Hunden oder Schweinen, die mit ihrem feinen Geruchssinn die Trüffel im Boden wittern.

Welche Möglichkeiten bestehen nun in unserem Land bei der Kultivierung von Speisepilzen? Zuallererst fällt uns meistens der Anbau des Champignons ein. Die Kultivierbarkeit des Champignons ist allgemein bekannt, doch bereitet die Kultur vor allem dem Kleinstanbauer oft Schwierigkeiten. Ein Freilandanbau ist unsicher, da dieser Pilz klimatische Schwankungen schlecht verträgt. Darüberhinaus sind die Fruchtkörper maden-anfällig.

Den Möglichkeiten des Kleingärtners entsprechend hat das VEG Dieskau einen bisher kaum bekannten Wildpilz, den Rotbraunen Riesenträuschling (*Stropharia rugose-annulata*) in Kultur genommen und Methoden zur Brutherstellung und des Anbaues entwickelt. Dieser neue Kulturpilz zeichnet sich durch

relativ geringe Ansprüche aus. Weder ein Nährstoffzusatz zum Substrat, noch dessen Kompostierung ist erforderlich. Es können beliebig kleine Substratmengen aufbereitet werden. Der Riesenträuschling kann sich, wie sein Name schon andeutet, zu einer erstaunlichen Größe entwickeln. Hutdurchmesser von über 25 cm und Einzelgewichte von mehr als 1 kg sind durchaus keine Seltenheit. Die Hutoberseite ist rotbraun, die Lamellen sind graublau, und der Stiel ist gelblichweiß.

Der Pilz läßt sich in jedem Garten anbauen. Als Nährsubstrat dient unzersetztes Getreide- oder Flachsstroh ohne fremde Bestandteile und ohne weitere Zusätze. Der Träuschling liebt Wärme und Feuchtigkeit. Da Substrat- oder Erdfehler bei diesem Pilz zu den Ausnahmen zählen, hängt die Höhe des Ertrages in erster Linie von einer günstigen Gestaltung des Beetklimas ab. In der Myzelausbreitungsphase ist das Temperaturoptimum 25°C. Die Ernte erfolgt 8-10 Wochen nach dem Einbringen der Brut und währt bis zum Frosteintritt. Das alte Substrat eignet sich gut als Nährboden oder Humusdünger für Gurken und andere anspruchsvolle Kulturpflanzen. Die Ertragshöhe des Träuschlings liegt im Bereich von 2-10 kg/m², bei Spitzenleistungen sogar bis zu 17 kg/m².

Doch auch beim Träuschling können Krankheiten auftreten. Sie gelangen mit dem völlig unsteril verwendeten Substrat und der Deckerde in die Kultur. Der gefährlichste Konkurrent ist der Grünschimmel, der nur im Substrat auftritt. Bei massenhaftem Vorkommen schädigen auch Nematoden das Myzel.

In letzter Zeit wurden noch einige andere Speisepilze in Kultur genommen und züchterisch bearbeitet, so z. B. das Stockschwämmchen (*Pholiota mutabilis*). In der Natur finden wir es häufig an alten Baumstubben, die durch dieses zerstört werden. Eine Anzucht auf solchen Baumstümpfen würde eine Rodung der Stümpfe auf biologischem Weg zur Folge haben, wobei die eßbaren Fruchtkörper eine willkommene Nebennutzung ermöglichen. Weitere Untersuchungen laufen noch beim Austernseitling und Blauen Bitterling.

Die Kultivierung von Speisepilzen wird in naher Zukunft noch sehr an Bedeutung gewinnen. Für die ständig wachsende Bevölkerungszahl müssen beizeiten alle Möglichkeiten für eine Ernährung mobilisiert werden. Die Pilzkultur gibt die Möglich-

keit, bei geringster Inanspruchnahme von Kulturgrund, wertvolle und wohlschmeckende Nahrungsmittel zu produzieren.

Literatur: Michael, E.; Hennig, B., Kreisel, H.: Handbuch für Pilzfreunde, Jena 1978.



„Schäbiger Gammler“

„Eingebildeter Pinsel“

„Eingebildeter
Pinsel“

2. Die Aktivierungsanalyse

Neben der Anwendung radioaktiver Isotope zur Aufklärung von Reaktionsmechanismen soll hier noch ein analytisches Verfahren vorgestellt werden, das die Radioaktivität bestimmter Isotope zum Elementnachweis ausnutzt. Dieses Verfahren besitzt die Besonderheit, daß das interessierende Element nicht in Form eines radioaktiven Isotops in der entsprechenden Verbindung (oder Mineral o.a.) vorkommt, sondern daß es erst in ein radioaktives überführt ("aktiviert") werden muß. Dies ist bei einer Reihe von Elementen durch Bestrahlung mit Protonen, Neutronen, α -Teilchen oder γ -Quanten möglich. Hier wird dieses Verfahren auch als Aktivierungsanalyse bezeichnet.

Durchgeführt wird die Analyse, indem man die Probe bestrahlt - "aktiviert" - und anschließend ihre Radioaktivität mißt. Besteht die Möglichkeit, daß mehrere Elemente zugleich aktiviert werden, so muß die Strahlung analysiert und auch die Halbwertszeit bestimmt werden, um zu erfahren, welche radioaktiven Isotope entstanden sind.

Da es möglich ist, bereits einzelne Quanten radioaktiver Strahlung nachzuweisen, handelt es sich hier um ein sehr empfindliches Analysenverfahren, mit dem bereits sehr kleine Spuren eines aktivierten Elementes nachgewiesen werden können. In der Tat ist es möglich, bereits einen Gehalt von etwa 10^{-7} % nachzuweisen.

Entsprechend dieser großen Empfindlichkeit wird das Verfahren vorzugsweise auch dort eingesetzt, wo es auf höchste Reinheit ankommt. Das ist z.B. bei der Verwendung des Germaniums als Halbleiter der Fall:

Soll es ein n-Leiter sein, so muß es mit einem Element der 5. Hauptgruppe - etwa Antimon oder Arsen - dotiert werden.

Diese Beimengungen müssen aber außerordentlich klein sein. Um nun diese Zusätze analytisch erfassen zu können, wird die Aktivierungsanalyse eingesetzt. Sowohl Antimon als auch Arsen lassen sich durch Beschuß mit langsamen Neutronen aktivieren, während Germanium unverändert inaktiv bleibt, so daß mit Hilfe der Intensität der abgegebenen radioaktiven Strahlung der Gehalt an Arsen bzw. Antimon bestimmt werden kann.

Neben solchen wichtigen Anwendungen ist es allerdings auch möglich, völlig anders geartete Fragen zu klären, wie etwa die, ob Napoleon eines natürlichen Todes gestorben ist oder ermordet wurde; laut ärztlichem Bericht soll nach sechsmonatiger Krankheit der Tod eingetreten sein.

Ursache: Magenkrebs.

Einige Zeitgenossen behaupten jedoch, er sei ermordet worden. Vor einiger Zeit konnte das Rätsel mit Hilfe der Aktivierungsanalyse geklärt werden. Da der Tod nach 6 monatiger Krankheit eintrat, konnte es sich im Falle einer Ermordung nur um eine allmähliche Vergiftung handeln. Arsen ist ein Gift, das sich im Körper anreichert und bei Verabreichung kleiner Dosen ein dem Magenkrebs ähnliches Krankheitsbild hervorruft. Arsen sammelt sich im Körper in Haaren und Nägeln an, deshalb untersuchte man einige Härchen eines Haarbüschels Napoleons, das in einem Museum aufbewahrt wurde, mit Hilfe der Aktivierungsanalyse und fand 13 mal mehr Arsen, als gemeinhin in den Haaren zu finden ist. Zudem war es ungleichmäßig über die Länge der Haare verteilt. Damit war erwiesen, daß Napoleon durch Verabfolgung kleiner Dosen Arsen vergiftet worden war.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß die in diesen beiden Artikeln angesprochenen Anwendungen radioaktiver Isotope beileibe nicht die einzigen sind, die Nutzungsmöglichkeiten sind aber sowohl vom Prinzip als auch von der Problemstellung her sehr heterogen, so daß zwei weitere Anwendungsbereiche nur genannt werden sollen:

Es handelt sich einmal um den Einsatz radioaktiver Isotope als Strahlungsquelle, um in Analogie zur Photochemie den Einfluß der gegenüber dem Licht energiereicheren radioaktiven Strahlung auf den Ablauf chemischer Reaktionen zu untersuchen.

Zum anderen beruht die Mößbauer-Spektroskopie auf dem Einsatz radioaktiver Isotope.

Lutz Grunwaldt
Potsdam

Tunguska 1908 – Auf den Spuren einer Katastrophe (Teil I)

PHYSIK

Der Sommer 1908 bringt seltsame Himmelserscheinungen mit sich: Vom 21. Juni an überzieht sich der Himmel in vielen Teilen Europas mit hellen, farbigen Streifen. Die Nächte werden ungewöhnlich hell, am Dämmerungshorizont zeigen sich seltsame Wolken; sie sind langgestreckt und glänzen silbrig, während sie rasch von Ost nach West ziehen. Nach dem 27. Juni ist eine bedeutende Zunahme solcher Beobachtungen zu verzeichnen, auch nimmt die Zahl heller Meteorerscheinungen anomal zu. Es scheint, als ob die Natur auf etwas Außergewöhnliches warte. Am frühen Morgen des 30. Juni 1908 geschieht es.

Die Katastrophe

Gegen 7 Uhr Ortszeit erscheint über dem Mittellauf von Lena und Steiniger Tunguska ein heller Bolid. Die Feuerkugel zieht mit enormer Geschwindigkeit über den Himmel, sie bewegt sich beinahe in Ost-West-Richtung. Ihr Flug wird von donnerartigem Getöse begleitet, eine dunkle Rauchspur markiert ihre Bahn. Angst und Schrecken breiten sich unter der Bevölkerung aus. Der Bolid nähert sich der Erdoberfläche immer weiter. Obwohl der Morgen sonnig und klar ist, werfen alle Gegenstände einen zweiten Schatten, so grell ist die Leuchterscheinung. Und dann folgt die Explosion.

"...Wir hörten ein Pfeifen und verspürten starken Wind... Wir waren noch im Zelt und sahen nicht, was im Wald geschah. Wir krochen aus den Schlafsäcken und wollten gerade das Zelt verlassen, als plötzlich ein lauter Donnerschlag ertönte. Das war der erste Schlag. Die Erde begann zu zucken und zu beben, ein starker Wind schlug in unser Zelt und warf es um. Ich wurde durch die Zeltstange zu Boden gedrückt, hatte aber den Kopf frei... So sah ich seltsame Dinge: Die Bäume stürzen, ihre

Zweige brennen, auch Moos und trockene Zweige am Boden brennen. Ringsum beizender Rauch, die Augen schmerzen. Plötzlich wurde es über dem Berg, wo der Wald bereits niedergebrochen war, strahlend hell; so, als ob dort eine zweite Sonne aufgegangen wäre. Die Augen begannen zu schmerzen, ich mußte sie schließen. Auf einmal gab es einen heftigen Krach. Das war der zweite Schlag..."

Das sind einige Auszüge aus dem Bericht eines der Augenzeugen, die sich dem Ort der Katastrophe am nächsten befanden (ca. 45 km). Die Wirkungen der Explosion sind verheerend:

Bis zu 1000 km weit sind die Bodenerschütterungen zu spüren, im Umkreis von 200 bis 300 km werden Fensterscheiben zerstört. Eine gewaltige Luftdruckwelle läuft um die Erde, im Meteorologischen Observatorium Potsdam wird sie zweimal (!) im Abstand von 30 h 28 min registriert. In vielen Erdteilen werden Seismogramme der Katastrophe aufgezeichnet. Das Observatorium in Irkutsk registriert einen "magnetischen Sturm".

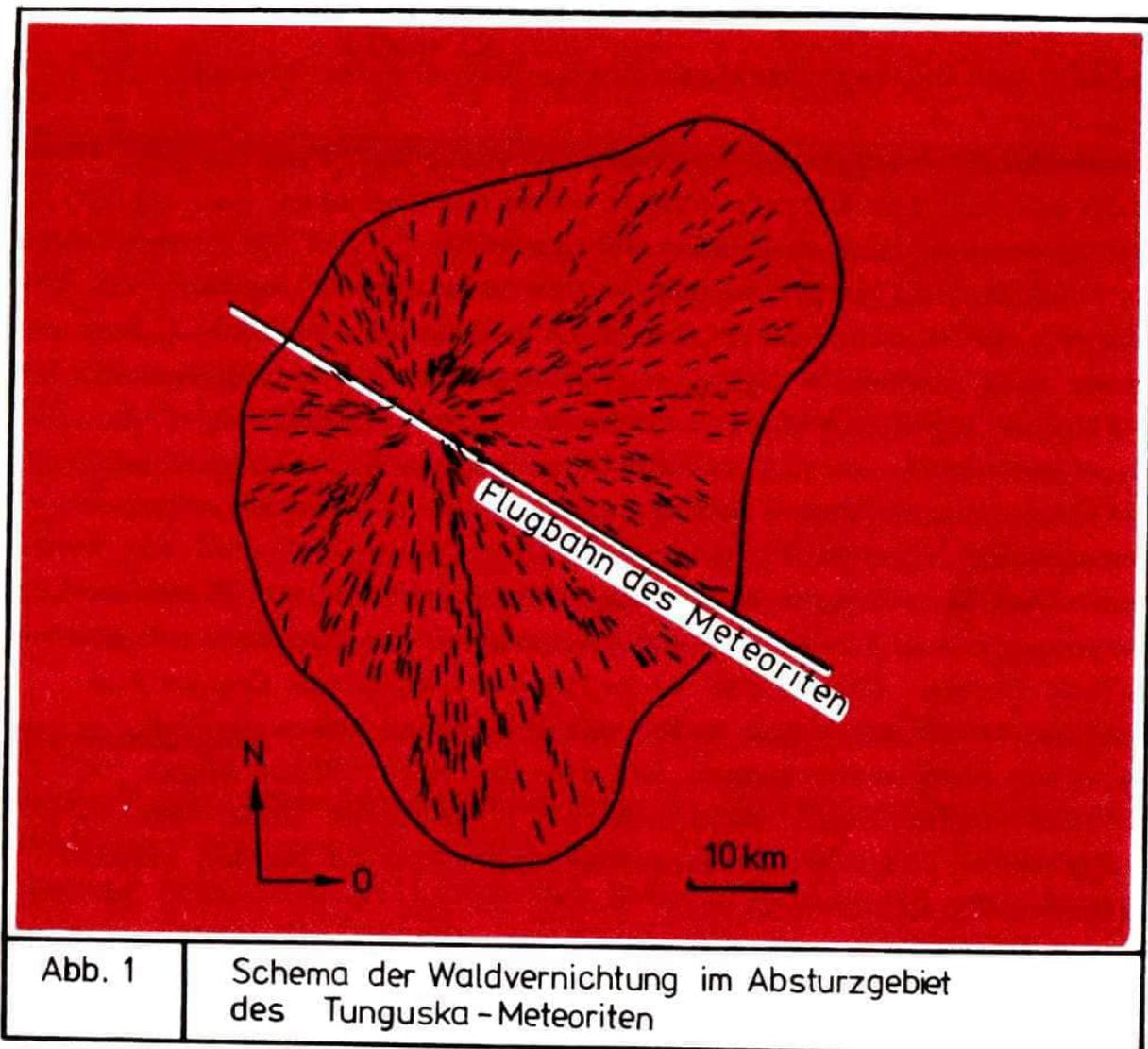
Auch nach der Katastrophe zeigen sich außergewöhnliche Himmelserscheinungen: Die Sonnenauf- und -untergänge in Europa sind ungewöhnlich farbig, die Nächte so hell, daß man unter freiem Himmel Zeitung lesen und sogar fotografieren kann. Diese hellen Nächte haben auch Auswirkungen auf die Tierwelt: Viele Vögel suchen ihre Schlafplätze nicht mehr auf, verlieren ihren Tag/Nacht-Rhythmus. Die anomale Himmelhelligkeit läßt jedoch bereits nach wenigen Tagen stark nach.

Im Epizentrum

Wie sieht es im Epizentrum einer Explosion aus, deren Auswirkungen so gewaltig sind? Diese Frage wird erst zwei Jahrzehnte später beantwortet. Das Katastrophengebiet ist unbewohnt, seine Umgebung nur schwach besiedelt. Im zaristischen Rußland besteht kein Interesse an der Entsendung einer Expedition zur Steinigen Tunguska. Erst nach der Oktoberrevolution wird diese Aufgabe in Angriff genommen.

Leonid A. Kulik (1883-1942) leitet die erste Forschergruppe, die sich ihren Weg durch das unwegsame Gelände bahnt. Das Ausmaß der Zerstörungen, das sie vorfindet, ist unvorstellbar. Auf einer Fläche von 2150 km² ist der Wald zerstört. Bäume sind

wie Streichhölzer geknickt, entwurzelt, verbrannt. Ein riesiger Kahlschlag, geschaffen in wenigen Sekunden!
 Weitere Expeditionen und Luftaufnahmen ermöglichen schließlich, ein ungefähres Bild der Waldvernichtung zu zeichnen (Abb. 1).



Der Windbruch hat eine seltsame "Schmetterlingsform", deren Symmetrieachse die Flugrichtung des "Tunguska-Meteoriten" widerspiegelt. Aber auch intensivstes Suchen mit empfindlichen Geräten bringt kein Bruchstück des kosmischen Körpers zutage. Das Außergewöhnlichste jedoch: das eindeutige Kennzeichen eines solch großen Meteoritenfalles, der Einschlagkrater, fehlt völlig. Das läßt nur einen Schluß zu: Die Explosion muß in der Luft erfolgt sein, in einer Höhe von 5-10 km. Den Wissenschaftlern gelingt es schließlich, die ungefähre Explosionsenergie abzuschätzen, die am 30. 6. 1908 über der

Steinigen Tunguska frei wurde. Sie ist gewaltig: Etwa $3-8 \cdot 10^{14} \text{J}$, das entspricht einem TNT-Äquivalent von 10-20 Megatonnen! Die Energie der US-Atombombe, die 1945 Hiroshima vernichtete, war fast 500mal geringer.

Atomexplosion über der Taiga?

Weitere Fakten bezeugen die Außergewöhnlichkeit dieses "Meteoritenfalles". An den Zweigen erhaltengebliebener Lärchen werden Brandstreifen gefunden, die nur von intensiver Lichtstrahlung herrühren können. (Man vergleiche den Augenzeugenbericht!) Diese Erscheinung wird in einem 250 km^2 großen Gebiet festgestellt, das symmetrisch zur Flugrichtung liegt. Um solche Erscheinungen hervorzurufen, müssen ca. 10 % der Explosionsenergie in Lichtstrahlung umgesetzt worden sein! Der Wald im Katastrophengebiet wächst außergewöhnlich rasch. Nicht nur junge Bäume, die nach 1908 wuchsen, auch "überlebende" Pflanzen zeigen diesen Effekt. Ebenso erweist sich die Mutationsrate in diesem Gebiet als überdurchschnittlich hoch (Abb. 2).

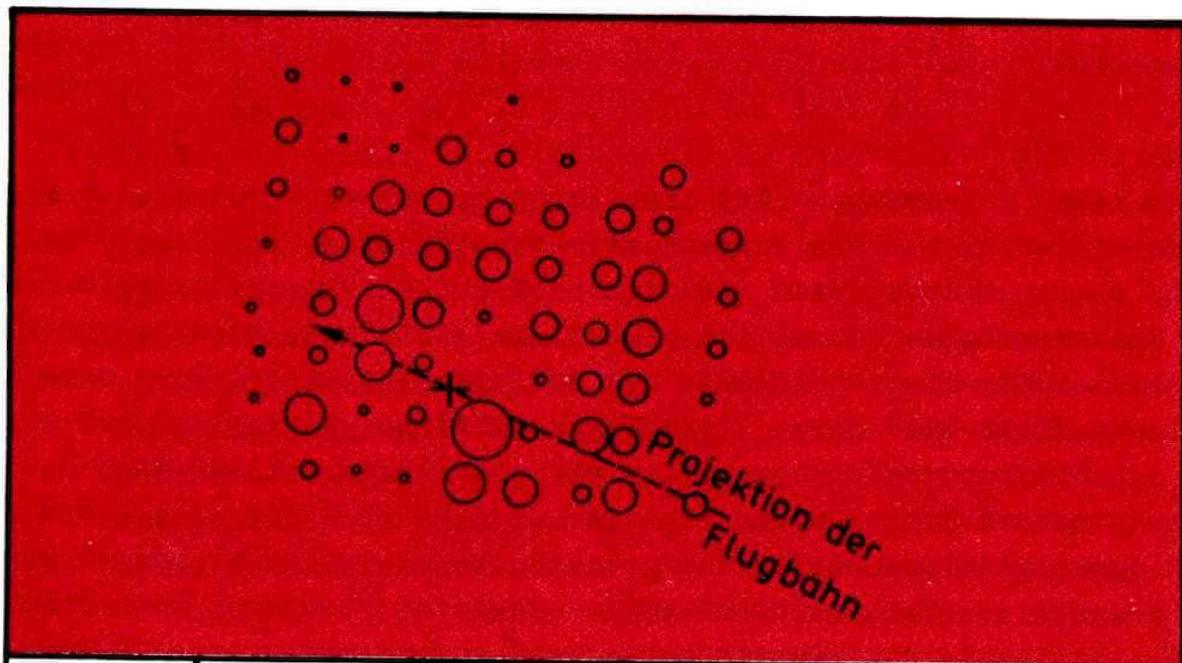


Abb. 2

Mutationseffekt an Bäumen im Katastrophengebiet. Der Durchmesser der Kreise ist der Größe des Effektes proportional, das Epizentrum ist mit einem Kreuz gekennzeichnet.

Welche mutagenen Faktoren haben hier gewirkt? Harte Strahlung, chemische Substanzen? Woher kamen sie? Inzwischen kennt die Welt auch die Bilder des Schreckens aus Hiroshima und Nagasaki. Riesige, wie leergefegte Flächen... Analogien drängen sich auf: War der Tunguska-Meteorit etwa eine atomare Explosion?

Diese Hypothese, in phantastischer Form vorgetragen von A. Kasanzew, gewinnt rasch Anhänger und ist auch heute noch populär. Kasanzew und andere Autoren schaffen folgendes Modell: Ein Raumschiff einer uns unbekanntes außerirdischen Zivilisation fliegt die Erde an. Die Landung wird eingeleitet, da tritt eine Havarie auf. Das Schiff stürzt steuerlos ab, erhitzt sich durch die Reibung der Atmosphäre so sehr, daß der Mantel weißglühend wird. Die Katastrophe geschieht: Der Antriebsreaktor gerät außer Kontrolle und explodiert wie eine Kernbombe.

In zahllosen utopischen Romanen findet man diese Erklärung der Tunguska-Katastrophe (hier sei nur auf St. Lem's Roman "Der Planet des Todes" verwiesen). Sie wird in weniger marktschreierischer Form jedoch auch von Wissenschaftlern vertreten, z. B. von A.W. Solotow. Er macht keinerlei Aussagen über die mögliche Natur des kosmischen Körpers, sondern stellt die Frage: Lassen sich die Faktoren der Tunguska-Katastrophe durch die Annahme einer Kernspaltungs- oder Kernfusionsreaktion erklären?

Mehr als siebenzig Jahre sind seit dem 30. 6. 1908 vergangen. Die Natur heilt die "Wunde" der vernichteten Taiga allmählich, fast alle damaligen Augenzeugen sind inzwischen gestorben. Trotzdem reißt das Interesse an der Tunguska-Problematik nicht ab. Jahr für Jahr ziehen Enthusiasten und wissenschaftliche Expeditionen in das Absturzgebiet, um mit immer raffinierteren Methoden dem Geheimnis auf die Spur zu kommen. Die Zahl der Publikationen über dieses Thema ist enorm. Viele Veröffentlichungen versuchen jedoch den Eindruck zu erwecken, als sei das damalige Geschehen auch heute noch völlig rätselhaft, als sei mehr als fünfzig Jahre nach der ersten Expedition ins Katastrophengebiet noch immer nichts endgültiges bekannt. Das stimmt nicht!

In jahrzehntelanger Kleinarbeit haben Wissenschaftler ein Mosaik von Fakten zusammengetragen, das wesentliche Aussagen über den Hergang der Ereignisse am 30. 6. 1908 und die Natur des kosmischen Körpers gestattet. Davon soll im zweiten Teil des Artikels die Rede sein.

Fortsetzung im nächsten Heft

siehe auch impuls 68, 9. Jg. (1975/76) H. 2 und 3

Unter Klonen versteht man die identische Vervielfachung des genetischen Materials auf der Stufe von Genen, von Zellen, von Geweben und von ganzen Individuen. Eine identische Vervielfachung des genetischen Materials und somit ein Klonen ist in der Natur nur durch die vegetative Vermehrung gegeben. Die in den letzten Jahren gemachten experimentellen Fortschritte auf dem Gebiet der Entwicklungsphysiologie ermöglichen es heute, auch Individuen, die sich generativ fortpflanzen, künstlich zu klonen. Voraussetzung hierfür ist die künstliche Befruchtung, also die Verschmelzung einer isolierten Samenzelle mit einer isolierten Eizelle und das Ablaufen der ersten Schritte in der Embryonalentwicklung im Reagenzglas. Das Prinzip des künstlichen Klonens soll am Beispiel der Maus verdeutlicht werden.

Aus dem Uterus einer weiblichen Maus wird eine Eizelle isoliert und diese in ein Reagenzglas gebracht, das außerdem Samenzellen einer männlichen Maus enthält. Nach erfolgter Befruchtung wird die Zygote im Stadium der Plasmogamie (nur das Plasma beider Geschlechtszellen ist miteinander verschmolzen) aus dem Reagenzglas entfernt und aus ihr durch Mikromanipulation entweder der männliche oder weibliche Zellkern entfernt. Durch Zusatz von Chemikalien, die zur Auslösung von Endomitosen führen, wird der in der Zygote verbliebene haploide männliche oder weibliche Zellkern in den diploiden Zustand überführt. Die so manipulierte Zygote enthält also nur das genetische Material der männlichen oder weiblichen Maus und nicht, wie es bei der normalen Befruchtung der Fall ist, das genetische Material von beiden Elternteilen. Aus ihr entwickelt sich nach der Rückverpflanzung in den Uterus eine Maus, die genetisch der Mutter oder dem Vater vollständig identisch und somit

geklont ist. Durch dieses Verfahren können aber nur geklonte weibliche Nachkommen erhalten werden. Der Grund hierfür liegt in der Geschlechtsdetermination. Wie beim Menschen, so wird auch bei der Maus das Geschlecht durch das XY-System bestimmt. Das Geschlechtschromosomenpaar XX determiniert weiblich und das Geschlechtschromosomenpaar XY männlich. Befindet sich nun in einer plasmogamen Zygote ein männlicher Zellkern, der als Geschlechtschromosom das Y-Chromosom enthält, und wird aus dieser der weibliche Zellkern entfernt, so besäßen die geklonten Nachkommen das Geschlechtschromosomenpaar YY. Diese Individuen sind jedoch nicht lebensfähig. Geklonte männliche Nachkommen bei der Maus erhält man jedoch, wenn man diploide Zellkerne aus somatischen Zellen im Klonierungsexperiment einsetzt. Hierzu werden aus der im Reagenzglas befruchteten Zygote nicht nur der männliche oder weibliche Zellkern sondern beide entfernt. In diese jetzt kernlosen Zygote wird ein diploider Zellkern eingepflanzt, der vorher aus einer männlichen Embryonalzelle entnommen wurde. Die sich aus dieser Zygote entwickelnde Maus ist somit männlich und dem Vater genetisch völlig identisch, aus dem der Zellkern entnommen wurde.

Durch die Möglichkeit des Klonens im Reagenzglas ergeben sich für die menschliche Gesellschaft in Analogie zu den Fortschritten auf dem Gebiet des genetic engineering eine Reihe von ethischen Problemen. Sicher wird es auch in absehbarer Zeit möglich sein, die am Beispiel der Maus beschriebene experimentelle Technik auf menschliche Geschlechtszellen zu übertragen. Dann bestünde zum Beispiel die Gefahr der Produktion von "Einheitsmenschen", wie es schon in verschiedenen science fiction, die in der westlichen Welt erschienen sind, beschrieben wurde. Unsere sozialistische Gesellschaftsordnung lehnt Klonierungsversuche mit menschlichem Zellmaterial generell ab. Der auf diesem Gebiet in der kapitalistischen Welt arbeitende Entwicklungsphysiologe besitzt somit gegenüber der Menschheit eine hohe Verantwortung.

Johannes Kepler (1571–1630)

"Gerade in so sorgenschwerer und bewegter Zeit wie der unsrigen, in der es schwer ist, Freude zu hegen an den Menschen und an der Entwicklung der menschlichen Dinge, ist es besonders tröstlich, eines so überragenden, stillen Menschen wie Keplers zu gedenken." So beginnt ein Artikel von Albert Einstein im Jahre 1930 zum 300. Todestag von Johannes Kepler. Inzwischen haben wir 1980 und gedenken Keplers zu seinem 350. Todestag.

Der Name Kepler ist für uns verbunden mit den von ihm gefundenen Bewegungsgesetzen der Planeten. Kepler gelang es, die astronomischen Daten über die von der Erde aus beobachteten Positionen von Sonne und Planeten in befriedigender Weise mit folgenden drei Gesetzen zu erklären:

1. Die Bewegung der Planeten um die Sonne erfolgt auf Ellipsenbahnen. In einem Brennpunkt der Ellipse steht die Sonne.
2. Die Verbindungsstrecke Sonne - Planet überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.
3. Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen der großen Halbachsen der Bahnellipsen.

Diese Planetengesetze, die die beobachtbaren Planetenbewegungen mit hoher Genauigkeit beschreiben, fand Kepler auf Grund eines tiefen Glaubens an Harmonien und Gesetzmäßigkeiten in der Natur. Er verglich die bereits im Altertum von Menschen erdachten Linien einfachster Gesetzmäßigkeiten, zu denen die Geraden, Kreise, Ellipsen, Hyperbeln und Parabeln gehören, mit den Planetenbeobachtungen von Tycho Brahe. Aus diesem Vergleich von Erdachtem und Beobachtetem schlußfolgerte Kepler seine Planetengesetze. Kepler ging es auch um eine physikalische Erklärung dieser Gesetze und der herausragenden Rolle der Sonne. Er war der Ansicht: "Keine der beiden Wissenschaften, Astronomie und Physik, kann ohne die andere zur Vollkommenheit ge-

langen." Und so bezeichnete Kepler sein Hauptwerk, die "Astronomia Nova" (Neue Astronomie) gleichzeitig als "Physik des Himmels". Kepler ging von der Vorstellung aus, daß die Sonne nicht nur Quelle der Wärme und des Lichtes ist, sondern auch Spenderrin der Kraft, die die Bewegung der Planeten um die Sonne be-



wirkt. Kepler verallgemeinerte diese Vorstellung mit der Annahme, zwischen allen körperlichen Massen wirke eine wechselseitige Anziehungskraft. Er nannte diese Kraft "gravitas" und verglich sie mit der Kraft zwischen zwei Magneten. Außer der Planetenbewegung erklärte Kepler mit dieser Vorstellung auch den freien Fall der Körper auf der Erdoberfläche sowie die Ent-

stehung von Ebbe und Flut infolge der wechselseitigen Kraftwirkung zwischen Erde und Mond. Kepler leistete damit einen gewichtigen Beitrag zur Beschreibung der Natur mit einer einheitlichen Physik. Mit seiner "gravitas"-Vorstellung kam er dem später von Newton gefundenen Gravitationsgesetz bereits sehr nahe. Newton leitete 1687 das Gravitationsgesetz mit Hilfe des dritten Keplerschen Gesetzes ab.

Johannes Kepler trug auch erheblich zur Entwicklung anderer Gebiete der Physik bei, vor allem der geometrischen Optik. Er entdeckte die Abbildungsgesetze mit Linsen und Linsenkombinationen, die Totalreflexion und die Gesetze der Lichtbrechung in Prismen und Wassertropfen. Kepler erklärte die Wirkungsweise der Lupe, des Auges und die Weit- und Kurzsichtigkeit. Er befaßte sich auch mit Problemen der "angewandten Physik", dieser Begriff selbst stammt von ihm. So entwickelte er ein astronomisches Fernrohr aus zwei Sammellinsen (Keplersches Fernrohr), erfand die Zahnradpumpe und berechnete Brillen. Als Vorstufe der Integralrechnung gelang ihm die Berechnung des Inhaltes von Weinfässern aus ihrer äußeren Form, um den Betrug beim Weinverkauf einzuschränken.

Diese praktischen Ergebnisse betrachtete Kepler jedoch nicht als eigentliches Ziel der Wissenschaft. Kepler schrieb: "Ja, wir fragen nicht, welchen Nutzen erhofft das Vöglein, wenn es singt; denn wir wissen, Singen ist ihm eben eine Lust, weil es zum Singen geschaffen ist. Ebenso dürfen wir nicht fragen, warum der menschliche Geist soviel Mühe aufwendet, um die Geheimnisse des Himmels zu erforschen. Unser Bildner hat zu den Sinnen den Geist gefügt, nicht bloß, damit sich der Mensch seinen Lebensunterhalt erwerbe - das können viele Arten von Lebewesen mit ihrer unvernünftigen Seele viel geschickter -, sondern auch dazu, daß wir vom Sein der Dinge, die wir mit den Augen betrachten, zu den Ursachen ihres Seins und Werdens vordringen, wenn auch weiter kein Nutzen damit verbunden ist."

Kepler geriet durch sein unabhängiges Forschen und Denken häufig in Konflikt mit den herrschenden politischen und religiösen Auffassungen. In den Jahren 1616 bis 1621 kam es zu einem Hexenprozeß gegen seine Mutter. Mit größtem persönlichen Einsatz gelang es Kepler, einen Freispruch zu erwirken.

Johannes Kepler vertrat seine Auffassungen ohne Blick auf eigene Nachteile. So verweigerte er eine von ihm verlangte vorbehaltlose Unterschrift unter die Konkordienformel des Stuttgarter Konsistoriums (eine religiöse Bekenntnisschrift). Mit vollem Bewußtsein verscherzte er sich damit eine Professur in Tübingen, die er lange ersehnt hatte. Seinen Freunden, die ihn zur Unterschrift überreden wollten, erklärte er: "Es steht mir nicht an, in Gewissensfragen zu heucheln."

Literatur:

Albert Einstein: "Mein Weltbild", Berlin 1959

Walter Gerlach: "Johannes Kepler und die Kopernikanische Wende" (Nova Acta Leopoldina, Neue Folge Nr. 210, Band 37/2), Halle 1978

Werner Heisenberg: "Das Naturbild der heutigen Physik", Hamburg 1955

Johannes Hoppe: "Johannes Kepler", Leipzig 1976

Siegfried Wolgast/Siegfried Marx: "Johannes Kepler", Leipzig 1976

DOKUMENTATION für den naturwissenschaftlichen und Staatsbürgerkunde-Unterricht



Perspektiven der Energiewirtschaft

Von Bernd Schröder, Friedrich-Schiller-Universität Jena

Die Energiewirtschaft hat heute eine grundlegende Bedeutung für alle Lebensbereiche des Menschen. Sie ist Voraussetzung für den wachsenden materiellen Wohlstand. Verdoppelte sich der Weltenergieverbrauch am Anfang unseres Jahrhunderts aller 50 und später aller 30 Jahre, so erfolgt diese Verdopplung gegenwärtig bereits aller 15 bis 20 Jahre. Für die Leistung der Elektroenergiewirtschaft in den hochentwickelten Ländern beträgt der Verdopplungszeitraum gar 10 Jahre.

Wo liegen die Ursachen für diesen Energiehunger?

Eigentlich könnte man vermuten, daß mit der Vervollkommnung technologischer Prozesse der Energieaufwand je Produktionseinheit abnimmt und daß das eine Widerspiegelung im Gesamtenergieverbrauch findet. Diese Tendenz wird aber durch entgegengerichtete Faktoren überdeckt:

- Die Erdbevölkerung wird von gegenwärtig 4,5 Milliarden auf 6 bis 6.5 Milliarden am Ende des Jahrhunderts wachsen.
- Der wachsende Wohlstand, verbunden mit einer voranschreitenden Industrialisierung, erhöht den pro-Kopf-Verbrauch an Energieaufwand.
- Die notwendige Steigerung von Bodenerträgen verlangt höheren Bearbeitungsaufwand, bessere Düngung und effektivere Ertragsnutzung.
- Mit der merklichen Abnahme des Vorrates an Bodenschätzen erschweren sich die Abbaubedingungen, und es verschlechtert sich die Erzqualität.

Angesichts der Bedarfsexplosion erhebt sich natürlich die Frage, ob bzw. wie die Energiewirtschaft diesen Anforderungen gerecht werden kann.

Zunächst wollen wir einmal kurz den Energiebedarf ausschlüsseln:

- 20 % Elektroenergie (mit progressiver Tendenz)
- 20 % gesamtes Transportwesen zu Land, Luft und Wasser
- 30 % Heizzwecke und technologische Prozesse mit Wärmeverbrauch bei Temperaturen kleiner als 150 °C
- 30 % Industriebedarf an hochpotentieller Wärme, d.h. bei Temperaturen zwischen 500 und 1500 °C (z.B. Hüttenwesen und Chemieindustrie)

Die günstigen Beschaffungs- und Nutzungsbedingungen von Erdöl und Erdgas haben in der 2. Hälfte dieses Jahrhunderts dazu geführt, daß diese beiden Brennstoffarten heute etwa 70 % des Weltenergiebedarfs decken. Man kann aber abschätzen, daß die Vorräte höchstens noch für 50 Jahre reichen, wobei dann auch noch die Möglichkeit zur Nutzung von Öl und Gas als Rohstoff z.B. für viele chemische Produkte verschenkt würde.

Das Ausbleiben der Öllieferungen aus dem Nahen Osten würde für den Großteil der kapitalistischen Länder sehr schnell verheerende Folgen haben. Das erklärt den bis zu militärischen Dro-

hungen gehenden Druck des Imperialismus auf die Ölexportierenden Länder. Diese versuchen natürlich ihrerseits, aus dem wichtigsten nationalen Reichtum einen möglichst hohen Nutzen zu ziehen (lange Zeit war das wegen der starken nationalen Abhängigkeit gar nicht möglich).

Eine Abwendung dieser Perspektive ist nur durch eine grundlegende Umstrukturierung der Energiewirtschaft möglich. Das ist auf der Basis von Kernenergie und Kohle realisierbar. Der Gewinnung von Kernenergie liegt zugrunde, daß bei der Spaltung schwerer Kerne bzw. der thermonuklearen Fusion leichter Kerne Bindungsenergie frei werden kann. Alle gegenwärtig existierenden Kernkraftwerke haben als Herzstück einen Spaltungsreaktor. Man ist aber auch der gesteuerten Kernfusion (ungesteuert in der Wasserstoffbombe oder in der Sonne) bedeutend nähergekommen (vgl. Urania, Hefte 4, 5 / 80). Die Gewinnung von Kernenergie in großem Ausmaß bringt allerdings gewisse Komplikationen mit sich. Es müssen nämlich die radioaktiven Abfälle sehr lange und sicher gelagert werden, um eine Umweltverschmutzung zu vermeiden. Im Prinzip sind aber Kernkraftwerke wesentlich umweltfreundlicher als Kohlekraftwerke. Große Anti-Kernkraftkampagnen, die eine umweltschädigende Wirkung hochspielen, sind ungerechtfertigte Übertreibungen. Ursachen dafür sind Unkenntnis und sicher nicht zuletzt die Profitinteressen der Ölmultis.

Wie sieht es nun mit den Ressourcen des Nuklearbrennstoffes auf der Erde aus?

Relativ billig gewinnbares Uran für Energiezwecke gibt es etwa nur ca. 4 Mill. Tonnen. Damit käme man kaum weiter als mit dem Erdöl bzw. Erdgas. Die Ursache liegt darin, daß das zur Energiegewinnung spaltbare Uran-235-Isotop nur einen sehr kleinen Anteil ausmacht. Das bei weitem überwiegende Isotop 238 ist nicht direkt für die Kernenergetik nutzbar. Es gibt aber einen Ausweg. Bei der Kernspaltung von Uran 235 oder Plutonium 239 werden mehr Neutronen frei (etwa 2,5 pro Spaltprozeß), als zur Aufrechterhaltung der Kettenreaktion nötig sind. Solche Überschußneutronen können von dem Uran-238-Isotop eingefangen werden, wobei es sich nach einigen radioaktiven Übergängen in Plutonium 239 umwandelt. Dieses ist nun aber seinerseits ebenso wie Uran 235 als Kernbrennstoff nutzbar. Auf diese Weise

kann mehr Kernbrennstoff erzeugt als verbraucht werden. Der Energiegewinn ist etwa 20-30 mal größer als wenn man nur Uran 235 nutzt. Das macht aber auch die Gewinnung von teurem Uran rentabel (z.B. aus Meerwasser oder verdünntem Erz). Auf diese Weise nutzbare Ressourcen reichen Jahrtausende - also praktisch unbegrenzt. Die ingenieurtechnische Entwicklung der Kernbrennstoff erzeugenden Brutreaktoren hat noch einige Probleme zu lösen. Um die Energiewirtschaft allmählich auf Kernenergie umzustellen, muß der Kernbrennstoff unter Beachtung des wachsenden Energiebedarfs in bedeutend weniger als 10 Jahren verdoppelt werden. Bezüglich einer baldigen Realisierung besteht aber guter Grund zum Optimismus.

Wie die Aufschlüsselung des Energiebedarfes zeigt, reicht es nicht aus, allein die Elektroenergieerzeugung auf die Grundlage von Kernprozessen zu stellen. So wird z.B. daran gearbeitet, Kernkraftwerke zur Wärmeversorgung einzurichten, aber die Kernenergetik für die Erzeugung hochpotentieller Wärme zu nutzen. Das führt dann auch zu einer wesentlichen Einsparung von Transportkapazität für die Beförderung "klassischer" Brennstoffe. Mit diesen beiden Beispielen sind die Nutzungsmöglichkeiten keineswegs erschöpft.

Bisher war noch nicht von der thermonuklearen Kernenergetik die Rede. Ist die Kernfusion angesichts der guten Aussichten mit den Spaltungsprozessen überhaupt sinnvoll?

Diese Frage ist unbedingt zu bejahen. Erstens kann in Verbindung mit den Kernbrennstoff produzierenden Brutreaktoren das Problem der raschen Entwicklung der Energiewirtschaft gelöst werden. Zweitens erzeugt die thermonukleare Energetik weniger radioaktive Abfälle, ein sicher wesentlicher ökonomischer Vorteil.

Eingangs wurde einer Energiewirtschaft auf der Basis von Kernenergie und Kohle die Zukunft eingeräumt. Welche Rolle wird nun die Kohle spielen können? Zunächst einmal kann man konstatieren, daß noch Kohlevorräte für einige hundert Jahre auf der Erde lagern.

Dabei ist die direkte Verbrennung von Kohle wegen der merklichen Aussonderung von Schwefelgas, Asche und Kohlensäure nicht sehr umweltfreundlich. Deshalb sollten direkt Kohle verbrennen-

de Kraftwerke höchstens in dünn besiedelten Gebieten eingesetzt werden.

Bei einer Verarbeitung mit Wasserstoff oder Wasserdampf können aus Kohle gasförmige oder flüssige Kohlenwasserstoffe gewonnen werden, die z.B. wiederum als Brennstoffe oder Schmierstoffe nutzbar sind. Es wird also hauptsächlich der Kohleveredlung die Zukunft gehören. Mit Hilfe der Kohle können Erdöl und Erdgas als Brennstoff für die Energiewirtschaft völlig entlastet werden und als chemische Rohstoffe sowie als Grundstoffe für die Gewinnung von Fetten und Eiweiß einsetzbar sein.

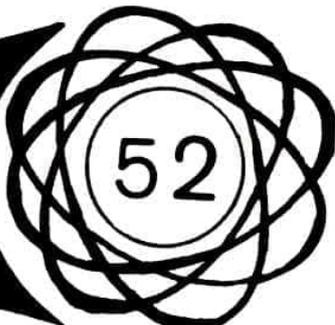
Was hat es nun mit den ebenfalls diskutierten Energiequellen, z.B. Sonnenenergie, unterirdische Wärme, Windenergie oder Gezeitenkräfte auf sich? Sie haben den Vorteil der hochgradigen Umweltfreundlichkeit und der Regenerierbarkeit, d.h. sie verbrauchen keinen begrenzt vorhandenen Brennstoff. Der wesentliche Nachteil besteht aber in der relativ geringen Energiedichte, d.h. es müßten riesige Anlagen gebaut werden, um einigermaßen große Kraftwerksleistungen zu realisieren. Das hat zur Folge, daß solche Energiequellen für die Energieversorgung lokal begrenzter Gebiete in Frage kommen.

Auf einen großangelegten Einsatz als leistungsstarke Energieanlagen kann man aber nicht hoffen.

Die unumgängliche Umstrukturierung der Brennstoff- und Energiebilanz in der Perspektive und die Veränderung des Charakters der Entwicklung der Energiewirtschaft erfordern große Anstrengungen und Investitionen und werden mindestens drei Jahrzehnte in Anspruch nehmen. Prozesse so großer Dimensionen gehen sehr langsam vonstatten. Es ist sehr wichtig, den Übergang auf die neue Struktur der Energiewirtschaft mit der Entwicklung weniger energieintensiver Technologien auf allen Gebieten mit der Einsparung von Energieressourcen und einer rationellen Technologie der Umstrukturierung zu verbinden.

Nach "Perspektiven der Energiewirtschaft", Anatoli Alexandrow,
ND 21/22.4.79

physikaufgabe



52

Unter der vereinfachenden Annahme, daß die Planetenbahnen Kreise seien (die große Halbachse der Ellipse entspricht dann dem Bahnradius), leite man das dritte Keplersche Gesetz aus dem Gravitationsgesetz Newtons ab!

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 aufgabe 45 aus heft 6/13.jg.

aufgabe:

Warum kleckst ein Tintenfüller besonders dann, wenn er fast leer ist?

lösung:

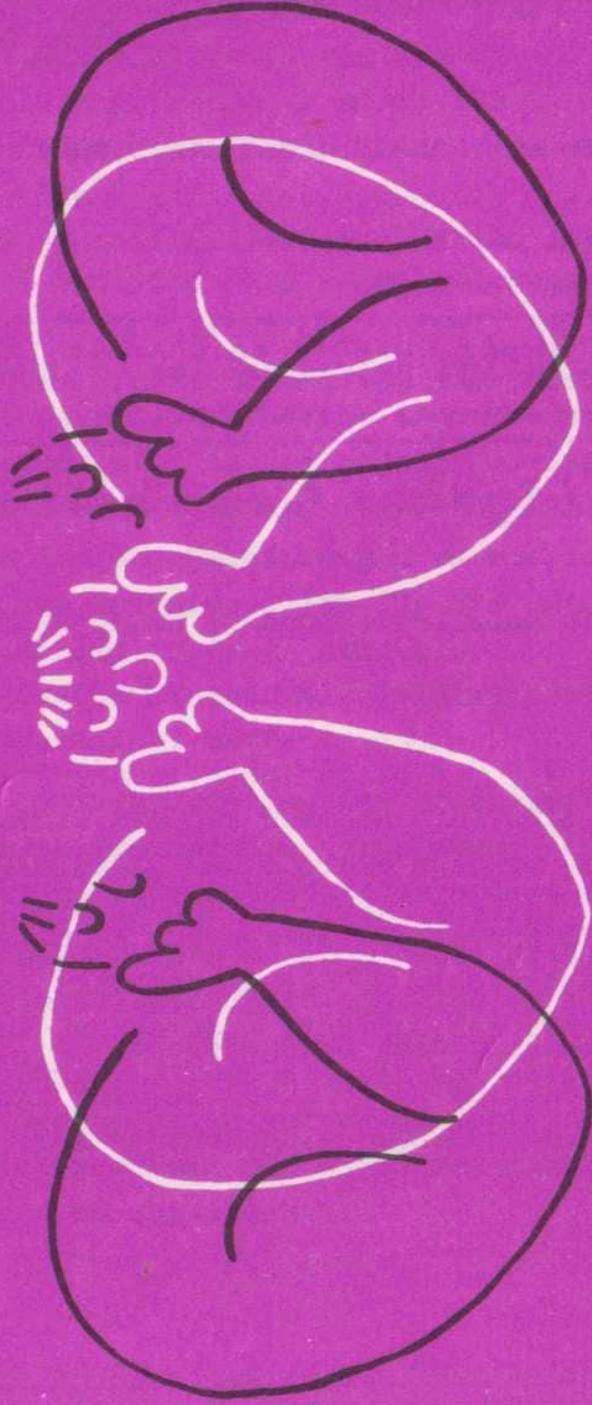
(eingesandt von Rolf F U C H S, 16 Jahre, Jena)

Bei Erwärmung dehnt sich Luft stärker aus als Tintenflüssigkeit. Diese Erwärmung erfolgt während des Schreibens durch die Temperatur der Hand. Je mehr Luft sich nun im Tintenvorratsbehälter befindet, desto stärker dehnt sich dessen Inhalt aus, und die Tinte (die ja im unteren Vorratsbehälterteil zu finden ist) wird stärker nach vorn rausgedrückt.

Der Füller kleckst somit um so stärker, je mehr Luft an Stelle der Tinte in den Vorratsbehälter eingedrungen ist.

--

Das bißchen Kopf, das Sie noch haben,

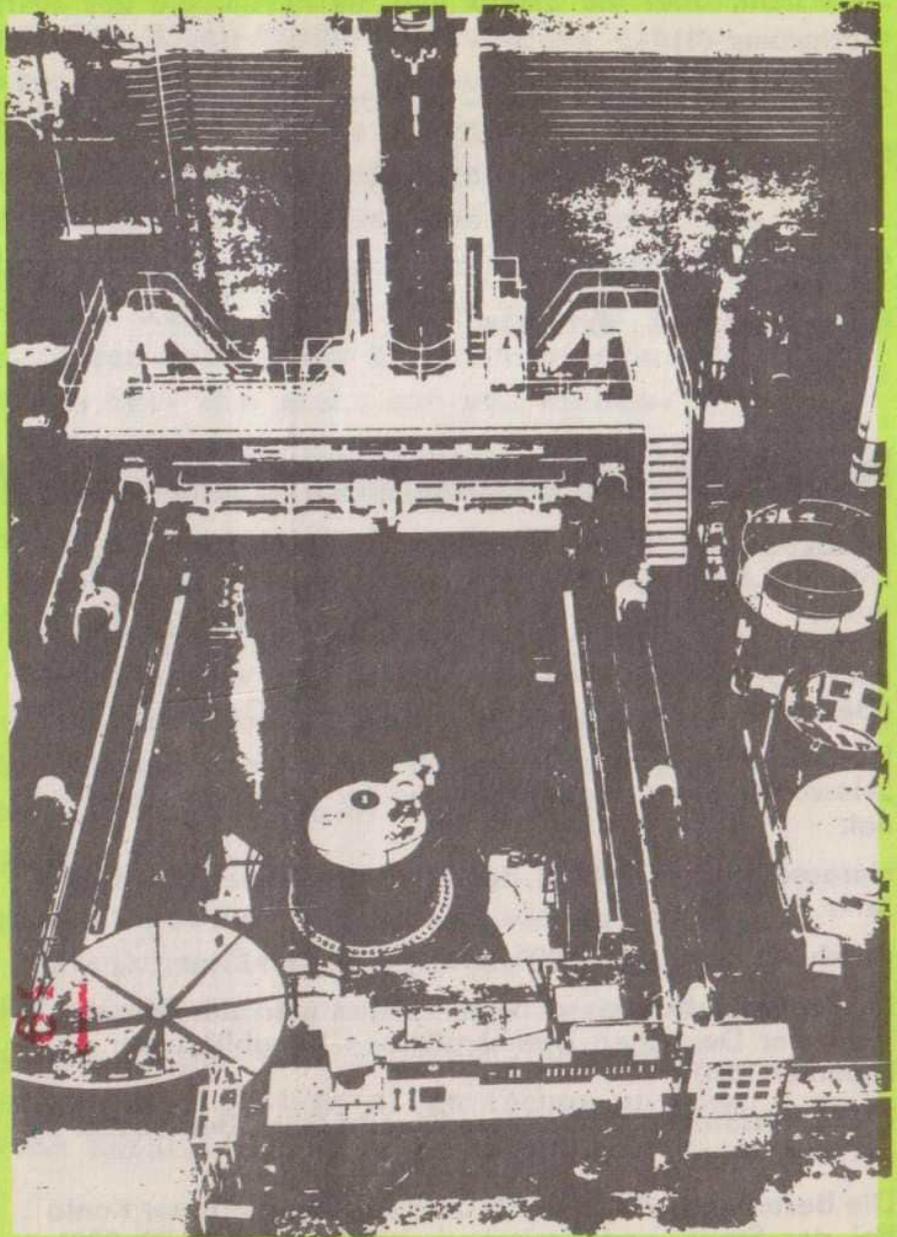


zerbrechen Sie sich nicht mit solchem Zeuge

Lichtenberg

Impuls 68

4



Kurzzeituntersuchungen



Zeiss-Planetarium



Mikrobielles Wachstum



Tunguska 1908

Titelbild: Reaktorhalle des
KKW Rheinsberg (L. G.)

impuls

68

Staupendahl, Kurzzeituntersuchungen an Halbleitern (1)	PHY	3
Meinel, Das Zeiss-Planetarium		8
Lauterbach, Plasmachemie – ein neues Forschungsgebiet der Chemie	CHE	12
Sauerstein, Über die Kinetik und die Physiologie des mikrobiellen Wachstums (1)	BIO	17
Grunwaldt, Tunguska 1908 – Auf den Spuren einer Katastrophe (2)	AST	24
Physikaufgabe Nr. 53		31

Gestaltung: Vera Masurat

Redaktionsschluß: 8. 10. 1980

Redaktion: Dr. Eberhard Welsch (Chefredakteur); Achim Dittmar, Reinhard Meinel (stellvertretende Chefredakteure); Dipl.-Phys. Wilfried Hild; Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen); Dipl.-Chem. Roland Colditz (Chemie); Dr. Jürgen Sauerstein (Biologie); Vera Masurat (Gestaltung); Reiner Luthardt (Fotografie, Gestaltung)

Die Redaktion wurde 1969 und 1980 mit dem Ehrentitel „Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR“ ausgezeichnet.

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Anschrift: impuls 68, 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1

Lizenzgeber: Presseamt beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik unter der Nummer 1570

Kleinoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, Betriebsteil V „Werner John“, Rudolstadt

Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981. Bestellungen richten Sie bitte direkt an unsere Anschrift; bei Bezahlungen oder Anfragen nennen Sie unbedingt die Adresse, unter der Sie „impuls 68“ erhalten.

Heftpreis: –,40 M, Jahresabonnement: 4,- M



Kurzzeituntersuchungen an Halbleitern (Teil 1)

0. Einführung

Die stürmischen Fortschritte der Lasertechnik in den letzten zwei Jahrzehnten haben die Entwicklung zahlreicher Gebiete in Wissenschaft und Technik außerordentlich stark, zum Teil sogar revolutionierend beeinflusst. Eines dieser Gebiete ist die sogenannte "Kurzzeitspektroskopie". Diese "Spektroskopie" befaßt sich nicht mit der Wellenlängenabhängigkeit irgendwelcher physikalischer Größen wie die bekannte Wellenlängenspektroskopie, sondern ihr Gegenstand ist die Untersuchung des Zeitverhaltens der verschiedenartigsten schnellen Prozesse in Festkörpern, Flüssigkeiten und Gasen. In diesen Stoffen gibt es eine große Zahl von Erscheinungen, deren zeitlicher Ablauf von entscheidendem Einfluß auf Effekte ist, die nicht nur von wissenschaftlicher, sondern auch von erstrangiger volkswirtschaftlicher Bedeutung sind. Als markante Beispiele seien nur der zeitliche Ablauf schneller chemischer Reaktionen oder die Ladungsträgereffekte in Halbleiter-Bauelementen genannt. Da viele dieser Prozesse in Zeitbereichen ablaufen, die kleiner als 1 ns (1 Nanosekunde = 10^{-9} s) sind, ist ihre genaue zeitliche Verfolgung mit den herkömmlichen Methoden auf direkte Weise nicht möglich. Erst der Einsatz spezieller Lasertechniken gestattet eine "zeitliche Auflösung" dieser Vorgänge bis in den ps-Bereich (1 Pikosekunde = 10^{-12} s).

In dem vorliegenden dreiteiligen Beitrag werden einige prinzipielle Methoden der "Ultrakurzzeitspektroskopie (UKZS, so nennt man i.a. jenes Teilgebiet der Laser-Kurzzeitspektroskopie, das sich mit Vorgängen im ps-Bereich befaßt) und deren Anwendung auf die Untersuchung wichtiger elektrischer und optischer Eigenschaften von Halbleitern (HL) dargelegt.

1. Gegenstand und Ziel der UKZS an Halbleitern

Wir wollen zu Beginn die Frage klären, welche Effekte in HL überhaupt mit Hilfe der UKZS untersucht werden und worin eigentlich die große Bedeutung solcher Untersuchungen besteht. Letzteres soll an Hand einiger interessanter Beispiele illustriert werden, die insbesondere auch die enge Wechselwirkung zwischen Grundlagenforschung und ihrer Anwendung in der Praxis verdeutlichen. Ziel der Untersuchungen ist fast immer die Schaffung neuer bzw. die Verbesserung bekannter Bauelemente und deren möglichst rasche Überführung in die Produktion oder ihr Einsatz in hochspezialisierten Anlagen, mit denen Grundlagenforschung an der "Front der Wissenschaft" betrieben wird.

Zunächst müssen jedoch zum besseren Verständnis einige Eigenschaften der HL erläutert werden, die von besonderer Bedeutung für die uns interessierenden UKZ-Effekte sind. Wir beschränken uns auf die optischen und elektrischen Eigenschaften und wollen u.a. zeigen, wie sie durch die "Freien Ladungsträger" beeinflusst werden.

1.1. Bandstruktur und Freie Ladungsträger in HL

Entscheidend für das optische und elektrische Verhalten eines HL ist seine sogenannte "Bandstruktur", die durch Zusammensetzung und Struktur des HL bestimmt wird. Wir wollen uns hier nur merken, daß die Bandstruktur gewissermaßen die Gesamtheit der Energieniveaus charakterisiert, die die Elektronen des HL besetzen können. Im Gegensatz zu den diskreten Energieniveaus der Elektronen in isolierten Atomen, die ja sicher durch das im Unterricht behandelte Bohrsche Atommodell gut bekannt sind, treten im HL Energiebereiche auf, in denen die Elektronen ihre Energie kontinuierlich ändern können. Diese Bereiche nennt man Energiebänder. Sie sind voneinander durch "verbotene Zonen" getrennt, die etwa analog den Bereichen zwischen den Energieniveaus im Atom zu sehen sind. Abbildung 1 zeigt stark vereinfacht ein Bandstruktur-Schema. In Richtung wachsender Ordinatenwerte nimmt die Energie der Elektronen im HL zu. Das Valenzband ist im Prinzip der Energiebereich, in dem sich die äußeren Elektronen jener Atome befinden, die den jeweiligen HL-Grundkristall aufbauen. Es kann mehrere Valenzbänder geben, wie in

Abbildung 1 angedeutet wurde. In der Nähe des Absoluten Nullpunktes, d.h. bei sehr tiefen Temperaturen, ist das Valenzband eines reinen HL völlig mit Elektronen gefüllt, es gibt keine "Löcher". Erwärmen wir den HL, d.h. führen wir ihm Energie zu, so "überspringen" je nach der Temperatur mehr oder weniger viele Elektronen die "verbotene Zone" und gelangen in das Leitungsband, das energetisch höher liegt. Im Valenzband bleiben "Löcher" oder "Defektelektronen" zurück.

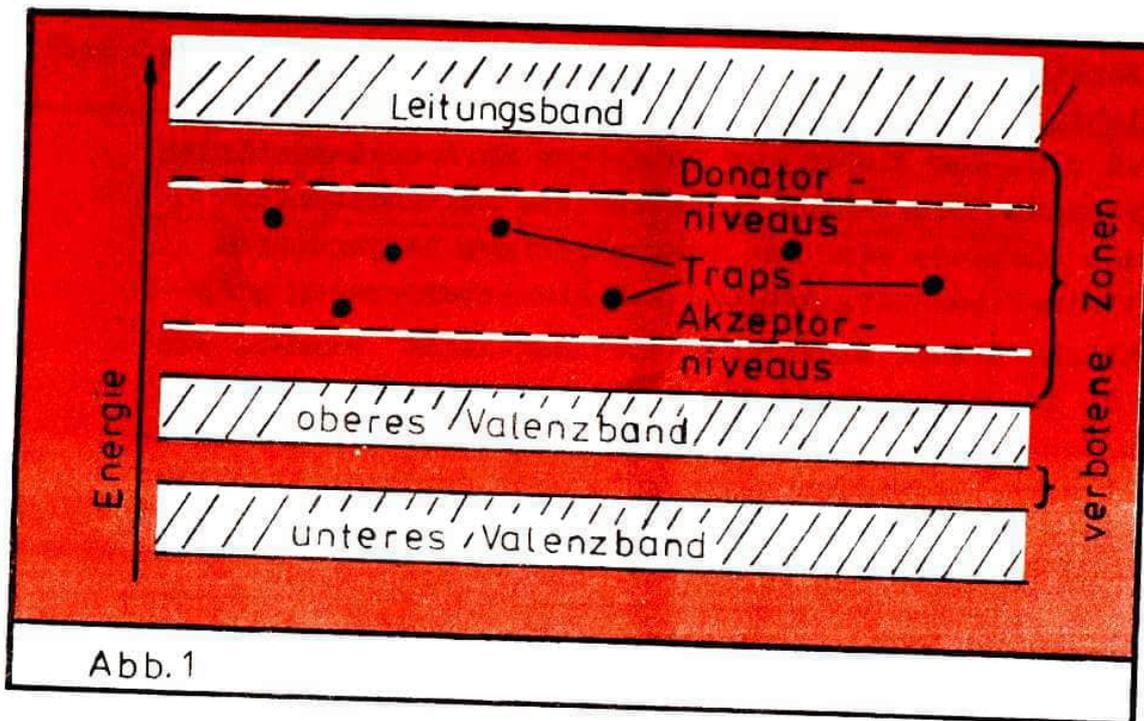


Abb.1

Wie bereits der Name sagt, tragen die Elektronen im Leitungsband wesentlich zu den elektrischen Leitungsvorgängen im HL bei. Bei Anlegen eines elektrischen Feldes an den HL bewegen sie sich praktisch wie die Leitungselektronen in einem Metall, ihre Eigenschaften werden nur modifiziert durch die Zusammensetzung des HL und seine räumliche Struktur.

Wichtig für das Verständnis der elektrischen Leitung in HL ist die Tatsache, daß sich auch die Löcher im Valenzband wie quasi-freie Ladungsträger verhalten; man kann sie als Teilchen mit positiver Ladung auffassen. Bemerkenswert ist, daß die Löcher in verschiedenen Valenzbändern etwas unterschiedliche Eigenschaften besitzen.

Elektronen im Leitungsband und Löcher in den Valenzbändern bezeichnet man als "Freie Ladungsträger" (FL). Sie beeinflussen

entscheidend die elektrischen und optischen Eigenschaften des HL.

In Abbildung 1 wurde in der verbotenen Zone zwischen dem oberen Valenzband und dem Leitungsband noch eine Reihe von Energieniveaus angedeutet, die ebenfalls für die optischen und elektrischen Eigenschaften des HL von Bedeutung sind. Aus dem Physikunterricht sind sicher Akzeptoren und Donatoren bekannt. Das sind Fremdatome, die in den Grundkristall eingebaut werden, um eine gewisse erwünschte Konzentration von FL (bei Donatoren sind das Elektronen, bei Akzeptoren Löcher) im HL zu erzielen. Im "Energiebild", wie es Abbildung 1 symbolisiert, sieht das so aus, daß z.B. der Einbau von Donatoren zu Energiezuständen in der verbotenen Zone knapp unterhalb des Leitungsbandes führt. Diese Zustände sind bei sehr niedrigen Temperaturen durch Elektronen besetzt, während bei Zimmertemperatur praktisch sämtliche dieser Elektronen "herausgeheizt" werden, sie werden zu FL im Leitungsband. In ähnlicher Weise erzeugen die Akzeptoren freie Löcher: Die knapp über dem Valenzband liegenden und bei sehr tiefen Temperaturen nicht besetzten Akzeptorniveaus werden bei Zimmertemperatur durch Elektronen aus dem Valenzband besetzt, so daß dort freie Löcher entstehen.

Schließlich sollen noch die sogenannten "Trap"-Niveaus erwähnt werden. Diese Niveaus, die sowohl durch Fremdatome als auch durch Kristallbaufehler entstehen können, haben die Eigenschaft, Elektronen für eine gewisse, relativ lange Zeit an sich zu binden, sie wirken wie eine Elektronenfalle. Dadurch werden einige Prozesse, die im nächsten Punkt genauer beschrieben werden, stark beeinflußt.

1.2. Dynamik der Ladungsträger in HL

Mit Hilfe des Bändermodells wollen wir nun diejenigen optischen und elektrischen Erscheinungen in HL betrachten, die vorrangig Gegenstand der UKZS sind.

1.2.1. Absorptionsprozesse in HL

Wir haben bereits gehört, daß bei genügender Zufuhr thermischer Energie die Elektronen die verbotenen Zonen "überspringen" können und auf diese Weise FL entstehen. Gleiches kann auch

durch elektromagnetische Strahlung bewirkt werden, deren Photonen ausreichende Energie E bzw. die entsprechende Frequenz f besitzen (E und f sind ja durch die Gleichung

$$E = h \cdot f \quad h = \text{Planck'sches Wirkungsquantum} \quad (1)$$

miteinander verknüpft). Durch Absorption je eines Quants dieser Strahlung können Elektronen in Zustände höherer Energie gelangen. Es gibt eine ganze Reihe unterschiedlicher Absorptionsprozesse in HL. In Abbildung 2 wurden 4 typische Fälle schematisch dargestellt.

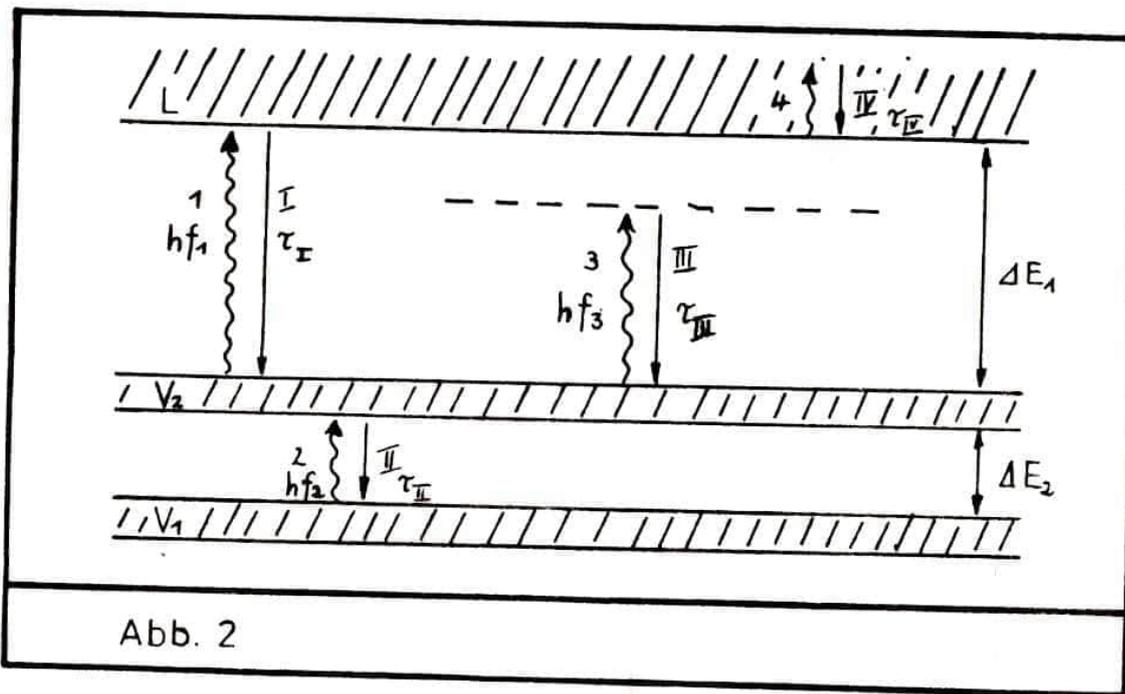


Abb. 2

● Übergänge Valenzband - Leitungsband

Diese in Abbildung 2 mit "1" gekennzeichnete "Grundabsorption" ist der stärkste Absorptionsprozeß in HL. Photonen mit $h \cdot f_1 \geq E_1$ erzeugen dabei im Leitungsband freie Elektronen und im oberen Valenzband freie Löcher. Für solche Strahlung ist der HL praktisch "undurchsichtig", für $h \cdot f_1 < E_1$ ist er in weiten Bereichen "durchsichtig", d.h. es findet nur eine unwesentliche Absorption statt.

● Übergänge unteres Valenzband - oberes Valenzband

Bei ausreichenden Temperaturen (z.B. Zimmertemperatur) oder bei Vorhandensein von Akzeptorniveaus gibt es im oberen Valenzband V_2 eine mehr oder weniger große Anzahl freier

Löcher. Bei Einstrahlung von Photonen mit $hf_2 \geq E_2$ können nur diese freien Plätze in V_2 durch Elektronen aus V_1 besetzt werden, so daß die freien Löcher in V_2 zwar "zugestopft" werden, dafür aber in V_1 welche entstehen (Absorptionsprozeß "2" in Abb.2). Diese Umverteilung der Löcher kann sowohl die optischen als auch die elektrischen Eigenschaften des HL ändern.

● Übergänge Valenzband - Donatorniveaus

Bei dem in Abbildung 2 angedeuteten Absorptionsprozeß "3" können durch Strahlung der entsprechenden Frequenz f_3 die freien Donatorniveaus mit Elektronen aus V_2 besetzt werden, so daß dort freie Löcher entstehen.

● Freie-Ladungsträger-Absorption

Dieser Prozeß ("4" in Abb.2) spielt vor allem bei hohen Konzentrationen der FL in HL und für große Wellenlängen λ (die Stärke dieser Absorption ist proportional λ^2), also im infraroten Spektralbereich, eine wesentliche Rolle. Dabei werden die FL innerhalb ihres Energiebandes nur in Zustände höherer Energie gehoben, ohne daß eine verbotene Zone übersprungen wird.

Fortsetzung im nächsten Heft

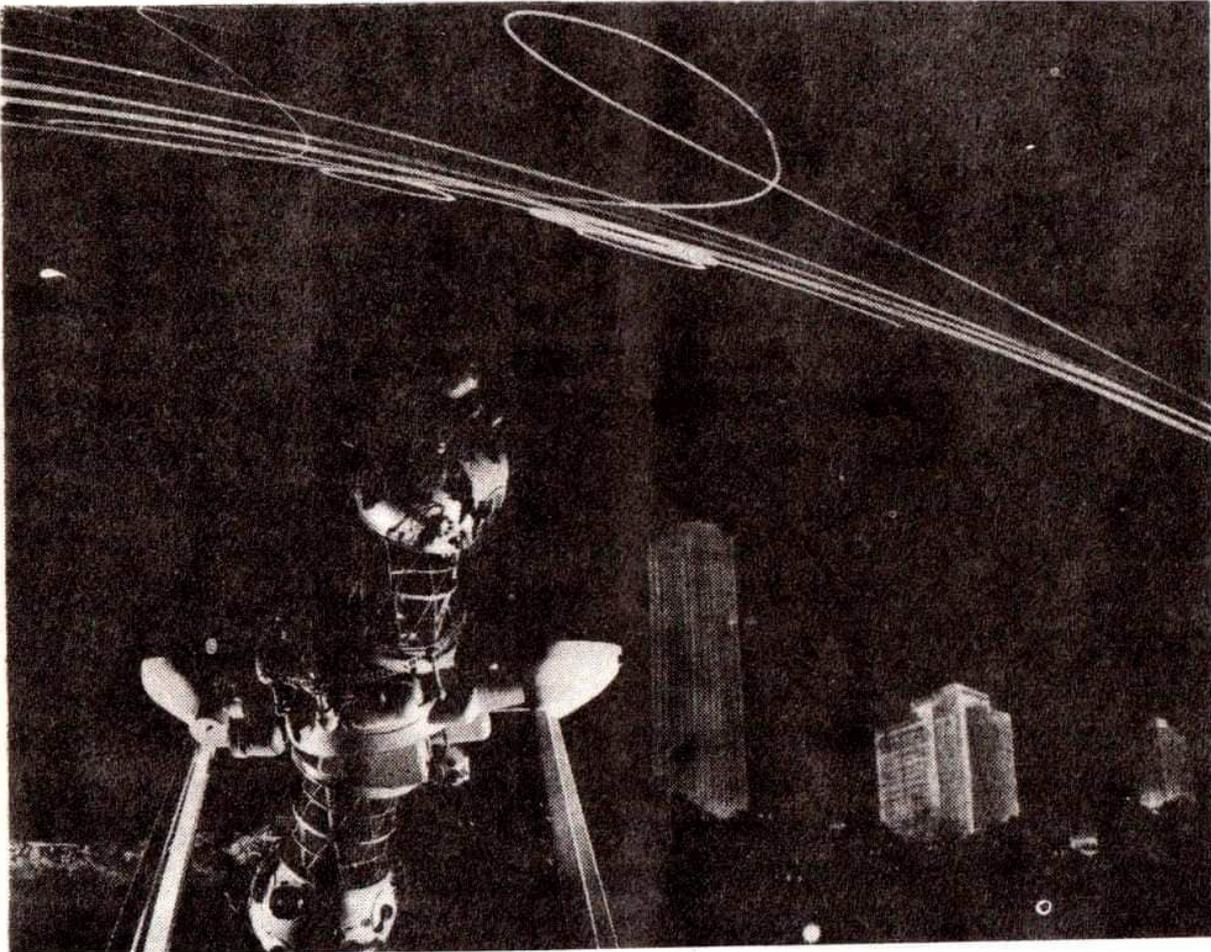
Reinhard Meinel

Das Zeiss-Planetarium

Ein Planetarium ist eine Vorrichtung zur Darstellung der Bewegungen von Gestirnen, vor allem der Bewegungen von Planeten, Sonne und Mond. Die älteren Planetarien waren kleine mechanische Modelle des Sonnensystems. Eine naturgetreue Nachbildung des Sternenhimmels ist jedoch erst mit dem "Universal-Projektions-Großplanetarium" möglich geworden, das erstmals 1925 von der Firma Zeiss in Jena gebaut wurde. Inzwischen sind über 50 Geräte dieses Typs in verschiedenen Orten der Welt installiert worden.

Mit dem "Universal-Projektions-Großplanetarium" ist es möglich, den Himmelsanblick für jeden beliebigen Ort auf der Erde und sogar für verschiedene Beobachtungsorte weit draußen im Weltall darzustellen und dies für beliebige Zeitpunkte in Vergangenheit, Gegenwart oder Zukunft. Mittels verschieden starker Zeitraffung lassen sich alle wichtigen Himmelsvorgänge verdeutlichen.

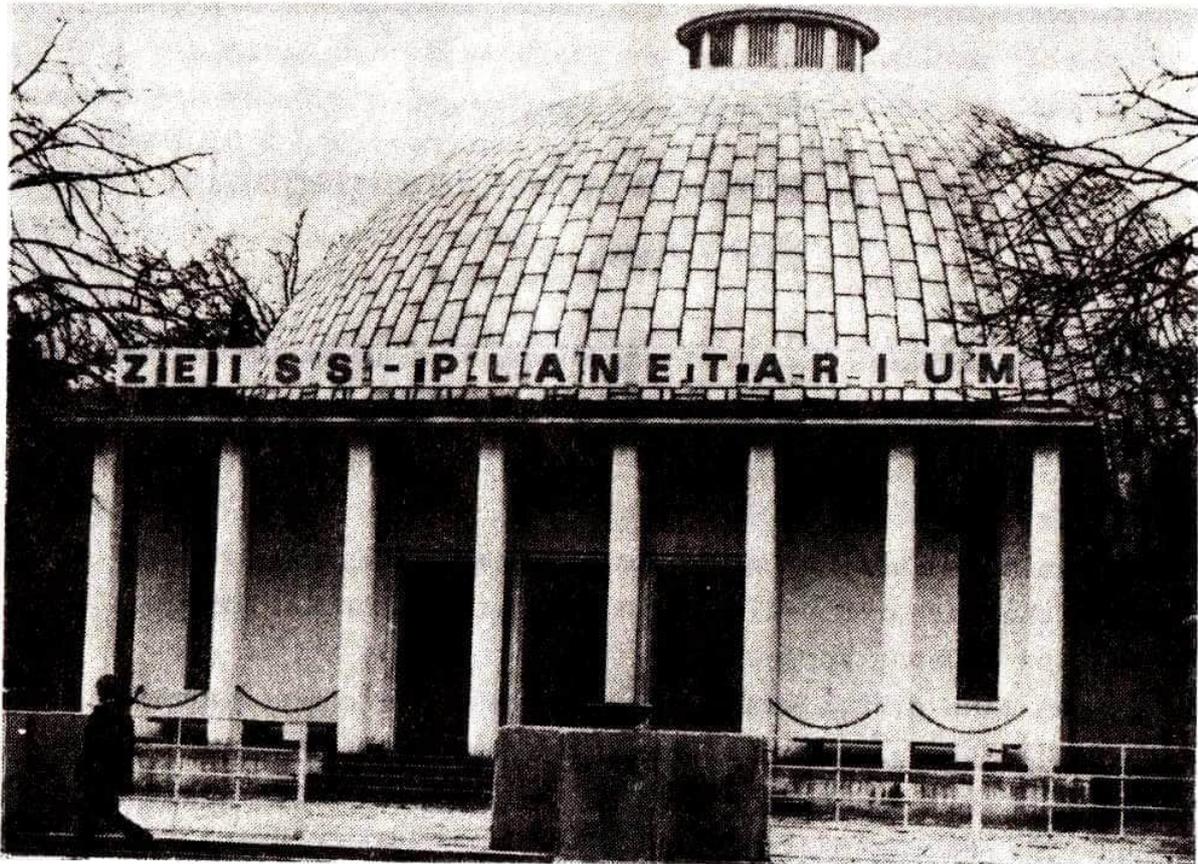
Der Vorführungsraum ist mit einer halbkugelförmigen Kuppel von in der Regel 23 m Durchmesser überwölbt, an deren Innenfläche die Gestirne als Lichtbilder projiziert werden. In der Mitte des Kuppelraumes steht das etwa 5 m hohe und 2000 kg schwere Projektionsgerät als wichtigster Bestandteil des Planetariums. Dieses Gerät dient der Projektion des Fixsternhimmels (etwa 3000 Fixsterne), der Himmelskörper des Sonnensystems und einiger astronomischer Hilfsmittel. Das Projektionsgerät ist um verschiedene Achsen drehbar, so daß die Tagesbewegung der Gestirne (infolge der Erdrotation gegenüber dem System der Fixsterne), die Polhöhenbewegung (Änderung des Himmelsanblickes bei Variation der geographischen Breite des Beobachtungsortes) und die Veränderungen infolge der Präzessionsbewegung der Erde dargestellt werden können. Die Darstellung der Jahresbewegung der Sonne, wie wir sie von der Erde aus beobachten, geschieht folgendermaßen: Gemäß dem Kopernikanischen Weltsystem bewegt sich in einem kleinen Modell im Projektionsgerät die Erde um die feststehende Sonne. Erde und Sonne sind durch ein Gestänge mit einem Projektor verbunden, der dadurch in der Kuppel stets in die Richtung projiziert, in der die Sonne von der Erde aus zu sehen ist. Die Bewegung eines Planeten wird ebenfalls durch ein kleines kopernikanisches Modell nachgebildet. Hier bewegen sich die Erde und der betreffende Planet mit den entsprechenden Umlaufzeiten um die Sonne. Erde und Planet sind durch einen Projektor verbunden, der in die Richtung projiziert, in der der Planet von der Erde aus zu beobachten ist. Dadurch ergeben sich zum Beispiel auch automatisch die Schleifenbewegungen der äußeren Planeten Mars, Jupiter und Saturn. Die Genauigkeit dieser Modelle ist so groß, daß die Winkelabweichungen der projizierten Planetenpositionen von den wirklichen unter einem Grad bleiben, selbst wenn im Planetarium (mittels Zeitraffung) fünf Jahrtausende ablaufen. Komplizierter noch ist die Nachbildung der Mondbewegung, da hier zusätzlich die Wanderung der Knoten (Schnittpunkte der Mondbahn-



Innenansicht des Zeiss-Planetariums mit der Silhouette Jenus

ebene mit der Ekliptik) sowie der Wechsel der Mondphasen dargestellt werden müssen. Eine Reihe von Zusatzgeräten und Sonderprojektoren erweitert die Darstellungsmöglichkeiten des Planetariums, so daß man Sternschnuppen, den Lauf eines Kometen oder eines künstlichen Satelliten, Polarlichter und viele andere Himmelserscheinungen beobachten kann. Ein Sonnensystemprojektor ermöglicht den Blick auf unser Planetensystem aus etwa zwei Milliarden km Entfernung von einem Beobachtungsort senkrecht über der Erdbahnebene.

Seitdem das Planetarium vor mehr als 50 Jahren seinen Siegeszug um die Welt begann, zeigen ständig steigende Besucherzahlen, daß der künstliche Sternhimmel aus Jena nichts an Faszination verloren hat. So wird ein moderner Planetariumskomplex durch den VEB Carl Zeiss JENA in Tripolis, der Hauptstadt Libyens errichtet. Neben einer hochmodernen Geräteausrüstung sind in das Gebäude z.B. auch eine Kino-Anlage und eine Studio-



Das Zeiss-Planetarium in Jena

bühne integriert. Es sind damit alle Voraussetzungen geschaffen, auch hier das Planetarium zu einem attraktiven Zentrum des geistig-kulturellen Lebens zu gestalten.

Entsprechend den jeweiligen Bildungs- und Ausbildungsanforderungen liefert der VEB Carl Zeiss Jena komplette Ausrüstungen für astronomische Bildungseinrichtungen jeder Art, vom speziell ausgerüsteten Klassenraum bis zur Schul- und Volkssternwarte mit angeschlossenem Planetarium. Dazu gehören nicht nur hochwertige Beobachtungs- und Demonstrationsgeräte sondern auch umfangreiches Lehr- und Anschauungsmaterial.

Die Vielzahl der Darstellungsmöglichkeiten des Planetariums gestattet die Durchführung von Vorführungen über verschiedenste astronomische Themen. Und nur der Besuch einer solchen Vorführung kann einen richtigen Eindruck von der Leistungsfähigkeit des Zeiss-Planetariums vermitteln, das zu Recht oft als Wunderwerk der Technik bezeichnet wird.

Plasmachemie - ein neues Forschungsgebiet der Chemie

1. Einführung

Die Plasmachemie beschäftigt sich mit der Untersuchung und Durchführung chemischer Reaktionen in oder mit Hilfe von Plasmen. Dieses neue und moderne Forschungsgebiet der Chemie hat in den letzten Jahren eine stürmische Entwicklung genommen. Die Plasmachemie baut auf Spezialgebieten der Physikalischen Chemie auf. Um plasmachemische Reaktionen aufklären und in gewünschter Weise beeinflussen zu können, müssen die Erkenntnisse und Gesetzmäßigkeiten der Plasmaphysik, Hochtemperaturreaktionskinetik und Thermodynamik herangezogen werden.

Die neue Forschungsrichtung Plasmachemie untersucht die besonderen Reaktionseigenschaften der Materie, die auftreten, wenn feste, flüssige oder gasförmige Reaktionspartner in den Plasmazustand und aus diesem wieder in den Normalzustand überführt werden.

2. Erzeugung von Plasmen

Was versteht man unter einem Plasma?

Als Plasma bezeichnet man den Zustand der Materie, in dem neben Neutralteilchen (Moleküle, Atome, Radikale) Ionen und freie Elektronen nebeneinander vorliegen. Die Ionisierung der Teilchen kann durch Stoßprozesse erreicht werden. Diese ionisierenden Stöße treten auf, wenn die kinetische Energie der Teilchen größer ist als die Ionisierungsenergie. Durch Temperaturerhöhung kann man Gasen diese notwendige Energie zuführen. Auch aus Festkörpern und Flüssigkeiten lassen sich Plasmen herstellen, wenn diese Stoffe in den Gaszustand überführt worden sind.

Experimentell werden Plasmen in der sogenannten Gasentladung erzeugt.

