

68

Impuls

Schülerzeitschrift für

PHYSIK · CHEMIE · BIOLOGIE

1/85 INDEX 322004 ISSN 0232-9220 PREIS 60 Pf. 19. Jg.

Brillouin-
spektroskopie



Regiert
das Chaos
die Welt?



Mikrobielle
Hoch-
leistungs-
stämme



Büchermarkt



Heilpflanzen
und ihre
Kräfte



Titelbild:
Blüte
des Hibiskus
(chinesischer
Roseneibisch)

Repro: S. W.

Die Bildentstehung im Mikroskop

– Teil 1 –
von J. Tappert



Carsten Kruse	Über ein aussichtsreiches Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung – Brillouinspektroskopie (Teil 1)	PHY	3
Martina Winter	Heilpflanzen und ihre Kräfte (Teil 2)	BIO	12
Michael Kaschke	Regiert das Chaos die Welt? (Teil 2)	PHY	20
Igor Mierau	Mikrobielle Hochleistungsstämme (Teil 3)	BIO	30
Wolfgang König	Büchermarkt		40
Jochen Tappert	Die Bildentstehung im Mikroskop (Teil 1)	PHY	41

impuls 68 – SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

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

Die Zeitschrift erscheint im Eigenverlag der Redaktion „impuls 68“

Anschrift der Redaktion: 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1, Telefon 2 71 22/2 17

Veröffentlicht unter der Lizenznummer 1570 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Minister Rates der DDR.

Erscheinungsweise: zweimonatlich

Heftpreis: –,60 M

Bezugsmöglichkeiten: durch den Postzeitungsvertrieb

Satz und Rollenoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, AN (EDV) 13228

REDAKTION:

Chefredakteur: Dr. Bringfried Stecklum, stellv. Chefredakteur: Dipl.-Phys. Michael Kaschke

Redaktionsmitglieder: Dr. Rosemarie Hild, Dr. Roland Colditz, Dr. Jürgen Sauerstein, Dipl. Chem. Gabi Welsch, Elke Schönheinz, Silvia Butters, Antje Schlegel, Petra Richter, Stefan Winter, Peter Kroll, Alexander Niehardt

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

Gestaltung: Schlegel, Richter, Butters, Winter

Redaktionsschluß: 23. 11. 1984

1. Einleitung

Im Rahmen der wechselseitig durchdrungenen Entwicklung von Glas- und Nachrichtenindustrie kam es zur Entwicklung extrem verlustarmer Gläser.

Zur Einsatzeffektivierung ist es vor allem nötig, die Dämpfungskonstanten absolut bestimmen zu können. Ende der 60iger Jahre zeigte es sich, daß die Entwicklung eines solchen Meßverfahrens auf der Basis eines in den 20iger Jahren entdeckten Effektes möglich ist. Zum besseren Verständnis dieses Effektes soll zunächst eine Einführung in die Glastheorie und die Streutheorie gegeben werden.

2. Die Glasstruktur

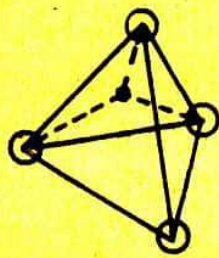
Als Glas sieht man ein Material an, daß aus seiner Schmelze, ohne zu kristallisieren, in einen Zustand fester Konsistenz übergegangen ist ("Unterkühlte Schmelze"). Eine notwendige, jedoch nicht hinreichende Bedingung für die Glasbildung ist eine hochviskose (extrem zähe) Schmelze. Gläser besitzen keine feste Schmelztemperatur und sind wieder aus dem festen in den flüssigen Zustand und umgekehrt überführbar.

Der Glaszustand vereinigt also den Aspekt eines nichtkristallinen Festkörpers mit dem einer extrem zähen Flüssigkeit in sich.

Die moderne Theorie sieht "das Glas" als mit Mikrophasen angereichertes Grundglas an.

Als erstes zum Grundglas: Es ist festzustellen, daß Gläser im wesentlichen aus SiO_4 sowie PO_4 und BO_3 bestehen. Diese chemischen Verbindungen repräsentieren sich mikrophysikalisch als SiO_4 -Tetraeder, PO_4 -Tetraeder und BO_3 -Dreiecke.

Abb. 1 veranschaulicht einen SiO_4 -Tetraeder.

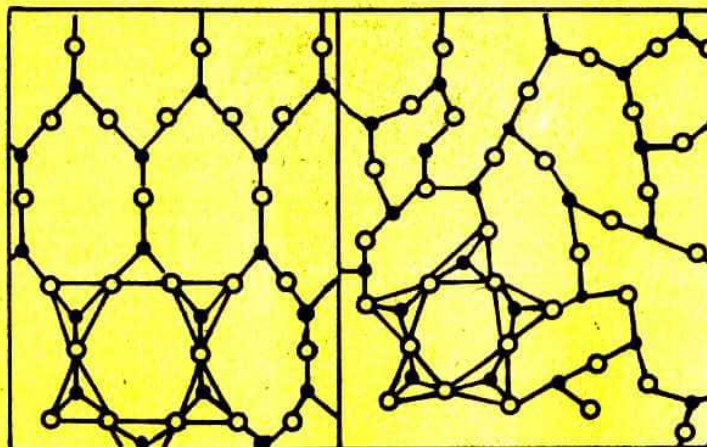


○ Sauerstoff
• Silizium

Abb.1: $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -Tetraeder

Diese Bausteine sollen infolge Brückensauerstoffbindung zu einem unendlichen Netzwerk assoziiert sein. Infolge der hohen Zähigkeit sind diese Bausteine jedoch nicht in der Lage, sich in die "günstigste Stellung" zu schieben, wie sie beim Kristall erreicht wird. Vielmehr müssen sich die Bausteine mit energetisch ungünstigeren Lagen zufriedengeben.

(Siehe dazu auch Abb. 2a,b).



○ Sauerstoff
• Silizium

Abb. 2

a)

b)

Ebene Darstellung der $[\text{SiO}_4]^{4-}$ -Tetraeder

a) regelmäßige Vernetzung im Kristobalzit unter Bildung von Sechsecken

b) verzerrtes Netzwerk im Kieselglas

Des weiteren sind in jedem Glas gewisse Spurenzusätze enthalten, z.B. Metallkationen, die die Brückensauerstoffbindungen aufbrechen und so das Netzwerk zerstören (siehe dazu Abb.3).

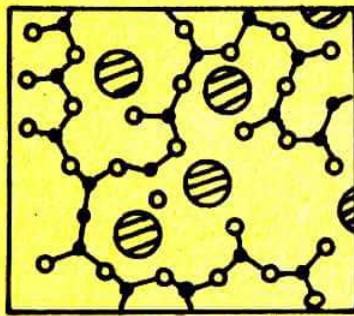


Abb. 3

- ⊙ Na
- Si
- O

Beim Einbau von Na_2O_4 finden die großen Na-Ionen nach Sauerstoffbrückensprengung in den größeren Hohlräumen Platz.

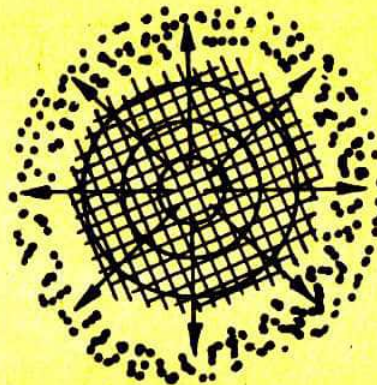
Sind nun gewisse Bereiche des Glases reicher oder ärmer an solchen "Netzwerkänderern", kommt es zu der Erscheinung, daß jeweils "Reichtum" bzw. "Armut" an Netzwerkänderern noch verstärkt werden. Dies ist durch die relativ hohe Beweglichkeit der Metallkationen und gewisse physikalische Prozesse möglich.

a)



Tröpfchen

b)



Kügelchen

Abb. 4

Netzwerkänderer

ungeordnetes SiO_2 -Netzwerk

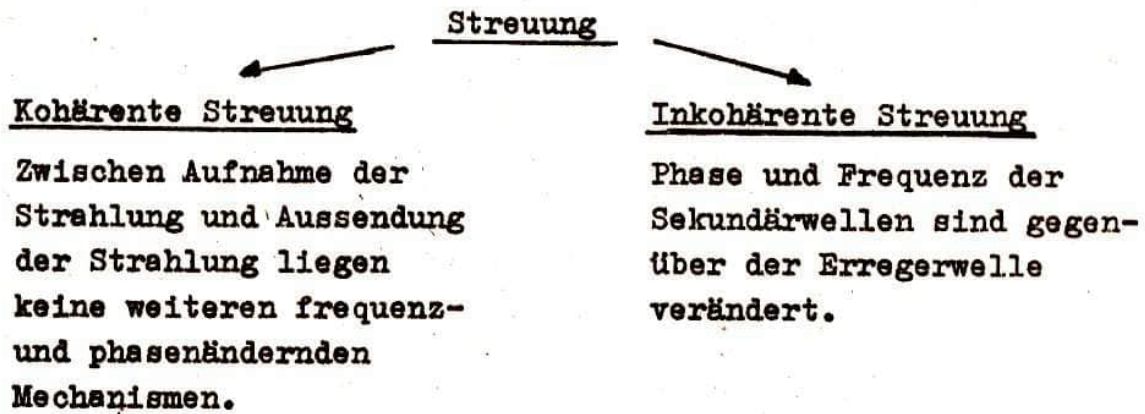
Ausbildung von Mikrophasen

Die Mikrostruktur dieser angereicherten oder verarmten Bezirke unterscheidet sich wesentlich von der Umgebung. Sie haben entweder die Form von Tröpfchen oder Kügelchen. Innerhalb eines

Tröpfchens z.B. ist die Glasstruktur ziemlich kristallartig. ¹⁾
(Abb. 4a,b zeigen solche Bezirke).

3. Die Streuung des Lichtes in Gläsern

Unter LICHTSTREUUNG versteht man die Erscheinung, daß kleine Teilchen, im allgemeinen Sinne, von Licht getroffen eine Sekundärstrahlung aussenden. Dabei unterscheidet man kohärente und inkohärente Streuung.



Im folgenden soll nur die Brillouinstreuung (BS) näher untersucht werden. ²⁾

Die BRILLOUINSTREUUNG tritt als Streuung an statistischen, thermischen Dichteschwankungen auf. Man kann sie sich etwa wie folgt veranschaulichen:

1) Zum weiteren Studium empfehle ich:

1. Jäckle, J.: Physik in unserer Zeit - 12.(1981) 3, S. 82 ff.
2. Spanszus, S.: Glas allgemein verständlich
Schnappe, J.D.: VEB Fachbuchverlag Leipzig 1977, S.24-41.

2) Für das Studium der anderen Streuprozesse empfehle ich folgende Literatur:

1. Autorenkollektiv: ABC der Physik; 1. Auflage Brockhausverlag 1973.
2. Beyersdorfer, S.: "Azur und Morgenrot"; "impuls 68" 13 1979/80 4, S. 20 ff; 13 1979/80, 5, S. 3 ff.
3. Pohl, R.W.: Optik und Atomphysik, 12. Auflage, Springer-Verlag, Berlin 1954, S. 168 ff.

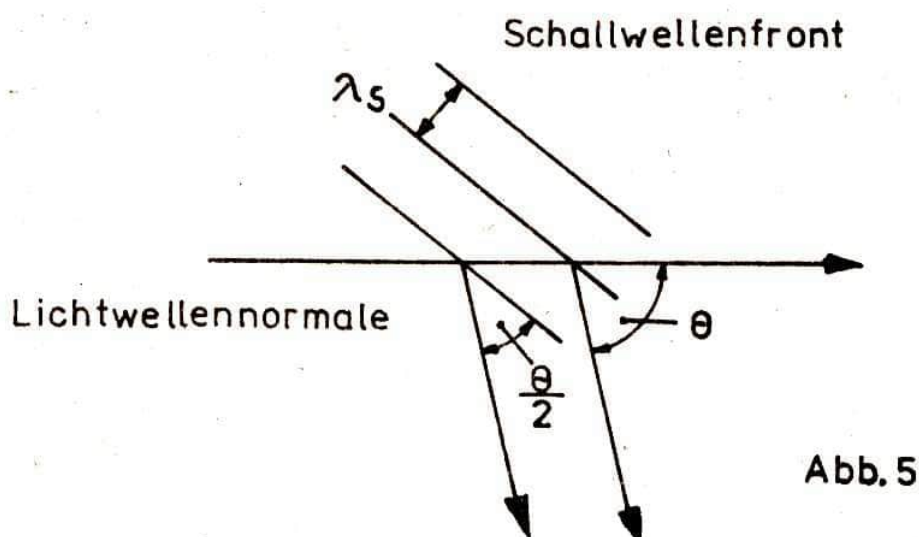
Durch Brownsche Molekularbewegung entstehen Dichteschwankungen die als elastische Schwingungen aufzufassen sind. Diese Erregung breitet sich als Hyperschallwelle aus.

$$\nu_s \approx 10^{10} \text{ Hz} \quad v_s \approx 10^4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

An diesen Hyperschallwellen kann das Licht nun reflektiert werden, ähnlich wie das bei der Reflexion von Licht an dünnen Glasplättchen der Fall ist.

Dabei ist aber die augenblickliche Reflexionsanordnung ausschlaggebend, die mit λ_s periodisch ist.

Die Reflexionsanordnung kann man sich also durch Schichten unterschiedlicher Dichte denken, die mit λ_s räumlich periodisch sind und die sich mit v_s fortbewegen.



Reflektion von Licht an Schallwellen

Damit sich die beiden reflektierten Wellenzüge nicht auslöschen, sondern verstärken, muß der optische Wegunterschied ein Vielfaches der Lichtwellenlänge betragen (siehe Anhang 1). Aus Abb. 5 entnimmt man leicht

$$(1) \quad 2 \lambda_s \sin \frac{\theta}{2} = m \lambda_o \quad \lambda_o : \text{Lichtwellenlänge}$$

Für longitudinale Schallwellen wählen wir etwa $m = 1$.

Da sich die Schallwellen vom Beobachter weg oder auf ihn zu bewegen, kommt es zur Dopplerverschiebung des gestreuten Lichtes (Frequenzerniedrigung ($-\Delta\nu_B$) bzw. -erhöhung ($+\Delta\nu_B$))

$$(2) \frac{\Delta \nu_B}{\nu_0} = \frac{\nu_s}{c/n}$$

Mit

$$(3) \lambda_s \nu_s = \nu_0$$

$$\lambda_0 \nu_0 = c$$

$\Delta \nu_B$ = Brillouinfrequenzverschiebung

n = Brechungsindex

c = Lichtgeschwindigkeit

werden (1) und (2) zu

$$(4) \pm \Delta \nu_B = \pm 2 \nu_0 \frac{\nu_s n}{c} \sin \frac{1}{2} \theta$$

Es ist ersichtlich, daß symmetrisch zur Erregerwellenlänge ein Dublett gestreuten Lichtes liegt. Abschließend wird das Modell eines Glasabsorptionsprofils gegeben (Abb. 6).

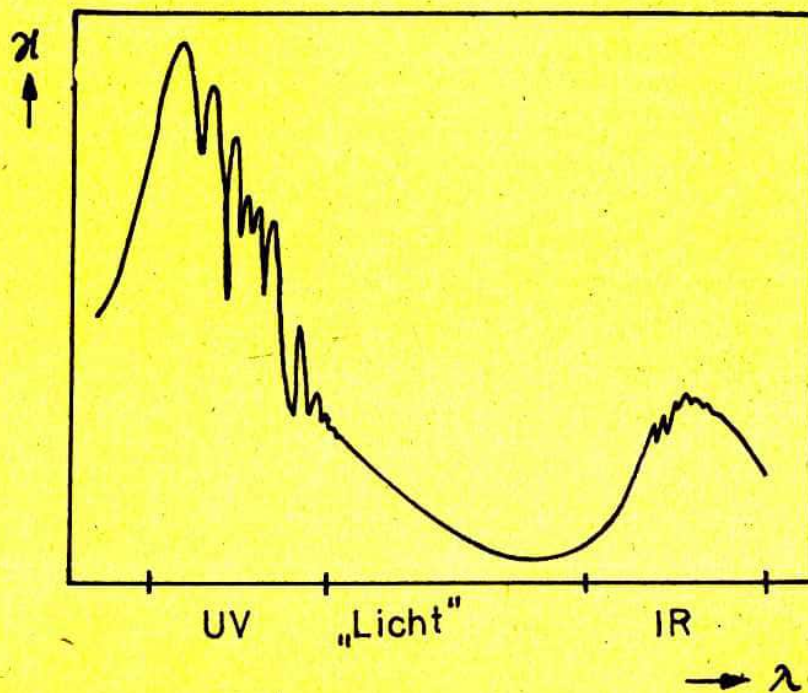


Abb. 6

Absorptionsprofilschema eines Glases

Zur Erläuterung:

α ist der Opazitätskoeffizient (Maß für die "Undurchsichtigkeit") Im UV herrscht eine starke Absorption (hinter Glas wird man nicht braun!) aufgrund der Anregung von Elektronenübergängen.

Im sichtbaren Bereich ist Glas nahezu transparent, da Glas sehr homogen ist und so fast alle Valenzen abgesättigt sind. Hier tragen vor allem Tyndall- und Rayleigh-Streuung zum Opazitäts-Koeffizienten bei.

Die Opazität im IR wird vor allem durch Anregung von Rotations- und Schwingungsübergängen in den Atomen hervorgerufen.

Es muß noch erwähnt werden, daß neben diesen Transmissionsverlusten auch noch Reflexionsverluste auftreten. Selbst bei senkrechtem Lichteinfall werden noch $\sim 4\%$ reflektiert. Diese, auch Einkoppelverluste genannten, reflektierten Lichtanteile können bei Glasfasern teilweise $\sim 30\%$ betragen.

Unser Interesse gilt nun den Streuverlusten, die möglichst genau ermittelt werden sollten.

Die Reflexions- und Absorptionsverluste werden mit anderen Mitteln, z.B. der Laserkalorimetrie, untersucht.

4. Zur Meßstrategie

Da die gemessenen Rayleighstreuintensitäten teilweise um einen Faktor 100 höher sind, als die berechneten (da die ebenfalls kohärente Tyndall-Streuung die Rayleigh-Streuintensität unkontrollierbar erhöht), muß man zu anderen Mitteln greifen, um die Streuverluste zuverlässig ermitteln zu können.

Es läßt sich zeigen, daß die inkohärente BS für diesen Zweck sehr geeignet ist, da die BS-Intensität I_{BS} nicht durch weitere Prozesse verfälscht wird.

Die Dämpfung einer eingestrahlten Lichtwelle infolge BS in einem Medium kann wie folgt berechnet werden:

$$(5) \alpha_{BS} = \frac{8\pi^3 kT n^8 p_{12}^2}{3 \lambda_0^4 v_s^2 \epsilon}$$

α_{BS} : BS-Dämpfungskonstante

T : absolute Temperatur

λ_0 : Wellenlänge des einfallenden Lichtes

n : Brechzahl

v_s : Hyperschallgeschwindigkeit, lt. Formel(4).

ϵ : Dichte des Glases

p_{12} : elastooptische Konstante mit $p_{12} = f(I_{BS}, n, \epsilon, v_s, \lambda_0, \theta)$

θ : Streuwinkel lt. Formel (4)

Istet man die stärksten Abhängigkeiten auf, stellt sich (5) etwa wie folgt dar:

$$(6) \alpha_{BS} \sim I_{BS} \cdot \frac{1}{\lambda^4}$$

Je kürzer die Wellenlänge und je stärker die BS-Intensität, desto stärker ist die Lichtdämpfung.

Da sich die Dämpfungskonstanten von Brillouinstreuung und Rayleighstreuung wie ihre Intensitäten verhalten:

$$(7) \frac{\alpha_R}{\alpha_{BS}} = \frac{I_R}{I_{BS}}$$

kann man mit

$$(8) \alpha_R = \alpha_{BS} \frac{I_R}{I_{BS}}$$

und

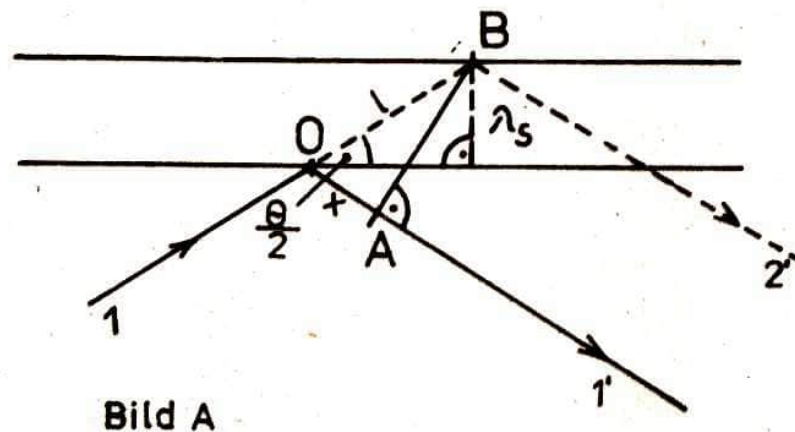
$$(9) \alpha_{\text{Gesamt}} = \alpha_R + \alpha_{BS}$$

leicht die Gesamtdämpfungskonstante α_{Gesamt} berechnen.

Anhang 1

Wie kommt Formel (1) zustande?

Dazu sei Bild 5 etwas ausführlicher aufgezeichnet



Interferenz an planparallelen Schichten

Infolge teilweiser Reflexion spaltet Strahl 1 in die Strahlen 1' und 2' auf, die interferieren.

Zwischen beiden existiert ein Gangunterschied Δ , den es zu berechnen gilt.

1' hat bis zum Ort, an dem die Interferenz eintreten kann, den Abschnitt $\overline{OA} = x$ zurückgelegt. 2' hat bis dahin den Weg $\overline{OB} = l$ zurückzulegen. Der Gangunterschied zwischen beiden Strahlen beträgt offensichtlich $\overline{OB} - \overline{OA} = \Delta$

Es gilt:

$$\sin \frac{1}{2}\theta = \frac{\lambda_s}{l}$$

$$l = \frac{\lambda_s}{\sin \frac{1}{2}\theta}$$

$$\cos\left(\frac{\theta}{2} + \frac{\theta}{2}\right) = \cos\left(2\frac{\theta}{2}\right) = \frac{x}{l}$$

$$\underline{x = l \cos\left(2\frac{\theta}{2}\right)}$$

$$\Delta = l - x = \frac{\lambda_s}{\sin \frac{1}{2}\theta} - \frac{\lambda_s}{\sin \frac{1}{2}\theta} \cos\left(2\frac{\theta}{2}\right)$$

$$\Delta = \frac{\lambda_s}{\sin \frac{1}{2}\theta} (1 - \cos\left(2\frac{\theta}{2}\right))$$

$$\Delta = \frac{\lambda_s}{\sin \frac{1}{2}\theta} (1 - (1 - 2\sin^2 \frac{1}{2}\theta))$$

$$\Delta = \frac{\lambda_s}{\sin \frac{1}{2}\theta} \cdot 2 \cdot \sin^2 \frac{1}{2}\theta$$

$$\underline{\Delta = 2\lambda_s \sin \frac{\theta}{2}}$$

(mit: $\cos 2x = 1 - 2\sin^2 x$,
Tafelwerk S.41)

Demit nicht Auslöschung, sondern Verstärkung eintritt, muß gelten $\Delta = m \cdot \lambda_0$

(Gangunterschied ganzzahliges Vielfaches der Lichtwellenlänge λ_0)

Somit haben wir Formel (1) hergeleitet.

Faschingszeit:

Die Menschen tragen Masken – wie immer.

Allerdings, sie bekennen sich dazu für eine kurze Zeit.

Im nun folgenden Teil dieses Artikels sollen Heilpflanzen vorgestellt werden, die meist in wärmeren Regionen wachsen. Trotzdem finden auch bei uns bestimmte Inhaltsstoffe dieser Drogen Anwendung, sei es als Heil- oder zum Teil auch als Genußmittel.

Kaffeestrauch (*Coffea arabica*)

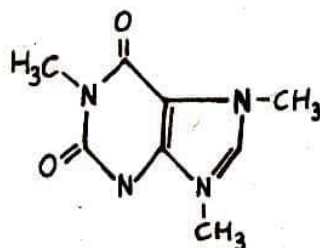
Der Kaffee ist ein sehr altes Getränk des afrikanischen Hochlandes und hat erst im 16. Jahrhundert von Osten her buchstäblich die Welt erobert. Der Kaffeestrauch besitzt ledrige, dem Lorbeer ähnliche Blätter. Die Frucht gleicht einer Kirsche, ist länglich oval und bei der Reife dunkelpurpur. Das Fruchtfleisch umschließt zwei, in eine derbe Pergamenthaut eingebettete, Samen, die eigentlichen Kaffeebohnen.

Beheimatet ist der Kaffeestrauch in Ost-Afrika und Arabien, aber auch in Brasilien, Kolumbien und West-Afrika sind andere *Coffea*-Arten heimisch.

Die Gewinnung der Kaffeebohnen erfolgt durch Sammeln der Kaffeekirschen je nach Reife mehrmals im Jahr. Die Samenkerne werden durch unterschiedliche technische Verfahren (nasses oder trockenes) von Fruchtfleisch und Samenschale befreit. Das Rösten bei 200-250 °C erfolgt meist erst am Ort des Verbrauchs, wobei die Aroma- und Geschmacksstoffe des Kaffees entstehen und das Coffein freigesetzt wird.

Inhaltsstoffe

Kaffeeseamen enthalten 0,6-3 % Coffein, sowie Spuren von Theobromin und Theophyllin und fettes Öl.



Coffein

Kaffeestrauch

Wirkung und Anwendung

Kaffee dient vorwiegend als Genuß- und Anregungsmittel. Er wirkt u.a. harntreibend sowie anregend auf das ZNS. Er ist ein beliebtes Mittel gegen Ermüdung.

Das bei der Herstellung coffeinfreien Kaffees (durch Extraktion mit flüchtigen Lösungsmitteln) erhaltene Coffein wird zum Teil therapeutisch verwendet oder zur Herstellung coffeinhaltiger Erfrischungsgetränke benutzt.

Kokastrauch (*Erythroxylum coca*)

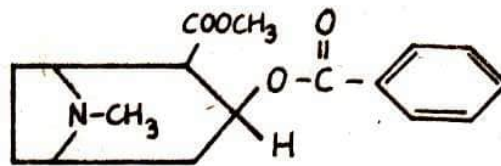
Der Kokastrauch war hauptsächlich in den Anden von Peru und Bolivien beheimatet, kommt aber heute kaum noch in der Wildform vor. Heute werden verschiedene Arten dieses Strauches vorrangig in diesen Ländern, sowie auch in Sri Lanka, Indien und Kamerun kultiviert.

Bei durchschnittlich 4 Ernten im Jahr werden die jungen Blätter gesammelt.

Der Kokastrauch besitzt rote Steinfrüchte von knapp 1 cm Durchmesser, die je einen Samen enthalten.

Inhaltsstoffe

Der Hauptwirkstoff Cocain ist in den Blättern enthalten.



Cocain

Wirkung und Anwendung

In den Herkunftsländern dienten die Kokablätter als Kaudroge gegen Hunger, Durst und zum besseren Durchhalten bei körperlichen Strapazen. Cocain besitzt zentral anregende und lokal-anästhetische Eigenschaften und wirkt außerdem suchterregend. Wegen der hohen Toxizität (es genügen manchmal schon 0,05 g Cocain, um lebensbedrohliche Zustände auszulösen) und der Gefahr der Sucht wird es heute nur noch sehr selten als Oberflächenanästhetikum, lediglich in der Augenheilkunde, eingesetzt.



Kokastrauch



Kolanußbaum

Kolanußbaum (*Cola acuminata*, *Cola nitida*)

Bei den Eingeborenen Perus und Afrikas sind die Colassamen seit eh und je ein beliebtes Genußmittel.

Der Kolanußbaum, der bis zu 25 m hoch werden kann, ist in Westafrika beheimatet. Der Anbau erfolgt aber auch in Afrika, Indien, Jamaika und Brasilien.

Die Frucht des Kolanußbaumes besteht aus mehreren Balgkapseln. In jeder Balgkapsel sind 5-9 unregelmäßig geformte Samen enthalten, die von einer dunkelbraunen runzeligen, ledrigen Schale umgeben sind. Die davon befreiten Samenkerne, aus braunem oder weißen Embryos bestehend, sind die eigentliche Droge. Es handelt sich um 2-4 cm lange und ca. 3 cm breite, einseitig gewölbte rotbraune Samen.

Wirkung und Anwendung

Colassamen wirken zentral anregend und belebend. Extrakte der Droge werden hauptsächlich als Stimulantia und zur Herstellung vieler Erfrischungsgetränke benutzt. Die jedem bekannten Cola-Getränke erfreuen sich auch bei uns grosser Beliebtheit als Anregungs- und Genussmittel.

Zur Reifezeit werden die Nüsse gesammelt, die Samenkerne werden aus dem Fruchtfleisch gelöst, gewaschen und bei Wärme getrocknet.

Inhaltsstoffe

Coffein, wenig Theobromin, Stärke und Catechingerbstoffe

Olivenbaum (*Olea europaea*)

Der Olivenbaum (Ölbaum) wächst außergewöhnlich langsam und kann Jahrhunderte alt werden.

Die pflaumenförmige Frucht, die Olive, wächst sehr langsam. Erst nach 10-jährigem Wachstum bildet der Baum Früchte und nach weiteren 10 Jahren hat er seine Vollkraft erreicht.

Heimat der Wildform sind die Mittelmeerländer, Hauptanbaugebiete sind Italien, Spanien, Griechenland, Afrika und Australien. Die schwarzen reifen Oliven werden im Spätherbst und Winter (November-Januar) gesammelt. Durch Auspressen gewinnt man das Olivenöl. Die Blätter können über das gesamte Jahr gesammelt werden, günstig erwies sich der Zeitraum von Mai-Oktober. Sie werden am besten im Schatten getrocknet.

Inhaltsstoffe

In den Früchten ist hauptsächlich fettes Öl mit Öl-, Linol-, Palmitin- und Stearinsäure, aber auch Bitterstoffe, Enzyme und Farbstoff enthalten. Die Blätter enthalten wenig ätherisches Öl, Gerbstoffe und Glykoside.

Wirkung und Anwendung

Olivenöl besitzt eine reizmildernde, mild abführende und kräftigende Wirkung. Außerdem regt es die Gallesekretion an. So kann es bei Gallenblasenleiden, Magenschleimhautentzündungen und Verstopfung angewendet werden. Ein Aufguß von Olivenblättern wirkt gefäßerweiternd und blutdrucksenkend.



Olivenbaum

Faulbaum (*Rhamnus frangula*)

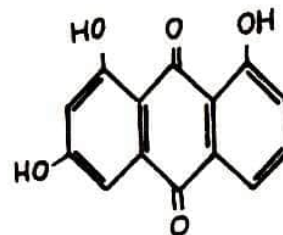
Dieser stattliche Strauch von 1-6 m Höhe säumt See- und Flußufer, Sümpfe und feuchte Auenwälder vom Tiefland bis in mittlere Gebirgslagen.

Der Faulbaum wird auch Pulverholz genannt, denn in früheren Zeiten verwendete man die gepulverte Holzkohle aus Faulbaumzweigen zur Herstellung von Schießpulver.

Gesammelt wird die Rinde von Stämmen und Zweigen im Frühjahr und Sommer (April-August). Die sich rasch zusammenrollende Rinde wird durch Auslegen im Schatten, mit der Außenseite nach oben, getrocknet. Bevor die Faulbaumrinde in der Heilkunde Verwendung finden kann, muß diese mindestens 1 Jahr gelagert werden. Die Bezeichnung Faulbaum ist auf den fauligen Geruch der frischen Rinde zurückzuführen.

Inhaltsstoffe:

Die frische Rinde enthält (4-8 %) Anthrachinonverbindungen, z.B. das Emodin.



Emodin

Faulbaumzweig

Wirkung und Anwendung:

Die Emodine üben eine milde, abführende Wirkung aus, indem sie den Dickdarm anregen.

Die Faulbaumrinde wird in Form eines Aufgusses oder als Fluidextrakt verabreicht. Sie eignet sich als Abführmittel bei chronischer Verstopfung sowie bei frisch Operierten, wo eine zu starke Durchblutung der Beckenorgane unerwünscht ist.

Rhizinus (Rhizinus communis)

In seiner Heimat (Indien) bildet der Rizinus einen bis 10 m hohen Baum oder in Kulturen 2-3 m hohe Sträucher. Hauptproduktionsländer sind heute Brasilien, Indien und verschiedene afrikanische Staaten.

Die schön geformten Blätter und die attraktiven Blüten lassen die Sträucher sehr dekorativ wirken. Die mit weichen Stacheln besetzte Fruchtkapsel enthält die oval gesprenkelten Samen.

Inhaltsstoffe:

Rizinussamen enthalten fettes Öl, Eiweiß und ein giftiges Toxalbumin, das Ricin. Wegen des Ricingehaltes können bereits 10 Rizinussamen für einen Menschen tödlich sein.

Das Öl wird durch kalte Pressung gewonnen und zur Entfernung evtl. enthaltenen Ricins mit Wasser ausgekocht. Der größte Teil des Ricins bleibt aber im Preßkuchen zurück.

Wirkung und Anwendung:

Rizinusöl reizt den Dünndarm und wirkt somit abführend. Die Wirkung tritt dabei relativ schnell, nach 2-4 Std. ein. Außerdem wird Rizinusöl wegen seiner Alkohollöslichkeit als Zusatz zu alkoholhaltigen Dermatika und Kosmetika verwendet. In der Technik und in der Seifenindustrie findet es ebenfalls Verwendung.

Die moderne Medizin und Pharmazie konnte sich größtenteils auf Erfahrungen und Kenntnisse über Heilpflanzen aus dem Al-

tertum stützen. Viele seit alters her bekannte Arzneipflanzen werden mit Hilfe neuer chemischer und physikalischer Forschungsmethoden genauer untersucht und detaillierte Angaben über Inhaltsstoffe und deren Wirkung können gemacht werden. Die Werte der natürlichen Heilkräfte können somit immer besser erkannt werden. In Verbindung mit der Forschung werden hochwirksame Stoffe, wie z.B. Digitalis genau dosiert und in der Medizin gezielt eingesetzt.



Rhizinus

Dieser Artikel soll deshalb dem Leser die Bedeutung der Heilpflanzen in der heutigen Zeit noch einmal bewußt werden lassen. Obwohl die meisten Arzneimittel heute auf synthetischem Wege hergestellt werden, darf die Anwendung alter, gebräuchlicher Hausmittel auf Pflanzenbasis nicht in Vergessenheit geraten.

Jeder kann durch gezielte Anwendung von Heilpflanzen kleinere Krankheiten selbst kurieren oder durch eigenes Sammeln dazu beitragen, daß genügend Heilkräuter für die pharmazeutische Industrie zur Weiterverarbeitung zur Verfügung stehen.

Im ersten Teil (Heft 5/84) haben wir mögliche Beschreibungsformen physikalischer Systeme kennengelernt. Zunächst wollen wir uns einige konkrete Systeme anschauen, in denen Chaos (entsprechend der im ersten Teil des Artikels gegebenen Definition) auftreten kann und wollen dann die an den speziellen Chaos-Realisierungen gefundenen Erkenntnisse verallgemeinern. Als erstes Beispiel für ein System, das chaotische Eigenschaften zeigen kann, betrachten wir den

Nichtlinearen elektrischen Schwingkreis (Beispiel A).

Im Teil I hatten wir uns wiederholt mit dem Federschwinger beschäftigt. Für ihn hatten wir eine Bewegungsgleichung aufgestellt und den Begriff der Phasenraumtrajektorie $(x(t), y(t))$ eingeführt. Die Federschwingerbewegungsgleichung lautete

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx = 0$$

(was nichts anderes als das erste Newtonsche Axiom darstellt). Ein solcher Schwinger würde, einmal angestoßen oder ausgelenkt, für alle Zeiten schwingen; reale Systeme jedoch kommen, wie wir wissen, auf Grund der unvermeidlichen Reibung nach einer endlichen Zeit zur Ruhe. Um die Bewegung in diesem Fall aufrecht zu erhalten, müssen wir sie durch (periodische) Energiezufuhr gewissermaßen "antreiben". Die Bewegungsgleichung lautet dann

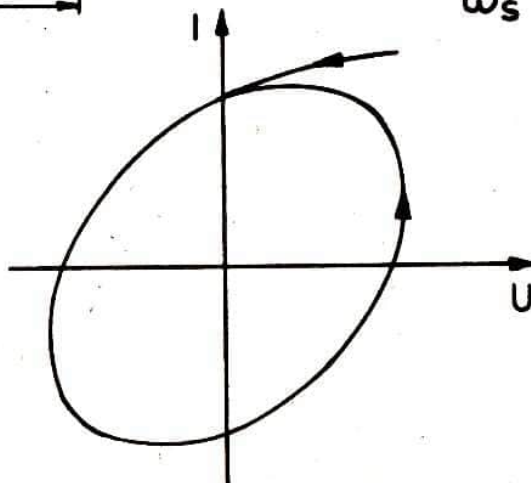
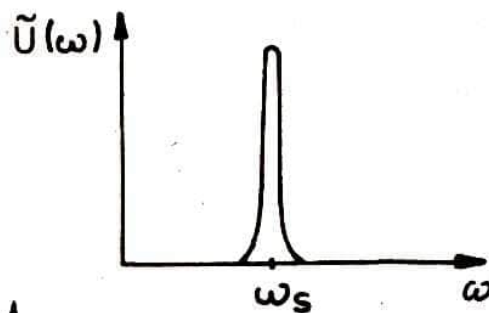
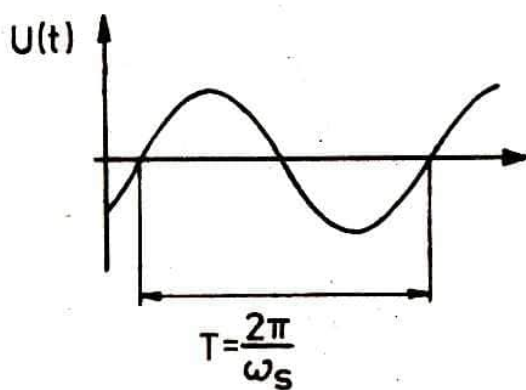
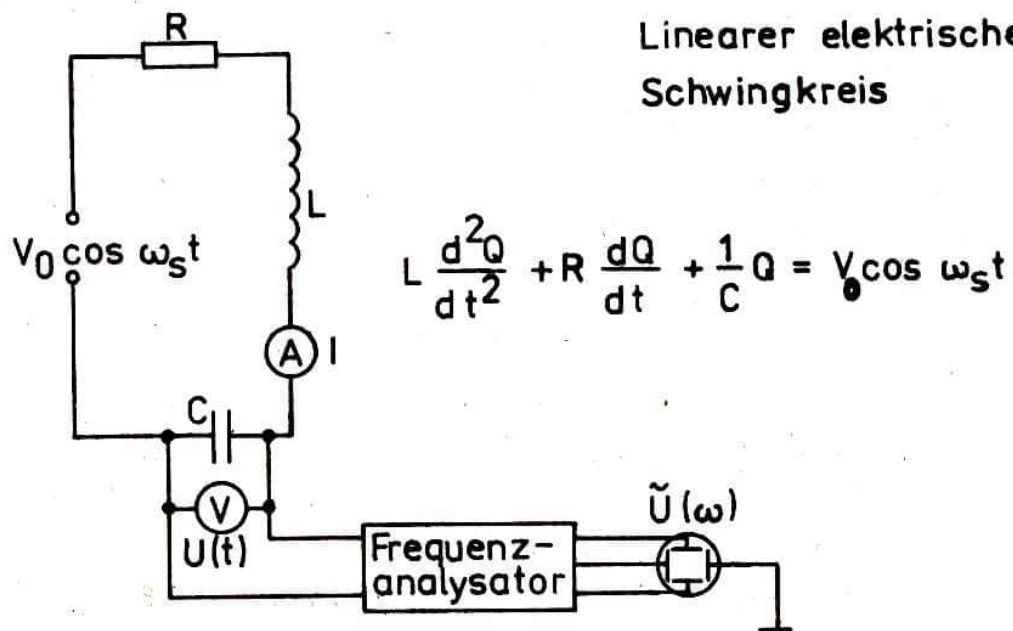
$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + \alpha \frac{dx}{dt} + kx = F_0 \cos \omega_s t$$

Dabei bezeichnet F_0 den Maximalwert der Treiberkraft und ω_s die Frequenz der periodischen Erregung.

Die einzelnen Terme haben wir noch einmal in Tabelle 1 zusammengestellt.