Durch die Zustandsgrößen Druck und Temperatur kann der Plasmazustand eindeutig charakterisiert werden. Z. B. können Plasmen bei Drücken von 1 atm je nach eingesetzter Leistung Temperaturen von etwa 5000 K besitzen, und bei Drücken um 1 Torr liegen die Gastemperaturen nur bei 500 K. Daraus geht schon hervor, daß Plasmen mit den unterschiedlichsten Eigenschaften erzeugt werden können. Solche Bedingungen sind in den Gasentladungen vorhanden. Hier wird die Energie durch Beschleunigung von Ladungsträgern in elektrischen und magnetischen Feldern eingespeist und durch Stöße auf alle Teilchen des Systems verteilt. Zu den Gasentladungen gehören als Vertreter der Gleich- und Wechselstromentladungen die Glimm- und Bogenentladung sowie die Hochfrequenz-Entladung. Für plasmachemische Stoffwandlungsprozesse werden hauptsächlich die Glimm- und Bogenentladungen eingesetzt.

3. Charakterisierung plasmachemischer Reaktionen

Für welche Typen von Reaktionen erwies sich der Plasmazustand als geeignetes Reaktionsmedium?

- ① Endotherme Reaktionen, die nur bei Anwendung hoher Temperaturen die gewünschten Reaktionsprodukte liefern (z. B. Darstellung von C_2H_2 aus CH_4).
- ② Reaktionen, deren thermodynamische Gleichgewichtslage zwar bei tiefen Temperaturen das gewünschte Produkt begünstigt, die aber auf Grund ihrer Kinetik eine hohe Temperatur zur Erreichung einer endlichen Reaktionsgeschwindigkeit benötigen (z. B. Bildung von Bornitrid aus den Elementen).
- ③ Reaktionen, die bevorzugt über instabile Zwischenprodukte ablaufen, welche bei niedrigen Temperaturen nicht existieren (z. B. Darstellung von NO aus N_2 und O_2).
- ④ Reaktionen, bei denen die Stoffeigenschaften durch den Einfluß der hohen Temperaturen verbessert werden (z. B. Gewinnung feinsten Ni-Staubes aus $Ni(CO)_4$).

Welche Vorteile bringt nun die Plasmachemie im Vergleich zu herkömmlichen Hochtemperatursynthesen, die in Flammen oder indirekt geheizten Reaktoren durchgeführt werden?

- ① Die Temperatur kann durch Änderung der Lichtbogenleistung und des Gasdurchsatzes in weiten Grenzen variiert werden.

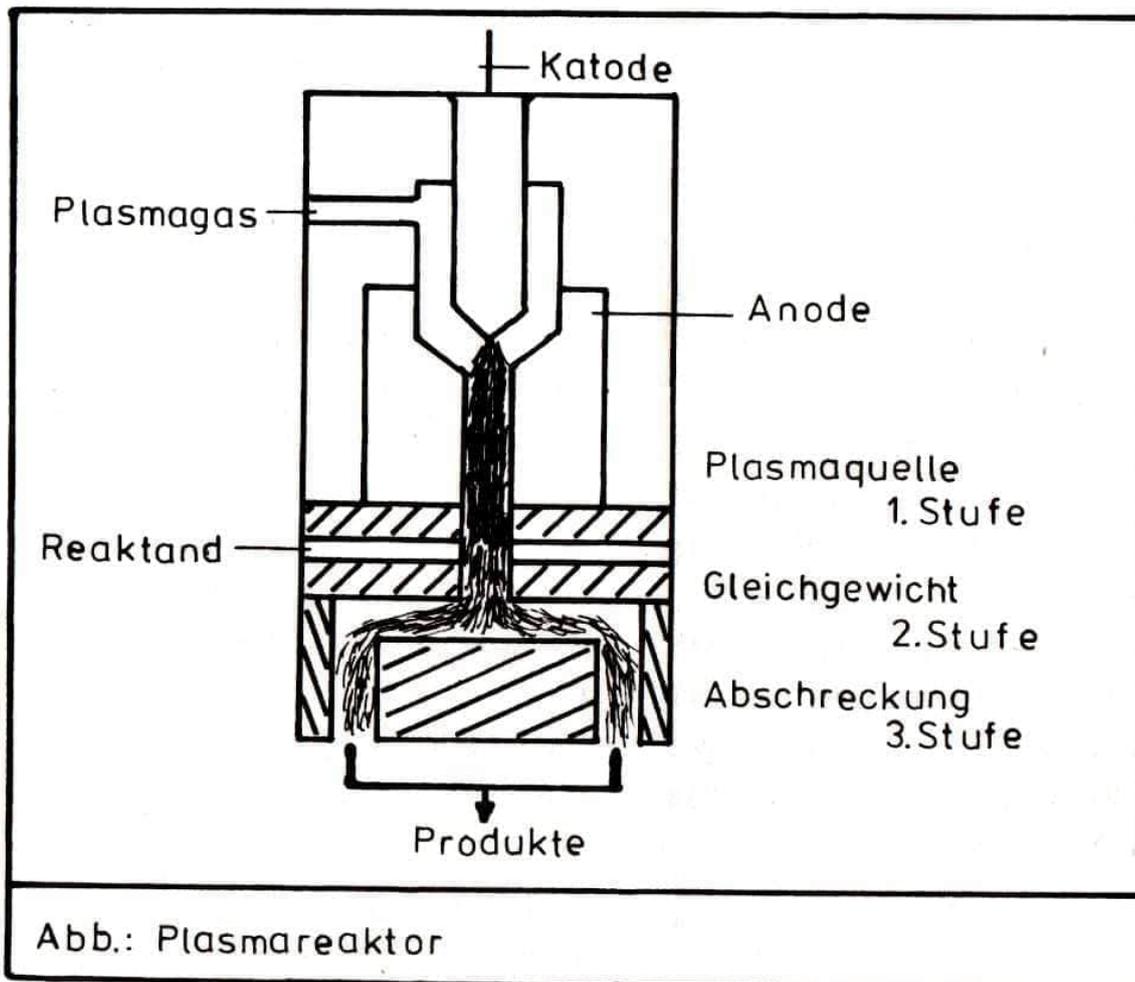
- ②. Hohe Strömungsgeschwindigkeiten ermöglichen trotz kleiner Apparaturen große Durchsätze bei kleinen Verweilzeiten.
- ③. Die kleinen Dimensionen der Reaktoren ermöglichen den Einsatz teurer Werkstoffe.

4. Zur Berechnung plasmachemischer Reaktionen

Bei welchen Bedingungen (Druck, Temperatur) sind die größten Ausbeuten eines gewünschten Produktes zu erwarten?

Diese Frage läßt sich durch experimentelle und theoretische Untersuchungen beantworten. Unter bestimmten Voraussetzungen lassen sich die Gesetze der chemischen Gleichgewichtsthermodynamik anwenden, wobei aber wegen der besonderen Bedingungen im Plasma die Gleichgewichtskonstante mit Hilfe der statistischen Thermodynamik aus Molekulardaten berechnet werden muß. Die Kenntnis der Gleichgewichtskonstanten ermöglicht die Berechnung der Ausbeute.

Inwieweit die thermodynamisch berechnete Ausbeute auch praktisch realisiert werden kann, hängt davon ab, wie schnell die Reaktions-



produkte aus dem Plasmazustand in den Normalzustand überführt werden. Das Hochtemperaturgleichgewicht muß so schnell abgekühlt werden, daß keine oder nur wenige Zerfallsprozesse stattfinden können. Dieser Schritt, der in entscheidendem Maße die Ausbeute einer Reaktion beeinflusst, wird bei der plasmachemischen Reaktion als Abschreckung bezeichnet und ist durch die Abschreckgeschwindigkeit $\frac{dT}{dt}$ beschreibbar. Sie liegt bei plasmachemischen Reaktionen in der Größenordnung von $10^6 - 10^8 \text{ K} \cdot \text{s}^{-1}$.

Aus dem obengesagten folgt, daß ein Plasmareaktor im allgemeinen aus 3 Stufen besteht (s. Abb.):

- ① Plasmabrenner
- ② Einmischzone für 2 Reaktanden und Reaktionsraum
- ③ Abschreckung, sie kann erfolgen durch
 - a) adiabatische Expansion durch eine Laval-Düse
 - b) Zumischen von Kaltgasen oder Flüssigkeiten
 - c) gekühlte Rohre oder Flächen, auf die der Plasmastrahl trifft.

Beispiele für plasmachemische Reaktionen

Die Entwicklung plasmachemischer Verfahren begann um die Jahrhundertwende mit den Versuchen von BIRKELAND und EYDE zur Gewinnung von Stickoxiden aus der Luft. Allerdings erlangten nur einige Verfahren zur Darstellung von C_2H_2 in den letzten Jahren technische Reife, weil eine völlig neue Technologie für plasmachemische Verfahren entwickelt werden mußte. Zum anderen galt es, hitzebeständige Werkstoffe zu finden. Die Entwicklung der Luft- und Raumfahrttechnik in den letzten Jahren gab dabei der Plasmachemie wesentliche Impulse.

Die wichtigste plasmachemische Synthese, die großtechnisch durchgeführt wird, ist die C_2H_2 -Darstellung aus Erdgas oder Erdölrückständen im H_2 -Plasmastrahl. Das C_2H_2 kann plasmachemisch billiger hergestellt werden als über den Umweg der CaC_2 -Herstellung. Die HCN-Synthese aus CH_4/N_2 -Gemisch ist in Normaldruckplasmen (z. B. Plasmastrahl) und auch in Niederdruckentladungen möglich.

Sehr große Bedeutung besitzt auch die Fluorfixierung im Plasma. Hierbei werden Fluorverbindungen (z. B. CaF_2) in einer Hoch-

strombogenentladung mit Kohlenstoff zu CF_4 und C_2F_4 umgesetzt. Bei Zusatz von Chlorverbindungen entstehen Fluorchlorkohlenwasserstoffe (Freone).

Ein anderes, sehr interessantes plasmachemisches Verfahren ist der Phosphataufschluß. Es stellt ein Beispiel für die Aufarbeitung billiger Rohstoffe dar. Aus Ca-Phosphat bildet sich im elektrischen Bogen P_2O_5 und elementarer Phosphor.

Auch für die Reduktion von Metalloxiden und -chloriden wird das Plasma genutzt. Auf diese Weise wurden Pulver der Elemente Ti, W, Be, Si, B, Zr, Ta und Mo dargestellt. Ebenfalls wurde $TiCl_4$ zu $TiCl_3$ reduziert und aus $SiCl_4$ $SiCl_3$ hergestellt. Auch zur Herstellung der hochschmelzenden Carbide und Nitride der Elemente Ti, Zr, V und Si bietet sich der Plasmastrahl an.

Von großer ökonomischer Bedeutung ist die Aufarbeitung von Abfallprodukten der chemischen Industrie. Ein sehr interessantes Beispiel dafür ist die Chlorherstellung aus HCl in einem O_2 -Strahl.

Für die Herstellung korrosionsbeständiger Überzüge und isolierender Schichten für elektronische Bauelemente sind die Niederdruckentladungen besonders geeignet. Es besteht die Möglichkeit, dünne organische und anorganische Schichten herzustellen. Sehr interessant ist auch, daß die Bildung von Aminosäuren (Glycin, β -Alanin) aus H_2O , H_2 , CH_4 und NH_3 in einer Glimmentladung nachgewiesen werden konnte. Diese Reaktion kann als Modell für die Bildung von organischen Verbindungen in der Uratmosphäre unserer Erde dienen.

Diese Beispiele zeigen die breiten Anwendungsmöglichkeiten plasmachemischer Reaktionen. Einzelne Reaktionen sind bereits so weit erforscht, daß sie die Grundlage ökonomischer Verfahren bilden können und teilweise schon zur Entwicklung kommerzieller Verfahren, wie dies z. B. die C_2H_2 -Synthese gezeigt hat, geführt haben.

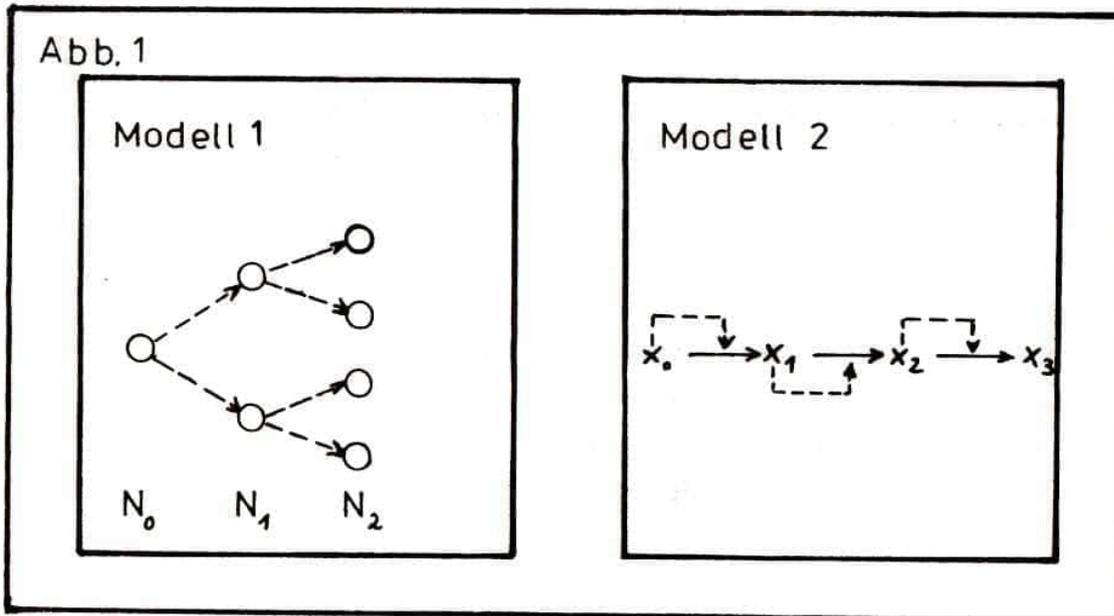
Nach weiterer theoretischer Durchdringung dieses neuen Gebietes werden mit Sicherheit weitere plasmachemische großtechnische Synthesen bekannt werden und technische Realisierung finden.

Dr. Jürgen Sauerstein
FSU Jena
Sektion Biologie

Über die Kinetik und die Physiologie des mikrobiellen Wachstums (Teil 1)

Schon früh hat sich der Mensch für seine persönlichen oder gesellschaftlichen Belange Prozesse zunutze gemacht, die auf der Tätigkeit von Mikroorganismen beruhen. Beispiele hierfür sind die Bereitung von Bier und Wein, die Herstellung von Käse und die Anwendung des Sauerteigs. Mit der Entwicklung der Mikrobiologie wurde auch die Palette der mikrobiell erzeugten Produkte beträchtlich erweitert. An dieser Stelle seien die Antibiotika Penizillin und Streptomycin, die Aminosäuren Glutaminsäure und Lysin und das Einzellerprotein genannt. Im Gegensatz zu früher sind heute für die meisten mikrobiologischen Verfahren die Zusammenhänge bekannt, die zur Bildung des Produkts bzw. zur benötigten Wirkung führen. Im Falle des Penizillins wurde herausgefunden, daß dieses Antibiotika erst gebildet wird, wenn das Wachstum des penizillinbildenden Mikroorganismus stark verlangsamt ist. Offensichtlich besteht ein enger Zusammenhang zwischen mikrobiellem Wachstum und mikrobieller Produktbildung bzw. mikrobieller Wirkung. Deshalb sind zur Optimierung der verschiedenen mikrobiologischen Verfahren und für eine moderne Prozeßführung Kenntnisse über die Kinetik und Physiologie des mikrobiellen Wachstums unerlässlich geworden. Diese wurden in den letzten 40 Jahren von Mikrobiologen in interdisziplinärer Zusammenarbeit mit Mathematikern, Physikern und Kybernetikern erbracht. Das Anliegen der Artikelserie "Über die Kinetik und die Physiologie des mikrobiellen Wachstums" ist es, dem Leser einen Überblick über den Erkenntnisstand auf diesem wichtigen Gebiet der Mikrobiologie zu geben.

Als mikrobielles Wachstum bezeichnet man die irreversible Zunahme der Zellzahl oder der Zellmasse. Zur qualitativen und quantitativen Beschreibung der Kinetik des Wachstums von Mikroorganismen, die sich durch Zweiteilung (Bakterien) oder Sprossung (Hefen) vermehren, dienen 2 Modelle (Abb. 1).



Das 1. Modell geht von der Zellzahl N aus. Wie aus Abb. 1 entnommen werden kann, ist die Änderung der Zellzahl abhängig von der Anzahl der Zweiteilungen oder Sprossungen, die als n bezeichnet wird. Definiert man die Ausgangszellzahl als N_0 , so gilt für $N(n)$

$$(1) \quad N = N_0 \cdot 2^n.$$

Die Anzahl der Zweiteilungen bzw. Sprossungen pro Zeiteinheit gibt die Teilungsrate v an. Es gilt:

$$(2) \quad v = \frac{n}{t}.$$

Unter Benutzung von v erhält man aus (1) $N(t)$ mit

$$(3) \quad N = N_0 \cdot 2^{v \cdot t}.$$

Die Gleichung (3) besagt, daß sich die Zellzahl N in Abhängigkeit der Zeit exponentiell vergrößert.

Dem 2. Modell liegt die Zellmasse in Form ihrer Trockenmasse x zu Grunde. Dadurch wird erreicht, daß man das mikrobielle Wachstum als einen autokatalytischen Prozeß betrachten kann, in welchem sich die Zellmasse selbst reproduziert und dabei

mengenmäßig zunimmt. Für die Geschwindigkeit der Trockenmasseänderung gilt deshalb:

$$(4) \quad \frac{dx}{dt} = \mu \cdot x.$$

Der Ausdruck μ wird als spezifische Wachstumsrate bezeichnet und ist konstant. Eine partikuläre Lösung von Gleichung (4) unter den Randbedingungen $x_1 = x_0$, $x_2 = x$, $t_1 = 0$ und $t_2 = t$ ist:

$$(5) \quad x = x_0 \cdot e^{\mu \cdot t}.$$

In Analogie zur Gleichung (3) drückt Gleichung (5) aus, daß die Zell- bzw. Trockenmasse in Abhängigkeit der Zeit exponentiell zunimmt.

Die eben dargestellten 2 Modelle besagen also, daß das mikrobielle Wachstum prinzipiell exponentiellen Charakter trägt.

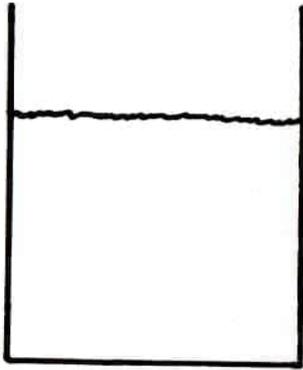
Mikrobielles Wachstum kann in diskontinuierlicher und in kontinuierlicher Kultur erfolgen (Abb. 2). Unter diskontinuierlicher Kultur versteht man ein Kulturgefäß, das mit einem endlichen Volumen an Nährlösung gefüllt ist.

Im Gegensatz hierzu wird bei der kontinuierlichen Kultur in ein Kulturgefäß ständig mit einer definierten Geschwindigkeit Nährlösung eingepumpt. Durch einen sogenannten Überlauf wird erreicht, daß die Menge an eingebrachter Nährlösung gleich der Menge an abgeflossener Zellsuspension (Mikroorganismen und Nährlösung) ist. Die kontinuierliche Kultur stellt somit ein offenes Kultursystem dar.

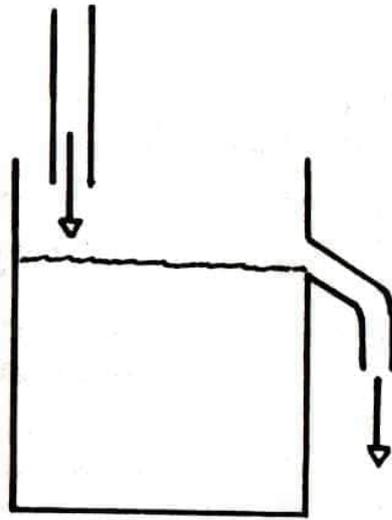
Für die Präzisierung der Kinetik des mikrobiellen Wachstums in diskontinuierlicher und kontinuierlicher Kultur wird vom 2. Modell ausgegangen. Ermittelt man die Änderung der Trockenmasse in Abhängigkeit der Kulturzeit unter diskontinuierlichen Kulturbedingungen und stellt die erhaltenen Trockenmassewerte als $\lg x(t)$ dar, so ergibt sich in der Regel folgender Kurvenverlauf (Abb. 3), der nach dem Verhalten der spezifischen Wachstumsrate in folgende 4 Phasen unterteilt werden kann:

Phase 1: lag-Phase	μ steigt an
Phase 2: log- oder exponentielle Phase	$\mu = \text{konstant}$

Abb. 2

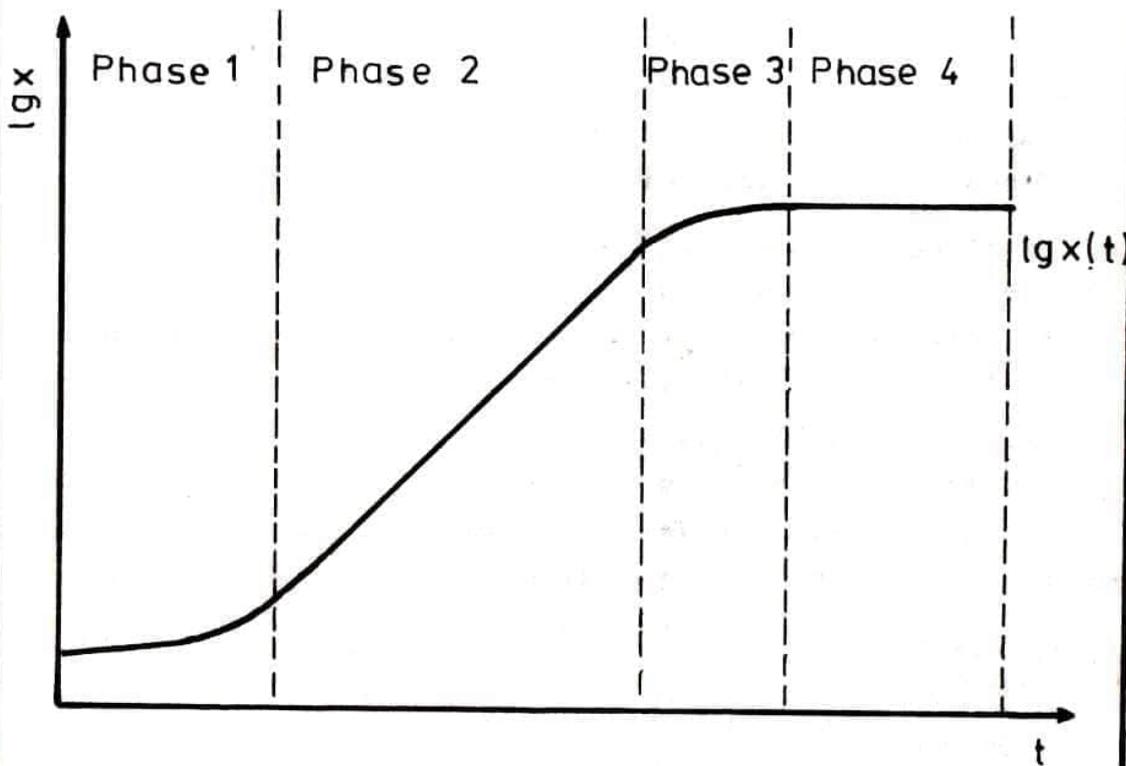


diskontinuierliche Kultur



kontinuierliche Kultur

Abb. 3



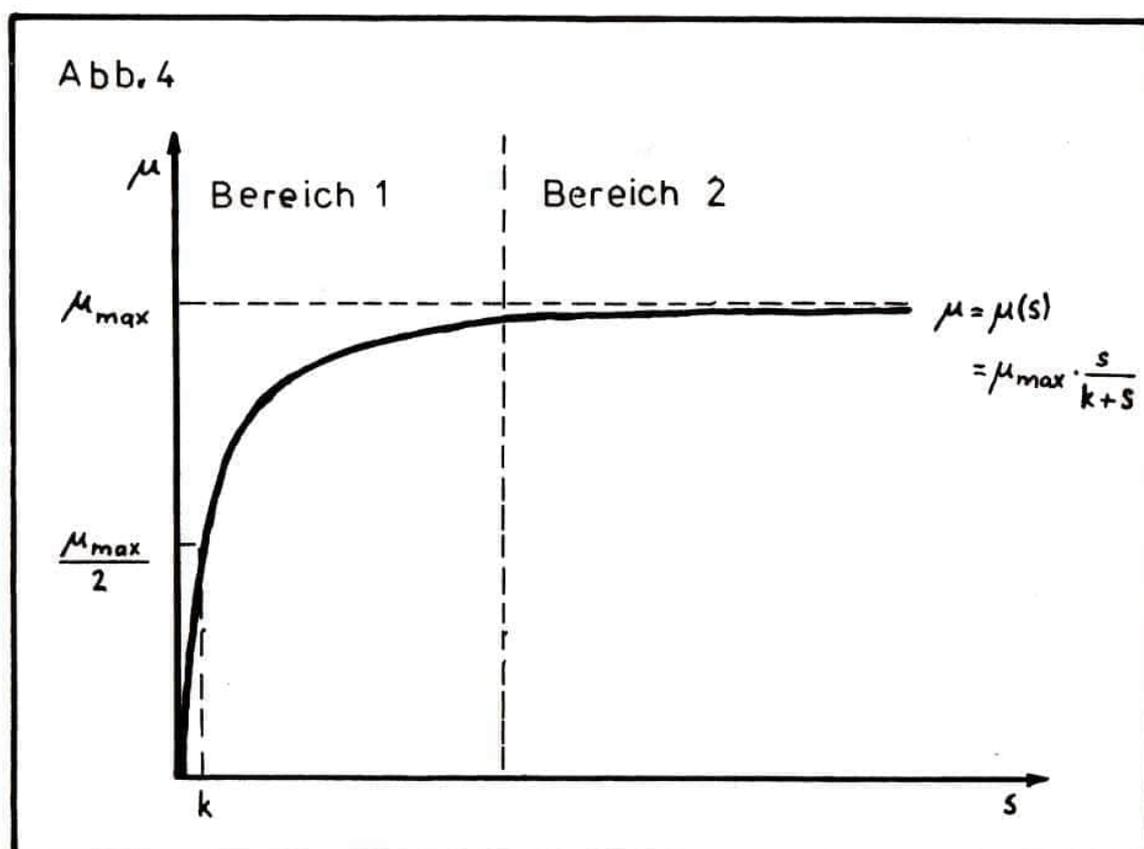
Phase 3: Verzögerungsphase

μ sinkt ab

Phase 4: stationäre Phase

$\mu = 0$

Offensichtlich gehorcht die Trockenmasseänderung nur während der log-Phase auf Grund der Konstanz von μ Gleichung (5). Ein Verdienst des Mikrobiologen und Biochemikers MONOD besteht darin, auch die Verzögerungs- und stationäre Phase einer mathematischen und somit kinetischen Beschreibung zugänglich gemacht zu haben. MONOD fand, daß die spezifische Wachstumsrate eine Funktion der Konzentration s des limitierenden Substrates S , einer Verbindung in der Nährlösung, nach dessen Verbrauch die Mikroorganismen ihr Wachstum einstellen, ist. Nach MONOD gilt für $\mu(s)$:



$$(6) \quad \mu(s) = \mu_{max} \cdot \frac{s}{s+k}$$

Stellt man Gleichung (6) grafisch dar, so ergibt sich ein hyperboler Verlauf (Abb. 4).

Die maximale spezifische Wachstumsrate μ_{max} ist der Grenzwert bezüglich μ , der nur bei unendlich hohen Substratkonzentra-

tionen erreicht wird; k ist die Substratkonzentration, bei der $\mu = \mu_{\max}/2$ ist. Diskutiert man Gleichung (6) in Hinblick auf den Einfluß von s auf μ , so lassen sich 2 Bereiche feststellen. Im Bereich 1 führen kleine Änderungen von s zu großen Änderungen von μ , im Bereich 2 dagegen liegen die Verhältnisse genau umgekehrt, so daß näherungsweise gilt:

$$(7) \quad \mu \neq \mu(s) \approx \mu_{\max}$$

Wird der von MONOD erhaltene Ausdruck für $\mu(s)$ in Gleichung (4) eingesetzt, so erhält man:

$$(8) \quad \frac{dx}{dt} = \mu_{\max} \cdot \frac{s}{s+k} \cdot x.$$

Die Gleichung (8) beschreibt nun qualitativ und quantitativ die Trockenmasseänderung während der log-, Verzögerungs- und stationären Phase in einer diskontinuierlichen Kultur. Ohne die allgemeine Lösung dieser Gleichung anzugeben, lassen sich aus ihr für die praktischen Belange folgende Aussagen ableiten:

1. Während der log-Phase liegt die Konzentration des limitierenden Substrates im Bereich 2 der $\mu(s)$ -Funktion. Infolgedessen gilt näherungsweise $\mu \neq \mu(s) \approx \mu_{\max}$ und man erhält aus (8)

$$(9) \quad \frac{dx}{dt} = \mu_{\max} \cdot x.$$

Eine partikuläre Lösung von (9) unter den Randbedingungen $x_1 = x_0$ (Trockenmasse Beginn log-Phase), $x_1 = x$ (Trockenmasse Ende log-Phase), $t_1 = t_0$ (Zeitpunkt Beginn log-Phase), $t_1 = t$ (Zeitpunkt Ende log-Phase) ist:

$$(10) \quad x = x_0 \cdot e^{\mu_{\max} (t - t_0)}$$

Die Gleichung (1) dient auch zur Errechnung von μ_{\max} aus dem experimentell ermittelten Verlauf von $x(t)$. Durch Umstellung von Gleichung (10) nach μ_{\max} erhält man:

$$(11) \quad \mu_{\max} = \frac{\ln(x - x_0)}{(t - t_0)}.$$

2. Das mikrobielle Wachstum in diskontinuierlicher Kultur geht dann von der log- in die Verzögerungsphase über, wenn die Konzentration des limitierenden Substrates in der Nährlösung durch die erfolgte Trockenmassebildung so weit ernie-

drigt wurde, daß s nunmehr im Bereich von $\mu(s)$ liegt. Folglich gilt $\mu = \mu(s)$ und gemäß Gleichung (8) sinkt die absolute Wachstumsgeschwindigkeit $\frac{dx}{dt}$ ab. Ist $s = 0$, so tritt das Wachstum in die stationäre Phase ein.

Durch Einführung des Ertragskoeffizienten Y , der die Einheitsmenge an limitierendem Substrat, die zur Bildung einer Einheitsmenge an Trockenmasse notwendig ist, angibt, erhält man für die absolute Geschwindigkeit der Konzentrationsabnahme von s die Gleichung

$$(12) \quad -\frac{ds}{dt} = \frac{1}{Y} \cdot \frac{dx}{dt}$$

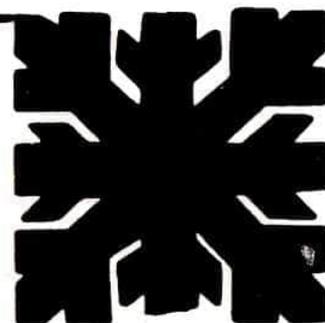
bzw. unter Benutzung von (8) die Gleichung

$$(13) \quad -\frac{ds}{dt} = \frac{1}{Y} \cdot \mu_{\max} \cdot \frac{s}{s+k} \cdot x.$$

Die Gleichungen (8) und (13) stellen ein System von Differentialgleichungen dar, die das mikrobielle Wachstum in diskontinuierlicher Kultur in bezug auf $x(t)$ und $s(t)$ vollständig beschreiben.

Die Erweiterung des vorgestellten Modells über die Kinetik des mikrobiellen Wachstums auf die Bedingungen der kontinuierlichen Kultur wird im Teil 2 vorgenommen.

Aus: „Sitzbeschwerden“ von Werner Ehrenforth



Wenn das Leben unser Hobby ist, dann bleibt uns wenig Zeit zum Briefmarken sammeln.

Man ertappt sich gern auf frischer Tat, Schlechtes nicht getan zu haben.

Zwischen "Früher war alles besser" und "In Zukunft wird alles besser" leben die meisten Menschen.

Man kann darunter leiden, das tun zu müssen, was man gern freiwillig machte.

Lutz Grunwaldt
Potsdam

Tunguska 1908 - Auf den Spuren einer Katastrophe (Teil 2)

Eines ist den Wissenschaftlern, die an der Untersuchung der Tunguska-Problematik beteiligt sind, bald klar: Es kann sich bei dem kosmischen Körper nicht um einen gewöhnlichen, lediglich besonders großen Meteoriten vom Eisen- oder Steintyp gehandelt haben. Ein derartiger Meteorit hätte deutliche Spuren hinterlassen: Einschlagkrater, größere Bruchstücke. Diese sind nicht aufzufinden. Die Ursachen für die Explosion des Körpers (dessen ursprüngliche Masse auf ca. 100 000 Tonnen geschätzt wird) müssen in seiner außergewöhnlichen Natur liegen.

Im Jahre 1930 hatte der britische Astronom Whipple erstmals die Vermutung ausgesprochen, daß es sich beim Tunguska-Meteoriten um den Kern eines Kometen gehandelt haben könne. Diese Hypothese wurde später von den sowjetischen Forschern Astanowitsch, Fessenkow und anderen aufgegriffen und wesentlich präzisiert. Heute ist diese Erklärungsmöglichkeit absoluter Spitzenreiter im breiten Spektrum der Tunguska-Hypothesen. Was macht sie so attraktiv?

Schmutzige Schneebälle im Kosmos

Ein Kometenkern stellt nach heutigen Ansichten ein Konglomerat aus gefrorenen, leichtflüchtigen Substanzen (Eis, CO₂-Schnee u.a.) und meteoritischen Partikeln dar. Das Ganze läßt sich wahrscheinlich am besten mit dem Bild eines "schmutzigen Schneeballs" verdeutlichen. Kometen sind recht lockere Gebilde. Ihre mittlere Dichte liegt unter 10^3 kg/m^3 . Die z. T. prächtigen Schweiferscheinungen bilden sich erst, wenn der Komet auf seiner langgestreckten elliptischen oder parabolischen Bahn aus den Randbezirken des Sonnensystems in Sonnennähe kommt und die Strahlung unseres Zentralgestirns zum Verdampfen eines Teils der gefrorenen Gase führt. Die übrige Zeit sind Kometen recht

unauffällige Himmelskörper. Das liegt hauptsächlich an ihrer Größe, die Kerne erreichen nur Durchmesser von wenigen 10-100 Metern. Was geschieht nun, wenn solch ein lockeres Gebilde mit kosmischer Geschwindigkeit in die Erdatmosphäre eintritt?

Der Körper fliegt innerhalb der Erdatmosphäre mit hoher Überschallgeschwindigkeit (zunächst 30-40 km/s) und wird rasch durch die Luftreibung abgebremst. Das führt zu einer Aufheizung der äußeren Schichten, die Gase beginnen zu verdampfen. Vor dem Körper bildet sich eine mächtige Stoßwelle heraus, ähnlich der bei einem Überschallflugzeug. Die dahinter befindliche Luft wird stark aufgeheizt und beginnt, intensive Licht- und Wärmestrahlung auszusenden (bei Geschwindigkeiten von ca. 40 km/s können sogar Frequenzen im Röntgenbereich von diesem Plasma ausgesendet werden!). In etwa 40 km Höhe erfolgt eine dramatische Beschleunigung des Verdampfungsprozesses, der immer mehr explosionsartigen Charakter annimmt. 10 km über dem Erdboden ist die Verdampfung so weit fortgeschritten, daß die restlichen leichtflüchtigen (und z. T. sehr reaktionsfreudigen) Substanzen schlagartig verdampfen. Eine gewaltige Explosion zerreißt den Körper. Die "eingebackenen" meteoritischen Partikel werden durch die hohe Explosionsenergie ebenfalls verdampft und mitgerissen.

Sowohl die ballistische als auch die enorm starken Explosionswellen treffen auf die Erdoberfläche, verwüsten die Taiga. Ein Meteoritenkrater entsteht nicht. Nahezu die gesamte Masse des kosmischen Körpers hat sich schlagartig in Dampf verwandelt!

Eine neue Suchstrategie

So einleuchtend und verlockend eine Hypothese jedoch auch ist - letztendlich zählen in der Wissenschaft nur Fakten. Und diese werden nach und nach erbracht.

Was geschah mit den verdampften meteoritischen Partikeln des Kometen? Die Wolke glühender Gase stieg unter Abkühlung langsam auf und zog in Windrichtung vom Explosionsort ab. Die ursprünglich verdampften mineralischen Substanzen konnten daher in Form feiner Kondensattröpfchen wieder ausfallen. Hier gibt es eine direkte Analogie zum radioaktiven "Fallout" bei Kernwaffenexplosionen, der auch in größerer Entfernung vom Epizentrum auftritt, nur daß es eben nicht unbedingt eine Kernexplosion sein muß.

Zunächst scheint also eine Suche weitab vom Katastrophenort am erfolgversprechendsten. 1958 und 1962 beginnen Expeditionen unter Leitung von K.P. Florenski dieses schwierige Unternehmen. Mehr als 60000 km^2 (1) groß ist das Gebiet, das mit einem Hub-schrauber abgesucht wird. Systematisch werden Bodenproben ent-nommen und gründlich analysiert. Das Ergebnis ist eindeutig: Eine langgestreckte schmale Zone, in der besonders viele "kos-mische" Teilchen enthalten sind, erstreckt sich 70-100 km vom Kataströphenort entfernt in nordwestlicher Richtung. Das ent-spricht der am 30. 6. 1908 vorherrschenden Windrichtung!

Wie sind die gefundenen Teilchen beschaffen? Es handelt sich meist um kugelförmige, stark siliziumhaltige Teilchen mit Durch-messern um $100 \mu\text{m}$. In ihrer Zusammensetzung unterscheiden sie sich sowohl von irdischen als auch von technisch erhaltenen Sili-katen stark. Manche haben Gaseinschlüsse, die sich als CO_2 , H_2S und gasförmige Kohlensäure (H_2CO_3) herausstellen.

So wertvoll sich diese ersten aufgefundenen Überreste des Tun-guska-Meteoriten auch erweisen - es handelt sich aber doch um Material, das nach der Katastrophe verschiedenen Umwandlungen unterlag (Verdampfung, Kondensation) und dabei sicher seine ur-sprünglichen Eigenschaften veränderte. Besteht nicht vielleicht doch die Möglichkeit, "Originalmaterial" des kosmischen Körpers aufzufinden?

Torfmoore werden „befragt“

Bereits A. Kulik hatte festgestellt, daß die Waldvernichtung nicht so gleichmäßig erfolgt war, als ob es sich um eine ein-heitliche Explosion gehandelt hätte. Luftaufnahmen weisen auf eine eigenartige "Fünfstrahligkeit" des Windbruches hin, und auch Augenzeugen hörten deutlich mehrere Explosionen (vgl. Teil 1 des Artikels). Bereits hieraus ergibt sich ein schwer-wiegenderes Argument gegen alle Kernexplosionshypothesen: Keine derartige Explosion kann mehrfach erfolgen. Spaltbares Material explodiert entweder auf einmal oder gar nicht. Zwischenstufen gibt es nicht (der Prozeß in Kernreaktoren verläuft selbstver-ständlich anders, kommt hier aber nicht in Frage).

Wenn aber die Zerstörung des Tunguska-Meteoriten gewissermaßen "dezentralisiert" in mehreren Etappen erfolgte (und alles

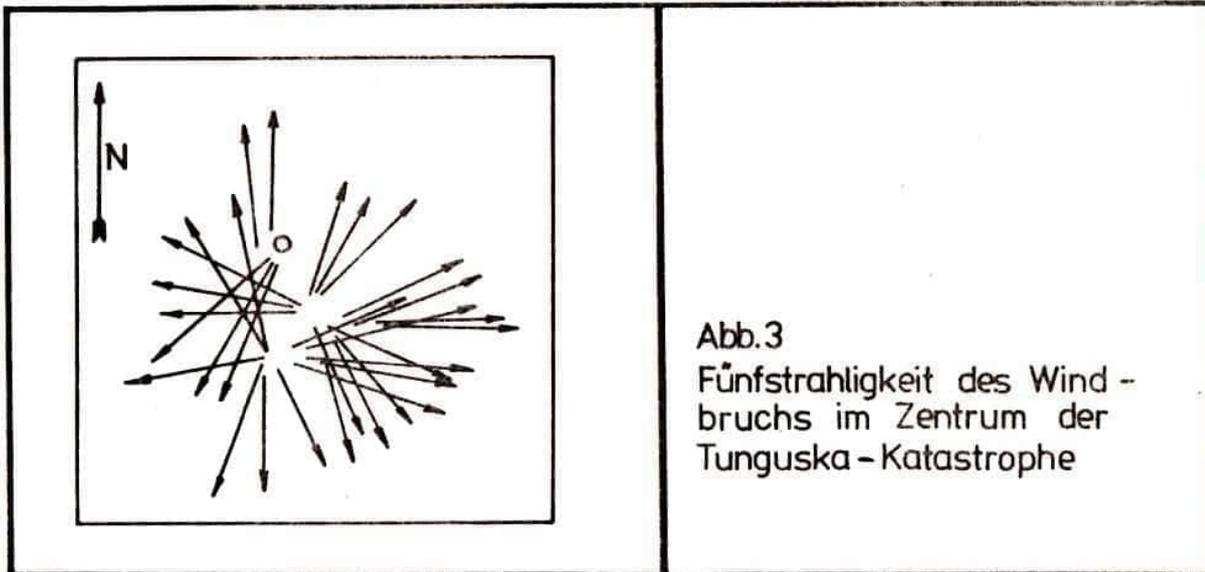


Abb.3
Fünfstrahligkeit des Wind-
bruchs im Zentrum der
Tunguska - Katastrophe

spricht dafür), so müssen sich auch niedrige Explosionen ereignet haben. In den Randzonen dieser Explosionen dürften die Temperaturbedingungen so gewesen sein, daß ein gewisser Teil der schwerschmelzbaren Bestandteile des ursprünglichen Körpers die Erdoberfläche nahezu unverändert erreicht haben müßte. Die letzten, in geringer Höhe erfolgten Detonationen müßten also sozusagen die Bodenschichten stark mit kosmischer Materie "verschmutzt" haben. Doch wie kann man die kosmischen Teilchen sicher identifizieren?

Ein Teil des kosmischen Stoffes bestand sicherlich aus Siliziumverbindungen. Unter dem Einfluß der primären, energiereichen kosmischen Strahlung wandelt sich ein Teil der Siliziumatome schließlich in das radioaktive ^{14}C -Isotop des Kohlenstoffes um, verbleibt aber im Kristallgitter der Mineralien dort, wo sich vorher das Siliziumatom befunden hatte; das gehäufte Auftreten von radioaktivem ^{14}C dürfte also ein sicheres Zeichen für den kosmischen Ursprung der Partikel sein.

Als ideales Suchgebiet erweisen sich schließlich ausgedehnte Torfmoore in unmittelbarer Nähe des Epizentrums. Torfmoore bieten deshalb so ausgezeichnete Voraussetzungen für eine genaue Datierung ihrer Schichtung, weil ihre mineralische Versorgung nur aus der Luft erfolgt und die Wachstumsgeschwindigkeit der einzelnen Schichten sehr genau bestimmt werden kann. Sie stellen also einen "Kalender" für den Staubfall über längere Zeiträume dar.

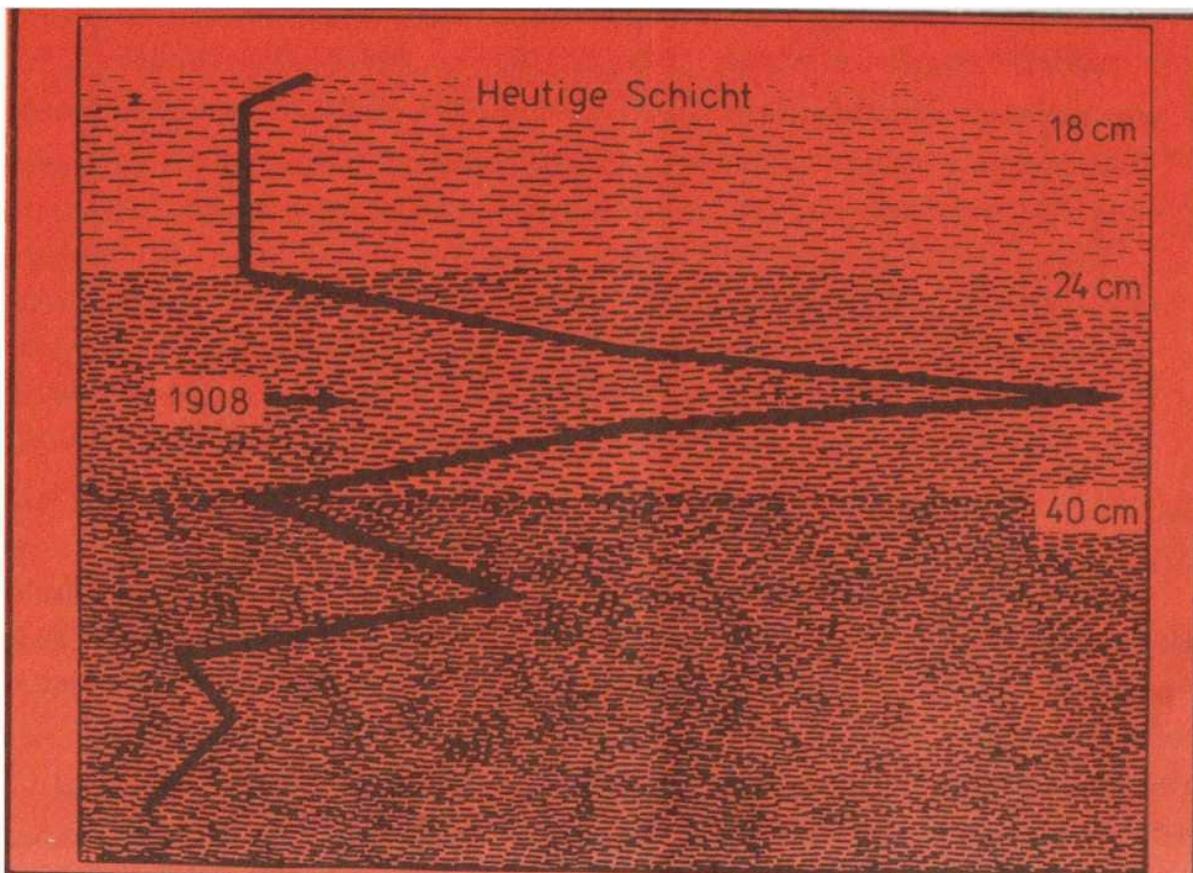


Abb.4 | Gehalt verschiedener Torfschichten aus dem Tunguska Gebiet an kosmischen Teilchen

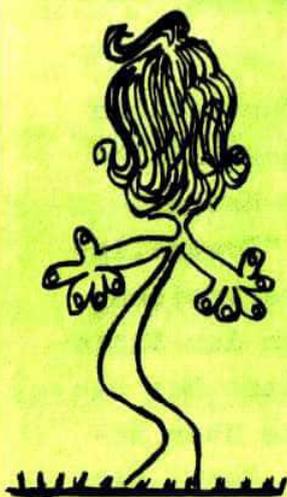
Die Untersuchung bringt bald eindeutige Ergebnisse: Zwischen 25 und 40 cm Tiefe befindet sich die Schicht des Jahres 1908 (siehe Abb. 4). Sie enthält einen deutlich erhöhten Anteil an kosmischen Teilchen (bis zu $1000/m^2$). Die Schicht ist angereichert mit Co, Ni, Pb, Ag und Seltenerdmetallen (Eu u.a.). Auch Radiokohlenstoff (^{14}C) kann mit stark erhöhter Konzentration nur in dieser Schicht nachgewiesen werden. Testmessungen in 1 km Entfernung zeigen diese Anomalien noch schwach, in 4-5 km Abstand sind sie verschwunden. Die Erklärung ist einfach und zugleich schwerwiegend: Der Stoff des Tunguska-Meteoriten ist nur an einigen streng lokalisierten Punkten zur Erde gelangt, die bisherige Erfolglosigkeit der Suche ist also nicht weiter erstaunlich.

War es ein Kometenkern?

In der heutigen Zeit stehen den Wissenschaftlern ausgeklügelte Analysemethoden zur Verfügung. So wird z. B. mit großem Erfolg die Neutronenaktivierungsanalyse auf die Torfschichtproben des Jahres 1908 angewandt. Das Prinzip dieser Analyse besteht darin, die Probe in einem Kernreaktor einer starken Neutronenstrahlung auszusetzen. Die dadurch in der Probe induzierte Radioaktivität läßt sich energetisch untersuchen, wodurch Rückschlüsse selbst auf winzigste Mengen an in der Probe enthaltenen Elementen gezogen werden können.

Die Untersuchung der Torfproben ergibt eine erhöhte Konzentration von Zn, Fe, K, Ca, Br, Cs, Pb, Hg, Au. Die vorher ausgesonderten kugelförmigen Silikatteilchen sind reich an Zn, Ag, Al, Na und Mn.

Vergleichende Betrachtungen ergeben, daß die Zusammensetzung des kosmischen Stoffes aus dem Epizentrum der Tunguska-Katastrophe stark von der bisher bekannter Meteoritentypen abweicht. Sie zeigt jedoch gewisse Analogien zum sogenannten "orange-farbigem Grund", der von Apollo-Astronauten auf dem Mond entdeckt wurde und von dem Wissenschaftler annehmen, daß er im Ergebnis von Kometenabstürzen gebildet wurde. Nahezu alle der nachgewiesenen Elemente treten auch im Spektrum von Kometen auf, die der Sonne sehr nahekommen. Eines jedoch steht fest: Bei der Analyse wurden keinerlei radioaktive Isotope in nennenswerter Menge gefunden, die auf nukleare Reaktionen hindeuten. Die Annahme, daß die Tun-



Gammlia penetrans

weibliche von männlichen
Pflanzen kaum zu
unterscheiden; Duft:
sehr scharf; Standort:
düstere Ecken

guska-Katastrophe durch eine atomare Explosion ausgelöst wurde, wird nicht bestätigt, sie wird im Gegenteil immer unwahrscheinlicher.

Die Kometenhypothese bietet folgende Vorteile: Sie erklärt die große Energie der Katastrophe, die Beobachtungen der Augenzeugen, die Bodenbefunde und auch die optischen Anomalien des Sommers 1908. Längs der Bahn eines Kometen (sowohl vor als auch hinter ihm) verteilen sich die Staubteilchen, die aus dem kometarischen Eis durch die Verdampfung der Gase an der Oberfläche herausgerissen wurden. Diese konnten sowohl die bereits vor der Ankunft des Hauptkörpers beobachtbaren Leuchterscheinungen und hellen Meteore verursachen als auch die nach der Katastrophe auftretenden hellen Nächte hervorrufen: Der Staubschweif des Kometen rief bei seinem Eindringen in die Atmosphäre Ionisationsprozesse in hohen Luftschichten und damit das rätselhafte Nachthimmelsleuchten hervor. Staubteilchen trugen sicher auch zur Bildung der eigentümlichen Wolken bei, die mit dem Höhenwind rasch von Ost nach West zogen.

Noch nicht endgültig geklärt sind die biologischen Phänomene im Absturzgebiet, doch werden sie wahrscheinlich auch nur Hinweise auf die außergewöhnliche Chemie des Tunguska-Körpers geben.

P. S.

Ende Januar 1980 ging eine Meldung durch die Zeitungen: In einer Torfschicht nahe dem Einschlagsort seien Diamant-Graphit-Verwachsungen außerirdischen Ursprungs festgestellt worden (neben größeren Mengen an ^{14}C), wodurch erstmalig Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des kosmischen Körpers möglich wären (welche, wird leider nicht mitgeteilt).

Der Leser des vorangegangenen Artikels wird unschwer feststellen können, daß diese Entdeckung lediglich ein weiteres Mosaiksteinchen in der langen Erforschungsgeschichte des Tunguska-Meteoriten darstellt. Nicht mehr und auch nicht weniger. Von "Erstmaligkeit" kann keine Rede sein, das ist journalistische Übertreibung. Längst sind noch nicht alle Überreste gefunden, die von der Explosion in die Torfmoore gedrückt wurden. Doch bereits jetzt hat die Untersuchung den Wissenschaftlern wertvolle Aufschlüsse über Natur und Beschaffenheit kometarer Körper geliefert. Die Suche geht weiter.

physikaufgabe

53

Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß man durch dreimaliges Würfeln mindestens einmal eine Sechs erhält ?

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 CHEMIEAUFGABE AUS HEFT 6/13. JAHRGANG

Aufgabe:

Die Analyse eines Gemisches aus Propyljodid (C_3H_7J) und Äthylbromid (C_2H_5Br) zeigte, daß die Summe der Massen von Jod und Brom 74,00% der Gesamtmasse des Gemisches ausmacht. Bestimmen Sie den prozentualen Gehalt der Stoffe im Gemisch (bezogen auf Stoffmengen) !

Lösung: (eingesandt von Georg Franke, 18 Jahre, Jena)

Bedeutung der Indizes:

P Propyljodid, J Jod

E Äthylbromid, Br Brom

(m Masse, M molare Masse,
n Stoffmenge)

$m_{Br} + m_J = 0,74(m_P + m_E)$ Mit $m=nM$ folgt:

$$n_{Br} \cdot M_{Br} + n_J \cdot M_J = 0,74(n_P \cdot M_P + n_E \cdot M_E)$$

Da $n_{Br} = n_E$ und $n_J = n_P$ ist, gilt:

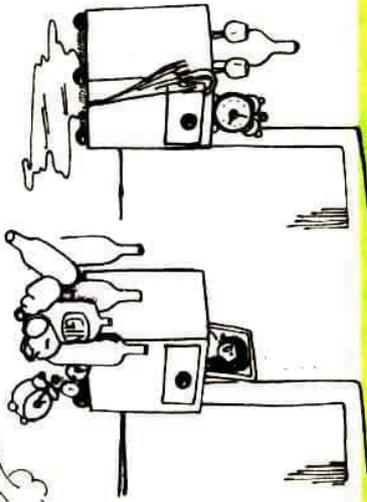
$$n_E \cdot M_{Br} + n_P \cdot M_J = 0,74(n_P \cdot M_P + n_E \cdot M_E) \rightarrow \frac{n_E}{n_P} = \frac{0,74M_P - M_J}{M_{Br} - 0,74M_E} \approx 1,82$$

$$\text{Anteil Propyljodid: } n_P \cdot 100\% : (n_E + n_P) = 100\% : \left(1 + \frac{n_E}{n_P}\right) \approx 35,5\%$$

$$\text{Anteil Äthylbromid: } n_E \cdot 100\% : (n_E + n_P) = 100\% : \left(1 + \frac{n_P}{n_E}\right) \approx 64,5\%$$

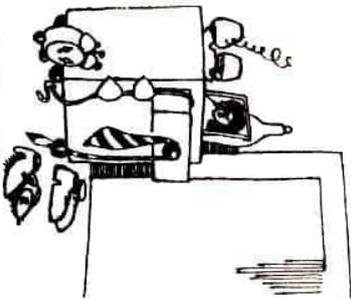
HEIRAT

KENNENGE-
LERNT

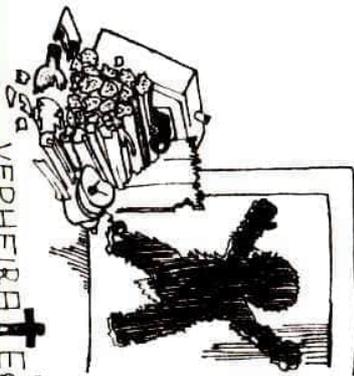


VERLIEBT

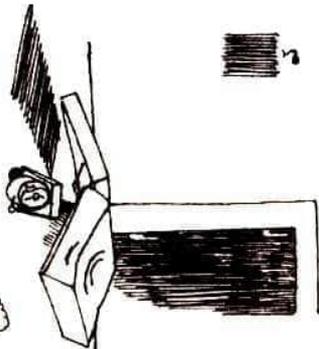
VERLOBT ...



VERHEIRATET



...



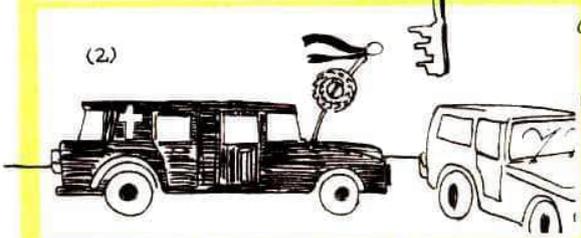
„Was denn,
keine Glas-
fliesen? -
Scheidung!“



Abgemacht.
Für jeden
Sohn -
6 Hand-
tücher.



Heiraten,
Engel, ist wun-
derlich Wort,
Ich meint, da
müßt'ich gleich

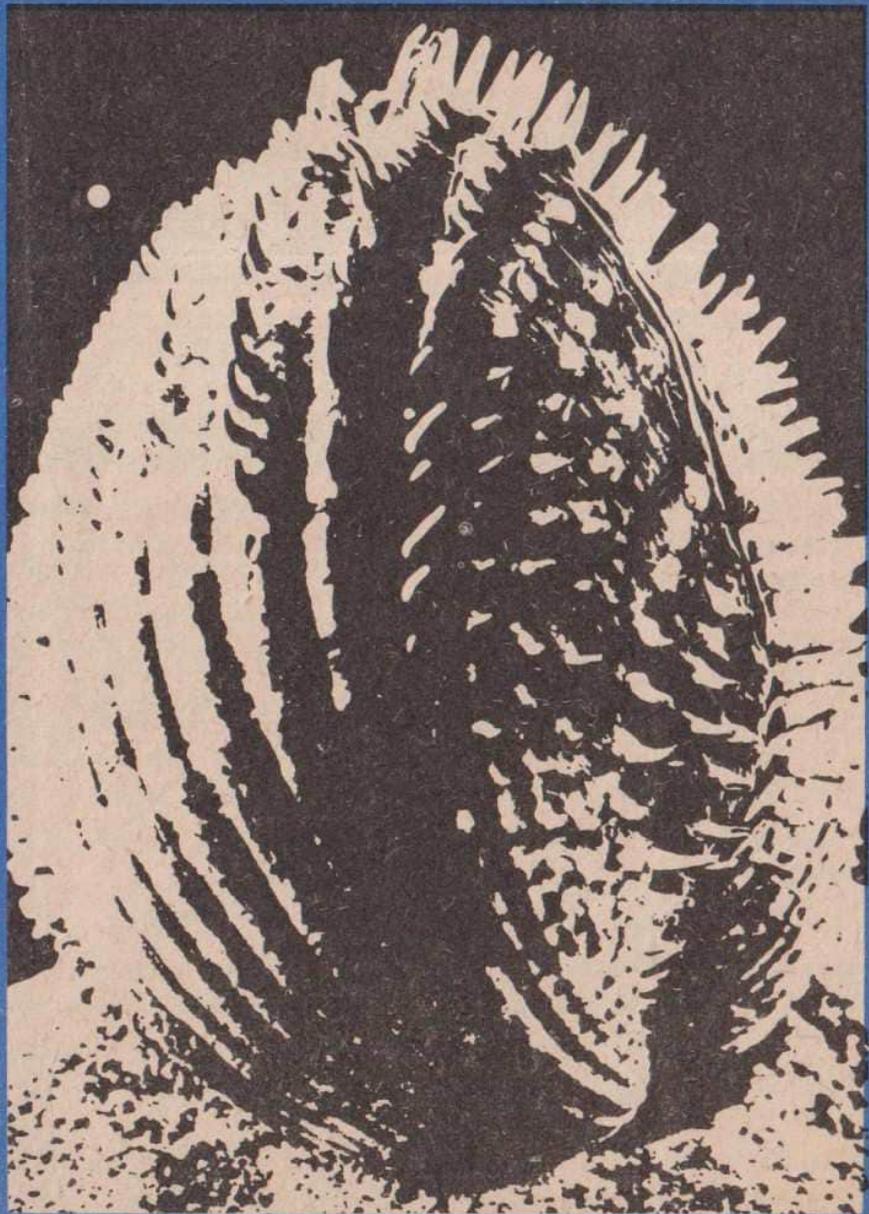


wieder fort.
Gruethe
c. Vorschlag
zur Güte)



Impuls 68

5



Kurzzeituntersuchungen



J. W. Döbereiner



Iteration



Interview



Mikrobielles Wachstum



V. Hochschulkonferenz

Titelbild:

Schale des „Stachelherzens“
(*Cardium echinatum* L.) (L. G.)

impuls

68

Staupendahl	Kurzzeituntersuchungen an Halbleitern (2)	PHY	3
	Büchermarkt		8
Colditz	Johann Wolfgang Döbereiner – Jenas klangvollster Name in der Chemie (1)	CHE	9
Pohle	Iteration – ein leistungsfähiges Verfahren zur Lösung von Gleichungen		13
	Interview mit Prof. Dr. Dr. Köhler	INT	19
Sauerstein	Über die Kinetik und die Physiologie des mikrobiellen Wachstums (2)	BIO	23
Bolck	Rede des Rektors der Friedrich-Schiller-Universität Jena Prof. Franz Bolck auf der V. Hochschulkonferenz		27
	Physikaufgabe Nr. 54, Lösung der Aufgabe 46		31

Redaktion: Dr. Eberhard Welsch (Chefredakteur); Achim Dittmar, Reinhard Meinel (stellvertretende Chefredakteure); Dipl.-Phys. Wilfried Hild; Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen); Dipl.-Chem. Roland Colditz (Chemie); Dr. Jürgen Sauerstein (Biologie); Vera Masurat (Gestaltung); Reiner Luthardt (Fotografie, Gestaltung)

Die Redaktion wurde 1969 und 1980 mit dem Ehrentitel „Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR“ ausgezeichnet.

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Anschrift: impuls 68, 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1

Lizenzgeber: Presseamt beim Vorsitzenden des Ministerates der Deutschen Demokratischen Republik unter der Nummer 1570

Kleinoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, Betriebsteil V „Werner John“, Rudolstadt

Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981. Bestellungen richten Sie bitte direkt an unsere Anschrift; bei Bezahlungen oder Anfragen nennen Sie unbedingt die Adresse, unter der Sie „impuls 68“ erhalten.

Heftpreis: -,40 M, Jahresabonnement: 4,- M



Gestaltung:

Matthias Hegner

Redaktionsschluß:

9. 11. 1980

1.2.2. Relaxationsprozesse in HL

Wurden durch einen der Absorptionsprozesse 1 bis 4 Elektronen in höhere Energiezustände gehoben und dadurch der HL aus dem "energetischen Gleichgewicht" gebracht, so bleibt dieser Zustand nicht beliebig lange erhalten, sondern es wird wieder das Gleichgewicht angestrebt. Nach Abschalten der Strahlung wird nach einer mehr oder weniger langen Zeit wieder die Ausgangssituation erreicht sein. Diesen Prozeß der Rückkehr in den Ausgangszustand nennt man allgemein Relaxation (in Abb.2 wurden die Relaxationsprozesse durch die römischen Ziffern I bis IV gekennzeichnet), den Prozeß I bezeichnet man allerdings gewöhnlich als Elektron-Loch-Rekombination. Die für die Relaxation benötigte Zeit nennt man Relaxationszeit (τ_i in Abb.2). Sie ist i.a. die Zeit, die vergeht, bis nach Abschalten der "Störung" (in unserem Falle ist das die Strahlung) der $1/e$. Teil ($e \approx 2,718$) der aus dem Gleichgewicht gebrachten Ladungsträger wieder im Ausgangszustand ist. Jeder der Absorptionsprozesse 1 bis 4 hat für ihn typische Relaxationszeiten. Wir können uns grob folgende Regeln merken:

- 1.) Die Relaxation dauert umso länger, je größer das zu überwindende ΔE ist;
- 2.) Die Relaxation erfolgt umso schneller, je mehr Energiezustände (außer Traps, siehe unten!) sich zwischen Ausgangs- und Endzustand befinden.

Durch relativ kleine Änderungen in der HL-Struktur können die τ_i um Größenordnungen variieren. Deshalb lassen sich hier auch nur grobe Bereiche für ihre Werte angeben. Für τ_I liegen z.B. die Werte bei einigen wichtigen HL im Bereich von ns bis μs , ebenso etwa für τ_{III} . Diese Zeiten hängen u.a. stark von der Dichte der Energiezustände in der verbotenen

Zone ab, d.h. also von der Dichte der Verunreinigungen und den Störungen im Gitteraufbau. Eine besondere Rolle spielen dabei die Trap-Niveaus. Durch sie können τ_I und τ_{III} um Größenordnungen verlängert werden. Das Interessante ist dabei, daß z.B. beim Prozeß I das freie Elektron schon im Leitungsband "verschwunden" sein kann, während das freie Loch im Valenzband noch existiert, da das Elektron in der "Elektronenfalle" sitzt und noch keine Rekombination stattfinden konnte.

Ultrakurze Relaxationszeiten im Bereich ps und darunter wurden für τ_{II} und τ_{IV} gefunden.

Die Messung von Relaxationszeiten ist ein Kernproblem der UKZS !

1.2.3. Einfluß der FL auf Brechung und Reflexion

Neben ihrer starken Absorptionswirkung im infraroten Spektralgebiet beeinflussen die FL auch Brechung und Reflexion eines HL bei diesen Wellenlängen. Bei Dichten N_e der FL ab 10^{16} cm^{-3} tritt eine merkliche Verringerung Δn des Brechungsindex n auf. Dieses Δn ist stark von der eingestrahlten Frequenz f abhängig. Mit einer Konstanten z , die die Eigenschaften des jeweiligen HL charakterisiert, gilt näherungsweise die Beziehung

$$\Delta n = - \frac{N_e}{f^2} \cdot z \quad (2)$$

Das Δn beeinflusst nicht nur die Brechung, sondern auch die Reflexionswirkung des HL. Erreicht N_e sehr große Werte, so kommt man in einen Bereich, in dem der HL wie ein metallischer Spiegel die Strahlung reflektiert, man spricht von der "Plasma-reflexion". Durch Erzeugung genügend vieler FL kann man also erreichen, daß ein ursprünglich für eine gewisse Frequenz durchsichtiger HL plötzlich wie ein Spiegel wirkt!

1.2.4. Elektrische Leitung in HL

Sämtliche FL, also die Elektronen im Leitungsband und die Löcher in den Valenzbändern, tragen zum Stromfluß durch den HL bei, wenn ein elektrisches Feld E angelegt wird. Der dabei fließende Strom pro Querschnittsfläche, die sogenannte

Stromdichte j , ergibt sich einfach aus E und der Leitfähigkeit σ des HL:

$$j = \sigma \cdot E \quad (\text{Ohmsches Gesetz}) \quad (3)$$

Der jeweilige Stromdichte-Anteil der verschiedenen Ladungsträgersorten, also in unserem Beispiel der Elektronen in L , der Löcher in V_1 und der Löcher in V_2 , hängt zum einen von ihrer Anzahldichte N_i , d.h. der Zahl der Teilchen pro cm^3 , und zum anderen von ihrer sogenannten Beweglichkeit μ_i ab. Es gilt für die Leitfähigkeit σ

$$\sigma = N_1 e \mu_1 + N_2 e \mu_2 + N_3 e \mu_3 \quad e - \text{Elementarladung} \quad (4)$$

Elektro-	Löcher	Löcher	
nen	(V_1)	(V_2)	

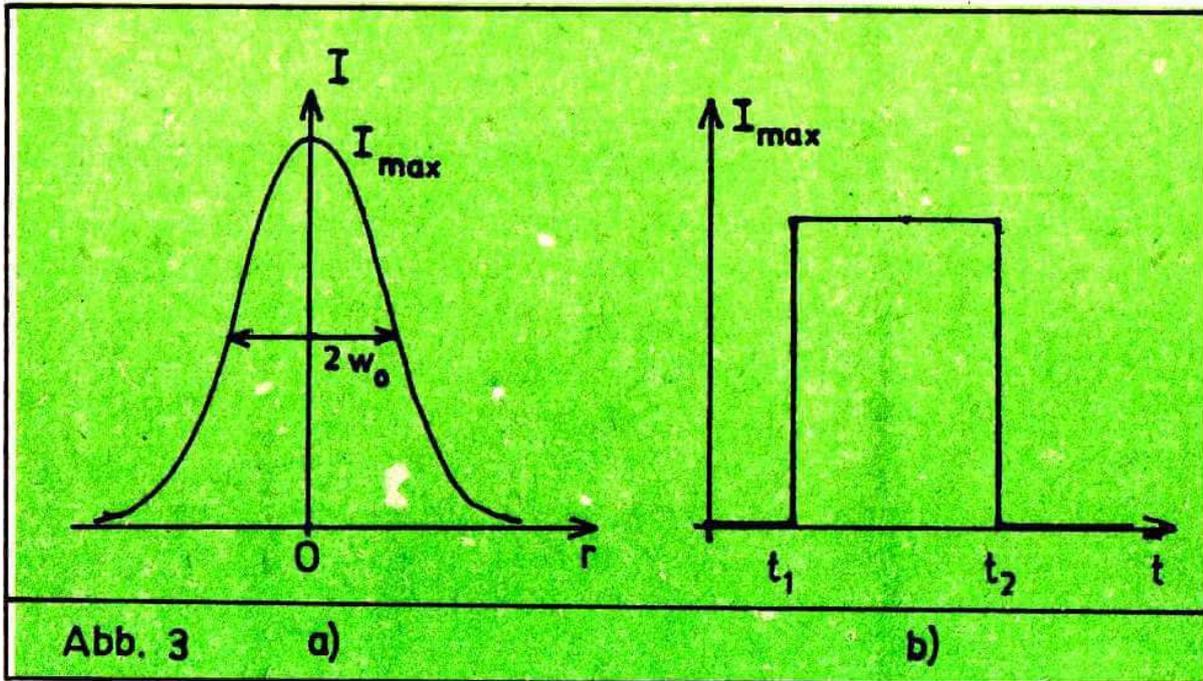
Die Beweglichkeiten μ_i sind, wie der Name schon sagt, ein Maß dafür, wie beweglich die FL im HL sind. Sie enthalten implizit die bereits vorn angedeuteten Unterschiede zum wirklich freien Ladungsträger. So erleidet z.B. in einem realen HL, der nie eine ideal periodische Struktur besitzt, jeder FL eine Vielzahl von Stößen pro Zeiteinheit, die seine "Beweglichkeit" einschränken. Wir wollen uns merken, daß μ vom Aufbau des Grundkristalls, seinen "Verunreinigungen" (gewollten und unerwünschten Fremdatomen, Störungen im Kristallaufbau u.ä.) und der energetischen Lage der FL im Kristall, d.h. in welchem Energieband sie sich befinden, abhängt.

Genauer können wir in diesem Beitrag auf die mannigfaltigen Probleme der elektrischen Leitung in HL (z.B. Fragen der p-n-Übergänge u.ä.) nicht eingehen.

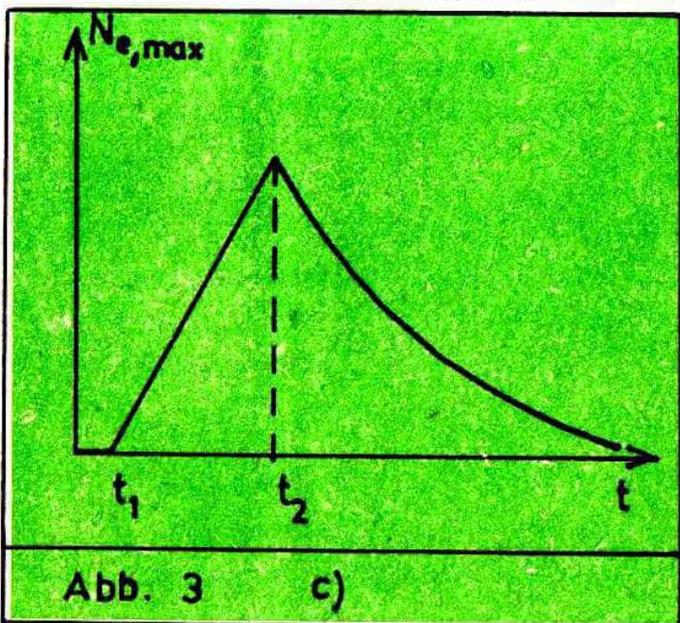
1.2.5. Diffusionsprozesse

Ein "ungestörter" HL zeichnet sich dadurch aus, daß er nach außen elektrisch neutral ist und daß die FL im gesamten Kristallvolumen homogen verteilt sind. Diese homogene Verteilung kann nun auf unterschiedlichste Weise gestört werden. Dafür drei Beispiele: a) Bekanntlich treten an den p-n-Übergängen verschiedenartig dotierter HL Zonen mit Elektronenmangel und solche der Elektronenanreicherung auf; b) Kontaktiert man einen HL-Kristall und legt eine genügend hohe Spannung an, so

kann man die "Injektion" beträchtlicher Ladungsträgerdichten in bestimmte Bereiche des HL erreichen; c) Fokussiert man geeignete Strahlung (siehe Pkt. 1.2.1.) in den HL, so können durch deren Absorption hohe lokale FL-Dichten erzeugt werden. Dieses dritte Beispiel wollen wir nun etwas näher betrachten.



Die räumliche Intensitätsverteilung der gebündelten Strahlung soll das in Abb.3a dargestellte Profil haben. Dann ist die



$t_1 \leq t \leq t_2$ Erzeugung d. FL
 $t > t_2$ Rekombination u. Diffusion d. FL

Intensität I in der Mitte des Bündels, d.h. bei $r = 0$ maximal (I_{\max}) und fällt nach außen hin, d.h. für wachsende r ab. $2w_0$ ist die räumliche "Halbwertsbreite" des Bündels.

Wir wollen die Strahlung als kurzen Impuls der Dauer $\Delta t = t_2 - t_1$ (siehe Abb.3b) auf den Kristall geben. Zur Zeit t_1 schalten wir sie also ein und bei t_2 wieder aus. Uns interessiert nun, was im Zentrum des Fokus', also bei I_{\max} passiert. Wie hängt die Anzahl der FL an dieser Stelle $N_{e,\max}$ (siehe Abb.3c) von der Zeit ab? Ist die Impulsdauer Δt kurz genug, dann wird sich etwa das dargestellte Verhalten zeigen: Bei t_1 beginnt die Produktion der FL durch Absorption, und $N_{e,\max}$ wird so lange anwachsen, bis der Strahlungsimpuls ausgeschaltet wird (t_2). Und nun beginnt die für uns interessante Phase. Wir fragen uns: Wie schnell erfolgt die Rückkehr zum Gleichgewichtszustand? Die FL verschwinden nicht etwa schlagartig bei t_2 , sondern $N_{e,\max}$ fällt allmählich ab und geht nur langsam auf den Ausgangswert zurück.

Welche Prozesse sind nun überhaupt verantwortlich für den Rückgang von $N_{e,\max}$? Einen kennen wir schon - es ist die Rekombination der FL. Genauere Untersuchungen zeigen aber, daß noch ein weiterer Prozeß eine ganz wesentliche Rolle spielt, die D i f f u s i o n der FL. Aus dem Unterricht, aber auch aus vielen Beispielen des Alltages (Verdünnung einer konzentrierten Flüssigkeit u.ä.) ist bekannt, daß die Diffusion immer vom Gebiet höherer Konzentration zum Gebiet niedrigerer Konzentration erfolgt. Ebenso ist es in unserem Beispiel: Die im Fokuszentrum stark konzentrierten FL drängen nach außen, und dadurch sinkt $N_{e,\max}$. Ähnlich wie bei der Rekombination charakterisiert man auch die Geschwindigkeit der Diffusion durch eine Zeit: τ_{Diff} gibt an, in welcher Zeit $N_{e,\max}$ auf den $1/e$. Teil sinkt, wenn die Rekombination als vernachlässigbar angesehen werden kann. Es gilt

$$\tau_{\text{Diff}} \sim \frac{w_0^2}{\mu} \quad (5)$$

Hier spielt also die Beweglichkeit ebenfalls eine große Rolle, aber das ist auch anschaulich recht klar, denn großes μ ermöglicht ja eine schnellere Diffusion. Die starke Abhängigkeit von w_0 deutet an, daß die Diffusion vor allem bei sehr dünnen Strukturen (z.B. HL-Schichten der modernen elektronischen Bauelemente) oder sehr scharf gebündelten Strahlen für schnelle zeitliche Änderungen der FL-Konzentrationen die Hauptrolle

spielt. Verringert man z.B. w_0 um einen Faktor 10, so erfolgt der Abfall von $N_{e,max}$ bereits 100-mal so schnell!

Die Untersuchung des Diffusionsverhaltens der FL ist das zweite zentrale Problem der UKZS in HL !

BÜCHERMARKT

A. A. Kosmodemjanski

»Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski«

Band 43 aus der Reihe "Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner", Gemeinschaftsausgabe der Verlage MIR, Moskau und TEUBNER Verlagsgesellschaft Leipzig, 1. Auflage 1979, 206 S., 45 Abb., Best.Nr. 665 930 2, Preis 10,50 M

Was verbirgt sich hinter den Worten "Vater der Weltraumfahrt" oder "Vater der Raketentechnik", als der der russisch-sowjetische Theoretiker K. E. Ziolkowski häufig bezeichnet wird? In Klasse 11 (EOS) tauchen im Physikunterricht Begriffe wie "Ziolkowski-Gleichung" oder "Ziolkowski-Zahl" auf, gleichzeitig erwähnt das Lehrbuch, daß die mathematischen Grundlagen zur Herleitung der Grundgleichung des Raketenantriebes (welche Ziolkowskis Namen trägt) erst später vermittelt werden (Abiturklasse). Hier hilft die Broschüre eine Lücke zu schließen. Das Bändchen kann von Schülern der 9. - 12. Klassen ohne besondere Schwierigkeiten verstanden werden. Mit ihm liegt m. E. mehr als eine Wissenschaftler-Biographie vor, es ist die Schrift eines begeisterten Ziolkowski-Schülers, der selbst Fachmann für theoretische Mechanik ist und einen tiefen Einblick in Ziolkowskis Arbeiten zur Aerodynamik, Raketendynamik und Raumfahrt bietet. Dort, wo Formeln einbezogen werden, beschränkt er sich auf elementarmathematische Darstellungen und weist nach, in welcher Breite Ziolkowski das Terrain durchforscht hat.

Durch Einbeziehung von Zitaten aus Ziolkowskis Büchern sowie Originalzeichnungen und Faksimiles ist das Bändchen interessant und vielseitig verwendbar. Manche Lebensweisheit wird die junge Generation von heute übernehmen: "Ich lernte, indem ich arbeitete" (S. 18).

Roland Colditz
Diplom-Chemiker
FSU Jena
Sektion Chemie

**Johann Wolfgang Döbereiner -
Jenas klangvollster Name
in der Chemie**

CHEMIE

1. Teil: Seine »Zündmaschine«

"Es ist unglaublich wie rasch er, sowohl in praktischer Fertigkeit, als auch in theoretischer Einsicht, nicht weniger in literarischer Kenntnis vorschreitet. Ich habe seit mehreren Jahren manchen vorzüglichen jungen Mann, namentlich Scherer, Ritter, Kastner, auf diesem Wege gesehen, aber keinen, der mich so sehr gefreut, der mir nach meiner innigsten Überzeugung soviel Hoffnung gegeben hätte."

J.W.Goethe über J.W. Döbereiner, 1812

Das ausgehende 18. Jahrhundert, besonders aber das erste Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts brachte für Deutschland große gesellschaftliche Umwälzungen. In seiner politischen und ökonomischen Entwicklung war Deutschland hinter Frankreich und England zurückgeblieben, wobei vor allem die Kleinstaaterei den Prozeß des Übergangs vom Feudalismus zur gesellschaftlich höheren Stufe des Kapitalismus hemmte. Trotzdem breitete sich die kapitalistische Produktionsweise immer schneller aus. Eine wichtige Voraussetzung dafür war der Übergang zu neuen Dimensionen fabrikmäßiger Produktion, der auf die Dauer nur möglich war, wenn man die Erkenntnisse der aufstrebenden Naturwissenschaften nutzte.

In den einzelnen deutschen Staaten verlief diese Entwicklung recht unterschiedlich; im Herzogtum Sachsen-Weimar der klassischen Zeit stand vor allem die Universität Jena im Ruf eines "geistigen Freihafens", in dem die Ideen und Erfordernisse der Zeit Eingang fanden. Der Herzog Carl August (1787-1828) war klug genug, um nach Kräften die Entwicklung der Naturwissen-

schaften an der Universität zu fördern - in der begründeten Hoffnung, hierdurch die stets prekäre Finanzlage seines Staatsgebildes verbessern zu können.

Nach dem Tode J.F.A. Göttlings (1753 - 1809), der in Jena ein chemisches Forschungslaboratorium eingerichtet hatte, wurde auf Empfehlung des Münchner Chemieprofessors A.F. Gehlen (1775-1815) vom Großherzog Carl August ein Mann zum Professor für Physik, Chemie und Technologie ernannt, der zu den hervorragendsten Chemikern emporwuchs, die die deutsche Wissenschaftsgeschichte des 19. Jahrhunderts kannte: Johann Wolfgang Döbereiner.

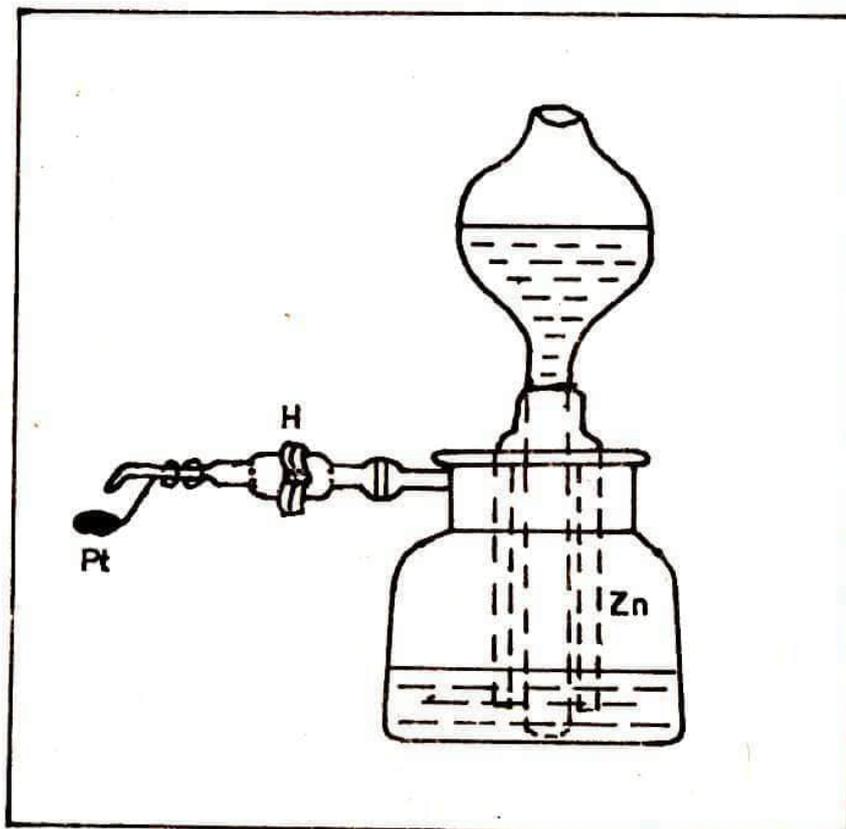
Am 13. Dezember 1780 als Sohn eines Knechts auf einem Rittergut bei Hof geboren, gehörte Döbereiner zu den Ärmsten der Armen.

Sein Bildungsweg begann in einer Dorfschule mit dem notdürftigsten, vom Pfarrer vermittelten Wissen und setzte sich auf einer fünfjährigen Wanderschaft als Apothekergehilfe fort. In Straßbourg, der Stadt im bürgerlichen Frankreich, mit wirtschaftlich und politisch fortschrittlichen Verhältnissen, fand Döbereiner um 1800 eine Möglichkeit, sich naturwissenschaftliches, politisches und philosophisches Wissen autodidaktisch anzueignen. Nach der Rückkehr aus Frankreich (1803) verhinderten Zunftschranken und Mittellosigkeit eine Konzession für eine Apotheke. Auch seine Versuche scheiterten, einen Betrieb für die Produktion und den Vertrieb chemischer Erzeugnisse zu gründen sowie eine Ausbildungsstätte für "technische Chemiker" einzurichten. In dieser ausweglos erscheinenden sozialen Lage war die Berufung an die Universität Jena für den dreißigjährigen Familienvater Rettung in höchster Not. Daraus erklärt sich auch, daß er trotz schlechter Bezahlung und unzureichender Arbeitsbedingungen (es dauerte z.B. einige Jahre, bis er einen einfachen "staatlichen Tisch" für seine Experimentalvorlesungen bewilligt bekam) bis zu seinem Tode in Jena blieb. Ehrenvolle Berufungen an bedeutende Universitäten - nach Bonn, Halle, München, Dorpat (Estnische SSR) und Würzburg - lehnte er aus "fortdauernder Treue und Dankbarkeit" für die Berufung ab. Die Chemie an der Universität Jena wurde so fast 40 Jahre lang durch das Wirken eines Mannes bestimmt, der zu den führenden Chemikern seiner Zeit gerechnet werden muß. Originelle experimentelle Untersuchungen sowie ein stetes Bemühen, deren

Ergebnisse theoretisch zu verallgemeinern und sie unmittelbar praktisch zu verwerten, waren die wesentlichsten Merkmale dieser Forscherpersönlichkeit. Dazu kam eine ausgeprägte Neigung zur Lehre und die Universitätsakten beweisen, daß auf ihn die Einführung eines chemischen Praktikums als Bestandteil des Studiums zurückgeht.

Am bekanntesten wurde J.W. Döbereiner durch seine systematischen Untersuchungen der Eigenschaften des Platins und der damit verbundenen Konstruktion des nach ihm benannten Feuerzeugs. Am 3. August 1823 hatte er entdeckt, daß ein Wasserstoff-Luft-Gemisch augenblicklich entzündet, wenn man es gegen Platinschwamm strömen läßt. Damit gab er die Grundlage zur Entwicklung der Probleme der Katalyse, die bis heute eines der wichtigsten Gebiete chemischer Forschung darstellt. Der Stockholmer Professor J.J. Berzelius (1779 - 1848), der bekannteste Chemiker seiner Zeit, bezeichnete Döbereiners Beobachtung in seinem Jahresbericht 1823 als "die in jeder Hinsicht wichtigste und, wenn ich mich auch des Ausdrucks bedienen darf, brillianteste Entdeckung des vergangenen Jahres."

Das Feuerzeug selbst (siehe Abbildung) besteht aus einem Gefäß aus Glas, das mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt ist. In die



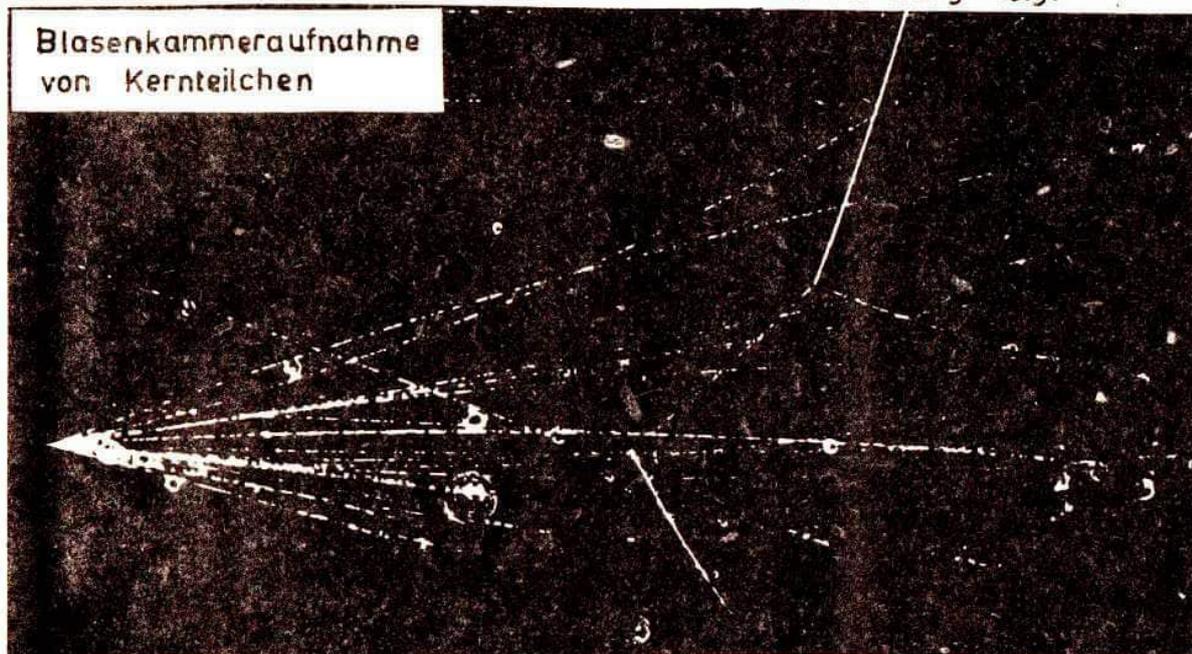
Flüssigkeit taucht ein Zylinder mit metallischem Zink (Zn), das mit der Säure unter Wasserstoffentwicklung reagiert. Wenn das Feuerzeug nicht benutzt wird, ist der Zylinder nach außen abgeschlossen. Die Säure wird dann durch den Wasserstoff aus dem Zylinder verdrängt. Gibt man dem Wasserstoff durch Hebeldruck (H) den Weg durch eine feine Düse frei, steigt die Säure wieder bis zum Zink, so daß ein kontinuierlicher Gasstrom entsteht. Dicht vor der Austrittsöffnung trifft das Wasserstoff-Luft-Gemisch auf einen Platinkontakt (Pt), wo es sich augenblicklich entzündet und weiterbrennt. bis der Gasstrom unterbrochen wird.

Döbereiner wünschte, daß seine zahlreichen Erfindungen zum Nutzen der Gesellschaft angewandt werden sollten, lehnte es deshalb ab, die Wissenschaft in den Dienst von Profitinteressen des heraufkommenden Kapitalismus zu stellen. Bezeichnend dafür ist die Zurückweisung des Angebots eines englischen Unternehmers, die Rechte an seinem Feuerzeug für 80 000 Taler zu verkaufen - das war immerhin eine Summe, die ihm und seiner elfköpfigen Familie ein finanziell sorgenfreies Leben geboten hätte.

Ausgehend von seinen Untersuchungen am Platin, schlug Döbereiner 1825 vor, Motoren mit Knallgas zu betreiben und die Zündung durch Platinschwamm zu bewirken. Diese Idee der Ausnutzung der Stoßkraft explodierenden Knallgases "zur Bewegung einer kleinen Dampfmaschine" konnte er auf Grund seiner bescheidenen finanziellen Mittel nicht durch entsprechende Versuche praktisch überprüfen.

Fortsetzung folgt

Blasenkameraaufnahme
von Kernteilchen



Iteration - ein leistungsfähiges Verfahren zur Lösung von Gleichungen

Oftmals treten in der Physik Gleichungen auf, zu denen es keine Lösungsformeln gibt. Wie man in einem solchen Falle trotzdem zur Lösung gelangt, soll an einem Beispiel gezeigt werden.

Wir stellen uns folgende Aufgabe:

Ein Rad liege auf einem Punkt P . Wir möchten nun wissen, um welchen Winkel α sich das Rad beim Abrollen nach rechts drehen muß, damit der Punkt P des Rades über dem Punkt A der Geraden steht.

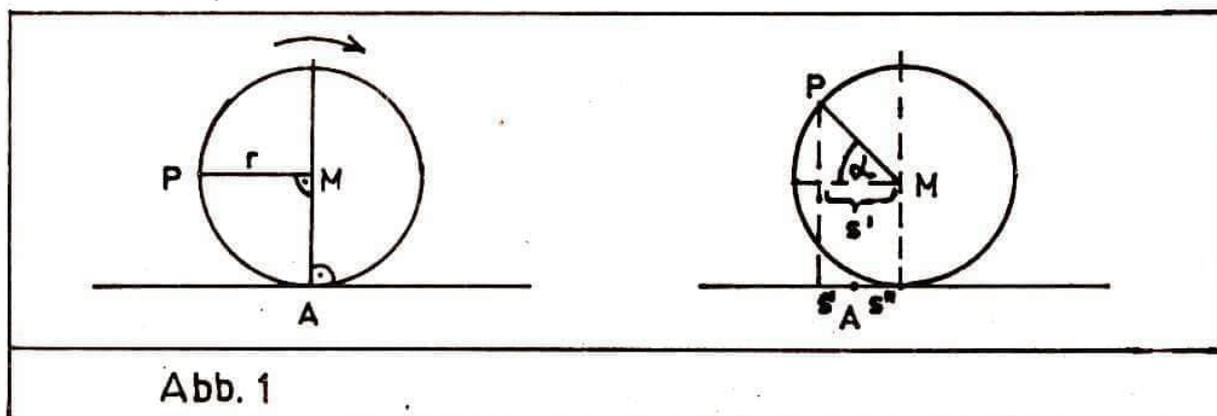


Abb. 1

Zunächst berechnen wir den waagerechten Abstand s' des Punktes P vom Mittelpunkt M des Rades in Abhängigkeit vom Drehwinkel α .

Entsprechend Skizze 2 erhält man

$$s' = -r \cos \alpha$$

(Das Minuszeichen wurde gewählt, weil sich der Punkt P anfangs noch links vom Mittelpunkt M befindet.)

Wenn sich das Rad um den Winkel α dreht, rollt es auf der Geraden die Strecke $s'' = r \alpha$ (α im Bogenmaß).

Das ist gleichzeitig der waagerechte Abstand des Mittelpunktes M vom Punkt A .

Daraus erhält man insgesamt für den waagerechten Abstand des Punktes P vom Punkt A die Gleichung

$$S = s' + s'' = r (\alpha - \cos \alpha)$$

Entsprechend unserer Aufgabe müssen wir $S = 0$ fordern und erhalten die Gleichung

$$\alpha = \cos \alpha$$

zu der es keine Lösungsformel gibt. Wir wenden daher ein anderes Lösungsverfahren an, das der Iteration.

Die Iteration

Das Wesen der Iteration besteht darin, daß man zunächst einen Wert x_0 wählt, der in der Nähe der zu erwartenden Lösung liegt. Diesen Wert setzt man in eine Formel, die sogenannte Iterationsformel ein und erhält einen neuen Wert x_1 in der Form:

$$x_1 = \varphi(x_0)$$

Dieser neue Wert ist zwar wiederum nur ein Näherungswert für die Lösung, aber er weicht von dieser weniger ab, als x_0 . Man kann nun x_1 anstelle von x_0 als neuen Ausgangswert benutzen usw. Durch eine ausreichende Anzahl von Wiederholungen dieser Schritte (Iterationsschritte) erhält man eine Näherungslösung mit beliebiger Genauigkeit.

Wir wollen uns das an einem Beispiel verdeutlichen:

Gesucht sei eine Lösung der Gleichung $x^2 = 5$, die bis auf 4 Stellen hinter dem Komma genau sein soll. Eine entsprechende Iterationsformel ist

$$x_{n+1} = \frac{1}{2} \left(\frac{5}{x_n} + x_n \right)$$

Als Anfangswert wählen wir $x_0 = 2$ und erhalten schrittweise

$$x_1 = 2,25000$$

$$x_2 = 2,23611$$

$$x_3 = 2,23606$$

$$x_3 = 2,23606$$

$$x_4 = 2,23606$$

Bei der Iteration von x_3 zu x_4 ändert sich bereits die 5. Stelle nicht mehr. Wir können daher $x \approx 2,2361$ als die gesuchte Näherung betrachten. Für die allgemeinere Gleichung $x^2 = a$ lautet die Iterationsformel

$$x_{n+1} = \frac{1}{2} \left(\frac{a}{x_n} + x_n \right)$$

Offensichtlich haben wir damit ein einfaches Verfahren kennengelernt, um die Quadratwurzel einer positiven Zahl a zu berechnen.

Ein großer Vorteil der Iteration ist, daß sie selbst-korrigierend ist, d.h. machen wir in einem der Iterationsschritte einen Fehler, so gelangen wir, wenn auch etwas später, trotzdem zur Lösung. Es drängt sich nun die Frage auf:

Wie findet man die Iterationsformel?

Angenommen, wir finden durch Zufall bereits bei der Wahl von x_0 die genaue Lösung. Dann darf sich beim 1. Iterationsschritt diese "Näherung" nicht wieder verschlechtern, d.h. es muß

$$x_0 = \varphi(x_0)$$

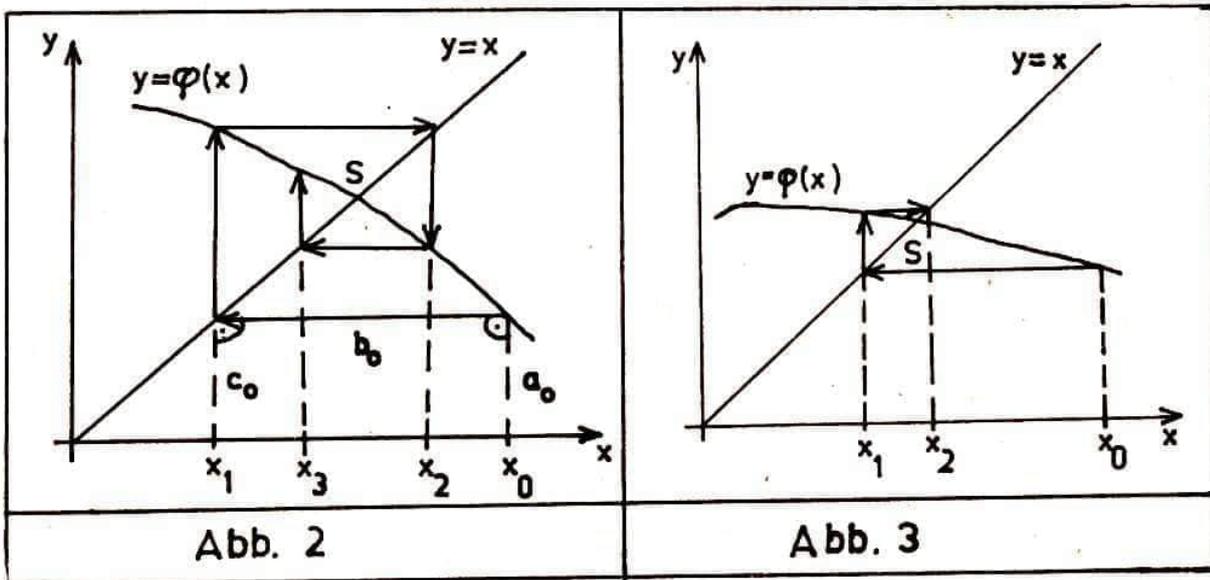
gelten. Wir können daher vermuten, daß man dadurch, daß man eine Gleichung $g(x) = 0$ auf die Form $x = \varphi(x)$ bringt, mit $\varphi(x)$ die gesuchte Iterationsformel gefunden hat.

In einigen Fällen ist diese Vermutung auch zutreffend. So beispielsweise bei unserer ersten Aufgabe. Mit der Iterationsformel $x_{n+1} = \cos x_n$ versuchen wir eine, bis auf 3 Stellen hinter dem Komma genaue Lösung zu finden.

Als Ausgangswert wählen wir: $x_0 = 0,8$ und erhalten:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 0,69670 \\
 x_2 &= 0,76695 \\
 &\vdots \\
 x_{14} &= 0,73933 \\
 x_{15} &= 0,73891 \\
 x_{16} &= 0,73919 \\
 x_{17} &= 0,73901
 \end{aligned}$$

Wir finden also: $x \approx 0,739$. Wer einen Taschenrechner besitzt, braucht demnach nur genügend oft hintereinander die Cosinustaste zu drücken, um die gewünschte Lösung zu erhalten (x im Bogenmaß!). Offensichtlich erhalten wir hierbei nicht so schnell die gewünschte Näherung wie vorhin. Man sagt, diese Iteration konvergiert langsamer. Der Grund für dieses unterschiedliche Konvergenzverhalten wird uns klar, wenn wir uns den Ablauf der Iteration in einem Koordinatensystem ansehen (Skizze 2)



Wir gehen von dem Wert x_0 aus. Die Strecke a_0 entspricht dem Wert $\varphi(x_0)$. Den entsprechenden Punkt x_1 auf der x -Achse erhält man, wenn wir die Geraden b_0 und c_0 einzeichnen. Wiederholen wir diese Schritte entsprechend der Iteration, so erkennen wir anhand der Pfeile, daß wir uns auf einer Spirale dem Schnittpunkt S nähern. Ist die

Kurve $y = \varphi(x)$ sehr flach in der Nähe des Schnittpunktes, so ist die Annäherung an diesen sehr stark (Skizze 3). Ist andererseits die Kurve sehr steil, so kann es passieren, daß sich unsere Spirale vom Schnittpunkt wegbewegt (Skizze 4).

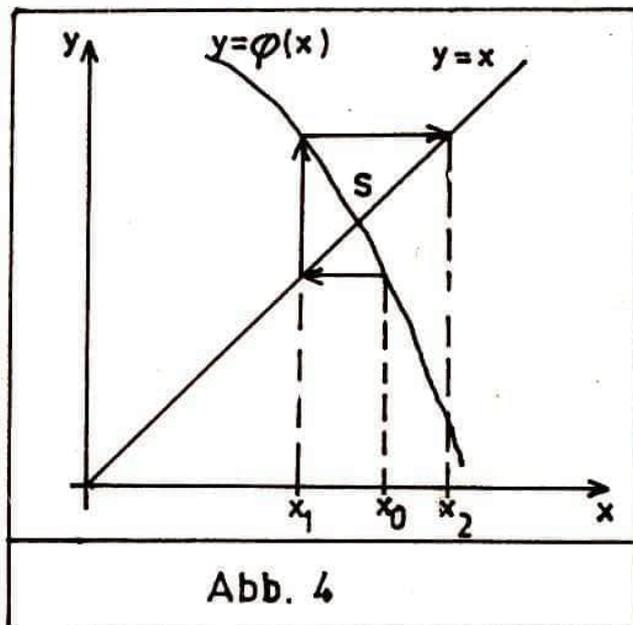


Abb. 4

Eine genauere Untersuchung zeigt folgendes:

Ist der Winkel α zwischen der x-Achse und der Tangente an die Kurve $y = \varphi(x)$ in der Nähe des Schnittpunktes S betragsmäßig kleiner als 45° , so ist $x_{n+1} = \varphi(x_n)$ eine Iterationsformel. Anderenfalls ist es keine. Für $\alpha < 45^\circ$ (flache Kurve) liegt sehr gute Konvergenz vor. Diejenigen, denen der Begriff der Ableitung einer Funktion bekannt ist, können sich dieses Konvergenzkriterium in der Form

$$|\varphi'(x)| < 1$$

merken.

Hieraus können wir leicht ableiten, wie man die Konvergenz einer Formel $x = \varphi(x_0)$ verbessern, oder überhaupt erst erreichen kann.

Wir subtrahieren auf beiden Seiten der Gleichung den Term kx und lösen die neue Gleichung nach x in der Weise

$$x = \frac{\varphi(x) - kx}{1 - k} \quad (k \neq 1)$$

auf.

Wählen wir k in etwa gleich dem Tangens Anstiegswinkels der Tangente an die Funktion $y = \varphi(x)$ in der Nähe des Schnittpunktes S , d.h. $k \approx \varphi'(x_0)$, so wird die rechte Seite zu einer Funktion mit sehr flachem Anstieg und damit konvergiert unsere Iteration

$$x_{n+1} = \frac{\varphi(x_n) - k(x_n)}{1-k}$$

im allgemeinen schnell.

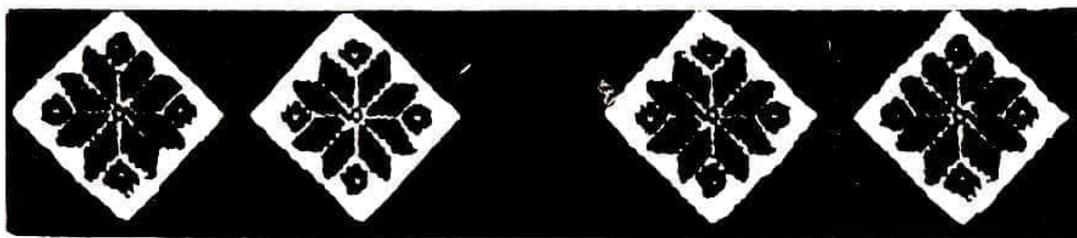
Diese Erkenntnis wenden wir auf unser Anfangsbeispiel an. Der Tangens des Anstiegswinkels α der Cosinusfunktion ist in der Nähe des Schnittpunktes ca $-0,7$ (Für den Anfangswert $x_0 = 0,8$ gilt: $(\cos \alpha)' = -\sin \alpha \approx -0,71$) Das Minuszeichen besagt, daß die Kurve in diesem Gebiet fallens ist. Wir wählen also $k = -0,7$ und erhalten

$$x_{n+1} = \frac{\cos x_n + 0,7 x_n}{1,7}$$

Die Iteration liefert:

$x_0 = 0,8$
$x_1 = 0,739239$
$x_2 = 0,739087$
$x_3 = 0,739085$

Wir sehen, daß wir bereits nach dem 3. Iterationsschritt eine Genauigkeit von 5 Stellen erreicht haben. Zur Übung kann man sich überlegen, wie man für die Gleichung $x^2 = 5$ aus der Umformung $x = \frac{5}{x}$ die bereits angegebene Iterationsformel erhalten kann.



Wissenschaft im Kreuzverhör

**Interview mit OMR Prof. Dr. Dr. W. Köhler
Zentralinstitut für Mikrobiologie
und experimentelle Therapie Jena**

- Herr Prof. Köhler, Sie sind Leiter des Bereiches Mediz. Mikrobiologie im Zentralinstitut für Mikrobiologie (r AdW in Jena. Können Sie unseren Lesern einige Worte zur Begriffserklärung des Wortes "Medizinische Mikrobiologie" sagen?

Prof. Köhler: Medizinische Mikrobiologie ist die Lehre von den kleinen Lebewesen, den Bakterien und den durch Bakterien hervorgerufenen Erkrankungen. Sie umfaßt ebenso die Viren, die pathogenen Protozoen sowie die Wurmerkrankungen (obwohl dies ein etwas abgelegenes Gebiet ist). Dazu gehört nicht nur die Untersuchung der Bakterien usw. auf ihre biologischen, physiologischen oder anderen Eigenschaften, sondern dazu gehört ebenso die Erforschung der Pathogenese, also der Wege des Zustandekommens einer Infektionskrankheit, vom Haften des Mikroorganismus im Körper des Menschen (oder des Tieres) bis zur Heilung oder bis zum Tod. Es gehören dazu natürlich auch die Epidemiologie und das große Gebiet der Immunologie (Schutzimpfungen; Erkennung von Infektionskrankheiten auf serologischem Wege).

- Welche Entwicklungen sehen Sie gegenwärtig für Ihr Fachgebiet?

Prof. Köhler: Auf dem Gebiet der Medizinischen Mikrobiologie dürften im Vordergrund Untersuchungen stehen, die praktische Konsequenzen haben (nicht nur reine Grundlagenforschung). Dabei nehmen besonders die Schutzimpfungen einen vorderen Platz ein. International stehen die Bemühungen, die Virusgrippe "impfmäßig" in den Griff zu bekommen, an vorderer Stelle, denn es treten jährlich in der Welt Millionen von Erkrankungen auf. Diese Erkrankungen gehen zwar in den meisten Fällen gut aus, aber für die jeweiligen Länder stellen sie einen großen

finanziellen Schaden dar. Ebenso betrifft das die Schutzimpfungen gegen die Hepatites (infektiöse Gelbsucht) und in vielen Ländern gegen den Scharlach, der zu den häufigsten Bakterieninfektionskrankheiten zählt.

Eine der interessantesten Entwicklungen des letzten Jahres ist dabei der Versuch (und im Falle der Hepatites auch der erste Erfolg in England), einen Teil des Virusgenoms in Bakterien hineinzubringen und gewissermaßen die Bakterien den Virusimpfstoff produzieren zu lassen. Ähnliches versucht man auch für Grippevirusimpfstoffe.

Da Sie nach der Entwicklung allgemein fragen, wäre noch zu sagen, daß man sich intensiver mit der Pathogeneseforschung befaßt, also der Erforschung der Entstehung und Entwicklung von Erkrankungen im Organismus. Dabei hat man sich in den letzten Jahren besonders einer Richtung zugewandt - der Adhäsivität von Mikroorganismen. Es steht die Frage: Wie kommen die Bakterien in den Körper und wie haften sie an? Zur Beantwortung dieser Frage geht man jetzt auf die molekularen Grundlagen über.

- In welcher Beziehung steht Ihr Gebiet zu anderen Wissenschaftszweigen?

Prof. Köhler: Wenn man heute eine moderne Medizinische Mikrobiologie betreiben will, geht das mit Sicherheit nicht ohne die Biochemie, die Chemie, die Biophysik, die Mathematik und Statistik. In der Abteilung Medizinische Mikrobiologie des ZIMET arbeiten z. B. Ärzte, Biologen, Genetiker und Chemiker. Außerdem besteht die Möglichkeit der Zusammenarbeit im Institut selbst mit der Statistik, der Biophysik und der Biochemie.

- Welches sind die wichtigsten und interessantesten Probleme in der Arbeit des Instituts?

Prof. Köhler: Das Institut arbeitet natürlich nicht im luftleeren Raum. Aus der Entwicklung des Institutes und aus den territorialen Gegebenheiten ist die Verbindung zum VEB Jenapharm sehr eng, d. h. also, daß zu den wichtigen Aufgaben des Instituts die Neuentwicklung von Antibiotika gehört und die Bearbeitung zur Optimierung von Antibiotikaherstellungsprozessen. Weiterhin wird in enger Zusammenarbeit mit dem Produktionsbetrieb, den Forschungseinrichtungen und den Anwendern

auf dem Gebiet der Steroide gearbeitet. Diese Aufgaben werden in den einzelnen Bereichen und Abteilungen des Instituts ergänzt durch die Bearbeitung eines Problems unter den verschiedensten Aspekten. Ein neues Antibiotikum muß z. B. pharmakologisch untersucht werden, es muß chemisch charakterisiert werden usw. .

Die Experimentelle Therapie befaßt sich mit Fragen der Entwicklung von Virusstatika - d. h. der Suche nach chemischen Substanzen, die gegen Viren wirken. Außerdem gibt es die Problematik, das Immunsystem in seiner Aktivität zu steigern oder zu unterdrücken (z. B. bei Transplantationen). Dies erfordert die Entwicklung von Immunsuppressiva. Und unser spezielles Arbeitsgebiet sind die Streptokokken, so wie ich es bereits definiert habe.

- In einem Interview vor 6 Jahren an diesem Institut wurde "impuls 68" auf die Bedeutung der Mikroorganismen bezüglich Umweltschutz, Lösung des Ernährungsproblems sowie Anwendung in der Chemotherapie hingewiesen. Was ist dazu vom gegenwärtigen Standpunkt zu sagen?

Prof. Köhler: In der Chemotherapie sind nach wie vor die etwas höher organisierten Mikroorganismen - die Streptomyceten und Pilze - die wichtigsten Antibiotikaproduzenten. Ob noch sehr viele "große" Antibiotika (wie z. B. das Penicillin, das Streptomycin usw.) kommen, sei dahingestellt. Es gibt jedoch einfach noch Lücken für die Behandlung bestimmter Keimgruppen (z. B. der Wundinfektionserreger). Mikroorganismen produzieren heute nicht nur Antibiotika, sondern auch eine große Zahl von Heilmitteln. Hier im Institut wurde z. B. aus Streptokokken ein Produkt entwickelt, die Streptokinase, die in Dresden produziert wird und der Auflösung von Blutgerinnseln dient.

Zur Lösung des Ernährungsproblems: Eine Möglichkeit besteht darin, Mikroorganismen als Futterstoffe für das Tier einzusetzen - also der Umweg zur Lösung des Problems für den Menschen über das Tier (an das Schnitzel direkt aus Erdöihefe glaubt man nicht mehr so sehr). Von großer Bedeutung ist dabei auch die Frage der methanverwertenden Mikroorganismen, aus denen man Tierfutter machen kann - allein über das Getreide ist der Verbrauch also nicht abzufangen.

- Welche Bedeutung haben internationale Kooperationen in Ihrer Arbeit?

Prof. Köhler: Da wäre aus der Sicht unserer Abteilung in erster Linie die Zusammenarbeit mit den Instituten in der Sowjetunion zu nennen - z. B. mit dem Institut für Experimentelle Pathologie und Therapie in Suchumi, wo gemeinsam Versuche an Affen gemacht werden, um anschließend das Material am Menschen prüfen zu können.

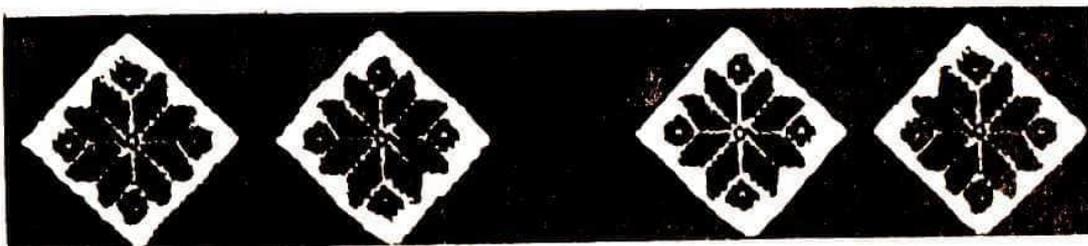
Auf dem Gebiet der Streptokokkengenetik findet eine Zusammenarbeit mit dem Institut für Experimentelle Medizin in Leningrad statt, ebenso mit dem Institut für Hygiene und Epidemiologie in Prag. Und es gibt vertragliche Zusammenarbeit mit zwei Instituten in Schweden.

- Welche Ratschläge würden Sie einem Oberschüler geben, der sich außerordentlich für mikrobiologische Probleme interessiert und dessen Wunsch es ist, einmal auf diesem Gebiet wissenschaftlich zu arbeiten?

Prof. Köhler: Wenn sich ein Oberschüler für medizinische Mikrobiologie interessiert, kommt es darauf an, daß er zunächst Medizin studiert und dann in der Facharztausbildung die Richtung Medizinische Mikrobiologie einschlägt. Er kann anschließend in Forschungsinstituten tätig sein oder in den Hygieneinstituten der Bezirke, wo er für bakteriologische Untersuchungen, Bekämpfung von Epidemien, Wasseruntersuchungen, Lebensmittelkontrolle usw. eingesetzt werden kann. In Jena und in Greifswald gibt es außerdem die Möglichkeit, direkt die Fachrichtung Mikrobiologie zu studieren.

Die Voraussetzungen für diese Studienrichtungen sind neben guten Noten die Mitarbeit in einer Arbeitsgemeinschaft Mikrobiologie, die an vielen Schulen existieren und sehr sehr viel Übung und Geduld beim Mikroskopieren. Wer daran Freude findet, der wird später sicher auch ein guter Mikrobiologe.

Dieses Interview führte Gabriele Welsch.



Dr. Jürgen Sauerstein
FSU Jena
Sektion Biologie

Über die Kinetik und die Physiologie des mikrobiellen Wachstums (Teil 2)

Wie bereits im Teil 1 erwähnt, stellt die kontinuierliche Kultur ein offenes System dar. In ein Kulturgefäß mit einem durch die Höhe des Überlaufes festgelegtem Kulturvolumen V wird ständig mit einer definierten Geschwindigkeit, der Zuflußrate F , Nährlösung eingepumpt. Durch den Überlauf ist weiterhin gegeben, daß die in einer Zeiteinheit zugeflossene Nährlösungsmenge gleich der Menge an abgeflossener Zellsuspension ist. Der Quotient aus Zuflußrate und Kulturvolumen wird als Verdünnungsrate D bezeichnet.

$$(14) \quad D = \frac{F}{V}.$$

Die Verdünnungsrate gibt die Anzahl der Wechsel des Kulturvolumens pro Zeiteinheit an. Zum Beispiel besagt ein D von $0,5 \text{ h}^{-1}$, daß das Kulturvolumen in 1 Stunde zur Hälfte mit frischer Nährlösung erneuert worden ist.

Befinden sich im Kulturvolumen nichtwachsende Mikroorganismen, so gehorcht die Geschwindigkeit ihrer Trockenmasseänderung der Gleichung

$$(15) \quad - \frac{dx}{dt} = D \cdot x.$$

Diese Gleichung besagt, daß die Trockenmasse exponentiell aus dem Kulturvolumen ausverdünnt wird. Geht man von wachsenden Mikroorganismen aus, so überlagern sich zwei Prozesse, nämlich die exponentiell verlaufende Trockenmassebildung (Gleichung 4) und die exponentiell erfolgende Ausverdünnung (Gleichung 15). Somit gilt dann für die absolute Geschwindigkeit der Trockenmasseänderung in kontinuierlicher Kultur

$$(16) \quad \frac{dx}{dt} = \mu \cdot x - D \cdot x$$

bzw. unter Berücksichtigung von $\mu(s)$

$$(17) \quad \frac{dx}{dt} = \mu(s) \cdot x - D \cdot x.$$

In analoger Weise erhält man für die absolute Geschwindigkeit der Konzentrationsänderung des limitierenden Substrates die Gleichung

$$(18) \quad \frac{ds}{dt} = D \cdot s_R - D \cdot s - \frac{\mu(s) \cdot x}{Y},$$

wobei s_R die Konzentration von S in der zufließenden Nährlösung und s die Konzentration von S in der Kulturflüssigkeit ist. Der Term $\frac{\mu(s) \cdot x}{Y}$ gibt den Verbrauch an limitierendem Substrat durch das mikrobielle Wachstum an.

Tritt der Fall ein, daß die in einer Zeiteinheit durch das mikrobielle Wachstum gebildete Menge an Trockenmasse gleich der Menge an ausverdünnter Zelltrockensubstanz ist, so liegt ein Fließgleichgewicht oder steady state vor. Unter diesen Bedingungen sind die Differentialquotienten $\frac{dx}{dt}$ und $\frac{ds}{dt}$ gleich 0. Hieraus leiten sich für die kontinuierliche Kultur zwei wichtige Prinzipien ab:

1. Unter Fließgleichgewichtsbedingungen stellt die kontinuierliche im Gegensatz zur diskontinuierlichen Kultur ein zeitlich invariantes System dar. Dies bedeutet, daß Mikroorganismen Tage, Monate oder Jahre ununterbrochen wachsen und somit Trockenmasse bilden können.
2. Für Fließgleichgewichtsbedingungen ergibt sich aus Gleichung (16)

$$(19) \quad \mu = D \quad \text{bzw.} \quad \mu(s) = D.$$

Dies besagt, daß im steady state die spezifische Wachstumsrate gleich der Verdünnungsrate ist bzw. daß unter kontinuierlichen Kulturbedingungen den Mikroorganismen durch exogene Faktoren, nämlich durch die Größe von D, die spezifische Wachstumsrate vorgegeben wird.

Da über D beliebig viele μ einstellbar sind und $\mu(s)$ gilt, müssen folglich die Fließgleichgewichtskonzentrationen der Trockenmasse \bar{x} und des limitierenden Substrates \bar{s} von der Verdünnungsrate abhängen. Setzt man für $\mu(s)$ die Beziehung

$$(6) \quad \mu = \mu_{\max} \cdot \frac{s}{s + k}$$

in Gleichung (19) ein und stellt nach s um, so erhält man für $\bar{s}(D)$

$$(20) \quad \bar{s} = \frac{D \cdot k}{\mu_{\max} - D}.$$

Aus Gleichung (18) ergibt sich durch Umstellen ($\frac{ds}{dt} = 0$ und $\mu(s) = D$)

$$\bar{x} = Y \cdot (s_R - \bar{s})$$

und durch Einsetzen von (20) für $\bar{x}(D)$

$$(21) \quad \bar{x} = Y \cdot \left(s_R - \frac{D \cdot k}{\mu_{\max} - D} \right).$$

Aus den Gleichungen (20) und (21) folgen einerseits die in Abb. 5 dargestellten Beziehungen zwischen \bar{x} , \bar{s} und D und andererseits die nachstehend aufgeführten Analogien zu den Wachstumsphasen in der diskontinuierlichen Kultur:

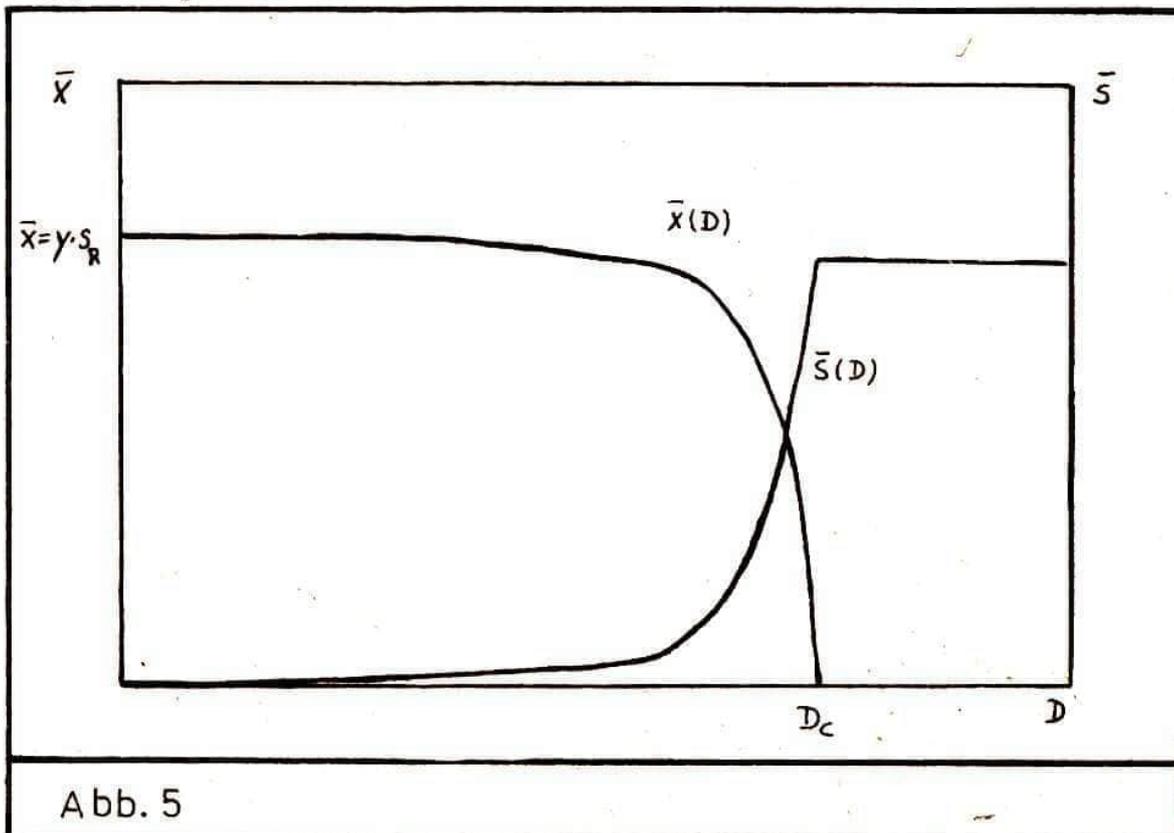


Abb. 5

1. Bei $D = 0$ ist nach Gleichung (20) \bar{s} ebenfalls gleich 0 und \bar{x} beträgt $\bar{x} = Y \cdot s_R$. Dies bedeutet, daß der Fall $D = 0$ qualitativ identisch ist mit der stationären Phase in der diskontinuierlichen Kultur.
2. Aus Abb. 5 folgt, daß in einem weiten Bereich von D große Veränderungen der Verdünnungsrate nur kleine Änderungen von \bar{x} und \bar{s} bedingen. Dieser Abschnitt entspricht der Verzögerungsphase.

3. Der Bereich von D , in dem kleine Veränderungen der Verdünnungsrate zu großen Änderungen von \bar{x} und \bar{s} führen, ist der log-Phase analog.
4. Übersteigt die Verdünnungsrate die spezifische Wachstumsrate, die durch die $\mu(s)$ -Funktion festgelegt ist, so werden die Mikroorganismen aus dem Kulturvolumen ausverdünnt. Die Verdünnungsrate, ab der dies auftritt, wird kritische Verdünnungsrate D_c genannt. Bei D_c muß $\bar{s} = s_R$ sein und somit gilt:

$$(22) \quad D_c = \mu_{\max} \cdot \frac{s_R}{s_R + k} .$$

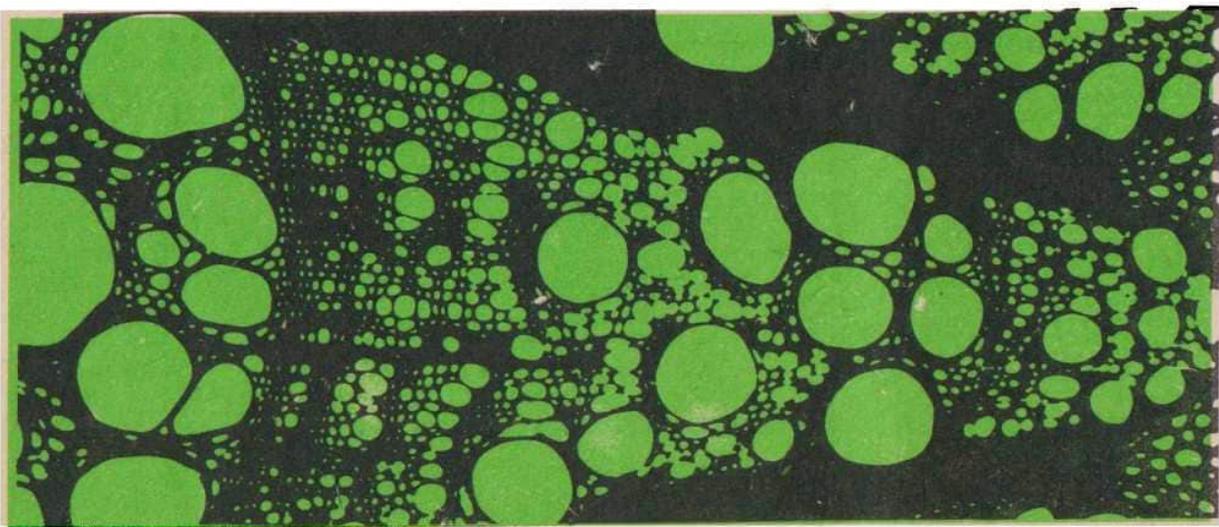
Da in der Regel $k \ll s_R$ ist, ergibt sich

$$(23) \quad D_c \approx \mu_{\max} .$$

Aus (23) folgt, daß ein Mikroorganismus nur in einem Bereich von D mit $0 < D < \mu_{\max}$ in kontinuierlicher Kultur wachsen kann.

Die kontinuierliche Kultur besitzt gegenüber der diskontinuierlichen eine Reihe von Vorteilen. Der entscheidendste ist die zeitlich invariante Fixierung eines über die Größe von D bzw. μ definierten physiologischen Zustandes, wobei unter diesen die polymere Zellzusammensetzung, die einzelnen Enzymaktivitäten und Syntheseleistungen verstanden wird.

Einige Aspekte der Physiologie des mikrobiellen Wachstums werden im Teil 3 behandelt.



VON DER V. HOCHSCHULKONFERENZ

Über die Verantwortung des Hochschullehrers in der entwickelten sozialistischen Gesellschaft

Von Prof. Dr. Franz Boldk, Rektor der
Friedrich-Schiller-Universität Jena



Wenn man über den Hochschullehrer und seine Verantwortung nachdenkt und darüber sprechen will, muß man ihn im Zusammenhang mit dem wissenschaftlichen Nachwuchs und den Studenten betrachten. Diese Trias, in der sich das Zusammenwirken der Generationen bei der Aneignung, Mehrung und Übertragung der Wissenschaften, des wissenschaftlichen Denkens und Verhaltens verwirklicht, ist die tragende funktionelle Einheit der Universität. Sie bildet gleichsam ihren „Archetypus“. Alles andere ist notwendig, aber akzidentell. Sie ist bemerkenswerterweise auch der Typ dessen, was wir eine „akademische Schule“ nennen, als deren Gründer wir uns den Hochschullehrer wünschen. Zweifellos hat jeder dieser drei seinen besonderen Anteil an der gemeinsamen Aufgabe. Jedoch kann dieser Anteil nur in einem wechselwirkenden Zusammenhang mit den beiden anderen, hineingestellt in die gesellschaftliche und historische Wirklichkeit unserer Zeit, sinnvoll bestimmt werden.

Was erwarten nun die beiden anderen Partner vom Hochschullehrer? Was muß er demzufolge von sich selbst verlangen?

Er möge ihnen in seiner Person vor Augen stellen, wie seine Wissenschaft – meisterhaft beherrscht, dargeboten und gemehrt – in übergreifende, in immer umfassendere Sphären menschlicher Selbstverwirklichung eingefügt werden kann und soll. Wir fassen diese Wirkung mit dem Begriff des „Vorbildes“ zusammen.

Hier muß aber zunächst angemerkt werden, daß die Erwartungen an den Hochschullehrer umso anspruchsvoller werden, je älter er ist, und daß sie an ihn als eine einmalige Persönlichkeit gerichtet sind. Das kann auch gar nicht anders sein, weil dergleichen Dinge die Ergebnisse einer lebenslangen, individuellen Arbeit als einer geistigen und handelnden Auseinandersetzung mit der Umwelt und mit sich selbst sind. Das eigene bewältigte Leben als personale Geschichte trägt also diese Wirkung des Hochschullehrers. Er muß in seiner einmaligen ebenso wie in seiner exemplarischen Gestalt erkennbar werden, einer Gestalt freilich, deren Ausprägung immer unvollendet bleiben und der das strebende Bemühen bis zuletzt zugeeignet sein wird. So nur kann man den Jüngeren als anregende Wegweisung dienlich werden.

Ich gehöre der älteren, eigentlich sogar der alten Hochschullehergeneration an und bin nicht im Sozialismus geboren. Ich bin auch in meiner Jugend im bürgerlichen Elternhaus und im Gymnasium nicht im Geiste des Sozialismus, sondern in dem des klassischen Humanismus gebildet und erzogen worden, wie er als fortwirkende Kraft von der griechischen Antike über die Renaissance, die europäische Aufklärung bis zur klassischen deutschen Philosophie und Literatur die geistig-sittliche Entwicklung Europas wesentlich mitgestaltet hat. Das hat auch bewirkt, daß der Ungeist des Faschismus nie Einfluß auf mich ausgeübt hat. Dennoch brachte mir das Erlebnis von 1945, also die Befreiung und der Neuanfang, den

Beginn eines Weges, der von den idealistischen Vorstellungen und Bemühungen zu der Einsicht in die historisch notwendigen Bedingungen und Handlungen führte, die mit einer schrittweisen Verwirklichung solcher Ideale verbunden sind. Einsicht, das war aber auch zunehmende tätige Mitwirkung.

Ich bin überzeugt, daß dieses für die geistige und politische Entwicklung vieler Hochschullehrer bedeutsam ist. Damit komme ich zu meinem Ausgangspunkt, dem Vorbild“, zurück und möchte zunächst einiges hinzufügen, um möglichen Mißverständnissen vorzubeugen.

Ist es überhaupt möglich, so etwas wie ein Vorbild zu sein, noch dazu für erwachsene Menschen? Müßte das nicht ein fehler- und irrumsfreies, eine Art übermenschliches Wesen sein, das „ex cathedra“ Wahrheiten und Vollkommenheiten verkündet? Mit der Formulierung dieser Frage will ich ausdrücken, daß so etwas offenbar nicht gemeint ist und eine unzulässige Vereinfachung wäre. Es handelt sich vielmehr darum, die eigene Person als Ergebnis und Gegenstand eines fortwirkenden Strebens und veränderten Handelns sichtbar zu machen und in dem Wortsinn des „profiteri“, des Bekennens also, von dem bekanntlich die Bezeichnung „Professor“ abgeleitet ist, darzustellen und zur Wirkung zu bringen. Selbst- und Weltgestaltung gilt es als einen wissenschaftsbezogenen Wechselprozeß sichtbar zu machen. Wissenschaftliche Erkenntnis und wissenschaftliches Denken sind der Ausgangspunkt.

Man darf die Verantwortung des Hochschullehrers nicht zu eng sehen und etwa eine Aufzählung von Eigenschaften oder Merkmalen als hinreichend annehmen oder auch nur erwarten. Vorbild, wie wir es verstehen, ist kein auf einem Sockel stehendes Denkmal, sondern die Selbstdarstellung eigener progressiver Lebenserfahrungen, Problemverarbeitung, Welt- und Persönlichkeitsgestaltung in der Auseinandersetzung mit der Umwelt und sich selbst, basierend auf der dialektischen Auffassung vom Verhältnis von Ideal und Wirklichkeit und der Erkenntnis, daß echte Humanität nur durch den Sozialismus verwirklicht werden kann, als der Kraft, die sowohl die sozialen Verhältnisse als auch den Menschen verändert.

„Vorbild“ sein heißt, anderen einen wichtigen menschlichen Dienst zur Gestaltung ihres eigenen Lebens zu leisten, und zwar als Angebot und Aufforderung zur veränderten und weiterführenden individuellen Aneignung. Ich will nicht darüber sprechen, wieviel der Hochschullehrer dabei rückwirkend selbst empfängt. Vorbild sein ist geben und nehmen.

Die Lebensarbeit des Wissenschaftlers gilt erstens der Erkenntnis, dem Wissen selbst.

Zweitens: Die Lebensarbeit des Wissenschaftlers dient der praktischen Beherrschung und Gestaltung der Vorgänge in Natur und Gesellschaft im Interesse des menschlichen Lebens und Zusammenlebens.

Drittens: Sie dient den Bedürfnissen nach einer wissenschaftlich fundierten Weltanschauung, durch die der Mensch sich und seine Welt versteht und seinem Dasein Sinn und Zusammenhang verleiht.

Natürlich weiß ich, daß die drei Aspekte zusammenhängen und sich als Ganzes in der Person des Hochschullehrers und seiner Schüler darstellen müssen. Diese übergreifende Komplexität der Wissenschaft in unserer Zeit und in unserer Welt halte ich für ein tragendes Element bei der geistigen Entwicklung des Hochschullehrers. Der Grad und das Niveau bestimmen seinen und seiner Lehre geistig-wissenschaftlichen und politisch-weltanschaulichen Rang und seine Überzeugungskraft. Das erfordert von ihm eine synoptische Darstellung seiner Wissenschaft: problemgeschichtlich, fachübergreifend, weltanschauungsbildend, gesellschafts- und praxisbezogen. Nur so bewirkt der Hochschullehrer ein schöpferisches,

wissenschaftsorientiertes Studieren und begeistert begabte junge Menschen dazu, diese Art von Wissenschaft zu ihrer Lebensarbeit zu machen.

Auf diese Weise verwirklicht der Hochschullehrer mit seinen Schülern und Studenten die Einheit von Lehre, Forschung und Praxis. Dadurch wirken sie gemeinsam in die Geschichte ihrer Wissenschaft, in die Geschichte ihrer Gesellschaft und in die Geschichte ihrer wissenschaftlichen Weltanschauung hinein und werden im Sozialismus zu Mitgestaltern des historischen Prozesses in seiner Gesamtheit: Sie nehmen durch ihre Arbeit in spezifischer Weise an der Erfüllung der historischen Mission der Arbeiterklasse in unserer Zeit teil.

Auf diese Weise verwirklicht der Hochschullehrer seine politische Verantwortung im Zusammenhang mit seiner Wissenschaft, und wissenschaftliche Arbeit ist aus dieser Sicht immer zugleich eine politische, ist weltanschauungsbildend, ist Einsatz für die Wohlfahrt und den Fortschritt der sozialistischen Gesellschaft, ist eng mit den Grundproblemen unserer Epoche verbunden.

In den Zusammenhang einer so weit ausgreifenden Verantwortung gehört auch das, was ich die Sorge um die Wissenschaft nennen möchte. Sie hat mindestens zwei Aspekte:

1. Der Hochschullehrer in der entwickelten sozialistischen Gesellschaft soll sich darum sorgen, daß Wissenschaft richtig konzipiert, geplant, geleitet und verantwortet wird, daß Wissenschaft rationell machbar und wirksam wird. Das klingt einfach, setzt aber ein gründliches Verständnis der Eigenart geistiger Kreativität auf Grund fortdauernder eigener wissenschaftlicher Arbeit ebenso wie der gesellschaftlichen Vorgänge voraus. Dieser Aufgabe muß sich der Hochschullehrer stellen. Er muß fähig sein, auch als leitender Wissenschaftler für die Wissenschaft in der sozialistischen Gesellschaft tätig zu sein. Ich kann das aus einer langen eigenen Lebenserfahrung bezeugen und hinzufügen, daß auch auf diesem Feld Geben und Nehmen herrscht.

2. Sorge um die Wissenschaft, ist der Kampf gegen den Mißbrauch ihrer Ergebnisse ebenso wie der um ihre Anwendung zum Wohle des Volkes und für den Weltfrieden.

Insgesamt also umschreibt die Verantwortung des Hochschullehrers in der entwickelten sozialistischen Gesellschaft einen sehr weiten Bogen, der, beginnend mit den nach außen kaum wahrnehmbaren geistigen Vorgängen, die dem Entstehen von Wissenschaft überhaupt zugrunde liegen, über die Art der Selbstdarstellung in der Vorlesung und die Bildung von Schulen bis in die historisch-gesellschaftlichen Auseinandersetzungen unserer modernen Welt reicht. So fügt er durch seine und seiner Schüler Arbeit seine Wissenschaft in übergreifende, in immer umfassendere Sphären menschlicher Selbstverwirklichung im Sinne des sozialistischen Humanismus ein.

Die Wege dazu sind individuell verschieden, aber in ihrer Grundrichtung sind sie gleichartig. Deshalb kann und soll man darüber geistigen Austausch pflegen. Zwei Dinge gilt es zusammenzuführen: Analysierendes Beobachten und synthetisierendes Denken einerseits und die aktive Begegnung mit der Wirklichkeit der Geschichte andererseits.

Ihre Verbindung kennzeichnet den Weg von einem idealistischen Humanismus zu einer realen sozialistischen Humanitas. Er ist — ich weiß es aus eigener Erfahrung — nicht so kurz und nicht so leicht zu gehen, wie man auf Grund einer kurzen Formulierung anzunehmen geneigt sein könnte.

So viel zu einigen Erfahrungen in der gehörigen Abstraktion. Wenn ich aber an einzelne Menschen denke, so sind es auch Persönlichkeiten aus der deutschen Arbeiterbewegung, denen ich begegnet bin und die eben

jenen Dienst an mir geleistet haben, von dem hier dauernd die Rede ist: „Vorbild“ zu sein, oft ohne es selbst zu wissen, indem man geistig und tätig gemeistertes Leben in seiner Person darstellt. So bedürfen wir alle einander bei der lebenslangen Arbeit, uns selbst zu finden, denkend und handelnd zu gestalten.

Erlauben Sie mir aber noch eine Ergänzung: Die Wissenschaft gehört zweifellos zu den höchsten Kräften des Menschen. Sie ist ein tragender Teil seiner Humanität. Aber vergessen wir nicht das damit nah verwandte und doch zugleich abgesonderte Gebiet des seelisch-geistigen Lebens, das wir in den Ausdrucksformen der Künste verehren, und vergessen wir nicht jene fast unauslotbare Welt des unmittelbaren erlebenden Begegnens mit der Natur und unseren Mitmenschen. Ich bemerke, je älter ich werde, desto deutlicher, daß diese Bereiche: Wissenschaft, Kunst, mitmenschliche Begegnung und das erlebte Verhältnis zur Natur, sich immer enger zu einer Einheit zusammenfügen. Das ist eine fortdauernde geistige Arbeit im Dienste des menschlichen Bedürfnisses nach Freude und innere Harmonie. Weder der Hochschullehrer noch irgend jemand kann seinen Mitmenschen, vor allem den jüngeren, durch seine Selbstdarstellung dienlich oder förderlich sein, wenn er nicht zu dieser Harmonie gelangt. Ich glaube, daß wir das meinen, wenn wir von der Bedeutung des geistigen Lebens, der Aneignung des fortschrittlichen Erbes, der Geschichte der Universität und von sozialistischer Kultur sprechen. Man muß jedoch offenbar wissen, was wirklich gemeint ist und wie man es machen kann, nämlich nicht nur durch kulturelle Veranstaltungen, sondern auch in der schlichten Gestaltung jedes Lebens- und Arbeitstages, der uns die unmittelbare Begegnung mit den Künsten, unseren Mitmenschen und der Natur schenkt.

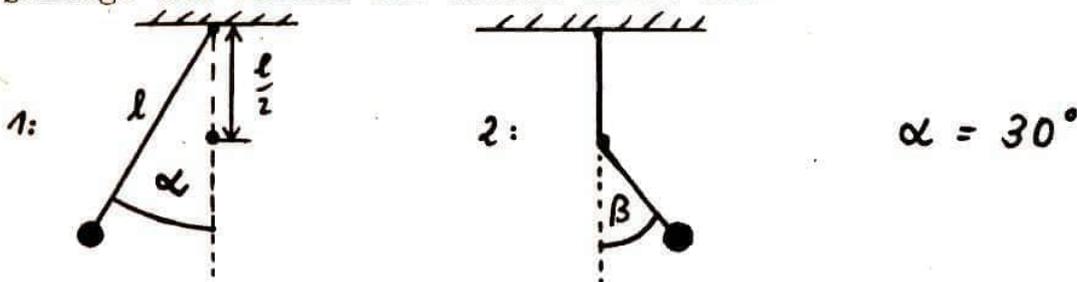
„Die Angehörigen des gesamten Lehrkörpers tragen durch ihr persönliches Vorbild und durch die weltanschauliche und politische Überzeugungskraft ihrer Lehrveranstaltungen zur kommunistischen Erziehung der Studenten bei. Es geht um ein komplexes Verständnis für die Rolle der Wissenschaft in den Entwicklungsprozessen unserer Zeit, für die Einheit von Theorie, Geschichte und Praxis der Wissenschaftsdisziplinen mit der Gesellschaftsentwicklung im Sozialismus als wichtige Grundlage für das verantwortungsbewußte und erfolgreiche Wirken aller wissenschaftlich gebildeten Kader“ – so lautet der Absatz in dem Beschluß des Politbüros des Zentralkomitees der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands zu den „Aufgaben der Universitäten und Hochschulen in der entwickelten sozialistischen Gesellschaft“ vom 18. März 1980.

Ich habe die Erfahrungen, die ich in einem dreißigjährigen Arbeitsleben als Hochschullehrer, Arzt Forscher, und leitender Wissenschaftler gesammelt habe, in diesen Worten wiedergefunden. Deshalb habe ich das Zitat gleichsam wie eine Zusammenfassung an das Ende gestellt; und ich weiß aus vielen Gesprächen, daß die Hochschullehrer meiner Universität – und nicht nur sie – das gleiche erlebt haben: Sie konnten sich und ihre Welt in dem Beschluß wie in einem Spiegel wiedererkennen. „Spiegel“ – das meint Selbsterkenntnis als Anleitung zum Handeln!
(redaktionell leicht gekürzt)

physikaufgabe

54

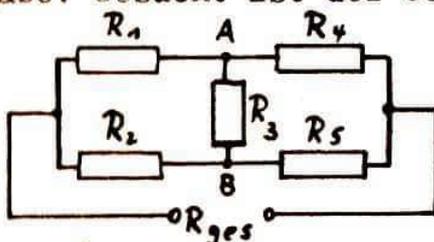
Ein Fadenpendel der Länge l wird nach der einen Seite um den Winkel α ausgelenkt und dann losgelassen. Im Abstand $l/2$ lotrecht unter dem Aufhängungspunkt befindet sich ein Stab, der eine Verkürzung der wirksamen Pendellänge beim Ausschlagen auf der anderen Seite bewirkt. Mit welchem maximalen Winkel β schlägt das Pendel auf dieser Seite aus?



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 aufgabe 46 aus heft 7 /13.jg.

aufgabe: Gesucht ist der Gesamtwiderstand R_{ges} .



Es gelte $R_1 = R_2 = 100 \Omega$

und $R_4 = R_5 = 10 \Omega$

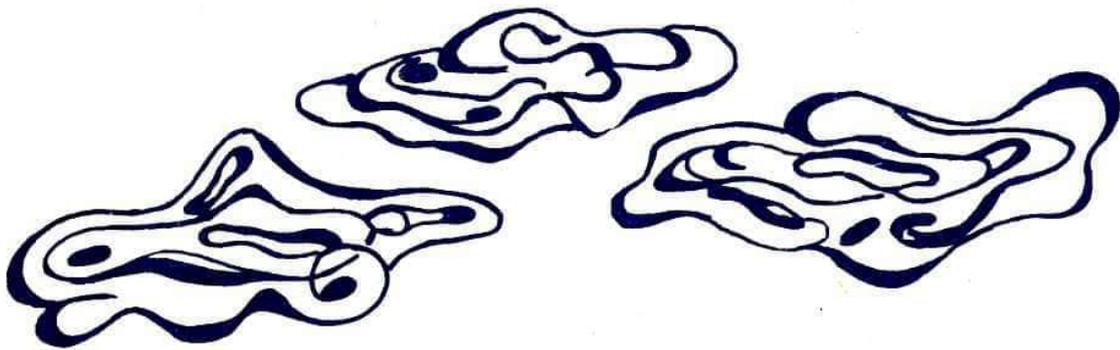
$R_3 = 1000 \Omega$

lösung: (eingesandt von Frank Bendin, Berlin, 16 Jahre)

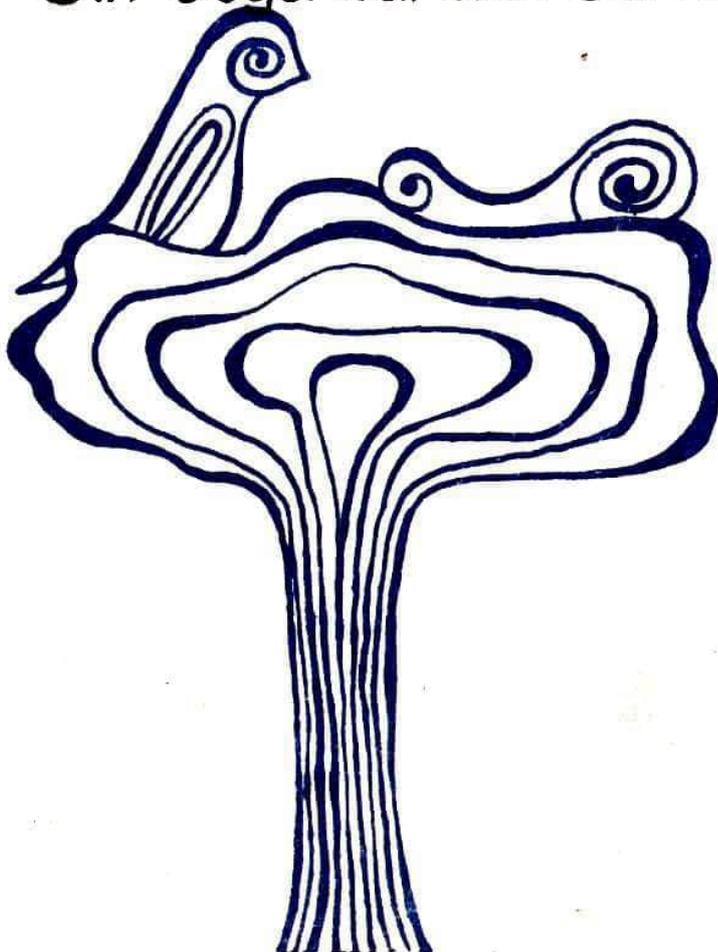
Da die Schaltung im Prinzip der Wheatstoneschen Brücke entspricht, fließt zwischen A und B kein Strom (wegen $R_1/R_4 = R_2/R_5$), der Widerstand R_3 ist also sinnlos.

Der Gesamtwiderstand errechnet sich nun aus den Gesetzen für die Reihen- und Parallelschaltung ohmscher Widerstände.

$$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1 + R_4} + \frac{1}{R_2 + R_5} \quad \rightarrow \quad R_{ges} = \frac{(R_1 + R_4)(R_2 + R_5)}{R_1 + R_2 + R_4 + R_5} = \underline{\underline{55 \Omega}}$$

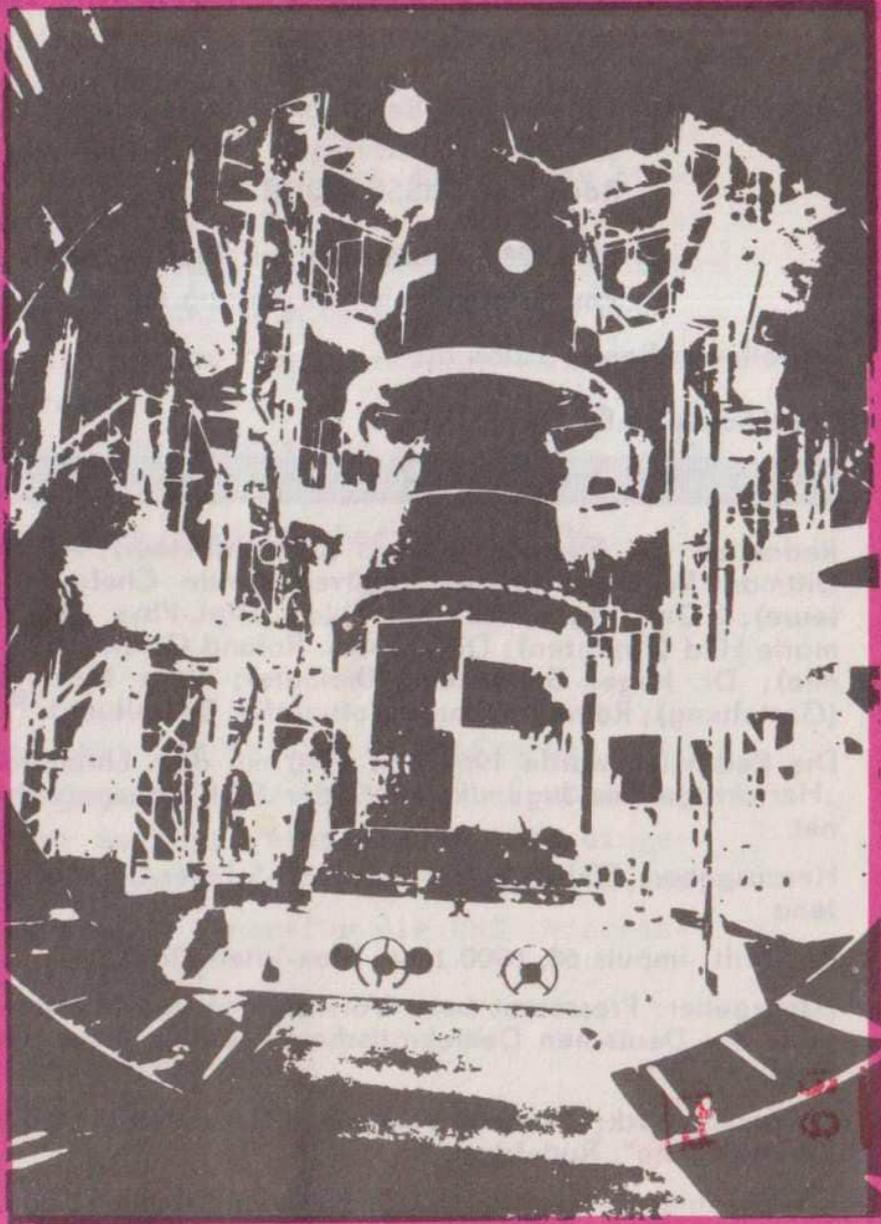


mein Vögelchen, kriechend!“ ^{Tuwim}
heraufgekommen?“ ~ „Kriechend,
fragte: „Wie bist Du hier
auf dem Wipfel einer Eiche und
☉ Ein Vogel traf eine Schnecke



impuls 68

6



Kurzzeituntersuchungen

☆

J. W. Döbereiner

☆

Das Leben an seinen Grenzen

☆

Berolina-Experiment

☆

UPS 1980

Titelbild: „Sojus“-Raumschiff auf
dem Prüfstand zur
Flugvorbereitung (L. G.)

impuls

68

Staupendahl	Kurzzeituntersuchungen an Halbleitern (3)	PHY	3
Colditz	Johann Wolfgang Döbereiner – Jenas klangvollster Name in der Chemie (2)	CHE	12
Schluttig	Wie leben Mikroorganismen unter extremen Umweltbedingungen – das Leben an seinen Grenzen	BIO	15
Fischer, u. a.	Experiment „Berolina“ – materialwissenschaftliche Forschungen beim bemannten Raumflug UdSSR – DDR		21
	UPS 1980 – Interview mit Prof. Wilhelmi	INT	27
	Physikaufgabe Nr. 55, Lösung der Aufgabe 47		

Gestaltung: Rainer Luthardt

Redaktionsschluß: 13. 11. 1980

Redaktion: Dr. Eberhard Welsch (Chefredakteur); Achim Dittmar, Reinhard Meinel (stellvertretende Chefredakteure); Dipl.-Phys. Wilfried Hild; Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen); Dipl.-Chem. Roland Colditz (Chemie); Dr. Jürgen Sauerstein (Biologie); Vera Masurat (Gestaltung); Rainer Luthardt (Fotografie, Gestaltung)

Die Redaktion wurde 1969 und 1980 mit dem Ehrentitel „Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR“ ausgezeichnet.

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Anschrift: impuls 68, 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1

Lizenzgeber: Presseamt beim Vorsitzenden des Ministerates der Deutschen Demokratischen Republik unter der Nummer 1570

Kleinoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, Betriebsteil V „Werner John“, Rudolstadt

Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981. Bestellungen richten Sie bitte direkt an unsere Anschrift; bei Bezahlungen oder Anfragen nennen Sie unbedingt die Adresse, unter der Sie „impuls 68“ erhalten.

Heftpreis: –,40 M, Jahresabonnement: 4,- M



Dr. Gisbert Staupendahl
FSU Jena
Sektion Physik

Kurzzeituntersuchungen an Halbleitern (Teil 3 und Schluß)

2. UKZS an HL - experimentelle Realisierung⁺

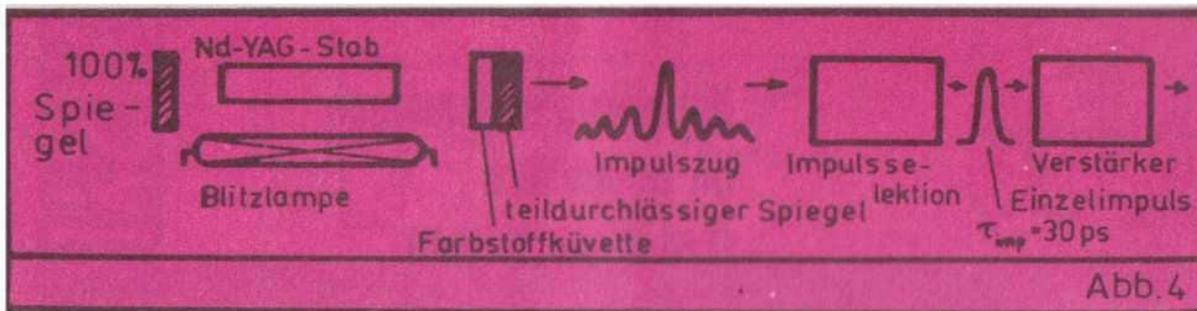
Nachdem in den vorangegangenen zwei Beiträgen ausführlich auf das Ziel und vor allem den Gegenstand der UKZS an HL eingegangen wurde, sollen nun einige Varianten der experimentellen Realisierung vorgestellt werden. Wie bereits betont, wurden Prozesse, die außerordentlich schnell (im Nano- und Pikosekundenbereich) ablaufen, erst durch die rasche Entwicklung der Lasertechnik einer mehr oder weniger direkten Beobachtung zugänglich. Grundlage fast aller UKZS-Techniken sind kurze Laserimpulse, für deren Erzeugung in den verschiedenen Wellenlängenbereichen die unterschiedlichsten Methoden entwickelt wurden. Wir wollen lediglich zwei in der UKZS an HL häufig eingesetzte Lasertypen vorstellen, setzen dabei jedoch die Grundlagen des Lasers als bekannt voraus (vgl. impuls 68, 14. Jahrgang 1980/81, Hefte 1 bis 3).

2.1. Laser für die UKZS an HL

2.1.1. Der Nd:YAG-Laser

Der Nd:YAG-Laser (aktives Material: Neodym-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat), der bei $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$ arbeitet, ist gegenwärtig der am häufigsten in der UKZS eingesetzte Laser, da er eine Reihe von Vorzügen aufweist. Den prinzipiellen Aufbau einer für die UKZS einsetzbaren Anlage zeigt Abb. 4.

⁺ UKZS = Ultrakurzzeitspektroskopie
HL = Halbleiter



Der im Laser selbst durch komplizierte Prozesse entstehende "Zug" kurzer Strahlungsimpulse wäre für Messungen noch nicht gut geeignet. Deshalb wurden Methoden entwickelt, um aus dem Impulszug einen Einzelimpuls "herauszuschneiden". Für diese "Impulsselektion" gibt es inzwischen eine Reihe von Möglichkeiten, aber auch heute ist es noch ein schwieriges experimentelles Problem, bei jedem "Laserschuß" einen verwertbaren Einzelimpuls zu erzeugen. Meistens schließt sich an die Impulsselektion eine Nachverstärkung der Strahlung an, um hohe Ausgangsleistungen für die Experimente zur Verfügung zu haben. Neben den hohen Impulsleistungen (10^8 bis 10^9 W sind ohne weiteres erreichbar) und der relativ kurzen Impulsdauer von ca. 30 ps ist ein weiterer Vorzug des Nd:YAG-Lasers die relativ rasche Folge, in der man die Einzelimpulse erzeugen kann. Typische Impuls-Folgefrequenzen liegen bei 1 bis 10 pro Sekunde, und da mit jedem Impuls ein "Meßpunkt" (siehe Abschnitt 2.2.3.) erhalten wird, ergibt sich in kurzer Zeit eine Fülle von Informationen über das Untersuchungsobjekt. Um alle Daten ohne Zeitverlust erfassen und verarbeiten zu können, muß natürlich ein entsprechender elektronischer Aufwand getrieben werden.

2.1.2. Der CO_2 -Laser

Einer der wegen seiner breiten Palette von Anwendungen am intensivsten untersuchten Laser ist der im mittleren Infrarot bei $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$ arbeitende CO_2 -Laser. Es gibt bereits eine Fülle von CO_2 -Laser-Varianten, die ganz speziell den jeweiligen Einsatzgebieten angepaßt sind.

Wir wollen nur kurz eine prinzipielle Anordnung vorstellen, die für UKZS an HL geeignet ist (Abb. 5).

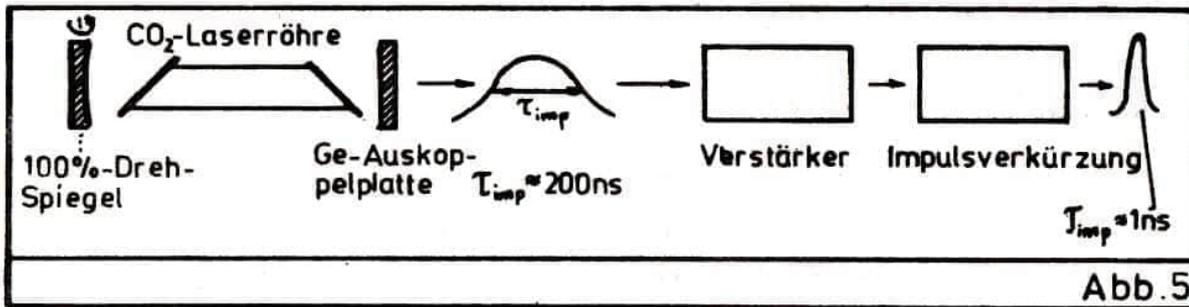


Abb. 5

Die Strahlungsimpulse werden in diesem Fall durch einen einfachen "klassischen" CO₂-Laser erzeugt, der mittels Drehspiegel gütegeschaltet wird. Er liefert relativ lange Impulse von ca. 200 ns Dauer, die aber mit einer hohen Folgefrequenz von ≈ 100 Hz (entsprechend der Drehzahl des Drehspiegels) erzeugt werden. Diese hohe Folgefrequenz, die beträchtliche Vorteile bei der **Registrierung und Verarbeitung der Meßdaten** bringt, ist neben der großen Stabilität der Impulsparameter der wesentlichste Vorzug dieser einfachen Anordnung. Da die Impulsleistung und -dauer jedoch häufig noch nicht den Anforderungen der geplanten Untersuchungen entsprechen, müssen mit Hilfe von Verstärkern und speziellen Techniken der Impulsverkürzung die gewünschten Parameter geschaffen werden. Typische erreichbare Werte sind 10 bis 100 kW Spitzenleistung bei 1 bis 10 ns Impulsdauer.

2.2. Einige Methoden der UKZS an HL

In diesem Abschnitt sollen nun einige typische Möglichkeiten der UKZS an HL zur Untersuchung der Eigenschaften freier Ladungsträger vorgestellt werden.

Das Grundprinzip aller Verfahren ist gleich:

- Erzeugung von FL⁺ durch Lichtimpulse
- Änderung der HL-Eigenschaften
- zeitaufgelöste Registrierung dieser Änderung und der Rückkehr des HL in den Gleichgewichtszustand

† FL = Freie Ladungsträger

Im Kapitel 1 wurden bereits die wesentlichsten Grundlagen, die zum Verständnis der dabei im HL ablaufenden Prozesse notwendig sind, gegeben.

2.2.1. Zeitaufgelöste Lumineszenzmessungen

Die im Abschnitt 1.2.2. beschriebene Elektron-Loch-Rekombination kann sowohl "strahlungslos" als auch unter Aussendung von Strahlungsquanten ablaufen. Im ersten Fall wird die freiwerdende Energie ΔE_1 an das Kristallgitter abgegeben, im zweiten Fall wird Strahlung der Frequenz $f = \Delta E_1/h$ ausgesandt. Dieses Aussenden von Licht bei der Rekombination nennt man Lumineszenz. Registriert man nun den zeitlichen Verlauf der Lumineszenzstrahlung, erhält man Informationen über die Erzeugung und die Rekombination der FL, insbesondere über die Rekombinationszeit τ_r . Die Meßanordnung ist dabei im Prinzip denkbar einfach (Abb. 6). Die Erzeugung der Elektron-Loch-Paare erfolgt durch einen intensiven Laserimpuls (seine Dauer soll möglichst kurz im Vergleich zur Rekombinationszeit sein), der mittels einer Linse L_1 auf die Probenoberfläche fokussiert wird. Ein Teil der Lumineszenzstrahlung wird durch L_2 gesammelt, durchläuft ein Filter, das die gestreute oder reflektierte Laserstrahlung zurückhält, und gelangt schließlich auf einen Detektor mit hohem zeitlichen Auflösungsvermögen und großer Empfindlichkeit. Der zeitliche Verlauf der Lumineszenzintensität I_L kann dann auf einem Oszillografenschirm beobachtet werden.

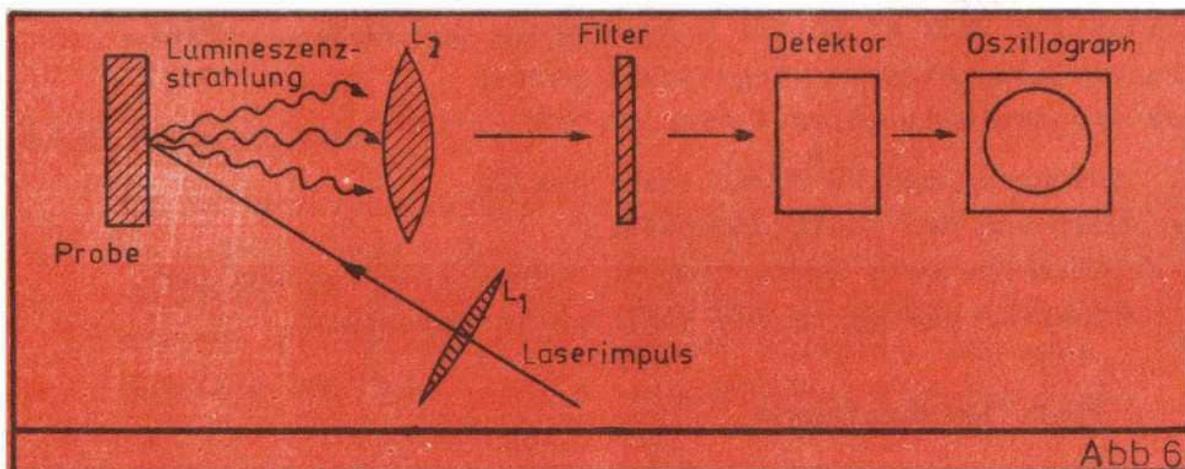
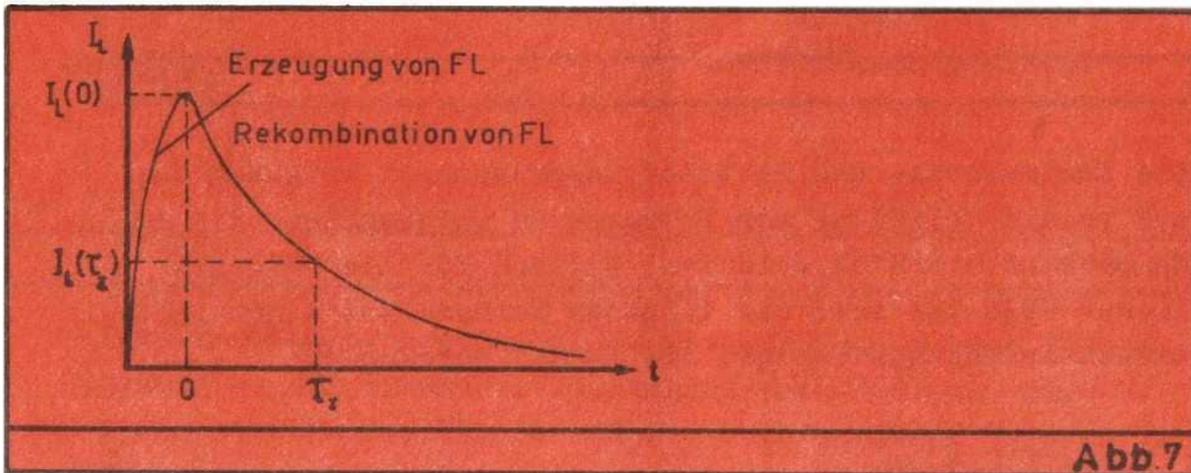


Abb 6

Im einfachsten und typischsten Fall ist I_L proportional der Anzahl der "Nichtgleichgewichts"-FL, und man erhält ein exponentielles Abklingen von I_L nach dem Abschalten der Laserstrahlung (Abb. 7):

$$I_L(t) = I_L(0) e^{-t/\tau_r} \quad (6)$$

τ_r ist in dieser Gleichung die bereits bekannte Rekombinationszeit. Man sieht leicht, daß für $t = \tau_r$ $I_L(t)$ auf den $1/e$ -ten Teil von $I_L(0)$ abgefallen ist.



2.2.2. Photoleitungsmessungen

Im Abschnitt 1.2.4. wurde der Einfluß der FL auf die elektrische Leitung im HL beschrieben. Werden die FL durch Strahlung erzeugt und wird dadurch die Leitfähigkeit/der HL erhöht, spricht man von Photoleitung. Man kann nun die Abhängigkeit der Leitfähigkeit σ von der Anzahl N der FL (siehe Gl. 4) ausnutzen, um aus zeitaufgelösten Messungen von σ auf N und damit auf die Erzeugungs- und Rekombinationsprozesse im HL zu schließen, wenn er mit möglichst kurzen Laserimpulsen ($hf \geq \Delta E_1$) bestrahlt wird. Die σ -Änderung wird z.B. nach dem in Abb. 8 dargestellten Prinzip registriert. Bei Bestrahlung sinkt der Widerstand des HL und dadurch auch der Gesamtwiderstand des Stromkreises. Folglich steigt der Strom und damit die am konstanten Arbeitswiderstand abfallende Spannung. Der zeit-

liche Verlauf dieser Spannungsänderung kann mit Hilfe eines Oszillografen verfolgt werden. Die erhaltenen Meßkurven ähneln der in Abb. 7 dargestellten Abhängigkeit.

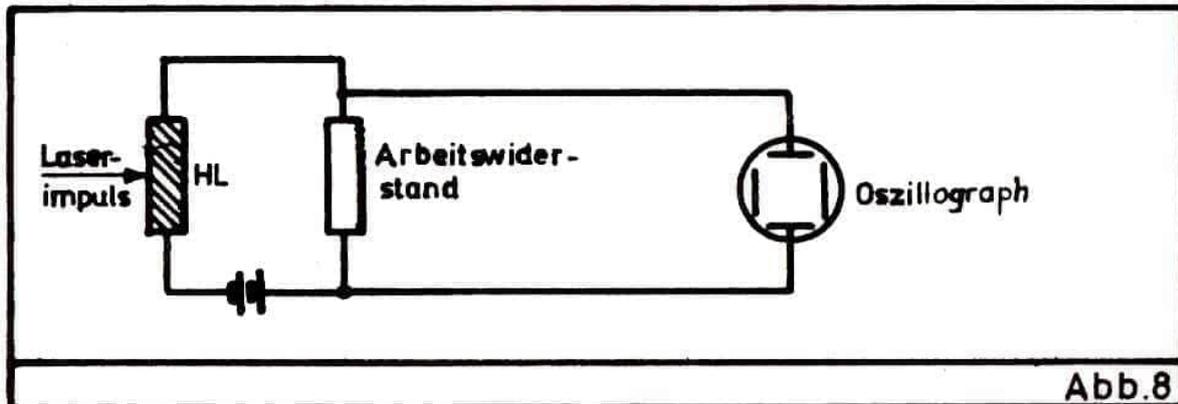


Abb.8

Die Lumineszenz- und Photoleitungsmessungen erlauben es, auf relativ einfache Art Prozesse zu untersuchen, die im Nanosekundenbereich ablaufen. Typisch für die "eigentliche" UKZS ist erst die folgende Methode mit einem zeitlichen Auflösungsvermögen bis in den Bereich 10^{-12} s.