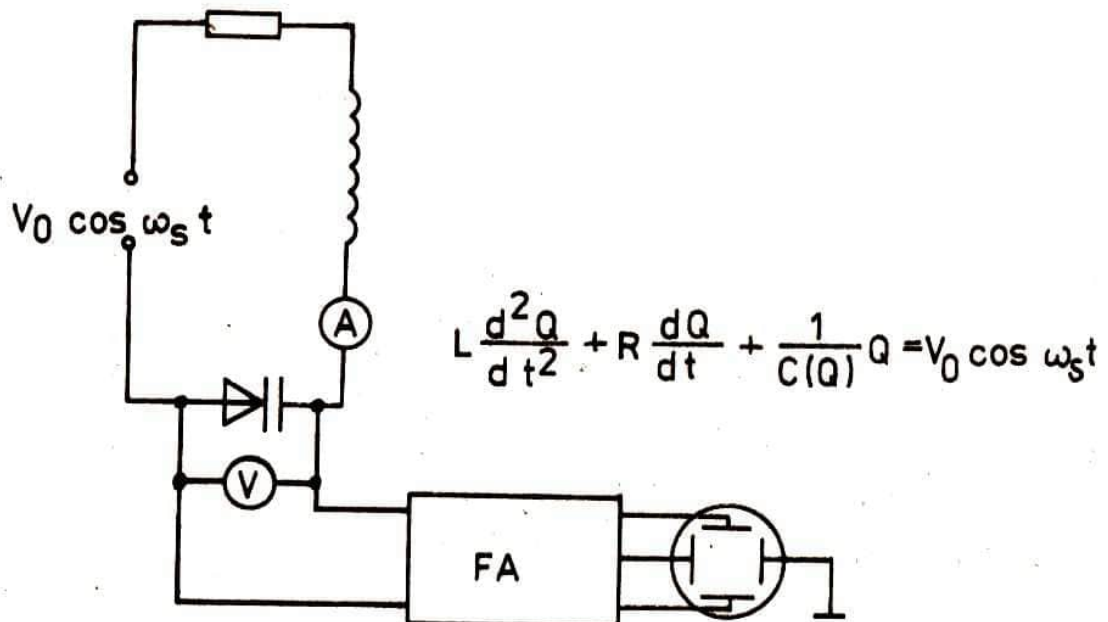
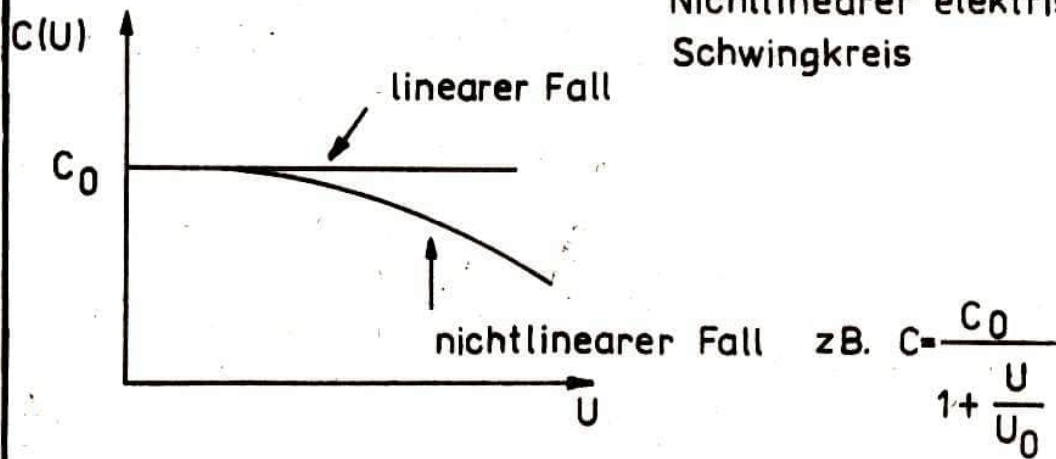
Informationskasten 1

Linearer elektrischer
Schwingkreis



Informationskasten 2

Nichtlinearer elektrischer
Schwingkreis



Die Ordnung ist nichts weiter als unvollständig erkanntes Chaos.

Tabelle 1

	Federschwinger	Elektrischer Schwingkreis
Trägheitsterm	$m \frac{d^2 x}{dt^2}$	$L \frac{d^2 Q}{dt^2}$
Reibungsterm	$\alpha \frac{dx}{dt}$	$R \frac{dQ}{dt}$
"rücktreibende" Kraft	kx	$\frac{1}{C} Q$
Treiberterm	$F_0 \cos \omega_s t$	$V_0 \cos \omega_s t$
Phasenraumkoordi- naten	x $v = \frac{dx}{dt}$	Q oder $U = \frac{1}{C} Q$ $I = \frac{dQ}{dt}$

Wie vielen Lesern bekannt sein wird, kann man durch Analogieschluß recht einfach die Bewegungsgleichung für einen entsprechenden elektrischen Schwingkreis aufstellen.

Nun werden viele Leser erstaunt fragen: Ein solcher Schwingkreis soll ein chaotisches System sein?

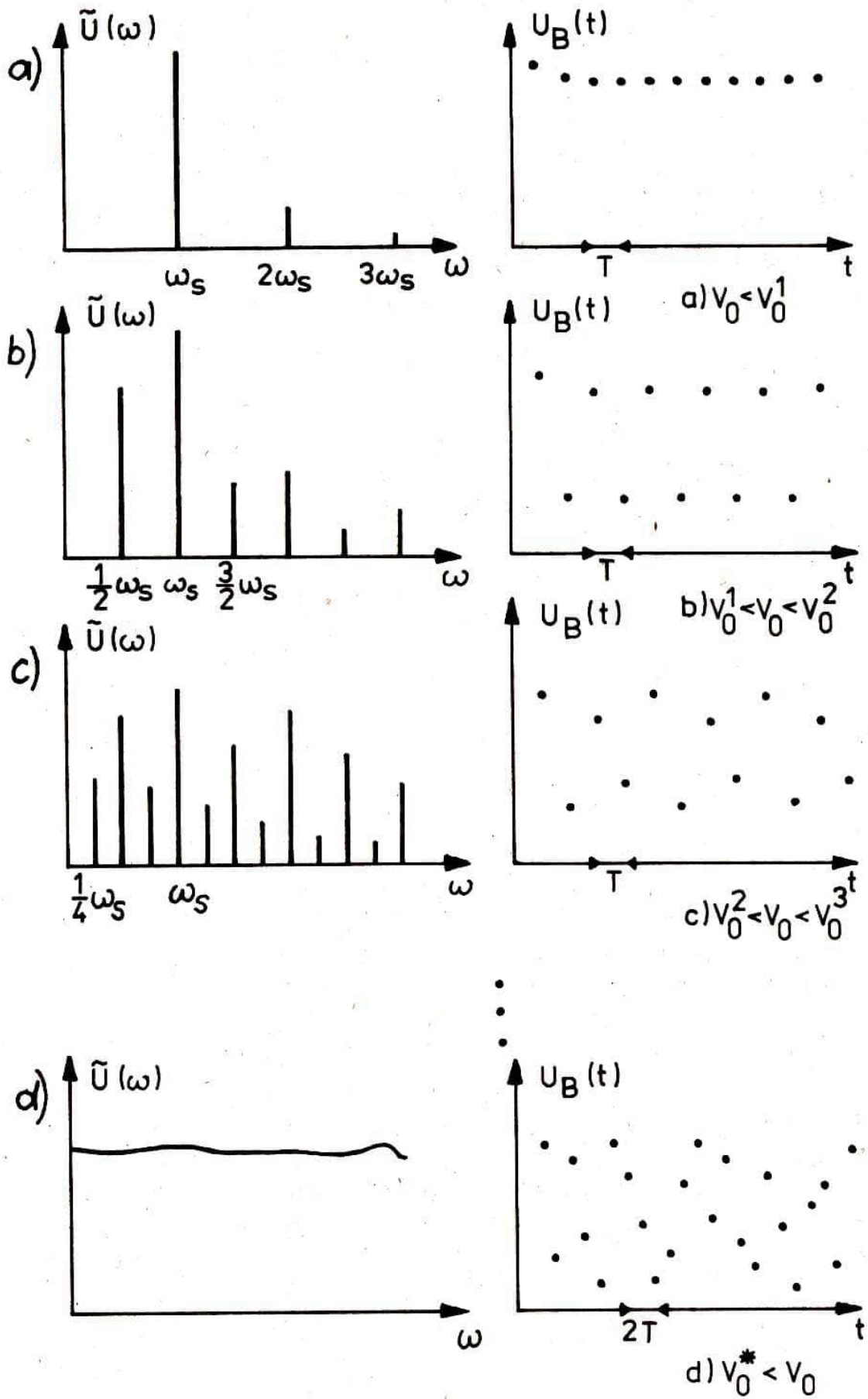
Wir wissen doch, die Spannung U zeigt, über der Zeit aufgetragen, einen sinusförmigen Verlauf und die Periode der Schwingung ist gegeben durch die Frequenz der Treiberspannung.

Die Phasenbahn ergibt nach dem Einschwingen eine Ellipse.

Trägt man die Spannung über der Frequenz auf, z.B. gemessen mit einem Frequenzanalysator, so erhält man nur bei $\omega = \omega_s$ einen nichtverschwindenden Anteil, der im Physikerdeutsch als "Frequenzpeak" (engl. peak=Spitze) bezeichnet wird. Doch zurück zum Chaos. Was bedeutet eigentlich linearer elektrischer Schwingkreis? Bislang haben wir als stillschweigende Voraussetzung die Koeffizienten R , L , C (bzw. m , α , k) als konstant angenommen, d.h. unabhängig von den Phasenraumkoordinaten U , I (bzw. x , v). Dadurch erhielten wir eine lineare Bewegungsgleichung, d.h. es treten keine höheren Potenzen von Q auf.

Was passiert aber nun, wenn z.B. die Kapazität C von der anliegenden Spannung U (oder die Feder"konstante" k von der Auslenkung x) abhängt? In diesem Fall spricht man von einem nichtlinearen Schwingkreis, der z.B. mit Hilfe einer Varaktor-

Bild 1 Der „Weg zum Chaos“



diode realisiert werden kann.

Betrachten wir nun einmal die Bilder, die der Frequenzanalyser liefert, wenn wir die Stärke der Treiberspannung variieren (Bilder 1a - d). Bei kleinen Spannungen V_0 haben wir kaum einen Einfluß der Nichtlinearität, es tritt also ein ausgeprägter Peak bei $\omega = \omega_s$ auf. Daneben erscheinen bei $\omega = 2\omega_s, \omega = 3\omega_s$ usw. ebenfalls Maxima, die Radiobastlern und Musikern als Oberschwingungen bekannt sind. Sie führen dazu, daß die Schwingung nicht mehr rein sinusförmig ist, sondern etwas verzerrt wird. Es empfiehlt sich zur Beobachtung des Zeitverlaufs der Spannung diese nur zu diskreten, äquidistanten Zeitpunkten zu registrieren.

Bei kleinen Treiberspannungen erkennt man, daß nach einer Zeit $T = 2\pi/\omega_s$ das System wieder denselben Wert der Spannung U hat. Erhöhen wir V_0 über einen bestimmten Wert V_0^1 hinaus, so geschieht etwas vollkommen Neues (zur Erinnerung: beim linearen Schwingkreis änderte sich nichts bis auf die absolute Größe von $\tilde{U}(\omega)$ bzw. $U(t)$). Im Frequenzspektrum erscheinen mit einem Mal Anteile mit der halben Frequenz der Treiberspannung. Im Zeitbild äußert sich das darin, daß das System die doppelte Zeit ($2T$) braucht, um wieder den gleichen Spannungswert zu erreichen. Man spricht vom Auftreten einer Bifurkation (im Frequenzbereich erscheint ein Maximum bei $\omega_s/2$).

Was passiert nun, wenn die Treiberspannung V_0 weiter erhöht wird (1c)? Im Frequenzspektrum treten wiederum neue Peaks auf, diesmal bei $\omega_s/4, 3\omega_s/4$ usw. Entsprechend verlängert sich im Zeitbild die volle Periode auf $4T$, man hat eine sogenannte Bifurkationsverdopplung.

Bei weiterer Erhöhung der Spannung V_0 kommt es bei ganz bestimmten Spannungen V_0^i zu weiteren Bifurkationsverdopplungen, wobei die Abstände zwischen den einzelnen Verdopplungen $V_0^{i+1} - V_0^i$ immer kleiner werden (sie schrumpfen sogar geometrisch um einen ganz bestimmten Faktor).

Bei einem charakteristischen Wert V_0^* kommt es dann zum "Umschlagen" des Systems. Im Frequenzspektrum gibt es Anteile bei allen Frequenzen. Das Verhalten der Spannung über der Zeit ist tatsächlich "chaotisch", wir erkennen keinerlei Periodizität oder Regelmäßigkeit mehr, obwohl wir uns darüber klar sein müssen, daß z.B. die Punkte in Abb.2d durchaus vorhersagbar, d.h. determiniert sind. Wir haben ein "determiniertes Chaos"

vor uns. Allerdings würde eine geringe Abweichung z.B. der Anfangsbedingungen $U(0)$, $I(0)$ oder der Parameter R , L für $V_0 > V_0^*$ ein vollkommen anderes Bild $U_B(t)$ nach sich ziehen (Vergl. Teil I).

Wir haben also gesehen, welchen Einfluß die Nichtlinearität des Bauelementes auf das Verhalten des Schwingkreises hat, und haben somit ein erstes Beispiel für ein System mit chaotischem Verhalten gefunden.

Die Frage taucht auf, ob es in der Natur weitere derartige Systeme gibt?

Rayleigh - Bénard Konvektion (Beispiel B)

Wir wollen nun ein System betrachten, daß schon 1900 von Bénard und 1916 von Rayleigh untersucht worden ist (Bild 2).

Zwischen zwei Platten mit unterschiedlicher Temperatur befindet sich eine Flüssigkeitsschicht (H_2O , He). Ist der Temperaturunterschied zwischen beiden Platten gering, so bleibt die Flüssigkeit in Ruhe. Die Wärmeenergie wird mittels Wärmeleitung durch die Flüssigkeitsschicht übertragen. Der Wärmestrom q ist gegeben durch

$$q = \lambda \cdot \Delta T / h ,$$

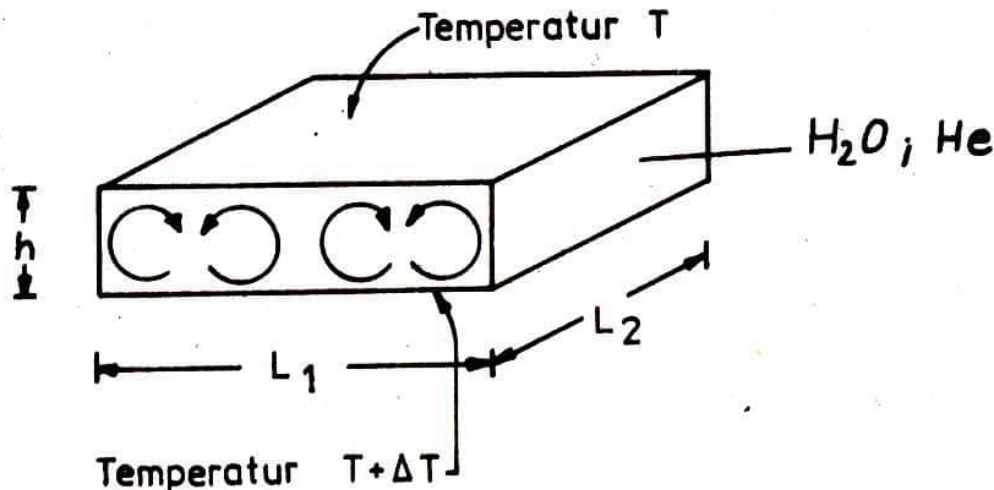
wobei λ die Wärmeleitfähigkeit ist, ΔT die Temperaturdifferenz und h die Schichtdicke. Erhöht man die Temperaturdifferenz, so setzt Konvektion ein, wobei die Strömungsverhältnisse auf Grund der Inkompressibilität des Wassers etwa so aussehen, wie im Bild 2 dargestellt. Die Strömung ist dabei zunächst zeitlich konstant. Die Konvektion führt natürlich zu einer beträchtlichen Erhöhung des effektiven Wärmestroms q_{eff} . Man führt dafür die dimensionslose Nusseltzahl ein

$$N = \frac{q_{eff} \cdot h}{\lambda \cdot \Delta T}$$

Erhöht man ΔT weiter (ebenso wie in Beispiel A wird ein äußerer Parameter verändert), so beobachtet man ebenfalls eine interessante Erscheinung. Die Konvektion wird "unruhig", d.h. sie ist nicht mehr stationär. Solange ΔT kleiner als eine gewisse Temperatur T_1 ist, treten periodische Schwankungen auf. Wird ΔT größer als T_1 , so verdoppelt sich diese Periode. Dieses "Spiel" setzt sich fort: Erhöhung von T bis T_2 , wiederum Periodenver-

dopplung usw.usf. Dabei werden die Perioden $T_{n+1} - T_n$ immer kürzer. Sie schrumpfen geometrisch - und das ist interessant - um den gleichen Faktor wie die Perioden $v_0^{n+1} - v_0^n$ im Fall des nichtlinearen elektrischen Schwingkreises.

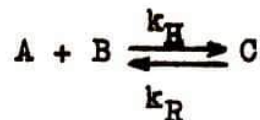
Bild 2 Rayleigh-Bénard-Konvektion



Ein weiteres Beispiel:

Belousov - Zhabotinskii Reaktion (Beispiel C)

Aus der Chemie sind uns einige oszillierende Reaktionen bekannt. Die prominenteste Vertreterin ist die Belousov-Zhabotinskii Reaktion, die eine Bromierung und Oxidation einer organischen Säure durch eine Lösung von Natriumbromat in Schwefelsäure darstellt. Die Reaktion kann dabei durch kontinuierlichen Zufluß der Ausgangsstoffe stationär gehalten werden (Bild 3). Setzt man noch voraus, daß eine starke Durchmischung des Reaktors erfolgt, so kann man das Reaktionssystem als homogen durchmischt ansehen und die Reaktion kann z.B. für den Fall



durch folgendes System von Gleichungen beschrieben werden

$$\frac{dA}{dt} = -k_H AB + k_R C - r(A - A^0)$$

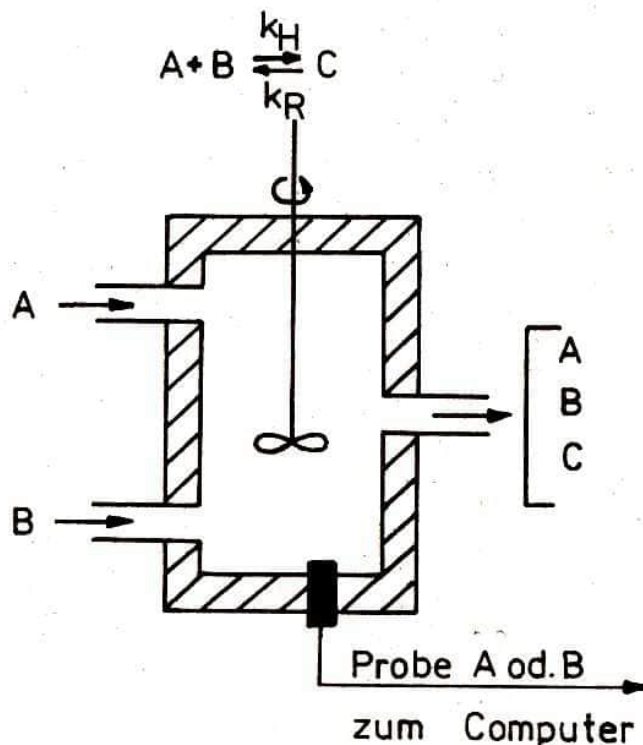
$$\frac{dB}{dt} = -k_H AB + k_R C - r(B - B^0)$$

$$\frac{dC}{dt} = k_H AB - k_R C - rC$$

wobei A, B, C die aktuellen Konzentrationen der Reaktionspartner bzw. des Reaktionsproduktes, A^0 und B^0 die zufließenden Konzentrationen am Eingang des Reaktors und r die Durchflußrate sind.

Sieht man sich die Gleichungen genauer an, so erkennt man, daß diese ein System von gekoppelten nichtlinearen Differentialgleichungen darstellen. Die Nichtlinearität tritt in Form des Produktes der "Phasenraumvariablen" A und B auf. Sie ist wiederum für eine ganze Reihe von Eigenschaften dieser Reaktion verantwortlich. Mißt man z.B. die Konzentration eines Reaktionspartners (in unserem Beispiel das Brom-Ionen-Potential), so beobachtet man in Abhängigkeit von der Durchflußrate r Oszillationen (Bild 4). Die Periodenver-

Bild 3 Belousov – Shabotinskii – Reaktion



dopplung tritt genau wie in den Beispielen A und B auf. Bei einer bestimmten Durchflußrate kommt es zum Chaos (Bild 4d). Wir erkennen zwar noch eine gewisse Regelmäßigkeit (so folgen einer großen Oszillation stets zwei oder drei kleinere), die Stärke dieser und auch die Anzahl schwankt aber vollkommen chaotisch.

Es sei erwähnt, daß man auch die Temperatur des Reaktionsgefäßes variieren kann, um zu solchen Bildern wie in Abb.4 zu kommen.

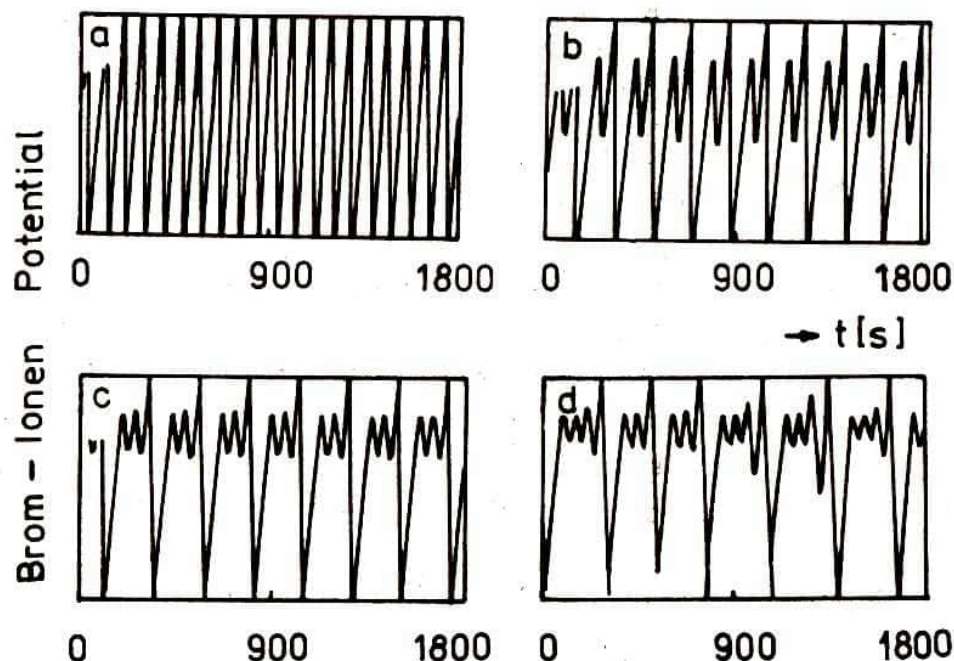


Bild 4

Fassen wir zusammen:

Wir haben verschiedene Systeme gefunden, die chaotisches Verhalten zeigen können. Entscheidend bei diesen Systemen war das Auftreten von nichtlinearen Gliedern in den Systemgleichungen (im Beispiel B haben wir auf die Darstellung der Systemgleichung verzichtet, sie ist tatsächlich nichtlinear). Der Weg zum Chaos verlief in den untersuchten Systemen ganz ähnlich, zunächst periodenverdoppelnde Oszillationen bis zum Einsetzen des chaotischen Zustands, in dem die jeweilige Phasenraumvariable vollständig chaotisch über der Zeit schwankt.

Es sei erwähnt, daß an einer Reihe weiterer Systeme (z.B. Laser, bistabile optische Systeme, mechanische Schwinger) Chaoserscheinungen untersucht worden sind. Es tritt die Frage auf, ob es einen universellen Zusammenhang zwischen diesen verschiedenen Formen des Chaos gibt? Existiert dafür eine einheitliche Beschreibungsweise?

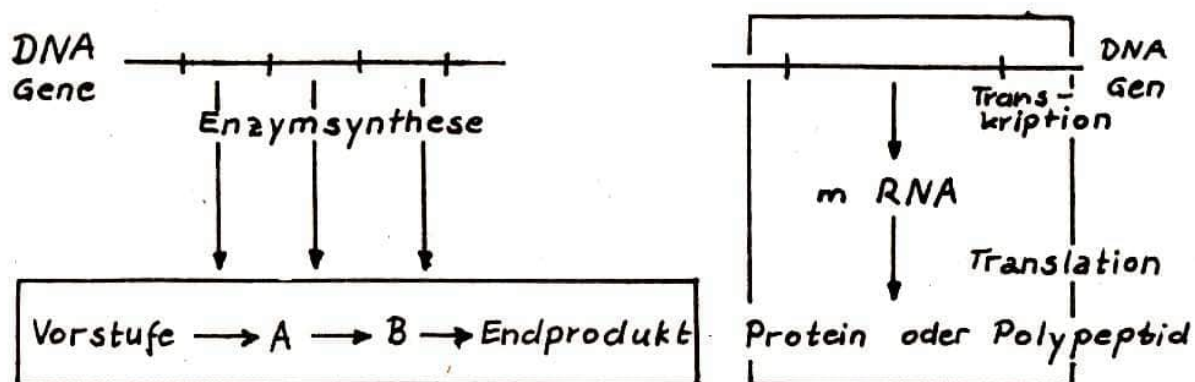
Mit diesen Fragen wollen wir uns im letzten Teil des Artikels beschäftigen und dem Leser auch das Vergnügen bereiten, Chaos auf dem eigenen Taschenrechner erzeugen zu können.

(Teil 1 in Heft 1/84, Teil 2 in Heft 6/84 erschienen)

Ging es in den ersten beiden Teilen vor allem um die Produktion von Sekundärstoffen und ihre Optimierung, so haben wir es jetzt mit ganz anderen Produkten und einer völlig neuen Art der Schaffung ihrer Produzenten zu tun. Die Gentechnik löst nicht etwa gegenwärtig die bisher dargestellten Methoden ab, sondern bereichert sie und erschließt einen neuen Kreis von Stoffen, die bakteriell produziert werden können – wie Hormone, Enzyme, Impfstoffe. Die grundsätzliche Gemeinsamkeit dieser Produkte ist, daß zu ihrer Herstellung das proteinsynthetisierende System der Zelle genutzt wird (Transkription, Translation). Im Gegensatz dazu werden zur Produktion der Sekundärstoffe die Umsetzungen des Grundstoffwechsels und des Sekundärstoffwechsels genutzt; dabei wird die Synthese der dafür notwendigen Enzyme vorausgesetzt (Abb. 1). Aus diesen Gründen ist die Nutzung der Gentechnik für die Optimierung von Sekundärstoffsynthesen, die eine sehr viel komplexere genetische Grundlage haben, vorerst nur sehr begrenzt möglich.

Unter Gentechnik ("genetic engineering") im engeren Sinne versteht man die Isolierung oder künstliche Herstellung (chemische Synthese) von Genen, ihre Übertragung von einem Organismus auf einen anderen (z.B. von einem eukaryotischen auf einen prokaryotischen Organismus), ihre Vermehrung mit dem Wirt und die Realisierung (Transkription, Translation) der von den übertragenen Genen codierten Information im Wirtsorganismus. Die universellsten Genempfänger sind gegenwärtig Bakterien, vor allem jedoch verschiedene Stämme des Darmbakteriums *Escherichia coli*. Die Grundlagen der Gentechnik wurden in den 60er und 70er Jahren mit der Entdeckung und Analyse der Restriktionsenzyme gelegt.

Abb. 1 Gegenüberstellung der Mechanismen der Bildung von Sekundärstoffwechselprodukten und der Bildung von Produkten mittels Gentechnik.



Im Fall der Sekundärstoffsynthese nützen wir im wesentlichen die Folge enzymatischer Umsetzungen aus. Die Synthese der Enzyme wird dabei stillschweigend vorausgesetzt, ist aber auch Gegenstand der Selektion.

In der Gentechnik wird die Proteinsynthesemaschinerie zur Produktsynthese genutzt.

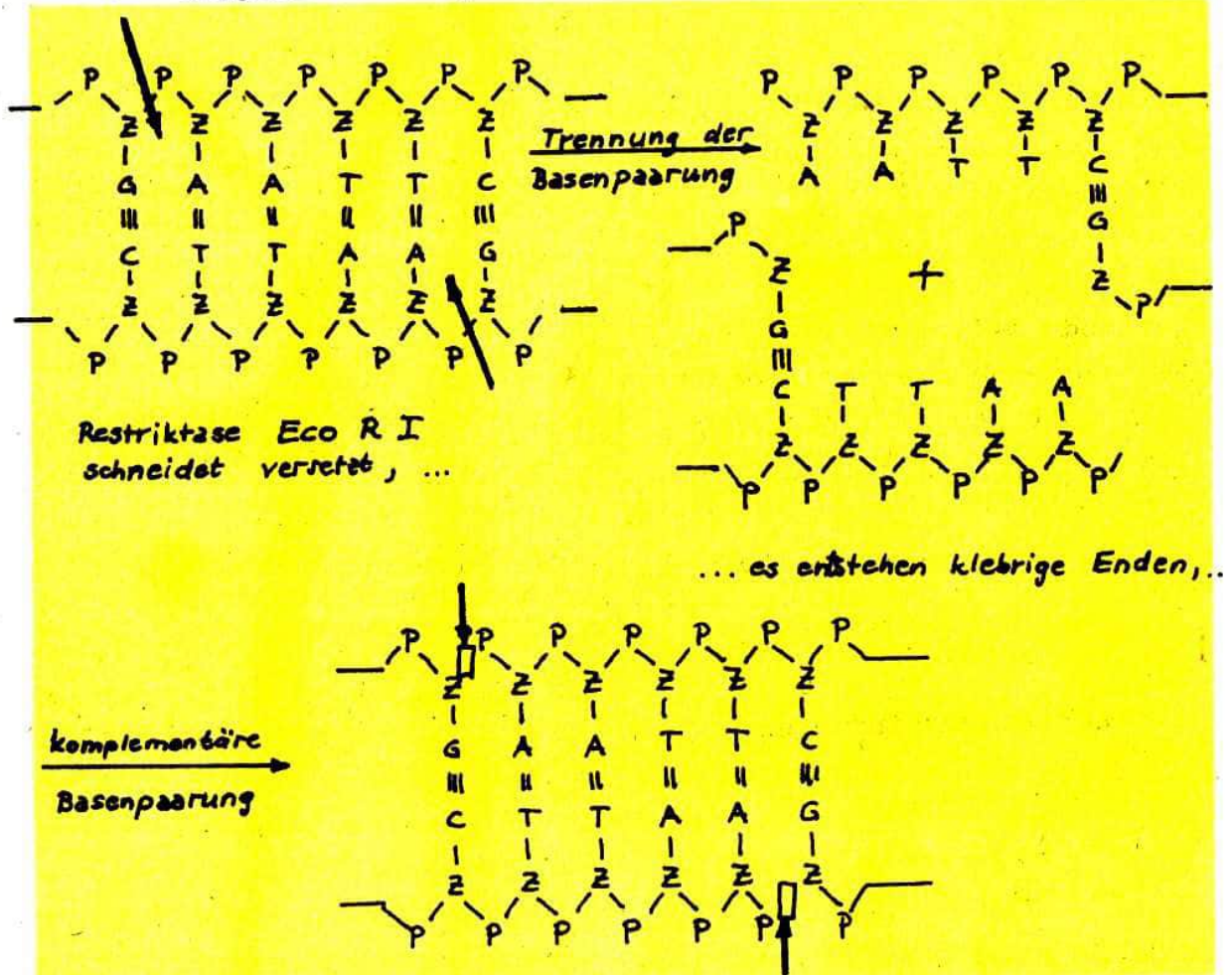
Vergleicht man dieses Schema mit 1a), dann wird deutlich, daß es sich hier nur um ein Teilsystem dessen handelt.

Restriktionsenzyme (Restriktionsendonukleasen) sind Enzyme, die die DNA (oder RNA) innerhalb der Stränge durchschneiden, das heißt, sie trennen die Bindungen zwischen den Phosphat- und Zuckermolekülen des DNA-Rückgrates. Eine Gruppe dieser Enzyme erkennt ganz bestimmte, sich mit statistischer Wahrscheinlichkeit wiederholende Basensequenzen auf der DNA und schneidet sie versetzt (Abb. 2).

Die dabei entstehenden Enden tragen komplementäre Basensequenzen und können sich auch spontan wieder zusammenlagern (Basenpaarung). Deshalb werden sie als klebrige oder kohäsive Enden bezeichnet. Wenn eine solche Zusammenlagerung erfolgt, dann müssen noch die Bindungen des Phosphat-Zucker-Rückgrates der DNA "geschlossen" werden. Diese Aufgabe realisiert ein wichtiges Enzym, die Ligase. Die DNA ist nun wieder voll funktionsfähig. Auf die Anwendung dieser Methode in der Gentechnik wird bei der Erläuterung des praktischen Beispiels eingegangen.

Als eine wichtige Aufgabe betrachteten die Molekulargenetiker die gentechnische Herstellung eines Bakteriums, das menschliches Insulin produziert. Dieses Hormon der Bauchspeicheldrüse

Abb. 2 Schematische Darstellung der Wirkung von Restriktionsenzymen am Beispiel der Restriktase Eco R I aus E.Coli.



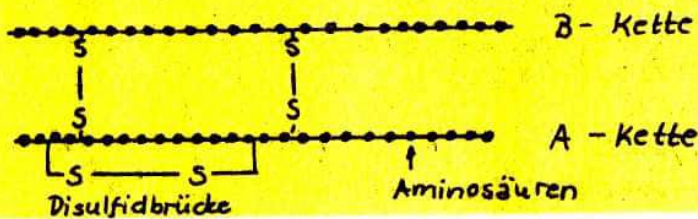
...die sich wieder zusammenlagern können.
Die Löcher im Phosphatzuckerr ckgrat
der DNA werden mit der Ligase (→)
wieder geschlossen.

hat einen wesentlichen Einfluß auf den Glucosehaushalt des menschlichen Körpers. Bei seinem Fehlen kommt es zu einer starken Anreicherung der Glucose im Blut und damit zu vielf tigen sekundären Schäden (Zuckerkrankheit). Heute gewinnt man Insulin für therapeutische Zwecke aus den Bauchspeicheldrüsen von Rindern und Schweinen. Demgegenüber wäre eine bakterielle Produktion zum einen effektiver und würde zum anderen menschliches Insulin liefern, das für den klinischen Einsatz besser geeignet ist.

Das wirksame Insulin besteht aus zwei Polypeptidketten, die über drei Disulfidbrücken zusammengehalten werden (Abb. 3).

Auf Grund dieser komplizierten Struktur kann das Hormon nicht direkt bakteriell gewonnen werden. Es ist aber möglich, beide Polypeptidstränge einzeln herzustellen. Diese werden dann auf chemischem Wege über die Disulfidbrücken miteinander verknüpft.

Abb. 3 Schematischer Aufbau eines Insulinmoleküls



Das vollständige Insulinmolekül besteht aus 2 Polypeptidketten, die über 3 Disulfidbrücken miteinander verbunden sind. Die Aminosäuresequenz beider Polypeptidketten des menschlichen Insulins ist aufgeklärt.

Aber gehen wir der Reihe nach vor. Zunächst muß das Gen des angestrebten Produktes gewonnen werden. Dazu gibt es mehrere Methoden. Im Fall des Insulins war das relativ einfach. Die Sequenzen der aus 21 bzw. 30 Aminosäuren bestehenden Ketten waren bekannt. Dieser Umstand erlaubte eine chemische Synthese der Gene entsprechend dem genetischen Code, der für alle Aminosäuren bekannt ist.

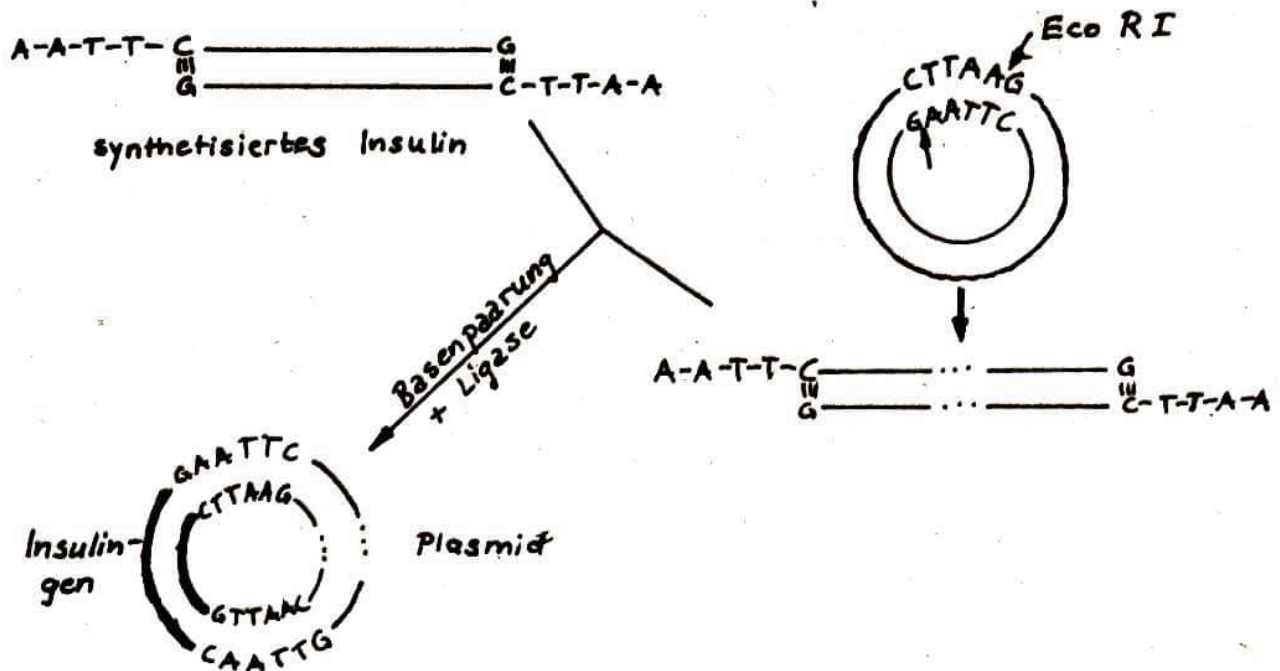
Als nächstes muß das Gen in eine Wirtszelle (in unserem Beispiel E.coli) eingeführt werden, und zwar so, daß das Gen dort vermehrt und seine Information realisiert wird. Dazu ist ein Träger- und Transportmolekül nötig. Letzteres wird auch Vektor genannt und ist in diesem Fall ein Plasmid.

Plasmide sind ringförmige DNA-Moleküle, die sich außerhalb des Bakterienchromosoms befinden und in der Lage sind, ihre Replikation selbst zu steuern. Sie sind für die Bakterienzelle nicht essentiell (nicht lebensnotwendig), tragen jedoch oft Gene, die den Bakterien zusätzliche Eigenschaften verleihen (z.B. Resistenzen gegen Antibiotika), die bei veränderten Umweltbedingungen ihr Überleben sichern können.

Aus der zukünftigen Wirtszelle (E.coli) wird nun ein geeignetes Plasmid isoliert, das als Vektor eingesetzt werden kann. Jeweils eines der auf chemischem Wege synthetisierten Insulingene muß mit dem Vektorplasmid verbunden werden. Das geschieht mit Hilfe von Restriktionsenzymen und Ligasen: Das Plasmid

wird mit einem Restriktionsenzym geschnitten und die Enden der Insulingene werden chemisch so gestaltet, daß ihre Basensequenzen denen der Schnittstellen auf dem Plasmid entsprechen (z.B. Eco R I) (Abb. 4). Die auf diese Weise erhaltenen kohäsiven (klebrigen) Enden können sich zusammenlagern. Die Lücken im Rückgrat der DNA werden mit Ligasen geschlossen (siehe Abb. 2, Abb. 4).

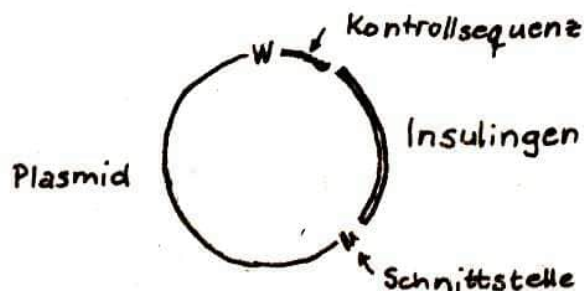
Abb. 4 Schema der Integration des chemisch synthetisierten Insulingens in ein Plasmid



Im Teil 2 des Artikels haben wir an Beispielen gesehen, daß Gene nicht beliebig aktiv sind, sondern diese Aktivität (Transkription) kontrolliert wird. Auch bei den neu eingebauten Insulingenen ist es notwendig, diese mit einer Kontrollsequenz zu versehen (in diesem Fall mit Sequenzen entsprechender Funktion eingebaut). Damit ist ein funktionsfähiger Vektor hergestellt, der eines der beiden Insulingene mit vorgeschalteter Kontrollsequenz und die für die Eigenreplikation des Plasmids verantwortlichen Gene enthält (Abb. 5). Dieser Vektor wird durch den Prozeß der Transformation in den Wirt eingeführt (Transformation bedeutet Aufnahme freier, in der Lösung vorkommender DNA, z.B. von Plasmiden, durch die Bakterienzellen und stabile funktionelle Integration dieser DNA in die Zell-DNA), und dann kann die Realisierung der Information dieses Gens vom Experimentator ausgelöst werden. Damit ist die Zelle in der

Lage, eine der beiden Polypeptidketten des Insulins zu synthetisieren. Bevor es aber tatsächlich so weit ist, muß folgendes Problem gelöst werden: Weder der Geneinbau noch die Transformation laufen mit einer Wahrscheinlichkeit von 100 % ab. Deshalb müssen die Zellen, die ein Plasmid mit dem eingebauten Gen enthalten, erst aus vielen anderen herausgesucht werden. Das ist einfach für Gene, die für Enzyme kodieren. Mit bestimmten Tests kann die Enzymwirkung sichtbar gemacht werden. Komplizierter ist es in unserem Fall, hier gibt es kein direktes Testsystem. Man muß die Eigenschaften des Plasmids für den Nachweis der Insulingene verwenden. Das Plasmid enthält 2 Gene für die Resistenz gegen 2 Antibiotika (I und II). Bakterien, die dieses Plasmid tragen, sind resistent gegen die Antibiotika und wachsen deshalb auf Nährböden, die dieses enthalten. In einem der Resistenzgene (z.B. gegen Antibiotikum II) befindet sich die Schnittstelle der Restriktase. Hier wird wie oben beschrieben, das Insulin eingebaut. Dabei geht die Funktion des Resistenzgens verloren. Der Träger dieses Plasmids ist dadurch nur gegen Antibiotikum I resistent und kann so von allen anderen plasmidtragenden Zellen unterschieden werden, die das gewünschte Hybridplasmid (Vektor + Insulingen) nicht enthalten (Abb. 6).

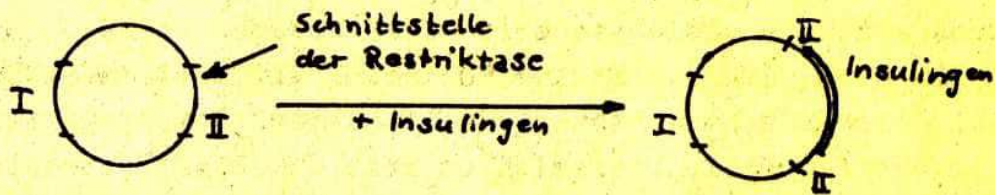
Abb. 5 Aufbau des Vektorplasmids für die Insulingenübertragung



Das Vektorplasmid enthält nicht nur das Insulingen, sondern zusätzlich noch Gene, die eine Induktion des Insulingens und eine Replikation des Plasmids ermöglichen.

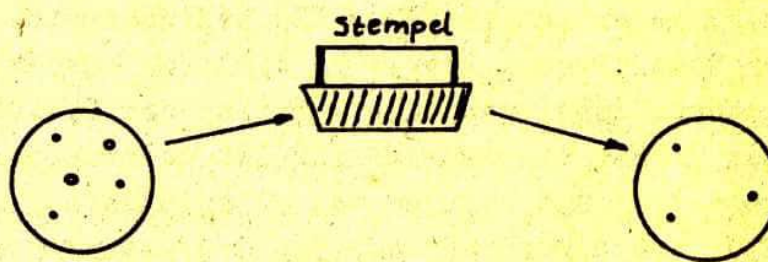
Resultat unserer Anstrengungen sind jetzt zwei Bakterienstämme, die jeweils eine Kette des Insulins produzieren. Die Insulinketten werden aus den Kulturen isoliert und mittels chemischer Verfahren zusammengefügt. Somit wurde menschliches Insulin mit Hilfe des Bakteriums *E. coli* hergestellt.

Abb. 6 Schematische Darstellung der Auffindung von E.coli-Zellen, die das Insulingen enthalten



Das Plasmid trägt die Gene für die Resistenz gegen Antibioticum I und II.

Das Gen für die Resistenz gegen Antibioticum II wurde zerteilt und ist damit unwirksam.



Hier wachsen Bakterien, die eines der oben dargestellten Plasmide enthalten, bei beiden ist das Gen für Resistenz gegen Antibiotikum I funktionsfähig.

Hier wachsen nur Bakterien, die ein Plasmid enthalten, dessen Resistenzgen gegen Antibiotikum II noch funktionsfähig ist.

Der Vergleich der Platten läßt unschwer die gesuchten Bakterien erkennen.

Die Aufgabe der Gentechnik ist damit erfüllt. Da es hier aber um die technische Nutzung der konstruierten MO geht, müssen noch zwei weitere Probleme genannt werden. Erstens ist der neu-konstruierte MO meist nicht produktiv genug für seinen Einsatz

in der Industrie. Es muß sich folglich eine Optimierung anschließen, die mit den schon beschriebenen Methoden (Teil 1 und 2) durchgeführt wird. Zweitens ist auch die Genübertragung ein Eingriff in das innere Gleichgewicht des Organismus, insbesondere in seinen Energiehaushalt, der durch die neue, in großen Mengen produzierte Substanz stark in Anspruch genommen wird. Es kann geschehen, daß der MO durch Mutation das Plasmid verliert. Das würde dazu führen, daß er dann wieder mehr Energie für seine Vermehrungsprozesse zur Verfügung hat und schneller als der Produktbildner wachsen kann. Das eingesetzte Substrat würde damit in Biomasse der Mutante und nicht in Produkt umgewandelt. Durch geeignete Maßnahmen müssen solche Vorgänge ausgeschlossen werden.

Das folgende Beispiel soll die Effektivitätsreserven zeigen, die mit Hilfe der Gentechnik erschlossen werden können.

Im Jahre 1977 gelang, ähnlich wie oben beschrieben, in den USA die erste gentechnische Herstellung eines Bakteriums, das eine bakterienfremde Substanz - das Somatostatin - ein Säugetierhormon - bildet. Dabei wurden aus 8 l bewachsener Nährbrühe 5 mg dieser Substanz isoliert. Der Entdecker des Somatostatins mußte 50 000 Schafhirne aufarbeiten, um zu dieser Menge zu gelangen. Viele weitere Produkte konnten in der letzten Zeit mit gentechnisch veränderten MO gewonnen werden: Interferone, Impfstoffe gegen Gelbsucht, Maul- und Klauenseuche, Cholera, die Aminosäure Threonin. An der bakteriellen Produktion einer Vielzahl anderer Produkte wird zur Zeit gearbeitet.

Wenn wir uns noch einmal alle in diesen drei Teilen beschriebenen Methoden ansehen, dann werden wir unschwer feststellen, daß die Gentechnik nur eine von mehreren Möglichkeiten ist, die Erbsubstanz zielgerichtet zu beeinflussen. Und dennoch stellt sie etwas grundsätzlich Neues gegenüber diesen anderen Verfahren dar. Sie erlaubt, mit den molekularen Grundlagen des Lebens, Organismen mit neuartigen Eigenschaften zu konstruieren, mit dem genetischen Informationsverarbeitungssystem umzugehen. Das ist wichtig, erstens für das Verständnis des Lebens überhaupt und zweitens eröffnen sich neue Möglichkeiten, biologische Prozesse für die Produktion und damit die Befriedigung menschlicher Bedürfnisse nutzbar zu machen.

Diese positiven Beispiele dürfen aber die Gefahren nicht vergessen lassen, die bei der Arbeit mit so grundsätzlichen Lebensphänomenen verbunden sind. Mitte bis Ende der 70er Jahre gab es hierzu in den USA (hier haben sich die Hauptentwicklungen vollzogen) heftige Diskussionen unter Einbeziehung der Öffentlichkeit. Es ging hauptsächlich um Probleme, die aus Unfällen in der Forschung hervorgerufen werden könnten. Man stellte sich beispielsweise eine unkontrollierte Ausbreitung von Bakterien vor, denen Krebsgene eingebaut wurden. Da biologische Systeme selbstvermehrnde Systeme sind, wäre ein Prozeß der Ausbreitung dieser Bakterien kaum aufzuhalten. Im Ergebnis dieser Diskussion wurde ein Bakterienstamm entwickelt, der durch vielfache Mutationen außerhalb des Labors nicht mehr überleben kann. Damit scheint das Problem gelöst, jedoch steht die massenhafte Anwendung der Gentechnik zur Herstellung von MO mit vorher bestimmten Eigenschaften noch bevor, wodurch das Problem sich auf einer anderen Stufe darstellt.

Die Kommerzialisierung solcher zukunftssträchtiger Wissenschaftszweige ist im Kapitalismus sehr ausgeprägt. Große Monopole schaffen eigene Forschungslabors, wenn es darum geht, neue, absetzfähige Produkte zu entwickeln. Das trifft auch für die Gentechnik zu. Der dabei entstehende scharfe Konkurrenzkampf bringt zusätzliche Risiken hervor.

Eine andere, schlimmere Variante, wäre der bewußte Mißbrauch dieser Erkenntnisse durch kapitalistische Staaten zur Aufrechterhaltung ihrer überlebten Gesellschaftsordnung. Die Konstruktion hochpathogener MO für die biologische Kriegsführung wäre nur ein Beispiel von vielen.

Wie die vorangegangenen Bemerkungen zeigen, wird mit zunehmendem Einblick in die Gesetze der Natur die Verantwortung der Wissenschaft gegenüber ihren Resultaten immer größer. Die Wahrnehmung dieser Verantwortung muß zu den Prinzipien der Gesellschaftsordnung werden, in der die Wissenschaft betrieben wird. Eine solche Zielstellung und ihre Durchsetzung ist heute nur im Sozialismus erkennbar.

3. Nachtrag

In den drei Teilen des Artikels habe ich versucht darzustellen, wie sich die mikrobielle Stoffproduktion, vor allem von Sekundärmetaboliten, in den letzten 40 Jahren entwickelt hat. Das

war kein einfacher, geradliniger Prozeß, der zu immer höherproduzierenden MO führte. Vielmehr gab es dabei Stagnation und Rückschläge. Neue Methoden wurden entwickelt, die alten blieben aber in bestimmten Grenzen gültig. Erkenntnisse der Grundlagenforschung, die geholfen hätten, Probleme zu lösen, mußten in weiteren aufwendigen Untersuchungen erst für den breiteren Einsatz nutzbar gemacht werden. Im Vordergrund standen natürlich die unmittelbar angewandten Methoden, denn ihre Beherrschung ist die elementare Voraussetzung für die Arbeit mit dem MO überhaupt.

Literatur:

- siehe Artikel Nr. 2, Heft
- Piechoki, R., "Genmanipulation Frevel oder Fortschritt?" Leipzig, 1983.
- Meyers Taschenlexikon "Molekularbiologie" Leipzig, 1974.



Ein fauler Arsch und ein warmes Bett
Lassen nicht gern voneinander.

»Deutsches Sprichwörter-Lexikon. Ein Hausschatz
für das deutsche Volk« von
Karl Friedrich Wilhelm Wander (1803-1879)

BÜCHERMARKT

Dieter Ullmann

„Ernst Florens Friedrich Chladni“

Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner

Bd. 65, BSB B. G. Teubner-Verlagsgesellschaft, Leipzig.

1. Aufl. 1983, 76 S., 10 Abb.

Gewöhnlich wird die 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts als die Zeit betrachtet, in der sich eine Revolution des naturwissenschaftlichen Denkens anbahnte. Denkt man an die Entstehung des Darwinismus oder die Entdeckung des Energieerhaltungsprinzips oder an die Aufstellung des Periodensystems der Elemente, so scheint uns dies die obige Behauptung zu bestätigen. Und dennoch gab es auch in der Generation davor, etwa zu Goethes Zeiten, Naturwissenschaftler, die völlig zu Unrecht der Vergessenheit anheim gefallen sind. Zu ihnen gehört E.F.F. Chladni mit seinen grundlegenden Arbeiten auf akustischem Gebiet (Chladnische Klangfiguren von 1787) und seinen Forschungen und Publikationen über Meteoriten (seit 1793).

Diesen Physiker auf 76 Seiten in einer Kurzbiographie gewürdigt zu haben, ist das Verdienst von Dr. Dieter Ullmann, Berlin. Er stand bei der Abfassung des 65. Bändchens aus der Teubner-Biographie-Serie mit namhaften Wissenschaftlern in Verbindung und konnte so außer den einzelnen Lebensstationen eines weitgereisten Naturforschers (Wittenberg, Leipzig, Berlin, Göttingen, Petersburg, Paris, Bologna, Florenz, Venedig u.a.) auch dessen Lebenswerk in seinen wichtigsten Punkten umreißen.

Das Studium der Schrift lohnt sich für alle physikalisch und astronomisch interessierten Schüler und Studenten.

Aber auch wer sich für altertümliche Musikinstrumente wie das Euphon oder den Clavicylinder begeistert, findet dort außergewöhnliche Einzelheiten.

Wolfgang König

Die Leistungsfähigkeit unserer heutigen Mikroskope haben wir zum großen Teil den Forschungen Abbes über die Bildentstehung zu verdanken. Er erkannte die Zusammenhänge, wie das durch ein Mikroskop entworfene Bild durch Beugung und Interferenz entsteht und konnte damit die Grenzen erkennen, die einem Mikroskop gesetzt sind. An den Begriffen der Beugung und Interferenz sieht man, daß wir es bei der Abbeschen Bildentstehungstheorie nicht mit einer geometrisch-optischen Theorie, sondern mit einer wellenoptischen zu tun haben. Es sei gleich zu Anfang erwähnt, daß die Abbesche Bildentstehungstheorie nur auf nicht selbstleuchtende Objekte angewendet werden kann. Bei der Abbildung von Selbstleuchtern dagegen muß man sich der Airyschen Theorie bedienen, auf welche aber hier nicht eingegangen werden soll (Selbstleuchter ist z.B. ein Lumineszenzpräparat).

Für die mikroskopische Praxis ist es nicht notwendig, die Bildentstehungstheorie in all ihren recht komplizierten Einzelheiten zu kennen. Der Benutzer des Mikroskopes sollte jedoch über die Grundzüge der Bildentstehung Bescheid wissen, um z.B. die Bedeutung der Apertur eines Objektivs oder der Aperturblende zu erkennen; denn wie wir später sehen werden, hängt gerade die objektgetreue Abbildung von der Apertur ab. Die Frage nach dem Einfluß der Apertur auf das Auflösungsvermögen eines Mikroskopes kann von der wellenoptischen Abbildungstheorie beantwortet werden, nicht aber von der geometrischen Optik.

Ferner ist die Kenntnis der Abbeschen Bildentstehungstheorie für das Verständnis des Phasenkontrast-Verfahrens unbedingt notwendig.

Licht als Welle

Die Lichtwelle hat mehrere Bestimmungsgrößen. Den Abstand von aufeinanderfolgenden gleichen Schwingungszuständen bezeichnet man als die Wellenlänge λ , die maximale Schwingungshöhe als Amplitude a , die Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit u und die Anzahl der Schwingungen in der Zeiteinheit, d.h. die Frequenz, mit ν . Das Auge nimmt die verschiedenen Wellenlängen des sichtbaren Lichtes als bestimmte Farben wahr, z.B. entspricht grün einer Wellenlänge von etwa 550 nm. Die Amplitude a dagegen ist immer maßgebend für die Helligkeit des Lichtes, oder wenn man es genauer ausdrückt, ist der von der Welle transportierte Energiestrom N proportional dem Quadrat der Amplitude

$$N \sim a^2.$$

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit u der Welle hängt nun aber von dem Medium ab, in welchem sie sich fortpflanzt. Es gilt dabei in verschiedenen Medien mit den Brechzahlen n bzw. n' :

$$n \cdot u = n' \cdot u' \quad (1)$$

Setzt man nun $n' = 1$ (Brechzahl des Vakuums) und $u' = c$ (Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Vakuum $c = 3 \cdot 10^5$ km/sec), so erhält man:

$$u = \frac{c}{n} = \frac{1}{n} \cdot c, \quad (2)$$

d.h., die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in einem Medium ist um den Faktor $1/n$ kleiner als im Vakuum. Weiterhin besteht zwischen u , ν und λ die Beziehung

$$u = \nu \cdot \lambda \quad (3)$$

Durch Verbindung der Formeln (1) und (3) ergibt sich dann, da die Frequenz in den beiden Medien gleich sein muß:

$$n \cdot \lambda = n' \cdot \lambda' = \lambda_{\text{Vakuum}} \quad (4)$$

Diese letzte Beziehung (4) werden wir später noch benötigen.

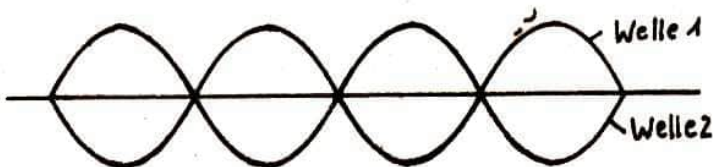
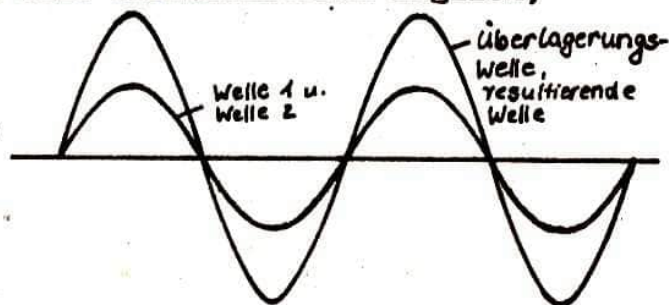
Interferenz

Wird eine Welle von einer zweiten, welche die gleiche Wellenlänge besitzt, überlagert, so kann Interferenz auftreten. Dabei entsteht eine resultierende Welle, die sich aus der Addition der einzelnen Wellen ergibt. Damit eine stationäre Interferenzerscheinung (Interferenzerscheinung über längere Zeit) auftritt, müssen die beteiligten Lichtwellen kohärent sein. Es müssen also die zur Interferenz zu bringenden Lichtwellen aus einer Lichtquelle stammen. Da aber das Licht von einzelnen voneinander unabhängigen Atomen ausgestrahlt wird, können kohärente Wellen nicht aus zwei verschiedenen Lichtquellen entstammen, sondern die Wellen einer Lichtquelle müssen durch Beugung oder Spiegelung in kohärente Wellenzüge zerlegt werden.

Die resultierende Welle, die durch Interferenz entsteht, kann ganz verschieden ausfallen. Dabei treten zwei Grenzfälle auf, und zwar so, daß einmal eine maximale Verstärkung (Abb. 1) und zum anderen eine vollkommene Auslöschung auftritt (Abb. 3), wenn die Amplitude der beiden Grundwellen gleich sind, d.h., die Helligkeit wird erhöht bzw. es tritt Dunkelheit auf. Im ersten Fall sind die beiden Wellen "in Phase", im zweiten um $\frac{\lambda}{2}$ (d.h. um eine halbe Wellenlänge) gegeneinander verschoben. Zwischen diesen Grenzen sind alle Zwischenstufen möglich, wie z.B. Abb. 2 eine zeigt.

Addition der Amplituden

Abb. 1

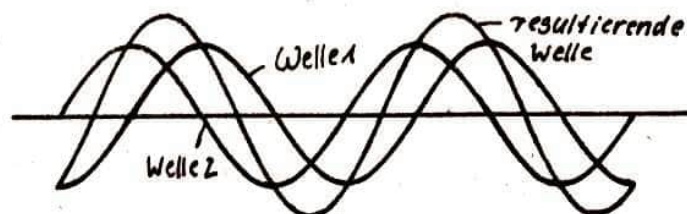


Auslöschung

Abb. 3

mögliche Zwischenstufe

Abb. 2



Beugung am Spalt

Bringt man in einen Strahlengang eine Blende mit einem relativ breiten Spalt, so entsteht hinter der Blende ein Schatten, der durch den geometrischen Strahlenverlauf begrenzt ist. Bei genauerer Beobachtung werden diese geometrischen Grenzen jedoch vom Licht überschritten (Abb. 5). In diesem Fall spricht man von Beugung. Man beobachtet im Schattenraum nicht eine gleichmäßige Helligkeit, sondern es entstehen parallel zur Spaltblende helle und dunkle Streifen, die sog. Beugungsmaxima (helle Streifen) und Beugungsminima (dunkle Streifen). Macht man den Spalt enger, so werden die Abstände zwischen den einzelnen Maxima größer, sie fächern also weiter auseinander.

Beobachten kann man diese Beugungsmaxima folgendermaßen: Man stellt in einiger Entfernung von dem Spalt, der mit parallelem Licht beleuchtet wird, einen Schirm auf, auf dem man die hellen Streifen bei geeigneter Spaltbreite deutlich erkennen kann. Abb. 4 zeigt die Aufnahme eines Beugungsbildes. Die Helligkeit der einzelnen Beugungsmaxima nimmt sehr schnell von der Schattengrenze aus ab.

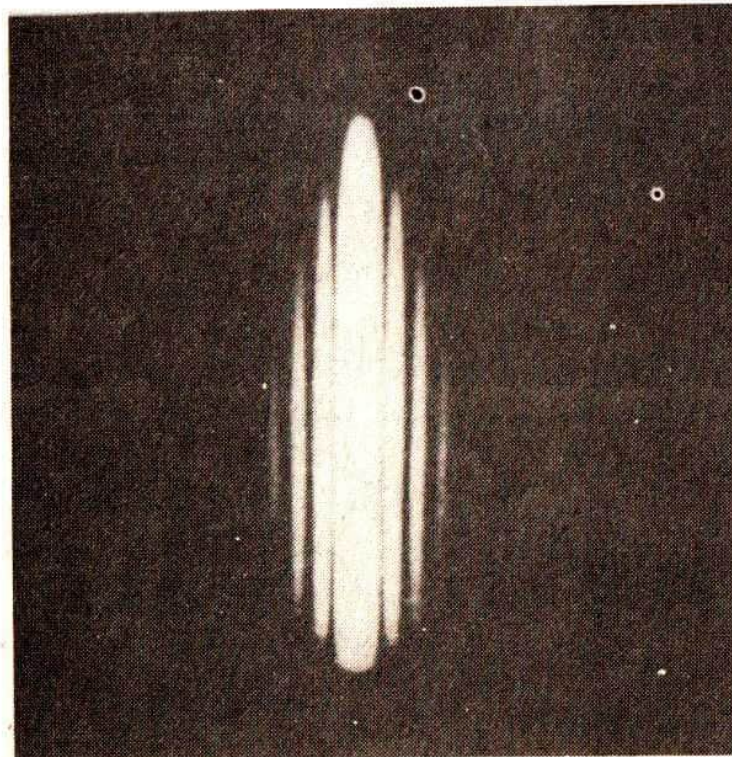


Abb.4

In den Zeichnungen sind die Wellen als Stellen eines gleichen Bewegungszustandes, also als Wellenfronten, angedeutet.

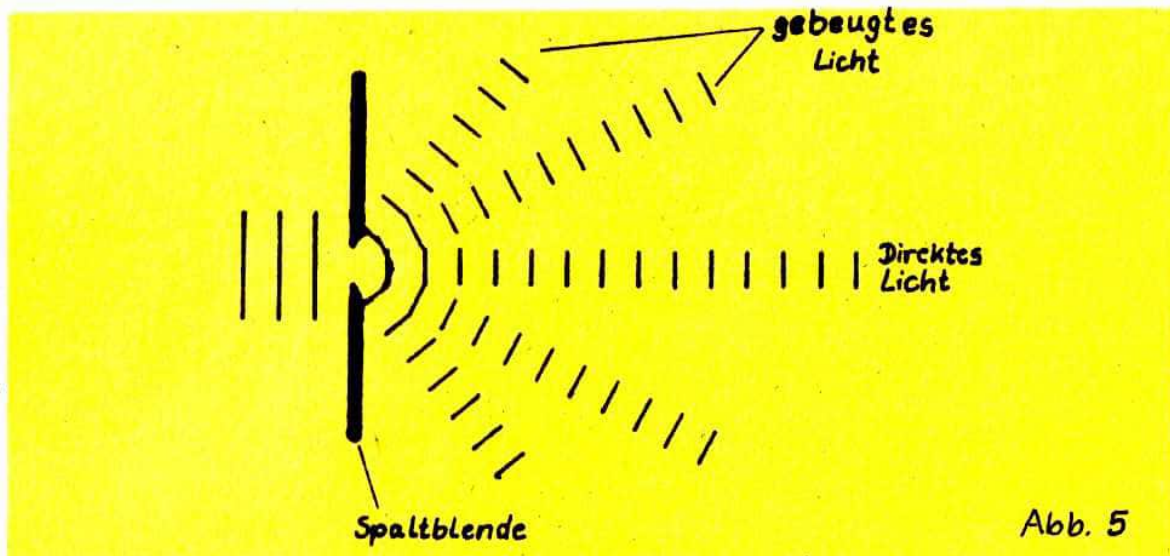


Abb. 5

Beugung am Gitter

Verwendet man anstelle der Spaltblende eine Blende mit vielen Spalten, bei der die Spalten gleichen Abstand voneinander haben, also ein Gitter, so wird die Beugung noch deutlicher sichtbar. Die Richtung der dabei auftretenden Hauptmaxima ist gegeben durch

$$\sin \alpha_z = z \cdot \frac{\lambda}{d}; \quad (5)$$

$$(z = 0, \pm 1, \pm 2, \dots)$$

wobei α_z die Winkel zwischen der Richtung des durch das Gitter ungebeugt hindurchfallenden und des durch das Gitter gebeugten Lichts bedeutet (Abb. 6). λ ist die Wellenlänge des benutzten Lichtes und d die Gitterkonstante, d.h. der Abstand zweier entsprechender Punkte von aufeinanderfolgenden Spalten. Läßt man jetzt das Licht durch Luft ($n' \approx 1$; $\lambda' \approx \lambda_{\text{Vakuum}}$) auf das Gitter fallen und bringt hinter dem Gitter ein Medium der Brechzahl n an, so ändert sich (5) wegen (4) ab zu

$$\sin \alpha_z = z \cdot \frac{\lambda_{\text{Vakuum}}}{n \cdot d} \quad (6)$$

Die Wellen dieser einzelnen Beugungsmaxima sind kohärent, sie besitzen also die Fähigkeit, bei Überlagerung sichtbare Interferenzbilder zu erzeugen.

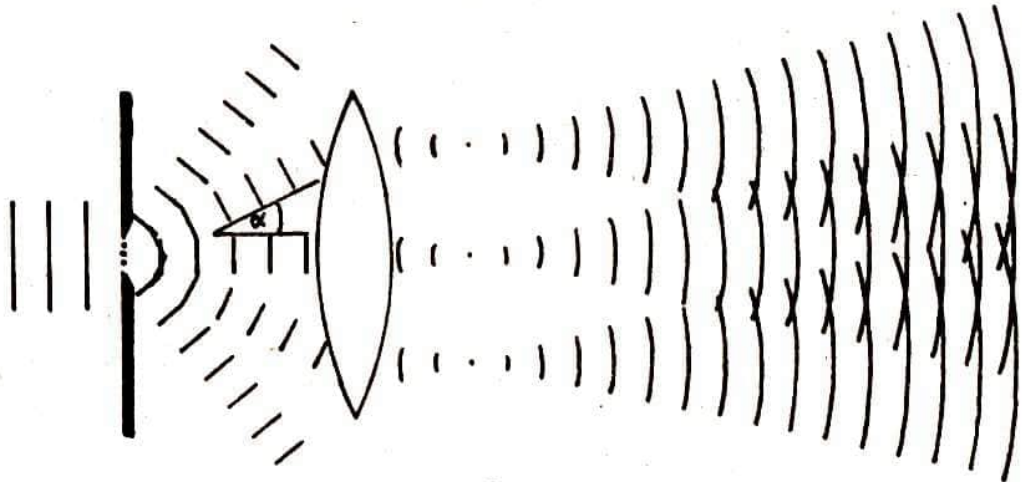


Abb. 6

Die Abbesche Bildentstehungstheorie

Die Abbesche Bildentstehungstheorie (aufgestellt 1873) wendet die Begriffe der Beugung und Interferenz, die damals bereits bekannt waren, sinnvoll auf den Spezialfall des Mikroskops an. Der Einfachheit halber wollen wir die Abbildung eines eben erwähnten Gitters durch ein Objektiv erläutern. Wir stellen uns in größerer Entfernung von dem Gitter eine Lichtquelle auf, so daß wir mit hinreichender Genauigkeit sagen können, daß die auf das Gitter auftreffenden Lichtwellen parallel sind. Am Gitter tritt jetzt die uns bekannte Beugung auf (Abb. 6). Die Strahlenbündel, die das Gitter in den durch Gleichung (6) gegebenen Richtungen α_z verlassen, treten nur teilweise in das Objektiv ein. Die Anzahl der Maxima, die überhaupt in das Objektiv eintreten können, ist durch die Öffnung des Objektivs beschränkt. Da das Licht der verschiedenen Maxima in sich jeweils parallel ist, denn es wurde parallele Beleuchtung vorausgesetzt, wird es in je einem Punkt der hinteren Brennebene F des Objektivs vereinigt. Es entstehen dort die sog. Beugungsbilder der Lichtquelle. Die Reihe der Beugungsbilder liegt senkrecht zu den Spalten des Gitters. Das in Richtung des einfallenden Lichts entstehen Beugungsbild wird als Maximum nullter Ordnung, die rechts und links davon liegenden werden mit $\pm 1.$, $\pm 2.$ usw. Ordnung bezeichnet, was in Formel (6)

$z = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$ entspricht.

Der Abstand p zweier Beugungsbilder in der hinteren Brennebene ist gegeben durch

$$p = f \cdot \frac{\lambda}{d} \quad (\text{für kleine Winkel } \alpha_2). \quad (7)$$

f ist die Brennweite des Objektivs.

Verkleinern wir die Gitterkonstante d des Präparates z.B. um die Hälfte, so liegen die Beugungsbilder nach (7) doppelt so weit auseinander. Es ergibt sich also in der hinteren Brennebene des Objektivs ein für jedes Gitter charakteristisches Beugungsbild.

Die einzelnen von den Beugungsbildern ausgehenden Wellen sind, wie schon besprochen, interferenzfähig. Verfolgen wir nun den weiteren Verlauf der Lichtwellen. Uns interessiert jetzt die in der geometrisch-optisch festgelegten Bildebene O' entstehende Interferenz (Abb. 6). Hier überlagern sich die Wellen der einzelnen Beugungsmaxima, und zwar so, daß ein dem Objekt mehr oder weniger ähnliches Zwischenbild entsteht, das wir mit dem Okular betrachten können. Es ergeben sich Stellen, in denen die Wellen eine maximale Verstärkung, eine vollkommene Auslöschung oder irgendeine Zwischenstufe davon erleiden. Die Stellen vollkommener Auslöschung im Interferenzbild sind den lichtundurchlässigen Stellen im Objekt (Gitter) zugeordnet, diejenigen maximaler Verstärkung den lichtdurchlässigen. Wir wissen, daß das Gitter nur aus vollkommen lichtdurchlässigen und lichtundurchlässigen Bereichen besteht. Im Interferenzbild jedoch können sich auch Stellen einer Zwischenstufe befinden, die das Objekt nicht aufweist, und das ist gemeint, wenn wir vorher von einer mehr oder weniger objektähnlichen Abbildung gesprochen haben. Es ergibt sich nun, daß, je mehr Beugungsmaxima zur Entstehung des Zwischenbildes beitragen, dieses um so objektähnlicher wird. Danach ist ein vollkommen objektgetreues Bild nur dann zu erwarten, wenn sämtliche auftretenden Beugungsmaxima zur Abbildung beitragen können. Andererseits erhält man überhaupt kein Bild, wenn nur ein Maximum vorhanden ist, da dieses ja überhaupt nicht die Möglichkeit hat, von anderen Wellen überlagert zu werden: Man erhält dann ein gleichmäßig helles Gesichtsfeld. Demnach müssen mindestens zwei Maxima zur Abbildung beitragen, um ein Bild zu erzeugen. Unter Verwendung des eben Gesagten wenden wir uns im nächsten Heft dem Problem der Auflösung zu.



„Merkwürdigerweise wehren sich gerade diejenigen Menschen am meisten gegen die Abstammung vom Affen, die sich bezüglich ihrer Gehirnentwicklung am wenigsten vom Affen entfernt haben.“

(Erste Vorrede zur natürlichen Schöpfungsgeschichte Ernst Haeckel's)

68

Impuls

Schülerzeitschrift für

PHYSIK · CHEMIE · BIOLOGIE

2/85 INDEX 322004 ISSN 0232-9220 PREIS 60 Pf. 19. Jg.

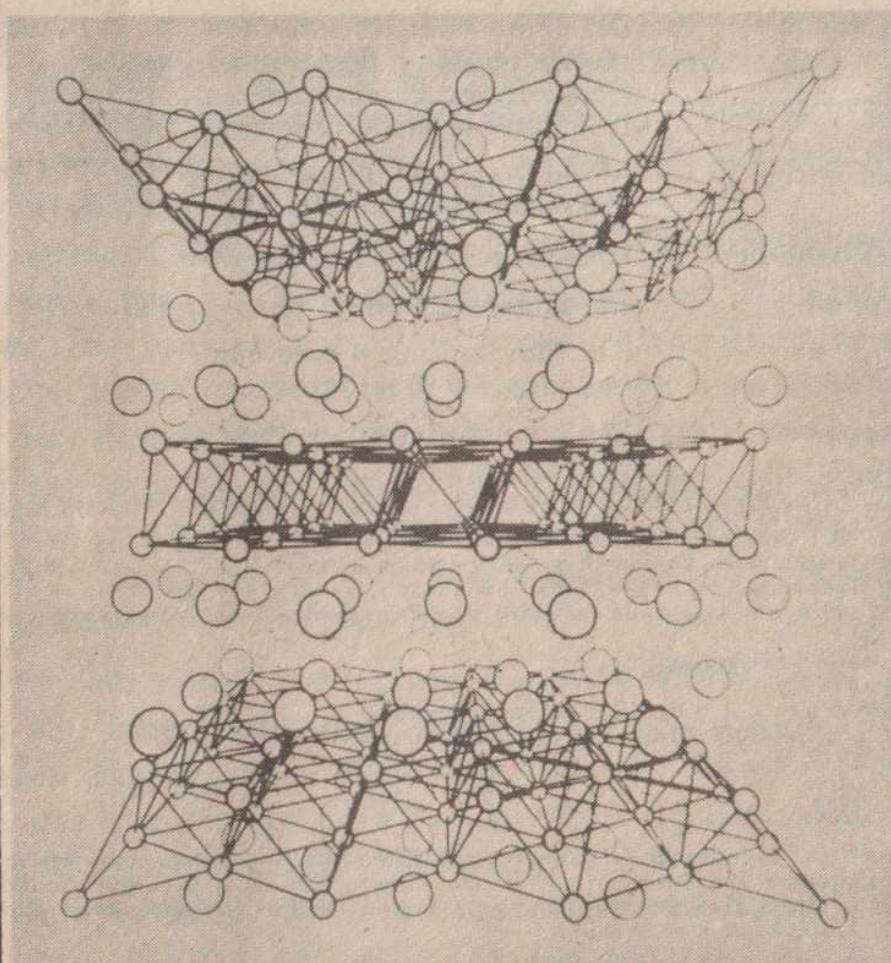
Springende
Gene



Prominente
Meteorite



Brillouin-
spektroskopie



Bildent-
stehung im
Mikroskop



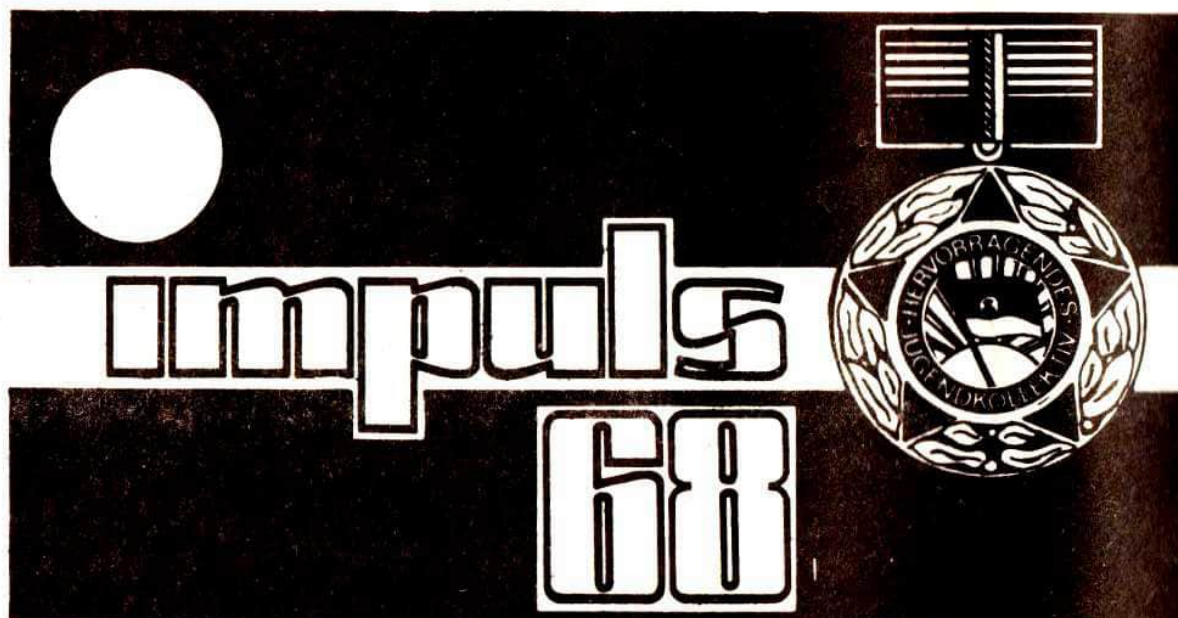
Regiert das
Chaos die
Welt?



Titelbild:
Computer-
grafik eines
Kristallgitters,
Repro: S. W.

Plasmaätzen – eine moderne Methode der Oberflächenbearbeitung

von Thomas Richter



Dr. Frank Laplace, Botrach Botsuch Carsten Kruse	Springende Gene Über ein aussichtsreiches Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung – Brillouinspektroskopie (Teil 2)	BIO PHY	3 10
Wolfgang König	Die „Prominenten“ unter den Meteoriten (Eine Betrachtung über Herkunft und Eigenschaften bekannter „Himmelssteine“)	ASTRO	18
Dr. Reinald Fischer	Alfred Werner – Begründer der klassischen Koordinationschemie (Teil 1)	CHE	25
Alexander Niehardt	Das Meter im Wandel der Zeit		
Jochen Tappert	Die Bildenstehung im Mikroskop (Teil 2)	PHY	31
Thomas Richter	Das Plasmaätzen – eine moderne Methode der Oberflächenbearbeitung	PHY, CHE	34
Michael Kaschke	Regiert das Chaos die Welt? (Teil 3)	PHY	41

impuls 68 – SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

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

Die Zeitschrift erscheint im Eigenverlag der Redaktion „impuls 68“

Anschrift der Redaktion: 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1, Telefon 2 71 22/2 17

Veröffentlicht unter der Lizenznummer 1570 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Minister-
rates der DDR.

Erscheinungsweise: zweimonatlich

Heftpreis: –,60 M

Bezugsmöglichkeiten: durch den Postzeitungsvertrieb

Satz und Rollenoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, AN (EDV) 13228

REDAKTION:

Chefredakteur: Dr. Bringfried Stecklum, stellv. Chefredakteur: Dipl.-Phys. Michael Kaschke.
Redaktionsmitglieder: Dr. Rosemarie Hild, Dr. Roland Colditz, Dr. Jürgen Sommerstein, Dipl.-
Chem. Gabi Welsch, Elke Schönheinz, Silvia Butters, Antje Schlegel, Peter Richter, Stefan
Winter, Peter Kroll, Alexander Niehardt

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

Gestaltung: Butters, Richter

Redaktionsschluß: 25. 1. 1985

Das Erbgeschehen, die Weitergabe ertspezifischer Erbanlagen an die Nachkommenschaft, ist ein dialektischer Prozeß, der auf der einen Seite die Konstanz des genetischen Informationsgehaltes garantieren muß, welche die identische Replikation (Verdoppelung) und gleichmäßige Segregation (Verteilung) der Erbanlagen sowie die Unveränderlichkeit der Informationsrealisierung einschließt, der auf der anderen Seite jedoch durch Mechanismen befördert wird, die zur Evolution, also zur erblichen Veränderlichkeit der Organismen. beitragen.