2.2.3. Teststrahlmethode

Bei den zwei vorangehend geschilderten Meßverfahren war die Verwendung kurzer Laserimpulse zwar wünschenswert, aber warum das A und O der UKZS die Erzeugung ultrakurzer Lichtimpulse ist, wird erst richtig deutlich, wenn wir die außerordentlich wichtige Teststrahlmethode betrachten. Charakteristisch für sie ist die Nutzung zweier zeitlich korrelierter Laserimpulse: Der eine wirkt als "Anregungsstrahl" und erzeugt die FL, während der andere (i.a. schwächere) als "Teststrahl" verwendet wird und die Änderung der optischen Eigenschaften des HL "sondiert". Ferner erhält man hier nicht mit einem Impulspaar den gesamten zeitlichen Verlauf des Prozesses im HL, sondern es ergibt sich nur ein einzelner zeitlicher Meßpunkt. Abb. 9 soll das Meßprinzip an einem typischen Beispiel verdeutlichen.

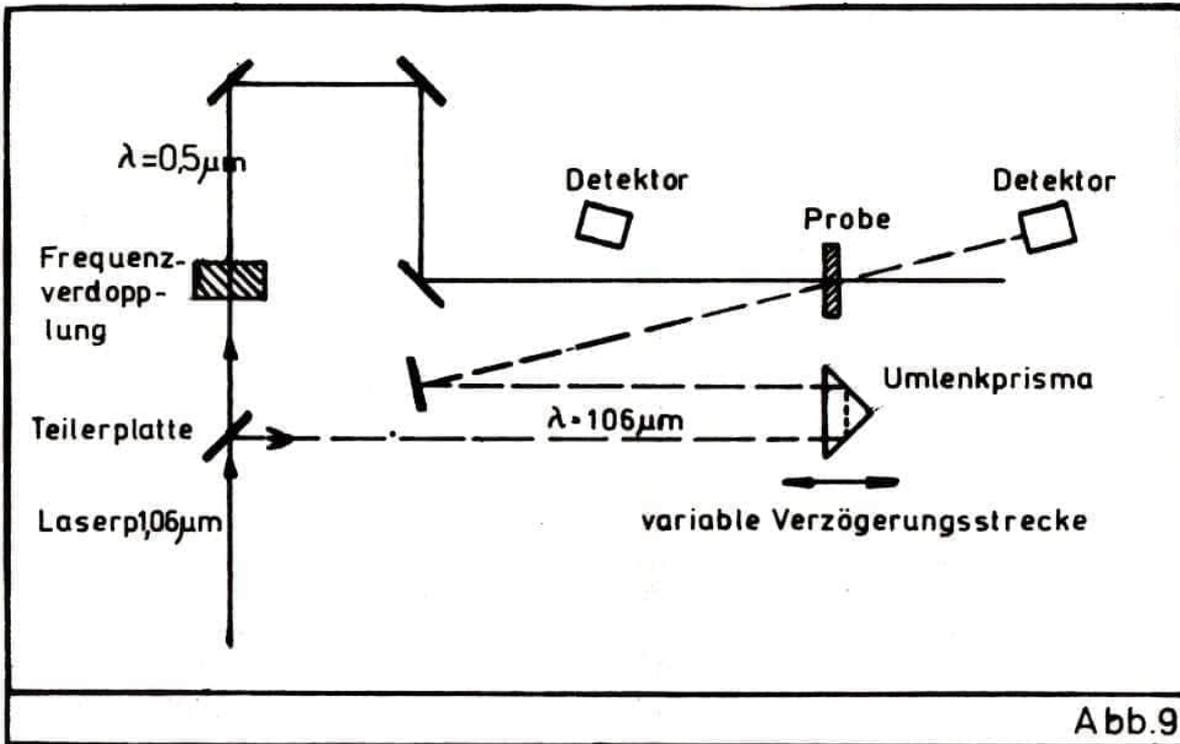


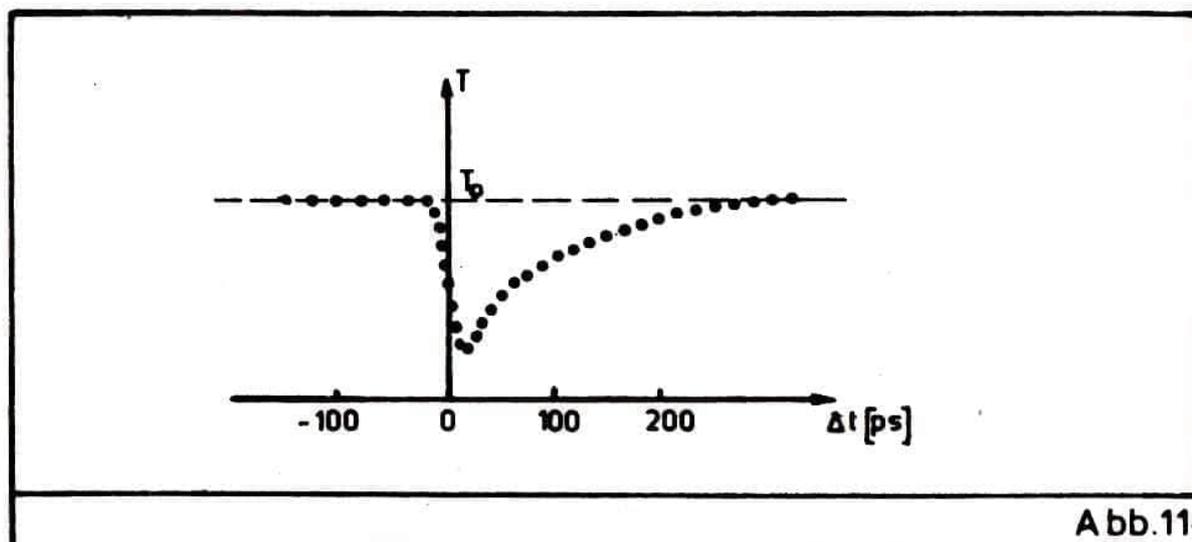
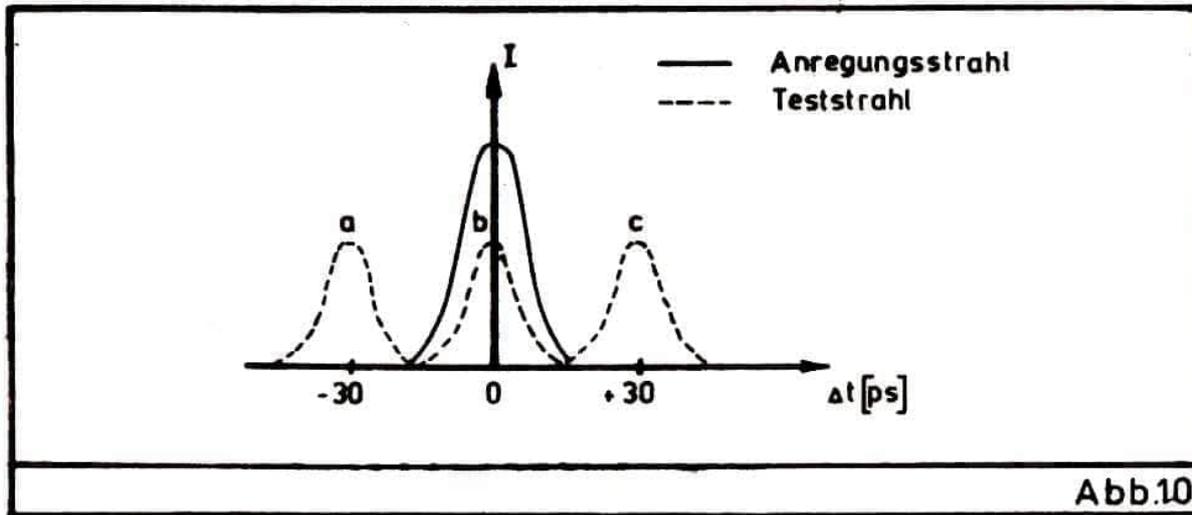
Abb.9

Die Strahlung eines Nd:YAG-Lasers wird durch eine Teilerplatte in den schwachen Teststrahl ($\lambda = 1,06 \mu\text{m}$) und einen starken Strahl, der nach der Verdopplung seiner Frequenz in einem Kristall als Anregungsstrahl ($\lambda = 0,53 \mu\text{m}$) fungiert, aufgeteilt. Der Anregungsstrahl wird über einen fest einjustierten Strahlweg auf die zu untersuchende Probe gegeben, wird absorbiert und erzeugt dadurch FL. Diese bewirken Änderungen von Absorption und Reflektivität der Probe für den Teststrahl (bei seiner Wellenlänge $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$ muß die Probe transparent sein), die mittels der zwei Detektoren registriert werden können. Der springende Punkt der Methode besteht nun darin, daß die Länge des Teststrahlweges variabel ist, sie kann durch Verschiebung eines Umlenkprismas einfach geändert werden. Damit wird die relative zeitliche Lage von Anregungs- und Teststrahl am Ort der Probe variiert. Beträgt nämlich der Unterschied der Wege beider Strahlen von der Teilerplatte bis zur Probe Δs , so bedeutet dies, daß sie einen Laufzeitunterschied

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{c} \quad (c = \text{Lichtgeschwindigkeit}) \quad (7)$$

besitzen. Nehmen wir an, das Maximum des Pumpimpulses erreiche zur Zeit $t=0$ die Probe (siehe Abb. 10)

Wenn wir nun den Weg des Testimpulses z.B. 9 mm kürzer machen, erreicht dieser bereits bei $t = -30\text{ps}$ die Probe (Abb.10), d.h. zu einer Zeit, wo der Pumpimpuls die HL-Eigenschaften noch nicht verändert hat. Wenn wir das

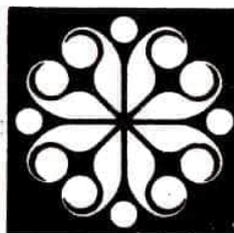
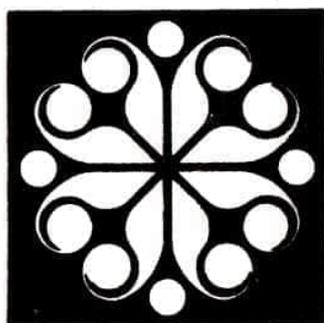
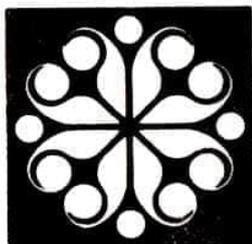


durchgehende Licht registrieren, messen wir folglich die Gleichgewichts-Transmission T_0 des HL. Bei weiterer Verkürzung des Teststrahl-Weges würden wir stets den gleichen Wert T_0 erhalten (siehe Abb.11). Wird die variable Verzögerungsstrecke nun Schritt für Schritt so weitergestellt, daß der Teststrahl schließlich gleichzeitig mit dem Anregungsimpuls (Abb.10b) und dann später als dieser (Abb.10c) die Probe durchsetzt, registrieren wir in Abhängigkeit von ihrer relativen zeitlichen Lage, wie die intensive Strahlung die

HL-Transmission beeinflusst und dann die Probe wieder in den Gleichgewichtszustand zurückkehrt. Das Meßergebnis zeigt im Prinzip das Verhalten, wie es in Abb. 11 dargestellt wurde. Es sei aber nochmals betont, daß solche Kurven punktweise aufgenommen werden, sozusagen (Laser-) Schuß für (Laser-) Schuß, wobei man jeweils die Verzögerungsstrecke ein kleines Stück weiterdrehen muß.

Die Beschreibung der Methode hat sicher verdeutlicht, daß ihr zeitliches Auflösungsvermögen praktisch nur durch die Länge der verwendeten Strahlungsimpulse begrenzt wird. Deshalb laufen international bereits die Tendenzen dahin, Impulse kürzer als 1 ps zu erzeugen und in der UKZS einzusetzen.

Zum Schluß noch ein Wort zur Bestimmung der für den Bau von HL-Bauelementen außerordentlich wichtigen Diffusionszeiten. Im Abschnitt 1.2.5. wurde dargestellt, wie die Diffusion die Konzentration der FL z.B. im Zentrum des Fokusbereiches in der Probe abbaut, wenn unser eingestrahelter Pumpimpuls etwa ein glockenförmiges ("gaußförmiges") Intensitätsprofil besitzt (siehe Abb. 3 a). Fokussieren wir nun unseren Teststrahl so scharf, daß er praktisch nur dieses Zentrum durchsetzt, registriert er natürlich auch den diffusionsbedingten Abbau der FL-Konzentration, und wir können aus unseren Messungen dann auch auf τ_{Diff} schließen. Speziell zur Untersuchung des Diffusionsverhaltens der FL wurde eine Reihe interessanter Verfahren entwickelt, auf die aber im Rahmen dieses kurzen Übersichtsbeitrages nicht eingegangen werden kann.



Roland Colditz
Dipl.-Chem.
FSU Jena
Sektion Chemie

Johann Wolfgang Döbereiner - Jenas klangvollster Name in der Chemie

CHEMIE

2. Teil: Systematik der Elemente

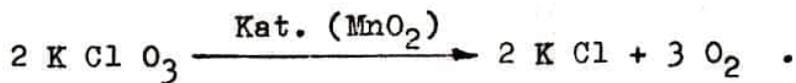
Zu einem weiteren Höhepunkt im wissenschaftlichen Werk Johann Wolfgang Döbereiners führte seine Suche nach gesetzmäßigen Beziehungen zwischen den chemischen Elementen. Als Döbereiner die Professur in Jena annahm, waren bereits über 40 chemische Elemente bekannt, weitaus größer war die Zahl der Verbindungen. Mit der Ausarbeitung der Daltonschen Atomtheorie bestand die Möglichkeit, quantitative Gesichtspunkte bei der Einteilung der Stoffe zu berücksichtigen. Somit waren die Voraussetzungen gegeben, um nach den Zusammenhängen zwischen den chemischen Elementen zu suchen. So entdeckte Döbereiner, daß die Elemente Kalzium, Strontium und Barium außer ihren Gemeinsamkeiten im chemischen Verhalten auch eine Regelmäßigkeit in der Größe ihrer jeweiligen relativen Atommasse aufweisen. Zum Beispiel ist die relative Atommasse von Strontium (87,62) annähernd genau das arithmetische Mittel aus den Atommassen von Kalzium (40,08) und Barium (137,34).

In seiner dann 1829 erschienenen Abhandlung "Versuch zu einer Gruppierung der elementaren Stoffe nach ihrer Analogie" nannte Döbereiner eine derartige Gruppe eine Triade (Dreiheit). Weitere Triaden, die von ihm aufgefunden wurden, sind die Gruppen Lithium - Natrium - Kalium, Schwefel - Selen - Tellur sowie Chlor - Brom - Jod. Bei der zuletzt genannten Triade vermerkte er, daß das noch nicht bestimmte Atomgewicht des Broms das arithmetische Mittel der bekannten Werte für Chlor und Jod sei - eine Annahme, die Berzelius 1829 experimentell bestätigte.

Döbereiner nahm so Wesentliches von jenem Gedankengut vorweg, das D.J. Mendeleev (1834 - 1907) 50 Jahre später zu seinen aufsehenerregenden Voraussagen über die Eigenschaften noch unentdeckter Elemente befähigte. Wie wir heute wissen, ist das Döbereinersche Prinzip der Trioden nicht durchgängig haltbar; es besitzt jedoch als Vorläufer des Periodensystems der Elemente wissenschaftshistorisch große Bedeutung.

Döbereiners chemischen Arbeiten waren vielseitig. Davon zeugen über 100 Veröffentlichungen zu den vielfältigsten Problemen der Chemie, die in Schweiggers Journal erschienen, einem damals bekannten Publikationsorgan der Naturwissenschaft:

Beispielsweise veröffentlichte er 1820 die nach ihm benannte Sauerstoffdarstellung durch heterogen-katalytische Zersetzung von Kaliumchlorat in Gegenwart von Braunstein



Ab 1815 zeigte er an zahlreichen Beispielen, daß sich Kupfer-(II)-oxid gut zur organischen Elementaranalyse eignet.

Als während der Kontinentalsperre Zucker knapp wurde, riet Döbereiner zu einer Fabrik für die Zuckerproduktion aus Stärke. Sie wurde eingerichtet und betrieben, solange die Sperre andauerte.

Seine Untersuchungen um die Aufklärung der Oxydation des Äthanol zu Äthansäure (Essigsäure) waren die Voraussetzungen für das später entwickelte Schnelllessigverfahren.

Aus Platzgründen seien außerdem nur genannt:

seine Versuche, ausländische Farbstoffe durch inländische zu ersetzen, die Beschäftigung mit den Verfahren der Stahlbereitung, die Herstellung von optisch wertvollen Glassorten und besonders seine Beiträge zur Gärungschemie, die eine wertvolle Hilfe für Gewerbe und Industrie waren.

Neben der Professur in Jena hatte Döbereiner auf Anordnung des Landesherrn auch die Oberaufsicht über die einschlägigen Betriebe des Herzogtums (Färbereien, Brennereien u.a.) zu übernehmen. Daß er auch diese Aufgabe mit Glanz erfüllte, beweist eine Äußerung Johann Wolfgang Goethes aus dem Jahre 1812:

"Unser Professor der Chemie, Döbereiner in Jena, macht seine Sachen sehr gut, er ist jung, tätig, hat viele technische Einsicht und Fertigkeit, so daß er sich auch schon als Oberauf-

seher unserer Bierpfannen und Branntweinblasen sehr wacker gezeigt hat."

Obwohl Döbereiner aus finanziellen Gründen relativ isoliert lebte, wurde ihm durch zahlreiche prominente Besucher und den schriftlichen Gedankenaustausch mit anderen führenden Gelehrten seiner Zeit hohe moralische Anerkennung zuteil.

Am 24. März 1849 starb J.W. Döbereiner an einer krebsartigen Zerstörung der Speiseröhre. Man vermutete damals, daß hierzu die verbreitete Gewohnheit beigetragen habe, neue Substanzen jeweils auch auf ihren Geschmack zu prüfen.

Sein Wissenschaftlerethos zu ehren, war Anliegen eines im Mai 1980 in Jena stattgefundenen Internationalen Döbereiner-Kolloquiums. Namhafte Wissenschaftler aus dem In- und Ausland würdigten aus Anlaß des 200. Geburtstages von Johann Wolfgang Döbereiner in Vorträgen und Rundtischgesprächen seine Versuche zur Systematisierung der Chemie und zur Ableitung verallgemeinerungsfähiger Gesetzmäßigkeiten.



Johann Wolfgang
Döbereiner

Wie leben Mikroorganismen unter extremen Umweltbedingungen? Das Leben an seinen Grenzen

1. Eine kurze Einführung

Die wesentlichsten Erkenntnisse von Genetik und Molekularbiologie sind in Experimenten mit nur wenigen verschiedenen Organismen gewonnen worden. Solche "Haustiere" der Genetiker sind z. B. die Essigfliege *Drosophila melanogaster*, der rote Brotschimmel *Neurospora crassa* und das Bakterium *Escherichia coli*. Über diese Organismen weiß man hinsichtlich einer Vielzahl von Lebensäußerungen (Wachstum, Vermehrung, Vererbung, Stoffwechsel) sehr gut Bescheid.

"Haustiere" der Mikrobiologen sind in der Regel solche Arten, die zum einen unter Laborbedingungen gut wachsen und deren Lebensäußerungen gut meßbar sind, zum anderen solche, die für den Menschen besonders nützliche Stoffwechselprodukte bilden. Beispiele hierfür sind die Bakterien *Escherichia coli* und *Bacillus subtilis* sowie die Hefe *Saccharomyces cerevisiae*. Diesen und vielen anderen Mikroorganismen ist gemein, daß sie besonders gut unter "Normalbedingungen" wachsen und Stoffwechselprodukte bilden können.

"Normalbedingungen" könnte man als solche bezeichnen, die die Existenz einer Vielzahl von Arten - von Mikroorganismen bis zu höheren Tieren und Pflanzen - ermöglichen. Unter diesen Bedingungen treten sehr viele Arten nebeneinander auf. Die große Artenvielfalt kennzeichnet die "Normalbedingungen". Die Parameter Temperatur, Druck, verfügbares Wasser, Salzkonzentration u. a. m. können allerdings in diesen Bereichen sehr stark variieren, so daß sich von dieser Seite her keine Definition anbietet.

Der Drang nach Wissen hat die Biologen in alle Winkel der Erde getrieben, um Pflanzen- und Tierwelt zu erforschen. Dabei sind sie auch in Gegenden gelangt, in denen die Anzahl der nebeneinander existierenden Arten außerordentlich reduziert ist; ja sie sind in Gebiete vorgestoßen, die zunächst vollkommen unbelebt schienen. Ein Beispiel hierfür sind die kalten Wüsten der Antarktis, die durch außerordentlich geringe Luftfeuchtigkeit und tiefe Temperaturen gekennzeichnet sind.

Das Interesse an solchen Formen des Lebens, die in heißen, kalten, außerordentlich salzhaltigen Umgebungen, unter sehr hohem Druck, in Trockenheit - kurz gesagt - unter "extremen" Bedingungen vorkommen, wurde vor mehr als einhundert Jahren im wissenschaftlichen Sinne geweckt.

Jedoch ist unsere heutige Kenntnis dieser Formen des Lebens trotz der außerordentlichen Faszination, die gerade die Untersuchung derartiger Extrembedingungen bietet, im Vergleich zu anderen Zweigen der Mikrobiologie noch gering. Die Gründe dafür sind folgende: "extreme" Mikroorganismen sind im Labor schwer handhabbar. Entscheidende Vorteile mikrobiologischer Objekte gegenüber höheren Pflanzen oder Tieren treffen für diese Mikroorganismengruppe nicht zu. So z. B. ist bei diesen ein entscheidender Vorteil - die hohe Wachstumsgeschwindigkeit - nicht gegeben. Oftmals brauchen "extreme" Mikroorganismen statt weniger Stunden Tage und Wochen zur Vermehrung und gelangen damit in den Zeitbereich höherer Pflanzen und Tiere.

Zunächst sei die Frage nach dem Nutzen der Untersuchung von Extrembedingungen, die doch sehr abseits der menschlichen Lebensbedingungen liegen, gestellt. Die Erforschung von Extrembedingungen, die Kenntnis der Organismen, die unter diesen Bedingungen leben sowie deren Lebenstätigkeit ist in mehrererlei Hinsicht von Interesse: Sie zeigt dem Forscher alternative Lebenswege und äußerst interessante Möglichkeiten der Adaption, sie führt zu einer auf relativ einfache Art und Weise an die in chemischer und physikalischer Hinsicht Grenzen des Lebens - Verbindungen zur Beantwortung der Frage nach der Existenz außerirdischen Lebens tun sich auf - zum anderen können wir teilweise heute schon Leistungen extremer Mikroorganismen für das menschliche Leben nutzbar machen. Ein Beispiel hierfür

ist das mikrobiologische Verfahren der Erzlaugung durch das Bakterium *Thiobacillus ferrooxidans* zur Aufwertung von Metallvorräten der Erde, deren geringer Schwermetallgehalt eine ökonomische Nutzung sonst nicht zuließe.

Für den Mikrobiologen stehen im wesentlichen drei Fragen über das Leben von Mikroorganismen unter extremen Bedingungen im Vordergrund: 1. Welche Mikroben leben unter extremen Bedingungen? (Ökologie) 2. Warum können diese Mikroorganismen (andere wiederum nicht) unter diesen Bedingungen leben?

Welche Veränderungen im Stoffwechsel und in der Struktur ermöglichen dies? (Biochemie, Zellanatomie, Ultrastrukturanalyse). 3. Wie leben Mikroorganismen unter Extrembedingungen, z. B.: Wie schnell vermehren sie sich? (Physiologie).

Man sollte meinen, daß nach Beantwortung dieser Fragen die Faszination dem rationalen Verstehen weicht - das Gegenteil ist der Fall: Hier wird Leben an der Grenze des Lebens untersucht, hier zeigt das Leben seinen Minimalanspruch. Hier wird die außerordentliche Variabilität des Lebens auf beeindruckende Art und Weise sichtbar!

Zunächst wollen wir uns noch einmal der Frage "Wodurch sind extreme Biotope gekennzeichnet?" zuwenden. Hier muß aus der Sicht des Mikrobiologen eine Abgrenzung zu den von Botanikern und Zoologen seit langem bearbeiteten Anpassungen von Pflanzen und Tieren an besonders ungünstige Lebensräume (z. B. Wassermangel, hohe oder tiefe Temperaturen) getroffen werden.

Der Mikrobiologe definiert extreme Umweltbedingungen als solche Situationen, in denen fast ausschließlich mikrobielles Leben - und auch dies in stark reduzierter Vielfalt - existieren kann. Der Gedanke der Reduktion der Anzahl der Arten auf einige wenige Spezialisten spielt in dieser Definition die Hauptrolle. Unter Extrembedingungen sind höhere Tiere und Pflanzen nur in Ausnahmen lebensfähig. Die "Extrembedingungen" der Botaniker und Zoologen sind also um ein Vielfaches "lebensfreundlicher" als die des Mikrobiologen. An den Grenzen des Lebens können nur die Urformen - die einfachsten Formen des Lebens - existieren. Solche Grenzen des Lebens sind einmal unabhängig vom Menschen existierende, natürliche Extrembedingungen, zum anderen durch das Wirken des Menschen entstandene.

Natürliche Extrembedingungen sind hohe und tiefe Temperaturen (heiße Quellen, Gletscher), hoher Druck (am Boden der Ozeane), hohe und niedrige pH-Werte (Moore und Sümpfe, Komposthaufen), hohe Salzkonzentrationen (Totes Meer), hohe Strahlungsintensitäten (Stratosphäre) und Wassermangel (Wüsten).

Durch das Wirken des Menschen entstandene Extrembedingungen sind beispielsweise hohe Schwermetallkonzentrationen (Erzbergwerksabwässer), hohe Salzkonzentrationen (Salzfelder zur Salzgewinnung aus dem Meer), sowie hohe Temperaturen (Kühltürme).

Aber auch Mikroorganismen selbst schaffen sich Extrembedingungen. Ein gutes Beispiel ist das mikrobielle Leben in einem Komposthaufen: Dort leben Mikroorganismen, die einmal durch die Art der Verwertung der Nährstoffe eine starke Erhitzung (Temperaturen um 60°C) hervorrufen, zum anderen durch eine außerordentlich starke Spaltung des dort in hohen Konzentrationen vorhandenen Harnstoffs zu Ammoniak eine Erhöhung des pH-Wertes auf pH 10 bewirken.

Diese Organismen sind natürlich den von ihnen selbst geschaffenen Bedingungen bestens angepasst, viele andere Arten können diese ökologische Nische nicht besiedeln, und somit kann es zur Massenvermehrung einzelner Spezies kommen.

Ebenso wie sich im Komposthaufen die Faktoren hohe Temperatur und hoher pH-Wert überlagern, ist dies in vielen anderen Extrembiotopen der Fall. So sind heiße Quellen im Yellowstone-Nationalpark in den USA nicht nur sehr heiß, sondern haben oftmals gleichzeitig einen niedrigen pH-Wert. Folge: Nur thermophile (wärmeliebende) und acidophile (säureliebende) Mikroorganismen können sich dort ansiedeln.

Die Abwässer von Erzbergwerken beinhalten nicht nur eine große Menge an Schwermetallionen (Schwermetalle sind oft starke Zellgifte), sondern sind darüber hinaus oftmals sehr sauer. Auf dem Meeresboden ergänzen sich hohe Drücke (in extremen Tiefen bis zu $1,1 \cdot 10^8$ Pa - das entspricht 1100 atm -) und tiefe Temperaturen (-2°C).

Die kalten Wüsten (Steinwüsten) der Antarktis, die lange Zeit für unbelebt gehalten wurden, vereinen außerordentlich geringe Luftfeuchtigkeit mit tiefen Temperaturen (-40°C).

Um das Ausmaß der Anpassung an Extrembiotope verstehen zu können, muß man natürlich die "Normalbedingungen" von Mikroorganismen kennen. Diese Bedingungen sind für Bakterien, Hefen, Pilze und Algen unterschiedlich und variieren teilweise von Art zu Art. Es lassen sich aber - stark verallgemeinerte - Richtwerte angeben. So läßt sich also ein "physiologischer" Wachstumsbereich für Mikroorganismen etwa folgendermaßen definieren: pH-Wert 4 bis 8, Temperatur 20 bis 40°C, Wasseraktivität 60 bis 100 %, Schwermetallionenkonzentration 10^{-8} M, Salzkonzentration 0,1 bis 1,0 %.

Natürlich variieren die Ansprüche der Mikroben auch in Bereichen, die nicht als Extrembedingungen anzusehen sind. So gibt es acidophile (säureliebende), acidotolerante (säuretolerante) sowie halophile (salzliebende) Mikroorganismen. Thermophile Mikroben wachsen nur bei Temperaturen über 50°C, thermotolerante können ebenfalls bei höheren Temperaturen wachsen, ihr Optimum für das Wachstum liegt jedoch im Normalbereich. Analoges gilt für die psychrotrophen⁺ und psychrophilen ("kältetolerante" und kälteliebende) Mikroorganismen. Auch barophile Mikroben (diese ertragen hohe Drücke) besiedeln für andere weniger günstige Standorte.

Diese gezeigten vielfältigen Abweichungen vom "Normalbereich" zeigen bereits, daß es in der Natur einen "Normalbereich" eigentlich nicht gibt. Jeder Organismus hat spezifische Optima für das Wachstum und verschiedene Stoffwechselleistungen.

Erst die im Laufe der Evolution erfolgte Anpassung der Mikroorganismen an "ungünstige" Bedingungen machte eine Besiedlung der Erde möglich.

Durch das Wirken von Mikroorganismen auch an extremen Standorten gibt es geschlossene Stoffkreisläufe.

Wo die Bedingungen kein mikrobielles Leben zulassen, werden Stoffkreisläufe unterbrochen, kommt es zur Anhäufung und chemischen Umsetzung organischer Substanz. Derartigen Prozessen verdanken wir z. B. die Kohle und das Erdöl.

In diesem Zusammenhang sei noch erwähnt, daß man zwischen Mikroorganismen, die nur unter Extrembedingungen leben können, und solchen, die unter "Normalbedingungen" leben können,

⁺nähere Begriffserläuterung in der nächsten Folge
im Heft 7

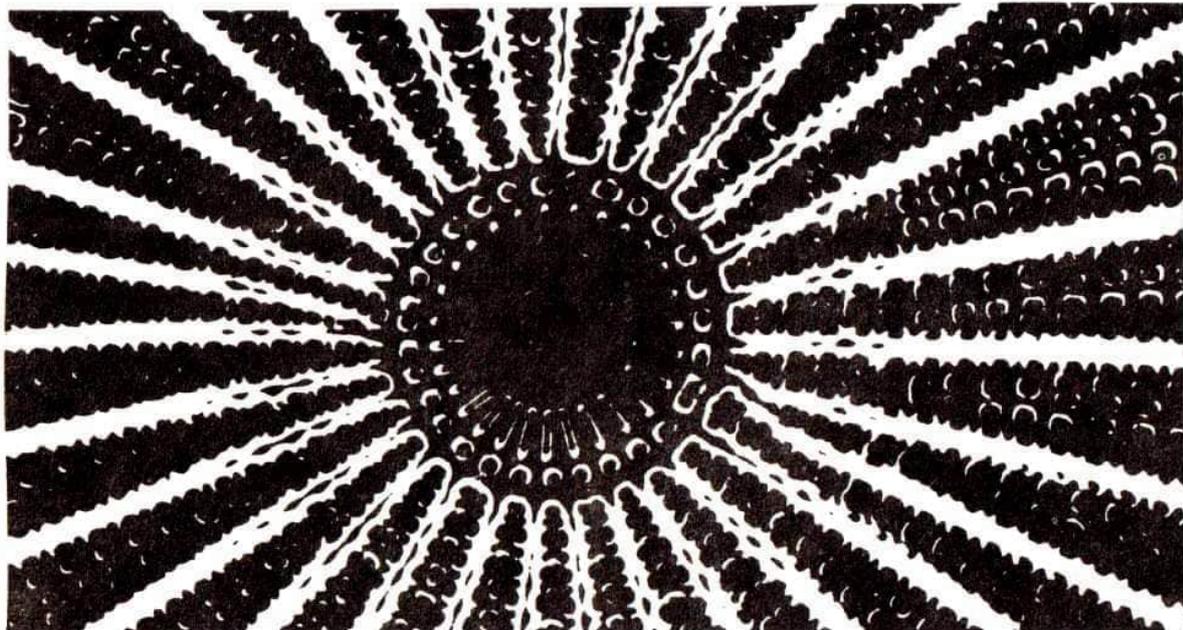
extreme Bedingungen aber z. T. sogar über sehr lange Zeiträume mit Hilfe von Dauerformen (Sporen, Cysten) zu überleben in der Lage sind.

Noch ein Wort zu den sehr gut untersuchten "Haustieren" der Mikrobiologen, den Mikroorganismen, die ihr Dasein in unseren Labors fristen.

Sie versetzen den Forscher oftmals durch eigenartiges Verhalten bezüglich Vermehrung und Bildung von Stoffwechselprodukten (z. B. Sekundärmetaboliten wie Antibiotika) in Erstaunen. Oft begreifen wir eine Leistung eines Mikroorganismus nicht gleich, weil wir ihre eigentliche Funktion unter natürlichen Bedingungen nicht kennen. So besteht im Labor für den Mikroorganismus keinerlei Notwendigkeit, ein Antibiotikum zu bilden - in der "freien Wildbahn", das heißt unter natürlichen Bedingungen, in Auseinandersetzung mit den Gegebenheiten und auch anderen Mikroorganismen, können diese Stoffe sehr wohl eine Bedeutung für den Mikroorganismus und die Erhaltung der Art haben.

Die Erforschung von extremen Biotopen und die Beobachtung der Lebensgewohnheiten seiner Bewohner hat nicht zuletzt zum Verständnis einiger Leistungen von Mikroben, die im Labor zunächst unverständlich erschienen, beigetragen.

Nächste Folge: Leben bei tiefen Temperaturen



Experiment „Berolina“ - materialwissenschaftliche Forschungen beim bemannten Raumflug UdSSR - DDR

H. J. Fischer, R. Herrmann, K. Hilbert, R. Kuhl, A. S. Ohotin

Im vorliegenden Beitrag werden einige Experimente beschrieben, die während des bemannten Raumfluges der internationalen Besatzung V. Bykovski - S. Jähn an Bord des Orbitalkomplexes Sojus 29 - Salut 6 - Sojus 31 durchgeführt wurden.

Ziel des von sowjetischen Wissenschaftlern und Wissenschaftlern der DDR gemeinsam für den bemannten Einsatz vorbereiteten Experimentalkomplexes "Berolina" sind die Erforschung der Wirkung der Schwerelosigkeit auf den Ablauf technologischer Prozesse und die Untersuchung der Eigenschaften der erhaltenen Materialien. Es ist gegenwärtig von hohem Interesse, gezielt die Bedingungen der langfristigen Ausschaltung der Schwerkraft zu nutzen, um damit ein tieferes Verständnis der physikalischen Prozesse bei der Bildung fester Phasen durch Kristallisation und Sublimation zu erreichen, aber auch um schwerkraftunabhängige Prozesse in ungestörter Weise untersuchen zu können. Dabei sucht man sich zunächst gut erforschte Modellsubstanzen und Methoden aus und sichert gleiche Experimentführung auf der Erde und im Kosmos. Die Materialanalysen erfolgen nach festgelegten Schritten durch Gegenüberstellung von kosmischer Probe und irdischer Vergleichsprobe. Zur Auswahl geeigneter Materialien lassen sich Schwerkraftabhängigkeiten von Materialkennwerten durch Zentrifugenversuche auf der Erde vorklären. Für die Untersuchung der schwerkraftabhängigen Phänomene sind heute materialwissenschaftliche Experimente im Bereich von etwa $10^{-6}g$ bis $10^{+2}g$ durchführbar.

Versuchsbedingungen

Verglichen mit den Experimentiermöglichkeiten für materialwissenschaftliche Versuche früherer bemannter Raumflüge waren die auf der Station Salut 6 erreichten Bedingungen für Dauer und Konstanz des verbleibenden Schwereniveaus sehr günstig. Durch die ständige Ausrichtung der Längsachse des Orbitalkomplexes Sojus 29 - Salut 6 - Sojus 31 in Richtung des Gravitationsvektors sowie die Anordnung der Versuchsaapparaturen in der Nähe

seines Schwerpunktes konnten während der gesamten aktiven Experimentierphase stabile Mikrogravitationsbedingungen aufrecht erhalten werden. Die aktive Versuchsdauer in den sowjetischen Öfen "Splav" und "Kristall" betrug je nach Experiment 10 bis 50 Stunden. Während die Apparatur "Splav" in einer evakuierbaren Schleusenkammer der Station Salut 6 untergebracht ist, arbeitet der Ofen "Kristall" in der Kabinenatmosphäre. Es konnte im Temperaturbereich zwischen 300 und 1200 °C experimentiert werden, wobei sich die Untersuchungsmaterialien im allgemeinen in evakuierten Quarzampullen befanden, die in standardisierten rostfreien Stahlcontainern schüttelsicher angeordnet sind. Die Container der Apparatur "Splav" wurden evakuiert und durch Elektronenstrahlschweißung hermetisch abgedichtet.

Der Kosmonaut konnte durch eine visuelle Betrachtung der hergestellten Materialien, durch Aufschrauben der Container der "Kristall"-Apparatur, bereits an Bord ein erstes Versuchsergebnis mitteilen.

Verwendete Untersuchungssubstanzen und

wissenschaftliche Ziele

Es soll hier über die Durchführung der Teile "Formzüchtung" und "Kristallisation" von Wismut-Antimon ($\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$), "Sublimation" von Bleitellurid (PbTe) und "Glasschmelzen" des Komplexes "Berolina" berichtet werden.

$\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ -Legierungen bilden lückenlos Substitutionsmischkristalle. Das Legierungssystem $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ neigt beim Kristallisieren aus der Schmelze zu starken Entmischungen der Komponenten, die zu einem makroskopischen Konzentrationsprofil über den gewachsenen Kristall führen, sowie zu Konzentrationsschwankungen in mikroskopischen Bereichen auf Grund von Unterkühlungserscheinungen an der Erstarrungsfront. Beide Erscheinungen sind von konvektiven Prozessen in der Legierungsschmelze abhängig, ebenso die kristalline Struktur des Legierungsmaterials. Speziell die Untersuchung der elektronischen Eigenschaften führt zu detaillierten Aussagen der physikalischen und chemischen Perfektion des Kristalls. Als binäre Legierung hat $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ Modellcharakter für Kristallsysteme mit schmaler verbotener Energielücke, da die Bandstruktur sich mit der Zusammensetzung stark ändert und gegenüber äußeren Einwirkungen wie Temperatur, Druck oder Magnetfeld sehr empfindlich ist.

Im Experiment "Kristallisation" erstarrt die Legierungsschmelze in einer geschlossenen Ampulle, gerichtet durch mechanisches Herausführen des beschickten Containers aus der heißen Ofenzone der Apparatur "Kristall" mit einer Ziehgeschwindigkeit von 11,3 mm/h über eine Länge von 65 mm. Durch die Auslese eines willkürlich gewachsenen Keims entsteht ein zylinderförmiger Kristall mit einheitlicher kristallografischer Orientierung.

Durch Vorgabe eines Kristallkeimes und einer Keimauslesevorrichtung wird im Experiment "Formzüchtung" ein Einkristall mit einer für die nachfolgenden Analysen optimal angepaßten äußeren Gestalt erhalten. Die Oberfläche der zwischen planparallelen ebenen Quarzplatten einer Züchtungsform kristallisierten Probe fallen dabei mit ausgewählten natürlichen Kristallebenen zusammen. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, die Proben präparationsfrei mit Hilfe moderner physikalischer Methoden analysieren zu können.

Ziel beider Experimente zur Einkristallzüchtung von $\text{Bi}_{1-x}\text{Sb}_x$ sind die Untersuchung des Einflusses fehlender thermischer Konvektion auf die makroskopische Verteilung der Legierungskomponenten entlang und radial zur Kristallisationsrichtung sowie die Bestimmung der mikroskopischen Homogenität und der strukturellen Perfektion der herzustellenden Einkristalle, der Wechselwirkung der Schmelze mit der Ampullenwand und der Möglichkeiten der definierten Keimvorgabe.

Ebenfalls als gut erforschte Modells substanz kann das für das Experiment "Sublimation" eingesetzte PbTe angesehen werden. Es ist eine typische Halbleiterverbindung der Stoffklasse $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{IV}}$ mit schmaler verbotener Zone.

Durch Sublimation aus der Dampfphase gezüchtete PbTe-Kristalle weisen im allgemeinen eine bessere Struktur als aus der Schmelze gezüchtete Kristalle auf, da das Wachstum sehr langsam verläuft. Deshalb sollen in diesem Versuch die Wachstumsbedingungen für PbTe-Einkristalle und die kristalline Struktur in Abhängigkeit vom Transportregime auf der Erde und im Kosmos verglichen werden. Prinzipiell ist im Kosmos ein stabileres Wachstum durch den Wegfall turbulenter Strömung zu erwarten. Das Experiment "Sublimation" im Ofen "Kristall" erfolgt durch Verdampfen des Quellmaterials und Aufwachsen auf einen orientierten Keimkristall bei niedriger Temperatur in einer Edelgasatmosphäre.

Die Forderung nach optischen Gläsern mit außergewöhnlichen Eigenschaften zwingt heute zur Benutzung extremer Glaszusammensetzungen. Die Herstellung derartiger Gläser ist mit großen technologischen Schwierigkeiten verbunden - eine Reihe von Vorgängen in der Schmelze ist noch ungeklärt. Unter irdischen Bedingungen entstehen oft Inhomogenitäten, die sich infolge der Konvektion schlierenhaft^{x)} auf große Bereiche der Schmelze verteilen und damit den Glasblock unbrauchbar machen. Im Experiment "Glasschmelze" soll der Einfluß orbitaler Bedingungen auf die Ausbildung von Inhomogenitäten in der Schmelze und auf die Wirkung der Diffusion zur Beseitigung von Glasschlieren erforscht werden. Die Untersuchungssubstanz ist ein niedrigschmelzendes optisches Modellglas auf Berylliumfluorid-Basis. Die Proben stammen aus einem größeren Glasblock, der unter Normalbedingungen erschmolzen wurde. Sie enthielten eine in ihrer räumlichen Lage bekannte Schliere, deren Veränderung untersucht wird. Das Glas wurde für einen Zeitraum von 18 h bei einer Ofentemperatur von 800 °C in der isothermen Zone des Ofens "Splev" flüssig gehalten.

Vorläufige Ergebnisse

Sowohl die Flugexemplare als auch ihre irdischen Vergleichsproben befinden sich gegenwärtig im Stadium ihrer schrittweisen Analyse, beginnend mit nichtzerstörenden Prüfungen. Es können hier nur erste Ergebnisse dieser Untersuchungen dargestellt werden.

Die visuelle Betrachtung der kosmischen Kristalle zeigt eine unterschiedliche Oberflächenmorphologie. Die Kristallproben sind teilweise glatt und spiegelnd, es treten aber auch Wachstumsstrukturen oder bläschenartige Vertiefungen der Oberfläche auf. Der Durchmesser der Poren erstreckt sich von einigen Mikrometern bis zu einigen Millimetern.

Poröse Kristalloberflächen bei der Züchtung aus der Schmelze sind ein häufig beobachtetes Merkmal "kosmischer" Proben, wenn sich Gaspertikel bilden und ein Kontakt von Schmelze und Containerwand vorliegt. Unter irdischen Bedingungen bewegen sich

^{x)} Schliere - optische Inhomogenität

die Glaspartikel auf Grund des Auftriebs so, daß der größte Teil sich über der Schmelze sammelt, bei Mikrogravitationsverhältnissen verbleiben die Gaspartikel in der Schmelze. Innerhalb der Poren tritt häufig Facettenbildung auf. Facettierte Kristallflächen werden auch in Kristalliten beobachtet, die sich in Probenvertiefungen gebildet haben. Ein Wachstum von polyedrischen Kristalliten innerhalb von Poren trat auch bei der gerichteten Erstarrung von $Te_{1-x}Se_x$ -Legierungen unter Mikrogravitationsbedingungen auf. Ein irdisches Analogon dieser Erscheinung wurde nicht beobachtet.

Die äußere Form der erstarrten Proben weist auf Unterschiede im Benetzungsverhalten und Besonderheiten orbitaler Schmelz- und Erstarrungsbedingungen hin. Obwohl im Detail noch nicht geklärt, sind bei den Schmelzversuchen Veränderungen des Einflusses von Oberflächen- und Grenzflächenkräften im Kosmos und Besonderheiten thermodynamisch instabiler Zustände festgestellt worden. Aus ersten Röntgenuntersuchungen ist ersichtlich, daß die Kristallzüchtungsversuche im Kosmos sowohl einkristallines $Bi_{1-x}Sb_x$ -Material als auch PbTe-Material erbracht haben. Beim Versuch "Sublimation" von PbTe ist eine Schicht von ca. 4 mm auf die einkristalline Keimscheibe aufgewachsen.

Beim Experiment "Glasschmelze" wurde ein zylinderförmiger Körper (\emptyset 10 mm, Länge ca. 30 mm) optischen Glases erhalten. Die ursprünglich in dem Probekörper enthaltene Schliere befindet sich nach dem Aufschmelzen im Kosmos noch am gleichen Ort, beim irdischen Vergleichsexperiment ist das nicht der Fall. Diese Tatsache ist Ausdruck der vernachlässigbaren gravitationsinduzierten Konvektion im Kosmos.

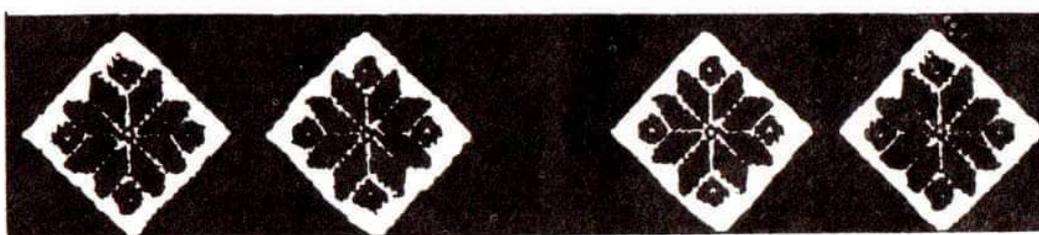
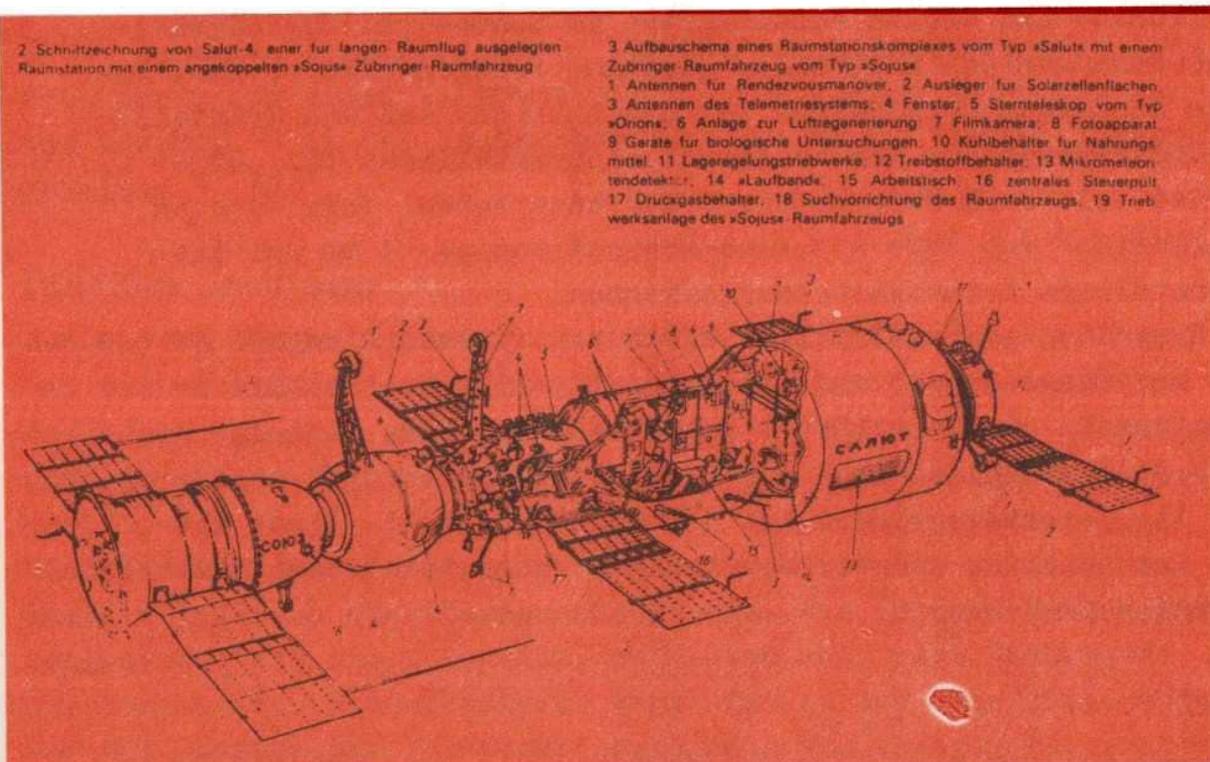
Ausblick

Aufbauend auf den positiven Erfahrungen, die beim Komplex "Berolina" gesammelt wurden sowie in Auswertung aller Experimente der gemeinsamen bemannten Raumflüge von Vertretern der Staaten der Interkosmoskooperation wird sich die DDR planmäßig an weiteren Experimenten zur kosmischen Technologie beteiligen. Im Vordergrund stehen dabei die Untersuchung des Wärme- und Massetransportes in Flüssigkeiten und Gasen, das Dispersions- und Kristallisationsverhalten von Legierungen und die Untersuchung optischer Medien in bezug auf die Einflußfaktoren an Bord von

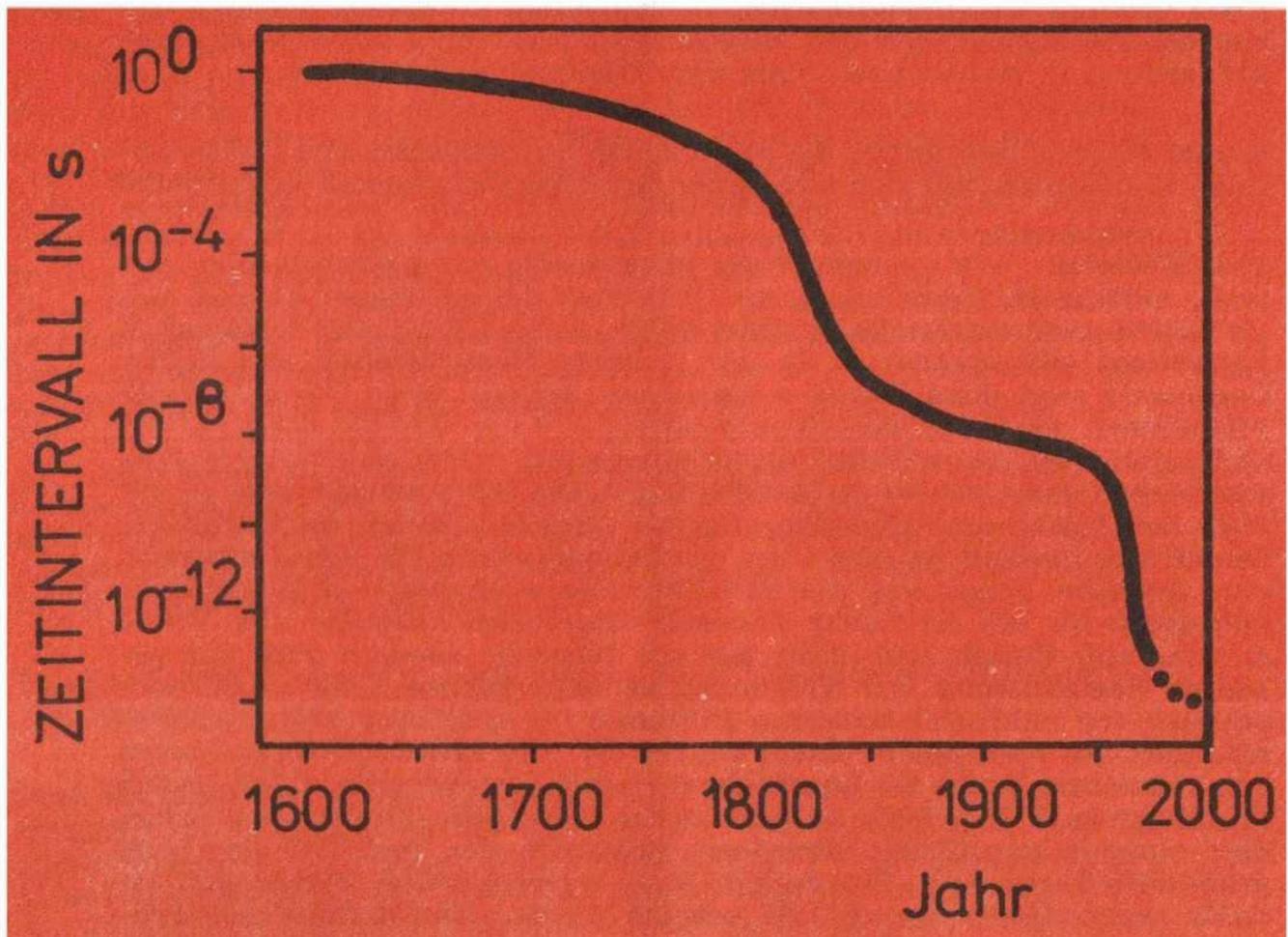
Orbitalstationen auf die Versuchsdurchführung. Irdische Modellierung von Vorgängen zur Prognose, vervollkommnete Apparaturen mit hohem Automatisierungsgrad und eine Teilanalyse an Bord werden als Schritte zur breiteren Nutzung der experimentellen Möglichkeiten im Kosmos angesehen.

Auch die zukünftigen Experimente sind Bestandteil der Verwirklichung des langfristigen Interkosmosprogrammes der sozialistischen Länder.

Nachdruck des Vortrages von Prof. Dr. Fischer
auf dem IAF-Kongreß 1979 in München (redaktionell gekürzt)



UPS 1980



Interview mit Prof. Dr. B. Wilhelmi über Stand und Entwicklungstendenzen der Ultrakurzzeitspektroskopie

Vom 30.10. bis 4.11.1980 fand in Reinhardsbrunn das 2. Internationale Symposium „Ultrafast Phenomena in Spectroscopy“ (UPS) statt. Mit dem Vorsitzenden des Internationalen Programmkomitees, Prof. Bernd Wilhelmi, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Sektion Physik, sprach Eberhard Welsch.

impuls 68: Herr Professor Wilhelmi, wir beglückwünschen Sie zum erfolgreichen Abschluß des Symposiums in Reinhardsbrunn! Was war überhaupt das Anliegen dieser Konferenz?

Prof. Wilhelmi: Gemäß den Vorstellungen des Internationalen Wissenschaftlichen Komitees bestand das Anliegen von UPS 80 darin, in einem Kreis von aktiven Wissenschaftlern über neueste Ergebnisse auf dem Gebiet der Impulslaser und der Pikosekundenmeßtechnik sowie über deren Anwendung in Naturwissenschaft und Technik zu diskutieren.

impuls 68: Was rechtfertigt die regelmäßige Durchführung von internationalen Konferenzen auf dem Gebiet der optischen Ultrakurzzeitmeßtechnik?

Prof. Wilhelmi: Wie dynamisch die Entwicklung auf diesem Gebiet verläuft, möchte ich Ihnen an einem Diagramm demonstrieren, in dem das kürzeste direkt vermessene Zeitintervall in Abhängigkeit vom historischen Zeitverlauf aufgetragen ist. In der jüngsten Vergangenheit und in der Gegenwart zeigt diese Kurve einen starken Abfall. Diese Revolution der Meßtechnik als Folge der Entwicklung der Laser-Physik wird in den nächsten Jahren wesentliche Auswirkungen auf nahezu alle naturwissenschaftlichen und technischen Gebiete haben. Die Elementarvorgänge in der Welt der Atome und Moleküle, die uns umgeben, laufen im Ultrakurzzeitbereich ab. Deshalb hat die Ultrakurzzeitmeßtechnik für den Zeitbereich eine ähnliche Bedeutung wie das Lichtmikroskop und das Elektronenmikroskop für die Auflösung kleinster räumlicher Abstände. Die Ultrakurzzeitlaser dienen aber nicht nur zur Messung, sondern auch zur gezielten Beeinflussung von Vorgängen in solch kurzen Zeiten, z. B. zum Schalten von mikroelektronischen Prozessen innerhalb von wenigen Pikosekunden. Ich habe das in einem Beitrag für Ihre Zeitschrift Ihren Lesern vom damaligen Stand der Entwicklung zu erläutern versucht. („impuls 68“ 11. Jahrgang 1977/78, Heft 2.) Eine solche stürmische Entwicklung erfordert einen regelmäßigen intensiven Austausch der Resultate und eine gründliche Diskussion. Ein regelmäßiges internationales Symposium ist dafür gut geeignet. Als ich 1978 gebeten wurde, das Internationale Programmkomitee von UPS 80 zu leiten, habe ich deswegen diese Aufgabe gern übernommen. Zugleich stellten sich unsere Universität und das Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie gemeinsam mit der Physikalischen Gesellschaft der DDR der Aufgabe, dieses Symposium in der DDR auszurichten.

impuls 68: Welche Ergebnisse und Trends wurden bei UPS 80 vorgetragen und diskutiert?

Prof. Wilhelmi: In der letzten Zeit gelang es in einigen Laboratorien (u. a. auch bei uns in Jena), in den Subpikosekundenbereich vorzudringen. Die kürzesten Impulse konnten von J. C. Diels (Los Angeles) erreicht und angewendet werden; ein solcher Lichtimpuls von 130 Femtosekunden (1 Femtosekunde $\triangleq 10^{-15}$ Sekunden) Länge besteht nur noch aus 60 Wellenbergen und hat eine räumliche Ausdehnung von nur 40 μm . Die stabile Erzeugung solcher extrem kurzen Impulse und ihre meßtechnische Anwendung wurde außer in dem Vortrag von Diels auch von vielen anderen lebhaft diskutiert.

Mit Farbstofflasern, parametrischen und Raman-Generatoren wurden ultrakurze Lichtimpulse in weiten Frequenzbereichen vom Ultravioletten bis zum Infraroten erzeugt.

Von V. L. Letokhov (Moskau) wurde der Bau eines Gerätes vorgeschlagen, das die hohe zeitliche Auflösung der Pikosekunden-spektroskopie mit der hohen räumlichen Auflösung der Feldionenmikroskopie verbindet. Gegenwärtig arbeitet er mit einem großen Kollektiv an den physikalischen Grundlagen für eine solche Problemlösung.

Sehr interessante Anwendungen wurden auf den Gebieten der Molekül- und Festkörperphysik dargestellt. Von verschiedenen Gruppen (u. a. auch von unserer) wurden superschnelle Veränderungen innerhalb von Molekülen und Festkörpern nach einer Lichtanregung diskutiert. Mataga (Osaka) konnte über die erstmalige Beobachtung von Elektronenumlagerungen im angeregten Molekülzustand berichten.

Ganz neue Möglichkeiten (z. B. für den Bau von optischen logischen Elementen, optischen Verstärkern und optischen Stabilisatoren) eröffnen die Untersuchungen zu optischen Bistabilitäten, wie sie von Wissenschaftlern aus Edinburgh und Jena durchgeführt wurden.

Schließlich wurden auch zu biologischen Elementarprozessen außerordentlich interessante Ergebnisse vorgestellt, die die ersten Schritte nach der Lichtanregung bei der Photosynthese sowie Bewegungsvorgänge in der DNS betreffen. Auch hier gibt es erfolgversprechende Ansätze für spätere Anwendungen, beispielsweise wurden von Svelto (Mailand) Forschungen zur Krebsbekämpfung vorgeschlagen.

impuls 68: Wie schätzen Sie den Beitrag der DDR-Wissenschaftler zu diesem Symposium ein?

Prof. Wilhelmi: Die Wissenschaftler aus unserer Republik traten mit drei eingeladenen Vorträgen (davon zwei aus unserer Univesität), 14 Kurzvorträgen (davon 9 aus unserer Universität) und 21 Posterbeiträgen (davon 12 aus unserer Universität) auf. Dadurch konnten die Leistungen, die in den letzten zwei Jahren bei uns erzielt wurden, umfassend diskutiert und viele Anregungen für die weitere Arbeit gewonnen werden. Hervorzuheben ist, daß mehrere Nachwuchswissenschaftler und Forschungsstudenten bei UPS 80 ihr Debüt in der internationalen Arena gaben und dabei sehr erfolgreich abschnitten. Außerdem ist zu erwähnen, daß an mehreren Jenaer Beiträgen außer den Physikern auch Wissenschaftler der Sektionen Chemie und Biologie mitwirkten. Eine solche interdisziplinäre Bearbeitung ist vielen Problemen der Ultrakurzzeitspektroskopie angemessen. Vier Bei-

träge waren gemeinsam von Wissenschaftlern unserer Sektion mit Partnern in Moskau bzw. Vilnius erarbeitet worden, was einen Ausdruck für das gewachsene Niveau der internationalen Zusammenarbeit darstellt. Für den 5. 11. 1980, also unmittelbar im Anschluß an das Symposium, hatten der Generaldirektor des Kombinates VEB Carl Zeiss JENA und der Rektor der Friedrich-Schiller-Universität Jena alle ausländischen Teilnehmer zu einem Besuch nach Jena eingeladen. Am Vormittag besichtigten die Gäste Laboratorien für Pikosekundenspektroskopie an unserer Universität, wobei sie sich sehr beeindruckt von den experimentellen Möglichkeiten und dem hohen technisch-wissenschaftlichen Niveau derjenigen Geräte, die in unseren Werkstätten hergestellt wurden, zeigten. Im Verhandlungszentrum des VEB Carl Zeiss JENA konnten sich die ausländischen Wissenschaftler am Nachmittag von Breite und Qualität des Produktionsprogrammes dieses Kombinates überzeugen. In den Kundenlabors wurden besonders die Anwendungsmöglichkeiten von Lasern und Geräten der Analysenmeßtechnik demonstriert. Führende Wissenschaftler des Kombinates beantworteten anschließend Fragen der Gäste zum gegenwärtigen Produktionsprogramm und zu Perspektiven.

impuls 68: Wie war die Diskussionsatmosphäre?

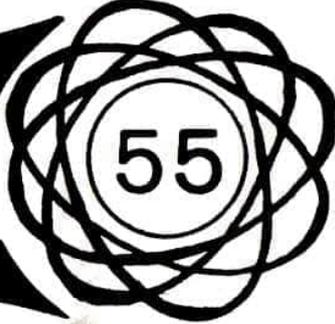
Prof. Wilhelmi: Sowohl in Reinhardsbrunn als auch in Jena wurde von morgens bis abends lebhaft diskutiert wobei zugleich alte Freundschaften und Kooperationen vertieft und neue geschlossen wurden. Natürlich wurde außer über fachliche Probleme auch intensiv über Weltpolitik, Wissenschaftspolitik und viele andere Fragen diskutiert. Wir als Gastgeber waren bemüht, unseren Gästen möglichst vielseitige Eindrücke von der ökonomischen und kulturellen Entwicklung in unserer Republik sowie von den historischen Traditionen zu vermitteln. Dabei haben uns viele Kollegen aus unserer Universität sowie aus anderen Einrichtungen sehr wirkungsvoll unterstützt; hervorheben möchte ich Prof. Dr. Steiger, Frau E. Wagner, das Kammerorchester der Akademischen Orchestervereinigung sowie die verantwortlichen Kollegen des Ekhof-Theaters in Gotha und des Bach-Hauses in Eisenach.

impuls 68: Wann und wo wird das nächste UPS-Symposium stattfinden?

Prof. Wilhelmi: Das internationale wissenschaftliche Komitee hat in Abstimmung mit der Akademie der Wissenschaften der BSSR als Gastgeber beschlossen, das nächste Symposium 1983 in Minsk durchzuführen.

impuls 68: Herr Professor Wilhelmi, wir bedanken uns sehr herzlich für die Gewährung dieses Interviews.

physikaufgabe



55

Bei der Rückkehr der Landekapsel von Apollo 15 auf die Erde hat sich einer der drei Bremsfallschirme nicht geöffnet. Um welchen Faktor hat sich dadurch die Fallgeschwindigkeit gegenüber dem vorgesehenen Wert vergrößert, wenn wir annehmen, daß die Bremskraft proportional der Fallschirmfläche und proportional dem Quadrat der Fallgeschwindigkeit ist?

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 aufgabe 47 aus heft 8 /13.jg.

aufgabe:

Auf welche Entfernung muß man einen Fotoapparat einstellen, wenn man sich selbst in einem Spiegel fotografieren will? Der Abstand zum Spiegel betrage 1m.

lösung: (eingesandt von andreas raithel, oberoppurg)

Am Fotoapparat muß man eine Entfernung von 2m einstellen. Dies ergibt sich aus dem Gesetz der Reflexion. Nach diesem Gesetz werden Strahlen, die auf einen ebenen Spiegel fallen, so reflektiert, daß Einfallswinkel und Reflexionswinkel gleich groß sind. Verlängert man die Reflexionsstrahlen rückwärtig, erhält man das Bild. Es hat den gleichen Abstand vom Spiegel wie der Gegenstand (Fotoapparat). Da das Bild hinter dem Spiegel liegt, beträgt die Entfernung das Doppelte des Abstandes Gegenstand-Spiegel.

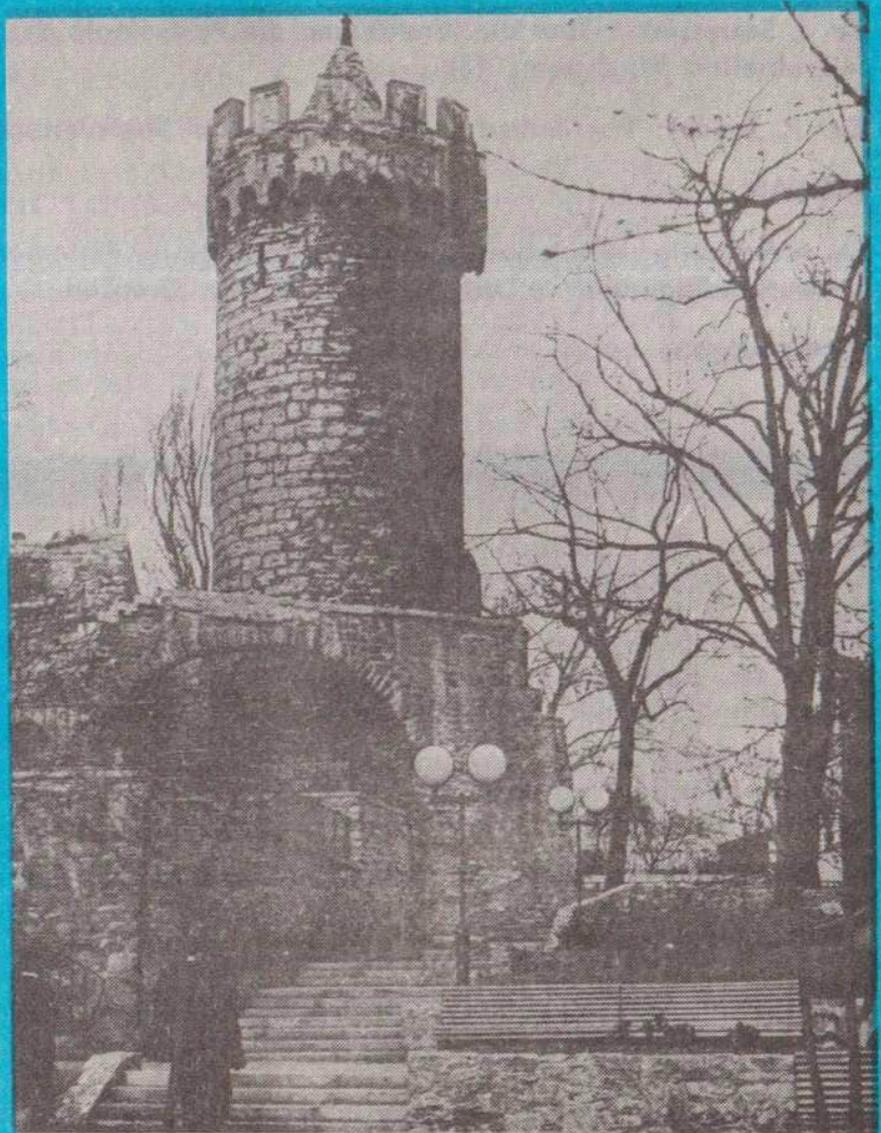
Anmerkung d. Red.: Das Bild hinter dem Spiegel ist ein sogenanntes "virtuelles Bild".



So einen schönen Winter wünschen wir all unseren Lesern (Foto: P. Liemen, Waltershausen)

Impuls 68

7



Jena Pulverturm (Teil der alten Stadtbefestigung nach der Restaurierung)
Aufn.: Luthardt

Diagnose



Pheromone



Kinetik



Supraleitung



Grenzen des Lebens

impuls

68

Inhaltsverzeichnis

Prof. Dr. M. Schubert: Zur systematischen Gewinnung von Diagnoseresultaten in der Medizin (1)		3- 8
Dr. P. Renner: Pheromone – Chemische Signale im Tierreich (1)	CHE	9-12
Dr. J. Sauerstein: Über die Kinetik und die Physiologie des mikrobiellen Wachstums (3)	BIO	13-18
Dr. P. Seidel: Physikalische Grundlagen der Supraleitung (1)	PHY	19-23
MOSAİK		24
Dr. A. Schluttig: Wie leben Mikroorganismen unter extremen Umweltbedingungen – Das Leben an seinen Grenzen	BIO	25-30
Matheaufgabe		31

Redaktion: Dr. Eberhard Welsch (Chefredakteur); Achim Dittmar, Reinhard Meinel (stellvertretende Chefredakteure); Dipl.-Phys. Wilfried Hild; Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen); Dipl.-Chem. Roland Colditz (Chemie); Dr. Jürgen Sauerstein (Biologie); Vera Masurat (Gestaltung); Reiner Luthardt (Fotografie, Gestaltung)

Die Redaktion wurde 1969 und 1980 mit dem Ehrentitel „Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR“ ausgezeichnet.

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Anschrift: impuls 68, 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1

Lizenzgeber: Presseamt beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik unter der Nummer 1570

Kleinoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, Betriebsteil V „Werner John“, Rudolstadt

Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981. Bestellungen richten Sie bitte direkt an unsere Anschrift; bei Bezahlungen oder Anfragen nennen Sie unbedingt die Adresse, unter der Sie „impuls 68“ erhalten.

Heftpreis: -,40 M, Jahresabonnement: 4,- M



Zur systematischen Gewinnung von Diagnoseresultaten in der Medizin Teil I

1. Ein Interview an Stelle der Einleitung

Nach zahlreichen Veröffentlichungen aus der Physik, Chemie, Biologie wollen wir in diesem Heft eine Beitragsserie zu mathematisch-naturwissenschaftlichen Aspekten in der Medizin beginnen; ihr Inhalt berührt auch die allgemeinere Thematik der Rationalisierung der geistigen Tätigkeit, die sich gegenwärtig auf den verschiedensten Gebieten als Aufgabe stellt. Wir konnten dafür den Direktor der Sektion Physik der Friedrich-Schiller-Universität, Prof. Dr. M. Schubert, gewinnen, dem wir folgende Fragen vorlegten:

"impuls 68": Im nationalen und internationalen Rahmen sind Sie mit Originalveröffentlichungen und Büchern über Spektroskopie, Quantenelektronik, Quantentheorie bekannt geworden. Deshalb haben wir mit einer gewissen Verwunderung gelesen, daß Sie vor Angehörigen des Bereiches Medizin der Universität Jena einen vieldiskutierten Vortrag über Konzeptionen der medizinischen Diagnose gehalten haben. Was kann einen Physiker dazu bewegen, sich mit diesem Stoff zu befassen?

Prof. Schubert: Die medizinischen Diagnoseprozeduren zeigen der Struktur nach Ähnlichkeiten mit Problemen, wie sie auch dem Physiker in seinem Fach begegnen: das zu gewinnende Resultat muß in der Regel aus einer Vielzahl von Einzelfakten herausgeschält werden, die teils in einem systematisch-logischen, teils in einem Wahrscheinlichkeits-Zusammenhang stehen. Die medizinischen Diagnoseprobleme sind im allgemeinen deshalb von besonderer Schwierigkeit, weil eine sehr umfangreiche Mannigfaltigkeit von wechselseitigen Abhängigkeiten besteht, die stark von Wahrscheinlichkeiten bestimmt sein können. Solche Fragestellungen wecken das Interesse eines Physikers, der sich mit Grundlagen der physikalischen Meßpraxis und Informationsgewinnung beschäftigt hat; ich wurde mit solchen Problemen in der Medizin gewissermaßen zufällig

bekannt, nämlich anlässlich einer längeren Krankheit eines Familienmitgliedes.

"Impuls 68": Um was geht es bei den verschiedenen Konzeptionen der medizinischen Diagnose?

Prof. Schubert: Zentrales Anliegen der medizinischen Diagnose ist es, von den bei einem Patienten gefundenen Symptomen unter Verwendung der medizinischen Erkenntnis auf den beim Patienten vorhandenen Krankheitskomplex optimal zu schließen. Dazu bieten sich je nach der Qualität der Voraussetzungen über das zugrunde gelegte Diagnosematerial verschiedene Methoden an. Es sind dies einmal die Aussagenlogik-Konzeption, zum anderen eine Wahrscheinlichkeits-Konzeption, die mit scharfen Wahrscheinlichkeitswerten arbeitet und weiterhin eine Wahrscheinlichkeits-Konzeption mit unscharfen Wahrscheinlichkeitswerten innerhalb von Konfidenz(d.h. Vertrauens)-Bereichen. Diese Methoden gestatten ein systematisches Vorgehen zur Gewinnung eines optimalen Diagnoseresultates. Es sei hier - um Mißdeutungen von vornherein auszuschließen - angemerkt, daß neben dem systematisch analysierbaren Material in mehr oder weniger großem Umfang auch Imponderabilien (Unwägbarkeiten) in die medizinische Gesamtdiagnose eingehen.

"Impuls 68": Was ist für das Verständnis der Konzeptionen der medizinischen Diagnose notwendig, wobei natürlich zu berücksichtigen ist, daß in dieser Beitragsserie nicht auf eine umfassende Darstellung abgezielt wird, sondern die wesentlichen Sachverhalte nur skizziert werden sollen?

Prof. Schubert: Es wird dazu die Kenntnis einiger allgemeiner Begriffe und Sätze der Aussagenlogik sowie der Wahrscheinlichkeitsrechnung benötigt. Da diese in der Regel nicht im Lehrplan der Oberschule gebracht werden, soll das Wenige, das für unsere Zwecke gebraucht wird, an den betreffenden Stellen (für den damit nicht vertrauten Leser) zusammengestellt und exemplifiziert werden. Natürlich haben diese mathematischen Grundlagen auch selbständigen Wert: als interessante und wichtige Ergänzung zu anderen mathematischen Disziplinen und als Anwendung in den Naturwissenschaften (bspw.: als Boolesche Algebra in der Elektronik und Informationsverarbeitung; bei statistischen Problemen in der

Biologie, Chemie und Technik; in den Grundlagen der Quantenphysik) und in der Philosophie (Logik).

2. Die Aussagenlogik-Konzeption der Medizinischen Diagnose

Unter bestimmten Bedingungen werden in der medizinischen Diagnose Aussagen benutzt, die entweder wahr oder falsch sind; beispielsweise: "beim Patient (Proband) X liegt das Symptom s_1 vor", "der Proband X hat nicht die Krankheit k_2 ". Das gilt auch für die allgemeine (d.h. von einem Probanden unabhängige) medizinische Erkenntnis (bspw.: "wenn die Krankheit k_3 vorliegt, so tritt das Symptom s_4 auf"). Bei der Diskussion des Symptom-Krankheits-Zusammenhanges eines Patienten sind in der Regel viele Einzelsymptome und viele Einzelkrankheiten in Betracht zu ziehen; auch die zu verwendende allgemeine medizinische Erkenntnis enthält viele Verknüpfungen zwischen Krankheiten und Symptomen. Deshalb besteht die umgangssprachliche Beschreibung des gesamten Sachverhaltes, aus welchem die beim Patienten vorliegende Krankheit logisch erschlossen werden muß, in der Regel aus einer großen Mannigfaltigkeit von Sätzen, die wegen der vielen wechselseitigen Verknüpfungen der Einzelaussagen wenig durchsichtig ist. Demgegenüber liefert eine Beschreibung, die den Kalkül der Aussagenlogik benutzt, eine durchsichtige Darstellung, aus der man den Krankheitsbefund

derart logisch deduzieren kann, wie das von normalen arithmetischen Operationen her bekannt ist. Ein solches Vorgehen in der medizinischen Diagnose kann als Beispiel für die Rationalisierung der geistigen Tätigkeit auch auf anderen Gebieten gelten.

Wir wollen zunächst in Abschnitt 2.1. für die mit dem Formalismus der Aussagenlogik nicht vertrauten Leser die wenigen allgemeinen Begriffe und Sätze, die für unsere Zwecke benötigt werden, zusammenstellen und exemplifizieren; ihre inhaltliche Bedeutung wird anschließend bei der Anwendung auf die medizinische Diagnose ab Abschnitt 2.2. klar.

2.1. Einige Begriffe und Gesetzmäßigkeiten der Aussagenlogik k

Die Aussagenlogik arbeitet mit Aussagen $Q_1, Q_2 \dots$, welche die Eigenschaft haben, entweder wahr oder falsch zu sein.

Dementsprechend hat jede Aussage den Wahrheitswert 1 (wahr) oder 0 (falsch). Aus der Verbindung von Aussagen Q_1, Q_2, \dots mittels aussagenlogischer Funktionen entstehen neue Aussagen. Von vier wichtigen aussagenlogischen Funktionen geben wir im folgenden die symbolischen und umgangssprachlichen Formulierungen an:

die Negation: \bar{Q}_1 ; "es ist nicht wahr, daß Q_1 ", "nicht Q_1 "

die Konjunktion: $Q_1 \wedge Q_2$; " Q_1 und zugleich Q_2 "

die Alternative: $Q_1 \vee Q_2$; " Q_1 oder auch Q_2 "

die Implikation: $Q_1 \rightarrow Q_2$; "wenn Q_1 , so Q_2 ", " Q_1 impliziert Q_2 ".

Die Zeichen $\bar{}, \wedge, \vee, \rightarrow$ werden als Funktoren (Funktionszeichen) bezeichnet. Die genannten vier Funktionen sind durch folgende Wahrheitstabelle definiert:

Abb. 1

Q_1	Q_2	\bar{Q}_1	$Q_1 \wedge Q_2$	$Q_1 \vee Q_2$	$Q_1 \rightarrow Q_2$
0	0	1	0	0	1
0	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0
1	1	0	1	1	1

Diese Tabelle ist folgendermaßen zu lesen: Wenn Q_1 wahr ist, ist die Aussage \bar{Q}_1 falsch. Die Aussage $Q_1 \wedge Q_2$ ist nur dann wahr, wenn sowohl die Aussage Q_1 als auch die Aussage Q_2 wahr ist. Die Aussage $Q_1 \rightarrow Q_2$ ist nur dann falsch, wenn simultan die Aussage Q_1 wahr und die Aussage Q_2 falsch ist. Während die Negation nur eine Aussagenvariable enthält, sind es bei Konjunktion, Alternative und Implikation zwei. Bei Konjunktion und Alternative besteht symmetrische Abhängigkeit vom Vorderglied (Q_1) und Hinterglied (Q_2), bei der Implikation unsymmetrische.

Neben den Funktoren werden als technische Zeichen - wie in arithmetischen Ausdrücken - Klammern verwendet. Damit kann man von den genannten Funktionen zu aussagenlogischen Funktionen gelangen, die mehr als zwei Aussagenvariablen enthalten. Bspw. ist

$$F(Q_1, Q_2, Q_3) = \bar{Q}_1 \vee (Q_2 \wedge Q_3) \quad (1)$$

eine Funktion von drei Aussagenvariablen, die eine Alternative der Aussagen \bar{Q}_1 und $Q_2 \wedge Q_3$ darstellt.

Zwei aussagenlogische Ausdrücke

$$F(Q_1, \dots, Q_j, \dots, Q_m) \text{ und } G(Q_1, \dots, Q_j, \dots, Q_m)$$

sind dann gleich ("werteverlaufsgleich"), wenn sich für jede beliebige Belegung der Q_j mit Wahrheitswerten die Wahrheitswerte für F und G als gleich ergeben: das wird

$$F(Q_1, \dots, Q_m) = G(Q_1, \dots, Q_m) \quad (2)$$

geschrieben. Bspsw. prüft man mit obiger Wahrheitswerttabelle leicht nach, daß

$$Q_1 \rightarrow Q_2 = (\bar{Q}_1 \wedge \bar{Q}_2) \vee (\bar{Q}_1 \wedge Q_2) \vee (Q_1 \wedge Q_2) \quad (3)$$

und $(Q_1 \vee Q_2) \vee Q_3 = Q_1 \vee (Q_2 \vee Q_3) \quad (4)$

gilt.

Gleichung (4) weist assoziatives Verhalten für die Alternative aus; man kann die Klammern weglassen und (ohne Mißverständnis) für beide Seiten $Q_1 \vee Q_2 \vee Q_3$ schreiben. Entsprechendes gilt auch für die Konjunktion:

$$(Q_1 \wedge Q_2) \wedge Q_3 = Q_1 \wedge (Q_2 \wedge Q_3) = Q_1 \wedge Q_2 \wedge Q_3 . \quad (5)$$

Aus m Aussagen $Q_1, \dots, Q_j, \dots, Q_m$ können 2^m Elementarkonjunktionen gebildet werden, in der für jeden Index j die Aussage Q_j oder \bar{Q}_j vertreten ist. Bspsw. sind die Elementarkonjunktionen für $m = 2$ gegeben durch

$$\bar{Q}_1 \wedge \bar{Q}_2, \bar{Q}_1 \wedge Q_2, Q_1 \wedge \bar{Q}_2, Q_1 \wedge Q_2.$$

Jede beliebige aussagenlogische Funktion kann allein durch Verwendung der Funktionen Negation, Konjunktion, Alternative dargestellt werden; dies kann etwa in der alternativen Normalform geschehen, die eine Alternative von Elementarkonjunktionen ist. Ein Beispiel hierfür ist die rechte Seite von Gleichung (3), die die Implikation darstellt.

Wenn eine durch die aussagenlogische Funktion $F(Q_1, \dots, Q_j, \dots, Q_m)$ gegebene Aussage F für beliebige Belegungen der Aussagenvariablen Q_j mit Wahrheitswerten stets den Wahrheitswert 1 hat, spricht man von einer logischen Tautologie.

Diese Angaben zur Aussagenlogik genügen, um die ab Abschnitt 2.2. dargelegten Beziehungen der medizinischen Diagnostik verstehen und - wenn das Bedürfnis besteht - sogar nachrechnen zu können. Für diejenigen Leser, die an einem Vergleich zwischen der Axiomatik der Aussagenlogik mit der "normalen" und bekannten Axiomatik der reellen Zahlen interessiert sind, seien die folgenden Bemerkungen angefügt (die anderen Leser können diese überschlagen und direkt mit Abschnitt 2.2. fortfahren).

Aus der Wahrheitstabelle der Abb. 1 ist ersichtlich, daß die Konjunktion zur Multiplikation reeller Zahlen in Analogie gesetzt werden kann; die Wahrheitswerte von $Q_1 \wedge Q_2$ kann man sich durch "normale" Multiplikation der Wahrheitswerte von Q_1 und Q_2 zustande gekommen denken. Wegen entsprechender Eigenschaften (aber nicht aller!) von $Q_1 \vee Q_2$ kann die Alternative zur Addition reeller Zahlen in Analogie gesetzt werden. Konjunktion und Alternative zeigen - wie die Multiplikation und Addition reeller Zahlen auch - Kommutativität und Assoziativität. Bei der Distributivität gibt es allerdings einen gravierenden Unterschied. Die Multiplikation reeller Zahlen ist bezüglich der Addition distributiv: $a_1 \cdot (a_2 + a_3) = (a_1 \cdot a_2) + (a_1 \cdot a_3)$; es gilt aber nicht das Axiom, daß die Addition bezüglich der Multiplikation distributiv sei. Dagegen verhalten sich Konjunktion und Alternative auch hinsichtlich der Distributivität gleichartig. Die Konjunktion ist bezüglich der Alternative distributiv,

$$Q_1 \wedge (Q_2 \vee Q_3) = (Q_1 \wedge Q_2) \vee (Q_1 \wedge Q_3);$$

die Alternative ist bezüglich der Konjunktion distributiv,

$$Q_1 \vee (Q_2 \wedge Q_3) = (Q_1 \vee Q_2) \wedge (Q_1 \vee Q_3).$$

— Fortsetzung folgt —

PHEROMONE - Chemische Signale im Tierreich 1. Teil

Die wichtigsten Merkmale, durch die wir Menschen uns von den Tieren, speziell von den anderen Säugetieren, unterscheiden, sind die Fähigkeit, produktive Arbeit zu leisten, jene Form der höheren Nerventätigkeit, die wir als Denken bezeichnen, und die Sprache als wichtigstes Kommunikationsmittel. So wie sich der Mensch seiner Sprache zur gegenseitigen Verständigung bedient, benutzen die Tiere, die diese Möglichkeit nicht besitzen, andere Methoden, um gegenseitig Informationen auszutauschen. Dieser Informationsaustausch erweist sich bei genauer Betrachtung als unbedingt lebensnotwendig; man denke z.B. an die gegenseitige Warnung vor Feinden oder an das Auffinden von Geschlechtspartnern zur Erhaltung der Art.

Die Art und Weise der Informationsübermittlung ist sehr vielfältig und wird durch den phylogenetischen Entwicklungsstand der einzelnen Tierarten recht wesentlich bestimmt. So ist bei vielen Wirbeltierklassen die **a k u s t i s c h e** und die **o p t i s c h e K o m m u n i k a t i o n** weit verbreitet. Stellvertretend hierfür seien das Balzverhalten der Vögel, der schrille Pfiff der Murmeltiere bei Annäherung von Feinden und das Klappern der Störche genannt. Vertreter anderer Tierstämme sind jedoch, bedingt durch ihren anatomischen Bau, nicht in der Lage, sich auf diese Art zu verständigen, weil ihnen die entsprechenden Sinnesorgane fehlen. Hier finden wir häufig eine Informationsübermittlung auf molekularer Ebene vor, d.h. durch Aussendung und Empfang von **c h e m i s c h e n S i g n a l e n**, also Abgabe von **D u f t s t o f f e n**, die von Tieren der gleichen Art mit Hilfe geeigneter Rezeptoren wahrgenommen werden können und im Organismus dann bestimmte Reaktionen auslösen. Derartige von den Tieren selbst

produzierten chemischen Informationsboten werden allgemein als PHEROMONE bezeichnet. Ihnen soll das Interesse dieses Artikels gelten.

Es ist höchstwahrscheinlich, daß der Austausch chemischer Signale die ursprünglichste Form der Informationsübermittlung zwischen Lebewesen darstellt und bereits vor etwa 2 Milliarden Jahren zwischen den damals existierenden Einzellern stattfand. Ohne diese chemische Kommunikation wäre eine Evolution wahrscheinlich nicht möglich gewesen. Es gibt eine Hypothese, nach welcher der Informationsaustausch zwischen den Einzellern sich im Laufe der Höherentwicklung der Tiere zur interzellularen Kommunikation in den Mehrzellern, sprich zur Hormonfunktion weiterentwickelte.

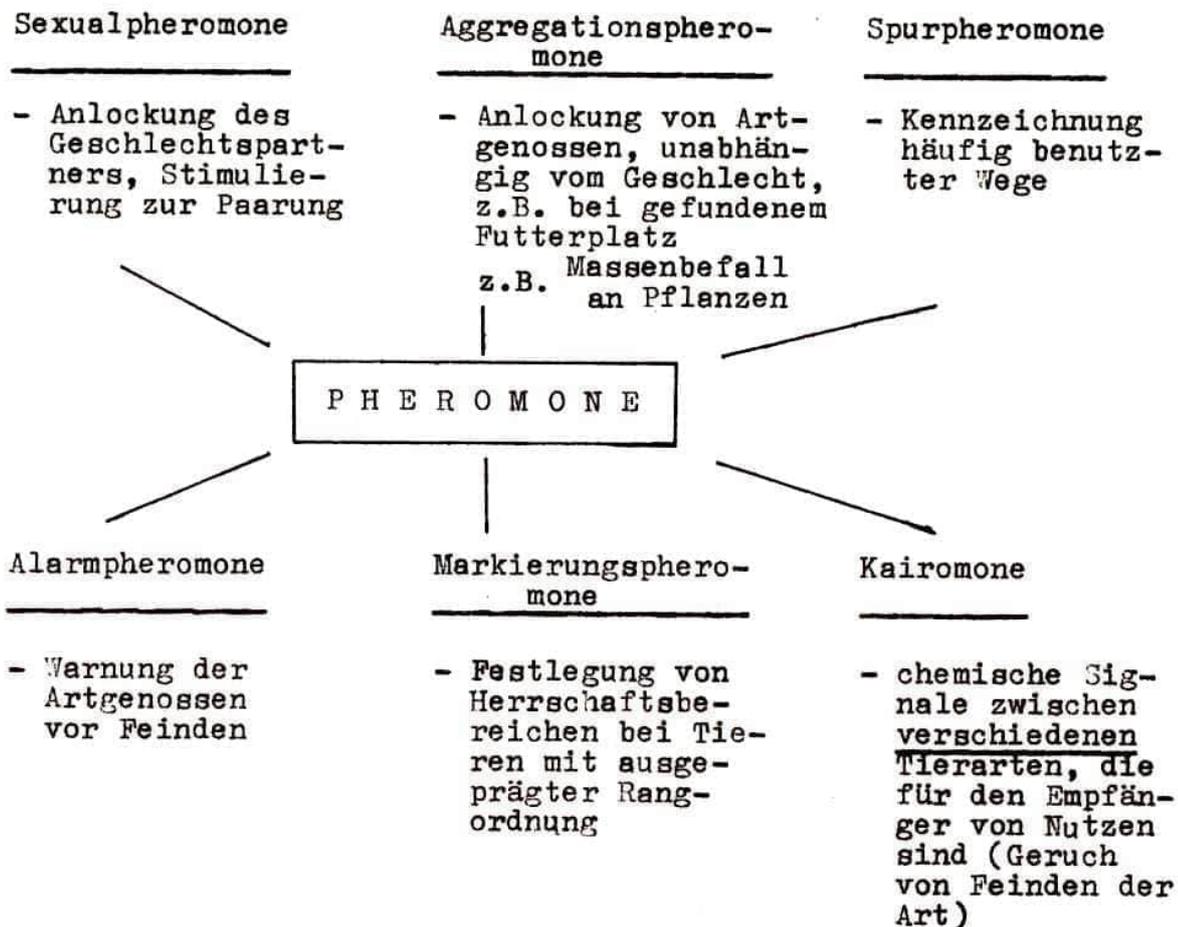
Der Begriff Pheromon ist von den griechischen Wörtern "pherein" (= tragen) und "horman" (= erregen) abgeleitet. Er wurde 1959 durch KARLSON und BUTENANDT geprägt, die das erste Pheromon isolierten und dessen Struktur aufklärten. Es handelte sich dabei um das Bombykol, von dem später noch die Rede sein wird.

Pheromone findet man bei vielen Tierstämmen, dürften jedoch bei den Insekten am weitesten verbreitet und auch bisher am besten untersucht sein; so kennt man heute über 200 Substanzen im Insektenbereich, die das Paarungsverhalten beeinflussen. Wie jedoch noch zu zeigen sein wird, bedienen sich auch höherentwickelte Tiere, die auch über andere Kommunikationsmöglichkeiten verfügen, dieser chemischen Signale.

Bei den meisten Pheromonen handelt es sich, vom physikochemischen Standpunkt her betrachtet, um flüchtige Substanzen, denn sie müssen über die Luft transportiert werden. Sie besitzen Molekülmassen zwischen 100 und 300 (vergl. hierzu auch "Chemie des Geruchssinnes", Impuls 68, 11. Jg., Heft 2) und bis zu 20 Kohlenstoffatome, daneben natürlich noch Wasserstoff und Sauerstoff und gelegentlich Stickstoff. Somit ist eine sehr große Zahl verschiedener Substanzen möglich, mit deren Hilfe die unterschiedlichsten Informationen verschlüsselt werden können.

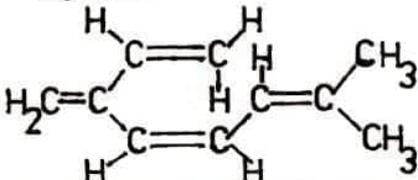
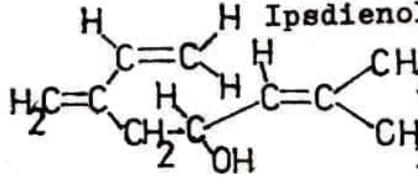
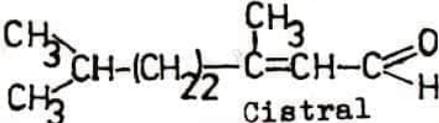
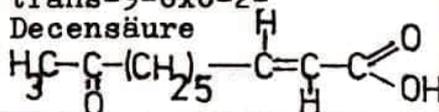
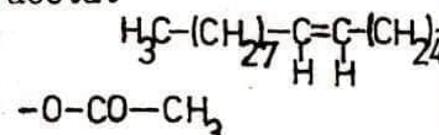
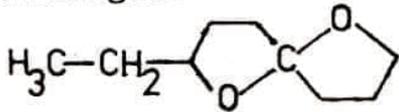
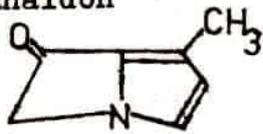
Für die Pheromonproduktion haben die Tiere spezielle Drüsen ausgebildet, und hochempfindliche Rezeptororgane nehmen die chemischen Boten aus der Luft wahr. An den Rezeptoren erfolgt die Umwandlung in elektrische Signale, welche ihrerseits physiologische Veränderungen im Körper des Empfängertieres hervorrufen. Dabei muß noch gesagt werden, daß die chemische Kommunikation ein recht komplexes System darstellt. Selten wirkt eine chemische Verbindung allein, meist sind es Gemische, in welchen das Mischungsverhältnis eine Rolle spielt. Hinzu kommt noch die Auswirkung der Umweltbedingungen auf die Pheromone.

Nach ihren Funktionen lassen sich die Pheromone wie folgt unterteilen:



Weiterhin existiert noch eine Reihe von Substanzen, die vor allem bei staatenbildenden Insekten (Ameisen, Bienen, Hummeln) ganz spezielle Informationen übermitteln, wie z.B. die Anwesenheit einer Königin im Bienenvolk. Darüber werden wir bei den konkreten Beispielen noch etwas erfahren.

Die Vielzahl der bisher identifizierten Verbindungen mit Pheromonwirkung gehört einer Reihe unterschiedlicher chemischer Verbindungsklassen an, wobei gewisse Grundgruppierungen immer wieder auftauchen. Einen Überblick über die am häufigsten vorkommenden Verbindungstypen gibt die Tabelle 1:

Verbindungstyp	Beispiel / Formel	Funktion / Tier
ungesättigter Kohlenwasserstoff $\begin{array}{c} R_1 \\ \diagdown \\ C=C \\ \diagup \\ R_2 \\ R_3 \quad R_4 \end{array}$	Myrcen 	Aggregationspheromon des Borkenkäfers (<i>Dendroctonus brevicomis</i>)
ungesättigter Alkohol $\begin{array}{c} R_1 \\ \diagdown \\ C=C \\ \diagup \\ R_3 \\ R_2 \\ R-OH \end{array}$	Ipsdienol 	Aggregationspheromon des Käfers <i>Ips paraconfusus</i>
Aldehyd $\begin{array}{c} O \\ // \\ R-C \\ \backslash \\ H \end{array}$	 Cistral	Aggregationspheromon der Honigbiene (<i>Apis mellifera</i>)
Keton $\begin{array}{c} O \\ \\ R_1-C-R_2 \end{array}$	Heptanon-(2) $H_3C-C(=O)-(CH_2)_{24}-CH_3$	"Brut gefüttert" Honigbiene (<i>Apis mellifera</i>)
Carbonsäure $\begin{array}{c} O \\ // \\ R-C \\ \backslash \\ OH \end{array}$	trans-9-oxo-2-Decensäure 	Königinnensubstanz der Honigbiene (<i>Apis mellifera</i>)
Carbonsäureester $\begin{array}{c} O \\ \\ R_1-C-O-R_2 \end{array}$	cis-5-Tetradecenylacetat 	Lockstoff der Gras-eule (Schmetterling; <i>Scotia exclamationis</i>)
Spiroverbindung 	Chalcogran 	Aggregationspheromon des Kupferstechers (<i>Pityogenes chalcographus</i>)
Heterocyclus N-haltiger Ring 	Danaidon 	Pheromon zur Paarungsvorbereitung des Monarchfalters <i>Danaus chrysippus</i>)

Dr. J. Sauerstein
 FSU Jena
 Sektion Biologie

Über die Kinetik und die Physiologie des mikrobiellen Wachstums (Teil 3 und Schluß)

Dem Leser ist bereits bekannt, daß mikrobielles Wachstum sowohl in diskontinuierlicher als auch in kontinuierlicher Kultur erfolgen kann. Voraussetzung hierfür ist jedoch, daß sich die Mikroorganismen in einer wäßrigen Lösung befinden, die alle für den Wachstumsprozeß notwendigen Stoffe, die sogenannten Substrate, enthält. Jedes Substrat besitzt nun im mikrobiellen Stoffwechsel eine definierte Funktion. Eine Übersicht hierüber gibt Abb. 1.

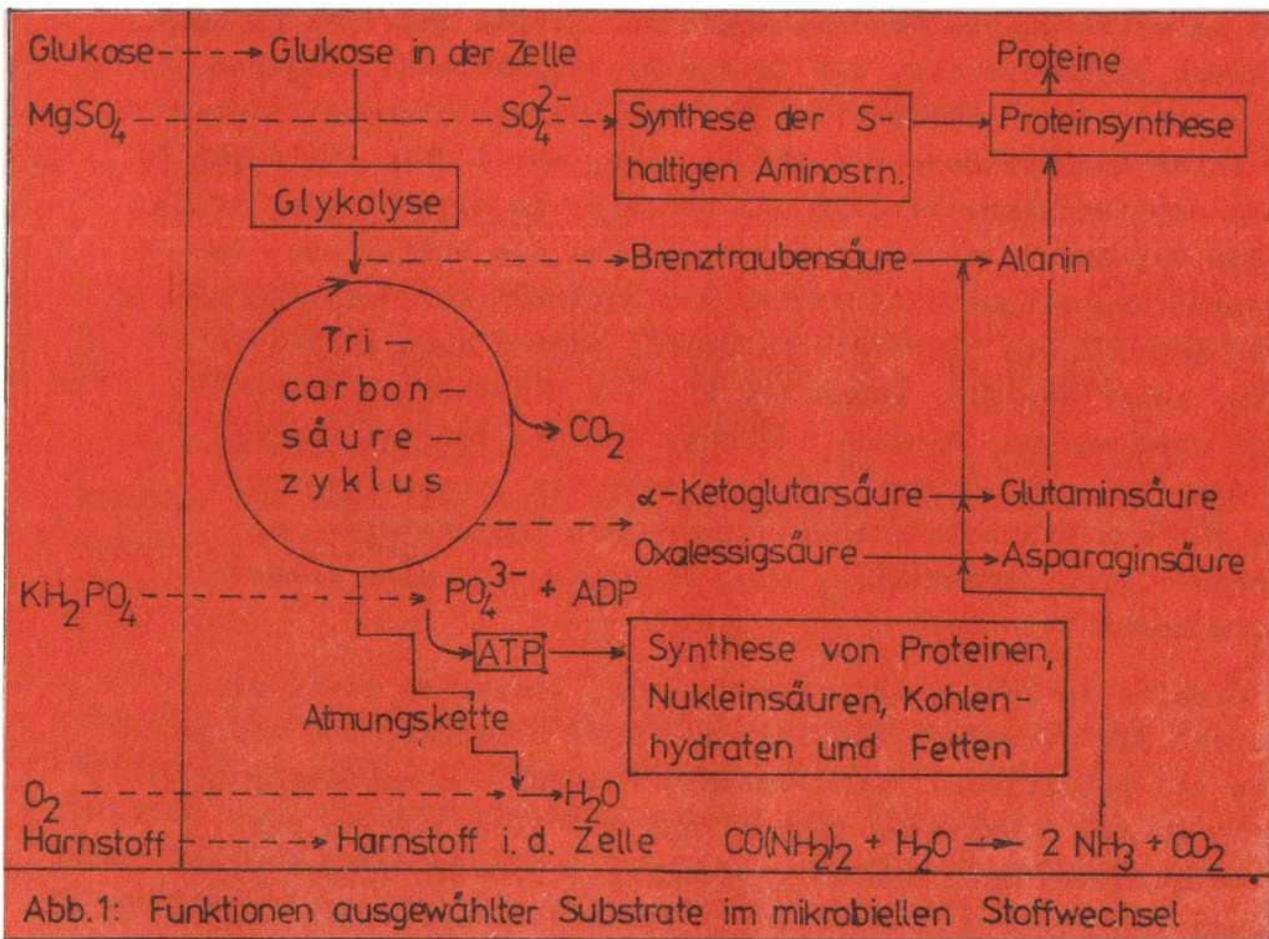


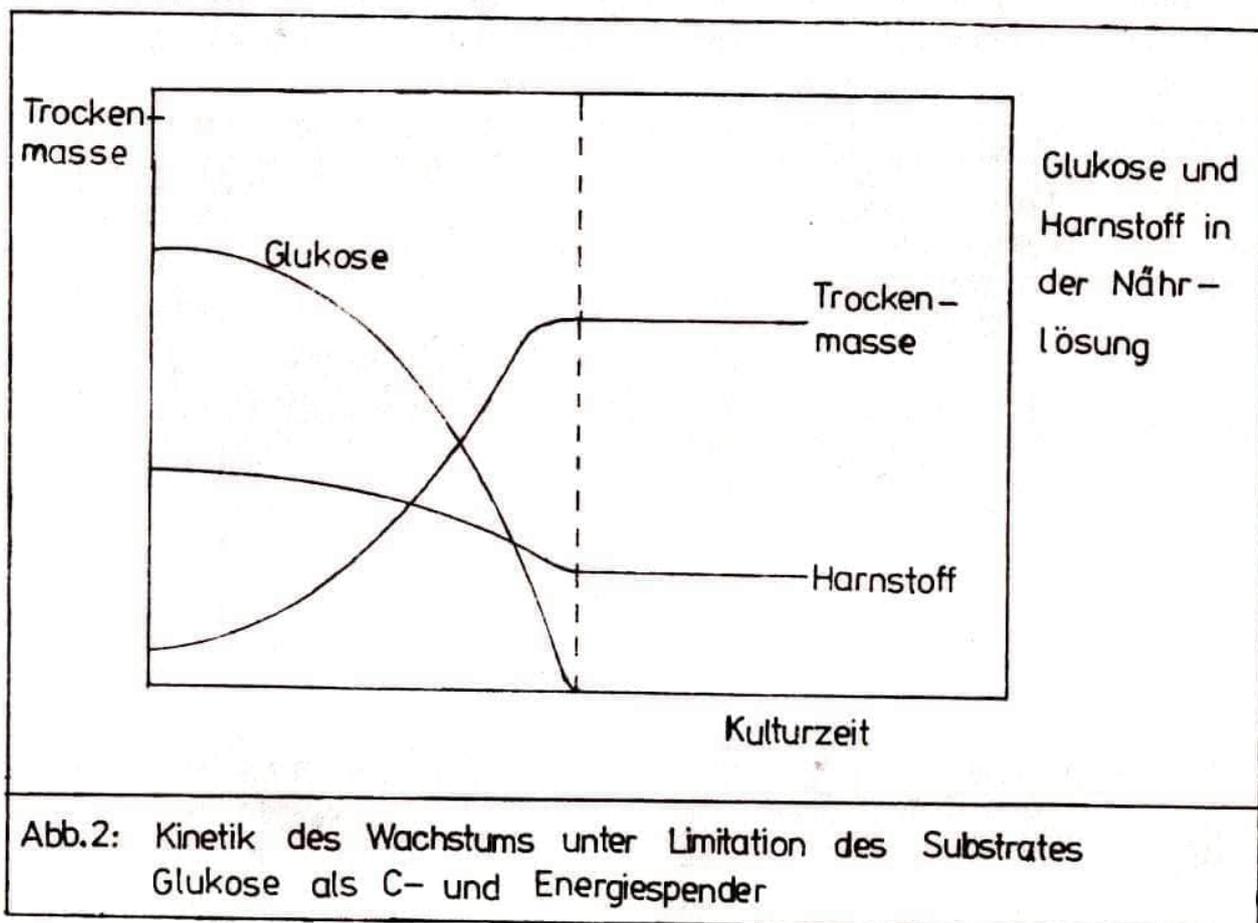
Abb.1: Funktionen ausgewählter Substrate im mikrobiellen Stoffwechsel

Ein Teil des Substrats Glukose wird unter aeroben Bedingungen über die Stoffwechselwege Glykolyse, Trikarbonsäurezyklus und Atmungskette unter Sauerstoffverbrauch vollständig zu CO_2 und H_2O abgebaut. Hierbei wird chemische Energie in Form von ATP gewonnen. Der andere Teil wird ebenfalls unter Benutzung der Stoffwechselwege Glykolyse und Trikarbonsäurezyklus zu Verbindungen wie Brenztrauben-, α -Ketoglutatar- und Oxalessigsäure umgesetzt, aus denen die Mikroorganismen unter Verbrauch von ATP, und somit von Energie, Kohlenhydrate, Fette, Proteine und Nukleinsäuren als Zellinhaltsstoffe synthetisieren. Unter anaeroben Bedingungen erfolgt der Abbau des Substrats Glukose zum Zwecke der Energiegewinnung meistens nur bis zur Stufe der Milchsäure oder des Äthanol, wobei diese Verbindungen als Gärungsprodukte in die Nährlösung ausgeschieden werden. Das Substrat Harnstoff wird nach seiner Aufnahme in die Zelle in CO_2 und Ammoniumionen zerlegt. Letztere reagieren mit Brenztrauben-, α -Ketoglutatar- und Oxalessigsäure unter Bildung der Aminosäuren Alanin, Glutamin- und Asparaginsäure. Aus diesen wird in weiteren Stoffwechselwegen der größte Teil der 20 Aminosäuren synthetisiert, die in die Proteinsynthese eingehen. Die Phosphationen im Substrat Kaliumdihydrogenphosphat dienen vor allem zur Synthese von ATP aus ADP, wobei über ATP durch Phosphorylierungsreaktionen der Phosphor in verschiedene zell-eigene Verbindungen eingeführt wird, und die Sulfationen im Substrat Magnesiumsulfat werden zur Synthese der schwefelhaltigen Aminosäuren benötigt. Natürlich können auch andere Substrate außer den hier genannten für das mikrobielle Wachstum eingesetzt werden. Wichtig ist nur, daß die wäßrige Lösung aus den eben skizzierten Gründen neben den Spurenelementen eine für den Mikroorganismus verwertbare Kohlenstoff- und Energie-, eine Stickstoff-, eine Phosphor- und eine Schwefelquelle enthalten muß.

Wie bereits im Teil 1 ausgeführt wurde, limitiert stets ein Substrat das mikrobielle Wachstum. Dies bedeutet, daß einerseits die spezifische Wachstumsrate von der Konzentration des limitierenden Substrates abhängt und daß andererseits die Mikroorganismen nach dem vollständigen Verbrauch dieser Verbindung ihr Wachstum einstellen. Durch die Wahl einer entsprechenden Ausgangskonzentration kann jedes Substrat wach-

tumslimitierend wirken, und somit kann zwischen C-, N-, P- und S-limitiertem Wachstum unterschieden werden. Sowohl für die Grundlagenforschung als auch für die praktischen Belange der technischen Mikrobiologie ist das mikrobielle Wachstum unter C-, N- und P-Limitation von besonderem Interesse.

Die Kinetik des aeroben Wachstums von Hefen unter Limitation des Substrats Glukose als C- und Energiequelle in diskontinuierlicher Kultur zeigt Abb. 2.



Während der lag-, log- und Verzögerungsphase wird die Glukose gemäß der Gleichung

$$(12) \quad - \frac{ds}{dt} = \frac{1}{Y} \cdot \frac{dx}{dt}$$

von den Mikroorganismen verwertet. Der Ertragskoeffizient Y beträgt 0,5. Dies bedeutet, daß die Hälfte der verbrauchten Glukose zur Trockenmassebildung dient und die andere Hälfte über die Stoffwechselwege Glykolyse, Trikarbonsäurezyklus und Atmungskette vollständig zu CO_2 und H_2O abgebaut und somit

veratmet wird. Nach dem das Substrat Glukose verbraucht worden ist, tritt das Wachstum in die stationäre Phase ein. So wie die Glukose wird auch das Substrat Harnstoff als N-Quelle nach obiger Gleichung von den Mikroorganismen genutzt. Unter C-Limitation sind aber in der stationären Phase noch hohe Konzentrationen an Harnstoff vorhanden. Tritt nun während des Wachstums auf Glukose der Fall ein, daß der Sauerstoff nicht mehr in ausreichenden Mengen für den Atmungsprozeß zur Verfügung steht, so wird ein bestimmter Glukoseanteil, der vorher zur Trockenmassebildung diente, vergoren und Äthanol als Gärungsprodukt in die Nährlösung ausgeschieden (Abb. 3).

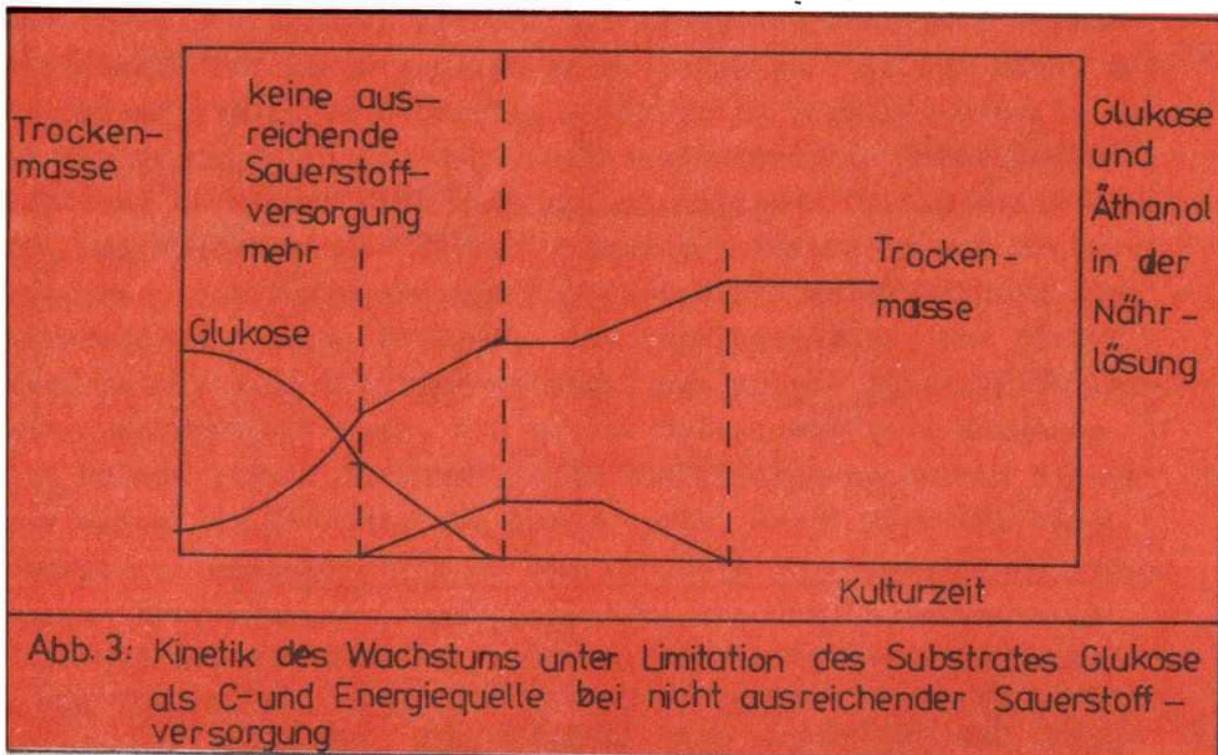
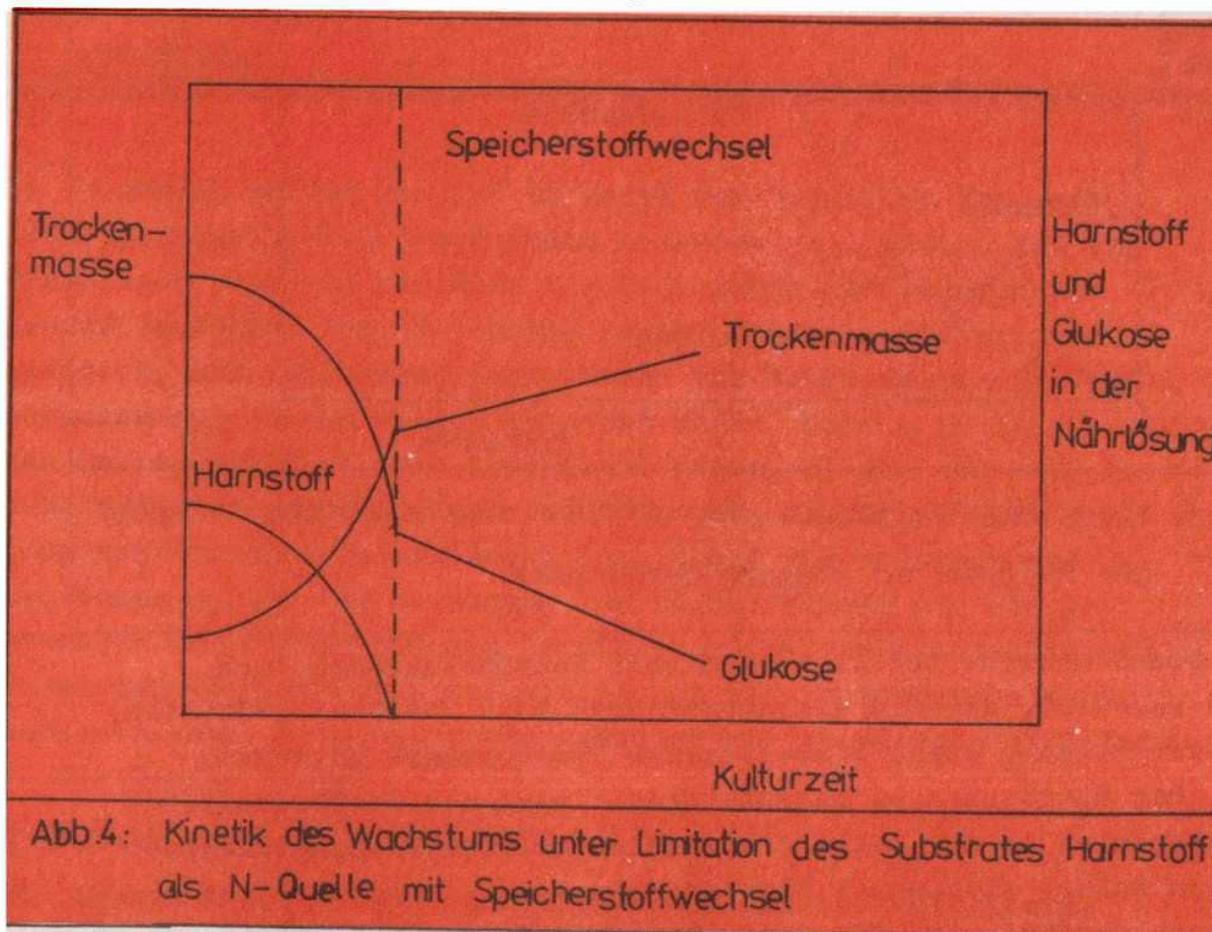


Abb. 3: Kinetik des Wachstums unter Limitation des Substrates Glukose als C- und Energiequelle bei nicht ausreichender Sauerstoffversorgung

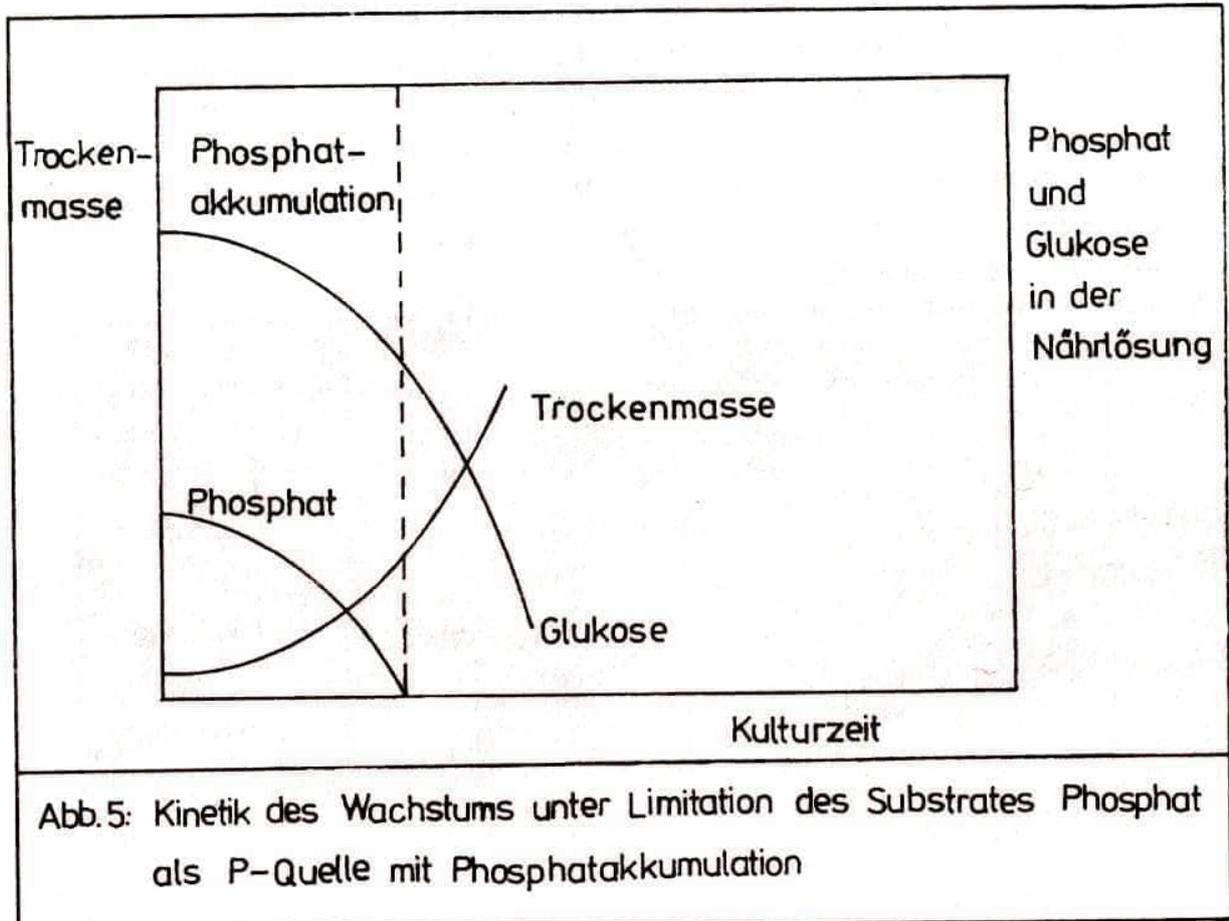
Der Ertragskoeffizient Y beträgt dann nur noch etwa 0,15. Nach dem vollständigen Glukoseverbrauch wird das als Produkt gebildete Äthanol als neue C- und Energiequelle für die Trockenmassebildung genutzt. Weiterhin besitzt die Mikroorganismenzelle während des Wachstums auf Äthanol, im Gegensatz zur Glukose, über die zusätzlichen Stoffwechselwege Glyoxylsäurezyklus und Glukoneogenese. Dadurch wird erreicht, daß auch unter diesen Ernährungsbedingungen Kohlenhydrate, Proteine und Nukleinsäuren synthetisiert werden können. Eine nicht ausreichende Sauerstoffversorgung bei aeroben Wachstumsprozessen führt in verschiedenen Verfahren der technischen Mikrobiologie

wie der Erzeugung von Back- und Futterhefe auf Grund der Erniedrigung des Ertragskoeffizienten für die C- und Energiequelle zu Ausbeuteverlusten. Sie muß somit durch entsprechende verfahrenstechnische Maßnahmen vermieden werden.

Entgegen der Theorie bilden viele Mikroorganismen unter N-Limitation auch nach dem vollständigen Verbrauch der N-Quelle weiterhin Trockenmasse (Abb. 4).



Diese Erscheinung beruht auf der Auslösung von Speicherstoffwechsel. Je nach der Art der noch zur Verfügung stehenden C- und Energiequelle werden vermehrt Glykogen oder Fette als Speicherstoffe synthetisiert, die in den Zellen abgelagert werden und somit den weiteren Trockenmasseanstieg bewirken. In diesem Fall ist die Trockenmassebildung nicht mit einer weiteren Zellteilung verbunden, da auf Grund des N-Mangels keine Protein- und Nukleinsäuresynthese stattfinden kann. Bei vielen Mikroorganismen wird auch die Erscheinung beobachtet, daß nach dem vollständigen Verbrauch der P-Quelle ein weiteres Wachstum erfolgt (Abb. 5).



Der Grund hierfür ist die sogenannte Phosphatakkumulation. Dies bedeutet, daß die Mikroorganismen mehr Phosphat aufnehmen, als zur Bildung einer Einheitsmenge Trockenmasse notwendig ist. Der überschüssige Phosphatanteil wird als schwerlösliches Polyphosphat in der Zelle niedergelegt. Eine Phosphatakkumulation äußert sich somit kinetisch in einer Inkonstanz des Ertragskoeffizienten für die P-Quelle. Nach dem Eintritt von P-Mangel in der Nährlösung werden die synthetisierten Polyphosphate als zellinnere P-Quelle von den Mikroorganismen genutzt. Ähnliche Akkumulationsphänomene treten auch bei den Spurenelementen Kalium und Eisen auf.

Ein Vergleich der dargestellten Theorie über die Kinetik des mikrobiellen Wachstums mit der Physiologie ergibt nun, daß bei einigen Limitationsarten und in Abhängigkeit von der Mikroorganismenart Abweichungen auftreten. Hierin zeigt sich die Dialektik im Prozeß des Erkennens der belebten Materie, und ein Anliegen der Grundlagenforschung besteht nun darin, durch das Wechselspiel zwischen Experiment und Theorie noch bessere theoretische Vorstellungen zu erarbeiten.

Dr. Paul Seidel
Sektion Physik
Friedrich-Schiller-Universität

Physikalische Grundlagen der Supraleitung

1. Teil

Im folgenden wollen wir uns in stark vereinfachter Form mit einer physikalischen Erscheinung befassen, die sowohl für die Grundlagenforschung als auch für technische Anwendungen von großer Bedeutung ist. Der erste Aspekt kommt darin mit zum Ausdruck, daß schon eine ganze Reihe von Nobelpreisen für Forschungen auf diesem Gebiet vergeben wurde. Gerade in den letzten Jahren gewinnen auch technische Lösungen, die auf Supraleitungseffekten aufbauen, mehr und mehr an Bedeutung. Das Spektrum der Anwendungen erstreckt sich dabei von riesigen supraleitenden Spulen zur Erzeugung von Magnetfeldern für die gesteuerte Kernfusion bis hin zu miniaturisierten elektronischen Bauelementen, auf denen beispielsweise ein Spannungsstandard basieren kann. Betrachten wir zunächst die grundlegenden Effekte der Supraleitung.

1. Entdeckung der Supraleitfähigkeit

Die Physik tiefer Temperaturen, nahe dem absoluten Nullpunkt ($0 \text{ K} \hat{=} -273,15 \text{ }^\circ\text{C}$), nahm im Jahre 1908 bedeutenden Aufschwung, als es dem Niederländer KAMERLING ONNES erstmals gelang, Helium zu verflüssigen. Die Siedetemperatur dieses Edelgases beträgt $4,2 \text{ K}$, und durch einige technische Verfahren ist damit der Temperaturbereich zwischen ca. 1 K bis 10 K erschlossen.

1911 fand KAMERLING ONNES bei der Untersuchung des elektrischen Widerstandes von Quecksilber mit abnehmender Temperatur einen plötzlichen Abfall des Widerstandes um einige Größenordnungen (Abb. 1).

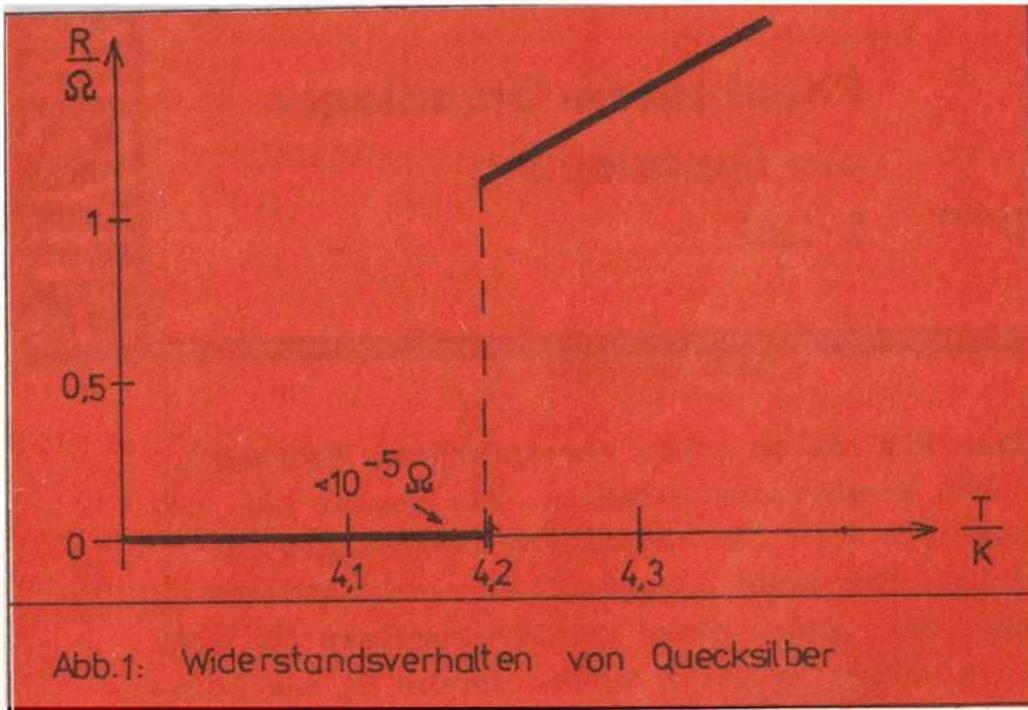


Abb.1: Widerstandsverhalten von Quecksilber

Da die Widerstandswerte unterhalb der "Sprungtemperatur" (T_c - kritische Temperatur) unter der Empfindlichkeitsgrenze der Meßanordnung lagen, sprach man von einem "Verschwinden" des elektrischen Widerstandes und dem Zustand der "Supraleitfähigkeit". Dieses Verhalten weist auf eine völlig vom üblichen Ladungstransport in Metallen abweichende physikalische Erscheinung hin, deren Entdeckung 1913 mit der Verleihung des Nobelpreises für Physik an KAMERLINGH ONNES gewürdigt wurde.

Mit verfeinerten Meßverfahren kann man heute zeigen, daß dieser Widerstandssprung mindestens 14 Zehnerpotenzen(!) überstreicht, d.h. die spezifischen Widerstände eines supraleitenden Metalls und des besten metallischen Leiters (Kupfer) unterscheiden sich mindestens so stark wie die von Kupfer und den gebräuchlichen Isolatormaterialien. Weitere Untersuchungen zeigten auch, daß die Supraleitung keine speziell an Quecksilber gebundene Eigenschaft ist, sondern daß eine Vielzahl von Elementen und Verbindungen Supraleitfähigkeit zeigen. Die kritischen Temperaturen reichen dabei von Bruchteilen eines Kelvin bis über 20 K, vgl. Tabelle 1.

Tab. 1: Übergangstemperaturen einiger Stoffe

Element	T_c /K	Verbindung	T_c /K
Be	0,03	CuS	1,60
Ir	0,14	BiNa	2,25
Zn	0,90	V_3Ge	6,00
In	3,40	V_3Si	17,10
Sn	3,72	Nb_3Sn	18,00
Hg	4,15	$Nb_3(Al, Ge)$	21,00
Pb	7,20	Nb_3Ge	23,00
Nb	9,20		

2. Physikalische Ursachen der Supraleitung

Die Erklärung der Supraleitfähigkeit erforderte jahrzehntelange Forschung, brachte die unterschiedlichsten Modelle und Theorien hervor, und erst seit 1957 hatte man diese Erscheinung "im Prinzip verstanden". In diesem Jahr stellten BARDEEN, COOPER und SCHRIEFFER ihre später ebenfalls mit dem Nobelpreis gewürdigte mikroskopische Theorie der Supraleitung vor. Wir wollen davon hier nur die wesentlichsten Grundvorstellungen veranschaulichen.

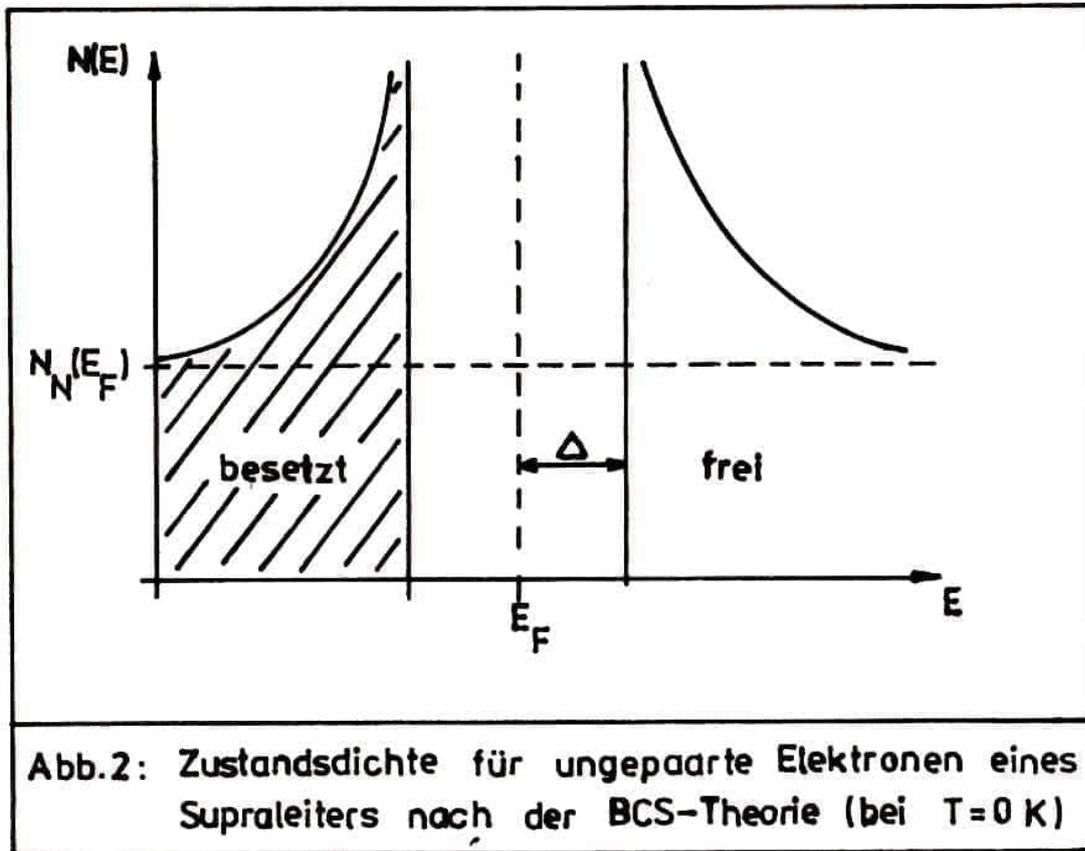
Unterhalb der kritischen Temperatur existiert eine spezielle Art der Wechselwirkung zwischen den Elektronen des Metalls, die einen Bruchteil der Leitungselektronen in einen anderen Zustand überführt. Diese indirekte, d.h. über das Ionengitter des Kristalls vermittelte Wechselwirkung verbindet zwei Leitungselektronen zu einem sogenannten "COOPER-Paar". Sehr stark vereinfacht kann man sich diese Wechselwirkung so vorstellen, daß ein Elektron durch die Deformation seiner momentanen Gitterumgebung (negatives Elektron zieht benachbarte positive Ionen an) die abstoßende Wirkung auf ein anderes Elektron (gleiche Ladungen stoßen sich ab) aufhebt und eine effektive Anziehung zwischen beiden Elektronen entsteht. In der Realität ist dies ein komplizierter dynamischer Vorgang. Die Paar-Korrelation erfaßt dabei zwei Elektronen mit entgegengesetzten Spinmomenten und vorzeichenverschiedenen, aber betragsgleichen Impulsen. In nur wenig verunreinigten Supraleitern ist die Wechselwirkung über maximale Abstände von 10^{-6} ... 10^{-7} m

wirksam ("Kohärenzlänge"), was praktisch der "räumlichen Ausdehnung" des Cooperpaares entspricht. Da diese groß ist gegen die Abstände zweier Metallelektronen (ca. 10^{-10} m), durchdringen sich die Zustände der Cooperpaare stark, was zu einer Gesamtkorrelation führt, d.h., alle Cooperpaare befinden sich im gleichen Quantenzustand. Diese kollektive Erscheinung, man spricht von einem makroskopischen Quantenphänomen, führt zu den besonderen Eigenschaften der Supraleiter. Zum Beispiel wird das Cooperpaar widerstandslos durch das Gitter transportiert, solange es sich in diesem "Kondensatzustand" befindet. Andererseits kann man das Cooperpaar als quantenmechanisches Teilchen auch als Welle mit Wellenlänge und Phase auffassen (Welle-Teilchen-Dualismus). Die Korrelation erfordert dann eine einheitliche Phase im gesamten Supraleiter ("Phasenkohärenz"), so daß der supraleitende Zustand mit einer einzigen Wellenfunktion beschrieben werden kann, was beim sogenannten Josephson-Effekt noch eine große Rolle spielt.

Um ein Cooperpaar aus diesem Kondensat herauszulösen, d.h. das Paar "aufzubrechen", ist eine Mindestenergie $2\Delta(T)$ notwendig. Diese Energie liegt in der Größenordnung einiger meV, was thermischen Energien bei Temperaturen um wenige K entspricht. Das erklärt die eingangs genannten kritischen Temperaturen, bei denen der supraleitende Zustand in den normalleitenden übergeht. Im Sinne der Theorie der Phasenübergänge (der Übergang vom normal- zum supraleitenden Zustand ist ein Phasenübergang 2. Art) ist $\Delta(T)$ ein "Ordnungsparameter", der den energetisch günstigeren supraleitenden Zustand charakterisiert und bei $T = T_c$ verschwindet. Andererseits zeigt es sich, daß für die ungepaarten Elektronen im Supraleiter aufgrund der Wechselwirkung der Paarkorrelation in ihrer Verteilung bezüglich der Energie ein verbotener Bereich ("Energilücke") der Größe 2Δ um die Fermienergie[†] (die maximale Energie der Elektronen bei $T = 0$) entsteht. Diese Energilücke ist ähnlich der verbotenen Zone zwischen Valenz- und Leitungsband bei Halbleitern, jedoch um 3 Größenordnungen kleiner. Trägt man die Verteilung der Elektronenzustände über der Energie auf ("Zustandsdichte $N(E)$ "), so ergibt sich in Umgebung der Fermienergie E_F , bis zu der bei $T = 0$ alle Zustände besetzt sind, im normalleitenden Fall eine

[†]die maximale Energie der Elektronen bei $T = 0$ K

Konstante $N_N(E_F)$. Im supraleitenden Zustand treten charakteristische Veränderungen auf, die mit der Energielücke verbunden sind, Abb. 2. Wir werden später sehen, daß Aussagen über $N(E)$ und $\Delta(T)$ mit Hilfe des Tunneleffektes gewonnen werden können, was gleichzeitig für viele wichtige Anwendungen die Grundlage bildet.



Im nächsten Teil befassen wir uns mit einigen grundlegenden Eigenschaften des supraleitenden Zustandes und den physikalischen Grundlagen für die Anwendungen der Supraleiter.

Für Interessenten, die sich ausführlicher mit der Thematik beschäftigen wollen, empfehlen wir folgende Literatur:

1. BUCKEL, W., "Supraleitung", Akademie-Verlag Berlin 1973.
2. STOLZ, H., "Supraleitung", Akademie-Verlag Berlin 1979.

— Fortsetzung folgt —

MOSAIK

Tauben besitzen Zonen von Magnetit

Untersuchungen zur Orientierungsfähigkeit von Tauben bei bedecktem Himmel deuten darauf hin, daß das Erdmagnetfeld als Bezugsgröße eine Rolle spielt. Die Fähigkeit, Magnetfelder zu spüren resultiert möglicherweise aus der Existenz einer kleinen Magnetitzone zwischen Gehirn und Schädel.

Reaktionen auf Magnetfelder können von Lebewesen auf 3 Weisen erfolgen :

- Der Organismus mißt das elektrische Feld, welches bei Bewegung von Ladungsträgern im Magnetfeld erzeugt wird.
- Messung von Drehmomenten, die körpereigene Magnete im elektromagnetischen Feld erfahren. Honigbiene und Arten von Bakterien besitzen Domänen von Magnetit, die als Elementarmagnete wirken können.
- Paramagnetische Moleküle können sich längs des Erdfeldes ausrichten und superparamagnetische Domänen bilden, wobei man auch wieder Drehmomente, aber keine Remanenz erwartet. Das heißt, nach Abschalten des Magnetfeldes dürften keine Magnetisierungen übrigbleiben.

Forscher des State University of New York at Stony Brook und der Princeton University haben nun festgestellt, daß ein Gewebeteil im Kopf der Taube Remanenz behält, wenn das äußere Magnetfeld abgeschaltet wird. Weiter haben sie die fragliche Gewebeprobe langsam erhitzt und das Verschwinden der Remanenz bei einer Temperatur von ca (575 ± 10) °C festgestellt. Diese Temperatur entspricht dem Curie-Punkt von Magnetit (585 °C). Dies spricht gegen die Möglichkeit 3, aber für 2. Die Alternative 1 war schon vorher ausgeschlossen, als die Forscher den Taubenflug mit Hilfe eines um den Kopf gewickelten Spulensystems störten. Ein solches System bewegt sich mit der Taube, verhindert aber trotzdem den gewohnten Heimflug.

Dr. A. Schlüttig
FSU Jena
Sektion Biologie

Wie leben Mikroorganismen unter extremen Umweltbedingungen - Das Leben an seinen Grenzen Teil 2

2. Leben bei tiefen Temperaturen

Der weitaus größte Teil der Erdoberfläche ist permanent kalt. Die Temperaturen betragen dort weniger als $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die Zahlen sind beeindruckend: 71 % der Erdoberfläche sind von Wasser bedeckt, 90 % dieser Wassermassen sind kälter als $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 14 % der Erdoberfläche stellen die Polarregionen mit größtenteils Temperaturen weit unter dem Gefrierpunkt des Wassers dar.

Angesichts der Größe kalter Gebiete ist es eigentlich verwunderlich, daß wir bis heute noch relativ wenig über das Leben bei tiefen Temperaturen wissen. Die Ökologie kalter Biotope ist hierbei am besten entwickelt, d. h. die Frage, welche Arten kalte Biotope besiedeln können, ist schon sehr umfassend beantwortbar.

Eine Unterteilung und Charakterisierung kalter Regionen läßt sich hinsichtlich der dort herrschenden Temperaturkonstanz treffen. Man unterscheidet zwischen Gebieten, in denen die Temperatur unabhängig von der Jahreszeit konstant gering ist, und solchen, in denen sie in Abhängigkeit von den Jahreszeiten mehr oder weniger schwankt. Zu den permanent kalten Regionen zählen der Meeresgrund, Böden und Gewässer jenseits des Polarkreises, Luftmassen in großen Höhen der Atmosphäre bis zur Stratosphäre sowie Höhlen.

In solchen thermostabilen Biotopen leben sowohl psychrotrophe als auch psychrophile Mikroorganismen. Psychrophile Mikroben "lieben" die Kälte, sie wachsen in einem Temperaturbereich, der von Temperaturen unter dem Gefrierpunkt des Wassers bis $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ reicht. Oberhalb $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ vermögen sie nicht zu wachsen.

Psychrotrophe Mikroorganismen hingegen können bei +5 °C noch wachsen, ihr Wachstumsoptimum liegt jedoch bei höheren Temperaturen, im Wachstumsbereich der Mesophilen.

Regionen, in denen die Temperaturen in Abhängigkeit von den Jahreszeiten um den Gefrierpunkt mehr oder weniger stark schwanken, sind Oberflächenwässer von Seen und Ozeanen, Bäche und Ströme sowie Böden in den verschiedensten Regionen. Sie sind Besiedlungsgebiete von psychrotrophen Mikroorganismen.

Zunächst sollen einige Ergebnisse aus der Ökologie kalter Biotope genannt werden.

Die verschiedenen permanent oder temporär kalten Gebiete der Erde sind hinsichtlich ihrer Mikroorganismenflora unterschiedlich gut erforscht.

In der die Erde umgebenden Atmosphäre wurden Bakterien und Pilze bis in eine Höhe von 27000 m, in der Temperaturen von -40 °C herrschen, nachgewiesen.

Frühe mikrobiologische Untersuchungen der permanent kalten Luftmassen über den Polen zu Beginn unseres Jahrhunderts mit Hilfe sogenannter "Fangplatten" erbrachten den Nachweis mikrobiellen Lebens unter diesen Extrembedingungen. Bis zu 160 Bakterien pro m³ sind in diesen eisigen Luftmassen nachgewiesen worden. Typische Vertreter dieser Flora sind Arthrobacter und Brevibakterium. In 3000 m Höhe kommen vor allem Bacillusarten vor. Diese Mikroorganismen können bei 0 °C noch gut wachsen und überstehen extrem tiefe Temperaturen in der Luft über längere Zeit.

Woher kommen eigentlich die Mikroorganismen in der Atmosphäre? Die Frage, ob sich Mikroorganismen in der Luft vermehren können, ist noch nicht endgültig geklärt. Die Tatsache, daß die aus der Luft isolierten Bakterienarten zugleich "gängige" Boden- oder Seewasserbakterien sind, führt zu der Annahme, daß die Oberfläche der Ozeane und Kontinente die Quelle für das Vorhandensein lebender Mikroben in großen Höhen der Atmosphäre sind. Hier können nur psychrotrophe und psychrophile Mikroorganismen längere Zeit überleben. Die eigentliche Vermehrung dieser Mikroorganismen kann jedoch nur bei der Verfügbarkeit flüssigen Wassers (bei Temperaturen um den Gefrierpunkt) erfolgen. Es gibt innerhalb der Atmosphäre wahrscheinlich eine

sogenannte "biologische Zone", in der eine Vermehrung von Mikroorganismen möglich ist und auch stattfindet.

Auch in Wolken können Mikroorganismen wachsen, ja sie finden innerhalb der Atmosphäre dort sicherlich die günstigsten Bedingungen. Die Mikroorganismen, die sich in der "biologischen Zone" vermehren, leben in kleinen Wassertröpfchen, die mit sehr geringen Mengen organischer Substanz (8 mg/l) angereichert sind. Sie sind darüberhinaus oftmals in der Lage, Luftstickstoff zu fixieren.

Sicherlich sind aber unsere Kenntnisse über das Leben von Mikroben in der Atmosphäre noch zu gering, um gültige Verallgemeinerungen treffen zu können. So ist das Vorhandensein einer "biologischen Zone" bis heute noch nicht endgültig nachgewiesen.

In Eis und Schnee sind Bakterien und andere Mikroorganismen ebenfalls nachgewiesen worden.

Die Feststellung von Aristoteles, daß sich Schnee gelegentlich rot färbt, wurde sehr viel später durch den Nachweis der "Schneealgen" *Raphidonema nivale*, *Chloromonas pichinchae* und *Cylindrocystis brebissonii*, deren Wachstumsoptimum zwischen $+1^{\circ}\text{C}$ und $+10^{\circ}\text{C}$ liegt, bestätigt. Schneealgen sind psychrophile Mikroorganismen, die bei Temperaturen über $+10^{\circ}\text{C}$ nicht wachsen können.

Aber auch Bakterien vermögen im Eis der Ozeane zu leben. Zu ihnen gehört z. B. *Brevibacterium minutiferula*. All den in Eis und Schnee der Polarregionen lebenden Mikroorganismen ist gemeinsam, daß sie bei Temperaturen von -2°C noch aktiv zu wachsen vermögen.

Höhlen haben für viele eine besondere Anziehungskraft. Für den Biologen sind Höhlen wegen ihrer außerordentlich konstanten klimatischen Bedingungen und der vielen Besonderheiten ihrer Bewohner von großem Interesse. Den Mikrobiologen interessieren, will er an die Grenzen des Lebens gehen, Höhlen, in denen höhere Pflanzen und Tiere nicht oder nur in Ausnahmefällen vorkommen. Solche Höhlen gibt es sowohl in den gemäßigten als auch in den Polarzonen. In diesen Höhlen herrschen konstante Temperaturen von $+10^{\circ}\text{C}$ bis unter den Gefrierpunkt. Weiterhin

sind sie gekennzeichnet durch hohe Feuchtigkeit, geringe Nährstoffkonzentrationen und immerwährende Dunkelheit. In den letzten Jahren wurden Höhlen in der Arktis, in Lappland, in den Pyrenäen, in den Alpen und in der VR Rumänien unter mikrobiologischen Aspekten untersucht. Der Gehalt an Bakterien ist im Vergleich zur Atmosphäre und den Schnee- und Eisbedingungen hoch (bis zu $4,3 \times 10^6$ Zellen/g Boden). Am meisten vertreten sind hier Arten von Flavobakterium, Pseudomonas und Arthrobacter. Arthrobacter glacialis kann in einem Bereich von -5 bis $+18^\circ\text{C}$ mit einem Optimum bei 13°C wachsen. Bedingt durch die Konstanz der chemischen und physikalischen Parameter in kalten Höhlen ist es zur Entstehung sehr charakteristischer Mikrofloren gekommen, die über Jahre hinweg in ihrer Artenzusammensetzung konstant sind. Aber nicht nur die tiefen Temperaturen beschränken die Entwicklung vielartiger Floren und Faunen in diesen Höhlen, sondern ebenso eine Reihe chemischer oder Nährstofffaktoren. So ist das Angebot an organischen Substanzen sehr gering. Arthrobacterspezies vermögen Luftstickstoff zu binden und haben neben ihrer Psychrophilie auch dadurch gute Chancen, solche Standorte zu besiedeln. Weitere Untersuchungen dürften in der Folgezeit auch noch einige ernährungsphysiologische Besonderheiten dieser Höhlenbewohner ans Tageslicht bringen. So gibt es bereits Hinweise auf eine mikrobielle Zersetzung des Kalksteines in Karsthöhlen.

Unter den Bedingungen jahreszeitlich schwankender Temperaturen (Oberflächengewässer, Flüsse, Ströme und Böden der gemäßigten Breiten) ist die Zusammensetzung der Mikroflora natürlich weitaus artenreicher. Diese ökologischen Situationen können daher in den meisten Fällen nicht als eigentliche Extrembiotope angesprochen werden.

Erst mit der Entwicklung eines leistungsfähigen Instrumentariums zur Untersuchung so lebenswichtiger Prozesse wie der Proteinsynthese sowie von Methoden zur Sichtbarmachung der Substruktur der Zelle (Elektronenmikroskopie) war es möglich geworden, die Beantwortung der Frage, warum ein Teil der Mikroorganismen bei tiefen Temperaturen leben kann, auf molekularbiologischer Ebene in Angriff zu nehmen.

Bereits vor Jahren hatte man eine Reihe stoffwechselphysiologischer Besonderheiten psychrophiler und psychrotropher Mikroorganismen festgestellt. Hierzu ist die temperaturabhängige Umschaltung des Stoffwechsels auf den Sekundärstoffwechsel zu zählen. Aber diese stoffwechselphysiologischen Untersuchungen waren bald an der Grenze ihrer Aussagefähigkeit angelangt. Es war nicht möglich, das Phänomen der Psychrophilie allein unter physiologischem Aspekt zu sehen bzw. es damit zu erklären.

Mit Hilfe biochemischer Methoden versuchte man zunächst, die Frage, warum psychrophile Bakterien unter "mesophilen" Bedingungen nicht leben können, zu klären.

Es wurde festgestellt, daß der Grundmechanismus jeder Vermehrung, die Proteinsynthese, bei Psychrophilen unter mesophilen Bedingungen (20 ... 40 °C) nicht mehr funktioniert. So wurde bei *Bacillus psychrophilus* und bei *Bacillus insolitus* nachgewiesen, daß die Proteinsynthese nur bei niederen Temperaturen, nicht aber bei 20 ... 30 °C, ablaufen kann. Der Grund dafür liegt in einer strukturellen Denaturierung der Ribosomen, also der Strukturen, an denen die Proteinsynthese stattfindet. Zum Nachweis der Ribosomdenaturierung wurden modernste biochemische Methoden unter Einsatz radioaktiver Verbindungen angewandt.

Auch die löslichen Komponenten der Proteinbiosynthese, die Aminoacyl-t-RNA-Synthetasen (die Enzyme, die zu Beginn der Proteinsynthese die Aminosäuren aktivieren und auf die entsprechenden t-RNA-Moleküle übertragen) sind bei psychrophilen Bakterien außerordentlich thermolabil.

Ähnliche Befunde wurden bei der Untersuchung anderer Ebenen des Stoffwechsels von psychrophilen Pseudomonaden erhalten. So werden einige für den Stoffwechsel dieser Bakterien wichtige Enzyme bei 25 °C nicht synthetisiert, und wieder andere, die zwar von der Zelle hergestellt werden, wurden inaktiviert. So können Funktionen im Stoffwechsel nicht erfüllt werden, und es kommt zum Absterben der Zellen.

Mittels elektronenoptischer Aufnahmen von *Vibrio psychroerythrus*, ebenfalls einem psychrophilen Bakterium, das zwei Stunden bei 37 °C aufbewahrt wurde, wurde sichtbar, daß die äußeren

Schichten der Zellwand dieses Bakteriums thermolabil sind und bei 37 °C zerbrechen.

Mit der Beantwortung der Frage, warum mesophile Mikroorganismen bei tieferen Temperaturen nicht leben können, erhofften sich die Wissenschaftler Hinweise auf Faktoren, die das Leben bei tiefen Temperaturen ermöglichen. Hier wurden auch genetische Methoden verwendet.

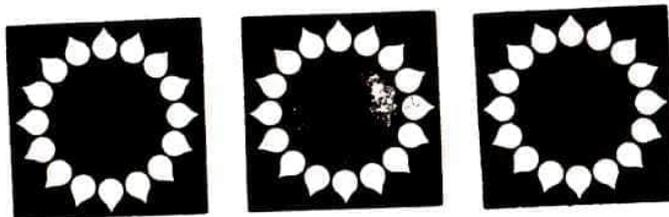
Ergebnisse dieser Versuche zeigten, daß sogenannte "kälteempfindliche" Mutanten von *Escherichia coli* und *Salmonelle typhimurium*, (beide sind mesophile Bakterien), d. h. Mutanten, deren minimale Wachstumstemperatur erhöht wurde, Veränderungen in der Proteinsynthese (Ribosomen) und im Regulationsmechanismus von Schlüsselenzymen für die Synthese essentieller Metabolite (z.B. Aminosäuren) aufweisen.

Hinsichtlich der strukturellen Anpassung zeigten Versuche mit den gleichen Organismen eine Änderung der Lipidzusammensetzung der Membranen in Anpassung an tiefere Temperaturen. Die Membran der Bakterien muß, um eine effektive Aufnahme und Abgabe von Stoffen für eine maximale Wachstumsgeschwindigkeit bei unterschiedlichen Temperaturen zu gewährleisten, in ihrer Zusammensetzung hinsichtlich ihres Lipidanteils verändert und angepaßt werden.

Im allgemeinen geht mit einer Erniedrigung der Temperatur eine Erhöhung des Anteils an ungesättigten Fettsäuren einher.

Obschon mit diesen sehr eleganten und aufschlußreichen Versuchen ganz wesentliche Hinweise im Hinblick auf eine Klärung der Frage nach den notwendigen biochemischen und strukturellen Anpassungen an tiefe Temperaturen gewonnen werden konnten, wird eine endgültige Klärung des Problems noch Jahre intensiven Forschens in Anspruch nehmen.

Nächste Folge: Leben bei hohen Temperaturen

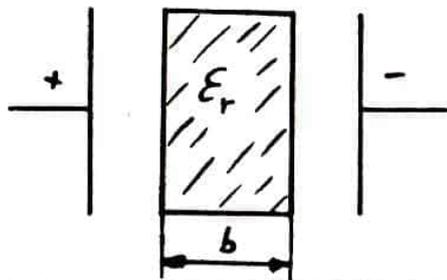


physikaufgabe

56

In einem Plattenkondensator, der die Ladung Q trägt, befindet sich ein festes Dielektrikum der Dicke b . (Plattenabstand d , Plattenfläche A , Dielektrizitätskonstante ϵ_r)

Wie groß ist die Arbeit, die notwendig ist, um das Dielektrikum vollständig aus dem Kondensator herauszuziehen ?



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 aufgabe 48 aus heft 9/13.jg.

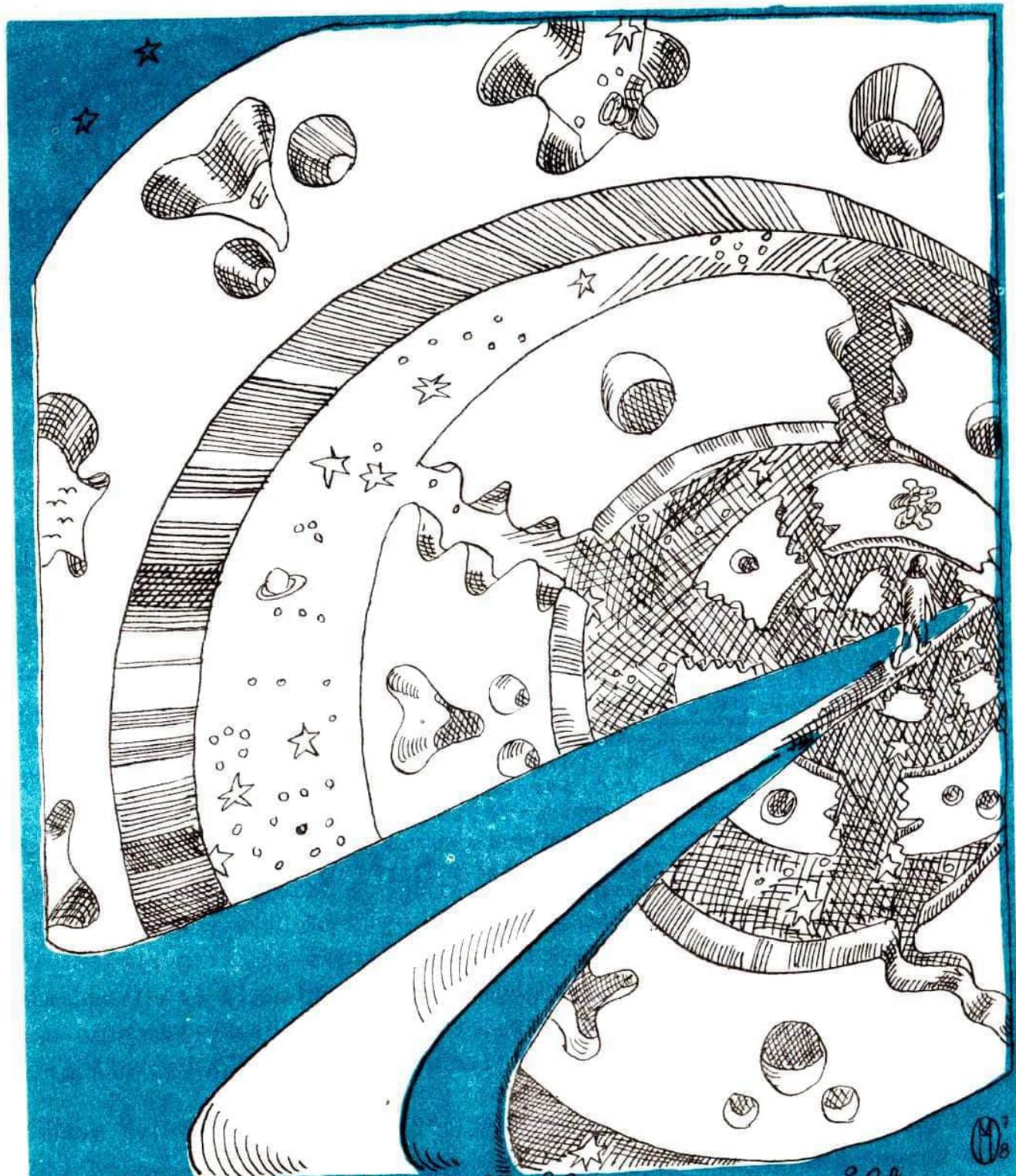
aufgabe: Ein Körper der Masse m fällt aus großer Höhe auf die Erde. Dabei wirkt auf ihn die Erdanziehungskraft und eine entgegen der Bewegungsrichtung gerichtete Bremskraft, die proportional zur Geschwindigkeit ist. (Proportionalitätsfaktor k) Mit welcher Geschwindigkeit trifft der Körper auf die Erde auf?

lösung: (eingesandt von Gerald Werner, Meiningen, 19 Jahre)

Der Körper bewegt sich nach einer Beschleunigungsphase geradlinig gleichförmig, da die auf ihn wirkenden Kräfte in ihrer Summe 0 ergeben: $\vec{G} + \vec{F}_L = 0$ (\vec{G} : Gewichtskraft, \vec{F}_L : Luftwiderstand), d.h. $G = F_L \rightarrow mg = kv$

(g : Erdbeschleunigung, v : Endgeschwindigkeit)

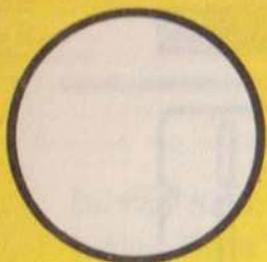
$$\rightarrow \underline{\underline{v = \frac{mg}{k} = 4,9 \text{ ms}^{-1}}}$$



Viele, die ihrer Zeit vorausgeeilt
waren, mußten auf sie in sehr unbe-
quemen Unterkünften warten.

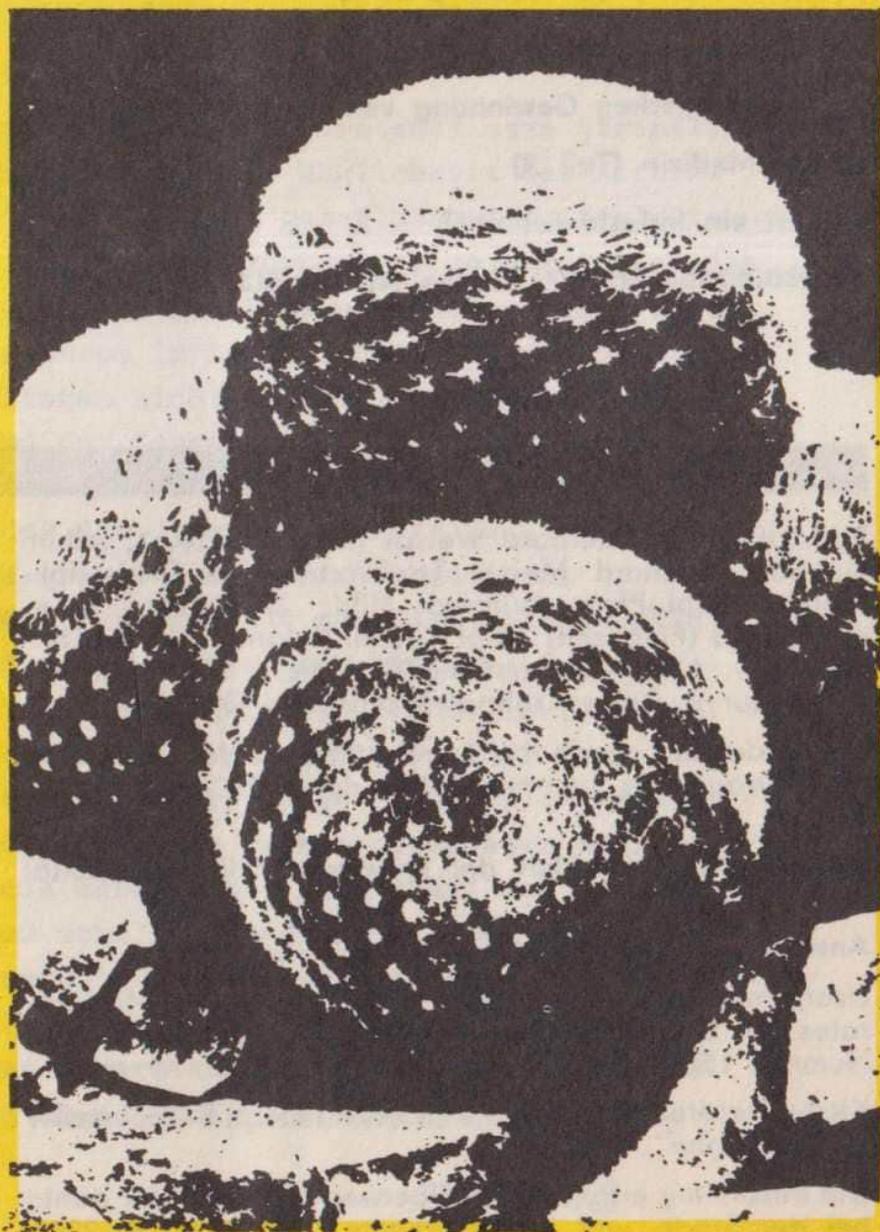
S. Lec

14. Jahrg.
1980/81



impuls 68

88



Supraleitung



Venus



Pheromone



Diagnoseresultate



Industrieroboter

Titelbild: Neomami

impuls

68

Inhaltsverzeichnis

Supraleitung (Teil 2) – wichtige Eigenschaften	PHY	3
Venus – Planet der Rätsel (Teil 1)	AST	10
Pheromone – Chemische Signale im Tierreich (2)	CHE	17
Zur systematischen Gewinnung von Diagnoseresultaten in der Medizin (Teil 2)		22
Was ist ein Industrieroboter?	DOK	28
Physikaufgabe Nr. 57, Lösung Nr. 49 (13. Jahrgang)		

Redaktion: Dr. Eberhard Welsch (Chefredakteur); Achim Dittmar, Reinhard Meinel (stellvertretende Chefredakteure); Dipl.-Phys. Wilfried Hild; Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen); Dipl.-Chem. Roland Colditz (Chemie); Dr. Jürgen Sauerstein (Biologie); Vera Masurat (Gestaltung); Reiner Luthardt (Fotografie, Gestaltung)

Die Redaktion wurde 1969 und 1980 mit dem Ehrentitel „Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR“ ausgezeichnet.

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Anschrift: impuls 68, 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1

Lizenzgeber: Presseamt beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik unter der Nummer 1570

Kleinoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, Betriebsteil V „Werner John“, Rudolstadt

Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981. Bestellungen richten Sie bitte direkt an unsere Anschrift; bei Bezahlungen oder Anfragen nennen Sie unbedingt die Adresse, unter der Sie „impuls 68“ erhalten.

Heftpreis: –,40 M, Jahresabonnement: 4,- M



Supraleitung (Teil 2) - Wichtigste Eigenschaften

Nachdem im ersten Teil die physikalischen Ursachen für das Verschwinden des elektrischen Widerstandes bei Eintritt der Supraleitung erläutert wurden, soll es nun um einige Eigenschaften des supraleitenden Zustandes gehen.

2.1. Dauerströme

Eine unmittelbare Folgerung aus dem widerstandslosen Stromfluß in einem supraleitenden Draht ist die Möglichkeit des Auftretens von Dauerströmen. Wäre in einem geschlossenen supraleitenden Kreis ein endlicher Widerstand vorhanden, so würde sich die elektrische Energie allmählich in Wärme umwandeln. Durch diesen Verlust klingt dann der Strom im Laufe der Zeit ab. Kann man jedoch ein solches Abklingen nicht feststellen, so kann aus der Beobachtungszeit und der Geometrie des supraleitenden Stromkreises eine obere Grenze für den Widerstand ermittelt werden. Die absolute Aussage, daß der Widerstand exakt Null ist, kann man daher experimentell grundsätzlich nicht beweisen.

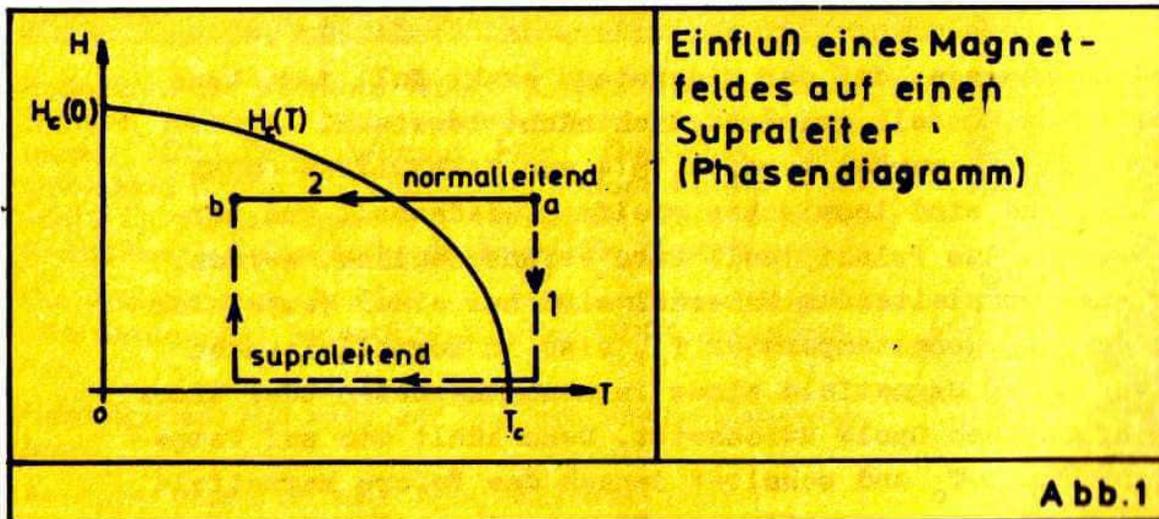
Solche Experimente wurden bereits 1914 von KAMMERLINGH-ONNES durchgeführt und sind inzwischen vielfach wiederholt und verbessert worden. Das Prinzip soll kurz veranschaulicht werden. Ein Ring aus supraleitendem Material wird bei einer Temperatur oberhalb der Übergangstemperatur T_c , also im normalleitenden Zustand vor einem Magnetfeld eines Permanentmagneten oder einer stromdurchflossenen Spule durchsetzt. Dann kühlt man auf Temperaturen unterhalb T_c und schaltet danach das äußere Magnetfeld ab. Jede Änderung des magnetischen Flusses durch den Ring induziert einen Strom im Ring (Induktion). Besitzt der Ring wirklich keinen elektrischen Widerstand, fließt dieser Strom als "Dauerstrom". Ansonsten würde er experimentell abklingen:

$$I(t) = I_0 e^{-\frac{R}{L}t}$$

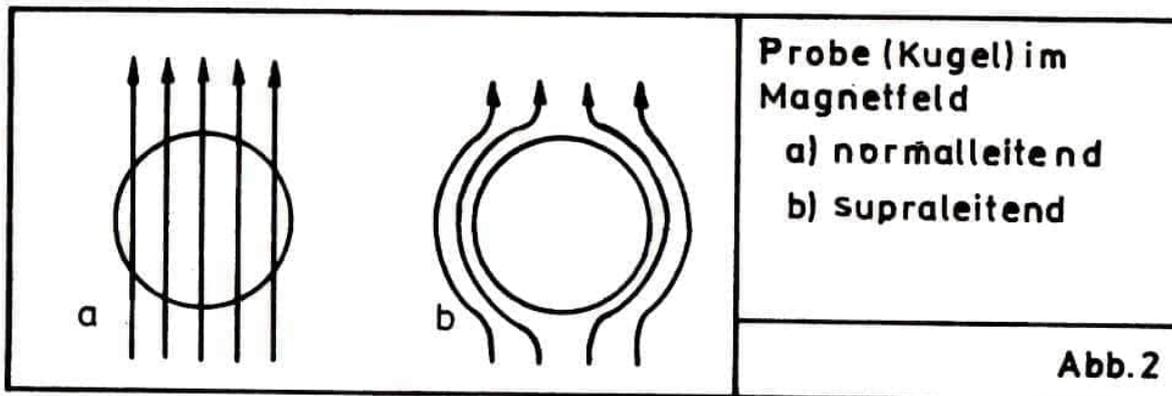
Hierbei bezeichnet I_0 den Strom zum Zeitpunkt $t = 0$, R ist der Gleichstromwiderstand und L der sogenannte Selbstinduktionskoeffizient, der nur von der Geometrie des Ringes abhängt. Experimentell beobachtet man nun die Stärke des Dauerstromes in einfachster Weise, z.B. mit einer Magnetnadel (Oersted-Versuch). Selbst mittels komplizierter Meßapparaturen hat man schon bis zu 3 Jahre lang solche Dauerströme beobachtet, ohne auch nur die geringste Abnahme ihrer Größe feststellen zu können.