Diese, sich unter dem Einfluß des natürlichen (und durch den Menschen verursachten, künstlichen)Selektionsdrucks vollziehenden Veränderungen der Erbanlagen entstehen durch Mutationen und Rekombinationen, die in ihrer Gesamtheit den Evolutionsprozeß auf genetischer Ebene prägen.

Die Anschauungen von der Veränderlichkeit der Erbanlagen erhielten neue Impulse durch die Entdeckung von DNS-Elementen, die natürliche Bestandteile des Genoms eukaryotischer und prokaryotischer Organismen sind und sich durch eine relativ freie Beweglichkeit innerhalb des Genoms eines Organismus, aber auch zwischen den Genomen verschiedener Organismen (z.B. zwischen Zellen von *Streptococcus faecalis*, eines darmbesiedelnden Mikroorganismus) auszeichnen. Von dieser Eigenschaft her rührt auch ihre Bezeichnung als 'springende Gene'.

Eingeleitet wurde die Entdeckung der springende Gene durch die Arbeiten von Barbara McClintock Ende der vierziger Jahre am Mais, deren fundamentale Bedeutung 1983 mit der Verleihung des Nobelpreises für Physiologie und Medizin an die jetzt bereits 82jährige Wissenschaftlerin gewürdigt wurde.

McClintock wies nach, daß die Chromosomen des Mais mobile genetische Elemente aufweisen, die innerhalb eines Chromosoms

und zwischen verschiedenen Chromosomen verlagert werden können. Diese Verlagerungen äußern sich phänotypisch unter anderem als Mutationen, die dadurch entstehen, daß die Aktivitäten solcher Gene, die in der Nachbarschaft der mobilen DNA-Sequenzen liegen, bis hin zu ihrer völligen Blockierung beeinflusst wird.

Später wurden auch in anderen höheren Organismen (*Drosophila melanogaster*, verschiedene höhere Pflanzen) und besonders bei Bakterien viele transponierbare Elemente entdeckt, die mehrere praxisrelevante Eigenschaften vermitteln. Im folgenden sollen einige dieser mobilen DNA-Elemente vorgestellt werden, die als Bestandteil des bakteriellen Genoms identifiziert werden konnten.

Nach ihrem Aufbau und den von ihnen vermittelten Eigenschaften unterscheidet man bei den transponierbaren DNA-Elementen Insertionssequenzen (IS-Elemente), Transposons (Tn) und einige temperente Bakteriophagen mit den Eigenschaften springender Gene (z.B. Phage Mu). Dem Sprung dieser Elemente von einem Ort der DNA an einen anderen geht ihre autonome Replikation (Verdoppelung) voraus, so daß nach dem Sprung sowohl an der alten als auch an der neuen Stelle das Element vorhanden ist.

Eine Übersättigung des Genoms mit springenden Gensequenzen wird dadurch verhindert, daß das transponierbare DNA nicht an beliebige Stellen des Genoms verlagert wird, sondern bevorzugte Integrationsbereiche bestehen. Ob außerdem noch übergeordnete Regulationsmechanismen hier wirksam sind, ist bisher unbekannt.

Wie sind transponierbare DNA-Elemente konstruiert?

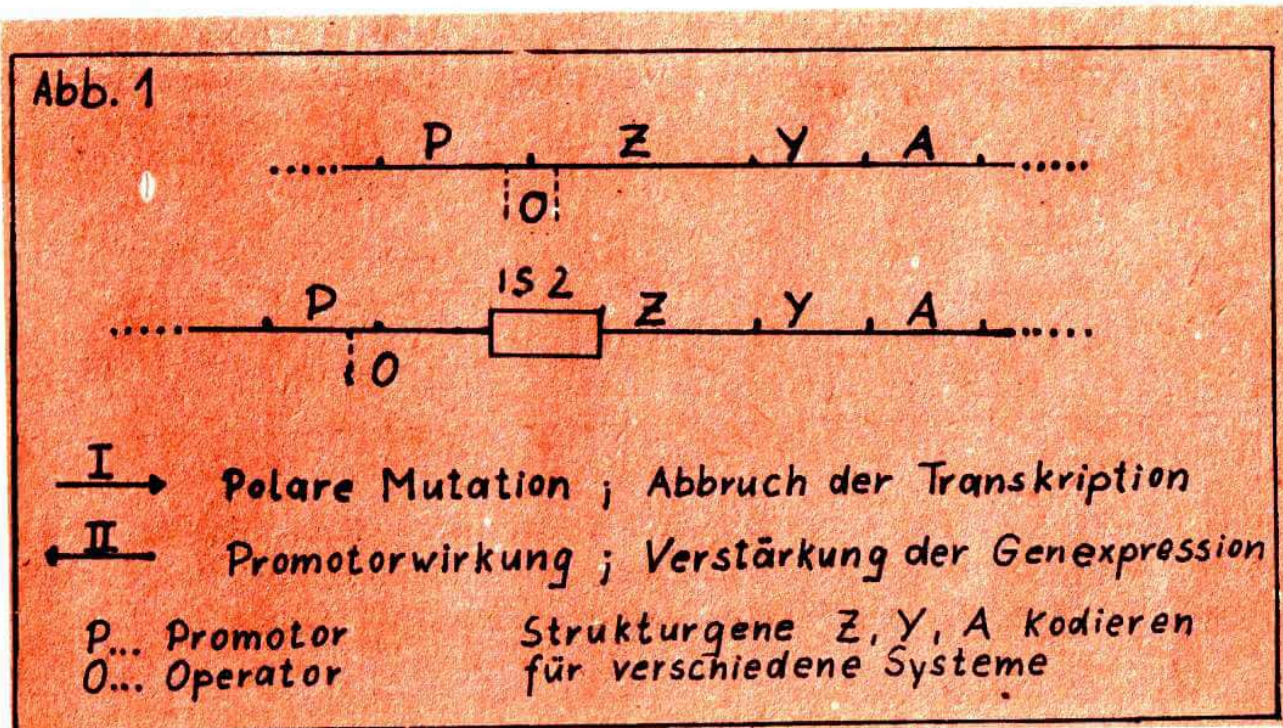
Die IS-Elemente überschreiten in ihrer Länge gewöhnlich nicht 2000 Basenpaare (bp) und werden an verschiedenen Stellen des Kernäquivalents (Chromosom), der F- und R-Plasmide und der DNA von Phagen gefunden. Viele von ihnen zeichnen sich dadurch aus, daß sie an einem Ende mehrere Basenpaare aufweisen, die invertiert (seitenverkehrt) auch am anderen Ende vorkommen (inverted repeats; IR). Diese IR-Sequenzen sind offenbar Erkennungsorte für die Enzyme, die den Sprung der Elemente steuern.

Eine wichtige Funktion besitzen IS-Elemente bei der Konjugation der Bakterien, einem parasexuellen Prozeß, bei dem genetisches Material (Plasmid-DNA oder Plasmid-DNA und Teile des Kernäquivalents) von einer Donorzelle auf eine Rezipientenzelle übertragen wird. Hier vermitteln sie z.B. bei *E.coli* die

Einrekombination der Fertilitätsplasmide (F-Faktoren) in das Chromosom der Donorzelle, indem sie homologe DNA-Bereiche schaffen (Bereiche mit identischer Basensequenz), welche die Rekombination ermöglichen. Die Zelle wird dadurch in die Lage versetzt, während eines Konjugationsereignisses mit hoher Effizienz genetisches Material in eine Rezipientenzelle zu überführen, in der wieder Rekombinationsereignisse stattfinden können.

Aus diesem Beispiel wird bereits die Bedeutung der transponierbaren Elemente für die Evolution durch die Beförderung der Veränderlichkeit der Erbanlagen durch die Erhöhung der Rekombinationsfrequenz deutlich.

Eine weitere Eigenschaft der IS-Elemente besteht darin, daß sie die Aktivität der Gene beeinflussen, die in der Nachbarschaft des Ortes auf der DNA liegen, an dem das jeweilige IS-Element einrekombiniert ist. Besonders stark ist die Beeinflussung der Gene, die in Transkriptionsrichtung (vom IS-Element aus gesehen) liegen. Man spricht vom Auftreten polarer Mutationen. Je nach Orientierungsrichtung, in der die IS-Elemente eingebaut werden, kann dieser polare Einfluß als Promotorwirkung auftreten (Verstärkung der Genwirkung) oder aber zum Abbruch der Transkription führen (Termination; keine Genexpression). In Abbildung 1 ist dies für die Insertion von IS2 in das Lac-Operon von E.coli dargestellt.



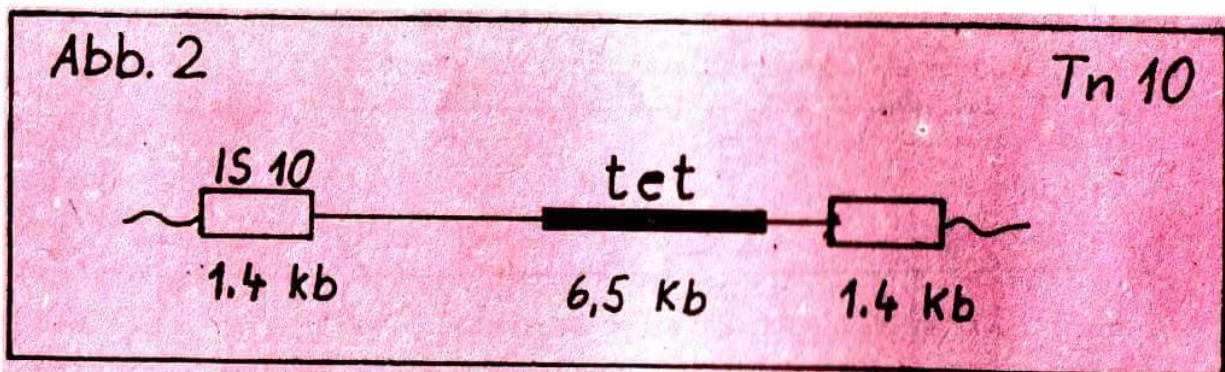
Wenn IS 2 in Orientierungsrichtung I integriert, dann erfolgt die Termination (Abbruch) der Transkription und die Struktur-gene Z, Y und A des *Lac*-Operons werden nicht wirksam (keine Synthese der Genprodukte).

Integriert IS 2 dagegen in Orientierungsrichtung II, so wird die Promotorwirkung verstärkt, was zu einer hohen Effektivität der Genexpression und damit zu einer verstärkten Bildung der Genprodukte führt.

Wie alle transponierbaren DNA-Sequenzen, so bewirken IS-Elemente außerdem noch weitere Veränderungen der DNA, indem sie solche Mutationsereignisse wie Deletionen oder Inversionen hervorrufen.

Im Unterschied zu den IS-Elementen stellen die Transposons meist längere DNA-Sequenzen dar, die zusätzliche Gene mit phänotypisch wirksamen Eigenschaften aufweisen. Diese zusätzlichen Gene kodieren in der Mehrzahl die in der klinischen Praxis überaus wichtigen Resistenzen gegen antibakterielle Substanzen (z.B. Antibiotika).

Abb. 2 zeigt den Aufbau von Tn 10, das Tetracyclinresistenz kodiert. Tn 10 ist ein Beispiel für solche transponierbaren DNA-Elemente, deren Transposition von IS-Elementen gesteuert wird. (Andere Transposons - Mitglieder der TnA-Familie - besitzen spezifische Transpositionsgene). Aus der Abbildung



Tn 10 besitzt eine Länge von 9,3 kb und wird flankiert von zwei IS-Elementen (IS 10). Zwischen den IS-Elementen befindet sich DNA mit dem Gen für Tetracyclinresistenz (*tet*).

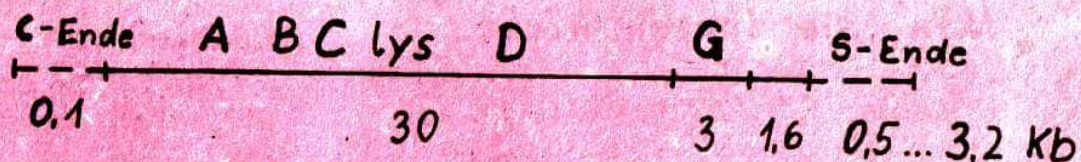
wird ein Umstand deutlich, der weitreichende Konsequenzen für die Interpretation evolutionären Geschehens in sich birgt: DNA-Sequenzen, die sich zwischen zwei IS-Elementen befinden, sind prinzipiell sprunghähig! Das bedeutet z.B., daß genetisches Material von der chromosomalen DNA auf Plasmide verlagert und im Zuge der Konjugation auf Bakterien der gleichen oder sogar anderer species übertragen werden kann.

Auf diesem Wege könnten in Frühstadien der Evolution zwischen verschiedenen Zellen vorteilhafte Stoffwechselwege ausgetauscht, ergänzt oder kombiniert worden sein. Tatsache ist, daß gegenwärtig unter dem enormen Selektionsdruck, der durch den Einsatz von Antibiotika in Veterinär- und Humanmedizin bzw. in der Tierzucht erzeugt wird, über Transposons Resistenzgene gegen die verwendeten Antibiotika schnell in Bakterienpopulationen weiterverbreitet werden und deshalb oft auf höhere Dosen zurückgegriffen bzw. auf neue Antibiotika ausgewichen werden muß.

Der als Beispiel für die dritte Gruppe der transponierbaren DNA-Elemente stehende temperente Bakteriophage Mu zeichnet sich dadurch aus, daß er im Gegensatz zu IS und Tn praktisch an fast allen Stellen in das bakterielle Chromosom zu integrieren vermag. Liegt sein Einbauort in einem Gen, so fällt die Expression dieses Gens (oder mehrerer Gene) aus (Abbruch der Transkription) und es treten verschiedene Mutanten auf. Beim Auskombinieren des Phagen aus dem Chromosom können bakterielle DNA-Abschnitte in das Phagengenom eingebaut werden, wodurch Deletionsmutanten entstehen.

Abb. 3 zeigt den schematischen Aufbau der DNA des Phagen Mu.

Abb. 3



Mu-DNA ist doppelsträngig und etwa 37-38 kb lang. An den Enden des Genoms (c-Ende, s-Ende) kann bakterielle Wirts-DNA in das Phagengenom eingebaut werden (100 bp am C-Ende, 500-3200 bp am S-Ende). Dazwischen befinden sich verschiedene genetische Bereiche (A,B,C, lys,D), darunter auch Bereich G, der in verschiedenen Orientierungen vorliegen kann und an seinen Enden von zwei IR-Regionen begrenzt wird (30 bp).

Neben ihrer Bedeutung für das evolutionäre Geschehen sind transponierbare Elemente unentbehrliche Werkzeuge für die Gentechniker geworden. Auf diese Problematik wurde bereits in früheren Beiträgen eingegangen, auf die hiermit verwiesen sei.



„Nein, sie tanzen nicht.“

(H.Bühner)

Wissenswertes:

Pilze als Rindenbranderreger

Die Pilze bilden eine eigene, sehr vielgestaltige und artenreiche Abteilung des Organismenreiches. Gemeinsam ist ihnen die heterotrophe Lebensweise. Das bedeutet, daß sie für das Wachstum und ihre Vermehrung organische Stoffe benötigen. Diese können durch Besiedlung toter organischer Substanzen (saphrophytisch) oder durch Befall anderer lebender Organismen (parasitisch) gewonnen werden. Unter den parasitisch lebenden Pilzen gibt es viele, die durch Befall von Kulturpflanzen großen wirtschaftlichen Schaden verursachen. Dazu zählen auch verschiedene mikroskopisch kleine Pilze, die Rindenbrandkrankheiten hervorrufen. Eine Infektion mit diesen Pilzen führt zum Absterben größerer Pflanzenteile, wie Blatttriebe und bei bestimmten Erregern auch zum Absterben der Blüten. In Abhängigkeit von verschiedenen Umweltfaktoren, wie den Anbaubedingungen (Standortverhältnisse in bezug auf Boden und Klima), der Qualität des Pflanzgutes, der Qualität von Pflegemaßnahmen (Schnitt- und Wundverschluß) und der Sortenanfälligkeit, waren sowohl mehr oder weniger stark befallene Einzelbäume als auch das Absterben ganzer Quartiere zu beobachten.

Am Institut für Phytopathologie der AdL in Aschersleben wurde ein Jugendforscherkollektiv gebildet, dem es innerhalb des Friedensaufgebotes der FDJ "Meine Tat für unser sozialistisches Vaterland" gelang, der Obstbaupraxis ein Diagnoseverfahren und entsprechende Bekämpfungsvarianten zu erarbeiten.

(stark gekürzt und überarbeitet)

Literatur:

Urania 60 (1984) 5, S. 46-50.

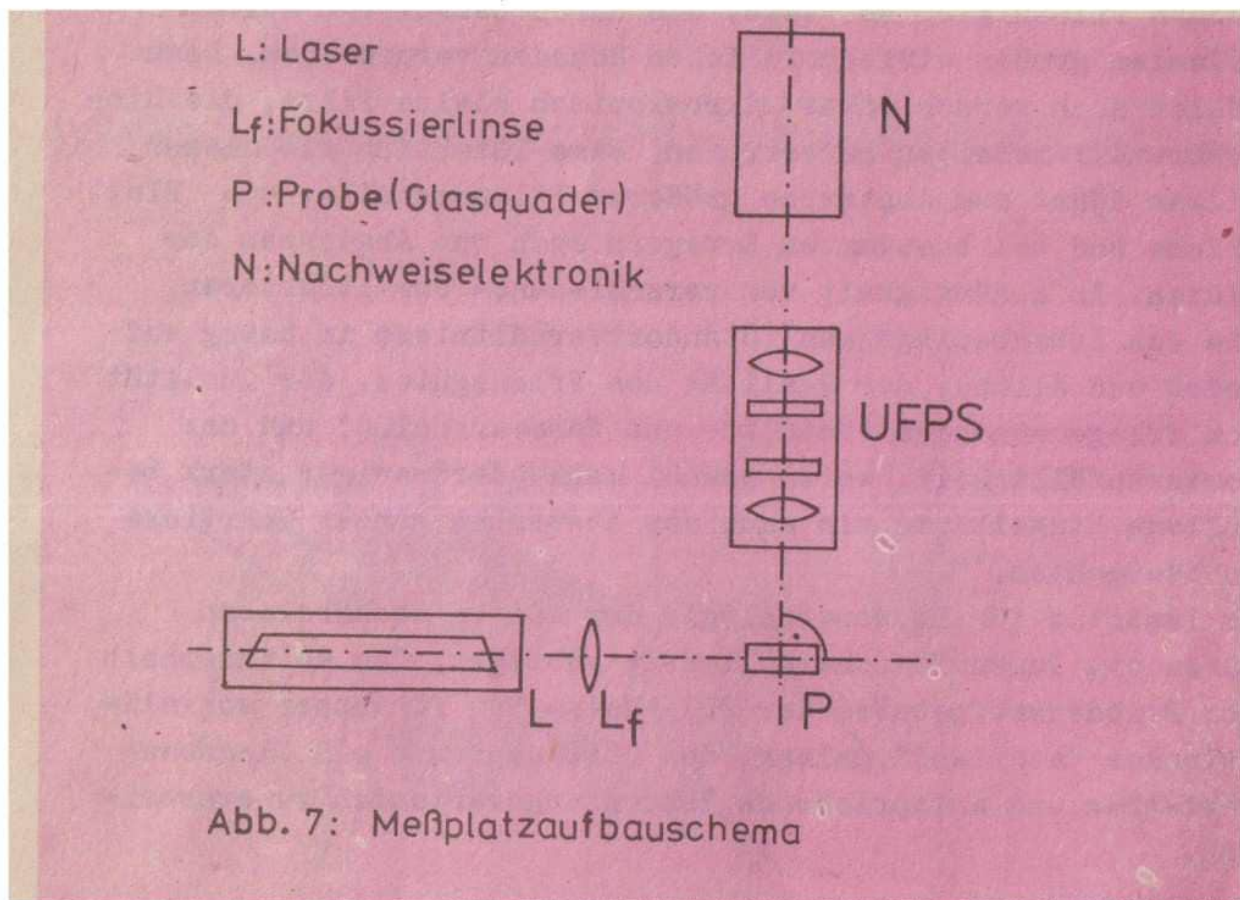
Gedächtnisprotokoll
vom 1. April 1985

Über ein aussichtsreiches Verfahren der zerstörungsfreien Materialprüfung – Brillouinspektroskopie (Teil 2)

(Teil 1 in Heft 1/85 erschienen)

4. Teil in Brillouinspektroskopie

Abb. 7 gibt das Schema eines BS-Meßplatzes an.



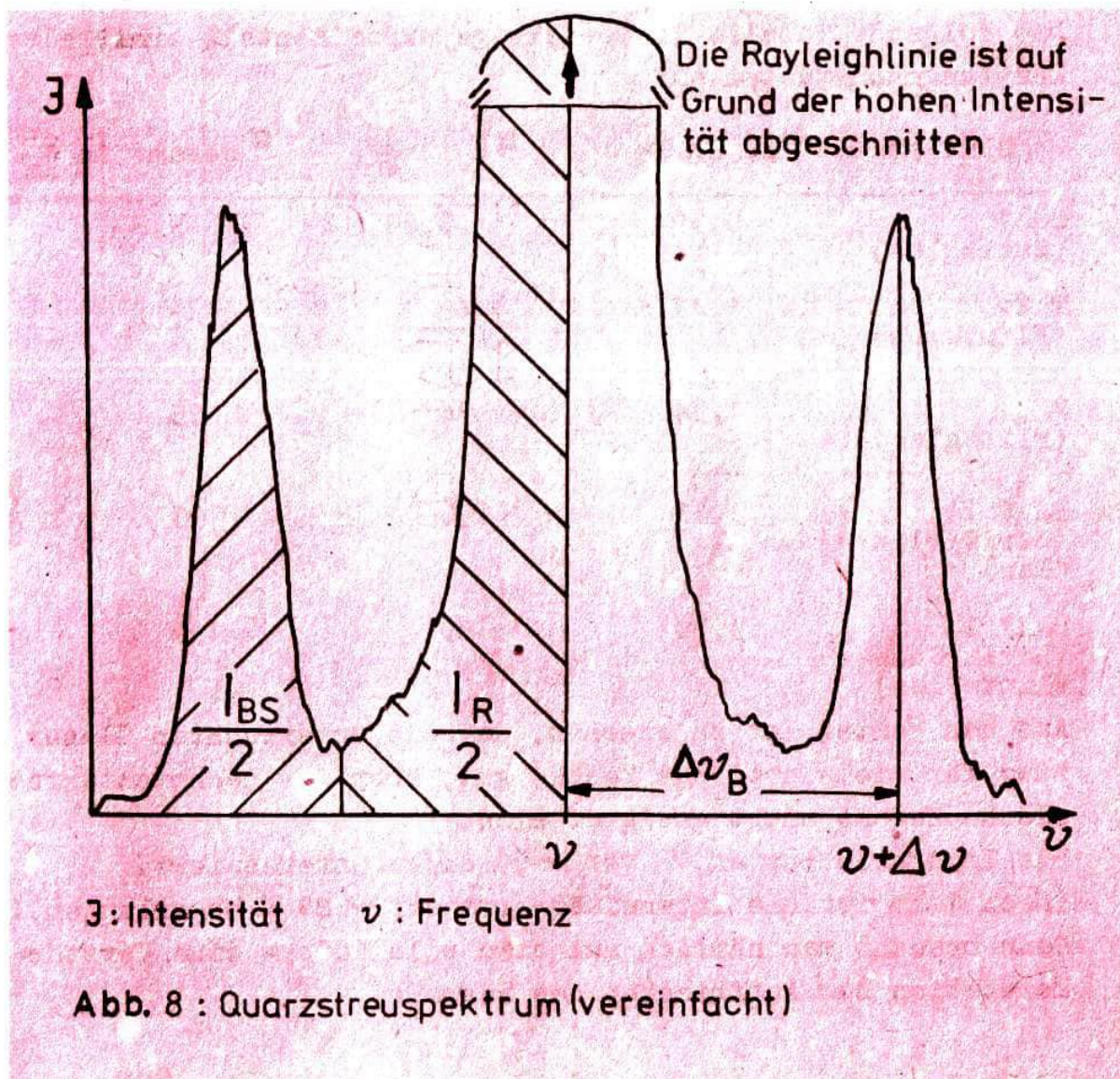
Da die BS eine inkohärente Streuung ist, muß man das zerstreute Licht spektral in seine einzelnen Bestandteile zerlegen, da man sonst I_{BS} und I_R ja nicht trennen könnte. Diese Auf-

gabe übernahm bei uns ein Universal-Fabry-Perot-Spektrometer vom VEB CZ Jena (siehe Anhang 2).

Da die zeitliche Inkohärenz, also die Frequenzverschiebung $\Delta\nu_B$ nur gering ist ($\frac{\Delta\nu_B}{\nu_0} \approx \frac{1}{50000}$) braucht man eine Lichtquelle L, die möglichst nur auf der Frequenz ν_0 strahlt. Solch eine "ideal" einfarbige Lichtquelle ist uns aber bekannt. Es ist der Laser.

Der Laser erfüllt auch die zweite nötige Bedingung an die Lichtquelle. Da das zerstreute, schwache Licht untersucht wird, ist demzufolge eine möglichst hohe Ausgangsintensität nötig.

Der von uns verwendete Laser ILA 120 vom VEB CZ Jena arbeitet bei $\lambda_0 = 488 \text{ nm} \hat{=} \nu_0 = 6,15 \times 10^{14} \text{ Hz}$ (Farbe: türkis) mit einer Lichtleistung von $\sim 1 \text{ W}$. (Bereits am unfokussierten Strahl kann mühelos ein Streichholz entzündet werden!).



Das Kernstück der Nachweiselektronik ist ein mit Stickstoff gekühlter SEV (Sekundärelektronenvervielfacher) vom VEB CZ Jena (siehe Anhang 3).

Das zerstreute Licht wurde von uns unter einem Streuwinkel von $\theta = 90^\circ$ registriert (siehe Abb. 7).

6. Einige erste Ergebnisse

Abb. 8 zeigt das spektral zerlegte Streulicht eines Quarzglas.

I: Intensität des Streulichtes

ν : Frequenz

Stop! Jetzt am besten nochmals schnell 2-3 Seiten zurückblättern und nochmals die Bedeutung der einzelnen Symbole klarmachen!

Die folgende Tabelle listet einige experimentell ermittelte Dämpfungskonstanten auf.

Glasart	α_{BS} in $\frac{dB}{km}$	α_R in $\frac{dB}{km}$	α_{gesamt} in $\frac{dB}{km}$
SQ 1 (Quarzglas)	0,59	9,23	9,8
F 2 (Flintglas)	1,41	48	49
F 5 (Flintglas)	1,34	74	75
Ba F 7 (Barit-Flint- Glas)	3,12	190	193
BaSF 1 (Barit-Schwer- Flint-Glas)	3,70	189	192

Aus den Werten ist zu ersehen, daß die untersuchten Gläser zwar für viele optische Zwecke gut, aber für nachrichtentechnische Zwecke nicht geeignet sind.

Die Industrie ist an α von ~ 1 dB/km interessiert.

(Nach 1 km ist die Intensität erst auf ~ 89 % abgeklungen).

Dann braucht man nämlich nur etwa alle 100 km eine Verstärkerstation zum Auffrischen des Signals.

(Es ist übrigens zu berücksichtigen, daß dieses α auch die Absorptionsverluste mit einschließt!).

Die untersuchten Gläser sind ihrem Streuverhalten nach in 3 Gruppen einteilbar:

- (1) Schwach streuende Quarze
- (2) "mäßig" streuende Flinte
- (3) stark streuende Schwer-Flinte.

Dies läßt sich weiter untermauern. Wenn man α_{BS} gegen α_R aufträgt, bilden sich die 3 Gruppen deutlich ab. (siehe Abb. 9).

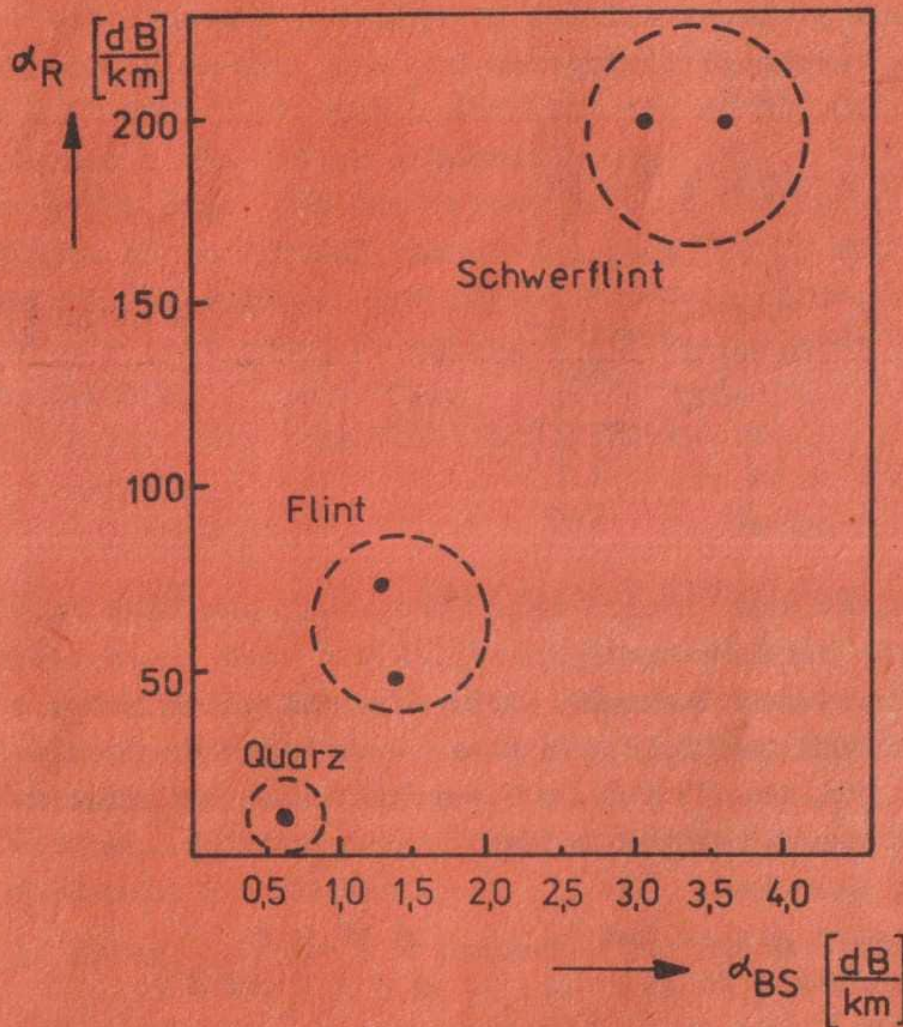


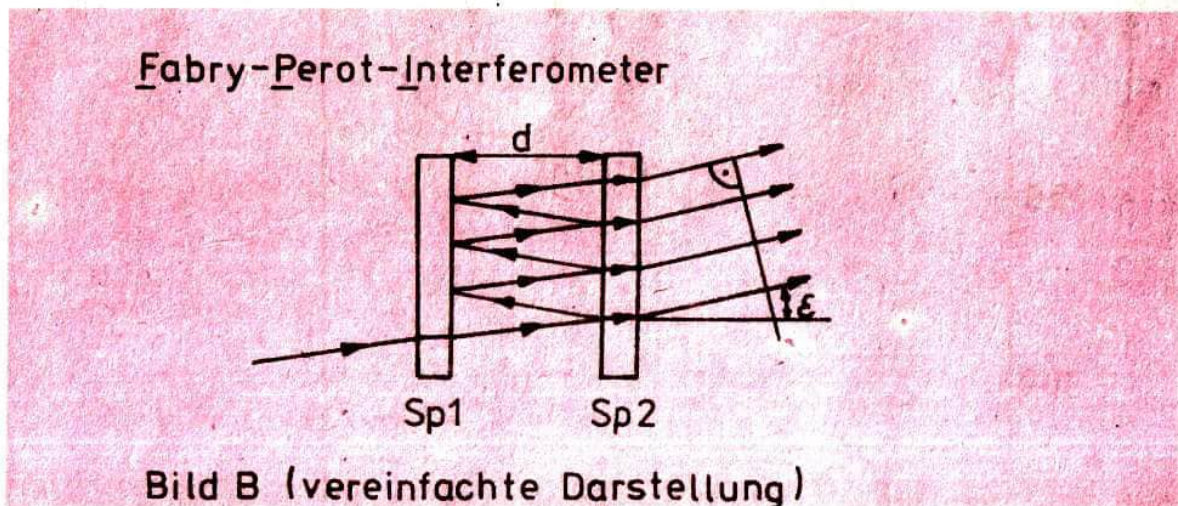
Abb. 9: Gruppenbildung im Dämpfungskonstantendiagramm

Was ist ein Fabry Perot-Interferometer?

Wenn wir dies wissen wollen, müssen wir uns erst einmal seine Funktion klarmachen. Es dient der spektralen (Farb $\sim$) Zerlegung des Lichtes. Solche Geräte werden dispersive optische Bauelemente genannt.

Zum Vergleich seien einmal andere dispersive Bauelemente aufgezählt: Prismen, Gitter mit $N = 1 \dots \infty$ -vielen Strichen und Kombinationen von Grenzflächen von verschiedenen optisch dichten Materialien.

Ein Beispiel für letzteres ist das Fabry-Perot, das vereinfacht gesagt, aus 2 planparallelen Glasplatten besteht, die teildurchlässig verspiegelt wurden.



Das auf das Fabry-Perot fallende Licht wird in der zwischen den Platten befindlichen Luft der Dicke d z.T. mehrfach hin- und herreflektiert, ehe es aus Sp 2 austritt. Es ist ersichtlich, daß der Gangunterschied Δ jeweils pro Bündel um den gleichen Betrag anwächst.

Man sieht, daß etwa gelten muß

$$\Delta \approx 2 d$$

Aus genauen Rechnungen folgt

$$\Delta = 2 d \cos \epsilon .$$

Falls gilt $\Delta = m\lambda$, so tritt Verstärkung ein, gilt $\Delta = (m + \frac{1}{2})\lambda$, tritt Auslöschung auf. Man sieht, auch hier tritt "Farbaussonderung", also "Dispersion" auf. Wegen der Rotationssymmetrie um die optische Achse sind die Kurven gleicher "Farbaussonderung" Kreise mit gleichem Brennpunkt.

Die Interferenz zwischen den benachbarten Bündeln entsteht im Unendlichen. Das merkt man daran, daß sie bei Parallelverschiebung der Platten im gleichen Ort bleiben. Sichtbar machen kann man sie durch Abbildung mittels einer Linse auf z.B. einem Schirm.

Dann beobachtet man scharfe Interferenzmassive hoher Ordnung, die als helle Kreise auf dunklem Grund erscheinen. (Bei Bestrahlung mit Licht vieler Wellenlängen zeigt sich das Farbband (Spektrum)). Um sich eine Vorstellung von der Höhe der Ordnungen zu machen, setzen wir in die Formel $m\lambda \approx 2d$ ($\epsilon \approx 0$, also $\cos \epsilon \approx 1$) ein

$$m = \frac{2d}{\lambda}$$

Bei $d = 1 \text{ cm}$ und $\lambda = 500 \text{ nm}$ (grün gelb) erhält man somit $m = 40\,000$! D.h. man beobachtet die 40 000. Ordnung. Dies ist mit einem Gitter schwerlich möglich!

Es zeigt sich, daß die (auch) dadurch bedingten scharfen Bilder einen Vorteil haben: Man kann Licht, daß sich kaum in seinen Wellenlängen unterscheidet, noch zerlegen.

Für ein sehr gutes Fabry-Perot sollen folgende Daten dies belegen:

Anzahl der interferierenden Bündel	≈ 60
Ordnung	$\approx 80\,000$
Wellenlänge	$\approx 500 \text{ nm}$

Jetzt kann man noch je 2 Ringe (dicht beieinanderliegend) beobachten, wenn der Wellenlängenunterschied der 5 millionste Teil der Wellenlänge λ_0 ist (1). Bei noch kleineren Unterschieden verschwimmen die beiden Ringe zu einem.

Die hohe Auflösung muß man freilich "bezahlen", hier mit der Tatsache, daß nur jeweils ein winziges "Fenster" des Lichtes untersucht werden kann.

(1) Haferkorn, Optik Deutscher Verlag der Wiss., S. 408.

Anhang 3

Welcheib wird der SEV gekannt?

Dazu wird vorerst kurz der Aufbau eines SEV (Sekundärelektronenvervielfacher) beschrieben.

Sekundärelektronenvervielfacher

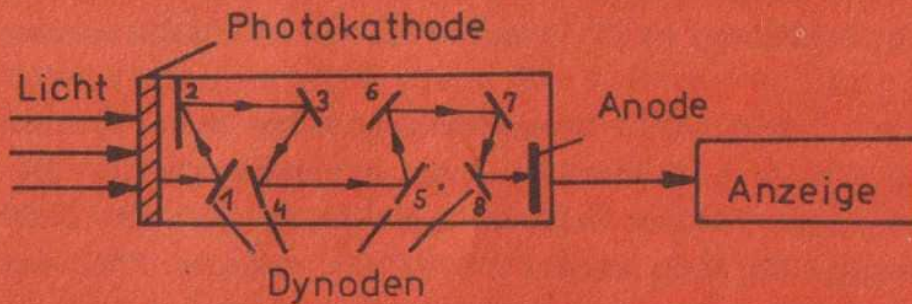


Bild C (vereinfachte Darstellung)

Trifft Licht auf das Eintrittsfenster, das als Photokathode ausgebildet ist, werden dort durch den äußeren lichtelektrischen Effekt e^- ausgelöst. Diese e^- werden beschleunigt, da ganz in der Nähe eine mit ~ 100 V positiv geladene Prallanode ("Dynode") sehr "anziehend" auf sie wirkt. Infolge der heftigen Aufprallwucht schlägt ein (ursprünglich aus der Photokathode stammendes) e^- je nach Material 2-5 weitere e^- aus dem Prallanodenmaterial heraus, die von Dynode 2 mit $\sim +200$ V angezogen werden und dort $2^2-5^2 = 4 \dots 25$ weitere e^- auslösen können. Dieses "Spiel" geht bis zur Dynode 8 ($+800$ V), wo sich das eine ursprüngliche e^- in $2^8 \dots 5^8$ e^- "vervielfacht" hat. Meistens wird sogar eine $10^8 = 100$ millionenfache Verstärkung des Eingangssignals erreicht.

Solche Ströme sind dann recht bequem zu registrieren. Da die Photokathode zudem "kalt" ist (im Gegensatz zur Glühkathode bei Elektronenröhren), zeichnet sich ein SEV durch geringes Rauschen aus. Dieses Rauschen kommt vor allem folgendermaßen zustande: Infolge der (statistischen) Wärmebewegung der Teilchen des Photokathodenmaterials können auch heftige Zusammenstöße passieren, wobei die Atome ein e^- verlieren können. Da die Dynoden ja nicht wissen können, daß da ein "falsches" e^- ankommt, wird auch dieses mitverstärkt. Kühlt man nun die Photokathode ab, geht die "Rauschamplitude" natürlich zurück. Ein gebräuchliches Verfahren ist, dazu flüssiges Helium oder Stickstoff zu verwenden. Das vom Autor benutzte (verflüssigte) N_2 verdampft bei $\vartheta = -196^\circ\text{C}$, streicht an der Photokathode entlang und entweicht. Um den Wärmekontakt mit der Umgebung

zu vermindern, wird der SEV in wärmedämmende Materialien gehüllt. Infolgedessen wird sich schätzungsweise eine Gleichgewichtstemperatur von unter -160°C einstellen.

Dadurch kann das Rauschen um etwa einen Faktor 50 gesenkt werden, was schon "viel Klarheit ins Signal bringt", da das Signal kaum größer als das Rauschen bei 20°C ist.

Auch dieses Beispiel zeigt deutlich, daß ständiges und weit-sichtigtes Ausnutzen physikalischer Gesetzmäßigkeiten sehr zum Erkenntnisfortschritt auf experimentellem Gebiet beiträgt.

////////////////////////////////////

Bakterien reinigen Abgase

In den USA wird zur Zeit an der Entwicklung eines Verfahrens gearbeitet, das die Reinigung industrieller Abgase mit Hilfe von Bakterien ermöglichen soll. In erster Linie sollen Schwefelwasserstoff (H_2S) und Kohlendioxid (CO_2) mit diesem Verfahren entfernt werden. Erste Versuche mit photosynthetisierenden Bakterien waren sehr erfolgreich. Bei der Photosynthese in chlorophyllhaltigen Organismen reagiert Schwefelwasserstoff wie Wasser als Protonendonator. Der Schwefel wird in elementarer Form abgeschieden.