2.2. Meißner-Ochsenfeld-Effekt, Supraleiter 1. Art.

Betrachten wir das Verhalten eines Supraleiters im äußeren Magnetfeld H noch etwas genauer. Der Zustand der Supraleitung wird nicht nur bei Überschreiten der kritischen Temperatur beseitigt, sondern auch wenn bei $T < T_c$ ein genügend starkes Magnetfeld auf den Supraleiter einwirkt. Die Feldstärke, ab der dieser Übergang vom supraleitenden in den normalleitenden Zustand erfolgt, bezeichnet man als kritisches Magnetfeld $H_c(T)$. Die Temperaturabhängigkeit von H_c ist in Abb. 1 qualitativ dargestellt, wobei sich unterhalb der Kurve $H_c(T)$ der Supraleiter im supraleitenden Zustand befindet.

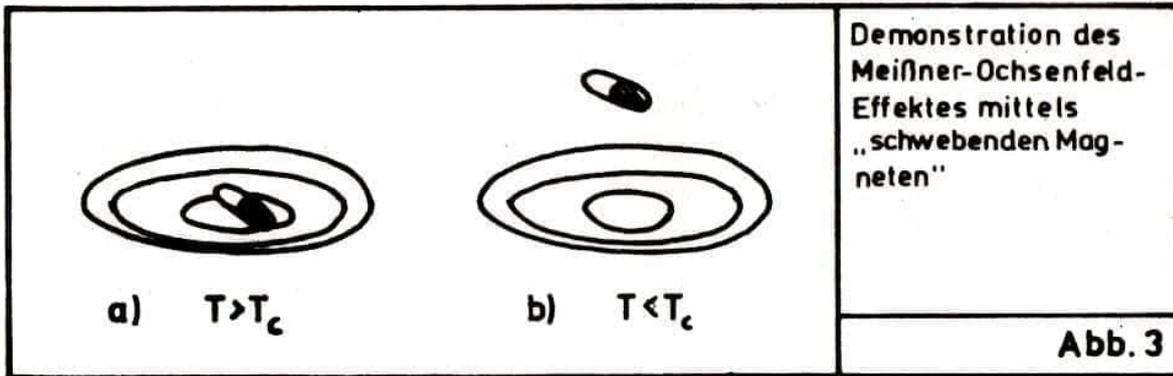


Betrachten wir in diesem Phasendiagramm des Supraleiters nun die zwei Punkte a und b, vgl. Abb. 1, so kann man auf zwei verschiedenen Wegen von a nach b gelangen. Beim Weg 1 führen wir den Übergang zur Supraleitung durch Temperaturerniedrigung im Nullfeld durch und schalten dann erst das Magnetfeld ein. Dabei werden in der Oberflächenschicht des Supraleiters Ströme induziert, die, wie wir gesehen haben, als Dauerströme fließen. Diese "Abschirmströme" verhindern, daß das Feld in das Innere der Probe eindringt. Die Feldlinien werden um die Probe herumgeleitet. Im Punkt b liegt somit ein Supraleiter ohne Magnetfeld im Inneren vor, siehe Abb. 2 b. Führen wir die Probe auf dem Weg 2 nach b, so durchsetzt zunächst das Magnetfeld die normalleitende Probe, siehe Abb. 2 a, und es erfolgt dann bei vorhandenem Magnetfeld der Übergang zur Supraleitung.



Nach den bisherigen Vorstellungen müßten wir dann einen Supraleiter erhalten, der vom Magnetfeld durchdrungen wird und keine Abschirmströme aufweist. Das würde aber bedeuten, daß der Zustand b nicht eindeutig ein supraleitender Zustand sein kann. Meißner und Ochsenfeld konnten jedoch 1933 zeigen, daß der supraleitende Zustand unabhängig von der Versuchsdurchführung ein Magnetfeld immer aus seinem Inneren herausdrängt. Diese auch als "idealer Diamagnetismus" (Suszeptibilität $\chi = -1$) bezeichnete Eigenschaft ist auch für Anwendungszwecke von großer Bedeutung, beispielsweise bei der reibungsfreien Lagerung von Navigationsgeräten.

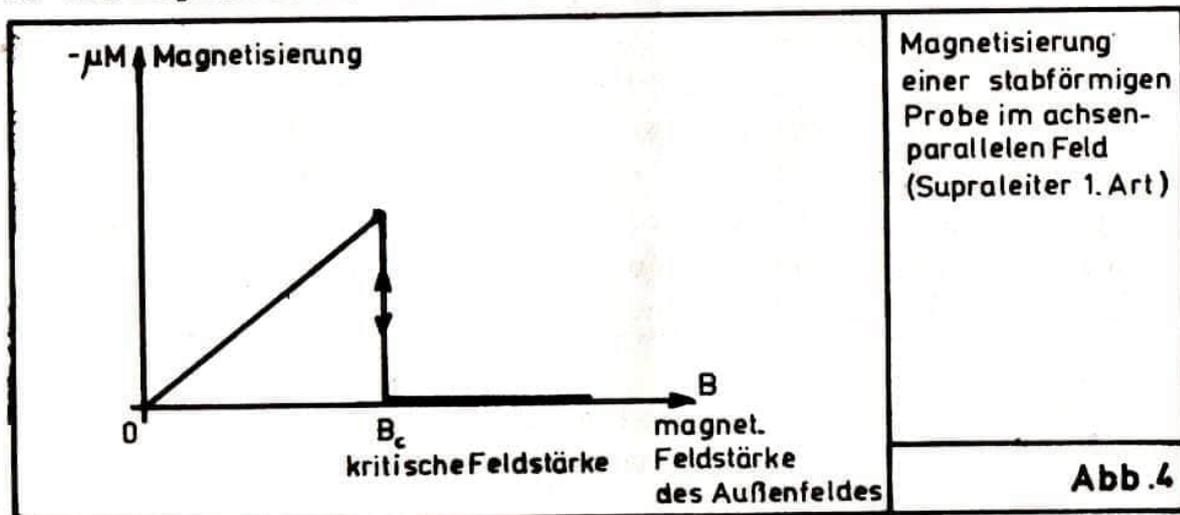
Eine eindrucksvolle Demonstration dieses Effektes kann man mit Hilfe einer Bleischale und eines kleinen Permanentmagneten geben, Abb. 3.



Für $T > T_c$ liegt der Magnet in der normalleitenden Bleischale (Abb. 3 a). Senkt man die Temperatur ab, so wird die Schale supraleitend und verdrängt das magnetische Feld, wodurch der Magnet von der Bleischale abgestoßen wird und dann in einer bestimmten Höhe über der Schale schwebt (Abb. 3 b).

Der Meißner-Ochsenfeld-Effekt besteht in der Verdrängung des Magnetfeldes aus einem Supraleiter bis auf eine dünne Oberflächenschicht, deren Dicke durch die sogenannte "Eindringtiefe" charakterisiert wird. Diese Größe ist temperaturabhängig und liegt bei $T \rightarrow 0\text{K}$ in der Größenordnung $5 \times 10^{-6}\text{cm}$.

Supraleiter, deren Verhalten im Magnetfeld völlig dem Meißner-Ochsenfeld-Effekt entspricht, werden als "Supraleiter 1. Art" bezeichnet. Die meisten der chemischen Elemente, die supraleitend werden, gehören zu diesem Typ. Sie besitzen die in Abb. 4 dargestellte Magnetisierungskurve, bei der durch die Abschirmströme bis zum Erreichen des kritischen Feldes ein Gegenfeld aufgebaut wird, das das Eindringen des Außenfeldes in das Innere des Supraleiters verhindert.



2.3. Supraleiter 2. Art

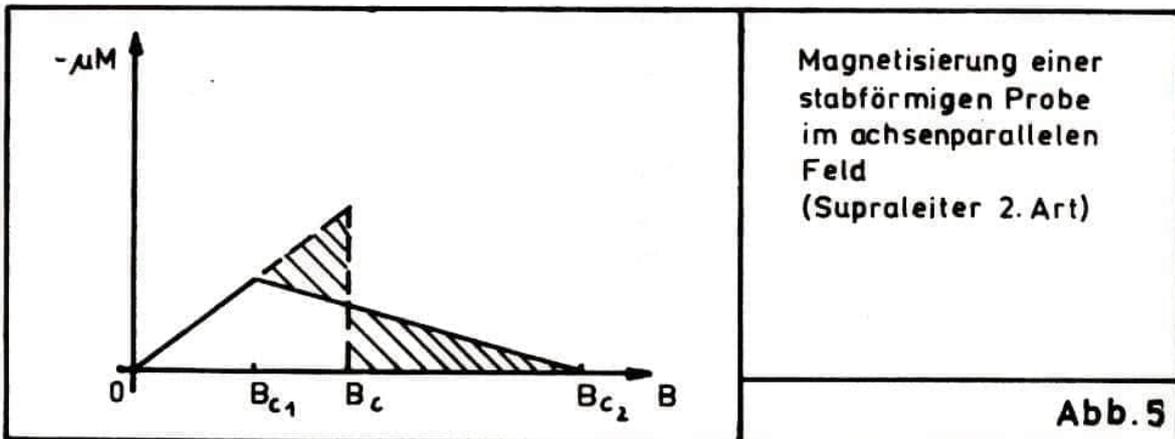
Ein völlig anderes Verhalten im Magnetfeld weisen die Supraleiter 2. Art auf, zu denen von den Elementen nur Niob und Vanadium gehören. Da jedoch die meisten Legierungen und Verbindungen zu den Supraleitern 2. Art gehören und sie für Anwendungszwecke sehr bedeutsam sind, soll an dieser Stelle einiges dazu gesagt werden.

Der Unterschied zum Supraleiter 1. Art zeigt sich deutlich in der Magnetisierungskurve, Abb. 5. Bei kleinen äußeren Feldern bis zum kritischen Feld B_{c1} tritt noch der Meißner-Ochsenfeld-Effekt auf, doch dann geht der Supraleiter in den sogenannten "Mischzustand" (auch "Shubnikov-Phase") über. Aus energetischen Gründen ist es dann günstiger, wenn magnetischer Fluß ins Innere des Supraleiters gelangt. Dies erfolgt in Form von sogenannten "Flußwirbeln", die genau ein "elementares Flußquant"

$$\Phi_0 = 2.07 \times 10^{-15} \text{ Vs} = \frac{h}{2e}$$

h = Plancksches Wirkungsquantum
 e = Elementarladung

enthalten, das durch entsprechende Ringströme erzeugt wird. Genaue Untersuchungen ergaben, daß diese Flußwirbel frei verschiebbar sind und sich in einer regelmäßigen Gitterstruktur (dem sogenannten "Abrikosov-Gitter") anordnen, wobei der gegenseitige Abstand mit ansteigendem Außenfeld abnimmt.



Die freie Verschiebbarkeit der Flußlinien ist jedoch nur in recht homogenen Materialien gewährleistet. Treten Störungen und Verunreinigungen im Material auf, so führt das zu energetisch bevorzugten Plätzen für die Flußwirbel. Man spricht davon, daß die Wirbel "angebunden" (engl. pinning) werden. Die Magnetisierungskurve ist dann nicht mehr reversibel zu durchlaufen, und die Abschirmungswirkung ist gegenüber den sauberen Supraleitern 2. Art verstärkt. Man spricht dann von "Supraleitern 3. Art" oder auch von "Hochfeldsupraleitern". Diese Materialien besitzen in der Technik den größten Anwendungsbereich, so werden sie für Kabel und Magnetspulen verwendet.

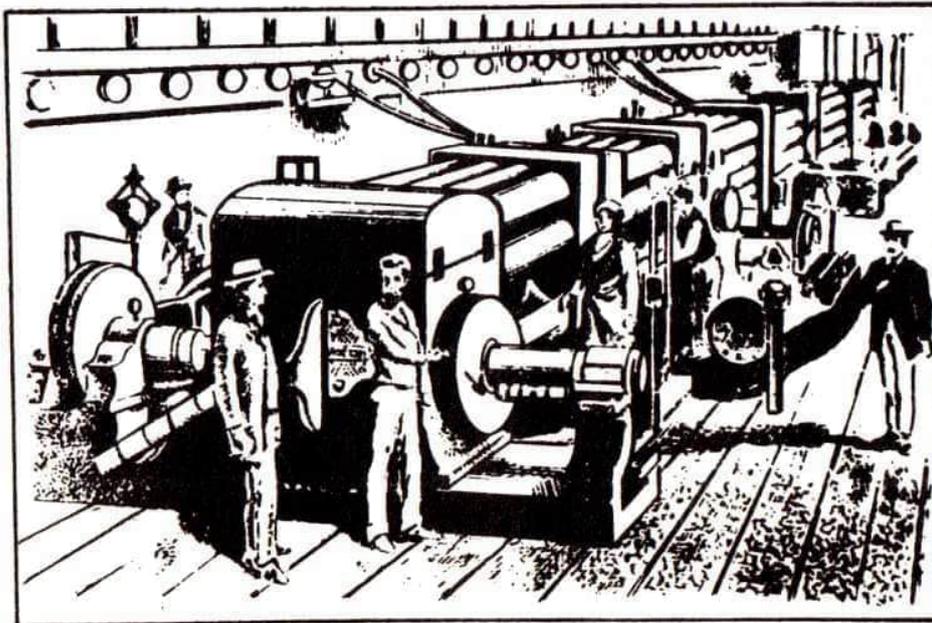
2.4. Flußquantisierung

Im vorigen Abschnitt war bereits vom elementaren Flußquant (dem sogenannten "Fluxoid") die Rede, auf das wir noch einmal kurz zurückkommen wollen. Dazu betrachten wir noch einmal einen supraleitenden Ring im Magnetfeld, bei dem durch den Induktionsvorgang Dauerströme angeregt werden. In klassischen Systemen wäre bei diesem Vorgang durch geeignete Wahl des Magnetfeldes jeder beliebige Wert des Dauerstroms erzeugbar. Bei quantenmechanischen Systemen hingegen existieren nur gewisse diskrete Zustände, die durch bestimmte Quantenbedingungen festgelegt sind (vgl. Bohrsches Atommodell). Wie bereits im 1. Teil erwähnt, handelt es sich bei der Supraleitfähigkeit um ein Quantenphänomen. Eine Folge davon ist, daß im betrachteten supraleitenden Ring der magnetische Fluß nur in diskreten Werten $n \times \Phi_0$ auftreten kann ($n = 1, 2, 3, \dots$). Man kann das sowohl theoretisch zeigen, als auch experimentell bestätigen. Wegen der Kleinheit des Flußquantens ist der experimentelle Nachweis sehr erschwert. Beispielsweise müssen Störfelder, wie das Magnetfeld der Erde, unterdrückt werden.

Die Bedeutung des Fluxoids Φ_0 zeigt sich außer am supraleitenden Ring und am Eindringen des Feldes in Supraleiter 2. Art auch beim Josephson-Effekt, auf den wir später eingehen werden.

2.5. Wärmeleitung

Die Wärmeleitung in Supraleitern weist deutliche Unterschiede zum Verhalten in Metallen auf, da die Wärmeleitung hauptsächlich durch Elektronen erfolgt, von denen ein Teil zu Cooper-Paaren kondensiert, die nicht am Wärmetransport beteiligt sind. Man beobachtet bei reinen Metallen eine starke Abnahme des Wärmeleitvermögens beim Übergang in den supraleitenden Zustand. Bei reinem Blei ist beispielsweise die Wärmeleitfähigkeit bei Temperaturen unterhalb 1 K im normalleitenden Zustand um einen Faktor 10^3 größer als im supraleitenden. Man kann auf diesem Prinzip beruhende Wärmeschalter bauen, indem man entweder die Metalle im supraleitenden Zustand läßt oder durch Anlegen eines überkritischen Magnetfeldes normalleitend macht. Doch damit sind wir schon bei einigen Anwendungen der Supraleitungseigenschaften, auf die wir gesondert eingehen wollen.



Das erste zentrale Elektrizitätswerk entstand 1882 in New York. Es war mit 6 Generatoren aus der „Werkstatt“ Edisons ausgerüstet und hatte eine Gesamtleistung von etwa 500 kW.

Venus - Planet der Rätsel (Teil 1)

Unser weißer Nachbarplanet, die Venus, gab schon seit Jahrhunderten Anlaß zu kühnen Hypothesen, aber auch Spekulationen über seine Natur. Die besten Teleskope der Erde konnten ihre Oberfläche nicht sichtbar machen. Was verbarg sich hinter der für das Auge undurchdringlichen Wolkenhülle?

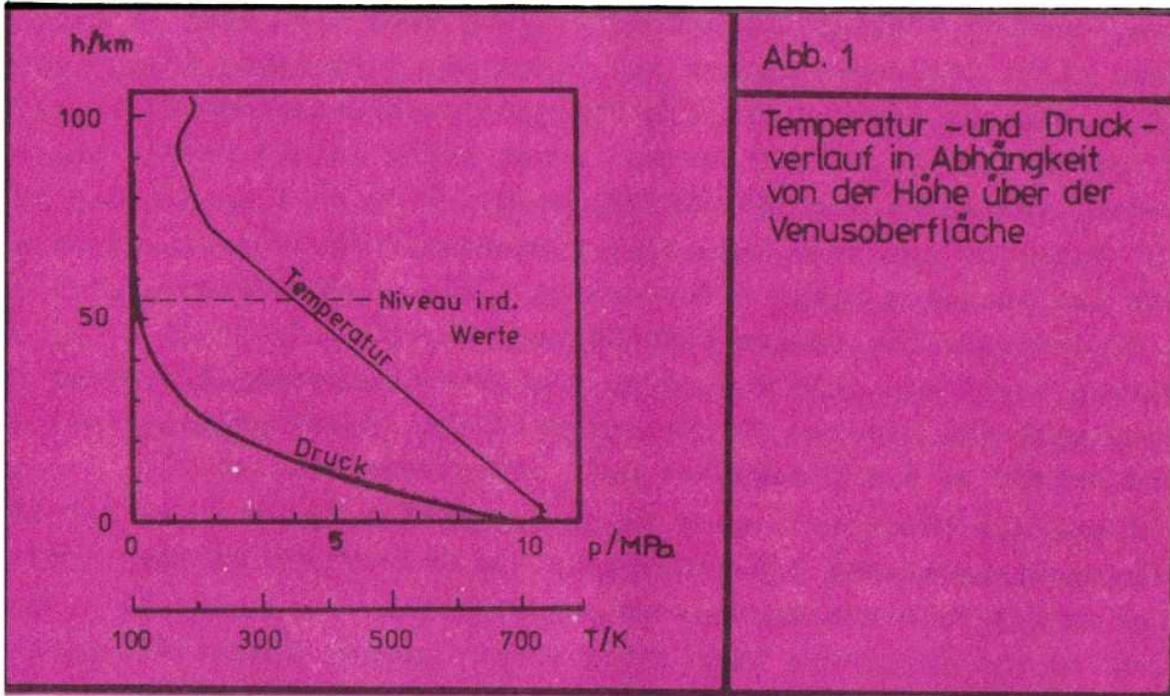
Vorschläge gab es viele: War die Venus der "Planet der Stürme", ein Wüstenplanet, auf dem enorme Sandstürme wüteten und die Oberfläche verschleierten? War es eine zweite Erde, die sich noch im Frühstadium ihrer Entwicklung befand - mit Vulkanausbrüchen riesigen Ausmaßes, mit katastrophalen Beben? Oder war es vielleicht schon zur Entwicklung von Leben gekommen, Überzogen urtümliche Sümpfe und Regenwälder den Planeten?

Die ersten Raumsonden, die Meßkapseln in die Venusatmosphäre transportierten (ab VENUS 4, 1967), die ersten Landungen auf der festen Oberfläche (VENUS 7, 1970) zerstörten rasch den Optimismus, vielleicht doch eine "Schwester der Erde" vorzufinden. Und doch glauben heute viele Wissenschaftler, daß die Venus möglicherweise dennoch ein denkbares Erdmodell darstellt. Absurd? Durchaus nicht! Was wissen wir heute über die Venus, welche Erkenntnisse und Rätsel hält sie für uns bereit?

CO₂-Atmosphäre mit Treibhauseffekt

Alle auf der Venus gelandeten Sonden übermittelten nahezu übereinstimmende Verläufe von Druck und Temperatur sowie Gaszusammensetzung in der Venusatmosphäre. Die Werte an der Venusoberfläche sind für uns nahezu unvorstellbar: etwa 750 K und 9,12 MPa! Bei diesen enormen Temperaturen sind Metalle wie Blei oder Zinn bereits flüssig! Allein diese Tatsache sollte uns demonstrieren, zu welchen Leistungen die Raumfahrt schon heute fähig ist. Komplizierteste Apparaturen in dieser feindlichen

Umgebung mehrere Stunden funktionstüchtig zu erhalten ist ungeheuer schwierig. In Abb. 1 sind die Verläufe von Druck und Temperatur in der Venusatmosphäre in Abhängigkeit von der Höhe über der Oberfläche aufgezeichnet. Man beachte die Lage des Niveaus annähernd "irdischer Werte"!



Auch die Zusammensetzung der Atmosphäre weicht bedeutend von der irdischen ab:

Gas	Erde	Venus
O ₂	20,8 %	5 x 10 ⁻⁶ %
N ₂	78,0 %	2 - 4 %
CO ₂	0,03 %	96 %
H ₂ O-Dampf	1 %	0,01 %

Auffällig sind das praktisch völlige Fehlen von Sauerstoff und Wasserstoff sowie der enorm hohe CO₂-Gehalt. Gerade das CO₂ spielt eine wesentliche Rolle für das Zustandekommen der extremen Umweltbedingungen der Venus.

Die Wissenschaftler sprechen vom sogenannten "Treibhauseffekt". Warum? Betrachten wir Abb. 2 a. Durch ein Treibhausfenster

(Glas!) fällt das sichtbare Sonnenlicht nahezu ungehindert ein. Die auf den Boden treffende Strahlung wird dort zum größten Teil absorbiert. Der erwärmte Boden strahlt nun seinerseits einen Teil der Wärme wieder ab, entsprechend seiner Temperatur liegt diese Strahlung jedoch im Infrarotbereich (Wiensches Verschiebungsgesetz). Das Glasdach ist jedoch für Infrarotstrahlung undurchlässig! Die Wärmestrahlung wird also das Treibhaus nicht verlassen können und führt zur Aufheizung der Luft. Eine gleiche Wirkung erzielt übrigens auch Wasserdampf, und da Treibhäuser (z.B. für Gurken) immer schön feucht gehalten werden, verstärkt sich der Effekt noch.

Auf der Venus ist nun zwar kein Glas vorhanden (Abb. 2 b), aber das ist auch gar nicht erforderlich. Seine Rolle übernehmen CO_2 und der (in Spuren vorhandene) Wasserdampf. Beide absorbieren bestimmte "Linien", d.h. enge Frequenzbereiche der Infrarotstrahlung, die von der Venusoberfläche abgestrahlt wird, und heizen so die Atmosphäre auf. Selbstverständlich herrscht auf der Venus (wie auch in jedem Treibhaus) ein Strahlungsgleichgewicht: Die Temperatur von Oberfläche und Atmosphäre steigt nicht unbegrenzt an, da ein Teil der IR-Strahlung doch in der Lage ist, das System zu verlassen, speziell in solchen Bereichen des Spektrums, in denen CO_2 und H_2O nicht absorbieren.

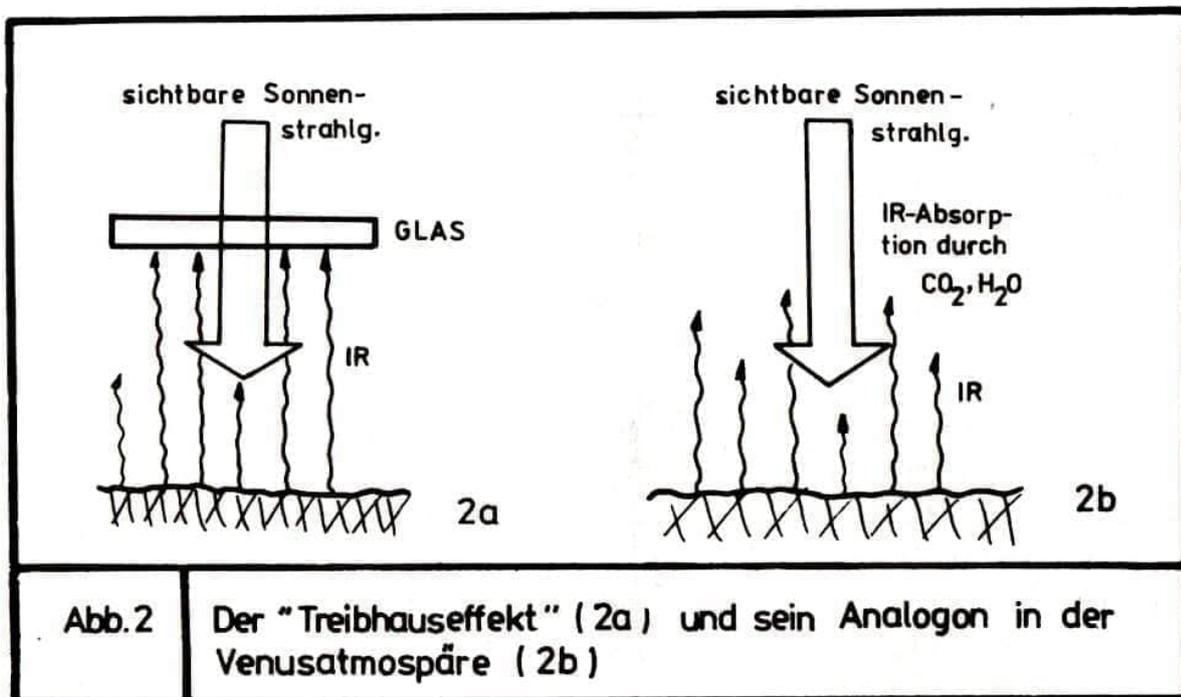


Abb.2

Der "Treibhauseffekt" (2a) und sein Analogon in der Venusatmosphäre (2b)

Wolken und Schwefelsäure

Die Wolkenhülle der Venus erscheint nur im sichtbaren Licht strukturlos. Im Bereich der ultravioletten Strahlung zeigen sich interessante Strukturen, kontrastreiche Details. Die großräumige Struktur der Wolken hat die Form eines liegenden Y, spiralförmige Wolkenbänder bewegen sich zu den Polen hin. Die gesamte Wolkenhülle rotiert in etwa 4 Tagen um den Planeten (zumindest die oberen Schichten), das entspricht Strömungsgeschwindigkeiten von etwa 100 m/s! Was sind das für seltsame Wolken?

Seit den Jahren 1972/73 ist folgende Hypothese sehr populär: Die Venuswolken bestehen aus Schwefelsäuretröpfchen ($\approx 75\%$) mit Tröpfchendurchmessern von $2\ \mu\text{m}$ und Konzentrationen von $300\ \text{cm}^{-3}$. Bereits aus irdischen Beobachtungen war bekannt, daß die Brechzahl der Tröpfchen bei 1,44 liegt, außerdem sind sie bei Temperaturen an der Wolkenobergrenze von 232 K noch flüssig.

Eine der hauptsächlichen Aufgaben der sowjetischen Venussonden zweiter Generation (ab VENUS 9, 1975) bestand deshalb darin, während des Abstiegs am Fallschirm Untersuchungen der Wolkenbestandteile durchzuführen. Es zeigte sich, daß der Hauptbestandteil tatsächlich H_2SO_4 -Tröpfchen darstellt, jedoch ist die Zusammensetzung der Wolken komplizierter, als bisher angenommen.

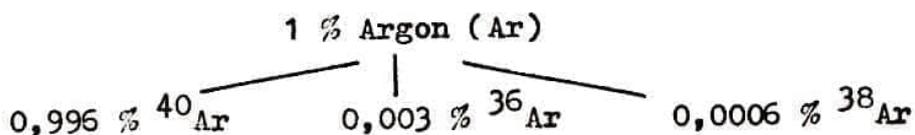
Im Höhenbereich zwischen 55 und 51 km treten zusätzlich noch dunkle Aerosole mit Durchmessern von 5 bis $15\ \mu\text{m}$ auf, zwischen 51 und 48 km existieren Tröpfchen mit 1 bis 2,4 und $5\ \mu\text{m}$ Durchmesser. Wahrscheinlich sind auch das Schwefelverbindungen. Unterhalb von 48 km treten nur noch sehr dünne Wolkenbänder aus feinsten Tröpfchen auf. Alle anderen Bestandteile sind wahrscheinlich dort bereits verdampft ($T = 370\ \text{K}$, $p = 1,47 \times 10^5\ \text{Pa}$). Bis 32 km Höhe treten noch in geringem Umfang feinste Teilchen auf. Dort, in 32 km Höhe, scheint eine noch rätselhafte Grenze zu existieren. Oberhalb dieser Grenze liegt Schwefel hauptsächlich als SO_2 vor, darunter als H_2S , COS u.a. Anscheinend kehren sich hier oxidierende Prozesse in reduzierende um. Auch auf die Wolkenbildung scheint diese "Grenze" Einfluß zu haben. Während die Tagwolken-Unter-

grenze bei etwa 48 km liegt, sinkt sie in der Nacht bis auf 32 km ab. Dort wurde sie von VENUS 8, die genau bei "Tagesanbruch" auf der Venus landete, vorgefunden. Wahrscheinlich spielten sich dort komplizierte photochemische Prozesse ab. Diese verlaufen recht langsam, immerhin benötigt die Venus für eine volle Umdrehung 243 irdische Tage, und entsprechend lang sind auch die Venustage!

Wenn bisher stets von "Wolken" gesprochen wurde, so darf man dabei keine direkten Vergleiche zu irdischen Wolken ziehen. Wer einmal während eines Fluges eine Wolkendecke durchstoßen hat, wird die "Waschküche" innerhalb von Wasserdampfwolken kennen. Auf der Venus ist das anders: Wie VENUS 9 und 10 feststellten, beträgt die Sichtweite innerhalb der Venuswolken 1 bis 4 km, das entspricht der Sicht an einem diesigen Sommertag! Unterhalb der Wolkendecke ($h < 32$ km) ist die Venusatmosphäre frei von Aerosolen, die Fernsicht beträgt ungefähr 50 km.

Das Isotopen-Rätsel

Als Anfang 1979 die ersten Ergebnisse der Sonden VENUS 11 und 12 veröffentlicht wurden, waren die Zeitungen voll von Schlagzeilen: "Die Venus tanzt aus der Reihe!" (Horizont 6/79). Was war geschehen? Bei der Analyse der Isotopenzusammensetzung der Venusatmosphäre war man auf etwas Seltsames gestoßen: Argon, ein Edelgas, kommt in der Natur in den Isotopen ^{36}Ar , ^{38}Ar und ^{40}Ar vor. Der Argongehalt der irdischen Atmosphäre beträgt etwa 1%. Die Verteilung auf die einzelnen Isotope sieht so aus:



Der Ursprung dieser drei Isotope ist verschieden: Während das Isotop ^{40}Ar hauptsächlich durch den Zerfall des radioaktiven ^{40}K (im irdischen Gestein vorhanden) entsteht, stammen ^{36}Ar und ^{38}Ar wahrscheinlich aus dem Urmaterial der Erde, sollten also bei der Bildung der Planeten aus dem Sonnennebel bereits enthalten gewesen sein. Demzufolge müßte auch der Prozentsatz dieser Isotope bei vergleichbaren Planeten annähernd identisch sein.

In der Venusatmosphäre ist der Anteil der Isotope ^{36}Ar und ^{38}Ar zusammen fast genauso groß wie der von ^{40}Ar ! (Die Atmosphäre der Venus enthält $\approx 0,01\%$ Argon.) Diese absonderliche und unerwartete Tatsache stellt die Wissenschaftler vor große Probleme. Über ihre mögliche Ursache wollen wir im zweiten Teil des Artikels diskutieren. Hier jedoch noch etwas zur Frage:

Gibt es Gewitter auf der Venus?

Gewitterentladungen auf anderen Planeten lassen sich mit Hilfe irdischer Radioteleskope feststellen, wenn sie stark genug sind. Solche Registrierungen starker elektrischer Entladungen sind z.B. vom Jupiter bekannt. Mittlerweile konnten sie auch optisch durch Raumsonden bestätigt werden. Die von der Venus empfangene Radiostrahlung deutete bisher nicht auf Gewitter hin. Mit der genaueren Untersuchung der Spurenelemente in der Venusatmosphäre entstand jedoch die Frage, ob nicht einige dieser Verbindungen infolge elektrischer Entladungen entstanden sein könnten. So entstehen auf der Erde z.B. Ozon und einige Stickoxide auch in Verbindung mit Gewittern.

Mitunter konnte ein schwaches Leuchten der Nachtseite der Venus festgestellt werden. Ob dieses schwache Leuchten (1975/76 auch von VENUS 9 und 10 registriert) jedoch durch gewittrige Prozesse verursacht werden könnte, war fraglich. VENUS 11 und 12 sollten Antwort geben. In beide Landeapparate waren Mini-Empfänger für Lang- und Superlangwellen-Empfang installiert, die speziell der Suche nach Gewittern dienten (Experiment "Grossa").

Am 21. 12. 1978 tauchte VENUS 12 in die Atmosphäre unseres Nachbarplaneten ein. Bereits 9 Minuten nach Einschalten des Gerätes wurde die erste, nach weiteren 8 Minuten die zweite Impulsserie registriert. 32 Minuten nach der Landung erfolgte ein erneuter Empfang.

Wesentlich erfolgreicher verlief das Experiment mit dem Landekörper von VENUS 11, der am 25. 12. 1978 niederging. An diesem Tag wurden heftige "elektrische **Stürme**" registriert, pro Sekunde waren es bis zu 30 Entladungen. Ein Gewitterherd konnte direkt beobachtet werden. Dazu war der Landekörper in langsame Rotation versetzt worden, und die gerichtete Antenne konnte das Entladungszentrum abtasten (Abb. 3).

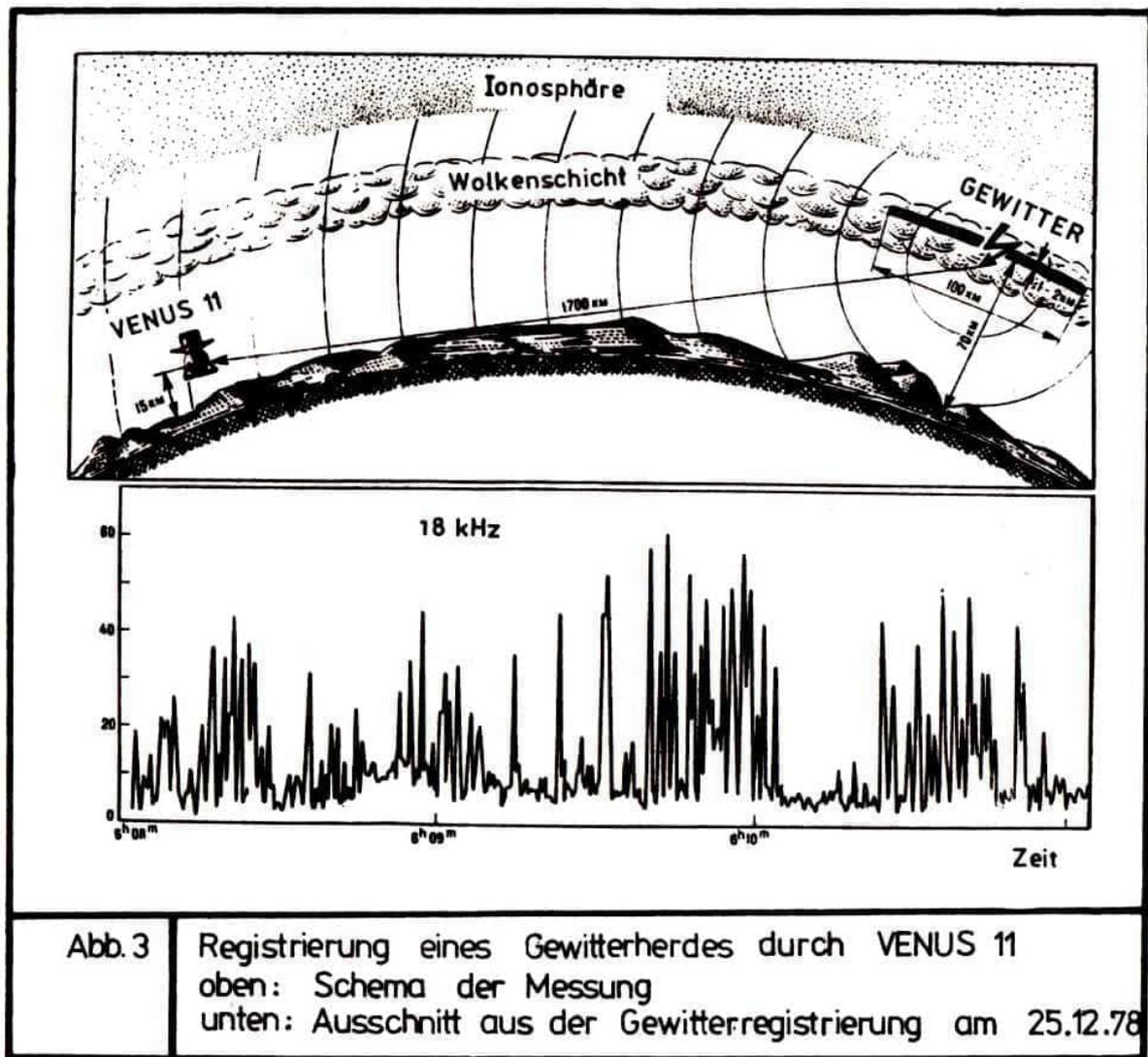


Abb.3 Registrierung eines Gewitterherdes durch VENUS 11
 oben: Schema der Messung
 unten: Ausschnitt aus der Gewitterregistrierung am 25.12.78

Es erwies sich als 1700 km von der Sonde entfernt und 60 bis 70 km über der Venusoberfläche gelegen. Sein Durchmesser betrug fast 100 km, während die vertikale Ausdehnung lediglich 2 km ausmachte. Man beachte, daß bei etwa 70 km die Wolkenobergrenze der Venus liegt.

Gewitter besitzen also auf der Venus (wie auch auf der Erde) lokalen Charakter. Ihre Intensität dürfte jedoch die der irdischen um das Hundertfache übertreffen. Sie sollte ausreichen, um das schwache Nachthimmelsleuchten der Venus zu erklären.

Im zweiten Teil des Artikels wollen wir uns mit folgenden Fragen beschäftigen:

- Wie entstehen die Schwefelsäurewolken?
- Wie sieht die Oberfläche der Venus aus?
- Wie gelangte die Venus in den heutigen Zustand, steht der Erde ein ähnliches Schicksal bevor?

Dr. Peter Renner

PHEROMONE - Chemische Signale im Tierreich

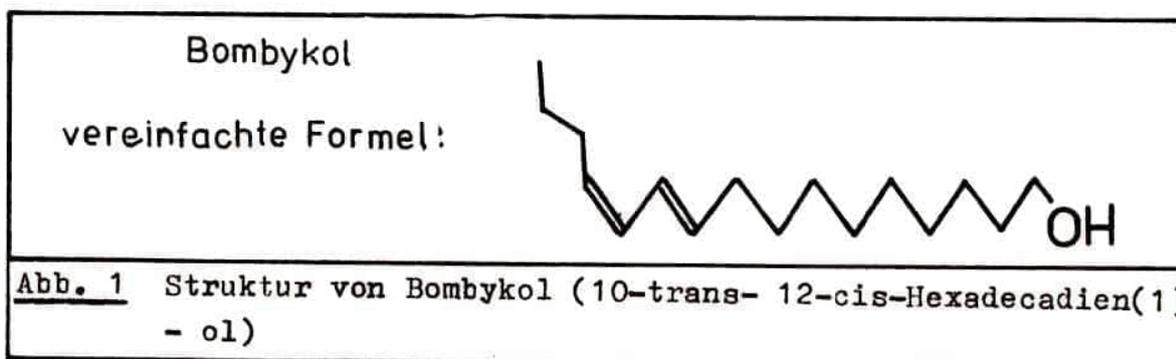
2. Teil

Im ersten Teil dieses Artikels wurde über den Ursprung des Begriffs "Pheromon", über Arten und Funktionen von Pheromonen gesprochen.

Betrachten wir nun einige spezielle Beispiele aus dem Reich der Insekten etwas näher.

Wie bereits im 1. Teil erwähnt, war das erste isolierte und identifizierte Pheromon das sogenannte Bombykol, der Sexuallockstoff des Seidenspinners.

Die Struktur ist in Abbildung 1 wiedergegeben. Im weiteren Verlauf werden jeweils nur die vereinfachten Strukturformeln benutzt.



Der Wirkstoff wurde aus den Duftdrüsen von 500 000 Seidenspinnerweibchen durch BUTENT und Mitarbeiter 1959 isoliert und nach Reinigung der Strukturaufklärung unterzogen. Die Drüse eines Tieres enthält nur etwa 1 µg der Verbindung, jedoch sind die als Empfangsorgan der Männchen dienenden Antennen so extrem empfindlich, daß dieses eine Mikrogramm theoretisch zur Erregung von 10^{13} (!) Tieren ausreichen würde, da bereits Konzentrationen von nur 1000 Molekülen pro Kubikzentimeter deutliche Reaktionen auslösen. Die Tiere reagieren dann mit Flügelschwirren, Tänzchen und Paarung.

Bemerkenswert ist auch die hohe Selektivität bezüglich der Molekülgeometrie. Bereits geringste Veränderungen, wie Verschiebung der Doppelbindungen, Kettenverlängerung oder Substitution an der Kette, führen zu Verbindungen, die kaum noch aktiv sind. Das Seidenspinnerweibchen kann das Bombykol selbst nicht wahrnehmen.

Die Männchen "riechen" das Pheromon mit Hilfe zweier Antennen. Auf jeder befinden sich etwa 17 000 100 μ m lange Riechhaare, welche wieder jeweils zwei Sinneszellen beinhalten.

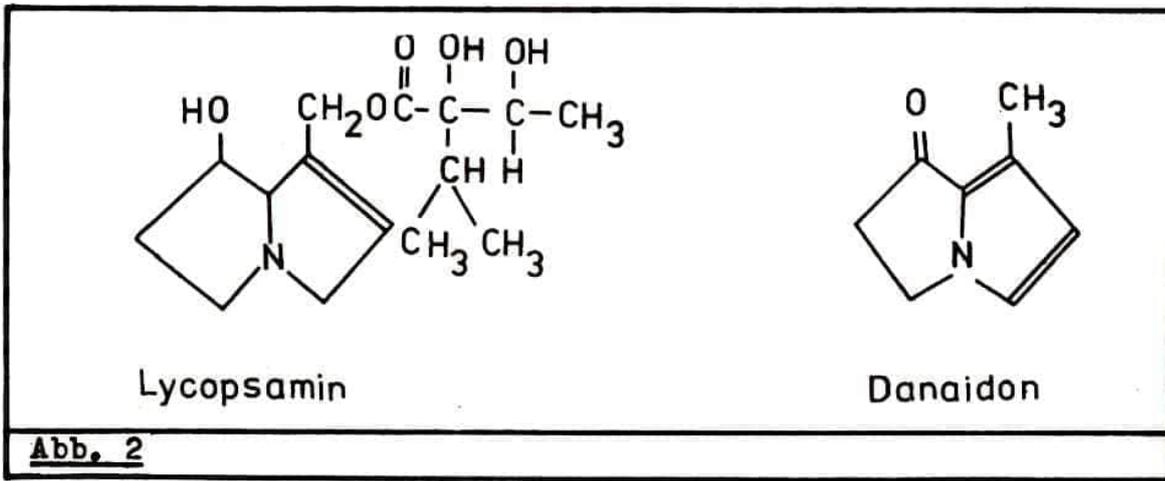
Interessante Zusammenhänge zwischen Nahrungsaufnahme und Pheromonproduktion wurden bei den in den Tropen und Subtropen vorkommenden Monarchfaltern (Danaiidae) festgestellt.

Die Männchen senden vor der Paarung Duftsignale aus, die die Weibchen paarungsbereit machen, also erst in unmittelbarer Nähe zur Wirkung kommen; sie dienen nicht zur Fernanlockung wie das oben besprochene Bombykol. Solche Substanzen bezeichnet man auch als *A p h r o d i s i a k a*. Die Erkennung der Weibchen erfolgt auf Grund optischer Signale. Hat ein Männchen ein Weibchen erkannt, verfolgt es dieses und berührt im Vorbeiflug mit seinem Duftorgan, einem am Hinterleibsende befindlichen Haarpinsel, die Fühler des Weibchens. Akzeptiert dieses das Männchen, setzt es sich bald, worauf es erneut zu einem "Pinseln" der Fühler kommt; danach erfolgt die Kopulation.

In Laborversuchen hat man nun festgestellt, daß in Gefangenschaft gezüchtete Männchen im Vergleich zu in der Wildnis gefangenen Tieren nahezu keine Chance zur Paarung haben. Den Grund hierfür fand man in den Nahrungsquellen der Schmetterlinge. Es handelt sich dabei um Pflanzen aus der Familie der Boragiaceae (Rauhblattgewächse) und Asteraceae (Korbblütler), welche als Inhaltsstoff das Alkaloid Lycopsamin (Abb. 2) besitzen. Bei einer chemischen Analyse der Substanz aus den Duftorganen der Männchen konnte das sogenannte Danaidon identifiziert werden, welches eine verblüffende strukturelle Ähnlichkeit zum Heterocyclenteil des Lycopsamin aufweist.

Daraus folgt, daß die Tiere das Lycopsamin mit der Nahrung aufnehmen müssen und dieses dann in einer biochemischen Reaktion zum Pheromon umbauen.

Elektronenmikroskopische Untersuchungen der Pinselhaare zeigten, daß diese winzige Körnchen tragen, deren Größe (einige Mikrometer) und Form von Art zu Art variieren.



Diese Körnchen sind mit dem Duftstoff imprägniert und werden als "Pheromon-Transfer-Partikel" bezeichnet. Beim Pinseln streut das Männchen diese auf die weiblichen Fühler, wo sie eine länger anhaltende Reizung hervorrufen.

Uns allen mehr oder weniger bekannt, zumindest dem Namen nach, sind die Borkenkäfer; nicht zuletzt deshalb, weil sie gefährliche Forstschädlinge sind und gerade in jüngster Vergangenheit, durch die im Süden der DDR erfolgten Schnee-Einbrüche und deren Folgen in den Wäldern, die Gefahr des massiven Auftretens dieser Holzzerstörer äußerst akut wurde.

Tiere dieser Gattung signalisieren mit Hilfe sogenannter Aggregationspheromone, wenn ein zur Besiedlung geeigneter Baum gefunden ist. Dies ist nicht möglich, bei gesunden Bäumen, sondern nur bei durch Blitzschlag, Bruch oder durch holzerstörende Pilze geschädigten Bäumen.

Die Lockstoffe sind im Gegensatz zu den obengenannten Beispielen nicht geschlechtsgebunden, nicht artspezifisch, auch ist die Empfindlichkeit der Sinnesorgane der Käfer geringer als bei den Schmetterlingen. In den meisten Fällen dient auch nicht eine einzelne Verbindung als Lockstoff, sondern gleich ein ganzes Pheromonbouquet. Auch bei den Borkenkäfern bestehen, ähnlich wie bei den Monarchfaltern, sehr enge Beziehungen zwischen Wirtspflanze, hier also dem Nadelbaum, und der Pheromonproduktion. Die Käfer oxydieren die im Baum vorkommenden Terpenkohlenwasserstoffe zu den Pheromonen (s. Abb. 3).

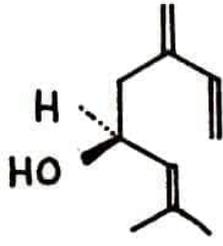
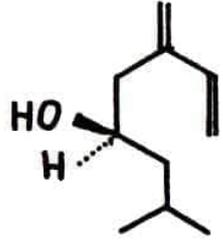
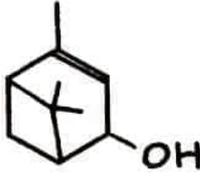
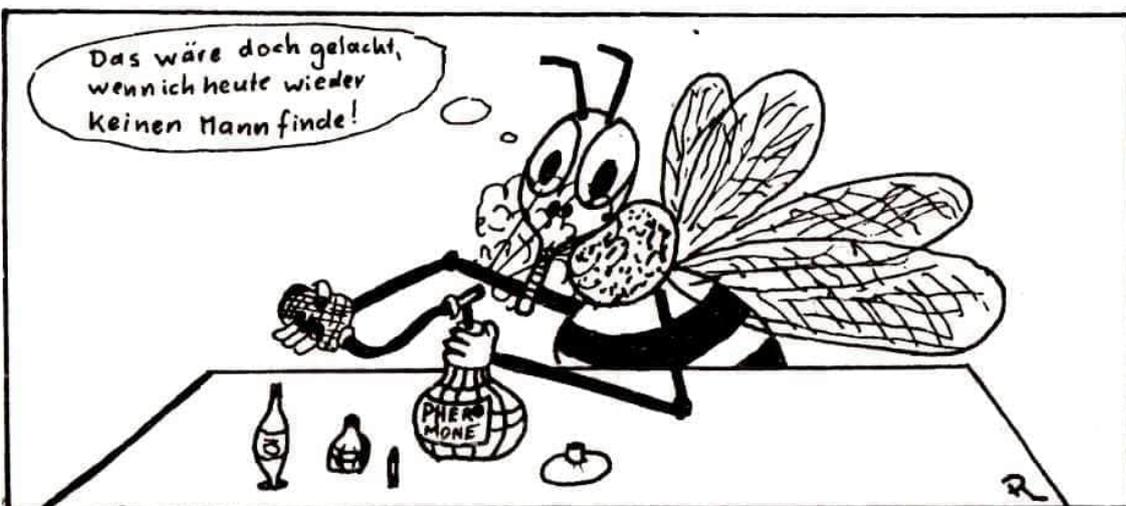
Kohlenwasserstoff der Pflanze	Pheromon	
 <p data-bbox="223 616 391 660">MYRCEN</p>	 <p data-bbox="662 616 869 660">IPSDIENOL</p>	 <p data-bbox="1053 616 1220 660">IPSENOL</p>
 <p data-bbox="255 1008 391 1052">PINEN</p>	 <p data-bbox="782 1008 997 1052">VERBENOL</p>	

Abb.3

Bei manchen Arten gelingt es im Laborversuch, die Pheromonproduktion der Käfer künstlich zu initiieren, indem man diese einfach den Dämpfen der Kohlenwasserstoffe aussetzt.



Mit der immer vollkommeneren Entschlüsselung dieser "chemischen Sprache" der Insekten eröffnen sich völlig neue Perspektiven zu deren Bekämpfung, die umso bedeutungsvoller sind, als dadurch umweltbelastende, schwer abbaubare Insektizide in großem Maße eingespart werden könnten. Die nachfolgend skizzierten Verfahren befinden sich teilweise schon im Erprobungsstadium, allerdings sind durchschlagende Erfolge bisher noch ausgeblieben.

Die erste Möglichkeit besteht darin, Pheromonfallen aufzustellen, also geschlechtsspezifische oder auch artspezifische synthetische Pheromone zur Anlockung von Tieren in Fallen mit nachfolgender Vernichtung einzusetzen. Ein weiteres Verfahren ist die großflächige Ausbringung von Lockstoffen, was zu einer Desorientierung führen soll. Diese Methode ist für Schmetterlingsarten gut geeignet, weniger für Borkenkäfer. Bei letzteren bedient man sich übrigens schon fast seit 200 Jahren der sogenannten "Fangbaummethode". Ein gefälltter Baum lockt die Käfer an und hält sie somit von anderen Waldteilen fern.

VOR 100 Jahren GELESEN ...

Erdöl bildet sich durch einen chemischen Prozeß und Destillation innerhalb der Erde, von wo es durch den ungleichmäßigen Gasdruck - genau wie das Blut - durch die Arterien des Erdballs bis zur Oberfläche getrieben wird, wo die Menschen es durch Stiche in die äußere Erdkruste vor 25 Jahren zu entnehmen begonnen haben. Wir haben nichts zu befürchten, auch wenn die Brennstoffquellen in den alten Steinkohlengruben versiegen; denn in diesem Blut der Erde haben wir einen Brennstoff für mehrere Jahrmillionen. Vorläufig wird es sich nicht erschöpfen wie auf dem Mond, der ein Destillierkolben ohne Inhalt zu sein scheint. Zur Gewinnung des Erdöls muß man die Erde allerdings bis in eine Tiefe von 20 000 Fuß und mehr anbohren.

Aus: "Niwa", Nr 6, 1876

2.2. Grundvoraussetzungen der Aussagenlogik-Konzeption

Im Folgenden geben wir die Grundvoraussetzungen der Aussagenlogik-Konzeption an, die wir mit a) bis d) kennzeichnen.

a) Es werden Einzel-symptome $s_1, \dots, s_1, \dots, s_m$ und Einzel-krankheiten $k_1, \dots, k_j, \dots, k_n$ betrachtet. Von jedem Patienten (Proband) ist feststellbar, ob er das Einzelsymptom s_i bzw. die Einzelkrankheit k_j hat oder nicht hat.

b) Die Einzelsymptome $s_1, \dots, s_1, \dots, s_m$ gelten als Aussagenvariable mit den Wahrheitswerten 1 (Symptom liegt beim Patienten vor) und 0 (Symptom liegt nicht vor). Der dem Patienten zuzuordnende Symptomkomplex $S(s_1)$ ist eine aussagenlogische Funktion der Einzelsymptome.

Wir wollen Veranschaulichungen für den einfachen Fall $m=2$ bringen. Bei einem Patient seien die Symptome 1 und 2 mit positivem bzw. negativem Ausgang getestet; dann ist ihm der Symptomkomplex

$$S = s_1 \wedge \bar{s}_2 \quad (6)$$

zuzuordnen. Die Elementarkonjunktion $s_1 \wedge \bar{s}_2$ ist nur wahr, wenn s_1 gleich Eins ist (also Symptom 1 vorliegt) und s_2 gleich Null ist (also Symptom 2 nicht vorliegt). Ein zweites Beispiel: Nur das Symptom 1 sei getestet, das Resultat sei positiv. Dann gilt

$$S = s_1 \quad (7)$$

Aus Abb. 1 kann man ableiten, daß $s_1 = (s_1 \wedge \bar{s}_2) \vee (s_1 \wedge s_2)$ ist; der Symptomkomplex S in (7) ist also dann wahr, wenn die Elementarkonjunktion $(s_1 \wedge \bar{s}_2)$ oder die Elementarkonjunktion $(s_1 \wedge s_2)$ wahr ist. Ein drittes Beispiel: Einem überhaupt nicht getesteten Patienten muß der Symptomkomplex

$$S = (\bar{s}_1 \wedge \bar{s}_2) \vee (\bar{s}_1 \wedge s_2) \vee (s_1 \wedge \bar{s}_2) \vee (s_1 \wedge s_2) \quad (8)$$

zugeordnet werden. Irgendeine der vier möglichen Elementarkonjunktionen ist wahr. Es gilt also $S = 1$. Während durch Gleichung (6) eine scharfe Angabe über die Symptome vermittelt wird, stellt Gleichung (7) eine unschärfere und Gleichung (8) die unschärfste Angabe dar. Diese Beispiele lassen sich ohne weiteres auf den Fall $m > 2$ übertragen.

c) Der dem Patienten zuzuordnende Krankheitskomplex $K(k_j)$ ist eine aussagenlogische Funktion der Einzelkrankheiten $k_1, \dots, k_j, \dots, k_n$, die Aussagenvariablen mit den Wahrheitswerten 0 (der Patient hat die Krankheit nicht) und 1 (der Patient hat die Krankheit) sind.

Veranschaulichungen erfolgen wieder für $n=2$. Der Krankheitskomplex

$$K = (\bar{k}_1 \wedge \bar{k}_2) \vee (\bar{k}_1 \wedge k_2) \vee (k_1 \wedge \bar{k}_2) \vee (k_1 \wedge k_2) \quad (9)$$

mit allen vier Elementarkonjunktionen hat unabhängig von den Wahrheitswerten von k_1, k_2 stets den Wahrheitswert 1; inhaltlich stellt er die unschärfste Angabe über die Krankheit dar, weil irgendeine der vier möglichen Elementarkonjunktionen für jeden beliebigen Proband wahr ist. Eine schärfere Angabe ist

$$K = (\bar{k}_1 \wedge k_2) \vee (k_1 \wedge k_2) = k_2 \quad (10)$$

mit zwei Elementarkonjunktionen; es wird das Vorliegen der Einzelkrankheit 2 angezeigt, während über Einzelkrankheit 1 nichts ausgesagt wird. Eine (von vier möglichen) schärfsten Angaben ist

$$K = k_1 \wedge \bar{k}_2, \quad (11)$$

nämlich eine der vier Elementarkonjunktionen. Allgemein (d.h. auch für $n > 2$) gilt: Je kleiner die Anzahl von Elementarkonjunktionen ist, die zur Darstellung von K bei alternativer Normalform benutzt werden, desto schärfer ist die Angabe über den Krankheitskomplex.

d) Die allgemeine (d.h. vom Probanden unabhängige), diagnoserelevante medizinische Erkenntnis $E(s_i, k_j)$ ist eine aussagenlogische Funktion der Aussagenvariablen $s_1, \dots, s_i, \dots, s_m, k_1, \dots, k_j, \dots, k_n$. Die medizinische Erkenntnis E besteht im allgemeinen aus einer Anzahl von Wissens-

elementen $e_1, \dots, e_1, \dots, e_r$, die alle zugleich gültig sein sollen, was nach Gleichung (5) auf folgende Darstellung für E führt:

$$E = e_1 \wedge e_2 \wedge \dots \wedge e_r \quad (12)$$

Die Wissenselemente müssen nicht alle s_1 und k_j enthalten. Unter E ist nicht die gesamte diagnoserelevante Erkenntnis der Medizin zu verstehen, sondern ein mehr oder weniger großes Teilgebiet, das beispielsweise für den Augenarzt ein anderes ist als für den HNO-Spezialist.

Als Beispiel für ein Wissenselement formulieren wir eine Beziehung zwischen der Krankheit 2 und dem Symptom 1:

$$e_1 = k_2 \rightarrow s_1 \quad (13)$$

(Umgangssprachlich: Wenn die Krankheit 2 vorliegt, tritt das Symptom 1 auf.)

Dieser Abschnitt soll mit Bemerkungen über den realen Gültigkeitsbereich der genannten Voraussetzungen abgeschlossen werden.

Das vorstehende Schema ist unmittelbar zunächst auf binäre Symptome (solche mit 2 Werten) zugeschnitten; es kann aber auch für kontinuierliche Variable angewendet werden, deren Merkmale durch eine Anzahl von binären Symptomen beschrieben werden können (z.B.: Körpertemperatur von 36 °C bis 41 °C durch 5 Stufen von 1 °C Breite).

Die Voraussetzung d) ist nur dann gerechtfertigt, wenn die verwendeten Wissenselemente e_1 sicher oder zumindest quasi-sicher gültig sind. Das ist beim Beispiel (13) der Fall, wenn die Einzelkrankheit k_2 etwa mit "frischer Myokard-Infarkt" und das Einzelsymptom s_1 mit "spezifischer EKG-Ableitung" identifiziert wird. Neben derartigen sicheren Wissenselementen gibt es solche, die aus objektiven Gründen mit Wahrscheinlichkeitsaussagen verknüpft sind. Als Beispiel betrachten wir wieder das in (13) angegebene Wissenselement; nun identifizieren wir aber die Krankheit k_2 mit "Leberzirrhose" und das Symptom s_1 mit dem "Auftreten von Transaminasen". In diesem Fall weicht die Wahrscheinlichkeit für die Gültigkeit von $e_1 = k_2 \rightarrow s_1$ merklich von 100 % ab. Solche Wahrscheinlich-

keitsaussagen werden in den Wahrscheinlichkeits-Konzeptionen der medizinischen Diagnose (siehe Abschnitt 3 und 4) betrachtet werden.

2.3. Die Bestimmung des Krankheitskomplexes

Die Bestimmung des Krankheitskomplexes K eines Patienten bei gegebenem Symptomkomplex S und gegebener allgemeiner diagnoserelevanter Erkenntnis E ist die zentrale Aufgabe der medizinischen Diagnose. Sie wird - bei Annahme der Gültigkeit der in Abschnitt 2.2. genannten Voraussetzungen a) b) c) d) - mit Hilfe der Forderung gelöst, daß für beliebige Wahrheitswerte der Variablen s_1 und k_j die folgende Gleichung (logische Tautologie) erfüllt ist:

$$S(s_1) \rightarrow [E(s_1, k_j) \rightarrow K(k_j)] = 1. \quad (14)$$

Diese Relation kann als logisches Gesetz ausgesprochen werden: Wenn der Symptomkomplex S vorliegt, so impliziert die medizinische Erkenntnis E die (logisch) richtige Angabe des Krankheitskomplexes K .

Aus Gleichung (14) muß bei gegebenen Funktionen $S(s_1)$ und $E(s_1, k_j)$ der Krankheitskomplex $K(k_j)$ bestimmt werden. Im allgemeinen liefert die Gleichung (14) mehrere aussagenlogische Funktionen $K(k_j)$ als (logisch richtige) Lösungen. Diese Lösungen kann man nach den darin alternativ enthaltenen Elementarkonjunktionen unterscheiden. Wie aus den Erläuterungen zur Voraussetzung c) in Abschnitt 2.2. deutlich wurde, ist eine Diagnose dann aussagekräftig, wenn $K(k_j)$ alternativ eine nicht zu große Anzahl von Elementarkonjunktionen enthält. Die den Umständen nach aussagekräftigste Angabe über den Krankheitskomplex - die optimale Diagnose - stellt diejenige Lösung $K(k_j)$ der Gleichung (14) dar, die bei gegebenem $S(s_1)$ und $E(s_1, k_j)$ die kleinste Anzahl von Elementarkonjunktionen enthält; wir wollen diese Lösung im folgenden mit $K_{S,E}$ bezeichnen.

Nach diesen prinzipiellen Erörterungen wollen wir am Ende dieses Abschnittes ein praktisches Verfahren zur Bestimmung der optimalen Diagnose $K_{S,E}$ darlegen. Leser, deren Interessen mehr auf allgemeine Schlußfolgerungen gerichtet sind, können diese Ausführungen überschlagen und gleich bei Abschnitt 2.4. fort-

fahren. Wir formen zunächst die linke Seite von Gleichung (14) geeignet um. Es gilt $S \rightarrow (E \rightarrow K) = (\bar{S} \vee E) \vee K$, was man leicht anhand der Wahrheitstabelle der Abb. 1 nachprüfen kann. Damit gelangt man von Gleichung (14) zur Gleichung

$$[\bar{S}(s_1) \vee E(s_1, k_j)] \vee K(k_j) = 1, \quad (15)$$

die wie (14) für jede beliebige Belegung der Aussagenvariablen s_1, k_j erfüllt sein muß.

Für die Aussagenvariablen $s_1, \dots, s_m, k_1, \dots, k_n$ gibt es 2^{m+n} verschiedene Belegungen mit den Wahrheitswerten 0 oder 1 (Variationen mit Wiederholung!). Jede Belegung kann als eine bestimmte $(m+n)$ -stellige Dualzahl aufgefaßt werden; die dazu äquivalente Dezimalzahl, die wir D nennen, kann zur Numerierung der Belegung dienen; D nimmt die Werte von 0 bis $(2^{m+n}-1)$ an. Zum Beispiel ist für $m=2$ und $n=2$ die Belegung $D=6$ durch $0(=s_1)1(=s_2)1(=k_1)0(k_2)$ gegeben. Der in der eckigen Klammer der Gleichung (15) stehende Ausdruck hat für jede Belegung D einen bestimmten Wahrheitswert $[\bar{S}(D) \vee E(D)]$. Wenn $[\bar{S}(D) \vee E(D)]$ gleich Null ist, muß notwendigerweise die gesuchte Funktion $K(k_j)$ so beschaffen sein, daß $K(D)=1$ ist; ansonsten würde die Gleichung (15) für die Belegung D nicht erfüllt sein. Die Forderung $K(D) = 1$ bedeutet, daß $K(k_j)$ alternativ die Elementarkonjunktion der Einzelkrankheiten $k_1(D) \wedge \dots \wedge k_j(D) \wedge \dots \wedge k_n(D)$ enthalten muß, bei der der Index j für $k_j(D)=0$ mit \bar{k}_j und für $k_j(D)=1$ mit k_j vertreten ist; für $m=2, n=2, D=6$ ist zum Beispiel $k_1(D) \wedge k_2(D) = k_1 \wedge \bar{k}_2$. Die Alternative aller derjenigen Elementarkonjunktion $k_1(D) \wedge \dots \wedge k_n(D)$, die zu Belegungen D mit $[\bar{S}(D) \vee E(D)]$ gleich Null gehören, stellt die optimale Diagnose $K_{S,E}$ dar. Aus der Ableitung geht hervor, daß das so bestimmte $K_{S,E}$ nicht nur notwendig, sondern auch hinreichend für die Erfüllung der Gleichungen (14) bzw. (15) ist.

Das beschriebene Verfahren der Bestimmung von $K_{S,E}$ kann in übersichtlicher Weise durch das Flußdiagramm der Abb. 2 veranschaulicht werden. Wenn man dieses - immer in Pfeilrichtung - vom Start-Block bis zum Stop-Block durchläuft, hat man ein Programm absolviert. In den Eingabeblock I wird die allgemeine medizinische Erkenntnis $E(s_1, k_j)$ und der Symptomkomplex $S(s_1)$ eines Probanden eingelesen. Die Operationsblöcke II und III

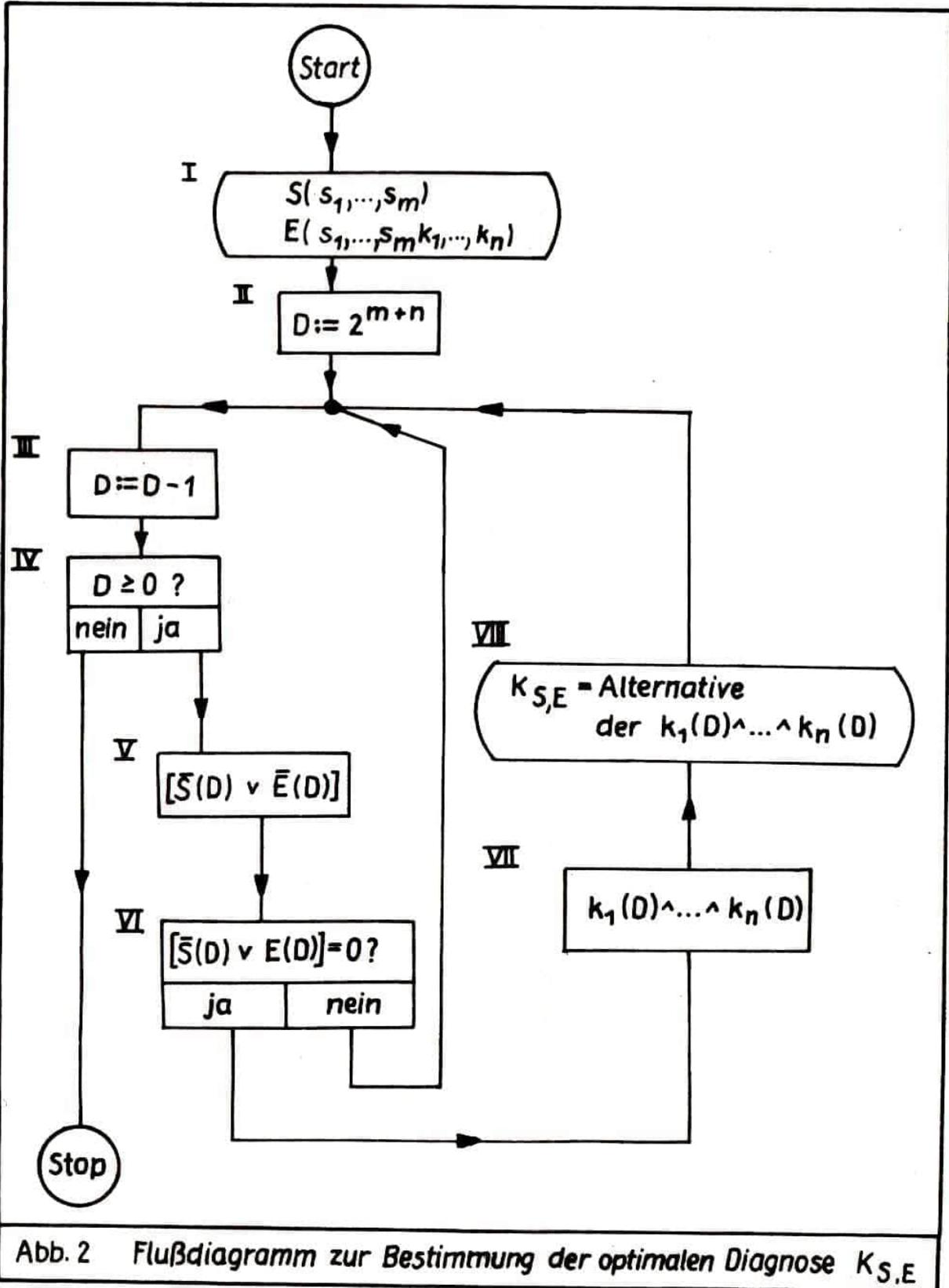
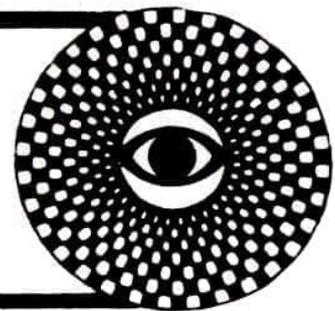


Abb. 2 Flußdiagramm zur Bestimmung der optimalen Diagnose $K_{S,E}$

sowie der Entscheidungsblock IV weisen aus, daß im Programm nacheinander die Belegungen $D=(2^{m+n}-1), \dots, 1, 0$ bearbeitet werden. Im Operationsblock V wird $[\bar{E}(D) \vee E(D)]$ berechnet, während im Entscheidungsblock VI entschieden wird, ob bei der jeweiligen Belegung D die Elementarkonjunktion $k_1(D) \wedge \dots \wedge k_n(D)$ zu $K_{S,E}$ alternativ zugefügt wird oder nicht. Wenn der Programmablauf (nach 2^{m+n} -maligem Durchlaufen einer Schleife) den Stop-Block erreicht hat, kann dem Ausgabeblock VIII die optimale Diagnose $K_{S,E}$ entnommen werden.

DOKUMENTATION für den naturwissenschaftlichen und Staatsbürgerkunde-Unterricht



Was ist ein Industrieroboter?

Rationalisierung in neuen Dimensionen

Dr. Hans-Dieter Lähnig (FSU Jena)

Wer denkt nicht bei dem Wort "Roboter" zuerst an phantasievolle Erzählungen über das kommende Jahrtausend. In der Tat hatte bis vor wenigen Jahren der Roboter seinen festen Platz ausschließlich in der utopischen Literatur, aber bereits 1978 wurden weltweit mehr als 300 verschiedene Typen von sogenannten Industrierobotern produziert. Was sind überhaupt Industrieroboter? Worin besteht der Unterschied zu automatisierten Produktionsanlagen, die ja bekanntlich schon wesentlich länger zur Steigerung der Arbeitsproduktivität beitragen? Fragen, die selbst die letzte Ausgabe von "Meyers Neues Lexikon" noch nicht beantworten kann.

Dem slawischen „robota“ angelehnt

1920 tauchte zum erstenmal das Wort Roboter als Bezeichnung für eine ferngesteuerte, mechanische Puppe auf, wobei das Wort selbst dem slawischen "robota" - in der Bedeutung von "schweres Arbeiten" - angelehnt wurde. Für das Verständnis einer genaueren Begriffsbestimmung sowie der Arbeitsweise der Industrieroboter ist es notwendig, einen wesentlichen Begriff, den des Freiheitsgrades, etwas genauer zu kennen. Zur Veranschaulichung soll ein Industrieroboter dienen, der Löcher beliebiger Lage in Blech bohren kann. Damit er jeden Raumpunkt erreicht, muß er sich vorwärts (rückwärts), seitwärts und in der Höhe bewegen können. Dieser Roboter hat drei Bewegungsachsen oder drei Freiheitsgrade, also drei unterschiedliche Bewegungsrichtungen. Vor Ort angekommen, soll der Industrieroboter an verschiedenen Stellen bohren. Dazu ist es erforderlich, daß das Werkzeug (Bohrer) gleichfalls drei Freiheitsgrade hat. Ein Industrieroboter, der jeden beliebigen Punkt im Raum erreicht und dessen Werkzeug die gleiche Eigenschaft besitzt, muß also mindestens sechs Freiheitsgrade (Bewegungsachsen) besitzen. Im Vergleich dazu ist der Mensch ein hochkomplizierter "Roboter". Er hat mit seinen Armen, Händen und Fingern insgesamt 27 Freiheitsgrade der Bewegung.

Auch ein Automat kann mehrere Freiheitsgrade besitzen, ohne daß er damit als Industrieroboter bezeichnet werden kann. Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß ein Industrieroboter mehrere frei programmierbare Freiheitsgrade hat. Dadurch ist es möglich, daß Industrieroboter sehr flexibel im Produktionsprozeß eingesetzt werden können. Insofern kann eine Maschine, die beispielsweise Bleche aus einer Presse "herausnimmt", nicht unbedingt als Industrieroboter bezeichnet werden, wenn sie speziell für diesen Arbeitsgang gebaut wurde und der Bewegungsablauf durch die Konstruktion der Maschine fest vorgegeben ist. Solche Maschinen werden daher Einlegegeräte, Entnahmemanipulatoren u.ä. genannt. Es muß jedoch hinzugefügt werden, daß die Grenze zwischen solchen Manipulatoren und Industrierobotern fließend ist.

Ein „Herz“ aus Mikroelektronik

Die Möglichkeit freiprogrammierbarer Freiheitsgrade erfordert, daß moderne Industrieroboter als "Herzstück" einen Mikrorechner oder Mikroprozessor haben, womit die Bewegungsabläufe gesteuert und überwacht werden. Diese frei programmierbaren Mikrorechner erlauben es, den Industrieroboter sich verändernden Produktionsbedingungen und Gegebenheiten schnell anzupassen, sie also nicht umzurüsten, sondern nur umzuprogrammieren. Am Beispiel des Bohr-Roboters heißt das - ein neues Produktionsprogramm erfordert ein neues "Industrieroboter-Gedächtnis". Der Bau und der ökonomisch sinnvolle Einsatz von Industrierobotern erfordert nicht nur eine hochentwickelte Mikroelektronik, auch "hardware" genannt, sondern vor allem auch Spezialisten mit Programmiererfahrungen, sogenannten software-Erfahrungen.

Die Möglichkeit der Umprogrammierung bestimmt im wesentlichen auch das Einsatzgebiet der Industrieroboter. Während bei Einzelfertigung in der Produktion, z.B. beim Bau eines hochspezialisierten optischen Gerätes, das Arbeitstempo des Menschen die Arbeitsproduktivität des Gesamtprozesses entscheidend bestimmt, wird das Gebiet der Massenfertigung - die Produktion hoher Stückzahlen über einen längeren Zeitraum - nach wie vor den (automatisierten oder teilautomatisierten) Sondermaschinen vorbehalten bleiben. Dazwischen liegt gewissermaßen das Haupteinsatzgebiet für Industrieroboter - das Gebiet der Serienfertigung.

Das Einsatzgebiet für Industrieroboter wird u.a. auch von der sogenannten Positioniergenauigkeit bestimmt. Für das Beispiel des Bohr-Roboters heißt das: Mit welcher maximalen Genauigkeit können Löcher gemäß Vorgabe gebohrt bzw. positioniert werden? Es gibt bereits seit mehreren Jahren Industrieroboter, die bei einer zu bewegenden Last von etwa 10 kg Positioniergenauigkeiten unter $\pm 0,05$ mm erreichen, die Last also extrem genau placieren bzw. andere Präzisionsarbeiten verrichten können. Selbst bei Lasten von 1.000 kg sind Positioniergenauigkeiten unter 0,5 mm kein großes Problem mehr.

physikaufgabe



57

Wie weit ist bei ideal glatter Meeresoberfläche der Horizont für einen Seefahrer entfernt, der sich 15m über der Meeresoberfläche befindet ?

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 aufgabe 49 aus heft 10/13.jg.

aufgabe:

Ein Forscher benötigt zum Durchqueren einer Wüste 4 Tagesreisen. Er kann aber nur 3 Tagesrationen Trinkwasser mit sich tragen. Wasserträger, die er zu Hilfe nehmen kann, können ebenfalls jeweils 3 Tagesrationen tragen. Wieviele Träger benötigt der Forscher mindestens, damit er die Wüste durchqueren kann, ohne daß er oder einer der Träger verdurstet ?

lösung: (eingesandt von Gerolf Dietz, 15 Jahre, Suhl)

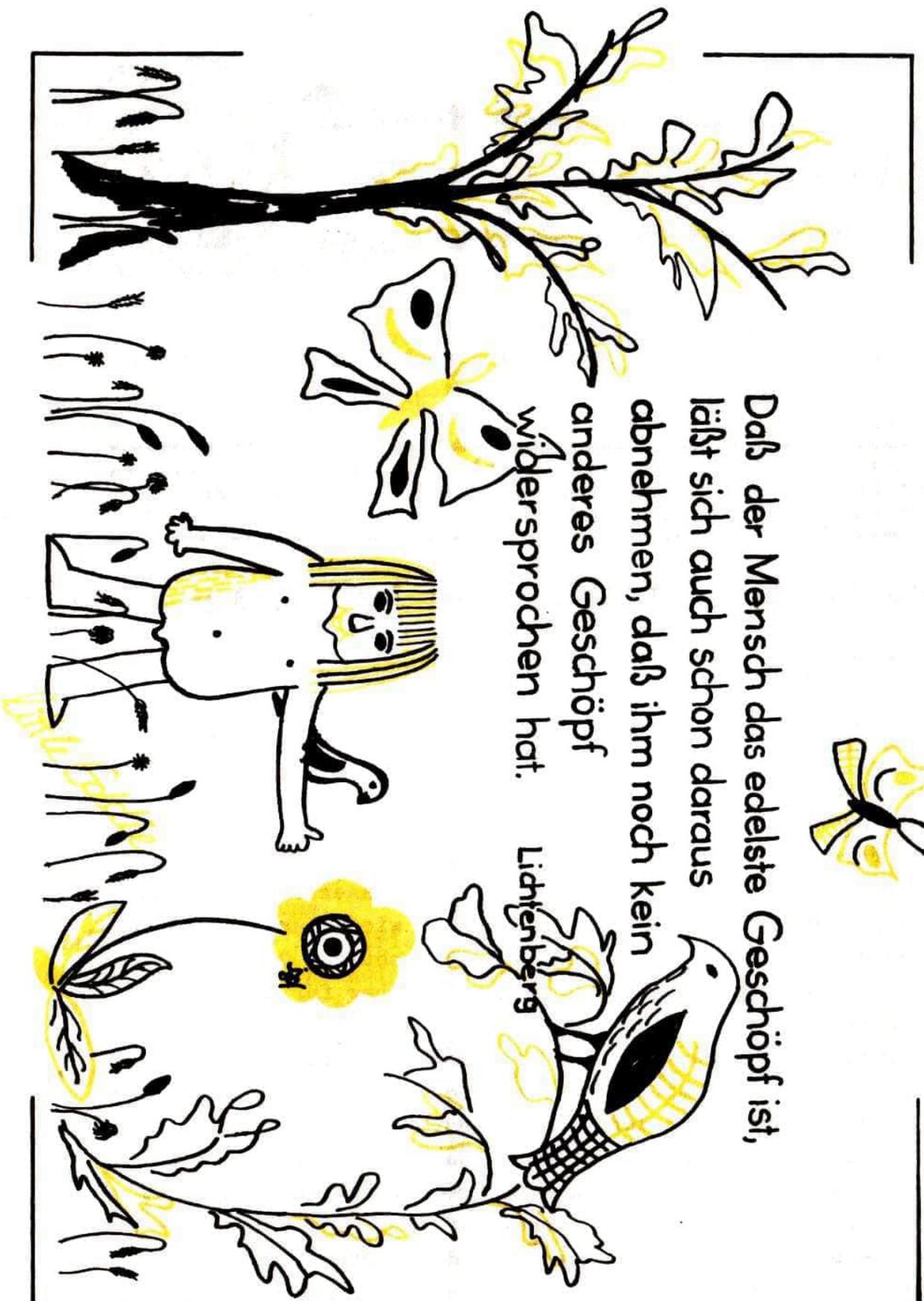
Der Forscher benötigt nur einen Träger. Bei der ersten Tagesreise verbrauchen der Forscher und der Wasserträger zusammen 2 Tagesrationen. Der Träger macht sich wieder auf den Rückweg, wozu er noch eine Tagesration Wasser benötigt. Die restlichen 3 Tagesrationen Wasser genügen dem Forscher für die letzten 3 Tagesreisen.

P.S.: Eigentlich benötigt der Forscher gar keinen Träger. Dazu muß der Forscher, mit 3 Tagesrationen beladen, bis zum ersten Tagesziel laufen und dort eine Tagesration Wasser hinterlassen (für Hin- und Rückweg benötigt er ja nur 2). Dank diesem Stützpunkt kann er nach dem Zurückkehren zum Ausgangspunkt, wo er erneut 3 Tagesrationen Wasser aufnimmt, die Reise ohne Unterbrechung fortsetzen, da er nach der ersten Tagesreise die auf 2 Tagesrationen geschrumpften Wasservorräte am Stützpunkt wieder auffrischt. So hat er wieder 3 Tagesrationen Wasser, welche für die 3 letzten Tagesreisen ausreichen."



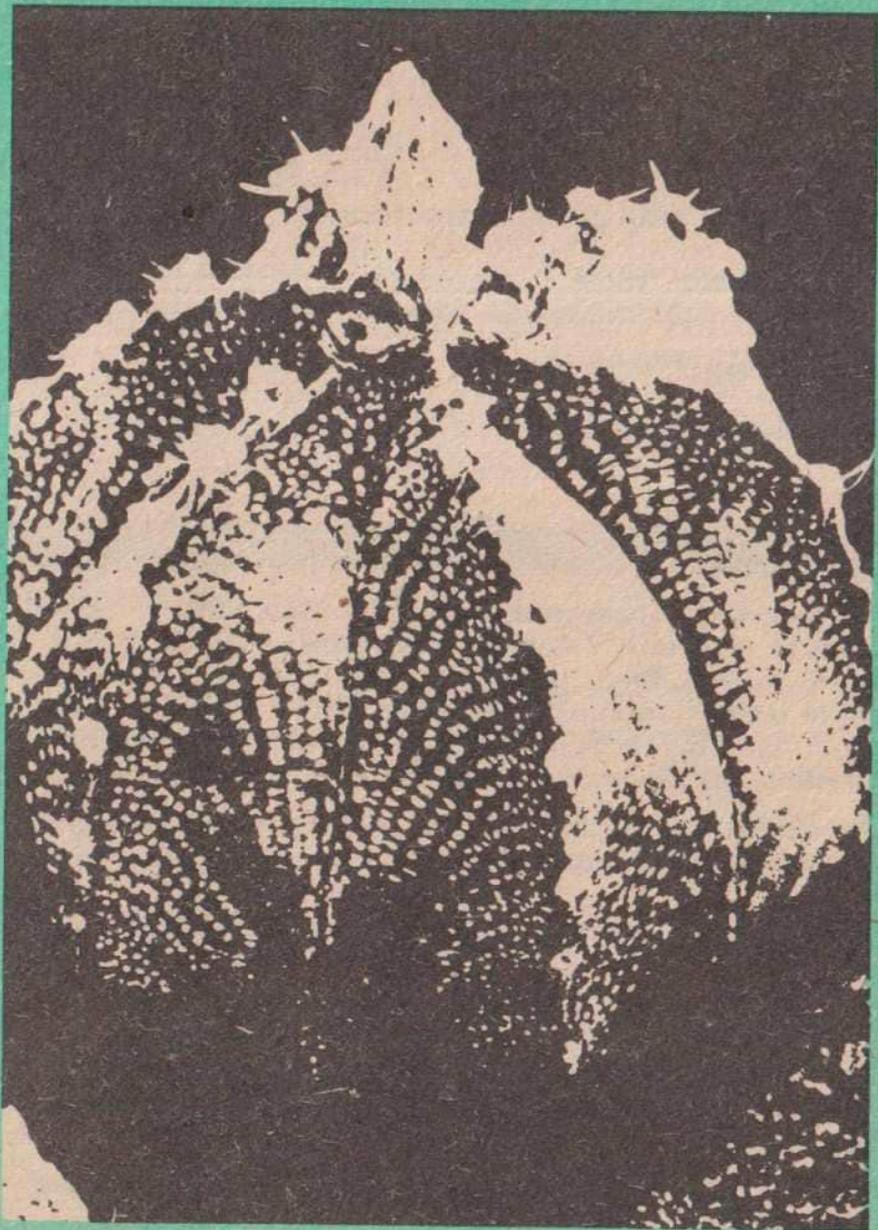
Daß der Mensch das edelste Geschöpf ist,
läßt sich auch schon daraus
abnehmen, daß ihm noch kein
anderes Geschöpf
widersprochen hat.