Das Kohlendioxid dient zum Aufbau von Glucosepolymeren, die in den Zellen gespeichert werden. Für diese Vorgänge ist Licht erforderlich. Bei Abwesenheit von Licht werden die Glucosepolymere anschließend vorwiegend in Essigsäure umgewandelt. Diese Reaktionen benötigen keinen Sauerstoff. Daher kann man in einer weiteren Reaktionsstufe aus der Essigsäure anaerob Methan herstellen. Die Zellbiomasse ist proteinreich und könnte als Tierfutter verwendet werden. Noch nicht geklärt ist die Frage, ob die Bakterien toxische Stoffe, wie z.B. Blausäure, Kohlenmonoxid und Schwermetalle vertragen. Davon hängt ab, ob auch Erdgas und Raffinerieabgase mit Hilfe dieser Bakterien gereinigt werden können.

Literatur:

Urania, 59 (1983) 10, S. 39.

Wolfgang König
Schul- und Volks-
Sternwarte Suhl

Die „Prominenten“ unter den Meteoriten (Eine Betrachtung über Herkunft und Eigenschaften bekannter „Himmelssteine“)

"In den vorigen Zeiten achtete man auf Kometen und Nordscheine... Aberglauben trieb damals den Beobachter. Jetzt tut es Ehrgeiz und Wißbegierde". Dies schrieb um das Jahr 1775 Georg Christoph Lichtenberg, Physiker, Astronom und Literat, in sein Tagebuch. Auch heute noch ist der menschliche Drang nach Erkenntnis eine Haupttriebkraft astronomischer Forschung.

Die Ursprungskörper der Meteoriten sind mit einiger Sicherheit Planetoiden, aber möglicherweise auch Kometenkerne. Vielleicht bestätigen die Resultate der Halley-Sonden die Hypothese, daß größere Brocken gesteinsartigen Materials im "schmutzigen Eis" der Kometenkerne enthalten sind und bei der Annäherung an die Sonne durch das Verdampfen der flüchtigen Substanzen freigesetzt werden.

Die Frage nach den größten auf die Erde niedergefallenen Meteoriten wird immer wieder gestellt; es gibt aber noch keine endgültige Antwort, da immer mal wieder neue Entdeckungen hinzukommen. Der letzte außergewöhnliche Meteoritenfall ereignete sich am 8. März 1976 im Nordosten Chinas in der Provinz Kirin. Fast 3 t Meteoritenmaterial (das größte Stück wog 1,17 t) wurden eingesammelt und an zuständigen Instituten untersucht.

Das zweite Ereignis von ähnlichen Auswirkungen geschah am 30. Juli 1977 im Süden der Insel Madagaskar. In der Nähe des Ortes Finarantsoa wurde der Aufschlag eines großen Meteoriten beobachtet, der einen Krater von 240 Meter Durchmesser erzeugte. Der Durchmesser von Kratern, die durch die Explosion großer massereicher Meteorite hervorgerufen werden, ist etwa 20 mal größer als der Meteoritendurchmesser selbst. Wird der Meteorit nicht unmittelbar im Fallen beobachtet, was außergewöhnlich selten ist, ergeben sich die ersten Hinweise für das Auffinden von "Himmelssteinen" aus den "Sternwunden" (Astroblemen), wie

die Aufschlagkrater auch genannt werden.

Vor 1928 kannte man von derartigen Objekten nur den Arizona-krater in den USA, der vermutlich vor 40 000 Jahren, also in prähistorischer Zeit, durch den Meteoriten "Canon Diablo" gerissen wurde. Heute sind es nahezu 100 Krater der verschiedensten Durchmesser, die sich fast auf allen Erdteilen nachweisen lassen, selbst im Eis der Antarktis, und deren meteoritischer Ursprung als gesichert gilt, Aufnahmen aus Flugzeugen und Raumschiffen vermitteln ein immer besseres Bild von unserem Planeten, was auch der Meteoritenforschung zugute kommt.

Wir greifen zwei berühmte Beispiele heraus, um deutlich zu machen, welche unterschiedlichen Wirkungen "Himmelssteine" hinterlassen können. Erstens: Der Meteorit Hoba, niedergegangen in der Nähe von Grootfontein im heutigen Namibia (Südwest-Afrika). Er drang nur wenig mehr als einen Meter in den Kalkstein der Steppe ein, liegt also praktisch an der Erdoberfläche (Abb.s. 24). Sein Fall wurde nicht beobachtet, was aber nicht ausschließt, daß er in geschichtlicher Zeit erfolgte. Zweitens: Der Meteoritenfall von Sichote-Alin (UdSSR). Ein Ereignis aus dem Jahre 1947. Bei strahlend hellem Sonnenschein tauchte ein Meteor auf, das mehr als 300 km weit gesehen werden konnte. Der Meteorit, welcher diese Leuchterscheinung hervorbrachte, zerplatzte in der Luft und hinterließ einen "Eisenregen" im Gebirge. Flieger entdeckten die gelb-braunen Trichter im Schnee, so daß eine ergiebige Suche nach den "Himmelssteinen" beginnen konnte.

Ein drittes Beispiel soll Erwähnung finden, obwohl dessen Ursache, wie man heute annimmt, nicht der Niedergang eines Meteoriten, sondern die Kollision der Erde mit einem kleinen Kometenkopf war: Das Tunguska-Ereignis von 1908. Obwohl die seismischen Wellen den ganzen Erdball umliefen, wurde bis heute kein Meteorit oder auch nur Bruchstücke von ihm gefunden.

Prof. Dr. Hoffmeister, Sonneberg, (gest. 1968) hat in seinem Buch über die Afrikaexpedition von 1953 den größten derzeit bekannten Meteoriten ziemlich genau beschrieben. Im Dornbusch der Farm Hoba-West liegt dieser Riese aus 81,3 % Eisen, 17,4 % Nickel und einem Rest von 1,3 % anderen Elementen. 1907 aufgefunden, verliert sich das Datum seines Niederganges im Dunkel der Vergangenheit.

Die aus dem Boden herausragende fast rechteckige Oberfläche (Abb S.24) hat Kantenlängen von $2,70 \times 2,90$ m. Die Tiefe wurde nach Grabungen von 1929 (Luyten, USA) auf 0,90 bis 1,20 m geschätzt, das Volumen somit auf ca. 8 Kubikmeter berechnet, das ergibt bei einer Dichte von $7,9 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ eine Masse von reichlich 60 t.

Damit übertrumpft der Hoba-Meteorit sowohl den Grönland-Meteoriten von Cape York (bekannt durch den Polarforscher Peary) mit 45 t, als auch die Gesamtmasse der Fundstücke von Sichote Alin (UdSSR), die sich auf 23 t belief. Der Sonneberger Professor widmete dem Meteoriten "Hoba-West" sogar ein Gedicht, worin es heißt:

"Durch dieses Eisenblockes Donnerfall
vermählte sich die Erde einst dem All".

Wir wollen der Frage nachgehen, unter welchen Bedingungen ein Meteorit überhaupt die Erdoberfläche erreichen kann, wann er in der Atmosphäre verglüht bzw. wann es zur Explosion oder zum Zerplatzen der "Bomben aus dem Weltall" kommt.

Dies hängt sowohl von der Größe als auch von der chemischen und physikalischen Beschaffenheit sowie von der Geschwindigkeit und Anflugrichtung der Himmelskörper ab. Am besten untersucht wurden derartige Zusammenhänge bis jetzt am Meteoriten von Sichote Alin, der am 12. 2. 1947 im Osten der Sowjetunion (Nähe Wladiwostok) fiel.

Vor dem Eintritt in die Erdatmosphäre beträgt die Geschwindigkeit der Meteoriten etwa 20 bis 60 km s^{-1} . Die Bewegungsenergie eines Körpers läßt sich nach

$$E_{\text{kin}} = m \frac{v^2}{2}$$

berechnen. Nimmt man für einen Riesenmeteoriten repräsentative Werte von $m = 200$ t und $v = 30 \text{ km s}^{-1}$ an, so ergibt sich eine kinetische Energie von 90 TJ ($90 \times 10^{12} \text{ J}$). Um eine Vorstellung von der Größe dieses Energiebetrages zu bekommen, sei zum Vergleich die Energie angeführt, die bei Explosion der Hiroshima-Atombombe freigesetzt wurde. Die Atombombe hatte ein TNT-Äquivalent von 20×10^3 t, das führt mit dem Umrechnungsfaktor von $1 \text{ t TNT} = 4,19 \times 10^9 \text{ J}$ zu einer Explosionsenergie von etwa 84 TJ ($84 \times 10^{12} \text{ J}$). Die Energie der Riesenmeteoriten kann also durchaus der von Atombombenexplosionen entsprechen, wobei zwischen beiden katastrophalen Ereignissen natürlich prinzipielle Unterschiede bestehen.

Beim Eintritt in die dichten Schichten der Erdatmosphäre (in weniger als 100 km) Höhe kommt es infolge der Reibung zu einer Aufheizung des Meteoriten, d.h. zu einer Umwandlung von Bewegungsenergie in Wärmeenergie. Die Stärke der Abbremsung eines Meteoriten ist wesentlich durch dessen Masse bestimmt. Die bremsenden Kraft wird durch den aerodynamischen Widerstand hervorgerufen, sie ist somit proportional zur Querschnittsfläche des sich bewegenden Körpers. Setzen wir der Einfachheit halber voraus, daß der Meteorit kugelförmige Gestalt (Radius R) habe, so ist der aerodynamische Widerstand proportional zu R^2 . Die kinetische Energie wächst mit der Masse des Körpers. Gehen wir von einer homogenen Kugel aus, so ist deren Masse proportional zu R^3 . Das Verhältnis von kinetischer Energie zu Bremskraft wächst demzufolge unter den vereinfachenden Annahmen mit dem Radius R (bzw. mit $m^{1/3}$). Mit wachsender Größe und damit auch Masse, eines Meteoriten, verringert sich der Einfluß der aerodynamischen Abbremsung. Ein Riesenmeteorit schlägt also voll durch.

In die Erdatmosphäre eindringende Körper bis zu etwa 1 g Masse verglühen in etwa 120 bis 60 km Höhe und rufen Meteorerscheinungen hervor. Auch bei größeren Objekten führt die Aufheizung des Meteoritenmantels bis auf 4000 K zum Verdampfen von Silikaten und Eisen. Im Inneren ist die Temperatur weitaus geringer, so daß thermische Spannungen zum Zerplatzen dieser Meteorite führen können. In Höhen von 20 bis 25 km sind sie fast vollständig abgebremst und gelangen im freien Fall zur Erde (Aufschlaggeschwindigkeit 0,5 bis 0,8 km s⁻¹). Sie bilden kleine Aufschlagkrater, in deren Boden sich in der Regel immer Meteoritensplitter finden lassen. Bei den Riesenmeteoriten dagegen vermag die aerodynamische Aufheizung nur einen geringen Teil des Materials zu verdampfen. Wegen der im allgemeinen schlechten Wärmeleitung führen thermische Spannungen nur zum Abplatzen von Mantelstücken. Schlagen diese Körper mit mehreren Dutzend Kilometer pro Sekunde auf die Erdoberfläche auf, so entsteht eine Schockwelle, die das Kristallgefüge des meteoritischen Materials augenblicklich zerstört. Sowohl der Riesenmeteorit als auch Erdgestein verdampfen, wobei das unter hohem Druck stehende Gas eine Explosion hervorruft. Diese führt zur Bildung der riesigen Krater, in denen sich keine feste Meteoritensubstanz mehr finden läßt.

Derartige Krater sind der schon erwähnte Arizona-Krater, das Nördlinger Ries (BRD) mit einem Durchmesser von 25 km und einige andere. Bei dieser geringen Anzahl muß man berücksichtigen, daß die meisten Meteoriten ins Meer fallen, da ja bekanntlich sieben Zehntel der Erdoberfläche von Wasser bedeckt sind. Weiterhin sind viele ältere Meteoritenkrater durch die Erosion zerstört, was ihr Auffinden erschwert. Die eigentliche Ursache liegt jedoch darin, daß Riesenmeteorite unter den in die Erdatmosphäre eindringenden Körpern äußerst selten sind. Aus der Anzahl der Körper mit der Masse m , die pro Zeit- und Flächeneinheit die Erdbahn kreuzen, läßt sich abschätzen, wie groß im Mittel die Zeitdauer zwischen zwei Einschlägen ist. Dies sollen die folgenden Werte illustrieren, wobei die Meteoritenmasse größer oder gleich der angegebenen Masse $m_{\min}$ sein soll und als Einschlagsfläche die Erdoberfläche ($A = 5,7 \times 10^8 \text{ km}^2$) zugrundegelegt wurde:

$m \geq m_{\min}$	T
1 g	0,2 Sekunden
1 kg	3 Stunden
1 t	64 Tage
10^3 t	60 Jahre
10^6 t	5500 Jahre

Natürlich treten insbesondere bei massereichen Meteoriten starke, zufällige Abweichungen von dieser mittleren Zeitspanne auf.

Die heftigste Berührung mit dem Kosmos in geschichtlicher Zeit dürfte unsere Erde am 30. Juni 1908 gehabt haben. 800 km nordöstlich von Krasnojarsk, in der Nähe der Ewenkensiedlung Wanowara, ging - wie wir heute wissen - ein kleiner Komet, dessen Masse auf 10^5 bis 5×10^6 t geschätzt wird, nieder. Seine Geschwindigkeit soll mehr als 30 km/s betragen haben. Die Dichte des Materials eines Kometenkopfes ist nicht sehr groß (ca. 1 g/cm^3), daher zerplatzte der Kern von vielleicht einigen hundert Metern Durchmesser in einer Höhe von 5 bis 7 km, so daß ein Feuerschein am Himmel zu sehen war, sich eine große Hitze- und Druckwelle entwickelte, welche Verwüstungen größeren Ausmaßes in der Taiga hinterließ, aber keine Menschenleben forderte. Da das Epizentrum der Explosion an der Steinigen Tunguska (Nebenfluß des Jenissei) lag, in-

mitte unbesiedelten Gebietes, ging es als "Tunguska-Ereignis" in die Literatur ein. Expeditionen haben in fünf Jahrzehnten seit Leonid Kulik (dieser führte 1921 bis 1930 mehrere Expeditionen durch) nichts an Meteoritenmaterial finden können. Trotz Trockenlegens eines Kessels in diesem Sumpf des nur im Sommer aufgetauten Frostbodens kam kein Stück Meteoritengestein zutage. Experten und Laienforscher zieht es noch heute in diese Gegend. Wissenschaftler aller Disziplinen, vor allem aber Geologen und Geochemiker, versuchen immer wieder neue Zusammenhänge aufzudecken. Man kann heute sagen, daß sich Hypothesen, wie die der Explosion eines außerirdischen Raumschiffes oder ähnlich phantasievolle Erscheinungen als Spekulationen erwiesen haben.

Bislang haben wir die "Prominenz" der Meteorite nur in ihrer Größe gesucht. Prominenz kann jedoch auch auf besonderer Herkunft beruhen. Darum soll es im letzten Abschnitt gehen.

Bis vor kurzem konnte man für keinen einzigen der gefundenen Meteoriten dessen Ursprungskörper angeben. Ende der siebziger, Anfang der achtziger Jahre starteten amerikanische wie auch japanische Wissenschaftler mehrere Kampagnen zur Suche nach Meteoriten im Eise der Antarktis. Die riesigen Eisfelder der Antarktis erwiesen sich als ideale Fundstätte. Von den bislang etwa 10 000 gesammelten Meteoriten stammen rund 8000 aus dem antarktischen Eis. Amerikanischen Wissenschaftlern, die mit der Analyse der Meteorite beschäftigt waren, fiel das Exemplar mit der Bezeichnung ALHA-81005 auf, unter dessen staubgrauer Kruste sich eine für Meteoriten ungewöhnliche Textur zeigt. Kleine Stückchen weißen Gesteins sind eingebettet in eine Grundsubstanz, die den Brekzien der Mondoberfläche ähnelt! Es kam die Vermutung auf, daß der 1982 im Alan Hills Land der Antarktis gefundene Meteorit vom Mond stammt. Anhand der Analysen des von den APOLLO- und LUNA-Unternehmen zur Erde gebrachten Mondgesteins waren die Kriterien gegeben, denen der vermutliche Mondmeteorit standhalten mußte (z.B. Verhältnis von Mangan zu Eisen, Häufigkeit von Sauerstoffisotopen). Das einhellige Resultat verschiedener Forschergruppen, die den Alan Hills-Meteoriten diesbezüglich untersuchten, lautete: Dies ist ein Stück vom Mond! Damit ist dieser 31 g schwere Meteorit der erste, von dem man den "Absender" kennt. Darauf-

hin begannen die japanischen Wissenschaftler ihr Meteoritenarchiv nach "Mondkandidaten" zu durchsuchen. Sie stießen auf ein 25 g schweres Exemplar, welches bereits 1979 in den Yamato Bergen der Antarktis gefunden wurde. Seinem Aussehen nach gleicht er dem Alan Hills-Meteoriten völlig, und dieselbe Aussage konnte auch für die Herkunft getroffen werden, nachdem alle Tests absolviert waren. Mittlerweile gibt es einen dritten Kandidaten, der während der Expedition 1982/83 in den Yamato Bergen gefunden wurde und verdächtigt wird, vom Mond zu stammen. Wie gelangten diese Meteorite zur Erde?

Ein Teil dieser Frage konnte relativ leicht beantwortet werden. Beim Einschlag massereicher Meteorite auf den Mond werden explosionsartige Vorgänge ausgelöst, in deren Folge Mondmaterial so beschleunigt wird, daß es die Mondentweichgeschwindigkeit ($2,4 \text{ km s}^{-1}$) erreicht. Nach kürzlich durchgeführten Rechnungen können einige Prozent dieses freigesetzten Materials durch die Erde "eingesammelt" werden. Unverständlich war allerdings, warum die gefundenen Mondmeteorite keine Spur dieses Explosionsereignisses, eines Schocks, aufweisen. Mit Hilfe eines numerischen Einschlagsmodells konnte jedoch gezeigt werden, daß selbst Brocken von 10cm Größe beim Einschlag eines Riesenmeteoriten relativ "sanft" die Entweichgeschwindigkeit

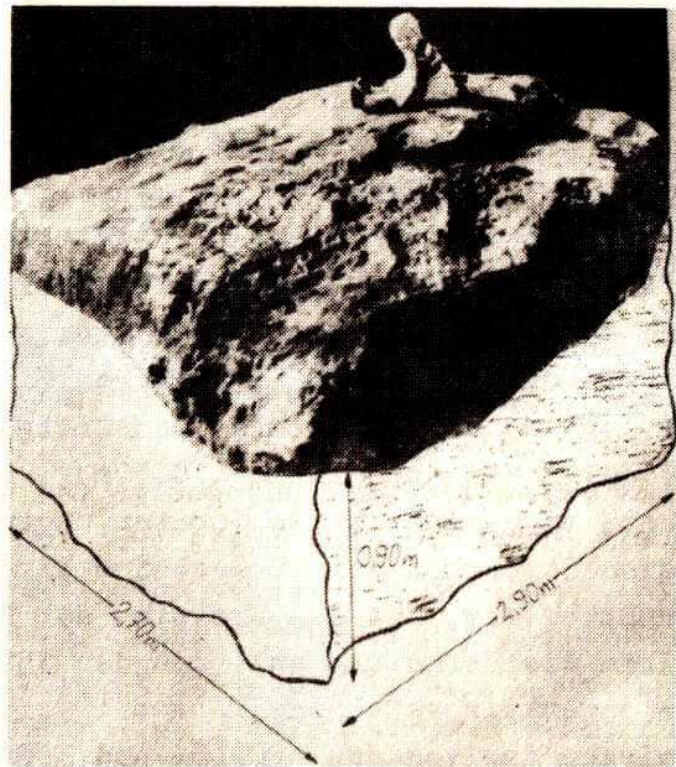


Abbildung: Der Hoba - Meteorit

erreichen, vorausgesetzt sie befanden sich nahe der Mondoberfläche. Damit ist der Transportvorgang der Mondmeteorite durchschaut. Letztenendes: Unter den in der Antarktis gefundenen Meteoriten befindet sich ein Objekt, das für einen Sendboten vom Mars gehalten wird. Die endgültige Bestätigung wird erst bei genauerer Kenntnis der Natur des Marsbodens möglich sein.

Eine Vielzahl von Koordinationsverbindungen ist leicht herstellbar, so daß sie schon seit Ende des 18. Jahrhunderts untersucht werden. Dabei erleichtert deren Farbigkeit die Entdeckung neuer Substanzen. Auch die Benennung dieser Verbindungen erfolgt häufig nach ihren Farben z. B. Luteo- (gelb). Roseo- (rosa), Purporeo- (purpur) bzw. Xanthosalz (gelbbraun). Es ist deshalb nicht erstaunlich, daß Mitte des 19. Jahrhunderts, also etwa 40 Jahre vor der Formulierung der Koordinationslehre durch WERNER, bereits vier Gruppen von Kobaltamminkomplexen bekannt waren. Diese sollten von besonderer Bedeutung in der Entwicklungsgeschichte der Koordinationschemie werden. Damals konnten diese Verbindungen mit den vorherrschenden Modellvorstellungen von der chemischen Bindung nicht gedeutet werden.

Während der großen Entwicklungsepoche der organischen Chemie im 19. Jahrhundert, in der die Strukturlehre ausgebaut wurde (KEKULE, BUTLEROW, SCHORLEMMER, PASTEUR), waren die Koordinationsverbindungen zu Stiefkindern geworden. Das war ein Grund, sich auch mit deren räumlichen Bau zu befassen.

Bis zur Begründung der Koordinationslehre durch WERNER war die Kettentheorie der schwedischen Wissenschaftler BLOMSTAND und JÖRGENSEN die vorherrschende Modellvorstellung zur Deutung einiger Eigenschaften von Koordinationsverbindungen. Zwei Beispiele sind im folgenden angegeben:

$ \begin{array}{c} \text{NH}_3 - \text{NH}_3 - \text{Cl} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{Co} - \text{NH}_3 - \text{NH}_3 - \text{Cl} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{NH}_3 - \text{NH}_3 - \text{Cl} \end{array} $	$ \begin{array}{c} \text{NO}_2 \\ \diagup \\ \text{Co} - \text{NH}_3 - \text{NH}_3 - \text{NH}_3 - \text{Cl} \\ \diagdown \\ \text{NH}_3 - \text{NH}_3 - \text{Cl} \end{array} $
$[\text{Co}^{\text{III}}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$	$[\text{Co}^{\text{III}}(\text{NH}_3)_5(\text{NO}_2)]\text{Cl}_2$

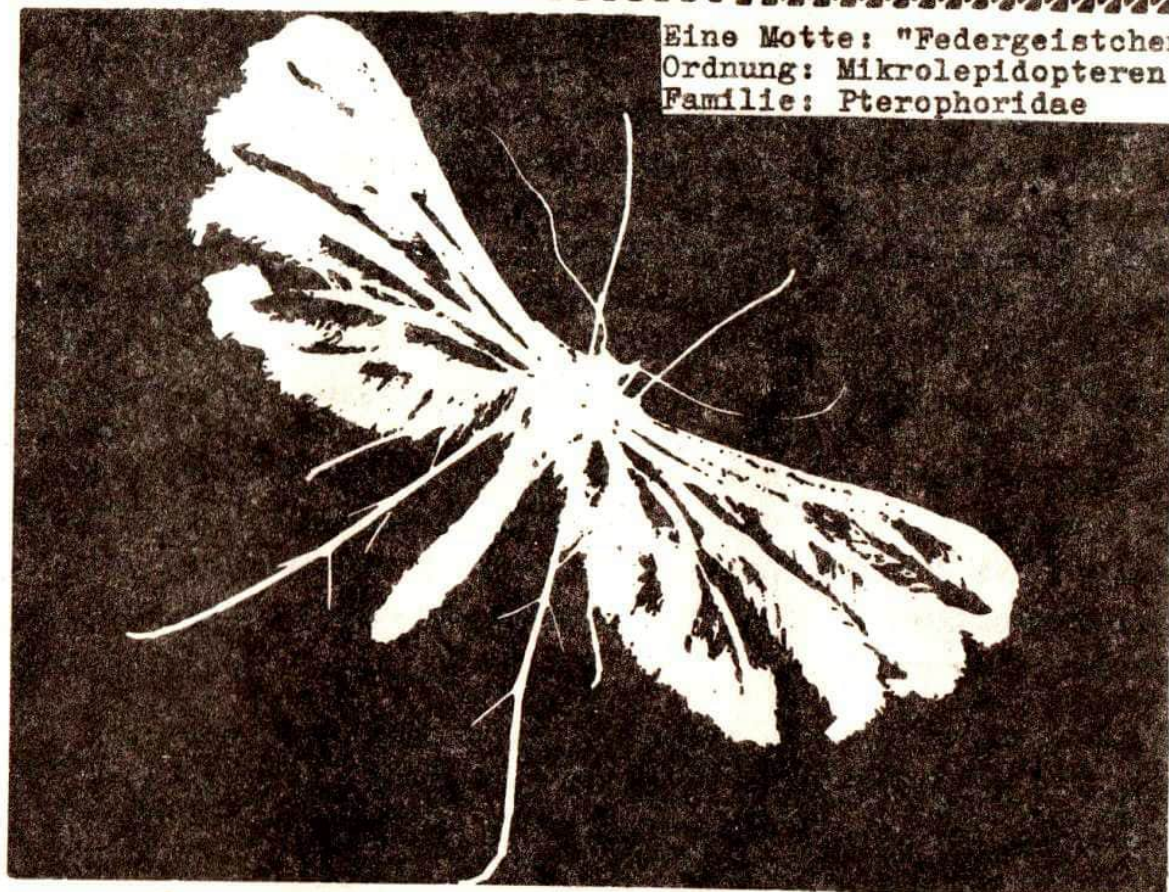
Ein grundsätzlicher Mangel der Kettentheorie bestand jedoch in der Unmöglichkeit der Vorhersage unbekannter Substanzen.

ALFRED WERNER wurde am 12. Dezember 1866 in Mühlhausen im Elsaß geboren. Nachdem 1871 Elsaß und Lothringen von Preußen-Deutschland annektiert worden war, wurde er deutscher Staatsbürger und leistete nach seiner Schulzeit seinen Militärdienst als "Einjähriger Freiwilliger" ab. In dieser Zeit hörte er auch an der Großherzoglichen Technischen Hochschule in Karlsruhe Vorlesungen über organische Chemie. Die nach dem Deutsch-Französischem Krieg unter der Regierung BISMARCK's betriebene systematische Eindeutschung der Bevölkerung im "Reichsland Elsaß-Lothringen" veranlaßte auch WERNER seine Heimat zu verlassen um ab 1886 in Zürich am Eidgenössischen Polytechnikum Chemie zu studieren. Nach dem Diplom als technischer Chemiker (1889) promovierte er 1890, um dann als Privatdozent und 1893 als außerordentlicher Professor in Zürich zu arbeiten. Durch seine früheren Arbeit auf organischem Gebiet war sein Blick für strukturchemische Aspekte geschärft worden.

1893 begann WERNER, erst sechsundzwanzigjährig, mit der Entwicklung der Koordinationslehre. Über ihre Entstehungsgeschichte ist nichts sicheres bekannt. Wie sich diese Gedankenarbeit vollzieht bleibt dem betreffenden Forscher vielleicht selbst verborgen. WERNER soll sich wiederholt dahin geäußert haben, daß die Grundidee der Koordinationslehre im Anschluß an einen geselligen Abend bei ihm entstanden sei. Er gelangte zu seinen bahnbrechenden Vorstellungen über den Bau der Koordinationsverbindungen "aufgrund einer blitzartigen genialen Eingebung, daß auch hier räumliche Gebilde vorliegen müßten". WERNER hat selbst berichtet, daß ihm die Erleuchtung momentan kam. Morgens um 2.⁰⁰ Uhr schreckte er aus dem Schlaf auf, die von ihm schon lange gesuchte Lösung hatte sich eingestellt. Er erhob sich vom Lager und abends 17.⁰⁰ Uhr war die Koordinationslehre in ihren wesentlichen Teilen zu Papier gebracht.

Die koordinationschemischen Ansichten wurden keinesfalls rasch zum Allgemeingut der Chemiker. Er stieß auf Skepsis und Abneigung vieler Wissenschaftler seiner Zeit. Das war verständlich, wenn man bedenkt, daß noch immer die organische Chemie den weitaus größten Raum der chemischen Forschung einnahm und die anorganische Chemie kaum über die klassischen Vorstellungen hinausgewachsen war.

JÖRGENSEN schrieb 1893: "Geistreiche Spekulationen genügen nicht, eine Theorie der Metallammoniaksalze a priori zu konstruieren. Erst dem unerbittlichen Versuch wird es gelingen allmählich Klarheit zu verbreiten." In den folgenden Jahren hat WERNER deshalb seine Koordinationslehre durch eine Fülle von experimentellen Untersuchungen gefestigt. Er war ein unermüdlicher Arbeiter, der von 1890-1905 neunzig wissenschaftliche Arbeiten publizierte und seine Auffassungen in zwei Lehrbüchern niedergelegt hat.



Eine Motte: "Federgeistchen"
Ordnung: Mikrolepidopteren
Familie: Pterophoridae

impuls - lexikon

Alexander Niehardt
2. Studienjahr
Physik Astronomie
FSU Jena

Das Meter im Wandel der Zeit

Ursprünglich sollte nach einem Vorschlag von Huygens die Länge des Sekundenpendels als Längeneinheit dienen; da aber die Länge eines solchen Pendels von der Lage des Ortes abhängt, beschloß man, die Längeneinheit mit einer unveränderlichen Naturgröße zu verketteten: Man vereinbarte, den zehnmillionsten Teil des durch die Pariser Sternwarte gehenden Erdmeridianquadranten als Längeneinheit zu wählen. Trotz aller bei der grundlegenden Vermessung ausgeübten Sorgfalt ergaben spätere, von Bessel ausgewertete genauere Messungen geringe Abweichungen (1). Da nun mit zunehmender Verfeinerung der Meßtechnik jeder ältere Meßwert einmal hinfällig werden muß, außerdem aber die Länge des Meridians auch nicht völlig unveränderlich ist, hatte man von der ursprünglichen Festsetzung ganz abgesehen und die Längeneinheit in folgender Weise festgelegt:

Das Meter (Kurzzeichen m) ist der Abstand der Mittelstriche der auf dem Internationalen Meterprototyp angebrachten Strichgruppen bei der Gleichgewichtstemperatur zwischen Eis und reinem, luftgesättigtem Wasser unter dem Druck einer physikalischen Atmosphäre.

Das Urmeter ist ein im Internationalen Büro für Maße und Gewichte im Pavillon de Breteuil in Sèvres bei Paris aufbewahrten Stabes aus einer Legierung von 90 % Platin und 10 % Iridium. Auf dem Grunde der Rinne sind je drei feine Striche eingerissen.

Alle im Gebrauch befindlichen Meterstäbe waren mittelbar mit dem Urmeter verglichen worden. Um dies zu ermöglichen, hat man eine Anzahl von Stäben aus demselben Stoff und von derselben Form wie das Urmeter und von möglichst genau gleicher Länge mit den vollkommensten Hilfsmitteln hergestellt und durch wiederholtes sorgfältiges Vergleichen mit dem Urmeter ausgemessen. Dann sind die Kopien an die einzelnen Staaten verteilt worden. Sie dienen in diesen Staaten als Normale der Längeneinheit. Möglichst sorgfältig hergestellte Kopien der Normalen sind an die Eichämter verteilt worden, deren Aufgabe es ist, die Länge der Gebrauchsmaßstäbe durch direktes oder indirektes Vergleichen mit den ihnen amtlich gelieferten Normalen zu prüfen. Für technische Zwecke hat man sich auf eine Normaltemperatur von 20°C zur Ausführung aller Messungen geeinigt. Demnach ist ein technischer Meterstab bei 20°C genau so lang wie das Urmeter bei 0°C (2).

- (1) Die Länge der Meridianquadranten unter Zugrundelegung des 1924 international als Bezugsfläche festgesetzten Erdellipsoids beträgt 10 002 288,3 m.
- (2) Zwischen einem technischen und einem physikalischen Maßstab ergibt sich somit (bei gleicher Temperatur) ein Unterschied von 0,233 mm je m.

Jeder Festkörper ist langsamen inneren Veränderungen unterworfen. Daher und um im Falle eines Verlustes des Urmetermaßstabes die Längeneinheit festhalten zu können, hat man sich bemüht, das Meter durch eine nach heutiger Kenntnis unveränderliche Naturgröße zu definieren:

Hierfür hat sich die Wellenlänge des Lichtes als geeignet erwiesen.

Auf der 11. Generalkonferenz für Maß und Gewicht wurde deshalb 1960 festgelegt:

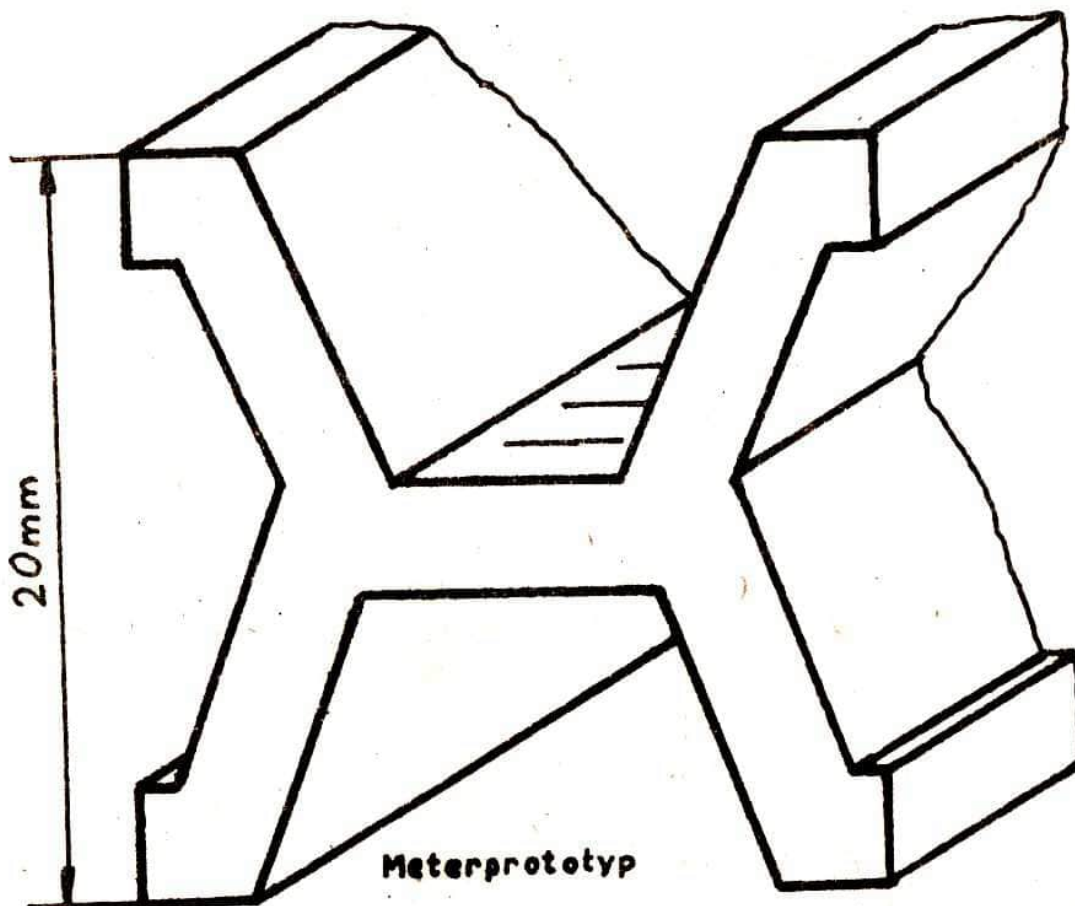
Die Einheit der Länge ist das Meter (m):

Das Meter ist gleich 1 650 763,73 Vakuum-Wellenlängen der Strahlung, die beim Übergang zwischen den Niveaus 2_{p10} und $5d_5$ des Atoms Krypton-86 entspricht.

Die 17. Generalkonferenz für Maß und Gewicht in Paris hat eine Definition für die Längeneinheit Meter angenommen. Sie lautet:

Das Meter ist die Länge der Strecke, die Licht im Vakuum während der Dauer von $1/299\,792\,458$ Sekunden durchläuft.

Damit ist von jetzt ab der Wert der Lichtgeschwindigkeit auf $c = 299\,792\,458$ Meter in der Sekunde festgelegt worden. In der DDR wird das Meter seit dem 20. Oktober 1983 im Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung mit Hilfe der Strahlung eines frequenzstabilisierten Helium-Neon-Lasers gemäß der neuen Definition dargestellt und der Volkswirtschaft der DDR mit der international gegenwärtig erreichbaren Genauigkeit zur Verfügung gestellt.



Literatur

Grimsehl

Lehrbuch der Physik, Band 1, S. 14/15,
leicht überarbeitet

Jugend und Technik, Heft 6, 1984, S. 414.

(Teil 1 in Heft 1/85 erschienen)

Das Auflösungsvermögen

Wir nehmen wieder als Objekt ein Gitter an. Durch Beugung entstehen, wie schon besprochen, die einzelnen Beugungsmaxima, die in das Objektiv gelangen. Machen wir nun die Gitterkonstante des Gitters (also die Spaltabstände) immer kleiner, so fächern die Beugungsmaxima immer mehr auseinander (siehe Formel (6)). Dadurch gelangen immer weniger Maxima in das Objektiv, und die Objektähnlichkeit des Zwischenbildes nimmt immer mehr ab. Bei weiterer Verkleinerung der Gitterkonstante tritt dann der Fall ein, daß nur noch das Maximum nullter Ordnung in das Objektiv eintritt, während schon die Maxima ± 1 . Ordnung vorbeigehen (Abb. 8). Wir erhalten also in der Bildebene keine Struktur des Gitters mehr. Man sagt dann, das Gitter wird nicht mehr aufgelöst. Durch einen kleinen Kunstgriff kann jedoch die Struktur des Gitters wieder sichtbar gemacht werden. Dazu lassen wir das Licht nicht mehr senkrecht sondern geneigt auf das Gitter auffallen (Abb. 9). Man spricht dann von schiefer Beleuchtung.

Dabei ist die Beugung am Gitter prinzipiell die gleiche wie bei senkrechtem Einfall. Das nullte Maximum rückt dabei gegen den einen Rand des Objektivs, und das Maximum erster Ordnung gelangt dafür am gegenüberliegenden Rand mit in das Objektiv. Demnach können zwei Maxima zur Bildentstehung mit beitragen. Es entsteht zwar keine objektgetreue Abbildung, denn dazu müßten alle auftretenden Beugungsmaxima mitwirken, aber die Struktur des Gitters - zumindest in der Anzahl der Spalten - wird sichtbar. Man sagt, "das Gitter wird aufgelöst". Ist die Gitterkonstante so klein und die Beleuchtung des Gitters so

schief, daß auf der einen Seite gerade das Maximum nullter Ordnung und auf der anderen Seite gerade ein Maximum erster Ordnung in das Objektiv gelangt, so hat man die Grenze der Auflösung erreicht. Aus (6) erhält man die Formel

$$d = \lambda_{\text{Vakuum}} / (2 \cdot n \sin u) \quad (8)$$

für das Auflösungsvermögen des Mikroskops. Dabei ist u der halbe Öffnungswinkel des Objektivs und n der Brechungsindex des Stoffes zwischen Objekt und Objektiv (Abb. 10). Der Faktor

$1/2$ ergibt sich aus der durch den Kondensor hergestellten schiefen Beleuchtung. Von Abbe wurde für den Ausdruck $n \cdot \sin u$ der Begriff numerische Apertur NA eingeführt. Für die numerische Apertur des Objektivs schreibt man somit NA_{Obj} , und für die des Kondensors NA_{Kond} . Für $n \approx 1$, also in Luft, läßt sich höchstens eine Apertur von 1 erreichen (bei der Herstellung von Mikro-Objektiven wird nur eine maximale Apertur von 0.95 erreicht). Sollen größere Aperturen als 1 erreicht werden, dann muß zwischen Objektiv und Objekt, gegebenenfalls auch noch zwischen Objekt und Kondensor, ein Medium mit höherer Brechzahl n angebracht werden. Dafür werden von den Herstellerfirmen besondere Objektive, die sog. Immersionsobjektive, angeboten. Als Medium, d.h. als Immersionsflüssigkeit, wird oft Zedernholzöl mit einem Brechungsindex $n_D = 1,51$ verwendet. Führen wir in Formel (8) die numerische Apertur ein, so erhalten wir

$$d = \lambda_{\text{Vakuum}} / (NA_{\text{Obj}} + NA_{\text{Kond}}) \quad (9)$$

Dabei ist mit NA_{Kond} die wirksame Apertur des Kondensor gemeint.

($NA_{\text{Kond}} \leq NA_{\text{Obj}}$) Im allgemeinen kann nun die numerische Apertur des Objektivs vom Nutzer nicht geändert werden, jedoch paßt man die Kondensorapertur durch Verstellen der Aperturblende dem jeweils benutzten Objektiv an.



Abb. 8

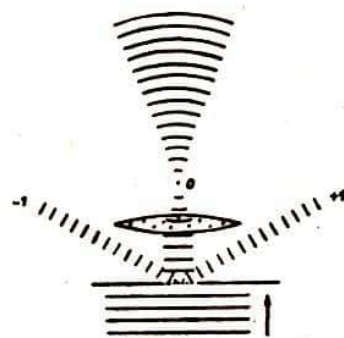


Abb. 9

Beispiel zum Auflösungsvermögen:

Nimmt man eine mittlere Wellenlänge des sichtbaren Lichtes von $\lambda = 550 \text{ nm}$ an und verwendet ein Objektiv mit der Apertur 1,25 (die Apertur ist auf den Objektiven aufgraviert), weiterhin einen Kondensor, der ebenfalls eine Apertur von 1,25 gestattet, so erhält man für den Abstand d von Teilchen, die man gerade noch getrennt wahrnehmen kann, nach Formel(9)

$$d = 550 / (2 \cdot 1,25) = 220 \text{ nm}.$$

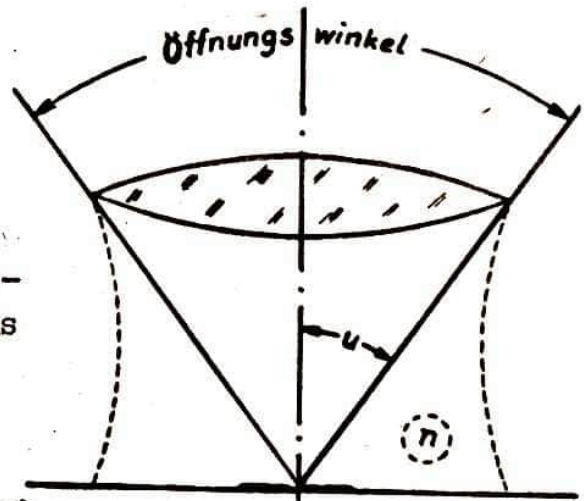
Abb. 10

Würde man jetzt die Wellenlänge verkleinern, z.B. auf $\lambda = 275 \text{ nm}$ (diese Wellenlänge wird sehr viel in der Ultraviolett-Mikroskopie verwendet), so ergäbe sich für $d = 110 \text{ nm}$.

Es wurde eben der Übersichtlichkeit halber die Bildentstehung bei Verwendung eines Gitters als Objekt erläutert. In der angewandten Mikroskopie treten aber Objekte wie unser Gitter nur in den allerseltensten Fällen auf. Im allgemeinen wird das Objekt wahllos Strukturen aufweisen, und dennoch entsteht das Bild auf die gleiche Weise, wie wir es beim Gitter behandelt haben. Es tritt also an jeder Objektstruktur eine Beugung des Lichtes auf, die wir wie die beim Gitter weiter behandeln können.

Wir wollen unsere Ergebnisse noch einmal zusammenfassen:
Wir beleuchten unser Objekt durch den Kondensor mit parallelem Licht. Am Objekt tritt eine Beugung des Lichtes auf und von den Beugungsmaxima gelangen mehr oder weniger viele in das Objektiv, deren Anzahl von der numerischen Apertur des Objektivs abhängig ist. In der hinteren Brennebene entsteht dann ein für das Objekt charakteristisches Beugungsspektrum.

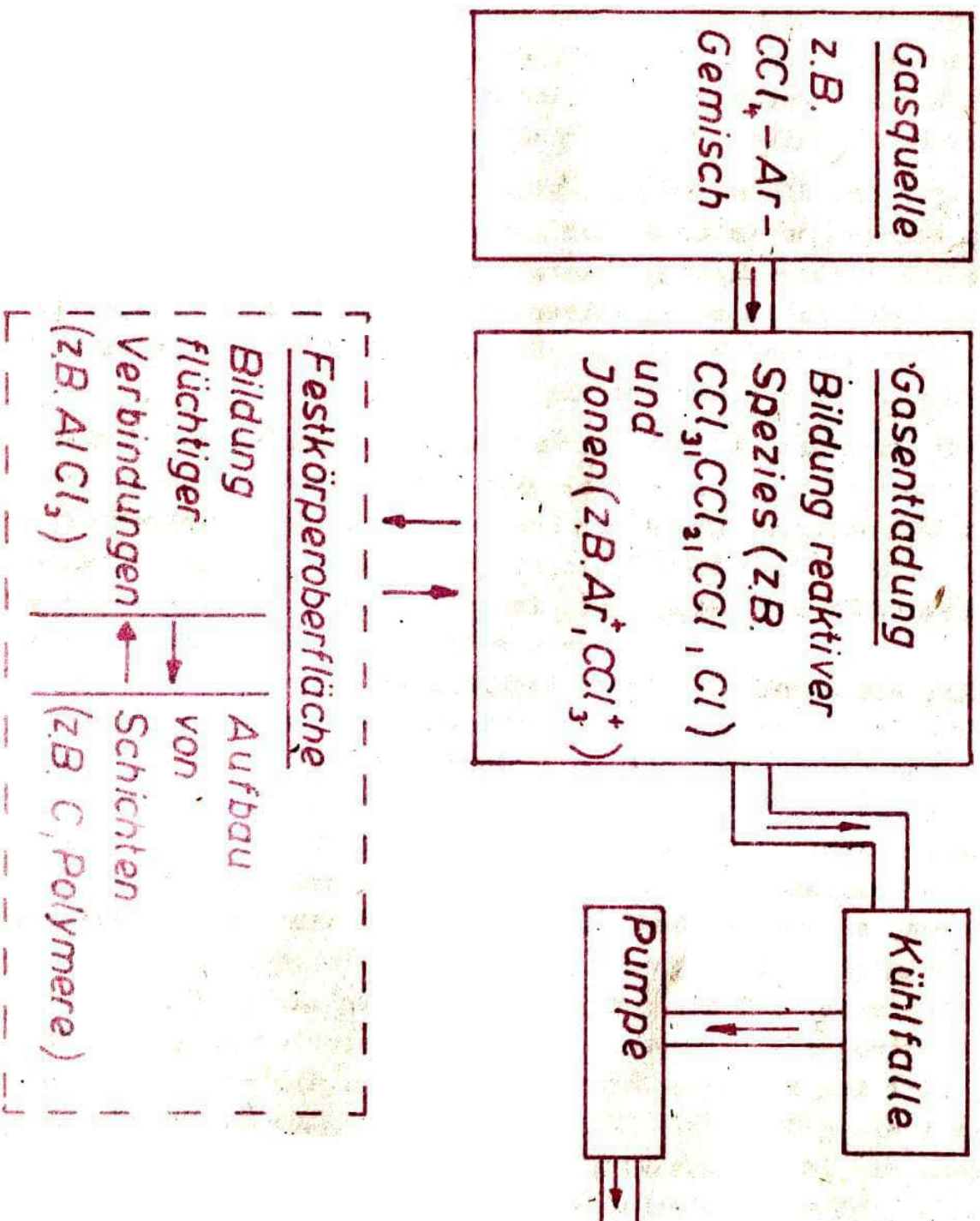
Die von dem Beugungsspektrum ausgehenden Lichtwellen interferieren miteinander und ergeben in der Bildebene dasjenige Bild, welches wir mit dem Okular betrachten. Die Auflösung von Einzelheiten im Objektiv ist von der numerischen Apertur des Objektivs und der Schiefe der Beleuchtung, also der numerischen Apertur des Kondensors, abhängig.



Die Fertigung hochintegrierter Bauelemente der Mikroelektronik stellt wachsende Anforderungen an die Bearbeitung der Oberflächen der dabei zum Einsatz kommenden Materialien. Daher sucht man nach Wegen, die "klassischen" Verfahren der Oberflächenbearbeitung (mechanisch, naßchemisch, photochemisch) durch andere Bearbeitungsmethoden zu ergänzen bzw. abzulösen. Eine solche Methode, die es erlaubt, Schichten geringster Dicke in definierter Weise von Metall-, Halbleiter- und Nichtleiteroberflächen abzutragen, ist das Plasmaätzen. 1968 wurde dazu die erste Publikation veröffentlicht, und seitdem widmen sich viele Forschungsgruppen in aller Welt diesem Thema.

Die grundlegende Idee des Plasmaätzens ist folgende (siehe auch Bild 1): In einem strömenden Gas wird bei geringen Drücken (in der Regel 1-100 Pa) eine elektrische Gasentladung gebrannt. Im Plasma dieser Entladung wird ein Teil der Atome und Moleküle durch Elektronenstöße angeregt, ionisiert und dissoziiert. Weiterhin laufen chemische Umsetzungen ab. Auf diese Weise entstehen in der Gasentladung sehr reaktionsfähige (reaktive) Spezies. Dies sind insbesondere Radikale und Radikationen sowie angeregte Atome. Bringt man nun eine Probe des zu bearbeitenden Materials mit dem Plasma in Wechselwirkung, so reagieren diese Spezies mit der Oberfläche der Probe, wobei flüchtige Verbindungen mit den Atomen des Probenmaterials gebildet werden. Diese dampfen in die Gasphase ab und werden mit Hilfe der Pumpe abgesaugt. Da immer wieder neue reaktive Spezies zur Probenoberfläche gelangen, gehen ständig Atome des Probenmaterials flüchtige Verbindungen ein, die mit dem Gasstrom abtransportiert werden. Dadurch wird die Oberfläche der Probe allmählich abgetragen. Die Oberflächenreaktion der reaktiven Spezies erfährt eine wesentliche Unterstützung durch

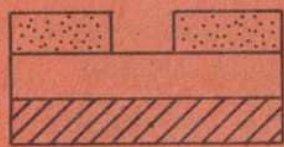
Bild 1 : Zum Prinzip des Plasmaätzens



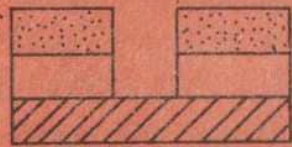
das Bombardement der in der Gasentladung ebenfalls entstehenden Ionen auf die Probe. Dieses Bombardement bewirkt nämlich eine energetische Anregung der Atome der Festkörperoberfläche, das Lockern von Bindungen zwischen ihnen und das Herausschlagen von Atomen aus der Probenoberfläche. Diese wird dadurch in einen Zustand versetzt, in welchem sich besonders gute Angriffsmöglichkeiten für die reaktiven Spezies bieten.

Natürlich ist dieses Prinzip einfacher aufzuschreiben als technisch zu realisieren oder gar physikalisch und chemisch für ein konkretes System theoretisch zu modellieren. Heute werden industriell schon Anlagen zum Plasmaätzen mikroelektronischer Strukturen betrieben. Diese arbeiten aber im wesentlichen auf empirischer Grundlage.

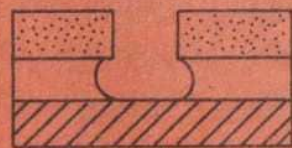
Derzeit studiert man das Plasmaätzen in verschiedenen Formen der Gasentladungen. Im Mittelpunkt der Untersuchungen stehen dabei Entladungen, die durch hochfrequenten Wechselstrom erzeugt werden, aber auch Gleichstromentladungen finden zunehmend Interesse. Es gibt Reaktoren, in denen die zu ätzende Probe sich unmittelbar in der Entladung befindet, bei anderen wiederum ist sie außerhalb dieser sogenannten Aktiven Zone angebracht. Es werden die verschiedensten Gase und Gasgemische auf ihre Ätzeigenschaften bei Wechselwirkung mit unterschiedlichen Oberflächen hin untersucht und halbempirische kinetische Modelle der komplexen Prozesse in den Ätzreaktoren entworfen. Für die Untersuchungen verwendet man z.Z. beispielsweise als zu ätzendes Material GaAs, Si oder Al und als Ätzgase Gemische von Edelgasen mit CCl_4 oder CF_4 , um nur einige zu nennen. Es zeigt sich, daß der Aufbau des Reaktors einen Einfluß auf die Richtung des Ätzprozesses hat. Was darunter zu verstehen ist, will ich an einem Beispiel erläutern: Angenommen, es sollen auf einem Chip zwei Leiterbahnen durch das Ätzen getrennt werden. Die ideale Struktur des Chips nach dem Ätzen zeigt Bild 2b. Bei naßchemischem Ätzen erfolgt die Ätzung aber nicht in einer Vorzugsrichtung (anisotrop), sondern es sind alle Richtungen gleichberechtigt (Isotropie). Daher erhält man real ein Ätzprofil, wie es auf Bild 2c zu sehen ist. Man erkennt, daß auch das unter dem Fotolack befindliche Leitermaterial stark angegriffen wird. Diese Erscheinung nennt man Unterätzen. Sie ist bei der Herstellung mikroelektronischer



a) Probe vor dem Ätzen



b) Probe nach dem Ätzen (ideal)

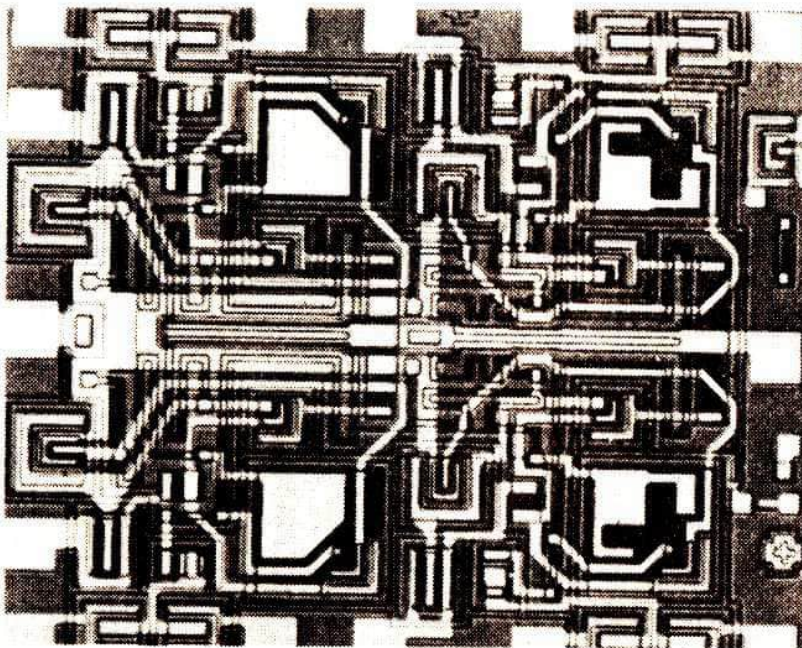


c) Probe nach dem Ätzen (real)



Fotolack Leiter Träger-
material

Bild 2



„Innenleben“
eines
Schaltkreises

Bauelemente wegen der geringen Toleranzgrenzen unerwünscht. Beim Plasmaätzen kann man dieses Unterätzen erheblich einschränken, indem man solche Bedingungen schafft, daß der größte Teil der Ionen senkrecht auf die Probenoberfläche prallt. Auf Grund ihrer größeren Beweglichkeit gelangen nämlich im Plasma pro Zeiteinheit mehr Elektronen als Ionen auf die Probenoberfläche. Können diese Elektronen nicht oder nicht schnell genug abfließen, lädt sich die Probe negativ auf. Dadurch gelangen aber mehr positive Ionen als Elektronen in die Nähe der Probe, und es bildet sich vor der Probenoberfläche eine positive Raumladung aus. Diese behindert das Aufprallen positiver Ionen auf die Oberfläche. Legt man eine geeignete Vorspannung an die zu ätzende Probe, kann man die Ausbildung einer negativen Oberflächenladung auf der Festkörperoberfläche und damit den Aufbau einer positiven Raumladung vor der Probe verhindern und die obige Forderung (Ionenaufprall) erfüllen. In diesem Falle gestaltet sich der durch die reaktiven Spezies bewirkte chemische Ätzprozeß stark anisotrop. Er läuft hauptsächlich in Richtung des Ionenaufpralls ab, woraus folgt, daß die Unterätzung äußerst gering bleibt und sich der Ätzprozeß in dieser Hinsicht quasi ideal gestaltet. Eine zum Plasmaätzen häufig verwendete Anordnung zeigt Bild 3. Es ist ein sogenannter Planarreaktor, in dem eine HF-Entladung gebrannt wird.

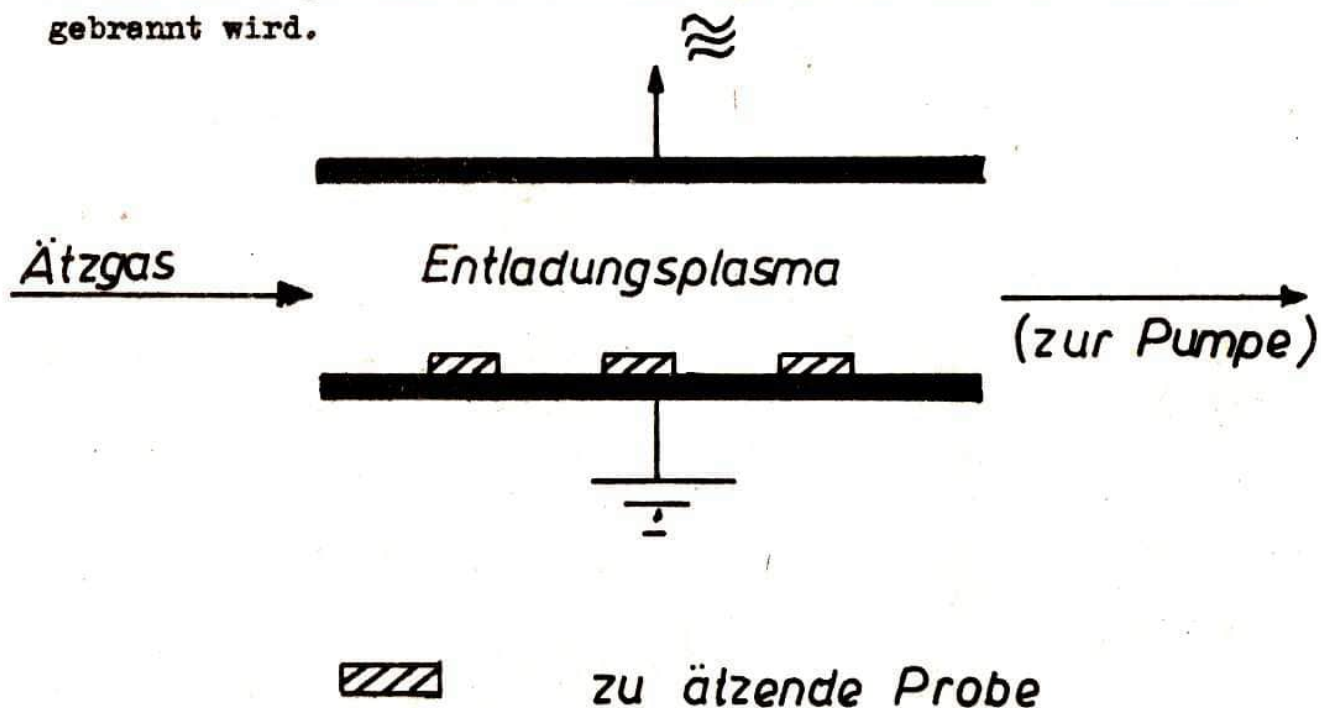


Bild 3 Planarreaktor

Eines der vielen Probleme beim Plasmaätzen ergibt sich daraus, daß die in der Gasentladung erzeugten reaktiven Spezies häufig nicht nur flüchtige Verbindungen mit den Atomen des zu ätzenden Materials eingehen, so daß es neben der Ätzung auch zum Aufbau von neuen Oberflächenschichten kommt. Dies können z.B. Kohlenstoff-, Oxid- oder Polymerschichten sein. Durch den Aufbau derartiger Schichten wird der Ätzprozeß beeinträchtigt bzw. völlig unmöglich gemacht. Eine Aufgabe der plasmachemischen Untersuchungen besteht deshalb darin, solche Bedingungen zu finden und auch modellmäßig zu begründen, bei denen das Ätzen die Schichtauftragung möglichst stark überwiegt.

Der für die Effektivität des Plasmaätzens entscheidende Parameter ist die Ätzrate R (Dicke der abgetragenen Oberflächenschicht pro Zeiteinheit). Die z.Z. erreichten Spitzenwerte der Ätzraten liegen bei rund $1\ \mu\text{m}/\text{min}$.

Welche Vorteile machen nun das Plasmaätzen gegenüber anderen Oberflächenbearbeitungsmethoden so interessant? Als Antwort hierauf will ich nur die drei wichtigsten nennen:

1. Wegen der geringen Unterätzung und der dadurch bedingten hohen Genauigkeit ist es möglich, Strukturen im Submikrometerbereich zu ätzen.
Dies ist Voraussetzung für die Großintegration bei der Herstellung mikroelektronischer Bauelemente.
2. Der Prozeß des Plasmaätzens bietet gute Steuermöglichkeiten. Die Überwachung erfolgt zumeist mit spektroskopischen Mitteln.
3. Das Plasmaätzen fügt sich viel besser als das naßchemische Ätzen in den technologischen Ablauf der Herstellung mikroelektronischer Bauelemente ein, da es mit der Fotolackveraschung und anderen Prozessen kombiniert und in ein und derselben Apparatur wie diese durchgeführt werden kann.

Im Rahmen der Forschungen zum Plasmaätzen darf man allerhand interessante Erkenntnisse über die Wechselwirkung des Gasentladungsplasmas mit Festkörperoberflächen erwarten. Auf diesem Gebiet gibt es zahlreiche ungelöste Probleme, von denen einige schon in den 20er und 30er Jahren unseres Jahrhunderts durch den Greifswalder Plasmaphysiker Rudolf Seeliger (siehe auch "impuls 68" Nr. 4/83) formuliert wurden.

Ganz sicher wird der eine oder andere Leser von "impuls 68", der jetzt noch die Schulbank drückt oder seinen Ehrendienst leistet, sich eines Tages mit den Aufgaben des oben kurz dargestellten Teilgebietes der chemischen Physik zu befassen haben. Für diejenigen, die schon jetzt etwas genauer nachlesen wollen, gebe ich noch zwei Literaturhinweise. Eine erste Einführung in die Physik der Gasentladungen findet sich in: Grimsehl, "Lehrbuch der Physik", Band 2, BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1980 auf den Seiten 229-244. Ein für interessierte Schüler weitgehend verständlicher Übersichtsartikel zum "Plasmaätzen von Festkörperoberflächen" wurde von Tiller publiziert in: "Beiträge zur Festkörperphysik", Band 12, VEB Verlag Technik, Berlin 1982, S. 50-75.

"... Mikroorganismen gehören zu den besten Freunden des Menschen und zu seinen schlimmsten Feinden, aber es hat eine Million Jahre gedauert, um das herauszufinden..."

E.C. Stakman 1964

Mikroorganismen eliminieren Radioaktivität

Kanadische Wissenschaftler haben ein Verfahren patentieren lassen, mit Hilfe von Mikroorganismen radioaktive Abfälle zu eliminieren. Nachdem in breitangelegten Untersuchungen zahlreiche Mikroorganismen und synthetische Präparate getestet wurden, erwies sich der Pilz *Rhizopus arrhizus* als am besten geeignet, Uranium und Thorium aufzunehmen.

Im Labormaßstab wird das Verfahren als Säulenextraktion durchgeführt. Derzeit arbeitet man daran, den Wirkungsmechanismus aufzuklären, die Aufnahmerate an radioaktiven Substanzen durch den Pilz möglichst zu steigern und das Verfahren zur Praxisreife weiterzuentwickeln.

Literatur:

Biotechnol.News, Summit, 2 (1982) 9, S. 4.

deutsch: Wissenschaft und Fortschritt, 33 (1983) 3, S. 98.

(Teil 1 in Heft 5/84, Teil 2 in Heft 1/85 erschienen)

Im ersten Teil unserer kleinen Serie hatten wir uns mit allgemeinen Beschreibungsformen dynamischer Systeme beschäftigt, und dabei die allgemeinen Eigenschaften chaotischer Systeme herausgearbeitet, während der zweite Teil die Beschreibung spezieller Systeme mit chaotischem Verhalten zum Inhalt hatte.

In diesem Teil wollen wir nun den Bogen unseres kleinen Exkurs schließen, indem wir eine mathematische Methode kennenlernen, mit der man chaotische Systeme behandeln kann, und die wir dann, gewissermaßen als Krönung selbst auf einem Taschenrechner ausprobieren können.

Beschäftigen wir uns also zunächst mit der

Methode der diskreten nichtlinearen Dynamik

Dazu betrachten wir noch einmal ein Bild aus dem Teil I, das wir jetzt etwas abwandeln (Abb. 1)

Bild 1: Poincaré - Abbildung

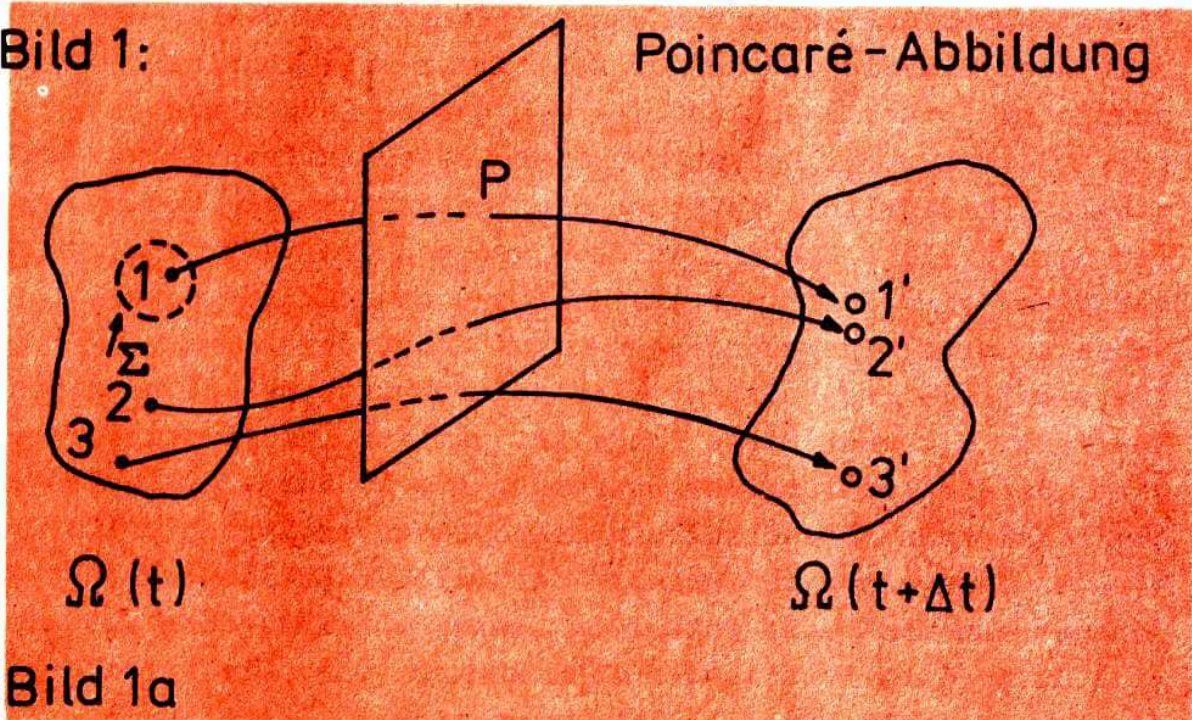


Bild 1a

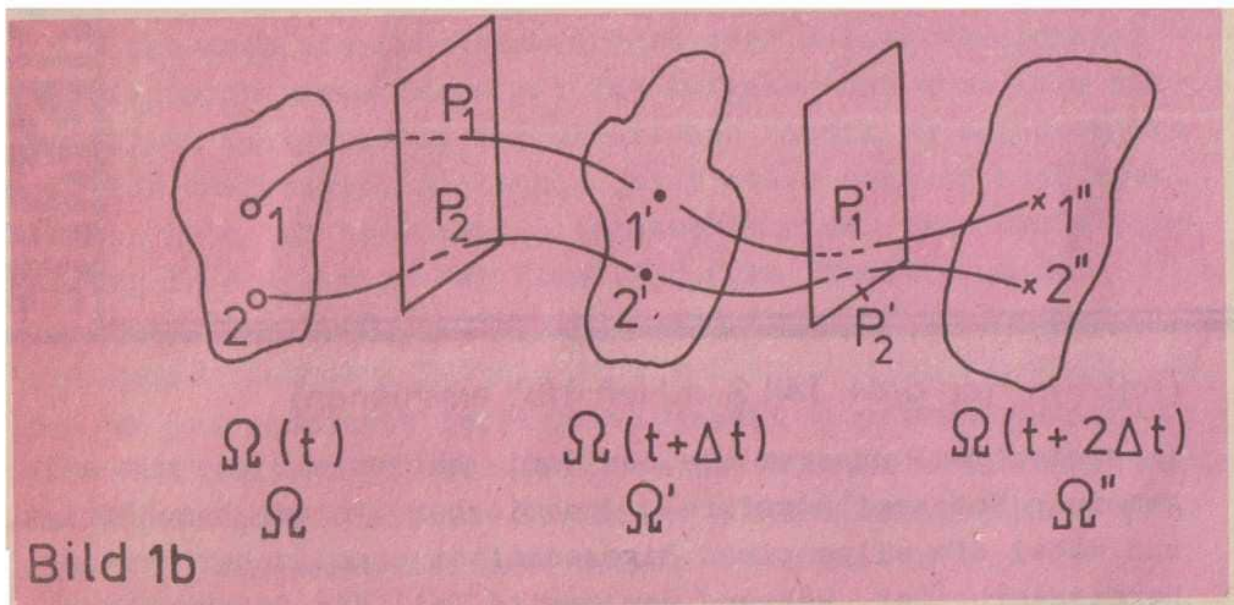


Bild 1b

Wir haben den Phasenraum unseres Systems (z.B. U, I, Ψ , vgl. Teil II) schematisch zu zwei verschiedenen Zeitpunkten dargestellt. Willkürlich haben wir drei Phasenraumpunkte 1, 2, 3 herausgegriffen (geg. durch die Koordinaten $i = 1, 2, 3$

$U_i(t), I_i(t), \Psi_i(t)$)

und verdeutlichen die Zeitentwicklung zu den Phasenraumpunkten $1', 2', 3'$ durch Pfeile. Wir wissen, daß die von uns studierten Systeme, selbst wenn sie chaotisch sind, doch determinierte Systeme bleiben, d.h. bei genauer Kenntnis des Phasenraumpunktes 1 kann man ganz genau den Punkt $1'$ voraussagen. Ein System wurde u.a. erst dadurch chaotisch, daß man es niemals in dem genau gleichen Anfangszustand bringen kann und die Phasenraumtrajektorien vom einen Anfangszustand Σ deshalb nach hinreichend langer Zeit immer mehr voneinander abweichen, bis sie schließlich den ganzen Raum überdecken (vgl. Teil I). Wir nutzen nun diese Determiniertheit aus und stellen (gedanklich) zwischen die Phasenräume $\Omega(t)$ und $\Omega(t+\Delta t)$ ein dünnes Blatt Papier, welches von den Trajektorien geschnitten wird. Wir interessieren uns nun nur für diese Schnittpunkte, insbesondere aber auf Grund der Determiniertheit für die Frage: Wo befindet sich der Schnittpunkt P' , wenn ich den Punkt P kenne? Diese Frage ist nämlich insofern interessant, da die Kenntnis der Zuordnung $P \rightarrow P'$ für alle Punkte der Fläche einer Beschreibung des Systems entspricht. Wir könnten dann genau voraussagen, an welchen Stellen eine gegebene Bahn das Blatt zukünftig schneiden wird, ohne daß man sich um weitere Details der Bahn kümmern muß. Die Aufgabe besteht also darin, die Abbildungsfunktion $f: P \rightarrow P'$ zu suchen.

Die Idee zu dieser Methode der Beschreibung dynamischer Systeme stammt von Henri Poincaré, weshalb das Verfahren auch Poincaré-Abbildung genannt wird.

Die Bezeichnung der Methode als diskret kommt daher, daß man die Blätter zu verschiedenen bestimmten Zeitpunkten in die Bahn stellt. Worauf bezieht sich aber das Adjektiv "nichtlinear?"

Wir hatten im Teil II gesehen, daß eine gemeinsame Eigenschaft aller betrachteten Systeme mit chaotischem Verhalten das Auftreten von nichtlinearen Gliedern in den entsprechenden (Differential-) Bewegungsgleichung ist. Wir können deshalb vermuten, und die Vermutung wird sich bestätigen, daß für chaotische Systeme die Poincaré-Abbildung $f: P \rightarrow P'$ nichtlinear sein muß. Untersuchen wir einmal eine derartige Abbildung. Um uns die Arbeit zu erleichtern, betrachten wir nur den eindimensionalen Fall, d.h. P (repräsentierte z.B. 3 Koordinaten U, I, ψ) wird durch eine Koordinate z ersetzt. Schränken wir den Bereich für z auf das Intervall der reellen Zahlen zwischen 0 und 1 ein, so kann man schreiben $f: z \rightarrow z'$ oder $z' = f(z)$ oder auch $z_{n+1} = f(z_n)$ mit $z \in [0, 1]$. Wir erinnern uns an Teil II, das Einsetzen chaotischen Verhaltens war immer mit der Veränderung eines äußeren Parameters verbunden, wir müssen deshalb eine Abhängigkeit der Poincaré-Funktion von diesem Parameter zulassen und schreiben: $f(z, a)$, wobei a der äußere Parameter ist.

Um das Ganze ein bißchen anschaulich zu gestalten, betrachten wir das

Analogon Insektenstaat

Wir betrachten die Population eines Insektenstaates auf einer Insel zu diskreten Zeitpunkten, z.B. aufeinanderfolgenden Sommern. Die Anzahl der Insekten im Sommer $n+1$ in Abhängigkeit zum vorhergehenden Sommer n sei gegeben durch folgende Funktion

$$z_{n+1} = r z_n - s z_n^2.$$

Der erste Ausdruck $r z_n$ beinhaltet das natürliche Wachstum, wogegen $- s z_n^2$ die Verluste charakterisiert, die die Population erleidet. Diese können z.B. auf einen Nahrungsmangel infolge einer Überbevölkerung beruhen (daher könnte man quadra-

tische Abhängigkeit rechtfertigen). Wir schreiben die Gleichung um in

$$Z_{n+1} = aZ_n (1 - Z_n)$$

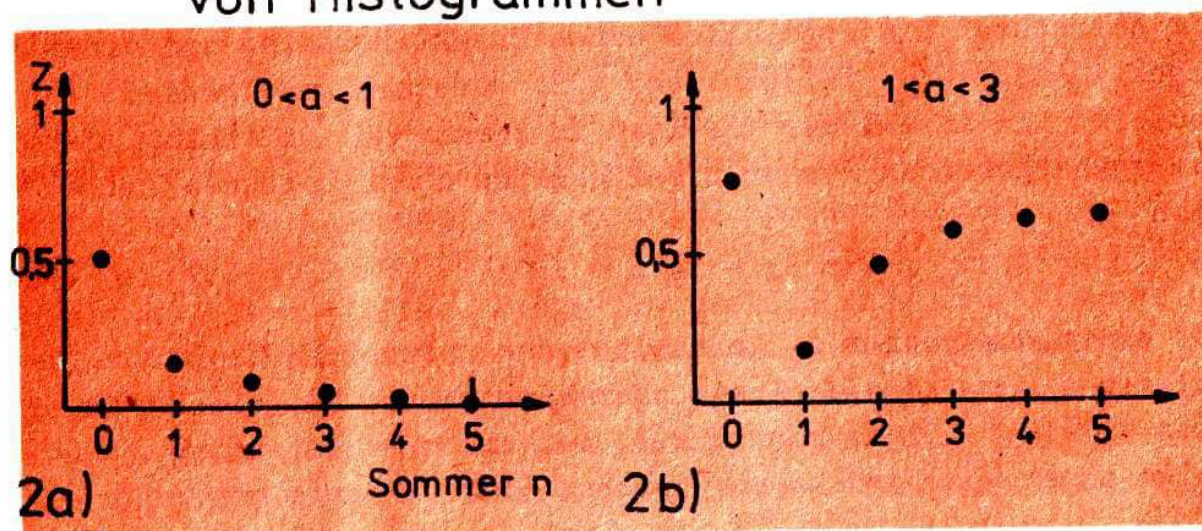
und haben damit einen sehr einfachen Fall einer Poincaré-Abbildung.

Wie verhält sich nun der Insektenstaat in Abhängigkeit vom (äußeren) Wachstumsparameter a (das können z.B. Klima, Nahrung etc. sein)?

Die Ergebnisse sind schematisch in den Bildern 2 und 3 dargestellt. Bei kleinem Wachstumsparameter a stirbt die Bevölkerung aus, ganz egal, von welchem Startwert man ausgeht. Hat der Wachstumsparameter einen Wert zwischen 1 und 3, so strebt die Zahl der Insekten ebenfalls immer einem festen Wert zu, ganz gleich, welchen Anfangswert die Bevölkerung zunächst hatte, z.B. bei $a = 2,5$ strebt z gegen 0.6. Bei $a = 3,3$ pendelt die Zahl der Insekten zwischen 0,479... und 0,823..., bei $a = 3,5$ oszilliert z zwischen vier Werten (ähnlich der Maikäferpopulation, als sie vor einigen Jahren noch eine Chance gegen Tiefpflügen und Schädlingsbekämpfungsmittel hatte). Bis hierhin ($a \approx 3.56$) ist das Muster nach hinreichend langer Zeit (Anzahl v. Schritten) unabhängig vom Startwert $z_0 \in [0,1]$.

Bei $a = 3,9$ jedoch stellt sich selbst nach langer Zeit kein Muster und keine Periodizität ein. Startet man von noch so dicht benachbarten Punkten, nach einiger Zeit zeigen die Histogramme keinerlei Ähnlichkeit mehr, das Chaos ist erreicht.