Lichtenberg



impuls 68

9



Diagnose

☆

Kakteen

☆

Pheromone

☆

Venus

☆

Industrieroboter

Titelbild: Kaktus (Kreuzung
aus zwei mexikanischen Arten) (L. G.)

impuls

68

Inhaltsverzeichnis

Schubert, Zur systematischen Gewinnung von Diagnoseresultaten in der Medizin (3)	MED	3
Jahn, Kakteen (1)	BIO	10
Renner, Pheromone – Chemische Signale im Tierreich (3)	CHE	17
Grunwaldt, Venus – Planet der Rätsel (2)	AST	21
Jähmig, Was kann ein Industrieroboter?	DOK	28
Physikaufgabe Nr. 58		31

Gestaltung: Mathias Hegner

Redaktionsschluß:

Redaktion: Dr. Eberhard Welsch (Chefredakteur); Achim Dittmar, Reinhard Meinel (stellvertretende Chefredakteure); Dipl.-Phys. Wilfried Hild; Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen); Dipl.-Chem. Roland Colditz (Chemie); Dr. Jürgen Sauerstein (Biologie); Vera Masurat (Gestaltung); Reiner Luthardt (Fotografie, Gestaltung)

Die Redaktion wurde 1969 und 1980 mit dem Ehrentitel „Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR“ ausgezeichnet.

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Anschrift: impuls 68, 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1

Lizenzgeber: Presseamt beim Vorsitzenden des Minister rates der Deutschen Demokratischen Republik unter der Nummer 1570

Kleinoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, Betriebsteil V „Werner John“, Rudolstadt

Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981. Bestellungen richten Sie bitte direkt an unsere Anschrift; bei Bezahlungen oder Anfragen nennen Sie unbedingt die Adresse, unter der Sie „impuls 68“ erhalten.

Heftpreis: -,40 M, Jahresabonnement: 4,- M



Zur systematischen Gewinnung von Diagnoseresultaten in der Medizin (Teil 3)

Nach der prinzipiellen Erörterung zur Gewinnung des optimalen Diagnoseresultates in dem voranstehenden Teil wollen wir jetzt ein Diagnosebeispiel diskutieren, aus dem wir vertiefte Einsichten gewinnen können.

2.4. Ein Diagnose-Beispiel und allgemeine Schlußfolgerungen

Wir wollen jetzt ein einfaches Diagnose-Beispiel mit 2 Einzelsymptomen und 2 Einzelkrankheiten betrachten, aus dessen Resultaten wir trotz der relativen Einfachheit allgemeine Schlußfolgerungen ziehen können.

Die folgenden Beziehungen zwischen s_1, s_2, k_1, k_2 sollen in unserem Beispiel als gültige diagnoserelevante Wissensselemente angenommen werden:

$$\begin{aligned} e_1 &= k_2 \rightarrow s_1 & e_2 &= \bar{k}_1 \rightarrow \bar{s}_2 & e_3 &= (k_1 \wedge \bar{k}_2) \rightarrow s_2 \\ e_4 &= (s_1 \vee s_2) \rightarrow (k_1 \vee k_2) \end{aligned}$$

(bspw. bedeutet umgangssprachlich das Wissensselement e_3 : wenn die Einzelkrankheit 1 vorliegt und zugleich die Einzelkrankheit 2 nicht, so tritt das Symptom 2 auf). Die Wissensselemente e_1, e_2, e_3, e_4 sollen alle zugleich gültig sein. Deshalb müssen wir als allgemeine (vom Patienten unabhängige) diagnoserelevante Erkenntnis ansetzen:

$$\begin{aligned} E(s_i, k_j) &= e_1 \wedge e_2 \wedge e_3 \wedge e_4 & (16) \\ &= [k_2 \rightarrow s_1] \wedge [\bar{k}_1 \rightarrow \bar{s}_2] \wedge [(k_1 \wedge \bar{k}_2) \rightarrow s_2] \wedge [(s_1 \vee s_2) \rightarrow (k_1 \vee k_2)]. \end{aligned}$$

Mit dieser Funktion für E wurde nach der in Abschnitt 2.3. dargestellten Vorschrift aus Gleichung (14) bzw. (15) für verschiedene Symptomkomplexe S die jeweilige optimale Diagnose $K_{S,E}$ ausgerechnet:

S	$\bar{s}_1 \wedge \bar{s}_2$	$\bar{s}_1 \wedge s_2$	$s_1 \wedge \bar{s}_2$	$s_1 \wedge s_2$	\bar{s}_1	s_1	\bar{s}_2	s_2
$K_{S,E}$	$\bar{k}_1 \wedge \bar{k}_2$	$k_1 \wedge \bar{k}_2$	k_2	k_1	\bar{k}_2	$k_1 \vee k_2$	$\bar{k}_1 \vee k_2$	k_1
Z	1	1	2	2	2	3	3	2

Diese Tabelle ist folgendermaßen zu lesen: Wenn bspw. bei einem Patienten der Symptomkomplex $s_1 \wedge s_2$ vorliegt (sowohl Symptom 1 als auch 2 treten auf), dann hat er die Krankheit 1; über Krankheit 2 wird keine Angabe gemacht. Der Krankheitskomplex $K_{S,E}$ beinhaltet jeweils die kleinstmögliche Zahl Z von Elementarkonjunktionen bei dem gegebenen Symptomkomplex S. Bspw. ist $Z=3$ für $S=s_1$, weil $k_1 \vee k_2$ in der alternativen Normalform $(\bar{k}_1 \wedge \bar{k}_2) \vee (k_1 \wedge \bar{k}_2) \vee (k_1 \wedge k_2)$ dargestellt werden kann. Man sieht, daß die maximal erreichbare Schärfe über die Krankheitsaussage vom Symptomkomplex des Patienten abhängt.

Wir wollen nun allgemeine Schlußfolgerungen (für beliebige Werte von m und n) zur Ermittlung der optimalen Diagnose $K_{S,E}$ angeben.

Im Ergebnis stellt das Verfahren zur Bestimmung von $K_{S,E}$ ein Schlußschema von den Symptomen auf die Krankheiten dar, also gerade diejenige Form, auf die die Diagnoseprozedur abzielen muß. Dagegen liegen in den herkömmlichen medizinischen Wissensspeichern die Angaben häufiger in der Form vor, daß von den Krankheiten auf die zugehörigen Symptome geschlossen werden kann (wie das bspw. bei dem Wissenselement e_1 der Fall ist); warum das so ist, werden wir in Abschnitt 3.2. erläutern.

Aus der Gesamtheit der berechneten $K_{S,E}$ kann man leicht erkennen, inwieweit die Testung eines Symptoms die Diagnose fördern kann. Bspw. führt die Testung des Symptoms 2, nachdem der (negative) Ausgang der Testung von Symptom 1 bekannt ist, zu einer Verbesserung der Schärfe der Krankheitsaussage; während nämlich in der Spalte $S=\bar{s}_1$ über das Vorliegen von Krankheit 1 noch nichts ausgesagt wird, ist diese Frage in der Spalte $S=\bar{s}_1 \wedge \bar{s}_2$ und der Spalte $S=\bar{s}_1 \wedge s_2$, also nach zusätz-

licher Testung von Symptom 2, vollkommen geklärt. Derartige Betrachtungen über die Relevanz der Testung weiterer Symptome können für die Entscheidung über die Durchführung einer Untersuchung wichtig sein, wenn diese gewisse Probleme in sich birgt (wie die Zumutbarkeit der Untersuchung bei schlechtem Zustand des Patienten, den Untersuchungsaufwand u.ä.). Analoges gilt auch für eine Wertung der Symptome bezüglich des Diagnoseresultates, wenn zwischen mehreren möglichen Krankheitskomplexen differenziert werden soll.

Schon bei geringer Komplexität des Problems ist es nicht leicht, die wechselseitigen Abhängigkeiten der Krankheiten und Symptome in E vollständig zu überblicken und die logische Arbeit der Bestimmung von $K_{S,E}$ "von Hand" durchzuführen. Es ist möglich, diese logische Arbeit von einem Computer durchführen zu lassen (dessen Programmierung kann entsprechend dem in Abb.2 angegebenen Flußdiagramm erfolgen, das in Abschnitt 2.3. erläutert ist). Naturgemäß fördert auch ein Computer am Ende keine anderen Resultate zutage, als sie in den einprogrammierten Funktionen $E(s_i, k_j)$ und $S(s_i)$ a priori logisch enthalten sind. Aber ein Computer kann auch bei sehr komplexen Problemen die optimale Diagnose $K_{S,E}$ relativ sehr schnell und ohne irgendwelche Auslassungen bestimmen; das sind Vorteile von großer Wichtigkeit. "Sehr komplex" soll bedeuten, daß eine große Anzahl von Wissenselementen, Einzelkrankheiten und Einzelsymptomen berücksichtigt werden kann. Dies bringt den Vorteil mit sich, daß neben den bei der medizinischen Diagnose häufig zu diskutierenden Symptom-Krankheits-Zusammenhängen auch solche Wissenselemente einbezogen werden können, die die seltener auftretenden Krankheiten betreffen; diese erscheinen im Diagnose-Endresultat in gleichberechtigter Form neben den häufiger auftretenden Krankheiten, was von vornherein die angestrebte Gleichstellung der Patienten mit häufigen und mit seltenen Krankheiten gewährleistet. Es sei angemerkt, daß in besonders einfachen Fällen ("Paradebeispielen") ein programmierbarer Taschenrechner zur Bestimmung von $K_{S,E}$ verwendet werden kann.

Jetzt soll das Verhalten der optimalen Diagnose $K_{S,E}$ bei veränderlichem E und festem S diskutiert werden. Wir betrachten

bspw. den festen Symptomkomplex $S = \bar{s}_1 \wedge \bar{s}_2$. Nimmt man alle 4 Wissensselemente e_1, e_2, e_3, e_4 in E auf, so erhält man gemäß Abb.3 das Resultat $K_{S,E} = \bar{k}_1 \wedge \bar{k}_2$; wählt man $E = e_1 \wedge e_2 \wedge e_3$, so ergibt sich ebenfalls $K_{S,E} = \bar{k}_1 \wedge \bar{k}_2$; wählt man $E = e_1 \wedge e_2 \wedge e_4$, so erhält man $K_{S,E} = \bar{k}_2$, also eine weniger scharfe Krankheitsangabe. Offensichtlich ist das Wissensselement e_4 für das Diagnoseresultat von geringerer Relevanz als e_3 . Mit derartigen Betrachtungen kann man die Relevanz einzelner Wissensselemente überprüfen und gegebenenfalls irrelevante ausscheiden, was zu einer - wünschenswerten - Verringerung der Anzahl der zu berücksichtigenden Merkmale (Symptome) ausgenutzt werden kann.

Insgesamt erweist sich der Aussagenlogik-Kalkül als ein durchsichtiges und im Prinzip einfach handhabbares Verfahren. Er garantiert ein optimales Diagnoseresultat, sofern die im Abschnitt 2.2. angegebenen Grundvoraussetzungen gültig sind.

3. Wahrscheinlichkeits-Konzeption mit scharfen Wahrscheinlichkeits-Werten

Ein größerer Bereich der Realität wird erfaßt, wenn ^{auch}diagnoserelevante medizinische Erkenntnis zugelassen wird, die nur mit einer merklich von 100% abweichenden Wahrscheinlichkeit gültig ist (wozu ein Beispiel am Ende von Abschnitt 2.2. angegeben ist). Diese Verallgemeinerung soll für den vorliegenden Abschnitt 3. zugrunde gelegt werden. Das medizinische Diagnose-Endresultat kann in diesem Fall nicht mehr mit Sicherheit vorhergesagt werden, sondern unterliegt einer Wahrscheinlichkeits-Bewertung; darauf werden wir in Abschnitt 3.2. eingehen. Vorher wollen wir für die mit dem Gegenstand weniger vertrauten Leser im Abschnitt 3.1. einige Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung bringen.

3.1. Einige Aspekte der Wahrscheinlichkeitsrechnung

Es werden Vorgänge betrachtet, deren Ausgang nicht mit Sicherheit vorhergesagt werden kann (bspw. das Ereignis bei einer stichprobenartig ausgewählten Probandin die Haarfarbe blond anzutreffen). Ein Versuch werde N -mal an einer Grundge-

samtheit von Probanden wiederholt. Ein interessierendes zufälliges Ereignis A_m möge dabei N_m -mal eintreten; die zugehörige relative Häufigkeit ist $r_m = N_m/N$. Erfahrungsgemäß schwankt r_m mit wachsendem N immer weniger und nähert sich einem festen Wert an. Für hinreichend großes N ist r_m ein Näherungswert für die Wahrscheinlichkeit $w_m = w(A_m)$ des Ereignisses A_m . Diese "statistische Wahrscheinlichkeit", die durch Auswertung hinreichend vieler experimenteller Beobachtungen zu bestimmen ist, tritt häufig in der Technik, Biologie, Medizin auf. Daneben gibt es den spezielleren "klassischen Fall", bei dem die Wahrscheinlichkeit $w(A_m)$ unter der Annahme gleichmöglicher Elementarereignisse - bspw. Auftreten der 6 Zahlen beim idealen(!) Würfel - berechnet werden kann.

Außer der totalen (von besonderen Bedingungen freien) Wahrscheinlichkeit $w(A_m)$ ist die bedingte Wahrscheinlichkeit $w(A_m|A_q)$ wichtig. Es handelt sich bei $w(A_m|A_q)$ um die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten des zufälligen Ereignisses A_m unter der Bedingung, daß bekanntermaßen ein anderes zufälliges Ereignis A_q bereits eingetreten ist. [ein Beispiel: $A_m = bl$ (blonde Natur-Haarfarbe), $A_q = br$ (braune Augen); es ist $w(bl|br)$ die Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine Probandin blonde Haare hat, wenn man weiß, daß sie braune Augen hat; es sei angemerkt, daß erfahrungsgemäß die bedingte Wahrscheinlichkeit $w(bl|br)$ kleiner als die totale Wahrscheinlichkeit $w(bl)$ ist] Wenn $w(A_m|A_q) = w(A_m)$ ist, so sagt man, daß das Ereignis A_m unabhängig von A_q ist.

Es sei $B_1, \dots, B_1, \dots, B_p$ ein Satz paarweise unvereinbarer Ereignisse, also solche die paarweise nicht simultan auftreten können; weiterhin werde die Beziehung $1 = \sum_{i=1}^p w(B_i)$ vorausgesetzt [bspw. kann man die B_i identifizieren mit den 6 Zahlen eines Würfels oder den 2^n Elementarkonjunktionen, die aus n Einzelkrankheiten gebildet werden können]. Unter diesen Voraussetzungen liefert die Wahrscheinlichkeitsrechnung für ein beliebiges Ereignis A_m die Formel von Bayes

$$w(B_i|A_m) = w(A_m|B_i) \cdot w(B_i) / \sum_{i'=1}^p w(A_m|B_{i'}) \cdot w(B_{i'}), \quad (17)$$

deren inhaltliche Bedeutung aus dem nächsten Abschnitt hervorgeht.

3.2. Wahrscheinlichkeiten von Krankheitsbefunden

Unter den Wahrscheinlichkeitsvoraussetzungen des vorliegenden Abschnittes 3. ist zentrale Aufgabe die möglichst genaue Bestimmung von bedingten Wahrscheinlichkeiten $w(K|S)$ für verschiedene Krankheitskomplexe K bei gegebenem (am Patienten ermitteltem) Symptomkomplex S . Die Zahlen $w(K|S)$ für verschiedene K stellen das Diagnose-Resultat dar, mit welchem die Einschätzung für das Vorliegen einer Krankheit K im Vergleich zu anderen möglichen Krankheiten K' vorgenommen werden muß.

Die Betrachtung kann - ohne wesentliche Einsichten zu verschenken - dadurch vereinfacht werden, daß der allgemeine Krankheitskomplex K mit einer der 2^n Elementarkonjunktionen K_a identifiziert wird, die aus n Einzelkrankheiten bildbar sind, und der allgemeinen Symptomkomplex S mit einer entsprechenden Elementarkonjunktion S_b . Die K_a sind paarweise unvereinbar, desgl. die S_b . Durch Anwendung der Bayes-Formel (17) erhält man

$$w(K_a|S_b) = w(S_b|K_a) \cdot w(K_a) / \sum_{a'=1}^{2^n} w(S_b|K_{a'}) \cdot w(K_{a'}) \quad (18)$$

Die für die Diagnose gesuchte Wahrscheinlichkeit $w(K_a|S_b)$ kann aus (18) in prinzipiell einfacher Weise ausgerechnet werden, wenn die in die rechte Seite eingehenden Werte $w(S_b|K_{a'})$ und $w(K_{a'})$ bekannt sind. Diese müssen natürlich aus der medizinischen Erfahrung kommen und gut begründet sein; hierbei müssen gewisse inhaltliche Aspekte unterschieden werden.

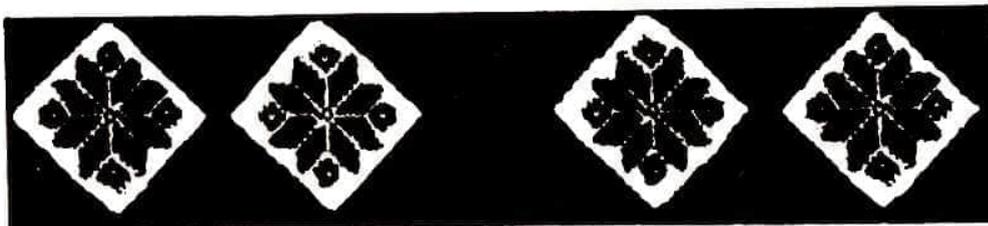
Zur Wahrscheinlichkeit $w(S_b|K_{a'})$: In dieser Form - die dem Schluß von den Krankheiten auf die Symptome entspricht - wird in den traditionellen Wissensspeichern die medizinische Erfahrung vorwiegend angegeben, weil $w(S_b|K_{a'})$ wenig durch äußere Parameter beeinflusst wird und hauptsächlich durch die physiologisch-pathologischen Gegebenheiten des Krankheitskomplexes K_a , selbst bedingt ist. Die totale Wahrscheinlichkeit $w(K_a)$, daß ein Patient - ohne Berücksichtigung irgendwelcher Symptome -

den Krankheitskomplex K_a , hat, ist im allgemeinen viel stärker durch äußere Einflüsse (das geographische Milieu, die Jahreszeit, die Anzahl erkrankter Kontaktpersonen u.a.) bedingt, so daß diese Wahrscheinlichkeit im Prinzip nicht nur aus physiologisch-pathologischen Eigenheiten gewonnen werden kann.

Man braucht also zur Bestimmung der für die Diagnose wichtigen bedingten Wahrscheinlichkeit $w(K_a | S_p)$ quantitative Angaben, die vorwiegend "innere Gegebenheiten" einer Krankheit widerspiegeln, und andere, die äußere Einflüsse explizit berücksichtigen. Da insbesondere die letzteren schwierig zu ermitteln sind, kann man sich unter Umständen so helfen, daß von gewissen a priori Angaben ausgegangen wird, mit denen durch Auswertung empirischer Befunde verbesserte a posteriori Angaben erreicht werden. Es sei angemerkt, daß die Beziehung (18) ohne Veränderung des Inhalts zu einer Formel für die bedingte Wahrscheinlichkeit $w(K|S)$ verallgemeinert werden kann, bei der K und S beliebige Krankheits- und Symptomkomplexe (und nicht nur Elementarkonjunktionen) sind.

Wie aus der Erläuterung zur "statistischen Wahrscheinlichkeit" hervorgeht, stehen scharfe (d.h. nicht merklich streuende) Wahrscheinlichkeitswerte nur dann zur Verfügung, wenn Diagnosematerial von einer sehr großen Anzahl von Probanden (im Grenzfall von unendlich vielen) ausgewertet wurde.

Der letzte Teil wird sich mit dem Fall befassen, bei dem Wahrscheinlichkeiten nur in einem bestimmten Unschärfebereich vorliegen, weil eine hinreichend große Anzahl von Probanden noch nicht untersucht werden konnte .



Kakteen (Teil 1)

Einleitung

Kakteen sind eine sehr artenreiche Pflanzenfamilie, die an ihren Standorten durch ihre Bizartheit, ihre Mannigfaltigkeit der Gestalt und die herrlichen Blüten faszinieren.

Der Name leitet sich aus dem griechischen Wort "Kaktos" ab, das soviel wie Dorn oder Stachel bedeutet. Kakteen gehören zu den Blütenpflanzen und zählen zu den zweikeimblättrigen Gewächsen, den Dikotyledoneae. Alle Kakteen gehören einer einzigen Familie an, nämlich jener der C a c t a c e a e. Man unterscheidet drei Unterfamilien: P e i r e s k i o i d e a e, O p u n t i o i d e a e, C a c t o i d e a e.

Wann die Kakteen, die bekanntlich mit Ausnahme der Gattung Rhipsalis ausschließlich Bewohner der Neuen Welt sind, nach Europa gelangten, ist nicht genau bekannt. Man vermutet, daß sie Christoph Columbus erstmals mitbrachte. Bereits 1558 erschien in einem Buch eine Abbildung des Melocactus unter dem Namen M e l o c a r d u s, Melonendistel. Mit dem zunehmenden Schiffsverkehr gelangten im 17. Jahrhundert immer mehr Kakteen nach Europa. Dadurch begann das Interesse an diesen als Zierpflanzen zu steigen. Viele Landesfürsten und Hofleute, besonders in der Zeit des Barocks, liebten es, diese merkwürdigen Pflanzen ihren botanischen Raritätenkabinetten einzuverleiben.

Mit dem Beginn unseres Jahrhunderts setzte die Kakteenliebhaberei ein und entwickelte sich rasch. Heute gibt es Kakteenliebhaber in sehr vielen Ländern. Sie schließen sich zu Gemeinschaften zusammen und gehen ihrem stacheligen Hobby mit Freude und Hingabe nach.

Morphologie und Wuchs der Kakteen

Kakteen sind Sukkulente. Unter Sukkulenz versteht man die zum Zwecke der Wasserspeicherung erfolgte Um- und Ausbildung bestimmter Pflanzenorgane.

Die meisten Kakteen sind Stammsukkulente und entwickeln keine Blätter. Die Wasserspeicherung wird vom primären Gewebe, vom Mark-Körper oder von der primären Rinde übernommen, die demzufolge eine weiche Konsistenz aufweisen und von mächtiger Ausbildung sind.

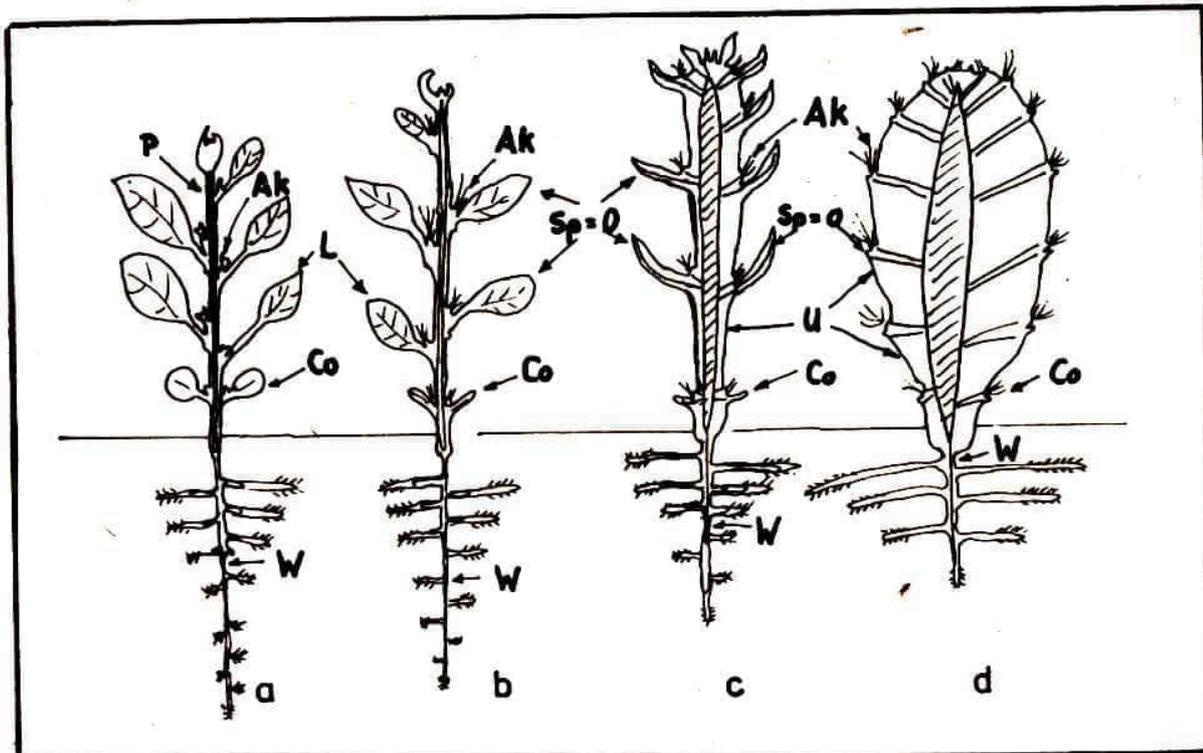


Abb.1: Ableitung der Kakteenform von einer normalen dikotylen, krautigen Pflanze (a)
(W=Primärwurzel, Co=Cotyledonen, P=Primärtrieb,
L=Laubblatt gegliedert in: Oberblatt O=Blattspreite Sp,
und Unterblatt U, Ak=Achselknospen)
(verändert nach RAUH, 1979)

Ein weiteres Merkmal ist die Rückbildung der Blätter bis zur scheinbar völligen Blattlosigkeit. Desweiteren entsteht in der Achsel eines jeden, auch noch so rudimentären Blattes eine Blattnospe. Wächst diese nicht zu einem Langtrieb aus und

steht sie nicht im Dienst der Blütenbildung, so verharrt sie in ihrem Knospenstadium und stellt somit einen Kurztrieb dar. Diesen Kurztrieb nennt man bei den Kakteen Areole. Diesen Areolen gehören auch die Haare und Dornen an, die man als umgebildete Blätter auffassen muß und die den Kakteen ihr typisches Aussehen verleihen. Wie man sich die Ableitung der Kaktusform von einer normalen zweikeimblättrigen Pflanze vorzustellen hat, zeigt die Abb. 1.

Abb. 1a zeigt eine normale Pflanze mit dem Laubblätter tragenden Primärsproß und den zu Langtrieben austreibenden Achselknospen AK, die das Verhalten des Primärsprosses wiederholen. Bleiben diese aber im Knospenstadium, so werden sie zu Kurztrieben und ihre Blätter zu Dornen umgebildet (Abb. 1b). So sind die Verhältnisse bei den Vertretern der Peireskiodeen (Blattkakteen). Werden auch die Laubblätter reduziert, so daß nur noch der Blattgrund an der Sproßachse herabläuft und mit diesem verwächst, und nimmt die Sproßachse noch sukkulente Beschaffenheit an, so haben wir die Form der Cylindropuntien (Abb. 1c). Zur typischen "Kakteenform" ist es jetzt nur noch ein Entwicklungsschritt: Verstärkte Sukkulenz und extreme Reduktion der Blätter führt zur Wuchsform, wie sie Abb. 1d zeigt.

Die typische Kakteenform ist also charakterisiert durch Sukkulenz der Sproßachse, deren Grünrindigkeit, extreme Reduktion der Blätter und Umbildung der Seitensprosse zu dornen-tragenden Kurztrieben, den Areolen.

Mannigfaltig sind die Wuchsformen der Kakteen. So kommen baumförmiger Wuchs, strauchförmiger Wuchs, Kakteen mit Wandersprossen, Kakteen mit Kriechsprossen, ausläuferbildende Kakteen, kurzsäulige Kakteen, Kugelkakteen, rasen- und polsterbildende Kakteen und kletternde Kakteen vor.

Abb. 2 zeigt einige typische Wuchsformen der Kakteen.

Kakteenblüten

Neben ihren zum Teil bizarren Formen und ihrer Bedornung sind es vor allem die herrlichen Blüten, die die Kakteen so interessant machen. Blüten sind metamorphosierte Sproßenden. Viele Kakteen beginnen schon als junge Pflanzen zu blühen, bei anderen hingegen dauert es Jahrzehnte, bis das Blütenstadium

erreicht ist. Die Form der Blüten ist in den meisten Fällen trichter- bis glockenförmig. Sie können sehr klein sein, aber auch eine Größe von etwa 30 cm erreichen. Bei den Kakteen gibt es Vertreter, die nachts blühen, und andere, bei denen sich die Blüten am Tage öffnen. Die Dauer des Blühens reicht von wenigen Stunden bis zu mehreren Wochen.

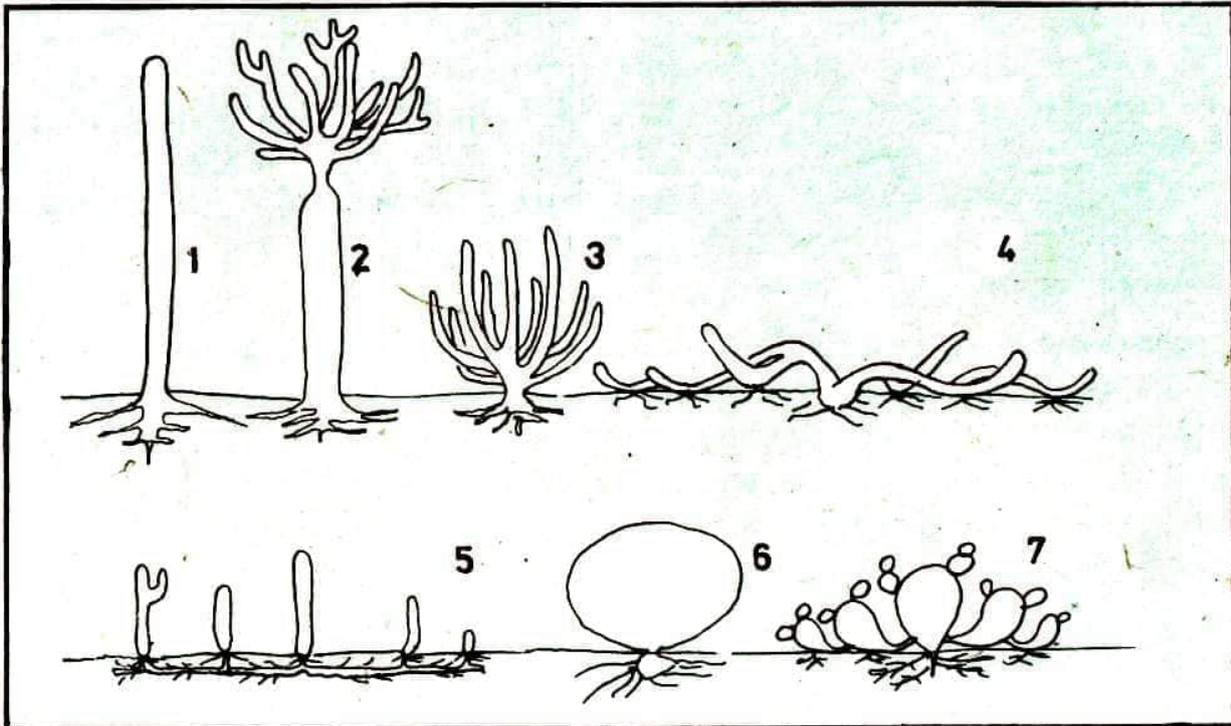


Abb. 2: Wuchsformen der Kakteen

1 säulenförmig, 2 baumförmig, 3 strauchförmig, 4 niederliegend-kriechender Wuchs, 5 ausläuferbildende Kakteen, 6 kugelförmig, 7 klumpen- bzw. polsterförmiger Wuchs
(verändert nach RAUH, 1979)

In der Regel steht die Blüte einzeln, aber es gibt auch Vertreter unter den Kakteen, deren Blüten in Reihen oder Kränzen angeordnet sind.

Die Farbskala der Kakteenblüten ist weit. Sie reicht von Weiß, Gelb, Rot, Violett, Grün bis hin zum Braun. Das reine Blau fehlt völlig, aber es gibt auch mehrfarbige Blüten. Die Farbwirkung und der Farbkontrast kann noch dadurch erhöht werden, daß die Blütenblätter nicht nur verschiedenfarbig längsgestreift sind, sondern auch der Blütenschlund anders gefärbt sein kann.

Die Schönheit der Blüten wird weiter erhöht durch den Glanz der Blütenblätter, der von Seiden-, Metall-, Lack- bis hin zum Samtglanz reicht. Daneben gibt es noch fettig glänzende und matte Blütenblätter.

Bei den Kakteenblütenfarbstoffen handelt es sich um chymochrome Farbstoffe, also im Zellsaft der Vakuole gelöste Substanzen. Bei den roten Farbtönungen handelt es sich um Farbstoffe aus der Gruppe der Anthocyane; bei den gelben um Flavonoide und Xanthophylle. Anthocyane treten je nach Azidität des Zellsaftes in roter, blauer oder violetter Modifikation auf. Den weißen Farben liegt in der Regel eine Totalreflexion des Lichtes an den mit Luft gefüllten Interzellularen der Blütenblätter zugrunde.

Nun noch kurz zum Bau der Blüten. Sie haben keinen Stiel, sondern sitzen den Areolen auf. Der Fruchtknoten ist unterständig und wird von der Blütenachse becherförmig umhüllt. Nach oben zu folgt eine Röhre, die Receptaculum heißt. An ihrer Basis befindet sich die Nektarkammer mit den Nektardrüsen. Die Kakteenblüten enthalten im allgemeinen sehr viele Staubfäden. An der Außenseite des Receptaculums stehen unten Schuppen, die nach aufwärts stets größer werden und schließlich buntgefärbte Blütenblätter bilden. Der Blütenbau und der Übergang von Schuppen zu Blütenblättern bestätigen den sproßcharakter der Blüte.

Standorte und Ökologie der Kakteen

Kakteen kommen bis auf ganz wenige Ausnahmen (Vertreter der Gattung *Rhipsalis*) nur auf dem amerikanischen Kontinent vor. Und zwar von Kanada im Norden bis zur Magellanstraße im Süden und von den Galapagos-Inseln im Westen bis zur Insel Fernando Noronka im Osten. In diesem riesigen Gebiet mit den mannigfaltigsten Landschafts- und Klimatypen liegt das Verbreitungsgebiet der Kakteen. Man findet sie in den heiß-trockenen Wüsten, in der Eis- und Schneeregion der Gebirge und in den tropischen Urwäldern des Amazonastieflandes. Diese Pflanzen haben also eine sehr weite ökologische Amplitude. Beschäftigen wir uns also ein wenig genauer mit der Ökologie dieser stacheligen Gewächse. Wichtig sind in diesem

Zusammenhang die Boden-, Licht-, Temperatur- und Wasserverhältnisse, unter denen Kakteen zu wachsen vermögen.

Beginnen wir mit den Bodenverhältnissen.

Kakteen können auf Kalkgestein, auf saurem Gestein, in neutralem Schwemmboden, auf salzhaltigen Alkaliböden, in lockerem Wüstensand, in schwach saurem Humus und auf nacktem Felsen wachsen.

In jedem Fall entscheidend für das Wachstum ist der Wurzelhorizont, d. h. die Bodenschicht, die von den Kakteenwurzeln durchzogen werden. Viele Kakteen, mit Ausnahme der Rübenwurzler, haben ein Wurzelsystem, das sich nur sehr flach unter der Erdoberfläche ausbreitet. Aus diesem Grunde sind sie in der Lage, auch geringste Spuren an Feuchtigkeit aufzunehmen. In der Dürrezeit sterben die feinen Saugwurzeln ab. Bei einsetzenden Niederschlägen bilden sich diese jedoch in kürzester Zeit wieder neu.

Nun zum Licht.

Von einigen epiphytischen Kakteen abgesehen, die im tropischen Urwald vorkommen, lebt die Mehrheit dieser Pflanzen in Gebieten mit langer, direkter Sonneneinstrahlung. In vielen Kakteengebieten steht die Sonne während des größten Teiles des Jahres fast senkrecht, und in großen Höhenlagen herrscht infolge der dünneren Luftschichten eine sehr hohe Lichtintensität, insbesondere an UV-Strahlung.

Diese hohe Lichtintensität in Verbindung mit Wind hat zwangsläufig Einfluß auf die Transpiration der Pflanze.

Eine Möglichkeit, die Transpiration herabzusetzen, haben bestimmte Kakteen dadurch erreicht, daß sie die Spaltöffnungen nur nachts öffnen und am Tag geschlossen halten.

Weitere Wege zur Verringerung der Transpiration sind die Verkleinerung der gesamten Oberfläche, das "Hineinschlüpfen" des Pflanzenkörpers in den Boden und die Absonderung von Wachsschichten.

An den Kakteenstandorten herrschen die unterschiedlichsten Temperaturverhältnisse.

Besonders zu erwähnen sind hierbei die Kakteen, die im Hochgebirge vorkommen. Innerhalb eines Tages haben sie Temperaturschwankungen von 50 °C und mehr auszuhalten. So sind sie

nachts Temperaturen bis -20°C ausgesetzt und am Tage erwärmt sich die Bodenschicht auf etwa $+30^{\circ}\text{C}$. Für die Tatsache, daß diese Kakteen solch enorme Temperaturdifferenzen ohne Schädigung aushalten, sind besondere Anpassungen an die Umwelt, wie z. B. Ausbildung schützender Woll- und Haarkleider, hoher Anteil Schleim im Wasserparenchym, Polsterbildung usw., entscheidend.

Man hat Messungen an Körpern von Hochgebirgskakteen durchgeführt und festgestellt, daß bei Bodentemperaturen von -20°C immerhin im Kakteenkörper Temperaturen von $+2$ bis $+3^{\circ}\text{C}$ zu messen waren.

Es gibt Standorte, insbesondere in Felswüsten, die sich am Tage auf $+70^{\circ}\text{C}$ erhitzen. Im Inneren von dort wachsenden Kakteen hat man eine Temperatur von $+45^{\circ}\text{C}$ gemessen. Und doch leben diese Pflanzen unter diesen extremen Bedingungen.

Wir kommen jetzt zum wichtigsten Faktor für das Leben der Kakteen - dem Wasser.

Es wurde schon erwähnt, daß viele Kakteen ausgesprochene Flachwurzler sind. Damit sind sie in der Lage, rasch den niedergehenden Regen oder niederschlagende Nebelfeuchtigkeit aufzunehmen. Kakteen sind in der Lage, zum Teil enorme Mengen Wasser zu speichern. So kann ein etwa 15 m hohes Exemplar von *Carnegie gigantea* (Riesenkaktus) ungefähr 2 000 bis 3 000 l Wasser speichern und nahezu ein Jahr lang ohne weitere Wasserzufuhr leben. Wie oben schon erläutert haben Kakteen bestimmte "Methoden" entwickelt, um die Transpiration möglichst gering zu halten. Neben dem Niederschlag in tropfbarer Form (Regen) spielen auch Tau und Nebel als wasserspendender Faktor eine Rolle.

Können nun Kakteen die sich aus Nebel und Tau niederschlagende Feuchtigkeit direkt, d. h. über die Dornen aufnehmen?

Versuche haben ergeben, daß einige, aber nicht alle Kakteen, Wasser direkt über die Dornen aufnehmen vermögen. Allerdings reicht die Wassermenge, die auf diesem Wege aufgenommen wurde nicht aus, um die Pflanze über lange niederschlagslose Zeiten hinweg am Leben zu erhalten.

Alles in allem können wir folgendes zusammenfassen:

Kakteen haben sich dem Leben unter extremen und extremsten Bedingungen auf ideale Weise angepaßt. Sie können unter diesen Bedingungen nicht nur leben, sondern sich auch vermehren.

Dr. Peter Renner

PHEROMONE - Chemische Signale im Tierreich (Teil 3 und Schluß)

CHEMIE

In den bereits erschienenen Teilen dieses Artikels wurde Allgemeines zu Pheromonen gesagt, und es wurden Pheromone einer Auswahl von Insekten vorgestellt. In diesem, dem letzten Teil werden die "chemischen Signale" von weiteren Gruppen von Lebewesen untersucht.

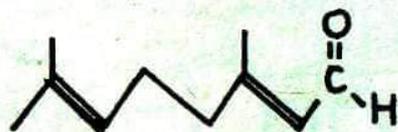
Eine recht weit entwickelte "Sprache der Gerüche" finden wir bei den staatenbildenden Insekten, wie Biene, Hummel und Ameise vor. Hier erfolgt eine weitgehende Arbeitsteilung; es gibt Tiere, die nur für die Arterhaltung da sind (Königinnen) und andererseits Arbeitstiere. Diese Differenzierung macht eine Arbeitsteilung unbedingt erforderlich. Damit werden Tätigkeiten wie Brutaufzucht, Futtersuche, Warnung vor Feinden und Paarung geregelt.

Haben z.B. Bienen eine Futterquelle entdeckt, so übermitteln sie diese Nachricht an andere Arbeiterinnen durch Abgabe des ungesättigten Alkohols Geraniol.



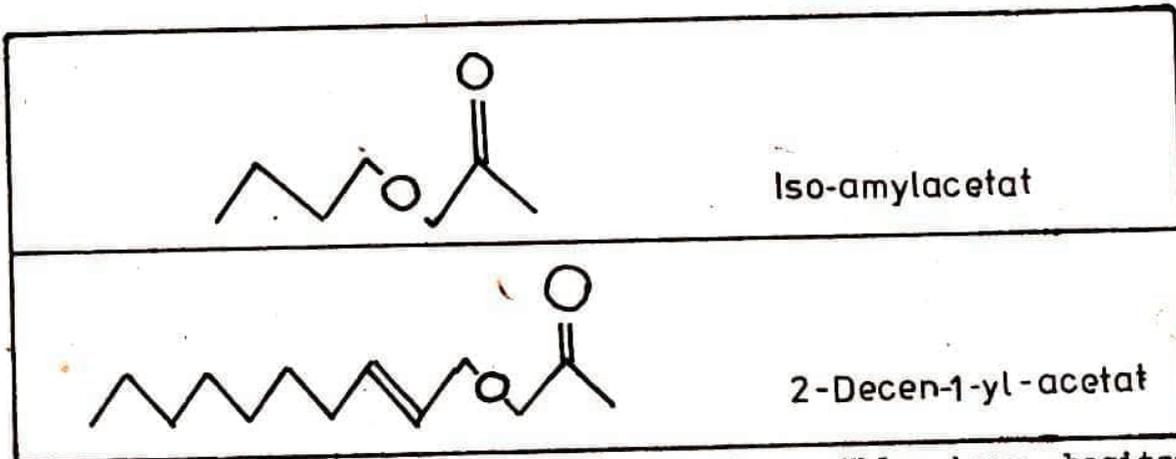
GERANIOL

Eine ganz ähnlich gebaute Substanz, das Geranial, dient bei Ameisen in Verbindung mit anderen Pheromonen als Alarmsubstanz.

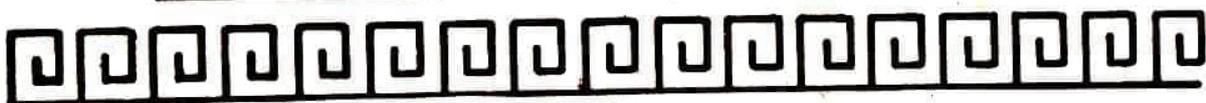
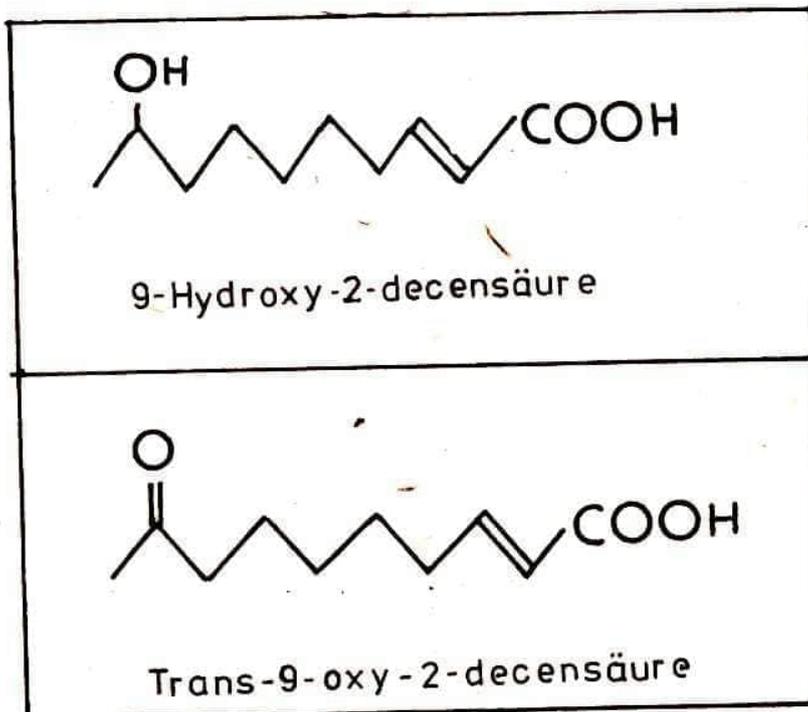


GERANIAL

Als Alarmpheromone bei Bienen konnten bisher Isoamylacetat und 2-Decen-1-yl-acetat nachgewiesen werden.



Jedes Bienenvolk, das bis zu 100 000 Tiere zählen kann, besitzt bekanntlich nur eine einzige Königin, die allein in der Lage ist, Eier abzulegen und im Volk für Nachwuchs zu sorgen. Diese erstaunliche Tatsache wird auch mit Hilfe chemischer Signale gesteuert. Dazu gibt die "Stockmutter" eine sogenannte "Königinensubstanz" ab, die vor allem 9-Hydroxy-2-decensäure und trans-9-oxy-2-Decensäure enthält.

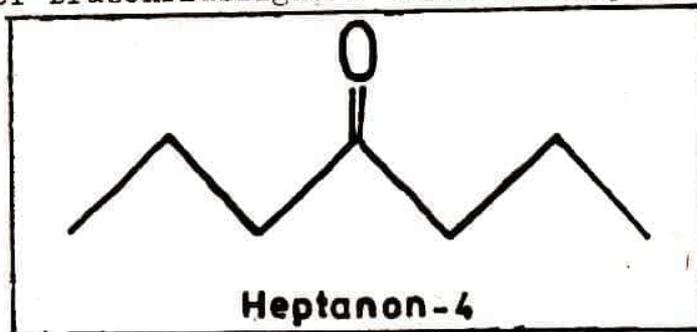


Diese beiden Verbindungen verhindern die Aufzucht weiterer Königinnen, indem die Ausbildung von Ovarien bei den Arbeiterinnen unterdrückt wird. Die trans-9-oxy-2-Decensäure dient außerdem beim sogenannten "Hochzeitsflug" als Lockstoff für die Drohnen, also die männlichen Bienen. Die Wirkung wird aber erst in großer Höhe über dem Boden entfaltet und nicht schon im Bienenstock.

Eingangs wurde angedeutet, daß die meisten Pheromone zwar bisher bei den Insekten gefunden wurden, jedoch auch höherentwickelte Tierarten sich der chemischen Kommunikation bedienen. Dazu einige Beispiele aus der Klasse der Säugetiere:

Hier dienen Pheromone z.B. dazu, den Herrschaftsbereich bzw. die Rangordnung von in Gruppen lebenden Tieren anderen Artgenossen zu signalisieren.

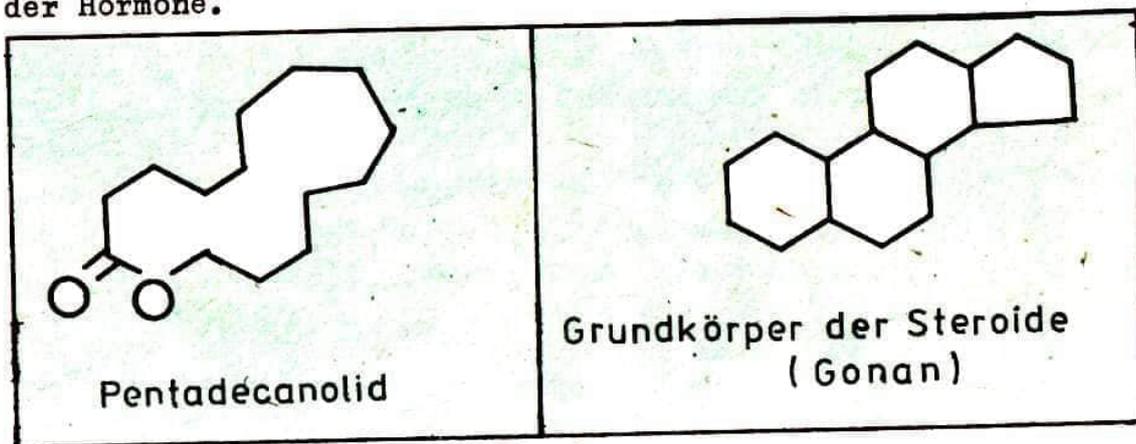
Die Pheromonabgabe kann z.B. wie bei der Hausmaus mit dem Urin erfolgen, andere Tiere wieder besitzen spezielle Drüsen. So verfügen Rentiere über eine sogenannte Präorbitaldrüse in Augennähe. Man beobachtete, daß die Tiere oft ihren Kopf an Ästen und Zweigen rieben, und zog daraus die Schlußfolgerung, daß die von der Drüse abgegebene Flüssigkeit der Kommunikation dient. Aus der Drüsenflüssigkeit wurde das Heptanon-4 isoliert.



Die genaue Funktion dieser Substanz ist noch Gegenstand weiterer Untersuchungen.

Aus dem hier Dargelegten ergibt sich sofort die Frage, ob es auch beim Menschen Pheromone gibt. Um es gleich vorweg zu nehmen, diese Frage kann hier nicht eindeutig mit ja oder nein beantwortet werden; es sollen lediglich einige interessante Beobachtungen in dieser Richtung mitgeteilt werden.

Bei Säugetieren allgemein ist die Pheromonproduktion vom hormonellen Zustand des Körpers abhängig. Versuche ergaben, daß auch beim Menschen eindeutige Zusammenhänge zwischen Geruchsleistung und dem Mengenverhältnis Östrogen zu Progesteron im Körper bestehen. So konnte von Frauen der (synthetische) Riechstoff Pentadecanolid (s. Abb.) nur zum Zeitpunkt der Ovulation während des Zyklus wahrgenommen werden, während bei Männern keine periodischen Schwankungen der Wahrnehmbarkeit beobachtet werden konnte. Interessant sind hierbei die strukturellen Ähnlichkeiten zwischen dem Riechstoff und dem Steroidgerüst der Hormone.



Inwieweit körpereigene Substanzen eine ähnliche Wirkung hervorrufen, ist bis zum heutigen Zeitpunkt noch nicht geklärt.

Damit wollen wir unseren kleinen Exkurs in das Reich der Pheromone beenden. Jedoch soll an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, daß es sich hierbei keineswegs um die einzige Art des Austausches von chemischen Signalen im Tierreich handelt.

Als Beispiele für weitere chemische Boten sollen die Abwehrstoffe vieler Tiere, wie Ameisen, Kröten, Salamander, genannt werden, mit denen diese sich vor natürlichen Feinden verteidigen.

Und selbst bei Pflanzen gibt es eine Art chemische Kommunikation. So verhindern z.B. bestimmte Stoffe, genannt Phytoalexine, daß höhere Pflanzen durch Mikroorganismen wie Bakterien und Pilze befallen und von diesen zerstört werden. Vor noch nicht allzu langer Zeit ist sogar von der Existenz eines bakteriellen Pheromons berichtet worden.

Lutz Grunwaldt
Potsdam

Venus - Planet der Rätsel (Teil 2)

Es ist noch keineswegs erklärt, wie die rätselhaften Schwefelsäurewolken der Venus entstehen. Aus allen bisherigen Meßergebnissen der sowjetischen Venussonden scheint es jedoch so, daß wir ein ständiges Fallen der Tröpfchen im Gravitationsfeld der Venus und Verdampfen an der Wolkenuntergrenze erleben. Also muß für eine stetige Nachlieferung von Schwefelsäuretröpfchen aus der Höhe gesorgt werden. Möglicherweise ergibt sich ein indirekter Zugang zu diesem Problem aus Messungen, die 1975/76 von den Orbitalsektionen der Sonden VENUS 9 und 10 gewonnen wurden.

Schwefelsäureregen aus der Hochatmosphäre

1975 gelangten die Orbitalapparate von VENUS 9 und 10 auf elliptische Umlaufbahnen um unseren Nachbarplaneten, nachdem zuvor die Landekörper abgesetzt worden waren. Beide Raumsonden funktionierten noch lange Zeit und übermittelten eine Vielzahl von Meßdaten zur Erde. Unter anderem ermittelten sie auch mit bordeigenen Radioteleskopen die Helligkeitstemperatur der oberen Wolkenschicht der Venus. Unter der Helligkeitstemperatur versteht man die Temperatur, die der eines absolut schwarzen Körpers entspricht, der im entsprechenden Spektralbereich die gleiche Helligkeit wie der zu untersuchende Körper (in unserem Falle die Wolkenschicht) aufweist.

Die thermische Strahlung der Venus, die in den Raum abgestrahlt wird, entsteht fast vollständig in der äußersten Schicht ihrer Wolkenhülle. Diese besitzt im Mittel eine Temperatur von 240 K; damit liegt das Maximum ihrer Strahlung gemäß dem Wienschen Verschiebungsgesetz

$$\lambda_{\max} = \frac{2,896 \times 10^6}{T} \text{ nm}$$

T - Temperatur des strahlenden Körpers

im Infrarotbereich des elektromagnetischen Spektrums.

Wie gesagt, die Temperatur beträgt im Mittel 240 K. Die Venussonden ermittelten jedoch, daß Veränderungen in der Helligkeitstemperatur existieren, die einer Erklärung bedürfen (siehe dazu Abb. 4).

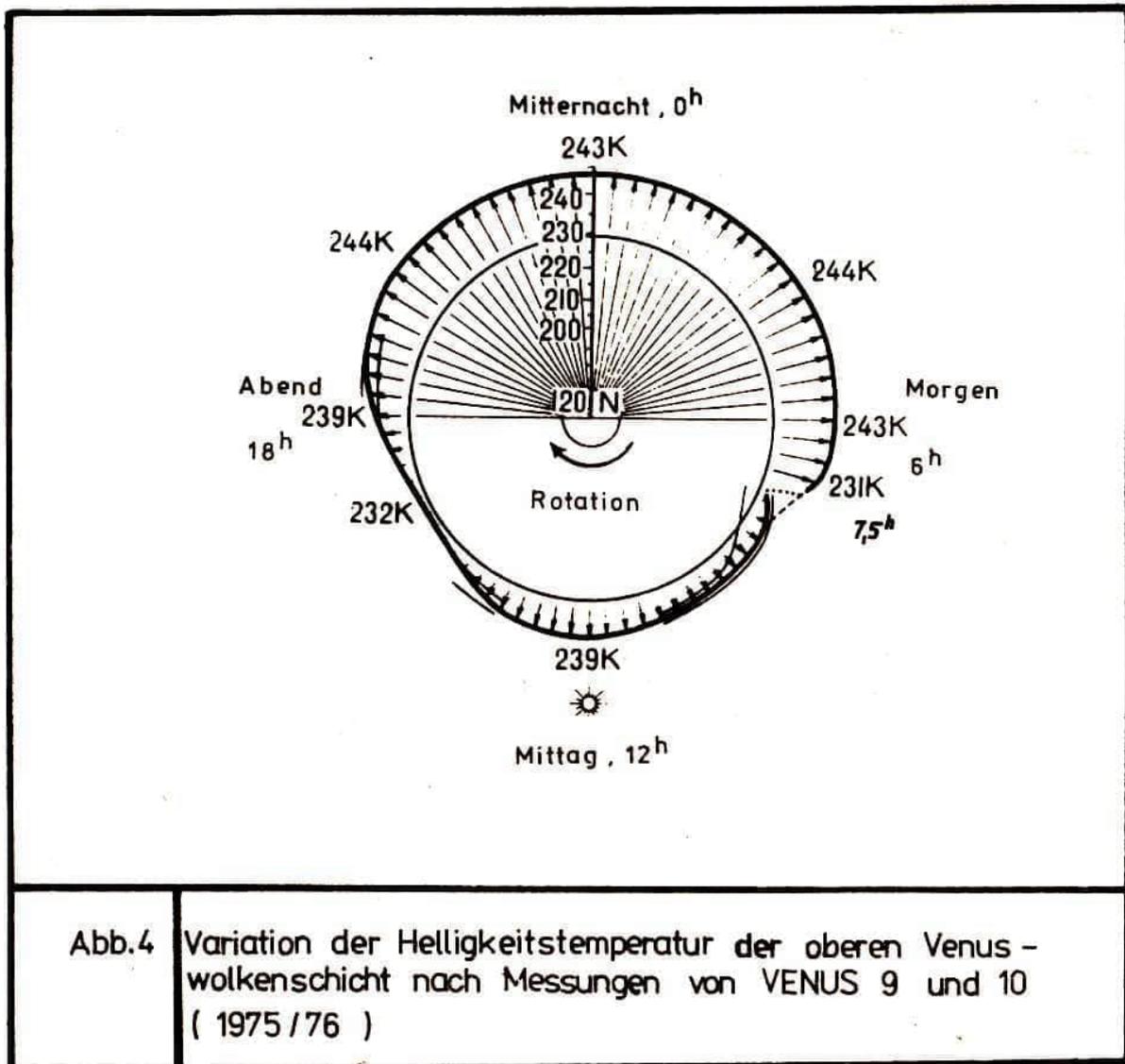


Abb.4 Variation der Helligkeitstemperatur der oberen Venus-
wolken- schicht nach Messungen von VENUS 9 und 10
(1975/76)

Erstaunlicherweise erweist sich die Temperatur der Wolken-
schicht auf der Nachtseite als bis zu 6 K höher als die Tem-
peratur auf der Tagseite und erreicht ihr Minimum bei einem
Sonnenstand, der auf der Erde dem von etwa 16.00 Uhr entspre-
chen würde. (In diesem Sinne sind auch alle nun folgenden An-
gaben über Tageszeiten zu verstehen; wie wir aus dem 1. Teil
des Artikels wissen, dauert ein "Tag" auf der Venus 243 irdi-
sche Tage. Wir ziehen also stets die Sonnenstände als Vergleich
heran!)

Wie entsprechende Berechnungen zeigen, läßt sich dieser Effekt
am wahrscheinlichsten mit photochemischen Veränderungen der
ü b e r den Wolken gelegenen Schicht (Höhe: 70 bis 90 km)
erklären. Außerdem war durch direkte Messungen der Landesonden
ermittelt worden, daß der Durchmesser der Tröpfchen in den
obersten Wolkenschichten e i n h e i t l i c h bei
1,5 bis 2 μ m liegt. Diese einheitliche Größe weist indirekt
darauf hin, daß die Tröpfchen gerade erst entstanden sein
können. Anderenfalls hätte sich der einheitliche Durchmesser
infolge von Wechselwirkungsprozessen zwischen den Tröpfchen
bereits "verschmiert", wie es auch in den tieferliegenden
Schichten der Fall ist (siehe Teil 1). Da wir diese Beobach-
tungen in der äußeren Wolkenschicht machen, liegt die Vermu-
tung nahe, daß diese Tröpfchen von "weiter oben", wo sie auch
entstehen, auf die Wolkendecke herabregnen.

Sowjetische Wissenschaftler schlagen daher folgende Hypothese
vor: Die Ultraviolettstrahlung der Sonne führt in der Schicht
oberhalb der Wolkendecke in Verbindung mit gasförmigen Schwe-
felverbindungen und geringen Spuren von Wasserdampf zur Bil-
dung von H_2SO_4 -Tröpfchen. Dieser Prozeß geht außerordentlich
langsam vor sich: Pro Venustag werden lediglich 25 Tröpf-
chen/cm³ gebildet. Diese Produktionsrate würde jedoch ausrei-
chen, um die beobachteten Veränderungen der oberen Wolkenschicht
in ihrem Strahlungsverhalten zu erklären. Abb. 4 ließe sich dann
wie folgt interpretieren:

- "Morgens" ist die Stratosphäre der Venus klar, die photo-
chemischen Prozesse haben noch nicht begonnen,
 $T^*_{\text{Morgens}} = T^*_{\text{Nacht}}$ (T^* = Helligkeitstemperatur)

- "Mittags": Infolge der oben aufgeführten Prozesse ist bereits eine gewisse Zahl von Teilchen gebildet worden; die Stratosphäre wird für die Temperaturstrahlung undurchsichtiger und T^* sinkt.
- Gegen "16 Uhr" wird das Maximum der Teilchenkonzentration erreicht, danach läßt die Produktionsrate von H_2SO_4 -Tröpfchen auf Grund des fallenden Sonnenstandes wieder nach; T^* erreicht ihr Minimum.
- "Nachts" klingt der Tröpfchenregen allmählich ab, die Stratosphäre klart auf und wird wieder durchsichtiger für die Temperaturstrahlung der obersten Wolkenschicht. T^* steigt an und bleibt danach annähernd konstant.

Die Oberfläche - Wie entstand sie?

Die 1975 von VENUS 9 und 10 übertragenen Panoramabilder der Venusoberfläche stellten eine Sensation dar: Erstens, weil sie unter so extremen Umweltbedingungen zustande kamen, und zweitens, weil darauf sogar zum Teil recht scharfkantige Steine zu sehen waren! Das war unerwartet; man vermutete auf der Venus ein flaches, ebenmäßiges Relief, glühendheiße Sandwüsten, aber keine "frischen", d.h. geologisch jungen Bruchstücke.

VENUS 9 landete auf einem Abhang, der mit zerklüfteten, scharfkantigen Steinen übersät ist. Staub, dunkel wie Ruß, bedeckte die Landestelle und legte sich erst mehrere Minuten nach dem Aufsetzen des Landeapparates. Ähnliche Effekte wurden an der Landestelle von VENUS 10 beobachtet, dort sind die vorgefundenen Gesteinsschollen jedoch offensichtlich älter.

Es bleibt die Frage, welche Erosionsmechanismen auf der Venus wirken. Wodurch können scharfkantige Gesteinsbrocken entstehen, wenn die Temperaturschwankungen zwischen Venustag und -nacht auf der Oberfläche ≈ 1 K sind? Bei etwa $460^\circ C$ fällt kein Regen auf die Oberfläche, und die Windgeschwindigkeit beträgt weniger als 1 m/s! Als einzig denkbare Erosionsfaktoren scheinen Vulkan- ausbrüche und starke Beben in Frage zu kommen.

Ist die Venus tektonisch aktiv?

Direkte Seismometer-Registrierungen an der Venusoberfläche stehen noch aus. Es gibt jedoch bereits eine Reihe von Hinweisen:

- Seit VENUS 8 (1972) wurde das Gestein am Landeort mit einem γ -Spektrometer auf radioaktive Komponenten hin untersucht. Hier die Resultate von VENUS 9 und 10:

Element	Venus 9	Venus 10
Kalium	0,47 \pm 0,08 %	0,30 \pm 0,16 %
Uran	0,60 \pm 0,16 ppm	0,46 \pm 0,25 ppm
Thorium	3,65 \pm 0,42 ppm	0,70 \pm 0,34 ppm

(ppm = "parts per million", 10^{-4} %)

Diese Werte sind vergleichbar mit irdischem Basalt. Ist das bereits ein Hinweis auf vulkanische Aktivität?

- Die dichte Wolkendecke der Venus läßt sich mit Radarstrahlen durchdringen. Seit Jahren werden so von der Erde aus mit Hilfe der **größten** Radioteleskope Versuche zur Radarkartierung der Venus unternommen. Trotz der relativ geringen Auflösung (eine Folge der ungeheuren Entfernung) konnten in den letzten Jahren **mehrere** große, sehr ebene Krater entdeckt werden, die an lunare Meteoritenkrater erinnern. Die heutige dichte Venusatmosphäre könnte aber lediglich von Meteoriten mit Massen $m > 2 \times 10^{11}$ g durchdrungen werden. Solche riesigen Meteoriten sind aber im Bereich der Venusbahn äußerst selten. Eventuell bildeten sich diese Formationen, als die Atmosphäre noch viel dünner war (falls ein solcher Zustand einmal **existierte**), aber was hat sie dann so gut konserviert? Oder sind es gar eigenartige Vulkane?
- Die 1978 gestartete US-Sonde PIONEER-VENUS 1 kartierte über ein Jahr lang mit Hilfe eines Bordradargerätes von einer Venusumlaufbahn aus die Oberfläche des Planeten. Dabei ergab sich eine erstaunliche Vielfalt der Oberflächenformen: "Hochländer", "Ozeanbassins" (unterschieden nach ihrer relativen Höhe zu einer gedachten Meeresfläche), sogar Hochgebirge mit Höhen bis 10800 m gibt es. Auch bei diesem Unternehmen wurden zahlreiche Vulkan- und Meteoritenkrater entdeckt.

Nach allen bisher vorliegenden Resultaten scheint die Venus (im Gegensatz zu früheren Vermutungen) ein tektonisch **äußerst** aktiver Planet zu sein!

Wie verlief die Evolution der Venus?

Vergleicht man heute die Ergebnisse der modernen Astrophysik und Planetologie miteinander, so gelangt man zu der scheinbar paradoxen Erkenntnis, daß über Entstehung und Entwicklung der (für uns unerreichbaren) Sterne mehr bekannt ist, als über die der direkten Erforschung zugänglichen Planeten unseres Sonnensystems. Dieser Widerspruch löst sich, wenn man bedenkt, daß es den Astrophysikern möglich ist, gleichzeitig eine Vielzahl von Sternen in unterschiedlichsten Alters- und Entwicklungsstufen zu beobachten und daraus allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. So gesehen, verfügen die Planetologen über weitaus dürftigeres Material. Daher läßt sich auch über die Entstehung und Entwicklung der Venus längst noch nichts Endgültiges aussagen.

Die Schlüsselfrage scheint die folgende zu sein:

- Beruhen die außergewöhnlichen Eigenschaften der Venus auf Besonderheiten des planetaren Ausgangsmaterials oder entstanden sie in der darauffolgenden Evolution des Planeten?

Ein Beispiel: Im 1. Teil des Artikels hatten wir das ungewöhnliche Isotopenverhältnis (^{36}Ar , ^{38}Ar zu ^{40}Ar) in der Venusatmosphäre betrachtet.

Es ist nun denkbar, daß

1. das Ausgangsmaterial der Venus von grundsätzlich anderer Beschaffenheit war als das von Erde und Mars oder daß
2. eine weitaus durchgreifendere Entgasung der Venus im Verlaufe ihrer Evolution erfolgte, so daß die im Inneren gebundenen leichten Argonisotope in beträchtlich höherem Maße freigesetzt wurden als zum Beispiel auf der Erde.

Die erste Möglichkeit würde eine radikale Umwälzung bisheriger Hypothesen über die Entstehung unseres Planetensystems zur Folge haben, ist allerdings auch die unwahrscheinlichere.

Ein weiteres ungeklärtes Kapitel ist die Wasserarmut der Venus.

In einem Artikel (Impuls 68, Heft 6, 1979/80) wurde anschaulich demonstriert, welcher ungeheuren Effekt eine größere Sonnennähe eines Planeten für die Entwicklung seiner Atmosphäre

hat. Wenn wir also annehmen, daß infolge des verstärkten Treibhauseffektes die Temperatur der Venusatmosphäre so weit anstieg, daß alles Wasser verdampfte, so bleibt doch die Frage offen, wo es geblieben ist.

Wenn es allmählich durch die Sonnenstrahlung (UV!) zersetzt und der Sauerstoff an Gesteine gebunden würde, während der Wasserstoff in den Kosmos entwich, dann müßte die Wasserstoff-Diffusionsrate damals 1000 mal höher gewesen sein als heute. Das erscheint schwer vorstellbar. Eine andere denkbare Möglichkeit besteht darin, daß große Mengen Wasser in den Gesteinen der Venuskruste gebunden sind (als Kristallwasser o.ä.). Erst direkte "geologische" Untersuchungen werden hier Aufschluß bringen.

Die Venus - ein Experimentierfeld?

Wäre es nicht sinnvoller, die für die Venusforschung verausgabten Summen für wichtigere Dinge auf der Erde einzusetzen? Ein häufig angeführtes Argument! Was spricht dafür, die Venus derart gründlich zu erforschen?

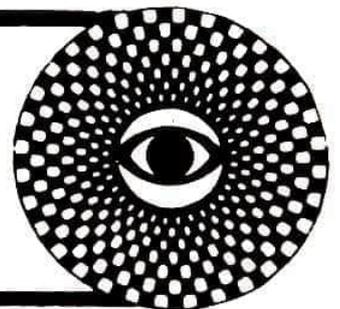
1. Eine der Ursachen für die Entstehung stabilen Smogs über Industriegebieten besteht in der Vergrößerung des Gehaltes an Schwefelhydrid in der Atmosphäre, seiner nachfolgenden Oxidation und der so erfolgenden Bildung von Schwefelsäuretröpfchen. Im Gegensatz zu gewöhnlichem Nebel lösen sich solche Smogs tagsüber nicht auf, sondern verstärken sich sogar noch unter der Wirkung photochemischer Reaktionen. Die Analogie zu den Venuswolken ist bestechend. Gründliche Forschung auf diesem Gebiet kann ungeahnten Nutzen für die Menschheit bringen.
2. Venus und Erde dürften (grob gerechnet) etwa dieselbe Menge an Kohlensäure besitzen. Auf der Erde ist der größte Teil in Form von Karbonaten in fester Form gebunden. Auf der Venus dagegen liegt sie hauptsächlich in Form von CO_2 in der Atmosphäre vor.

Würde nun auf der Erde infolge globaler Veränderungen des Klimas die Temperatur unserer Atmosphäre stetig ansteigen, so würden die gebundenen Ressourcen freigesetzt, und infolge verstärkten Treibhauseffektes durch das CO_2 wäre ein weiterer Temperaturanstieg die Folge. Dadurch könnten auch die enormen Wasservorräte der Erde. (in den Ozeanen allein etwa $1,35 \times 10^{24}$ g H_2O) verdampfen. Das Endresultat wäre eine dichte, heiße Atmosphäre mit einem Druck an der Erdoberfläche von fast 40 MPa! Weitere Ausführungen dürften überflüssig sein.

Es scheint so, als ob die Venus ein gewaltiges natürliches Experimentierfeld für uns darstellt. Die Wissenschaftler der Erde können dort wichtige Erkenntnisse gewinnen, wie weit globale Veränderungen klimatischer Parameter (etwa infolge zunehmender Umweltverschmutzung) von einer Planetenatmosphäre noch ausgependelt werden können, ohne daß es zu nicht mehr umkehrbaren Prozessen führt. Solche Forschungen besitzen einen nicht zu unterschätzenden Wert.

Die Venus stellt sich auch heute noch, fast zwanzig Jahre nach dem Beginn ihrer Erforschung mit Hilfe der Raumflugtechnik, als ein Planet der Rätsel dar. Es wird noch lange dauern, bis wir den Schlüssel zur Lösung dieser Probleme in der Hand halten.

DOKUMENTATION für den naturwissenschaftlichen und Staatsbürgerkunde-Unterricht



Was kann ein Industrieroboter?

Leistungszuwachs in neuen Dimensionen

Dr. Hans-Dieter Lähnig (FSU Jena)

Die für unsere Volkswirtschaft erarbeitete Konzeption zur Einführung von Industrierobotern wird in ihrer Realisierung mit dazu beitragen, den außerordentlich hohen Ansprüchen der

80iger Jahre, so wie sie von der 11. Tagung des ZK der SED herausgearbeitet wurden, gerecht zu werden. Der Einsatz von Industrierobotern ist im wesentlichen durch drei Gesichtspunkte begründet:

Verbesserung der Arbeitsbedingungen

In der DDR sind immerhin etwa 40 Prozent der Produktionsarbeiter manuell tätig, 70 Prozent der Montagearbeiten werden noch von Hand ausgeführt. Der Einsatz von Industrierobotern ersetzt schwere körperliche Arbeit, beseitigt gesundheitsgefährdende Arbeitsplätze (Schmutz, Hitze, Lärm, Chemikalien usw.) und ermöglicht die Übernahme monotoner, weniger anspruchsvoller Arbeit.

Technische Gründe

Industrieroboter ermöglichen gegenüber der menschlichen Leistungsfähigkeit eine größere Arbeitsgeschwindigkeit - sie ermüden nicht und haben damit eine gleichbleibende hohe Arbeitsproduktivität - eine hohe Arbeitsgenauigkeit sowie Arbeitsergebnisse mit gleichbleibender Qualität. Industrieroboter arbeiten gleichmäßiger und können große Lasten sehr genau positionieren.

Wirtschaftliche Gründe

Die Montageprozesse in der metallverarbeitenden Industrie der DDR erfordern z.B. etwa 40 Prozent der gesamten Fertigungszeit. Die Werkstückbewegung kann wiederum bis zu 85 Prozent der Montagezeit benötigen. Industrieroboter können im gesamten Montageprozeß zu wesentlichen Produktivitätssteigerungen beitragen. Ein weiterer Vorteil besteht in der Freisetzung von dringend benötigten Arbeitskräften insbesondere durch den Einsatz im 3-Schicht-Betrieb.

Die Vorteile und der erreichte Stand in der Mikroelektronik sprechen eindeutig für den Einsatz größerer Stückzahlen von Industrierobotern in unserer Volkswirtschaft. Die bereits erwähnte Konzeption sieht vor, bis 1985 durch den Einsatz von Industrierobotern mindestens 6000 bis 7000 Arbeitskräfte einzusparen. In diesem Zeitraum sollen beispielsweise

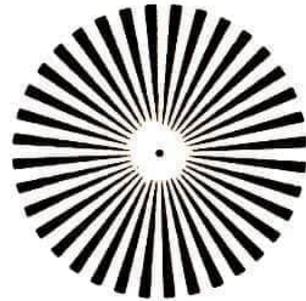
für die metallverarbeitende Industrie nahezu 500 Industrieroboter produziert werden, wozu gegenwärtig über 80 Einsatzgebiete untersucht werden. Sie werden Pressen bedienen, zum Lichtbogen- und Punktschweißen oder zum Stapeln eingesetzt. Allein 1980 sollen in der Metallurgie 50 zum Einsatz kommen und 133 Arbeitskräfte von schwerer körperlicher und monotoner Arbeit befreien.

In unserem Bezirk wird der erste Industrieroboter des Industriezweiges Erzbergbau, Metallurgie und Kali in der Maxhütte Unterwellenborn erprobt. Er stapelt glühende, fast 50 Kilogramm schwere Rohteile und wird bereits 1980 eine um eine halbe Million Mark höhere Warenproduktion ermöglichen, sowie drei Arbeitskräfte freisetzen. Die Maxhütte wird demnächst noch fünf weitere Industrieroboter erhalten, die fast 15 Arbeitskräfte einsparen und zu einer erhöhten Warenproduktion von zwei Millionen Mark jährlich beitragen werden. Weitere Einsatzgebiete wurden bereits im VEB Bodenbearbeitungsgeräte Leipzig zum Lichtbogenschweißen für die Rodeeinrichtung des Rübenrodeladers KS-6, im Fernsehkolbenwerk Friedrichshain als Transporter von Bildschirmen, im VEB Automobilwerke Sachsenring Zwickau als Farbspritz- und Punktschweißroboter sowie in weiteren Betrieben erschlossen. Insgesamt arbeiten in der DDR zur Zeit etwa 160 Industrieroboter.

Die Entwicklung schreitet auf dem Gebiet der Industrieroboter sehr stürmisch voran. Künftige Industrieroboter werden nicht nur frei programmierbar sein, sondern auch über hochkomplizierte Lageerkennungssysteme verfügen. Damit werden beispielsweise völlig neue Möglichkeiten im Montageprozeß erschlossen. Industrieroboter werden die Fähigkeit haben, durch die Abarbeitung von sogenannten Logikprogrammen einfachste Entscheidungen selbstständig zu treffen sowie selbst Korrekturen bei Unstimmigkeiten und Störungen im Arbeitsprozeß vorzunehmen. Durch den Anschluß von Industrierobotern an größere Zentralrechner werden Industrieroboter noch "intelligenter". Damit wird man dem Ziel der vollkommen automatisierten Fabrik einen Schritt näher sein, was natürlich nicht heißt, daß Industrieroboter im echten Sinne "Denker" werden.

Unsere Aufgabe

58



1kg Eis von -40°C und 1kg Wasser von $+60^{\circ}\text{C}$ werden in einem Kalorimeter vermischt. Was für eine Mischungstemperatur stellt sich ein?

(spezifische Wärme von Wasser: $c_W = 4,2 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$
 " " " Eis: $c_E = 2,1 \text{ Jg}^{-1}\text{K}^{-1}$
 spezifische Schmelzwärme: $q_s = 335 \text{ Jg}^{-1}$)

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 Aufgabe 50 aus Heft 1/14 Jg.:

Aufgabe:

In einem Inertialsystem (ein Bezugssystem, in dem das Trägheitsgesetz gilt) befindet sich zum Zeitpunkt $t=0$ eine Punktmasse m_1 bei $x=x_1$ und eine Punktmasse m_2 bei $x=x_2$. Beide Massen sind zu diesem Zeitpunkt in Ruhe. Infolge ihrer gegenseitigen Gravitationsanziehung bewegen sie sich dann aufeinander zu. Man gebe die Relativgeschwindigkeit der beiden Massen in Abhängigkeit von ihrem gegenseitigen Abstand und den Ort des Zusammentreffens an!

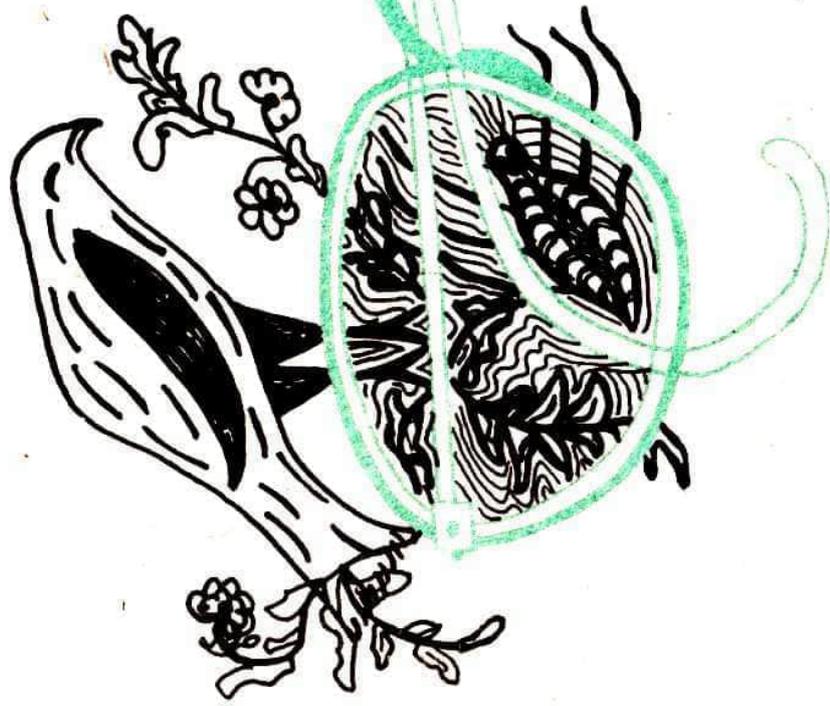
Lösung: (eingesandt von Gerald Werner, Weiningen, 19 Jahre)

Da auf die Massen keine äußeren Kräfte einwirken, bleibt der Schwerpunkt des Systems während der Bewegung erhalten. Er ist somit Treffpunkt der Massen. Bei der Veränderung ihres Abstandes von $d_0 = |x_1 - x_2|$ auf d wird im Gravitationsfeld die Arbeit $W = \gamma m_1 m_2 \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d_0} \right)$ frei. Diese Arbeit ist gleich der kinetischen Energie der Massen: $W = \frac{m_1}{2} v_1^2 + \frac{m_2}{2} v_2^2$. Da der Schwerpunkt erhalten bleibt, verhalten sich (im Schwerpunktsystem) die zurückgelegten Wege und somit auch die augenblicksgeschwindigkeiten v_1 und v_2 umgekehrt proportional zu den Massen. $\rightarrow v_2 = \frac{m_1}{m_2} v_1$.

$$\rightarrow \gamma m_1 m_2 \left(\frac{1}{d} - \frac{1}{d_0} \right) = \frac{m_1}{2} v_1^2 + \frac{m_2}{2} \left(\frac{m_1}{m_2} v_1 \right)^2 \rightarrow v_1 = \sqrt{\frac{2\gamma(d_0 - d)}{d_0 d (m_1 + m_2)}} m_1$$

Somit ist die Relativgeschwindigkeit $v = v_1 + v_2$:

$$v = \sqrt{\frac{2\gamma(d_0 - d)}{d_0 d (m_1 + m_2)}} (m_1 + m_2) = \sqrt{\frac{2\gamma(d_0 - d)(m_1 + m_2)}{d_0 d}}$$

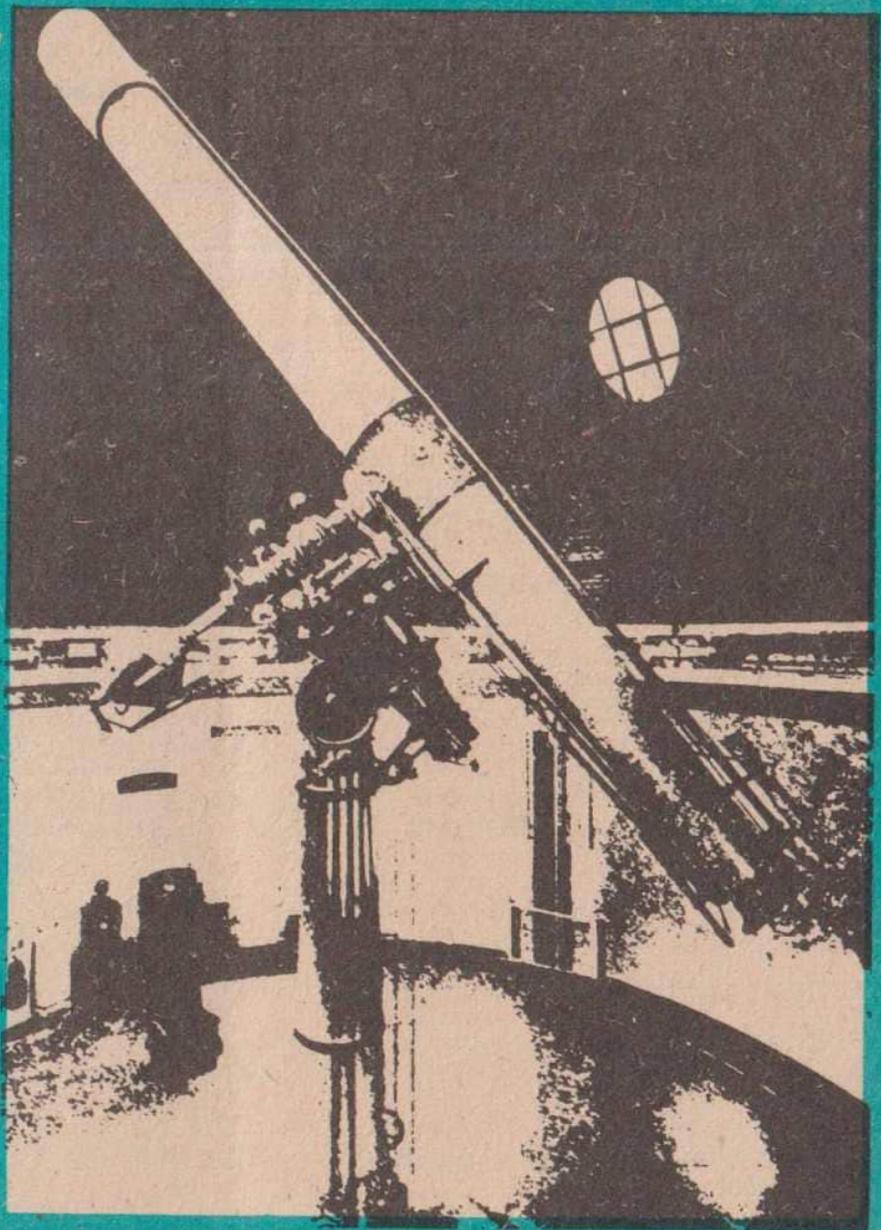


Man durchschaut gern
die anderen,
aber man läßt sich nicht
gern durchschauen.

La Rochefoucauld

Impuls 68

10



Tunneleffekt

☆

Ozon

☆

Sekundärstoffwechsel

☆

Systematische Gewinnung
von Diagnose-Resultaten

☆

Entstehung des Lebens

Titelbild: Großer Refraktor der
Sternwarte Babelsberg (R.L.)

impuls

68

Paul Seidel	Supraleitung (3) Der Tunneleffekt	PHY	3
Roland Colditz	Ozon – Eine energiereichere Form des Sauerstoffs	CHE	8
Luckner	Was ist Sekundärstoffwechsel	BIO	11
	Inhaltsverzeichnis 14. Jahrgang		16
Max Schubert	Zur systematischen Gewinnung von Diagnose-Resultaten in der Medizin (4)		19
	Wie kann Leben entstanden sein	DOK	28
	Physikaufgabe Nr. 59, Lösung Nr. 51		31

Gestaltung: Reiner Luthardt

Redaktionsschluß: 26. 3. 1981

Redaktion: Dr. Eberhard Welsch (Chefredakteur); Achim Dittmar, Reinhard Meinel (stellvertretende Chefredakteure); Dipl.-Phys. Wilfried Hild; Dipl.-Phys. Rosemarie Hild (Finanzen); Dipl.-Chem. Roland Colditz (Chemie); Dr. Jürgen Sauerstein (Biologie); Vera Masurat (Gestaltung); Reiner Luthardt (Fotografie, Gestaltung)

Die Redaktion wurde 1969 und 1980 mit dem Ehrentitel „Hervorragendes Jugendkollektiv der DDR“ ausgezeichnet.