Bild 2: Wachstum des Insektenstaates anhand von Histogrammen



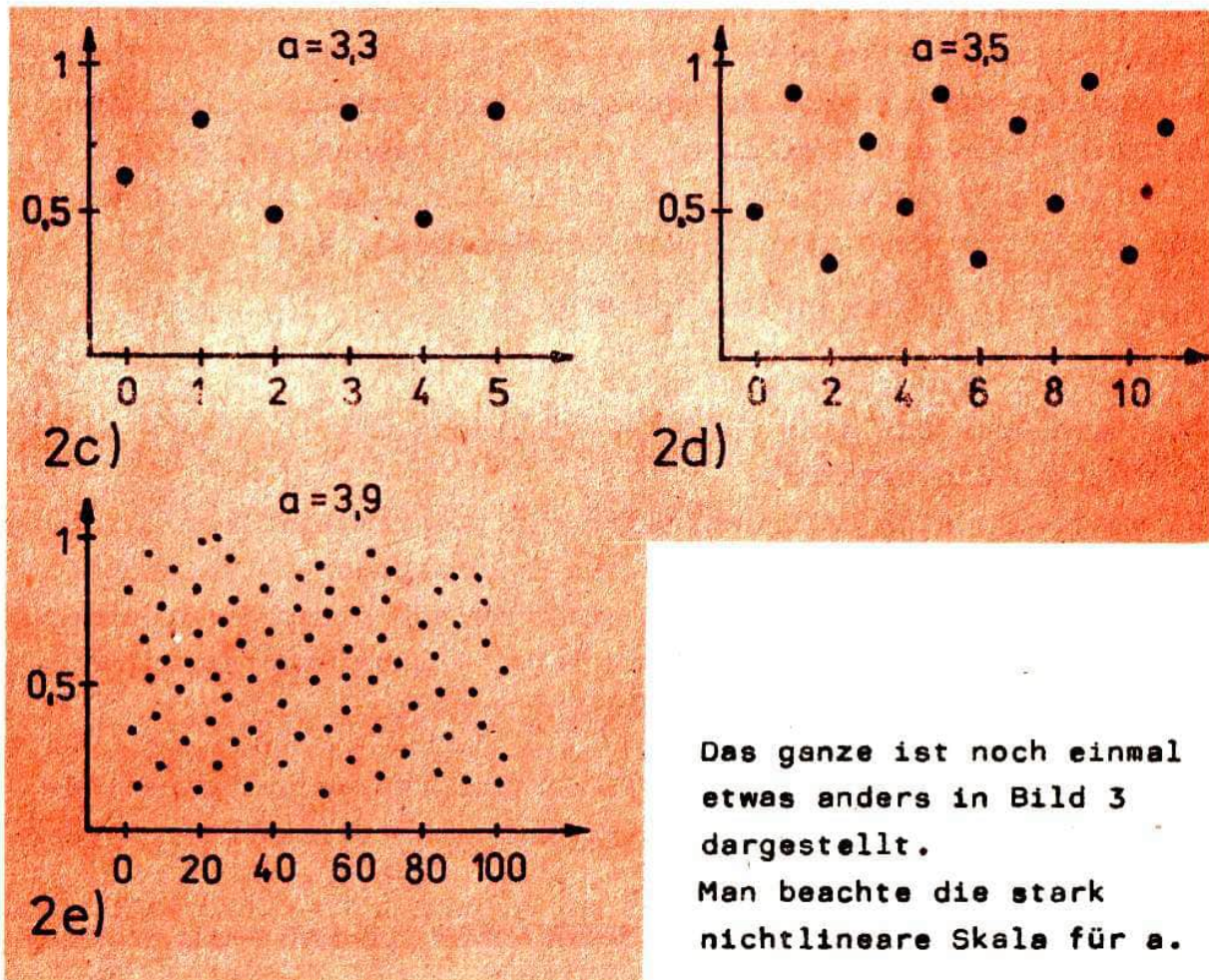
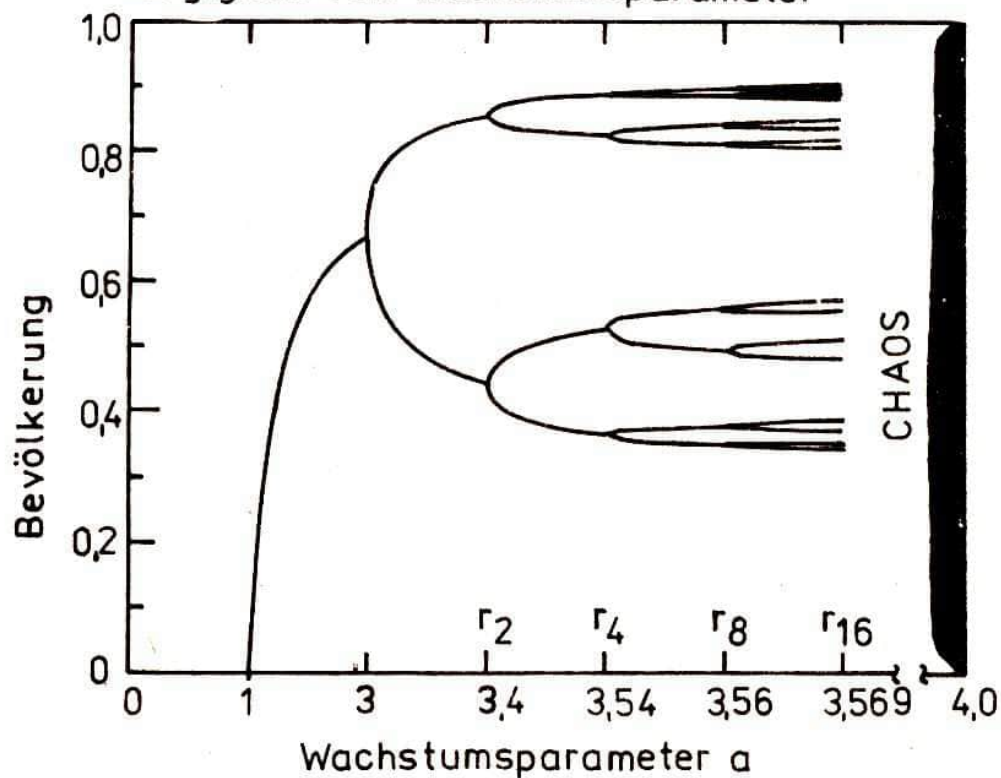


Bild 3 : Stationäre Bevölkerung des Insektenstaates in Abhängigkeit vom Wachstumsparameter



Was auffällt, ist die extreme Ähnlichkeit mit entsprechenden Histogrammen realer physikalischer Systeme, wie sie in Teil II betrachtet wurden. Die Methode der nichtlinearen, diskreten Dynamik (Poincaré-Abbildung) ist also durchaus geeignet, chaotische Systeme richtig zu beschreiben. Zum Abschluß soll der Leser nun auch noch in den Genuß kommen, ein

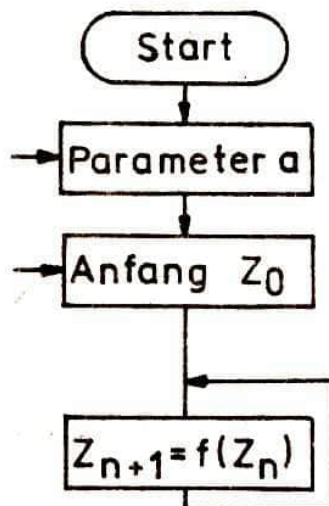
Chaos im Taschenrechner

zu erleben. Was haben wir zu tun?

Wir berechnen für eine Poincaré-Abbildung die in Abb. 2 dargestellten Histogramme.

Es empfiehlt sich dafür entweder ein programmierbarer Taschenrechner oder aber noch besser ein Heimcomputer. Vielleicht können die Rechnungen auch in einer AG auf einem Großrechner ausgeführt werden. Dazu sind in Tafel 1 Programmablaufplan und ein Programmbeispiel in BASIC angegeben.

Wir programmieren die Poincaré-Funktion, geben uns einen bestimmten Parameterwert für a vor und einen Startwert z_0 . Dann berechnen wir $z_1 = f(z_0)$, $z_2 = f(z_1)$ usw., usf.



BASIC

```

10 REM CHAOS
20 Lösche Bildschirm
30 INPUT "PARAMETER A";A
40 X1 = 0.1
50 X2 = 0.6
60 PRINT TAB (20 * X1 + 1)
70 PRINT TAB (20 * X2 + 2)
80 X1 = A * X1 * (1 - X1)
90 X2 = A * X2 * (1 - X2)
100 GOTO 60

```


Hier werden parallel die Histogramme für zwei verschiedene Startwerte auf dem Bildschirm dargestellt.

Nun kann nach Lust und Laune gespielt werden, wobei auch andere Funktionen ausprobiert werden können, z.B.

$$f(z,a) = a \sin \pi z$$

$$f(z,a) = a(1 - 2|z - 0.5|).$$

Immer müssen es aber nichtlineare Funktionen sein, damit es zum Chaos kommt. Die Funktionen sind so gewählt, daß sie stets das Intervall $[0,1]$ auf sich abbilden.

Zwei Bemerkungen:

- 1 Richtiges Chaos kann man natürlich nicht mit dem Rechner erzeugen. Da die Stellenzahl auf dem Rechner begrenzt ist, er folglich auch nur endlich viele Zahlen zwischen 0 und 1 unterscheiden kann, müssen sich selbst im Chaos-Regime die Muster wiederholen, allerdings dauert das sehr lange.
- 2 Man muß sich vor Augen halten, daß eine Anfangsgenauigkeit von 10^{-8} im Anfangswert (entspricht der Stellenzahl auf dem Taschenrechner) im chaotischen Regime nach ca. 40 Schritten eine Ungenauigkeit für z_{40} in der Größenordnung von 1 hat, Es hat folglich keinen Sinn, die Trajektorien weiter als bis zu dieser Grenze zu verfolgen.

So kann ich nur noch viel Spaß beim Probieren wünschen.

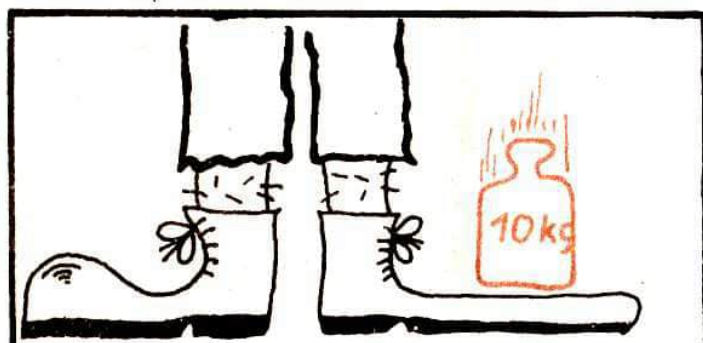
Sie können sich nach Belieben weitere Funktionen und Analoga einfallen lassen, denken Sie aber immer daran:

Es ist nur ein kleiner Schritt
von der Ordnung
zum Chaos.





GALILEO GALILEI
während seiner Fallrinnen-
experimente in Pisa



GEORGE ATWOOD
im Moment der Erfindung
seiner Fallmaschine



Impuls

heiter!

68



$$F = \text{Res} \frac{\partial}{\partial z_i} \delta_{ijk}$$

$$F = U \cdot I \cdot \frac{A}{\pi}$$

$$F = \Phi_0 (\pi) - \Phi_0 (i)$$

$$F = e^{\frac{1}{\sqrt{3}}}$$

$$F = \frac{\pi}{2} \sin \cos \hat{p}$$



OLIVER NEWTON JOHN
(kurz vor der Entdeckung
der Gravitation)

impuls

3/85

INDEX 322004

ISSN 0232-9220

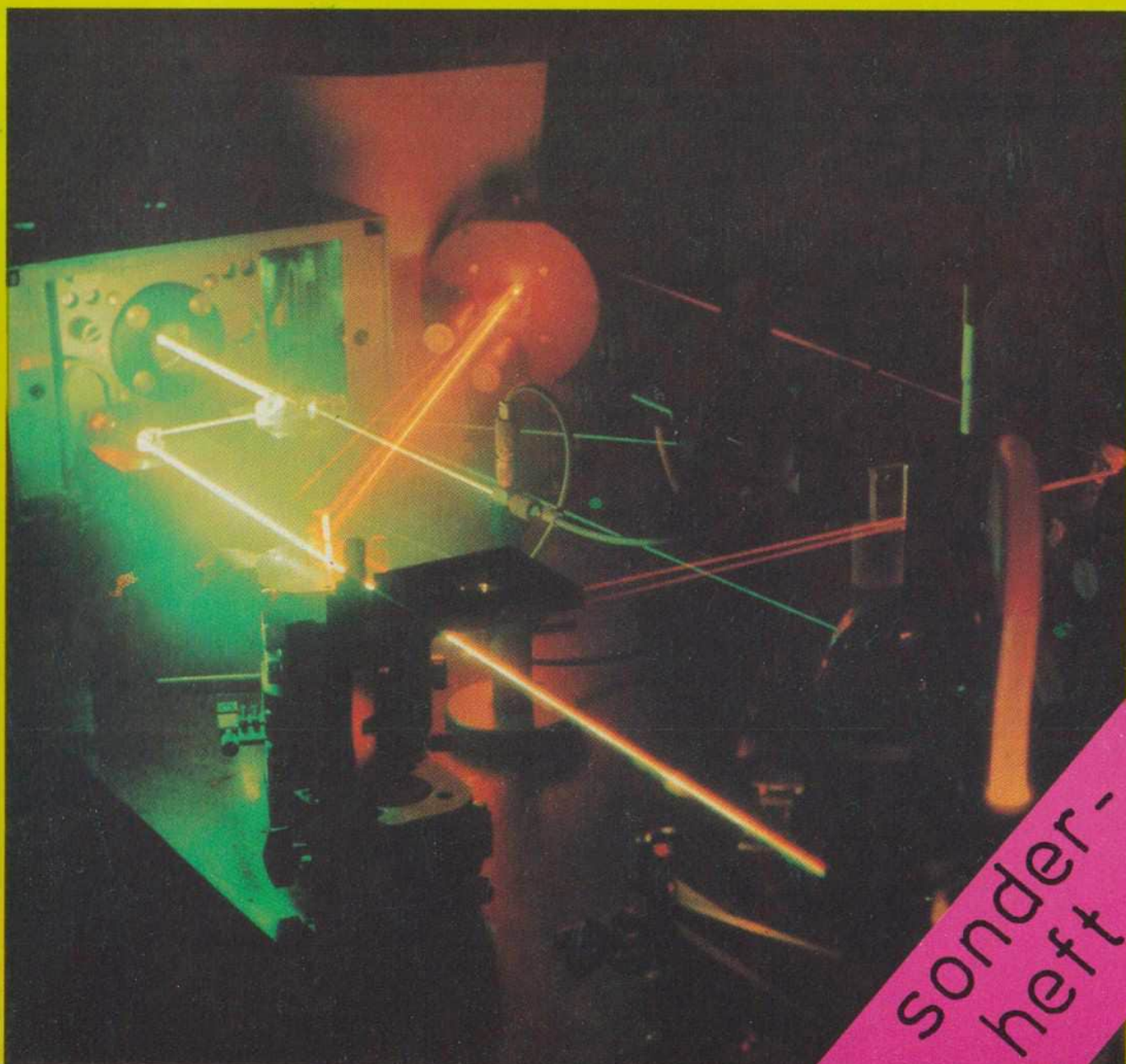
19. Jg.

PREIS 60 Pf.

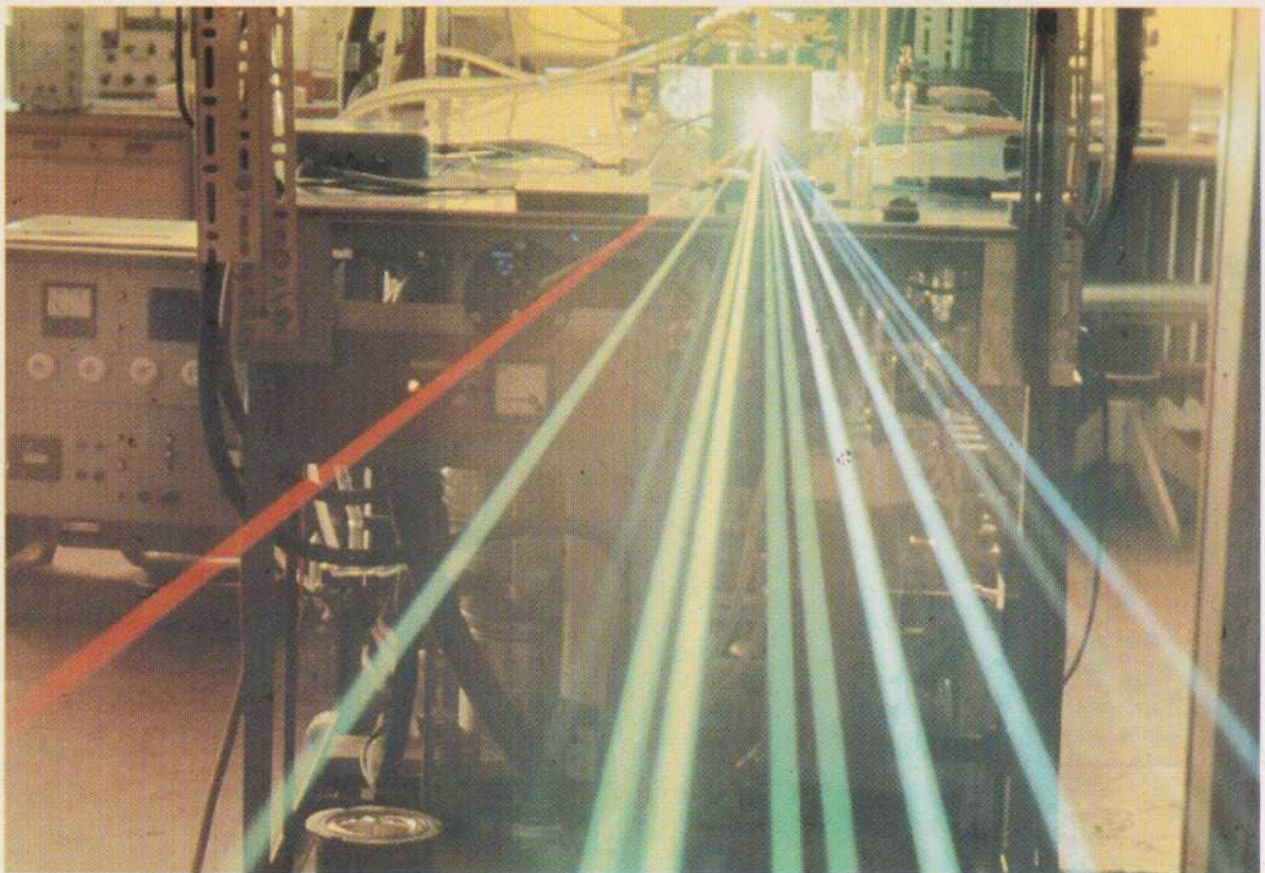
68

25 JAHRE

LASER



sonder-
heft

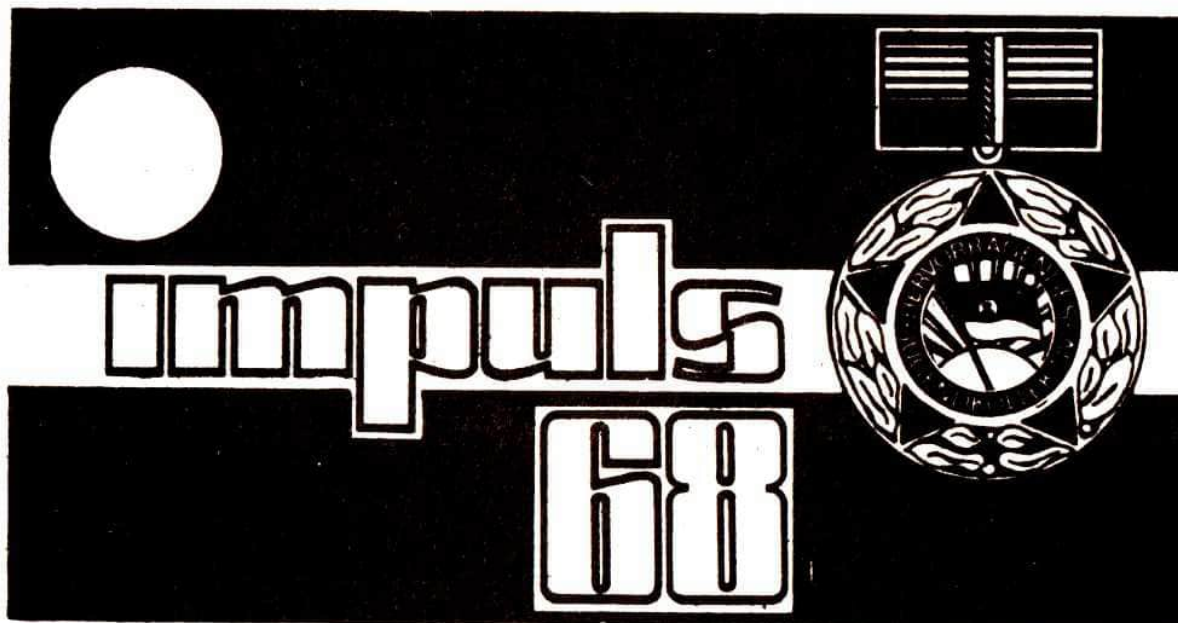


Mischgaslaser (Ar-Kr-Ionenlaser). Die spektrale Zerlegung mit Hilfe eines Prismas läßt die verschiedenen Wellenlängen, auf denen dieser Laser arbeitet, sichtbar werden.



Stimulierte Raman-Streuung eines Rubinlasers in Ethanol. Bei diesem Effekt der nichtlinearen Optik ruft ein intensiver Laserstrahl (Bildmitte, rot) in einer Flüssigkeit Licht mit geringerer Wellenlänge hervor (gelbgrüne Ringe), das sich kegelförmig ausbreitet.

Titelbild: Farbstofflaser (orange) gepumpt durch Ar-Laser



Uwe Stamm	Grundlagen des Lasers	PHY	5
Frank Noack	Lasertypen	PHY	14
Dr. Gerhard Wiederhold	25 Jahre Laserphysik in Jena (Interview)		24
Dr. Ernst Heumann	Laserwaffen	PHY	31
Prof. Dr. Bernd Wilhelmi	Trends und Tendenzen in der Laserphysik (Interview)		42

impuls 68 – SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

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

Die Zeitschrift erscheint im Eigenverlag der Redaktion „impuls 68“

Anschrift der Redaktion: 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1, Telefon 2 71 22/2 17

Veröffentlicht unter der Lizenznummer 1570 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Minister-

rates der DDR.

Erscheinungsweise: zweimonatlich

Heftpreis: -,60 M

Bezugsmöglichkeiten: durch den Postzeitungsvertrieb

Satz und Rollenoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, AN (EDV) 13228

REDAKTION:

Chefredakteur: Dr. Bringfried Stecklum, stellv. Chefredakteur: Dipl.-Phys. Michael Kaschke.
Redaktionsmitglieder: Dr. Rosemarie Hild, Dr. Roland Colditz, Dr. Jürgen Sauerstein, Dipl.-
Chem. Gabi Welsch, Elke Schönheinz, Silvia Butters, Antje Schlegel, Petra Richter, Stefan
Winter, Peter Kroll, Alexander Niehardt

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

Gestaltung: Kaschke, Richter

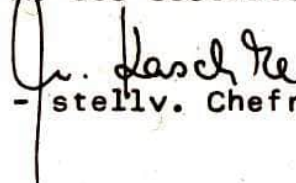
Redaktionsschluß: 21. 3. 1985

Liebe Leser!

Im Mittelpunkt dieses Sonderheftes von "impuls 68" steht eine der wichtigsten Entdeckungen unseres Jahrhunderts, eine der wesentlichsten Entwicklungen der Optik überhaupt - der Laser. Durch seine spezifischen Strahlungseigenschaften hat er Eingang in viele Bereiche der Naturwissenschaften und Technik gefunden, wo er teilweise völlig neue Erkenntnisse in der Grundlagenforschung, neue Experimente, Meßmethoden und technisch-technologische Verfahren ermöglichte.

Anläßlich des 25jährigen Jubiläums des Baus der ersten Laser haben sich junge Wissenschaftler, Forschungsstudenten und Mitarbeiter der Sektion Physik, Bereich Nichtlineare Optik der Friedrich-Schiller-Universität Jena entschlossen, dieses Laserheft zu gestalten. Wir hoffen, daß es uns mit diesem Sonderheft gelungen ist, bei unseren Lesern das Interesse an der Quantenelektronik und Laserphysik zu wecken und hoffen gleichzeitig, neue Freunde von "impuls 68" gewonnen zu haben. Wir würden uns freuen, Ihre Meinung über das vorliegende Heft zu erfahren. Wir wünschen Ihnen einen erfolgreichen Abschluß des Schuljahres und erholsame Ferien.

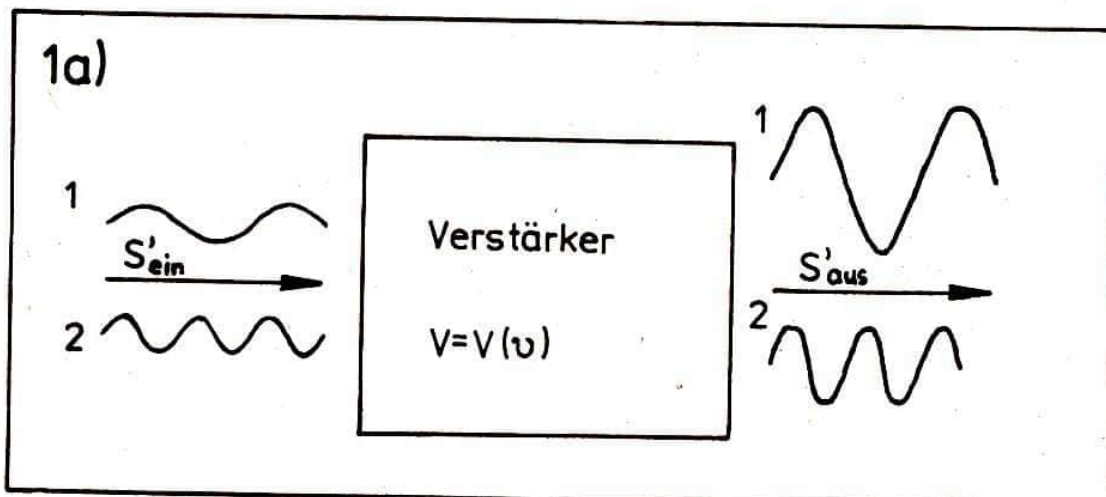
i. A. des Gestalterkollektivs


- stellv. Chefredakteur -

1. Das Oszillatorprinzip

Das physikalische Prinzip eines Lasers, d.h. eines Gerätes zur Erzeugung von Licht einer bestimmten Frequenz ν bzw. Wellenlänge λ , finden wir in allen Anordnungen zur Erzeugung von Schwingungen wieder. Solche Anordnungen nennt man Oszillatoren. Die Schwingungen können dabei mechanischer, elektrischer, akustischer o.a. Natur sein.

Das in Abb. 1a schematisch dargestellte System verstärkt das am Eingang anliegende Signal (mechanisch, elektrisch ...) S'_{ein} mit dem Verstärkungsfaktor V . Am Ausgang erhalten wir das Signal $S'_{\text{aus}} = V \cdot S'_{\text{ein}}$. Verstärkung bedeutet $V > 1$. Um dies zu realisieren, um am Ausgang also ein größeres Signal zu erhalten, müssen wir dem Verstärker Energie zuführen (Energieerhaltung). Wir sagen, wir pumpen Energie in den Verstärker.



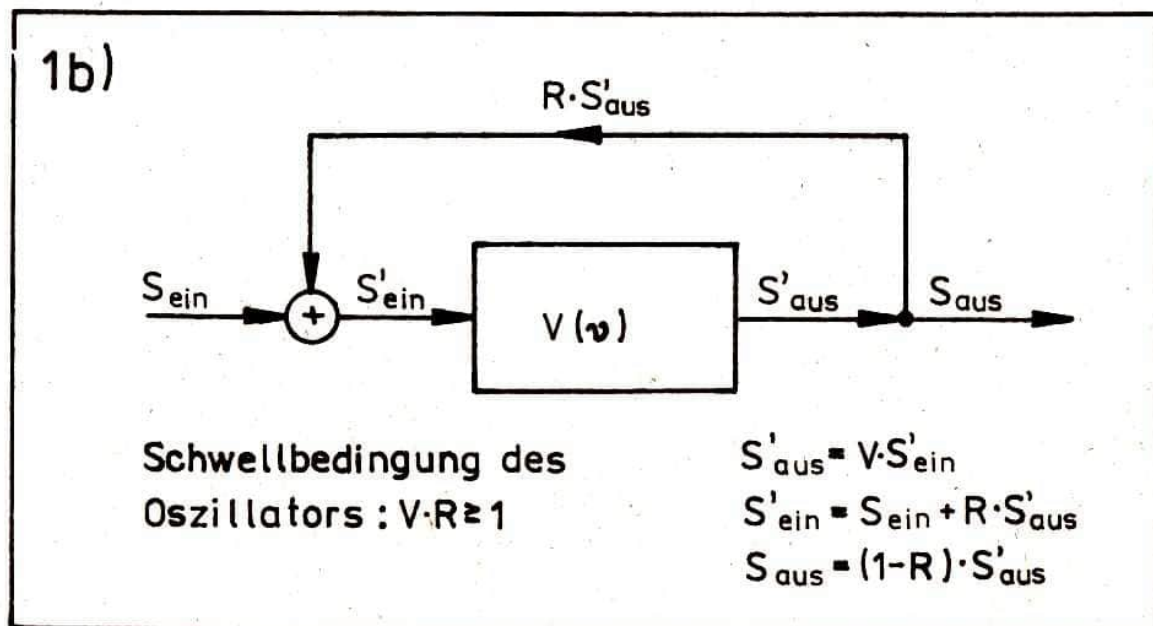
Stellen wir uns nun vor, daß wir einen Teil des Ausgangssignals des Verstärkers an dessen Eingang zurückführen (Abb. 1b). Wir nennen das Rückkopplung mit dem Rückkopplungsfaktor R ($0 \leq R \leq 1$), dem Verstärkungseingang wird zusätzlich das Signal $R \cdot S'_{\text{aus}}$

zugeführt. Das Ausgangssignal des Gesamtsystems Verstärker Rückkopplung ergibt sich also zu

$$S_{\text{aus}} = \frac{(1 - R) V}{1 - R \cdot V} \cdot S_{\text{ein}},$$

Für $R \cdot V < 1$ erhalten wir am Ausgang der Anordnung ein Signal, das proportional zu S_{ein} ist. Je näher $R \cdot V$ an 1 kommt, um so größer ist das Ausgangssignal. Für $R \cdot V = 1$ ist der Ausdruck vor S_{ein} unbestimmt. Für $R \cdot V > 1$ erhalten wir ausgehend von einem einmal vorhandenen Eingangssignal $S_{\text{ein}} = S_0$ nach jedem Durchlaufen der Schleife Verstärker + Rückkopplung ein größeres Ausgangssignal, auch wenn S_0 nach dem 1. Durchlauf abgeschaltet wird. Das Ausgangssignal nach dem n -ten Durchlauf ergibt sich zu $S_{\text{aus}}^{(n)} = (V \cdot R)^{n-1} (1-R) V \cdot S_0$. Der Prozeß schaukelt sich selbst auf. Das System schwingt mit seiner Resonanzfrequenz ν_0 .

Es existiert also eine Schwelle in $R \cdot V$, die man überschreiten muß, damit das System oszilliert, $R \cdot V \geq 1$ heißt deshalb Schwellbedingung.



2. Licht und Atome

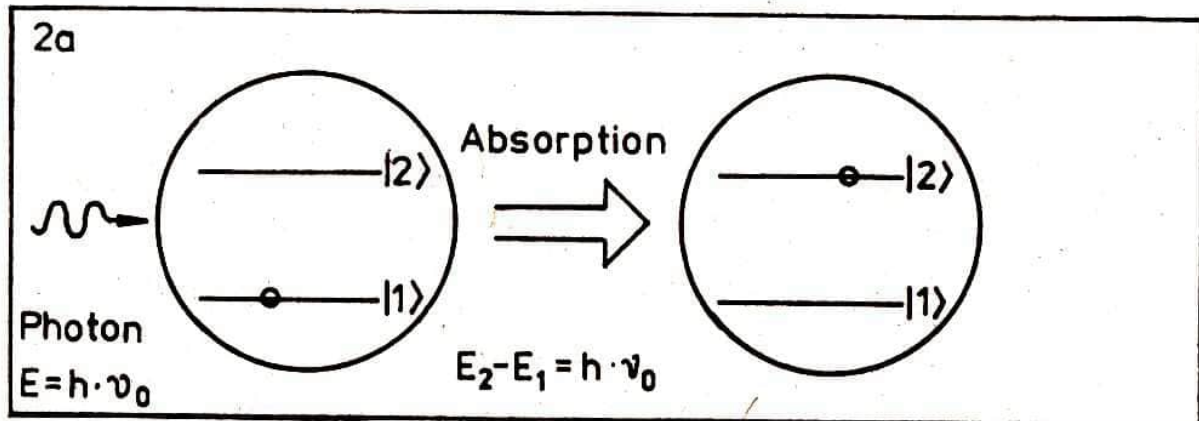
Um einen Laser zu bauen, also ein Gerät, das Licht einer bestimmten Wellenlänge bzw. Frequenz aussendet, benötigen wir nach den Überlegungen von Abschnitt 1 einen Verstärker mit einer Resonanzfrequenz ν_0 zwischen 10^{13} Hz (infrarotes Licht $\lambda_0 = 30\,000$ nm) und 10^{16} Hz (ultraviolettes Licht, $\lambda = 30$ nm) und eine geeignete Rückkopplung. Solche Lichtverstärker können z.B.

Atome, Moleküle oder Ionen sein, die sich in Festkörpern, Flüssigkeiten oder Gasen befinden und die in geeigneter Weise für die Lichtverstärkung vorbereitet sind.

Betrachten wir die Wechselwirkung zwischen Licht und Atomen. Licht besteht aus Energiepaketen, den Photonen oder Lichtquanten. Ein Photon der Frequenz ν (es hat also eine bestimmte Farbe), besitzt die Energie $h \cdot \nu$. Dabei ist h das Plancksche Wirkungsquantum, eine universelle Konstante. Atome können sich nur in ganz bestimmten, diskreten Energiezuständen (Energieniveaus) befinden, und sie können nur solche Energieportionen aufnehmen oder abgeben, die dem Unterschied in der Energie zwischen zwei von diesen Energiezuständen entsprechen (Bohrsches Atommodell). Denken wir uns nun ein Atom, das nur zwei Energieniveaus besitzt (Zweiniveausystem - ZNS). Was passiert, wenn wir Licht einer bestimmten Farbe, d.h. Photonen der Energie $h \cdot \nu_0$ auf so ein Atom schicken?

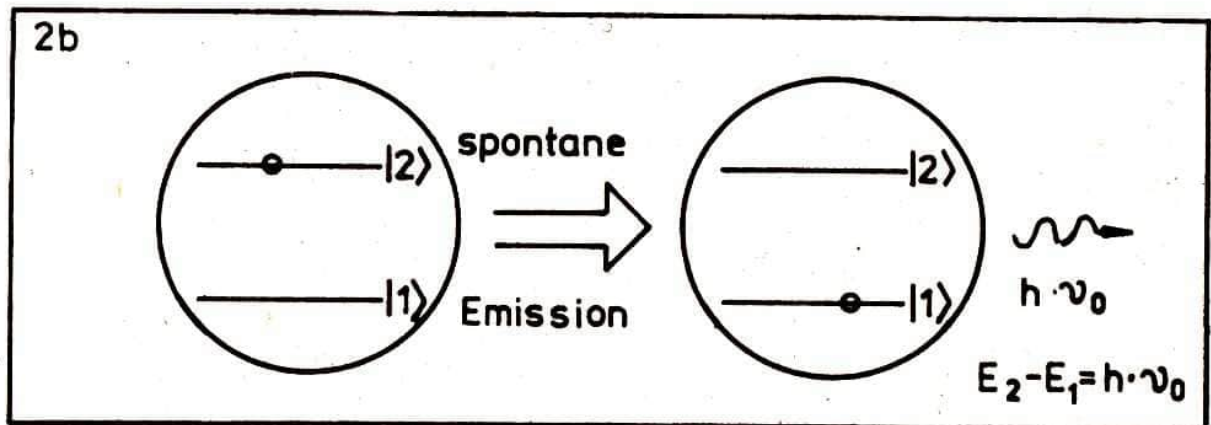
1. Absorption (Abb. 2a):

Das Atom soll sich im energetisch niedrigeren Zustand $|1\rangle$ (Grundzustand) befinden. Wenn die Energie der Photonen gerade gleich der Energiedifferenz zwischen beiden Niveaus ist ($h \cdot \nu_0 = E_2 - E_1$: Resonanzbedingung), kann das Atom zu einem festen Zeitmoment mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit W_{12} die Energie eines Photons aufnehmen. Dabei geht es vom Zustand $|1\rangle$ in den Zustand $|2\rangle$ über. Dieser Vorgang heißt Absorption.



2. Spontane Emission (Abb. 2b):

Das Atom befindet sich im Zustand 2 (angeregter Zustand). Bleibt das Atom sich selbst überlassen, d.h. schalten wir das Licht aus, geht es nach einer gewissen Zeit in den Grundzustand über und verbleibt dort. Die Energiedifferenz wird als



Quant der Frequenz $\nu_0 = \frac{E_2 - E_1}{h}$

abgegeben. Da dieser Prozeß ohne äußere Lichteinwirkung spontan abläuft, nennen wir diese Art der Aussendung von Photonen spontane Emission. Die Wahrscheinlichkeit pro Zeitintervall für die spontane Emission eines Photons sei W_{21}^{sp} .

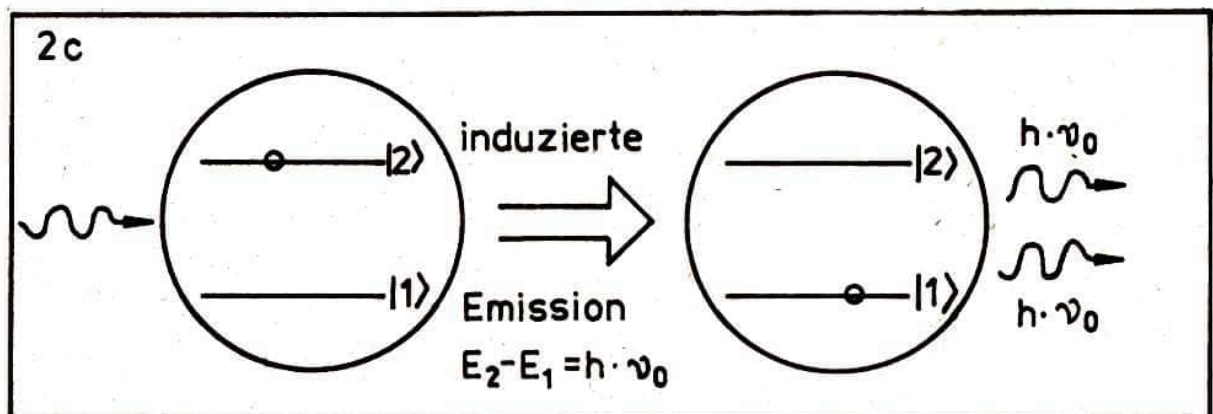
Großes W_{21}^{sp} bedeutet, daß das Atom sehr bald in seinen Grundzustand übergeht. Es gilt

$$W_{21}^{sp} = \frac{1}{T_{21}}$$

wobei T_{21} die Zeit bezeichnet, während der sich das Atom im Mittel im angeregten Zustand aufhält.

3. Induzierte Emission (Abb. 2c)

Nun schalten wir das Licht wieder an, das Atom sei wieder angeregt. A. Einstein sagte bereits 1917 theoretisch voraus, daß die Photonen neben der immer vorhandenen spontanen Emission dann einen weiteren Emissionsprozeß auslösen. Das angeregte Atom wird dabei gewissermaßen von den einfallenden Photonen "gerüttelt" und so zur Aussendung eines Photons derselben Frequenz bewegt. Die einfallenden Photonen induzieren diese Emission also, wir nennen sie induzierte oder stimulierte Emission. Ihre Existenz ist für den Laser entscheidend. Die



Wahrscheinlichkeit für die induzierte Emission eines Photons W_{21} ist gleich der Absorptionswahrscheinlichkeit W_{12} bei vorgegebenen Photoneinfall.

Wir haben nun die verschiedenen Prozesse der Wechselwirkung zwischen Atomen und Photonen kennengelernt. Wie kann aber ein solches System als Lichtverstärker dienen?

3. Lichtverstärkung – Die Besetzungsinversion

Wir schicken nun einen Lichtstrahl der Frequenz ν_0 auf einen Stoff, der N Teilchen mit einem Energieniveauschema wie in Abb. 2 enthält. Diese Teilchen können Atome, Moleküle oder Ionen sein. Wir nennen sie aktive Teilchen, ihre Gesamtheit heißt aktives Medium. N_1 Teilchen sollen sich im Grundzustand befinden, N_2 im angeregten Zustand, $N_1 + N_2 = N$.

Wenn unser aktives Medium im Gleichgewicht mit der Umgebung steht, befinden sich mehr Teilchen im Grundzustand als im angeregten Zustand, $N_1 \gg N_2$ (thermische Verteilung).

Fällt Licht, das die Resonanzbedingung $h \cdot \nu_0 = E_2 - E_1$ erfüllt, auf das Medium, werden mehr Photonen absorbiert als emittiert. Nach Passieren des Mediums ist der Lichtstrahl intensitätsschwächer geworden und zwar um so schwächer, je größer die Besetzungszahldifferenz $N_1 - N_2$ ist.

Nehmen wir an, wir könnten irgendwie erreichen, daß $N_2 > N_1$ ist. Da der Zustand des aktiven Mediums damit umgekehrt wie bei der thermischen Verteilung ist, nennen wir ihn Besetzungsinversion. Nun wird Licht der Frequenz ν_0 mehr Emissionsprozesse als Absorptionen induzieren. Das aktive besetzungsinvertierte Medium stellt einen Lichtverstärker der Resonanzfrequenz ν_0 dar.

3.1. Das Pumpen – die Herstellung einer Besetzungsinversion

Die Frage ist jetzt, ob unser hypothetischer Zustand $N_2 > N_1$ praktisch auch erreichbar ist. Die Antwort ist: Ja.

Die Energieniveaus der entsprechenden Teilchen müssen aber bestimmte Eigenschaften haben.

Die Inversion zu erzeugen heißt, das aktive Medium aus dem Gleichgewicht mit seiner Umgebung zu bringen. Wir müssen ihm Energie zuführen. Diese Energiezufuhr bezeichnet man als Pumpen. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Energie in das aktive Medium zu pumpen, z.B. in Form von Licht (optisches Pumpen), elektrischer Energie (elektrisches Pumpen), chemischer Energie (chem. Pumpen), durch Stöße mit anderen Teilchen. Über-

legen wir uns nun, wie das Energieniveauschema des aktiven Mediums beschaffen sein muß, damit eine Besetzungsinversion erreichbar ist. Wir nehmen an, daß wir optisch pumpen. Wir schicken also einen starken Pumplichtstrahl auf das aktive Material, das Photonen der Frequenz ν_0 absorbieren kann (Abb. 2a). Anfangs wird das Pumplicht stark absorbiert, da die meisten Teilchen im Grundzustand sind. Je mehr sich dann aber N_2 an N_1 annähert, um so weniger ZNS können noch Photonen absorbieren. Es werden wegen $W_{12} = W_{21}$ immer mehr stimulierte Emissionen ausgelöst. Wenn wir sehr viele Photonen pro Zeitintervall auf das Medium senden, kann also maximal $N_1 = N_2$ erreicht werden. Stimulierte Emission und Absorption halten sich dann die Waage, das Medium wird für den Pumpstrahl durchsichtig. Wir können ihm keine Energie mehr zuführen. Bei Atomen, Molekülen oder Ionen, die als ZNS beschrieben werden können, gilt demnach immer $N_1 \geq N_2$. Lichtverstärkung kann nicht erreicht werden.