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Anschrift: impuls 68, 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1

Lizenzgeber: Presseamt beim Vorsitzenden des Ministerrates der Deutschen Demokratischen Republik unter der Nummer 1570

Kleinoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, Betriebsteil V „Werner John“, Rudolstadt

Die Bezahlung erfolgt durch Überweisung auf unser Konto bei der Stadt- und Kreissparkasse Jena 4472-39-2981. Bestellungen richten Sie bitte direkt an unsere Anschrift; bei Bezahlungen oder Anfragen nennen Sie unbedingt die Adresse, unter der Sie „impuls 68“ erhalten.

Heftpreis: -,40 M, Jahresabonnement: 4,- M



3.1. Der quantenmechanische Tunneleffekt

In der Quantenmechanik kann gezeigt werden, daß sich Elektronen als Wellen beschreiben lassen (Welle - Teilchen - Dualismus). Dementsprechend ist es möglich, daß sich diese Wellen auch in Gebieten ausbreiten, in die klassische Teilchen mit gleicher Energie nicht eindringen könnten. (Ein klassisches Teilchen wird beispielsweise an der Oberfläche einer Wand reflektiert.) Diese Wellen werden dabei jedoch gedämpft, d.h. ihre Amplitude klingt exponentiell ab. Bei geringer Dicke des Dämpfungsbereiches (der sogenannten Potentialbarriere) verbleibt nach Überwindung dieser Barriere eine endliche Amplitude (siehe Abb. 1).

Nach der Quantenmechanik ist dabei das Betragsquadrat dieser Amplitude an einem Ort proportional zur Wahrscheinlichkeitsdichte, ein Elektron an diesem Ort vorzufinden. Ein gewisser Anteil der einfallenden Elektronen kann somit den Potentialwall "durchtunneln".

Dieser "Tunneleffekt" spielt in der Physik eine große Rolle, beispielsweise beim radioaktiven Zerfall von Atomkernen und in der Halbleiterelektronik (Tunneldiode).

3.2. Das Tunnelement

Hier sollen nun sogenannte Tunnelemente betrachtet werden. Bei ihnen sind zwei Metallelektroden durch eine Isolator- oder Halbleiterschicht getrennt.

Ihr prinzipieller Aufbau ist in Abb. 2 dargestellt.

Auf ein Substrat (Glas, Glimmer o.a.) wird zunächst eine Metallschicht von etwa 200 bis 500 nm aufgedampft, z.B. Blei,

Zinn, Niob oder Aluminium. Anschließend wird die Barrierenschicht hergestellt. Da die Metalloxide Isolator- oder Halbleitereigenschaften aufweisen, wird dazu meist die hergestellte Basiselektrode oxydiert. Man kann jedoch auch eine Schicht Barrierenmaterial aufdampfen. Die technologischen Schwierig-

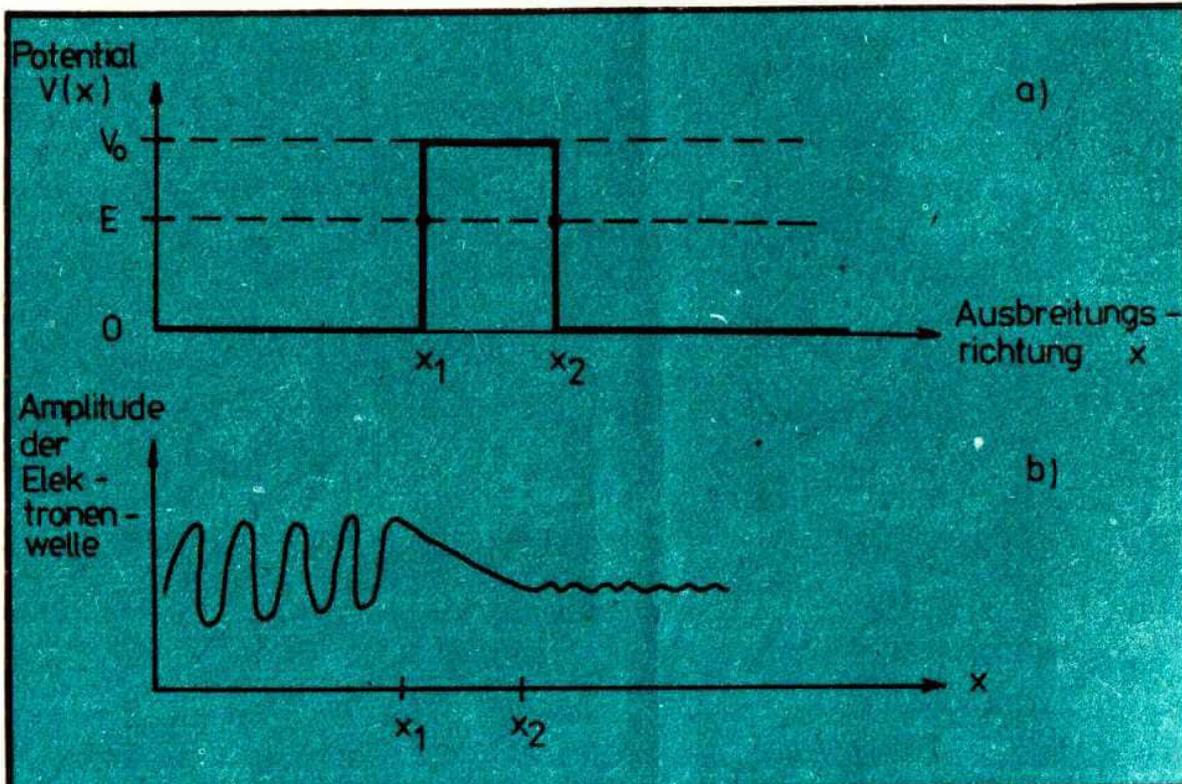


Abb.1

- a) Potentialverlauf in Ausbreitungsrichtung
 Für ein Elektron der Energie E wären im klassischen Fall x_1 und x_2 die Umkehrpunkte (Reflexionen).
- b) Von links ($x < x_1$) einfallende freie Elektronenwelle ($V=0$) wird in der Barriere ($x_1 < x < x_2$) gedämpft ($V=V_0$), gelangt aber auf die rechte Seite ($x > x_2$), wo sie sich wieder frei ausbreiten kann ($V=0$).

keiten werden ersichtlich, wenn man bedenkt, daß die Barrierendicke für übliche Isolatormaterialien bei etwa 2 nm liegt (etwa 20 Atomlagen) und daß auch bei Halbleitern nur etwa eine Größenordnung dickere Barrierenschichten verwendet werden können. Das Tunnelement wird dann noch durch die Deckelektrode und die entsprechenden Kontakte an den Elektroden komplettiert. Nach dem Bändermodell für Metalle und Halbleiter kann man das Energieschema der hergestellten Struktur aufbauen (siehe Abb. 3). Bei tiefen Temperaturen sind die Metallbänder von der Leitungs-

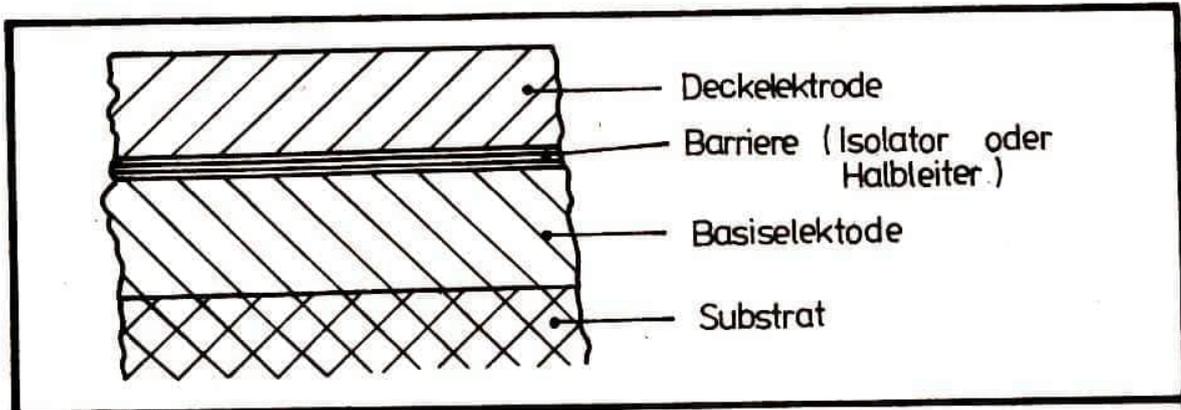


Abb.2 Querschnitt durch ein Tunnелеlement

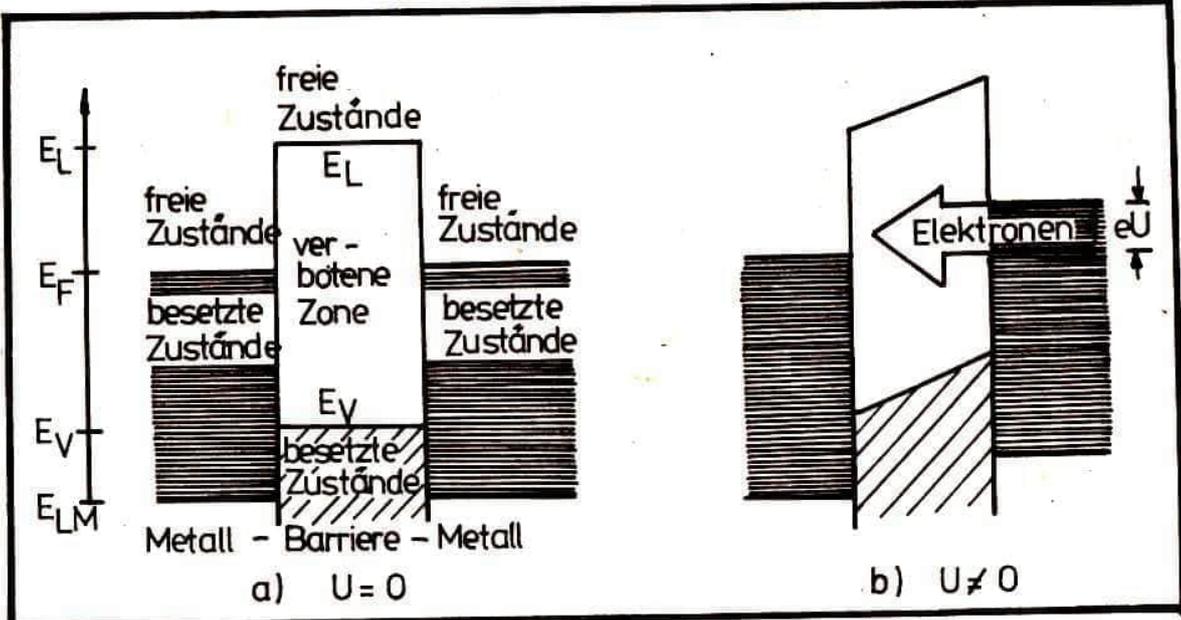


Abb.3 Schematischer Potentialverlauf eines Tunnелеlementes mit und ohne angelegte Spannung U

bandkante E_{LM} bis zum Fermi-niveau E_F (vgl. Teil 1) mit Elektronen besetzt (Abb. 3 a). Die Barriere wird von der Energielücke des Isolators bzw. Halbleiters gebildet, in der keine Zustände erlaubt sind (E_V - Valenz-, E_L - Leitungsbandkante des Barrierenmaterials). Bei Anlegen einer elektrischen Spannung (Abb.3b) wird je nach Polung eine der beiden Metallelektroden energetisch angehoben, und es entsteht ein Energiebereich, aus dem die Elektronen durch die Barriere hindurch tunneln können, um die energetisch günstigen, freien Plätze in der gegenüberliegenden Elektrode einzunehmen.

Bei Anlegen einer äußeren Spannung U kann somit ein Tunnelstrom I durch das Element fließen, der im Bereich kleiner Spannungen ein lineares ("ohmsches") Verhalten aufweist:

$$I = \frac{U}{R} ,$$

wobei R den Tunnelwiderstand bezeichnet. Dieser Widerstand ist insbesondere von der Stärke der zu durchtunnelnden Barriere abhängig, die sich im "Durchlaßvermögen" niederschlägt.

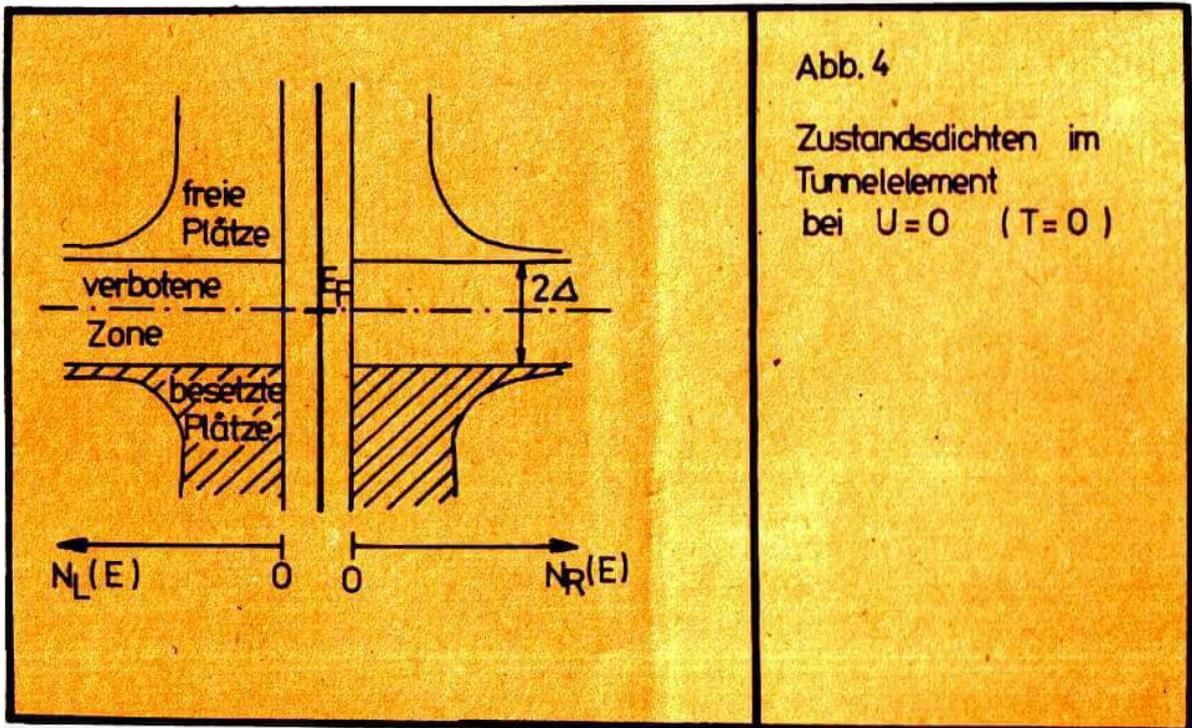


Abb. 4

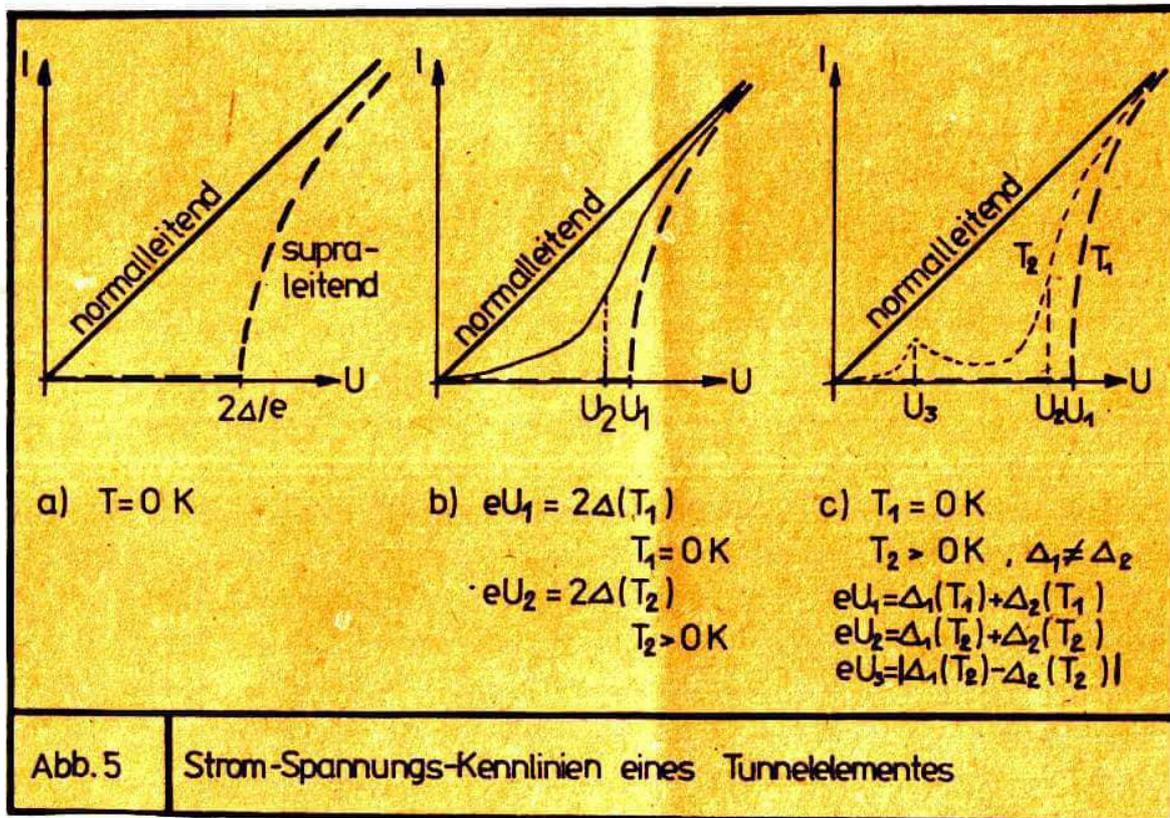
Zustandsdichten im Tunnellelement bei $U=0$ ($T=0$)

Beim Übergang einer Elektrode zur Supraleitung entsteht, wie bereits im Teil 1 zu sehen war, eine Energielücke der Breite 2Δ um die Fermienergie herum, und die Zustandsdichte der Elektronen ist in der Umgebung der Fermienergie nicht mehr konstant wie im normalleitenden Fall. Diese Verhältnisse sind in Abb. 4 vereinfacht veranschaulicht, die die Zustandsdichten in beiden Elektroden (L - links, R - rechts) zeigt.

Wird in diesem Falle eine Spannung angelegt, so verschieben sich die in Abb. 4 gezeigten Dichten um eU , und man erkennt, daß für $T = 0K$ erst bei Spannungen mit $eU = 2\Delta$ Tunnelprozesse einsetzen können, weil vorher nur verbotene Zustände auf der gegenüberliegenden Seite existierten. Für höhere Spannungen finden dann die energetisch angehobenen Elektronen der einen

Elektrode freie Plätze auf der gegenüberliegenden Seite, und der Tunnelstrom fließt. Je weiter man die Spannung U erhöht, umso geringer wird der Einfluß der Supraleiterenergielücke, und der Tunnelstrom wird identisch mit dem im normalleitenden Fall. Dieses Strom-Spannungs-Verhalten ist in Abb. 5a dargestellt. Die Abb. 5b zeigt die entsprechende Kennlinie bei einer Temperatur größer als $0K$, wo bereits einige thermisch angeregte Elektronen Zustände oberhalb der Supraleiterenergielücke besetzen.

Besitzen die Elektroden verschiedene Supraleiterenergielücken, so kommt es außer dem Anstieg bei der Summe der Lücken ($\Delta_1 + \Delta_2$) noch zu einer Differenzstruktur bei $|\Delta_1 - \Delta_2|$ (Abb. 5c).



Dünnschicht-Tunnelemente können auf Grund dieses elektrischen Verhaltens und der verschiedenen Einflüsse (Temperatur, Strahlung u.a.) auf die Kennlinie für verschiedene experimentelle Anwendungen genutzt werden. Wichtig ist auch eine andere Eigenschaft dieser Strukturen: die Möglichkeit des Josephsoneffektes, mit dem wir uns im nächsten Heft beschäftigen werden.

Roland Colditz
Diplom-Chemiker
FSU Jena
Sektion Chemie

Ozon - Eine energiereichere Form des Sauerstoffs

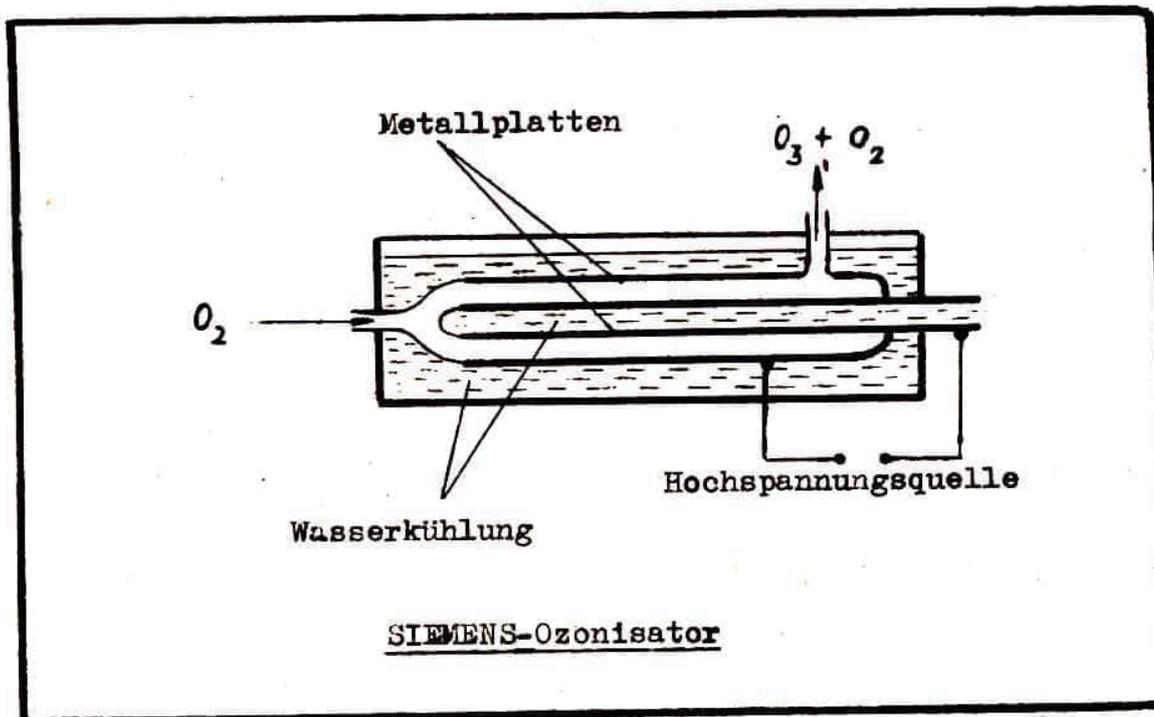
CHEMIE

Neben dem molekularen Sauerstoff O_2 tritt als zweite Modifikation des elementaren Sauerstoffs Ozon oder Trisauerstoff O_3 auf, das sich in seinen physikalischen und chemischen Eigenschaften vom gewöhnlichen Sauerstoff stark unterscheidet. Nebenbei sei bemerkt, daß das Auftreten verschiedener Zustandsformen eines chemischen Elements je nach den Zustandsbedingungen (Druck, Temperatur) Allotropie genannt wird. Die molekulare Allotropie des Sauerstoffs ist eine Ausnahmeerscheinung, in der Regel wird dieser Begriff auf kristalline Modifikationen angewendet, die sich durch eine Anordnung der Atome im festen Aggregatzustand voneinander unterscheiden.

Nun aber zurück zur Chemie des Ozons. Im Labor kann man es sehr einfach und schnell herstellen sowie nachweisen: Es bildet sich, wenn in einer Porzellanschale 1 ml konzentrierte Schwefelsäure mit wenig feinpulverisiertem Kaliumpermanganat bestreut wird (Schutzbrille tragen! Explosionsgefahr!). Schon Spuren von Ozon erkennt man deutlich an dem intensiven "elektrischen" Geruch. Zum Nachweis nutzen wir seine stark oxydierende Wirkung aus. Hält man über die Schale ein Stück Jodkaliumstärkepapier (das ist mit Kaliumjodid- und Stärkelösung getränktes Fließpapier), so wird aus dem Kaliumjodid freies Jod gebildet, das mit Stärke eine Blaufärbung ergibt. Außerdem kann man in das Schwefelsäure-Permanganat-Gemisch an einem langen Glasstab etwas Watte eintauchen, die mit Alkohol getränkt ist. Die Watte verbrennt explosiv.

Größere Mengen Ozon werden im sogenannten Siemens-Ozonisator dargestellt. Der Apparat besteht im wesentlichen aus zwei ineinandergesetzten, mit Wasser gekühlten Glasröhren, deren Oberflächen mit Metallbelägen versehen sind. Zwischen den Belägen herrscht eine Spannung von mehreren tausend Volt. In dem Zwischenraum treten stille elektrische Entladungen auf, die einen Teil des Sauer-

stoffs in Ozon umwandeln.



Das gemeinsame Kennzeichen aller zur Ozonbildung führenden Reaktionen ist die primäre Bildung von Sauerstoffatomen, die dann auf molekularen Sauerstoff einwirken:



So entsteht Ozon in der Natur unter der Einwirkung des ultravioletten Lichtes in der Ozonosphäre, der ozonangereicherten Schicht der Atmosphäre in 20 bis 35 km Höhe über der Erdoberfläche. Da Ozon ein außerordentlich großes Absorptionsvermögen für kurzwelliges ultraviolettes Licht besitzt, hält es dessen lebensfeindlichen Anteil (Wellenlängenbereich unter 200 nm) von der Erde fern. Durch Luftströmungen erreicht Ozon zum Teil die Nähe der Erdoberfläche, wird dort aber in dem Maße zersetzt, wie die Luft mit Staub, Bakterien, Rußteilchen u. a. verunreinigt ist. Der Ozongehalt der Luft ist somit zwar ein gewisser Gradmesser für ihre Reinheit, jedoch ist auch in reiner Wald- oder Gebirgsluft der Gehalt an O_3 gering; z. B. in den Alpen in 2000 m Höhe $3 \cdot 10^{-6} \%$.

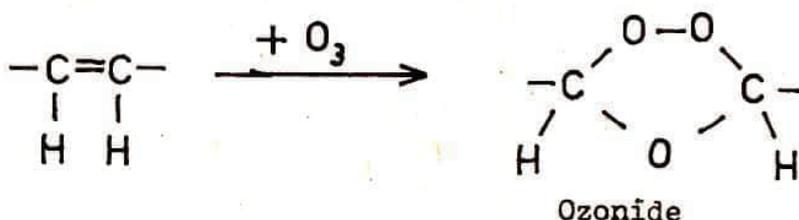
Ferner entsteht Ozon in der Nähe einer Quarzlampe, unter der Einwirkung radioaktiver Strahlung in der Umgebung radioaktiver Substanzen, bei der Einwirkung von Fluor auf Wasser sowie in der Knallgasflamme.

Das tiefblaue gasförmige Ozon läßt sich bei $-111,9^{\circ}\text{C}$ zu einer dunkelblauen Flüssigkeit verdichten, die bei weiterem Abkühlen zu dunkelvioletten Kristallen erstarrt. Als unbeständige Modifikation zerfällt Ozon gemäß



unter Abgabe von Wärme.

Mit vielen ungesättigten organischen Verbindungen erfolgt unter bestimmten Bedingungen die Bildung von sogenannten Ozoniden. Das sind viskose, äußerst explosive Öle:



Die Zersetzung des unter Ozoneinwirkung brüchig werdenden Kautschuks beruht auf der Bildung derartiger Verbindungen, so daß Gummischläuche zum Durchleiten von Ozon nicht verwendet werden dürfen.

Ozon wird in geringen Mengen zur Luftverbesserung in geschlossenen Räumen (Kino, Theater) verwendet. In stärkeren Konzentrationen wirkt Ozon verätzend auf die Schleimhäute der Atmungsorgane und ist damit gesundheitsschädlich.

Längere Zeit über wurde es auch bei der Desinfektion von Leitungswasser verwendet; doch wurde es hier von Chlor verdrängt, da die bakterientötenden Eigenschaften des Chlors stärker sind und Chlor außerdem viel billiger ist. Manchmal wird O_3 zum künstlichen Altern von Wein verwendet. Wein erhält in der Regel erst nach längerer Lagerung sein Aroma, nämlich dann, wenn die einen unangenehmen Geruch aufweisenden Aldehyde durch Oxydation entfernt sind. Durch das Ozon wird diese gewünschte Reaktion beschleunigt.

Prof. Dr. Ludner
Sektion Pharmazie
Martin-Luther-Universität
Halle

Was ist Sekundärstoffwechsel

Bestimmte Bereiche des Gesamtstoffwechsels, z. B. die Bildung und der Abbau der meisten Nucleotide und der Nucleinsäuren, vieler Aminosäuren und der Eiweiße, der wichtigsten Zucker und Carbonsäuren, sind bei allen Organismen nahezu einheitlich. Sie sind für den Gesamtprozeß des Lebens von besonderer Wichtigkeit und werden deshalb als "Grund- oder Primärstoffwechsel" bezeichnet. Im Gegensatz dazu gibt es Stoffwechselwege und Verbindungen, die sich jeweils nur in wenigen Arten von Lebewesen finden und die deshalb für das Leben an sich von geringerer Bedeutung sein müssen. Man hat für diesen Bereich des Stoffwechsels die Bezeichnung "Sekundärstoffwechsel" und für die daran beteiligten Verbindungen den Begriff "sekundäre" Naturstoffe geprägt.

Die am Sekundärstoffwechsel beteiligten Verbindungen zeichnen sich durch eine fast unüberblickbare Vielfalt ihrer Strukturen aus. Es sind sowohl aliphatische und carbocyclische als auch heterocyclische, Stickstoff, Sauerstoff oder Schwefel enthaltende Verbindungen bekannt. Es wurden gesättigte und ungesättigte Substanzen, Glykoside, Peptide, Hydroxamsäuren und Azomethine isoliert. Und es finden sich die verschiedensten funktionellen Gruppierungen wie Hydroxy-, Epoxy-, Ester-, Äther-, Amino-, Nitro- und Carboxylgruppen. Viele Tausende sekundärer Naturstoffe sind heute bekannt und mit der Verfeinerung der Analysemethoden steigt die Zahl der beschriebenen Verbindungen in raschem Tempo weiter an.

Die meisten sekundären Naturstoffe haben innerhalb der verschiedenen Arten der Lebewesen jedoch nur eine geringe Verbreitung. Sie sind für einzelne Familien, ja vielfach für bestimmte Gattungen, Arten, Unterarten und Rassen spezifisch und können als Ausdruck der biochemischen Individualität der

sie bildenden Organismen angesehen werden. Je mehr Reaktionen für die Biosynthese eines sekundären Naturstoffes notwendig sind, desto geringer ist gewöhnlich seine Verbreitung. Die Bildung einer großen Zahl sekundärer Naturstoffe ist für die betreffenden Lebewesen ohne einen nachweisbaren Nutzen und als ein "Luxurieren" des Stoffwechsels anzusehen. So kann der Ausfall bestimmter sekundärer Naturstoffe ohne weitere Schädigung vertragen werden. Das Auftreten von Weißformen bei normalerweise blaublühenden Pflanzen ist hierfür ein bekanntes Beispiel. Andere Sekundärstoffe dagegen scheinen für den sie produzierenden Organismus lebensnotwendig zu sein. Es ist ein wesentliches Kennzeichen sekundärer Stoffe, daß sie von den aktiven Bereichen des Grundstoffwechsels wegtransportiert und aus dem Stoffwechsel eliminiert werden. Es wurde deshalb schon frühzeitig die Ansicht geäußert, daß der Sekundärstoffwechsel ein Entgiftungsprozeß ist und als solcher für den Gesamtorganismus Bedeutung hat. Solche Entgiftungsvorgänge waren zunächst nur vom tierischen Organismus her bekannt. Dort wird die Toxizität bestimmter im Stoffwechsel entstehender oder von außen zugeführter Verbindungen, z. B. die phenolischer Substanzen, durch Hydroxylierungen, Methylierungen oder "Konjugationen" mit Aminosäuren, Glucuronsäure oder Schwefelsäure, d. h. also durch Reaktionen, die für den Sekundärstoffwechsel typisch sind, in Leber und Niere stark vermindert. Es kommt hierbei einerseits zu einer Blockade reaktionsfähiger Gruppierungen, und andererseits werden die Verbindungen in gut wasserlösliche Substanzen übergeführt, die durch die Niere aus dem Organismus ausgeschieden werden können. Sekundäre Naturstoffe finden sich bei Tieren in höherer Konzentration deshalb gewöhnlich nur in wenigen spezialisierten Organen, z. B. in den Abwehrdrüsen bestimmter Käfer, den Duftdrüsen der Insekten, den Hautdrüsen der Salamander sowie den Haaren, Federn und Schuppen. Oder sie werden nur während bestimmter Entwicklungsstufen gespeichert, während denen eine Ausscheidungsmöglichkeit nicht besteht, wie z. B. im Puppenstadium der Insekten. Die weitaus meisten Sekundärstoffe werden von höheren Pflanzen und von Mikroorganismen gebildet. So stehen etwa 20 Tieralkaloiden mehr als 4700 pflanzliche gegenüber.

Ähnlich sind die Verhältnisse bei den Polyketiden und den terpenoiden Stoffen. Man versteht heute diese ungleiche Verteilung der Sekundärstoffe als Folge der Unterschiede im Exkretionsverhalten von Pflanze und Tier.

Im Gegensatz zum Tier scheidet die Pflanze Nebenprodukte des Stoffwechsels nur in sehr beschränktem Maße aus ihrem Organismus aus. Es hat sich hier als Gegenstück zur tierischen Exkretion nach außen im Zuge der Evolution eine sogenannte "metabolische Exkretion" entwickelt. Sie erlaubt die Speicherung sekundärer Naturstoffe innerhalb des Gesamtorganismus, aber außerhalb seiner stoffwechselaktiven Bereiche. Die Speicherung erfolgt gewöhnlich in den Vakuolen und den Zellwänden, Organellen also, die für die pflanzliche Zelle charakteristisch sind. Lipophile Verbindungen (z. B. ätherische Öle und Harze) werden in besonderen Exkretzellen oder Exkreträumen gelagert.

Die Ausscheidung der sekundären Naturstoffe aus den aktiven Bereichen des Stoffwechsels bedeutet nicht, daß die Verbindungen nicht noch weiter umgesetzt oder verändert werden können. Weitgehend stabil bleiben zwar gewöhnlich die außerhalb des Protoplasmas, z. B. in der Zellwand, in abgestorbenen Zellen oder in besonderen Exkretbehältern deponierten Substanzen (so unter anderem das Lignin und die Pigmente der Haare, Vogelfedern und Samenschalen), nicht unbedingt aber die anderen im Reaktionsbereich des Protoplasmas verbleibenden Stoffe. Veränderte Stoffwechsellagen, z. B. als Folge des Alterns des Organismus, können die erneute Überführung in stoffwechselaktive Bereiche der Zelle und damit weitere Umsetzungen oder sogar den Abbau solcher Exkrete zur Folge haben. So verschwindet z. B. bei einigen Nicotiana-Arten das Alkaloid Nicotin im Verlaufe der Samenreife, und im Schlafmohn unterliegt der Gehalt an Morphin schnellen Schwankungen, die durch das Wechselspiel von Abbau bis zu Verbindungen des Grundstoffwechsels und Neusynthese bedingt sind.

Es ist jedoch falsch, den Wert des Sekundärstoffwechsels nur in den Entgiftungsreaktionen zu sehen. Dagegen spricht z. B. die Bildung häufig nur recht geringer Sekundärstoffmengen. Vielmehr scheinen für eine größere Zahl von Organismen zumindest einige der gebildeten Verbindungen selbst von Bedeutung

zu sein. Am augenfälligsten ist hierbei der ökologische Wert bestimmter Sekundärstoffe. Die Bildung antibiotisch wirkender Verbindungen durch eine Vielzahl von Mikroorganismen ist hierfür ein bekanntes Beispiel.

Bei den von höheren Pflanzen produzierten Sekundärstoffen kann man im Hinblick auf ihre ökologische Funktion die folgenden Gruppen unterscheiden.

1. Repellantien; sie machen die Pflanzen ungenießbar oder toxisch für bestimmte Tiere.
2. Attractantien; sie locken, wie z. B. die Duft- und Farbstoffe der pflanzlichen Blüten, Tiere an.
3. Phytoncide; sie wirken als Schutzstoffe gegenüber pathogenen oder parasitischen Bakterien und Pilzen.
4. Allelopathica; sie beeinflussen das Wachstum anderer Pflanzen.

Es ist mehrfach geäußert worden, daß von diesen ökologischen Eigenschaften sekundärer Pflanzenstoffe der Schutz gegen tierische Feinde die wichtigste ist. Es scheint dies jedoch eine zu einseitige Betrachtungsweise zu sein. So ist z. B. die Tollkirsche wegen ihres Gehaltes an Tropanalkaloiden für den Menschen stark giftig. Sie kann aber von einigen Tieren ohne Schaden gefressen werden, da diese in der Lage sind, die für die Giftigkeit verantwortlichen Alkaloide abzubauen. Auch Pflanzen, die "giftige" sekundäre Naturstoffe enthalten, besitzen somit tierische oder pflanzliche Feinde. Wäre das nicht so, so würden sie die nichttoxischen Pflanzen in kurzer Zeit verdrängen. Nur unter extremen Bedingungen, z. B. als Folge der Überbeweidung in Halbwüsten und im Hochgebirge, scheinen einige Pflanzen auf Grund der in ihnen enthaltenen Sekundärstoffe einen Selektionsvorteil zu genießen. Das gilt z. B. für den Germer, eine Alkaloidpflanze, sowie für einige Pflanzenarten mit widerlichen Geschmacksstoffen.

Die von Tieren gebildeten Sekundärstoffe haben ähnliche ökologische Eigenschaften wie die pflanzlichen. Es sind Substanzen bekannt, die der chemischen Kommunikation, z. B. der Anlockung der Geschlechtspartner dienen und eine größere Gruppe von Verbindungen, wie die Salamanderalkaloide, die Krötengifte und Stoffe unterschiedlicher Struktur aus Insekten, die zur Abwehr von Gegnern oder zum Angriff auf Beutetiere benutzt werden. Auch bietet eine Reihe dieser Verbindungen Schutz

gegenüber pathogenen Bakterien oder Pilzen.

Alle diese ökologischen Wirkungen sekundärer Naturstoffe haben für die Nachbarschaftsbeziehungen zwischen den Organismen, die sich in der Bildung charakteristischer Gesellschaften niederschlagen, eine wesentliche Bedeutung. In diesen Gesellschaften, z. B. den Wäldern, Wiesen, Weiden, Mooren usw. hemmen und fördern sich die verschiedenen Arten höherer Pflanzen, Mikroorganismen und Tiere wechselseitig. In charakteristischer Weise beeinflussen z. B. Bäume die unter ihnen wachsenden Pflanzen. Die chemischen Substanzen, die hierbei auf die benachbarten Lebewesen einwirken, werden entweder direkt ausgeschieden, wie z. B. eine Reihe flüchtiger, zu den Komponenten ätherischer Öle zählender Verbindungen. Oder sie werden z. B. durch den Regen ausgewaschen bzw. beim Absterben und einer nachfolgenden Zersetzung freigesetzt.

Zusammenfassend ist folgendes festzustellen:

1. Die sekundären Naturstoffe zeichnen sich gegenüber den am Grundstoffwechsel der Lebewesen beteiligten Substanzen durch die außerordentliche Vielfalt ihrer Strukturen und durch die nur geringe Verbreitung der Einzelverbindungen aus.
2. Die Biosynthese vieler sekundärer Naturstoffe bringt den sie bildenden Organismen keinen erkennbaren Nutzen. In bestimmten Fällen kann der Sekundärstoffwechsel jedoch als Entgiftungsprozeß von Bedeutung sein, durch den sich störend anhäufende Verbindungen aus den lebensnotwendigen Bereichen des Stoffwechsels entfernt werden. Darüber hinaus ist eine Reihe sekundärer Naturstoffe für die zwischen den Lebewesen bestehenden ökologischen Beziehungen wichtig.

Ergänzung zum Inhaltsverzeichnis aus Heft 10 /13. Jahrgang

Titel		Verfasser	Heft	Seite
<u>Physik/Astronomie</u>				
•Die Laser und ihre Anwendungen	I	Walther	1	11
	II	"	2	3
	III	"	3	3
•Kurzzeituntersuchungen an Halbleitern	I	Staupendahl	4	3
	II		5	3
	III		6	3
•Die physikalischen Grundlagen der Supraleitung	I	Seidel	7	19
	II	"	8	3
	III	"	10	3
•20 Jahre Karl-Schwarzschild-Observatorium Tautenburg	I	Luthardt	1	5
	II	"	2	12
•Tunguska 1908	I	Grunwaldt	3	16
	II	"	4	24
•Venus- Planet der Rätsel	I	Grunwaldt	8	10
	II		9	21
<u>Chemie</u>				
•Das Experiment - Zauberei mit Chemie			1	17
•Anwendung radioaktiver Isotope in der Chemie	I	Michaelis	2	9
	II	Hüller	3	14
•Plasmachemie - ein neues Forschungsgebiet		Lauterbach	4	12

•Johann-Wolfgang Döbereiner - Jenas klangvollster Name in der Chemie	I II	Colditz "	5 6	9 12
•Pheromone - chemische Signale im Tierreich	I II III	Renner " "	7 8 9	9 17 17
•Ozon - eine energiereiche Form des Sauerstoffs		Colditz	10	8

Biologie

•Wissenschaftliche Vogel- beringung		Peter	1	23
•Wissenswertes über einheimische Amphibien und Reptilien		Mach	2	21
•Kultivierung von Speisepilzen		Voigt	3	9
•Klonen im Reagensglas		Bauerstein	3	21
•Kinetik und Physiologie des mikrobiellen Wachstums	I II III	Bauerstein	4 5 7	17 23 13
•Wie leben Mikroorganismen? Das Leben an seinen Grenzen	I II	Schluttig "	6 7	15 25
•Kakteen		Jahn	9	10
•Was ist Sekundärstoffwechsel?		Luckner	10	11

Übergreifende Artikel Physik-Mathematik-Medizin

• Zur systematischen Gewinnung von Diagnose-Resultaten in der Medizin	I II III IV	Schubert " " "	7 8 9 10	3 22 3 19
•Iteration		Pohle	5	13

Dokumentation

• Internationale Zusammenarbeit bei der Lösung globaler Probleme	da Costa	1	27
• Perspektiven der Energiewirtschaft	Schröder	3	26
• Rede von Prof. Franz Bolck, Rektor der Friedrich-Schiller-Universität Jena, auf der V.Hochschulkonferenz		5	27
• Das Berolina-Experiment UdSSR - DDR	Fischer	6	21
• Was ist ein Industrieroboter?	Jähmig	8	28
• Was kann ein Industrieroboter?	"	9	28
• Wie kann Leben entstanden sein?		10	28

Interviews

• GR 9 - ein erstes Resümee	Schmutzer	2	27
• Medizinische Mikrobiologie	Köhler	5	19
• UPS 1980	Wilhelmi	6	27

Wissenswertes und Sonstiges

• Johannes Kepler (1571 - 1630)	Meinel	3	23
• Das Zeiss-Planetarium	Meinel	4	8
• Das Votum der Dögen		1	21
• Mosaik		3 7	8 24
• Büchermarkt	König	5	8

Im Teil 3 hatten wir die Diskussion des Falles mit genauen Wahrscheinlichkeitswerten abgeschlossen. Mit Abschnitt 4. werden wir uns dem allgemeineren Fall unscharfer Wahrscheinlichkeitswerte zuwenden.

4. Wahrscheinlichkeits-Konzeption mit unscharfen Wahrscheinlichkeitswerten innerhalb von Konfidenzbereichen

Untersuchungsmaterial für die medizinische Diagnose stellt sich in seiner ursprünglichen, unaufbereiteten Form allgemein als Stichprobenergebnis von endlichem Umfang N dar, d.h. es werden die Untersuchungsergebnisse bei einer endlichen Anzahl N von Probanden angegeben. Wir wollen das allgemeine Problem an einem konkreten Beispiel veranschaulichen. Von K.-H. DAUTE (Thesis B, 1973, FSU Jena) wurde Material über Kinder vorgelegt, bei denen tonisch-klonische Anfälle festgestellt worden waren; siehe Abb. 4. Von $N=635$ Probanden wurden das Initial-EEG (Elektroenzephalogramm zu Beginn der Untersuchung) sowie der (etwa nach sechs Jahren festgestellte) Krankheitsausgang bezüglich Epilepsie bestimmt.

Es wird zwischen zehn Ereignissen $A(a_i, b_j)$ unterschieden, die durch die Merkmale $a_1 \dots a_5$ des Initial-EEG's und die Merkmale b_1, b_2 des Krankheitsausgangs charakterisiert sind. Man sagt, ein Ereignis A hängt von den statistischen Variablen a und b ab, die jeweils mehrere, sich gegenseitig ausschließende Merkmale annehmen können. Bspsw. bedeutet das Ereignis $A(a_3, b_1)$: pathologisches EEG, nichtepileptischer Krankheitsausgang. Das empirisch ermittelte Stichprobenergebnis ist in dem schraffierten Kasten angegeben: Die ganzen Zahlen weisen aus, wie oft das Ereignis $A(a_i, b_j)$ beobachtet wurde, wir bezeichnen diese Zahlen mit $N(a_i, b_j)$; die Dezimalzahlen sind die entsprechenden relativen Häufigkeiten $r(a_i, b_j) = N(a_i, b_j) / N$.

		Krankheitsausgang					$r(a_i)$ $r(b_j)$
		a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	
	b_2 epilept.	0,3637 0,0913 58	0,2079 0,0803 51	0,1811 0,0835 53	0,0788 0,0520 33	0,1685 0,1323 84	0,4394
	b_1 nicht epilept.	0,2724 173	0,1276 81	0,0976 62	0,0268 17	0,0362 23	0,5606
		a_1 normal	a_2 quasi-normal	a_3 pathol.	a_4 stärker pathol.	a_5 spezif. pathol.	Initial-EEG

Abb. 4

Um für die Diagnose relevante Aussagen machen zu können, muß der Arzt möglichst genaue Wahrscheinlichkeitswerte $w(a_i, b_j)$ über das Eintreten des Ereignisses $A(a_i, b_j)$ in der Grundgesamtheit aller Patienten (eine sehr große Anzahl, in der Idee unendlich viele) besitzen. Mit der endlichen Zahl $N=635$ Probanden lassen sich aber im Prinzip keine exakt genauen Wahrscheinlichkeitswerte $w(a_i, b_j)$ aus dem ermittelten Stichprobenergebnis gewinnen. Jedoch läßt sich, wenn gewisse Bedingungen erfüllt sind, eine brauchbare Information über die Grundgesamtheit durch Anwendung von Prüfverfahren für Hypothesen ermitteln. Es ist einzuräumen, daß die Grundvorstellungen des Prüfens von Hypothesen auf solche Leser etwas befremdlich wirken können, die sich bisher ausschließlich mit mathematischen Disziplinen (wie Algebra, analytische Geometrie u.ä.) beschäftigt haben, in denen nur vollkommen sichere Aussagen vorkommen; dagegen werden nämlich beim Prüfen von Hypothesen Aussagen verwendet, die mit bestimmten Irrtumswahrscheinlichkeiten behaftet sind. Diese Erweiterung über das Gewohnte hinaus verdient zum einen natürlich prinzipielles Interesse und kann zum anderen Denkanstöße zum Verständnis von wichtigen Problemen der Technik, Physik, Biologie u.a. geben; wir werden die Grundzüge an einem einfachen Beispiel in Abschnitt 4.1. skizzieren.

4.1. Grundzüge des Prüfens von Hypothesen

Als Grundgesamtheit betrachten wir ein großes (in der Idee unendlich ausgedehntes) Mohnfeld mit roten und weißen Blüten. Es soll bestimmt werden, wie groß die Wahrscheinlichkeiten $w(ro)$ und $w(we)$ für das Auftreten roter und weißer Blüten in der Grundgesamtheit sind. Da eine dritte Farbe laut Voraussetzung ausgeschlossen ist, gilt auf jeden Fall $w(ro) = 1 - w(we)$. Bei $N=20$ Blüten werde stichprobenartig die Farbe geprüft, es mögen sich die Beobachtungsergebnisse $N(ro)=13$ und $N(we)=7$ ergeben. Es sind also rote und weiße Blüten vorhanden, $w(ro)$ kann also weder Null noch Eins sein; ohne eine weitere Analyse des Stichprobenergebnisses erhält man folglich die Aussage, daß $w(ro)$ im Intervall $0 < w(ro) < 1$ liegt. Diese Aussage ist zwar absolut richtig (in der "Sprache der Statistik": Diese Aussage besitzt die Irrtumswahrscheinlichkeit $P=0$), liefert jedoch wegen der großen Intervallbreite praktisch keine echt ausnutzbare Information über die Farbverteilung in der Grundgesamtheit.

Es läßt sich aber zeigen, daß man eine ausnutzbare Information erhalten kann, wenn man eine gewisse Irrtumswahrscheinlichkeit P größer Null in Kauf nimmt. Wir wollen jetzt diskutieren, wie man dieses Konzept quantitativ formulieren kann. Wir stellen zunächst die Hypothese auf, es sei $w(ro) = 0,42$ (dieser Zahlenwert ist willkürlich gewählt). Unter dieser Voraussetzung für $w(ro)$ läßt sich mit dem Gesetz der Statistik der Serien von N unabhängigen Versuchen die Wahrscheinlichkeit W berechnen, daß bei der Stichprobe 0 oder 1 oder ...20, allgemein $n(ro)$ rote Blüten ermittelt werden; W hängt neben $n(ro)$ auch von $w(ro)$ und N als Parameter ab. (Für daran Interessierte sei angemerkt, daß W im vorliegenden Fall durch die Binomialverteilung

$$W[n(ro); w(ro), N] = \binom{N}{n(ro)} w(ro)^{n(ro)} [1-w(ro)]^{N-n(ro)} \quad (19)$$

wiedergegeben wird.) Die Wahrscheinlichkeit W ist für $w(ro)=0,42$ und $N=20$ in Abb. 5 aufgezeichnet. Das Maximum von etwa 18 % liegt bei $n(ro)=8$. Das tatsächlich beobachtete Ergebnis $N(ro)=13$ ist demgegenüber nur mit der relativ kleinen Wahrscheinlichkeit von 2,2 % behaftet; man ist deshalb geneigt, die Hypothese $w(ro)=0,42$ als im Widerspruch mit der Beobachtung zu sehen. Zur logisch voll befriedigenden Bewertung von Hypothesen

ist nicht nur das beobachtete Ergebnis zu betrachten, es müssen zusammenfassend alle Werte $n(r_0)$ betrachtet werden, die eine gleichgroße oder kleinere Wahrscheinlichkeit W als das beobachtete Ergebnis haben (das ist das schraffierte Gebiet in Abb. 5). Ist diese Summenwahrscheinlichkeit $V[N(r_0); w(r_0); N]$ des schraffierten Gebietes kleiner oder gleich der Irrtumswahrscheinlichkeit P , so ist die Hypothese $w(r_0)$ zu verwerfen.

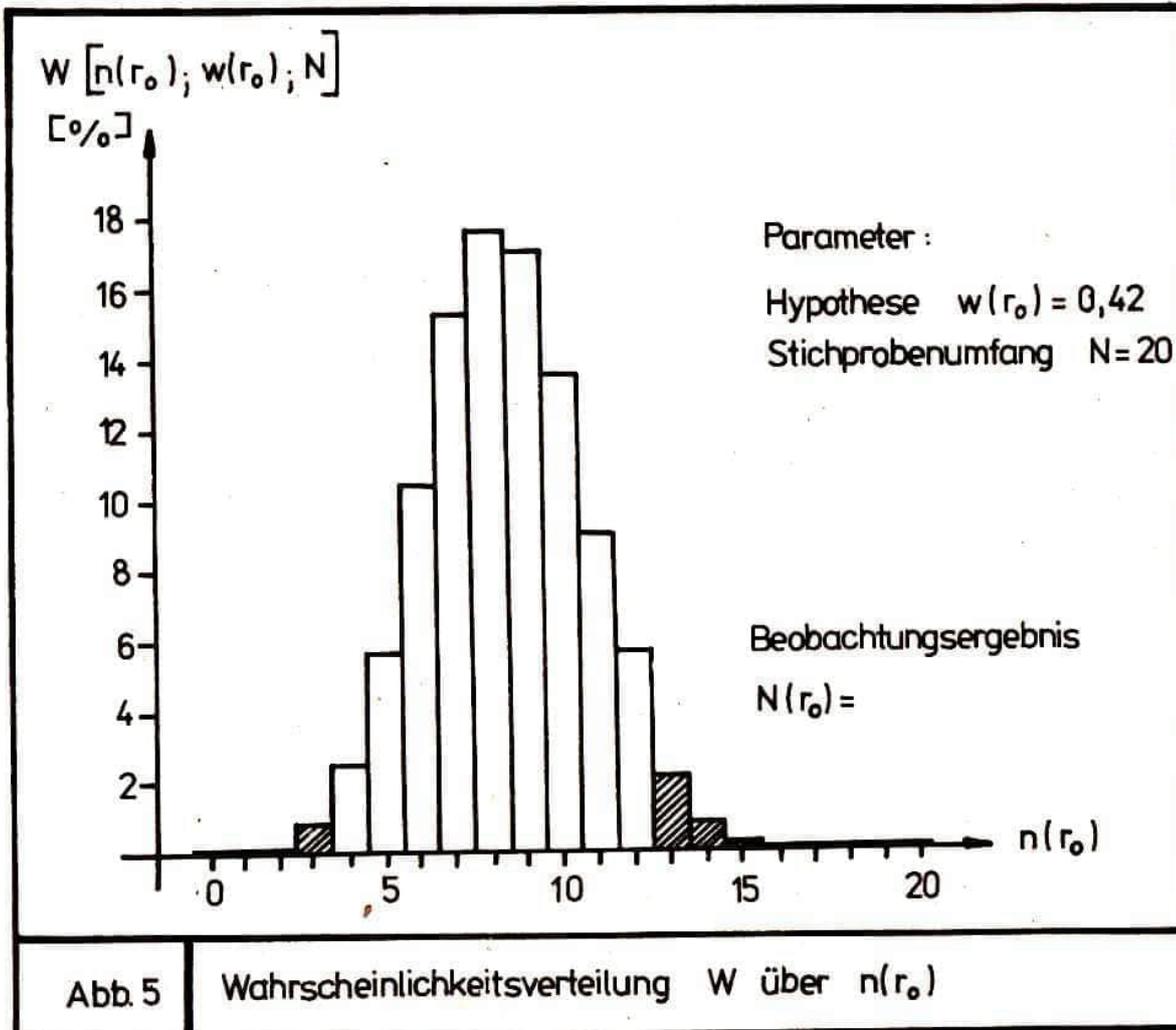


Abb. 5 Wahrscheinlichkeitsverteilung W über $n(r_0)$

Die Wahl von P (man nimmt einen Zahlenwert $\ll 1$, etwa 5 %, 1 %, 0,1 %) wird entsprechend der für das Spezialgebiet gebräuchlichen Konvention vorgenommen, wobei die hinreichende wissenschaftliche Sicherung der Aussagen zu gewährleisten ist. Die Irrtumswahrscheinlichkeit P ist die Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine richtige Hypothese verworfen wird (das ist das sogenannte Risiko erster Art des Verfahrens). Wenn für die Summenwahrscheinlichkeit

$$V [N(r_0); w(r_0); N] > P \quad (20)$$

gilt, muß die Gegenhypothese richtig sein: Die Hypothese $w(\text{ro})$ ist dann nicht zu verwerfen, sie ist, wie man sagt, anzunehmen. Man nennt deshalb die Gesamtheit der $w(\text{ro})$ -Werte, für die (20) gilt, den Annahme- oder Konfidenzbereich.

Die numerische Rechnung ergibt beim vorliegenden Beispiel für $P = 5\%$ das Konfidenzintervall $0,423 < w(\text{ro}) < 0,829$; es hat eine Breite von $0,406$; seine Mitte liegt nahe bei $0,65$, also der "vermessenen" relativen Häufigkeit $N(\text{ro})/N$. Inhaltlich bedeutet das: Es liegt jetzt zwar gegenüber dem Fall $P=0$ eine verbesserte Information über die Farbverteilung der Grundgesamtheit vor, doch ist diese eben mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% behaftet. Allgemein gilt: Wenn bei gegebenem P der Stichprobenumfang N wächst, so wird das Konfidenzintervall immer kleiner und zieht sich schließlich für $N \rightarrow \infty$ bei $w(\text{ro}) = N(\text{ro})/N$ auf einen Punkt zusammen.

Bei dem Mohnblüten-Beispiel gibt es wegen $w(\text{ro})=1 - w(\text{we})$ nur eine unabhängig wählbare Wahrscheinlichkeit. Die dabei dargestellten Aspekte des Prüfens von Hypothesen lassen sich prinzipiell auch auf Fälle höherer Dimension übertragen. Im Beispiel der Abb. 4 haben wir $M=10$ Ereignisse A_m mit $1 \leq m \leq M$, wozu 10 Wahrscheinlichkeiten w_m gehören. Da die Summe der Wahrscheinlichkeiten stets Eins sein muß,

$$\sum_{m=1}^M w_m = 1, \quad (21)$$

gibt es 9 unabhängige Wahrscheinlichkeiten. Der Konfidenzbereich ist in diesem Fall ein 9 dimensionaler Unterraum im 10 dimensionalen w -Raum. Bei der Anwendung auf reale Probleme - wie bspw. die medizinische Diagnose - müssen über das einfache Beispiel mit den Mohnblüten hinausgehend noch eine Reihe weiterer Aspekte berücksichtigt werden. Auf der Basis der Prinzipien zum Prüfen von Hypothesen wurde ein Verfahren ausgearbeitet [M.SCHUBERT; Wiss. Zeitschrift d. Univ. Jena, 1973, 22 (391) und Forschungsergebnisse d. Univ. Jena, 1980, N/18], das auf die maximale Gesamtinformation über die Grundgesamtheit bei mehrdimensionalen Problemen abzielt und gängige Prüfverfahren über spezielle Einsichten (Gewinnung bestimmter statistischer Maßzahlen - wie den Mittelwert und Korrelationskoeffizienten) als Spezialfälle enthält; in dem Verfahren werden insbesondere die Probleme des Einflusses von Nebenbedingungen, der pro-

blemangepaßten Zielgrößen und der praktischen Rechenbarkeit berücksichtigt. Wir werden die Ausnutzung der Aspekte des Prüfens von Hypothesen für medizinische Diagnoseaufgaben - natürlich nur ganz übersichtsweise - in Abschnitt 4.2. beschreiben.

4.2. Anwendung auf die medizinische Diagnose

Neben der stets gültigen Nebenbedingung (21) kann die Einführung zusätzlicher Nebenbedingungen von Wichtigkeit sein. Das gilt insbesondere für den Fall zusätzlicher linearer Beziehungen der Form

$$N \sum_{//m//} w_m = \sum_{//m//} N_m \quad (22)$$

zwischen den w_m , wobei das Symbol $//m//$ eine bestimmte Auswahl aus den m -Werten bedeuten soll; N_m gibt an, wie oft das Ereignis A_m in der Stichprobe beobachtet wurde. Im allgemeinen können $S-1$ Nebenbedingungen dieses Types (mit $1 \leq S \leq M$) zur Beziehung (21) hinzukommen, so daß dann $M-S$ unabhängige Wahrscheinlichkeiten vorliegen. Die zu betrachtenden Hypothesen $\{w_m\}$ sollen mit all diesen Nebenbedingungen verträglich sein. Der Konfidenzbereich im w -Raum hängt von der Anzahl N der Probanden und der Irrtumswahrscheinlichkeit P ab; mit wachsenden N und P engt sich der Konfidenzbereich ein, die Wahrscheinlichkeiten werden "schärfer". Dasselbe gilt auch, wenn die Zahl $S-1$ der zusätzlichen Nebenbedingungen wächst. Bei gängigen Prüfverfahren manifestieren sich solche Nebenbedingungen häufig im "Festhalten der Randzahlen". Für das Beispiel der Abb. 4 heißt das, daß die Wahrscheinlichkeiten $w(a_i) = w(a_i, b_1) + w(a_i, b_2)$ und $w(b_j) = w(a_1, b_j) + w(a_2, b_j) + \dots + w(a_5, b_j)$ mit den am Rande (!) befindlichen, konstanten Zahlen $r(a_i)$ und $r(b_j)$ (die sich als Summen der einzelnen relativen Häufigkeiten ergeben) identifiziert werden, also "festgehalten" werden. Im Prinzip sind mit den Zahlen $w(a_i, b_j)$ auch die Zahlen $w(a_i)$ und $w(b_j)$ unscharf, wenn man sich allein auf das empirisch ermittelte Stichprobenergebnis bezieht; durch das Festhalten der Randzahlen kommt es - wenn keine zusätzlichen statistischen Untersuchungen durchgeführt werden - zu einer im Prinzip nicht begründbaren Einengung des Konfidenzbereiches. Die Wahrscheinlichkeiten $w(a_i)$ und $w(b_j)$ entsprechen den totalen Wahrscheinlichkeiten $w(S_b)$ für Symptome und $w(K_a)$ für Krankheiten, die wir bereits

im Abschnitt 3. eingeführt hatten. Das dort besprochene inhaltliche Problem bezüglich der Wahrscheinlichkeit $w(K_{a_i})$, das mit den schwierig zu erfassenden äußeren Einflüssen auf das Diagnoseresultat zusammenhing, findet sich also hier in Verbindung mit den anzusetzenden Nebenbedingungen wieder; die für $w(K_{a_i})$ in Abschnitt 3.2. genannten Probleme gelten in mindestens ebenso starkem Maße auch für $w(S_p)$.

Im allgemeinen wird bei der medizinischen Diagnose nicht nach den Wahrscheinlichkeitsgrößen w_m gefragt, sondern nach problemangepaßten, aussagekräftigeren Zielgrößen H; diese hängen von den w_m ab. Bei dem angegebenen Beispiel der Abb. 4 sind solche Zielgrößen einmal die bedingten Wahrscheinlichkeiten

$$w(b_j | a_i) = w(a_i, b_j) / w(a_i); \quad (23)$$

sie entsprechen den Wahrscheinlichkeiten $w(K|S)$ für eine Krankheit bei gegebenen Symptom(en). Zum anderen sind es die totalen Wahrscheinlichkeiten

$$w(a_i) = \sum_j w(a_i, b_j), \quad w(b_j) = \sum_i w(a_i, b_j), \quad (24)$$

die den totalen Wahrscheinlichkeiten $w(S)$ und $w(K)$ entsprechen; weiterhin gibt es w_m -abhängige Korrelationsgrößen, die zur Prüfung der Unabhängigkeit bestimmter Merkmale herangezogen werden. Aus der Bestimmung des Konfidenzbereiches für die w_m folgen die Grenzen H^- und H^+ der Konfidenzintervalle für die Zielfunktionen H.

In Abb. 6 sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $P=5\%$ die aus dem Material der Abb. 4 mit bestimmten Nebenbedingungen berechneten Wahrscheinlichkeiten $w(b_2 | a_i)$ angegeben; sie entsprechen den Wahrscheinlichkeiten $w(K_{Epi} | S)$, daß Epilepsie nach etwa 5...6 Jahren bei einem bestimmten Initial-Symptom S konstatiert wird. Man erkennt, daß sich die Lage der Konfidenzintervalle mit zunehmender Abweichung vom normalen EEG immer weiter in Richtung zu erwartender Epilepsie verschiebt. Die Signifikanz (Aussagekraft) hängt mit der Breite der Konfidenzintervalle zusammen; daß hier Wahrscheinlichkeitswerte in einem Unschärfbereich auftreten, ist objektiv durch den endlichen Stichprobenumfang N bedingt.

Das dargestellte Schema zur Bestimmung der $w(a_i, b_j)$ läßt sich ohne Abänderung auf die Behandlung von Problemen übertragen, bei denen Ereignisse $A(a_i, b_j, c_k, \dots)$ von mehr als zwei statistischen Variablen abhängen (was ebenfalls bei der Lösung von Diagnoseproblemen zur Epilepsie durchgeführt wurde).

Die zu leistende Rechenarbeit ist im allgemeinen sehr groß. Eine gewisse rechnerische Vereinfachung ist gerechtfertigt, wenn $N_m \gg 1$ gilt. Doch ist auch dann die Bestimmung der Extremwerte H^- und H^+ der Zielgrößen bei nichttrivialen Beispielen nur mit dem Computer möglich.

5. Zusammenfassende Bemerkungen

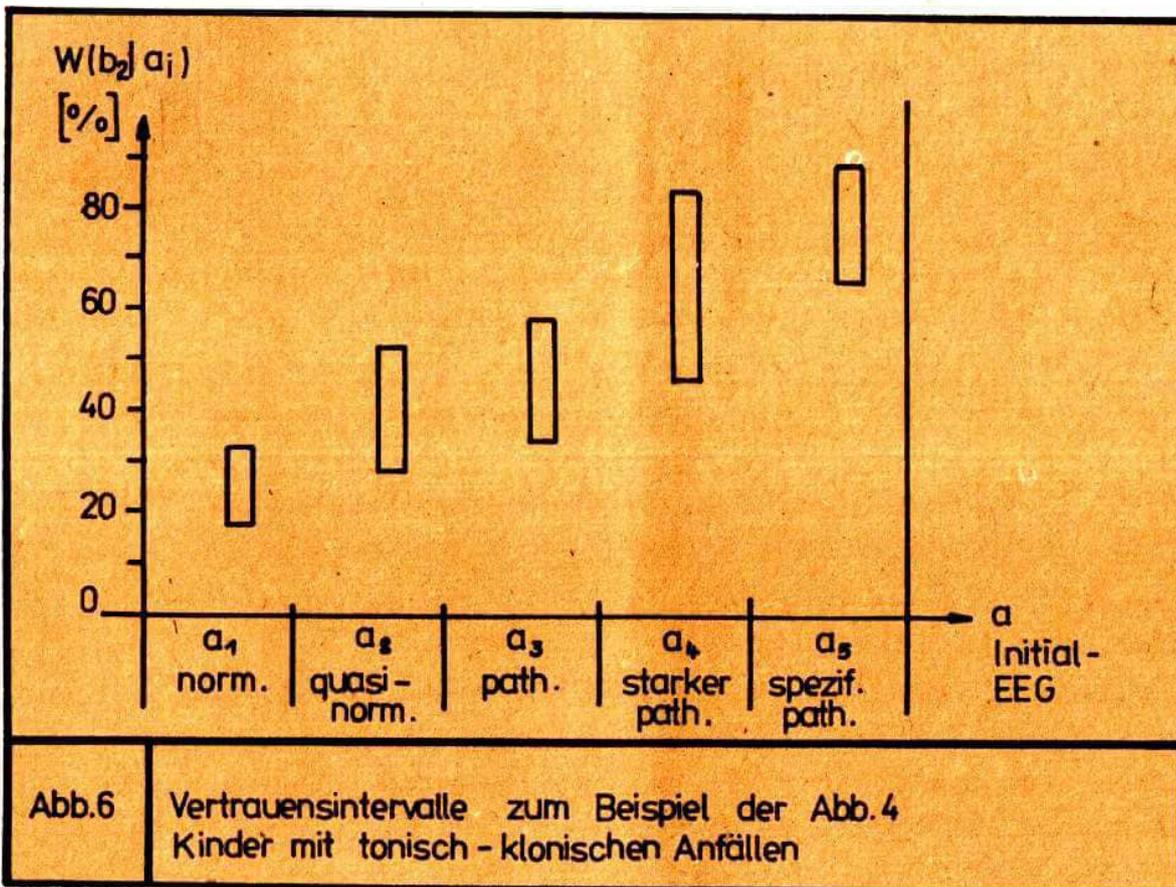
Aus dem Dargestellten ist ersichtlich, daß man mittels des in Abschnitt 4 angegebenen Verfahrens prüfen kann, inwieweit die Voraussetzungen für die Konzeption mit quasischarfen Wahrscheinlichkeitswerten (Abschnitt 3.) gelten. Mit diesen Resultaten kann wiederum überprüft werden, inwieweit die Grundvoraussetzungen der Aussagenlogik-Konzeption (Abschnitt 2.) gelten. In diesem Sinn besteht ein innerer Zusammenhang zwischen den drei Konzeptionen. Die Konzeption mit unscharfen Wahrscheinlichkeitswerten ist vor allem "an der Front der medizinischen Diagnose" wichtig, wo ja zunächst noch nicht genügend Erfahrungen vorliegen.

Die Grundlagen der angegebenen Verfahren sind hinreichend umfassend, um auch auf andersartige Diagnoseprobleme angewendet zu werden; bspw. sollten mit einem Modell zeitlich einlaufender Elementarnachrichten (im Sinne der Informationstheorie) Probleme behandelt werden können, bei denen die zeitliche Folge veränderlicher Symptome für die Einschätzung des Krankheitsbildes wichtig ist (bspw. laufende EEG-Aufnahmen bei Unfallpatienten oder beeinträchtigten Neugeborenen).

Die in den Abschnitten 2., 3. und 4. geschilderten Konzeptionen der medizinischen Diagnose gestatten es, Schlußfolgerungen über die Krankheit oder über den Krankheitskomplex aus systematisch analysierbarem Material zu ziehen. Daneben gibt es eine (bei den einzelnen medizinischen Fachgebieten mehr oder weniger ausgeprägte) Diagnosekomponente, die auf imponderablen (intangiblen) Einschätzungen beruht. Dazu gehören etwa Feststellungen über das Erscheinungsbild und die Stabilität des Patienten sowie die Wertung seiner subjektiven Beschwerden. Man

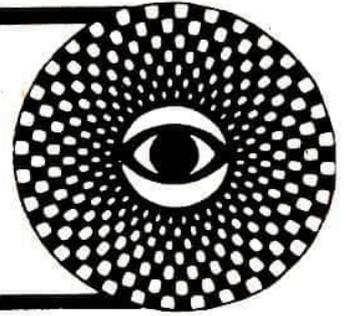
kann überprüfen, inwieweit die im allgemeinen detaillierteren Resultate der systematischen Analyse mit den im allgemeinen mehr ganzheitlichen imponderablen Einschätzungen zusammenpassen. Aus dem Ergebnis dieser Überprüfung lassen sich gegebenenfalls Schlußfolgerungen für weitere Testungen ziehen. Außerdem läßt sich auf diese Weise bewußt machen, welche imponderablen Diagnoseelemente am Ende in der Gesamtdiagnose enthalten sind.

Die Resultate der Abschnitte 2, 3 und 4 können bei bestimmten Problemen auch für eine Verkopplung der Kombination Symptom-Krankheit mit der Kombination Krankheit-Therapie benutzt werden, um eine quantitative Gesamtbetrachtung und Optimierung der Krankheits-Prognose herbeizuführen.



Als Physiker hatte ich fachspezifische medizinische Auskünfte benötigt; sie wurden mir von den Kollegen Prof. Dr. K.-H. Daute und Prof. Dr. G. Waldmann vom Bereich Medizin der Universität Jena zuteil, denen ich dafür vielmals danken möchte.

DOKUMENTATION für den naturwissenschaftlichen und Staatsbürgerkunde-Unterricht



Wie kann Leben entstanden sein?

K. Fuchs-Kittowski, H. A. Rosenthal

Frühere Theorien der Entstehung des Lebens auf der Erde haben entweder die Qualität "Information" und daher auch das Problem ihrer Beteiligung an diesem Prozeß ungenügend bzw. gar nicht gesehen oder sie in einem idealistischen Sinn, etwa als "vorgegebenen Bauplan" oder "Materie gewordene Idee", betrachtet.

Eine naturwissenschaftliche qualitative und quantitative Analyse der Nukleinsäure-Eiweiß-Wechselwirkungen, die eine Voraussetzung für die Entstehung des Lebens gewesen sein und schließlich hervorgebracht haben dürften, ist besonders geeignet, die objektive Dialektik der Natur darzutun und auch für dieses - für unser aller Existenz grundlegende, bisher aber in tiefstes Dunkel gehüllte - evolutionäre Ereignis die Beziehung von Zufall und Notwendigkeit aufzudecken.

Diesen Entwicklungsprozeß kann man sich etwa folgendermaßen vorstellen:

Sicherlich darf man davon ausgehen, daß in der wässerigen Phase eines Urozeans zunächst ohne die Mitwirkung von Eiweißkatalysatoren Nukleotide entstanden sind. Ihre Entstehung auf nicht enzymatischem Weg ist genauso problematisch oder unproblematisch wie die anderer organischer Verbindungen.

Ähnlich wie von den Polypeptiden bekannt, können sich Nukleinsäure-Fäden, die aus Vielfachen dieser Bausteine zusammengesetzt sind, ebenfalls ohne Eiweißkatalysatoren im Urozean gebildet haben. Damit schließlich sind Moleküle vorhanden, die als instruktive "templates" für die Bildung komplementärer Doppelstränge fungieren können, wobei sich Wasserstoffbrücken-

bindungen zwischen sterisch komplementären chemischen Körpern bilden.

In diesem Stadium der Entwicklung kann sich die frappierende Stabilität der Nukleinsäurestruktur wohl kaum - wie uns gewohnt - in ihrer Vermehrungsfähigkeit, sondern wohl in erster Linie in der Wahrscheinlichkeit ihres Zustandekommens manifestiert haben.

Offenbar war jedoch im Urozean genügend Gelegenheit zur Bildung von einsträngigen und doppelsträngigen Nukleinsäuremolekülen gegeben. Wegen deren sauren Charakters dürften sich vorhandene - zunächst ebenfalls entstandene - basische Polypeptide an sich angelagert und sie so stabilisiert haben. Wir möchten betonen, daß der Begriff "genetische Information" im heute gebrauchten Sinn auf diese Gebilde noch nicht oder höchstens sehr eingeschränkt angewendet werden kann, weil eine Bedeutung für ein System noch fehlt. Information kann nämlich nur als Einheit von Träger, Struktur und Bedeutung verstanden werden. Genetische Information ist funktionell zu verstehen: Die Nukleinsäure enthält die Vorschrift sowohl für ihre eigene identische Replikation als auch für die Eiweißsynthese. Sobald der komplementäre Nukleinsäure-Doppelstrang-Faden entstanden war, war Replikation möglich, aber die Beziehung zur Eiweißsynthese fehlte zunächst noch. Trotzdem war der selbstinstruktive, autokatalytische, komplementäre Nukleinsäure-Doppelstrang (in Wechselwirkung mit Eiweißen), der eine hohe Replikationsrate aufwies, ein erster Höhepunkt dieser Entwicklung.

Es ist außerordentlich schwierig zu verstehen, wie die Vorschrift für die Eiweißsynthese sich herausgebildet haben mag. Aber sicherlich geht man nicht fehl in der Annahme, daß gerade die Synthese derjenigen Proteine zuerst codiert wurde, die schon mit den Nukleinsäuren in ununterbrochener Wechselwirkung existierten. Über lange Zeit hinweg war das Erkennen und Binden bestimmter Nukleotidsequenzen durch bestimmte Aminosäuresequenzen ein bloßes "Spiel im großen Experimentierfeld der Natur".

In diesem "Spiel" dürften sich allmählich die bekannten hochspezialisierten Erkennungsleistungen herausgebildet haben:

Nukleinsäurepolymerasen erkennen Anfang und Ende der zu kopierenden Nukleinsäurestrecke an Hand spezifischer Nukleotidsequenzen. Repressoren erkennen ebenfalls spezifische Nukleotidsequenzen. Ribosomale Proteine gehen mit der ribosomalen RNS besonders strukturierte Wechselwirkungen ein, und die dabei geschaffenen Gebilde ermöglichen die Proteinsynthese. Die Synthese spezifisch wechselwirkender Proteine unmittelbar an stabilen Nukleotidsequenzen war also ein weiterer Höhepunkt der präbiotischen Evolution: der Schritt, das System als Information für die Proteinsynthese zu nutzen. Dies ist die eigentliche Geburtsstunde der genetischen Information, da jetzt die Nukleotidsequenz ein Eiweiß hervorbringt. Die räumliche Trennung zwischen der DNS und dem Proteinsyntheseapparat, wie sie uns heute begegnet, ist wahrscheinlich später entstanden.

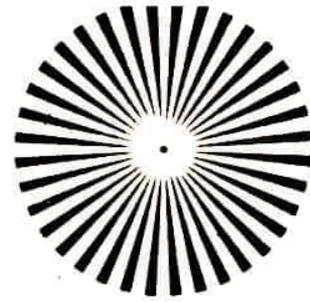
Aus "Wissenschaft und Fortschritt", 22, 308 - 313 (1972)



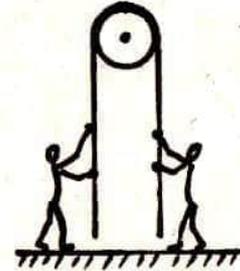
Bergbau im antiken Griechenland

Unsere Aufgabe

59



Zwei Jungen versuchen, jeder an einem Ende eines Seiles, das über eine feste Rolle geführt ist, hinaufzuklettern. Was passiert, wenn beide Jungen gleich schwer sind, und was, wenn sie unterschiedliches Gewicht haben? Welche Rolle spielt die Körperkraft der beiden Jungen?



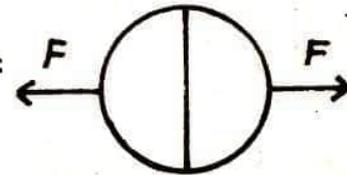
Senden Sie die Lösung der Aufgabe an uns ein (mit Angabe von Namen, Alter und Anschrift). Die besten Lösungen werden prämiert und veröffentlicht.

Lösung der Aufgabe 51 aus heft 2/14.jg.

Aufgabe:

Im Jahre 1654 führte Otto von Guericke in Magdeburg seinen berühmten Versuch zur Bestätigung der Existenz des Luftdruckes durch: Zwei hohle, luftdicht aufeinander passende Halbkugeln ("Magdeburger Halbkugeln") wurden luftleer gepumpt. Danach reichte selbst die Zugkraft mehrerer Pferde nicht aus, die Halbkugeln auseinanderzuziehen.

Man berechne die Kraft F , die nötig ist, um die luftleer gepumpten Halbkugeln auseinanderzuziehen in Abhängigkeit vom Luftdruck p und vom Radius R der Halbkugeln!

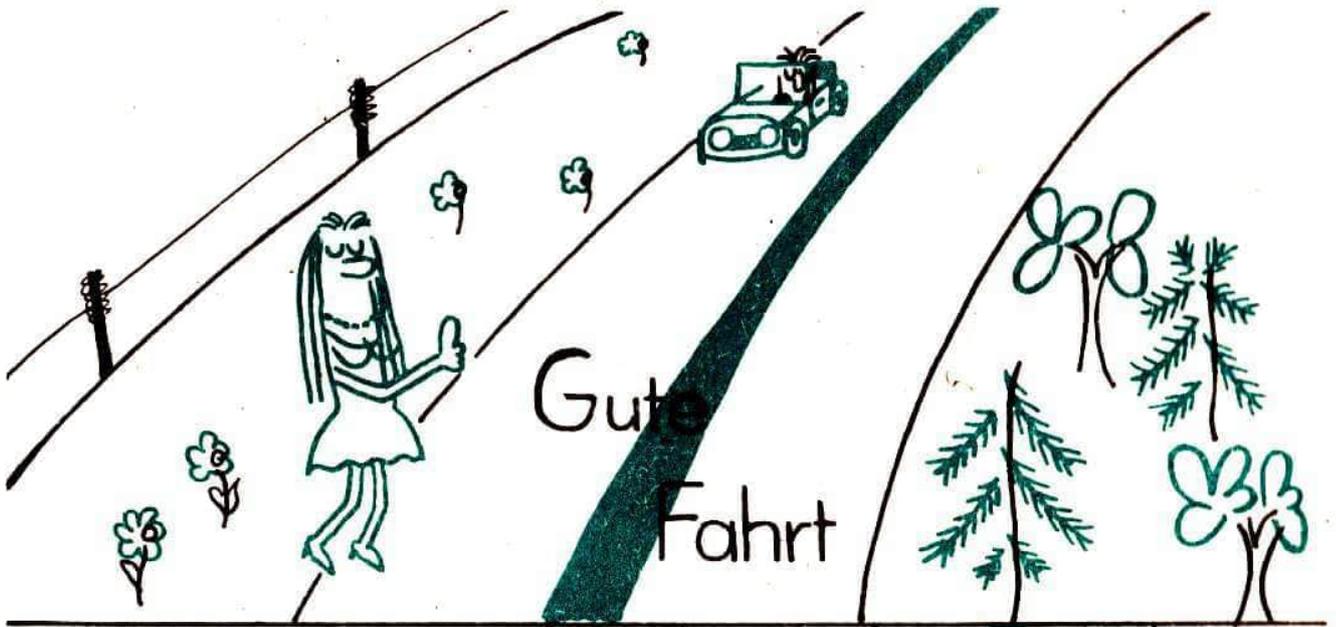


Lösung:

Wir haben zwar eine Vielzahl von Einsendungen zu dieser Aufgabe erhalten, leider jedoch keine richtige.

Die gesuchte Kraft ist gleich dem Luftdruck multipliziert mit der Projektion der Halbkugeloberfläche auf eine zur Zugkraft senkrechte Ebene. Diese Projektion ist gleich der Kreisfläche $\pi \cdot R^2$. $\rightarrow F = p \pi R^2$

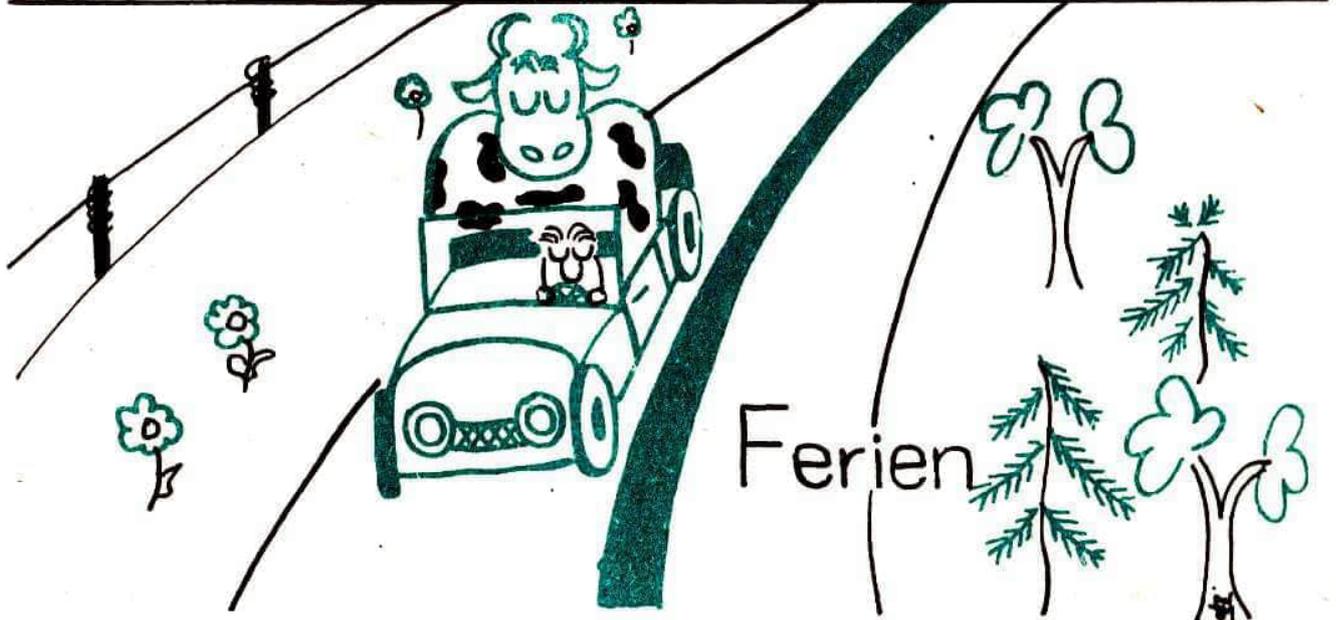
Die meisten Leser rechneten fälschlich mit der gesamten Kugeloberfläche. Dahinter stecken zwei Fehler: 1. ein Faktor 2 zuviel, 2. Nichtbeachtung der notwendigen Projektion. Sie erhielten dadurch eine um den Faktor 4 zu große Kraft.



Gute
Fahrt



in die



Ferien