3.2. Drei-Niveau-System

Betrachten wir jetzt Teilchen mit 3 Energieniveaus (Abb. 3a). Wir nennen sie Drei-Niveau-Systeme (DNS). $E_3 - E_2$ soll ungleich $E_2 - E_1$ sein. Atome, die Energien E_3 besitzen, sollen sehr schnell einen Teil ihrer Energie strahlungslos (ohne Aussendung eines Photons) an die Umgebung abgeben und in den Zustand $|2\rangle$ mit der Energie E_2 übergehen. Das soll viel schneller gehen als die Teilchen aus dem Niveau $|2\rangle$ durch spontane Emission in das Niveau $|1\rangle$ übergehen. Es gilt $T_{32} \ll T_{21}$, wobei T_{32} die Lebensdauer der Teilchen im Zustand mit der Energie E_3 und T_{21} die Lebensdauer der Teilchen im Zustand mit der Energie E_2 bezeichnet.

Nehmen wir wieder an, wir pumpen die Teilchen optisch mit Licht der Frequenz $\nu_{\text{pump}} = \frac{E_3 - E_1}{h}$. Zu Beginn des Pumpens befinden sich fast alle DNS im Grundzustand, d.h. das einfallende Pumplicht wird stark absorbiert und die Teilchen gehen in den Zustand $|3\rangle$ über. Das Niveau $|3\rangle$ wird sehr schnell entleert ($N_3 \approx 0$), so daß sich bei entsprechend starkem Pumpen die Atome im Zustand $|2\rangle$ sammeln. Damit kommt es zu keinem Gleichgewicht zwischen Absorption und induzierter Emission für die Pumpstrahlung und wir können erreichen, daß $N_2 > N_1$ wird. Wegen $N_1 + N_2 + N_3 = N$ und $N_3 \ll N_2$, N_1 liegt eine Besetzungsinversion zwischen den Niveaus $|2\rangle$ und

$|1\rangle$ vor, wenn sich mehr als die Hälfte aller Teilchen im Zustand $|2\rangle$ befinden. Da das Niveau $|2\rangle$ sozusagen als Sammelniveau fungiert, ist klar, daß eine Inversion um so leichter zu erreichen ist, je länger das obere Laserniveau $|2\rangle$ spontan lebt ($T_{21} \gg T_{32}$). Licht der Frequenz $\nu_0 = \frac{E_2 - E_1}{h}$ kann dann verstärkt werden.

3.3. Vier-Niveau-System (VNS)

Die meisten der praktisch verwendeten Lasermedien lassen sich mit 4 Energieniveaus beschreiben (Abb. 3b). Die Verhältnisse sind analog zum DNS. Eine Besetzungsinversion ist jetzt einfacher zu schaffen, da das untere Laserniveau $|2\rangle$ ebenfalls sehr schnell entleert wird im Vergleich zur Lebensdauer von $|3\rangle$.

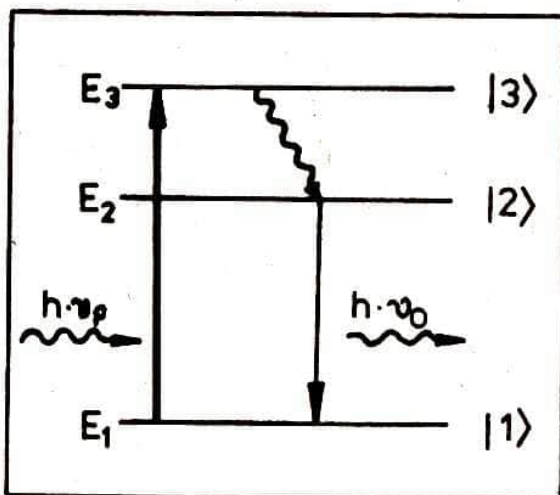


Abb. 3a: Drei-Niveau-System

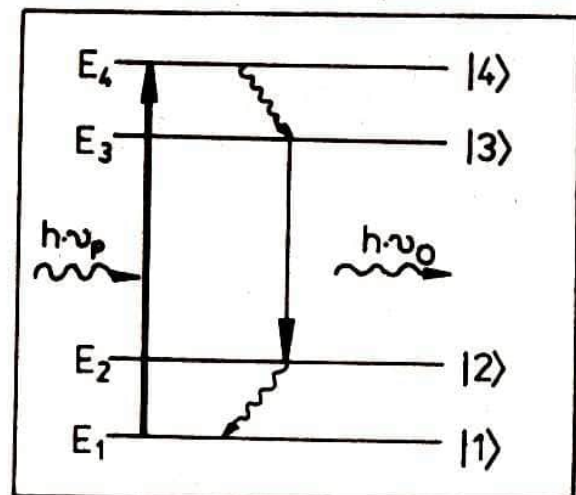


Abb. 3b: Vier-Niveau-System

4. Die Rückkopplung

Um aus dem Lichtverstärker einen Oszillator zu machen, der Licht der Frequenz ν_0 erzeugt, brauchen wir (wie im Abschnitt 1) einen geeigneten Rückkopplungsmechanismus. Hier bietet es sich an, das Licht über Spiegel mit einem hohen Reflexionsvermögen R wieder in das verstärkende Medium zu schicken. Eine solche Spiegelanordnung heißt Resonator. Zwei mögliche Resonatoren sind in Abb. 4 gezeigt. Am mit R ($0 < R < 1$) markierten Spiegel wird jeweils ein Teil $(1-R)$ des im Resonator umlaufenden Lichtes durchgelassen, man sagt ausgekoppelt. Die anderen Spiegel reflektieren das Licht vollständig.

Die Lichterzeugung in einem Laser funktioniert nun völlig analog zu Abschn. 1. Das aktive Medium (DNS, VNS) wird von außen gepumpt. Die angeregten Teilchen emittieren spontan Photonen der Energie $h \cdot \nu_0$, die durch das invertierte Medium verstärkt werden. Falls die Schwellbedingung $V \cdot R \geq 1$ erfüllt ist, erhalten wir am Auskoppelspiegel einen Lichtstrahl der Frequenz ν_0 , der uns dann zur weiteren Anwendung zur Verfügung steht.

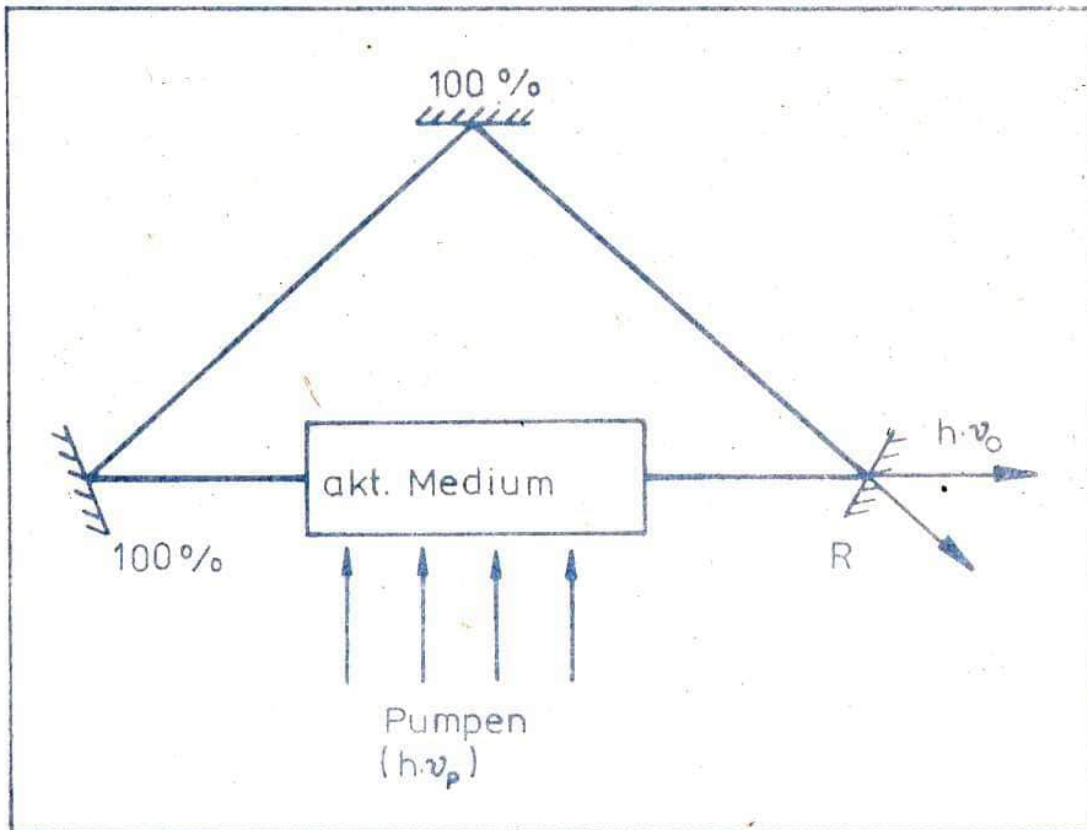


Abb. 4a: Ringresonator

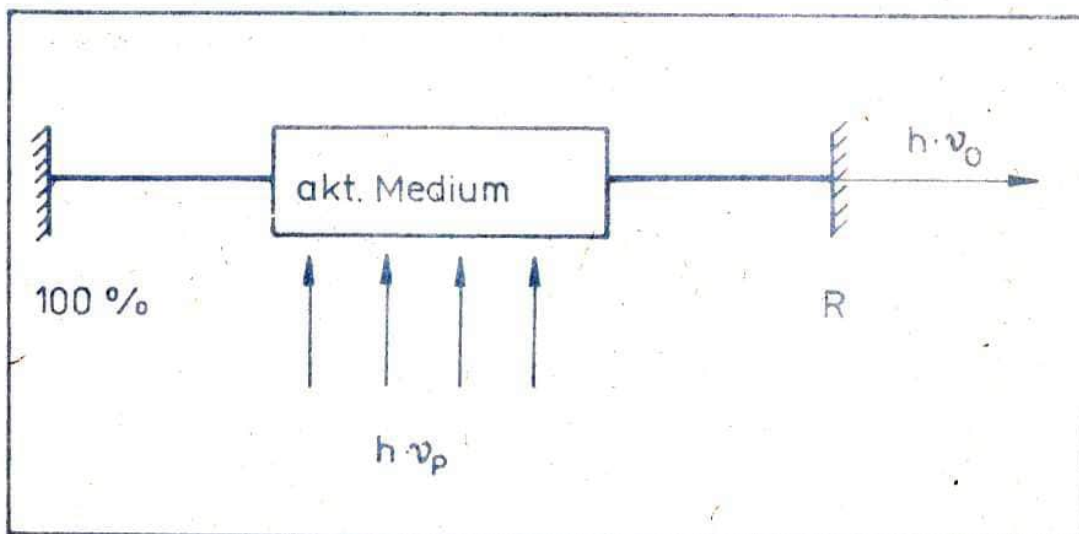


Abb. 4b: Fabry-Perot-Resonator

Es scheint klar zu sein, daß die Art und Weise, in der wir die Pumpenergie zeitlich zuführen, das zeitliche Verhalten der Ausgangsstrahlung bestimmt. Pumpen wir das Medium impulsförmig, wird das Laserlicht ebenfalls impulsförmig sein. Kontinuierliches Pumpen resultiert in kontinuierlicher Ausgangsstrahlung.

5. Eigenschaften der Laserstrahlung

Der physikalische Mechanismus der Lichtverstärkung durch stimulierte Emission und die durch den Resonator geschaffene Rückkopplung haben zur Folge, daß die Laserstrahlung in ihren Eigenschaften der in allen herkömmlichen Lichtquellen erzeugten Strahlung weit überlegen ist:

Monochromasie und Kohärenz

Während das von einer Glühlampe emittierte Licht Photonen mit vielen verschiedenen Energien (Frequenzen) enthält, kann man erreichen, daß Laserlicht im wesentlichen aus Photonen der selben Energie besteht. Damit verbunden ist seine hohe Kohärenz, d. h. Laserlicht ist sehr gut interferenzfähig. Die Emissionswellenlänge ist durch die Wahl des aktiven Mediums vorbestimmt, sie kann aber bei einzelnen Lasertypen kontinuierlich bzw. diskontinuierlich über einen größeren Spektralbereich durchgestimmt werden.

Divergenz und Fokussierbarkeit

Laserlicht tritt aus dem Resonator als gebündeltes Licht (Lichtstrahl) aus, der Durchmesser des Strahls vergrößert sich bei seiner Ausbreitung nur wenig (geringe Divergenz). Die Divergenz des Laserstrahls ist etwa 1000 mal geringer als die von herkömmlichen Lichtquellen. Es ist möglich, Laserstrahlung auf Gebiete mit einem Durchmesser von etwa einer Wellenlänge zu fokussieren und damit die gesamte vom Laserstrahl transportierte Energie (Leistung) auf diesen Fleck zu konzentrieren. Damit sind extrem hohe Strahlungsintensitäten (Intensität = Leistung/Fläche) erreichbar.

Möglichkeit zur Erzeugung sehr kurzer Lichtimpulse

Auf Grund der hohen Strahlungsintensitäten können unter Ausnutzung nichtlinearer optischer Effekte extrem kurze Lichtimpulse erzeugt werden. Heute sind bereits Lichtimpulse mit einer Dauer von 12 fs (!) = $12 \cdot 10^{-15}$ s generiert worden. Um sich diese Zeitdauer einmal vorstellen zu können, sollte man daran denken, daß das Licht innerhalb dieser Zeit ganze $4 \mu\text{m}$ zurücklegt.

Ω

Seit der ersten experimentellen Realisierung eines Lasers im Jahre 1960 durch Maiman, der Lichtverstärkung in einem Rubin-kristall nachweisen konnte, wurde in einer Vielzahl anderer Materialien der Lasereffekt nachgewiesen. Neben den Lasern, die als aktives Medium einen Festkörper haben, konnte Lasertätigkeit mit einer großen Zahl von Festkörpern, Gasen, Farbstoffen und Halbleitern erreicht werden.

Beim Prozeß des "Pumpens", wie der Vorgang zur Herstellung einer Besetzungsinversion zwischen dem oberen und unteren Laserniveau genannt wird, vollzog sich auch eine rasche Entwicklung.

Der schon erwähnte Rubinlaser wurde optisch, d.h. mit Licht (hier speziell von Blitzlampen, die ähnlich wie ein Fotoblitzlicht funktionieren) gepumpt. Neben dieser Art der Anregung gibt es des weiteren die Gasentladung, die wie der Name schon verrät, bei Gaslasern Anwendung findet, die chemische Anregung, bei der durch spezielle chemische Reaktionen, die für den Laser benötigte Besetzungsinversion geschaffen wird und die für den Halbleiterlaser typische "Injektionsanregung". Bei dieser Anregungsart werden Elektronen durch Anlegen einer äußeren Spannung direkt in das obere Laserniveau (das Leitungsband des Halbleiters) eingeführt (injiziert).

Stellt man sich die Aufgabe, die verschiedenen Laser zu klassifizieren, so gibt es mehrere Möglichkeiten der Unterteilung:

1. Art des aktiven Mediums
2. Art der Anregung (des Pumpens)
3. Anwendungsgebiet.

Weitere wichtige Möglichkeiten zur Unterscheidung der Laser sind die Wellenlänge sowie die Dauer der vom Laser ausgesandten Strahlung.

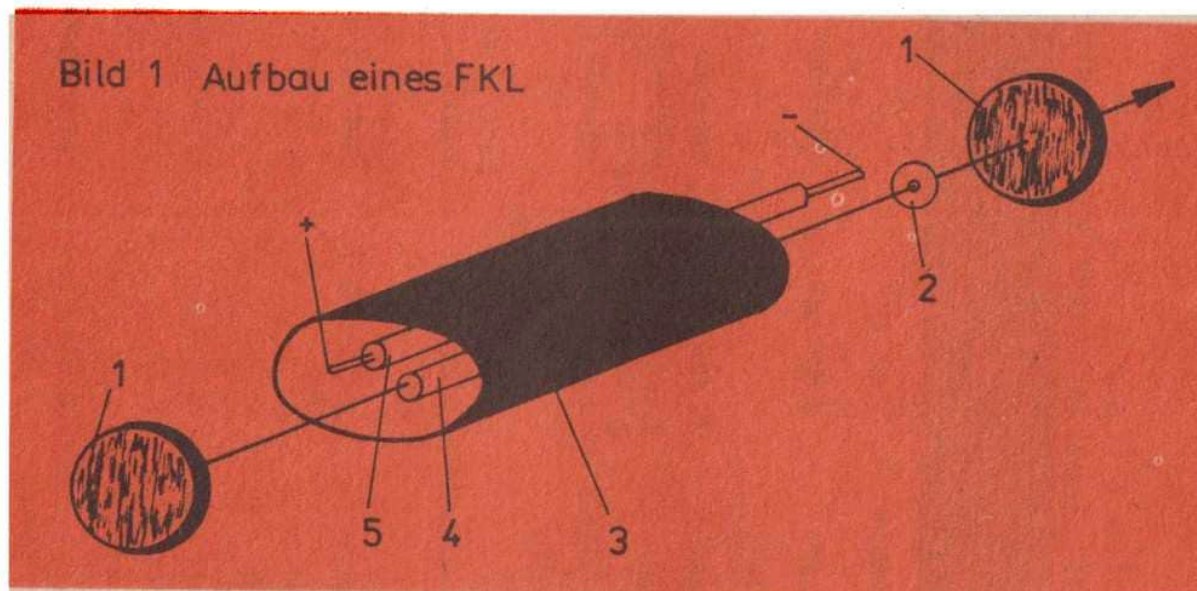
Wir wollen uns im folgenden auf die Klassifizierung der Laser nach ihrem aktiven Medium konzentrieren und werden am Schluß noch kurz auf die Unterscheidung der Laser nach der Dauer der Laserstrahlung eingehen.

1. Festkörperlaser (FKL)

Bei diesen Lasern bilden Ionen von Metallen (Cr^{3+}), seltenen Erden (Nd^{3+}) und Übergangsmetallen, eingebettet in Kristalle bzw. Gläser, das aktive Medium. Licht wird nur durch die eingebetteten Ionen, nicht durch den Wirtskristall bzw. das Trägerglas ausgesendet. Durch das Wirtsmaterial werden die Energieniveaus des Ions etwas verschoben, so daß die Laserwellenlänge einer Ionenart in verschiedenen Wirtsmaterialien geringfügig verschoben ist. Beispielsweise ist die Laserwellenlänge von Nd^{3+} -Ionen in Yttrium-Aluminium-Granat (YAG, Kristall) 1064 nm, während Nd^{3+} -Ionen in Phosphatglas Strahlung mit einer Wellenlänge von 1054 nm aussenden. Die Wirtsmaterialien bestimmen solche Parameter wie Wärmeleitfähigkeit und mechanische Festigkeit.

Die wichtigsten Laserparameter dieser beiden Vertreter, wie aller folgenden Lasertypen, sind in Tabelle 1 angeführt.

In Bild 1 ist der schematische Aufbau eines Festkörperlasers zu sehen.



- 1 Spiegel
- 2 Blende
- 3 Reflektor

- 4 Laserstab (Rubin, Nd)
- 5 Blitzlampe

Tabelle 1

Wichtigste Laserparameter von einigen Lasertypen

Lasertyp	Laservellen- länge	Art des Pumpens	Pumpquelle	Betriebs- regime	Wirkungs- grad	Ausgangs- energie PW	Folge- frequenz PW	Ausgangs- leistung CW
Festkörperlaser								
Rubinlaser $\text{Cr}^{3+} : \text{Al}_2\text{O}_3$	0,628 μm	optisch	Blitzlampe	PW	< 1 %	1...1,5 J		
Neodym-YAG $\text{Nd}^{3+} : \text{YAG}$	1,064 μm	optisch	Blitzlampe Halogenlampe	PW CW	~ 1 %	...1,0 J		50...100 W
Neodym - Glas $\text{Nd}^{3+} : \text{Phosphat-}$ glas	1,054 μm	optisch	Blitzlampe	PW	≤ 1 %	300 J		-
Alexandritlaser	0,72 - 0,8 μm	optisch	Blitzlampe Halogenlampe	PW CW	~ 1 %	1...5 J		20...30 W
Emeraldlaser	0,73 - 0,81 μm	optisch	Blitzlampe Laser	PW	~ 1 % > 2 %			
Gaslaser								
Stickstofflaser N_2 - Laser	0,337 μm	elektrisch	Gasentladung	PW		1...10 mJ (0,1 ...1MW Impulsleistung)	10...100Hz	
Edelgasionenlaser z. B. Ar ⁺ -Laser	0,454 ... 0,529 μm	elektrisch	Gasentladung	CW	≤ 0,1 %			... 10 W

Helium-Neon-laser	0,63 μm	elektrisch	Gasentladung	cw	$\leq 0,1 \%$		0,5...50 mW
He-Ne-Laser							
Metalldampf-laser	0,510 μm	elektrisch	Gasentladung	pw	1 %	10 mJ (100... 500 kW Impulsleistung)	1...10 kHz
z.B. He-Cu	0,578 μm						
CO ₂ -Laser	100 Linien zw. 9...11 μm (10,6 μm bevorzugt)	elektrisch	Gasentladung	pw	5... 30 %	1...10 kJ	2 kHz
H ₂ O-Laser	z.B. 118,59 μm	elektrisch	Gasentladung	cw	5... 30 %		1...5 kW
Halbleiterlaser							
GaAs-Laser	0,840 μm (4K) 0,910 μm (300 K)	elektrisch elektrisch		cw cw pw	$\approx 50 \%$ $\approx 10 \%$		500 mW 10 mW
PbSnTe-Laser	6,5...32 μm (77 K)	elektrisch		cw	$\approx 40 \%$		0,5...10 mW
Farbstofflaser							
Rh 6G-Laser	0,56 - 0,64 μm	optisch	Edelgas- ionenlaser z.B. Ar ⁺	cw	$\approx 30 \%$		3 W

Der Rubinlaser ist ein 3-Niveausystem. Deshalb muß man, um eine Besetzungsinversion zu bekommen, sehr stark pumpen. Aus diesem Grunde wird der Rubinlaser fast nur im gepulsten Arbeitsregime eingesetzt.

Im Gegensatz dazu ist mit einem Nd^{3+} -Laser (4-Niveausystem) sowohl kontinuierlicher (continous wave-cw) wie auch gepulster Betrieb (pulsed wave-pw) möglich.

Die Festkörperlaser finden z.B. in der Industrie Anwendung, wo sie u.a. zur Materialbearbeitung eingesetzt werden. Die durch Nachverstärkung erreichbaren hohen Leistungen der Festkörperlaserstrahlung (bei Nd^{3+} -Lasern bis 10^{12} Watt) machen den Einsatz des Festkörperlasers bei der Plasmaerzeugung (gesteuerte Kernfusion) möglich. Darüberhinaus werden FKL in der Meßtechnik, z.B. beim LIDAR (Lichtradar) eingesetzt.

Gegenwärtig werden neue FKL-Wirtsmaterialien entwickelt, die auf Grund ihrer spezifischen Eigenschaften zu einer Erweiterung des Anwendungsgebietes der FKL führen werden. Bei diesen Materialien (Emerald, Alexandrit / Tab.1) sind die aktiven Ionen weiterhin Cr^{3+} und Nd^{3+} . Doch im Gegensatz zu den traditionellen FKL, bei denen nur eine feste Laserfrequenz ausgestrahlt werden kann, kann die Laserwellenlänge bei den neuen Materialien über einen relativ breiten Spektralbereich (bis 100 nm) durchgestimmt werden.

2. Gaslaser

Neben den FKL haben die Laser, deren aktives Medium ein Gas ist, auf Grund ihres relativ unkomplizierten Aufbaus, der eine Anpassung an den jeweiligen Verwendungszweck ermöglicht, so wie auf Grund der großen Zahl verwendbarer Gase, die wohl größte Bedeutung erlangt.

Durch die Vielzahl der Gase, die sich als Lasermedium eignen, kann der gesamte Spektralbereich vom UV (ultraviolett, Stickstofflaser, $\lambda = 337$ nm) über den sichtbaren Bereich (He-Ne-Laser, $\lambda = 632,8$ nm; Ar^+ -Laser, $\lambda = 514$ nm) bis ins IR (Infrarot, CO_2 -Laser, $\lambda = 9,2 - 11$ μm) überstrichen werden.

Bei Gaslasern können neutrale Atome (Ne) oder Moleküle (CO_2), Atomionen (Ar^+ , Kr^+), wie auch Metaldämpfe (Kupferdampflaser) als aktives Medium genutzt werden (bei FKL bildeten Ionen das aktive Medium).

Mögliche Pumpmechanismen bei Gaslasern sind:

- Gasentladung
- optische Pumpen
- Anregung durch Elektronenstrahlen.

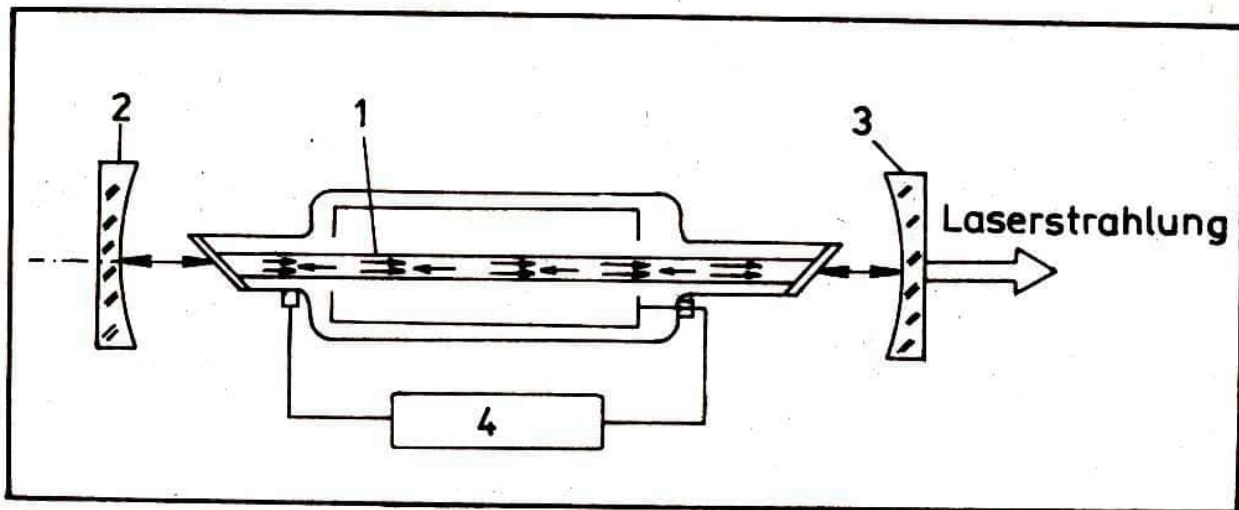


Bild 2 Aufbau eines Gaslasers

1 Laserrohr

2 100 % Spiegel

3 Auskoppelspiegel

4 Stromversorgung

Schematisch ist der Aufbau eines Gaslasers in Bild 2 dargestellt.

Das aktive Medium (Gas, Metaldampf) befindet sich innerhalb des Laserrohres. Dabei beträgt die Länge der Anregungszone einige cm bis 200 m, je nach Lasertyp, der Durchmesser des Laserrohres ist 0,1...50 cm. Die Rückkopplung des im aktiven Medium erzeugten Strahlungsfeldes erfolgt im Laserresonator, die Anregung durch Gleichstrom- bzw. Hochfrequenzgasentladungen. Gaslaser können sowohl kontinuierlich als auch gepulst arbeiten. Sie sind auf Grund der am Anfang dieses Abschnittes schon erwähnten Flexibilität (bezüglich Leistung, Aufbau und Wellenlänge) in sehr vielen Gebieten der Industrie und Wissenschaft einsetzbar.

Allseits bekannt sein dürfte die Anwendung des He-Ne-Lasers als Fluchtungsmittel beim Straßen- und Bergbau. Gaslaser werden aber auch in der Medizin eingesetzt, z.B. wird der CO₂-Laser als Laserskalpell zur "blutarmen" Operation benutzt. Ein anderer Laser, der Argonionenlaser findet auf Grund seiner geeigneten Wellenlänge in der Augenmedizin Anwendung.

In der Industrie werden Gaslaser (vorrangig CO_2 -Laser) zum Trennen und Fügen von Werkstoffen eingesetzt. Die spezifischen Eigenschaften der Laserstrahlung ermöglichen völlig neue Technologien bei der Werkstoffbearbeitung. In der Physik und Chemie finden Gaslaser, die sehr zuverlässig und leicht handhabbar sind u.a. Anwendung als Pumpquelle für andere Laser (siehe 2.1.4.), als Lichtquelle für die Spektroskopie und als Hilfsmittel zur Isotopentrennung.

3. Halbleiterlaser

Dieser Lasertyp erlangte in den letzten 6 Jahren große Bedeutung im Zusammenhang mit der Entwicklung neuer Technologien der Datenübertragung und Datenverarbeitung. Es sei nur das Stichwort Telefongespräch via Glasfaserkabel genannt.

Die Vorteile des Halbleiterlasers gegenüber den anderen Quantengeneratoren (wie Laser auch genannt werden) sind:

1. die Möglichkeit, die Abmaße des Lasers sehr klein zu halten. Es ist möglich einen Halbleiterlaser zur Zwischenverstärkung des Signals direkt in eine Glasfaser oder einen Wellenleiter zu integrieren;
2. die Möglichkeit, die Verstärkung mit sehr hohen Frequenzen direkt durch einen Strom steuern zu können und damit einen direkten Übergang elektronisches in optisches Signal zu realisieren. Bei anderen Lasertypen ist diese schnelle Modulation durch eine Strommodulation nicht ohne weiteres möglich;
3. eine einfache Anregung durch Anlegen einer äußeren Spannung;
4. die Möglichkeit, die Wellenlänge der Laserstrahlung durch den Pumpstrom und andere äußere Parameter ändern zu können.

Die aktiven Medien der Halbleiterlaser sind Verbindungen von Elementen der 3.ten und 5.ten Hauptgruppe (GaAs) bzw. der 4.ten und 6.ten Hauptgruppe (PbS). Komplexere Halbleiterlasermaterialien bestehen aus 3 bis 4 Elementen (z.B. $\text{PbS}_{1-x}\text{Se}_x$). Dadurch erreicht man geringfügige Variationen des Energieniveauschemas des Halbleiters und damit der Laserwellenlänge.

Halbleiterlaser bestehen aus p- und n-leitendem Material mit je einem elektrischen Anschluß, der auf Kontaktplättchen aus Gold angebracht ist. Die induzierte Emission erfolgt in der Längsausdehnung der pn-Schicht, typische Abmessungen sind: Dicke $\approx 1 \mu\text{m}$, Länge $\approx 0,5 \text{ mm}$. Als Resonatorspiegel dienen die Endflächen des Halbleiterkristalls, die parallel geschliffen und poliert werden. (Bild 4)

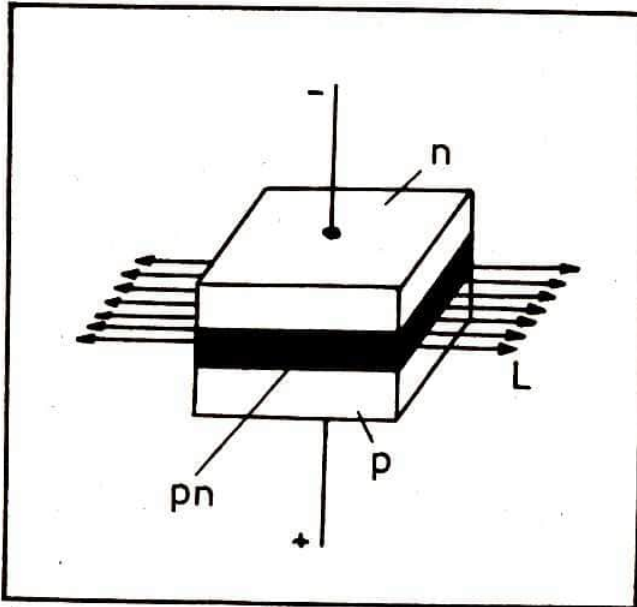


Bild 3 Aufbau eines Halbleiterlasers

Mit Halbleiterlasern kann Strahlung in einem Wellenlängenbereich von $0,5\text{-}32 \mu\text{m}$ erzeugt werden. Die Anregung von Halbleiterlasern erfolgt bis auf wenige Ausnahmen durch Anlegen einer äußeren Spannung.

Es ist sowohl ein cw- als auch ein pw-Betrieb möglich.

Der Wirkungsgrad von Halbleiterlasern ist von der Temperatur abhängig und schwankt zwischen 1-3 % bei 290 K und 70 % (bei 77 K).

Das Hauptanwendungsgebiet des Halbleiterlasers ist wie schon erwähnt die Informationsübertragung. Des weiteren wird der Halbleiterlaser in einigen Fällen bei spektroskopischen Untersuchungen und zur Entfernungsmessung benutzt. Das zu den Olympischen Spielen in Moskau eingesetzte Weitenmeßgerät vom Kombinat Carl Zeiss Jena basiert auf einem Halbleiterlaser.

4. Farbstofflaser (FSL)

Diese Lichtquelle ist aus der modernen Laserspektroskopie nicht mehr wegzudenken. Der Farbstofflaser hat gegenüber allen anderen Lasertypen den Vorteil, daß er über einen sehr breiten Spektralbereich abstimmbar ist, d.h. man kann die Laserwellenlänge kontinuierlich über einen großen Bereich variieren. Der Abstimmbereich eines Farbstofflasers kann bis 150 nm breit sein. Wie der Name schon sagt, wird bei diesem Lasertyp ein Farbstoff als aktives Medium verwendet. Farbstoffe sind sehr große organische Moleküle mit relativen Molekülmassen von 230 bis 800. Der wohl gebräuchlichste Farbstoff ist Rhodamin. Mit diesem Farbstoff kann man Lasertätigkeit im Bereich von (570-650) nm erreichen. Da ständig neue Laserfarbstoffe synthetisiert werden, kann man die Gesamtzahl der laseraktiven Farbstoffe nur schätzen. Sie ist auf jeden Fall größer als 150.

Mit den FSL kann der Wellenlängenbereich von (330-1280) nm ohne Lücke überstrichen werden, d.h. im Gegensatz zu den anderen Lasertypen kann jede in dem angegebenen Bereich liegende Wellenlänge erzeugt werden.

Die Besetzungsinversion wird in der Regel durch optisches Pumpen erzeugt. Da sehr hohe Leistungen zum Pumpen von FSL notwendig sind, werden kontinuierlich arbeitende FSL wiederum durch Laser gepumpt. Besonders geeignet sind Argonionen- und Kryptonionenlaser. Die anzuregende Farbstofflösung durchströmt den Resonator senkrecht zur Resonatorachse in Form eines dünnen Flüssigkeitsfilms (jet-stream-Technik). Der Flüssigkeitsstrahl der Farbstofflösung (geformt durch eine

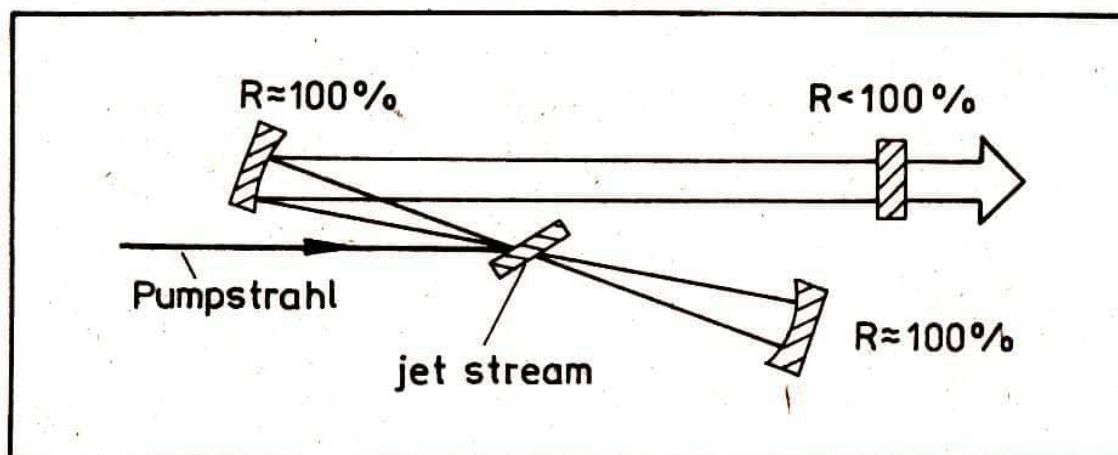


Bild 4 Aufbau eines cw-Farbstofflasers

spezielle Düse, Dicke einige 100 μm , Durchflußgeschwindigkeit 2...12m/s) wird unter dem Brewsterwinkel zur Resonatorachse angeordnet, um die Reflexionsverluste herabzusetzen (Bild 5).

Gepulst arbeitende FSL können sowohl durch Laser als auch durch Blitzlampen gepumpt werden.

Der optische Wirkungsgrad (opt. Wirkungsgrad =

$$\frac{\text{Energie des ausgestrahlten Lichtes}}{\text{Energie des Pumplichtes}} \quad)$$

von FSL hängt von dem als aktives Medium verwendeten Farbstoff ab, liegt aber in den meisten Fällen zwischen 5 bis 30 %.

Die Hauptanwendungsgebiete der FSL sind die Spektroskopie, Medizin, Biologie, die Umweltschutz- und Analysenmeßtechnik.

5. Unterteilung der Laser nach der Dauer der Laserstrahlung

Wir wollen nun noch kurz die Klassifizierung der Laser nach dem zeitlichen Betriebsverhalten skizzieren.

Eine erste Unterscheidung ist die Einteilung der Laser nach kontinuierlich oder gepulst arbeitenden. Kontinuierlich heißt, daß der Laser in der Lage ist, über einen längeren Zeitraum ununterbrochen Strahlung auszusenden.

Die gepulst arbeitenden Laser können noch einmal unterteilt werden, in quasikontinuierlich arbeitende und Einzelimpuls-laser. Quasikontinuierlich bedeutet, daß die Zeitdifferenz zwischen zwei aufeinanderfolgende Impulse sehr klein ist ($\Delta t < 1 \text{ ms}$). Daß dieses Regime quasikontinuierlich genannt wird, liegt daran, daß das Auge derartige Laserstrahlung im sichtbaren Spektralbereich als einen Lichtstrahl und nicht als einzelne Impulse wahrnimmt. Kontinuierliche und quasikontinuierliche Laserstrahlung sind mit dem Auge nicht unterscheidbar. Die weitere Unterteilung der gepulsten Laser erfolgt einfach nach der Impulsdauer T . Man unterscheidet also grob:

	T	sec
ms-Laser	10^{-3}	10^{-1}
Kurzzeitlaser	10^{-9}	10^{-4}
Laser für ultra-		
kurze Lichtimpulse	10^{-15}	10^{-9}

Ω

Interview mit Doz. Dr. sc. nat. Gerhard Wiederhold „25 Jahre Laserphysik in Jena“



Dozent Dr. Wiederhold ist seit ca. 25 Jahren auf dem Gebiet der Laserphysik und Quantenelektronik tätig. Auf Erfahrungen der Mikrowellenphysik aufbauend, war er maßgeblich an der Entwicklung der ersten Lasersysteme in der DDR mit beteiligt. Seit 1972 ist er

Dozent für Laserphysik und Nichtlineare Optik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Das Gespräch führte für "impuls 68" M. Kaschke.

„impuls 68“: 25 Jahre Laser sind Anlaß für uns, sich auch einmal der Geburtsstunde des Lasers in unserer Republik zu erinnern. Wenn man es vielleicht salopp formulieren darf, so kann man Sie als einen der "Geburtshelfer" bezeichnen.

Wie begann die Laserentwicklung in der DDR?

Dr. Wiederhold: Das erste Mal hörten wir von den erfolgreichen Laserversuchen in Pausengesprächen auf der internationalen Arbeitstagung "Optik und Spektroskopie aller Wellenlängen" im Oktober 1960 in Jena.

Daraufhin begannen bereits 1961 im damaligen Physikalischen Institut der Friedrich-Schiller-Universität die ersten Experimente zum Aufbau eines Lasers. Parallel dazu wurden Grundlagenuntersuchungen im Institut für Optik und Spektroskopie der Akademie der Wissenschaften durchgeführt. Bereits 1962 arbeiteten im Laboraufbau der erste He-Ne-Laser (Wellenlänge $1,15\ \mu\text{m}$) und der erste Festkörperlaser (Rubin). 1963 wurde dann in einem Vertrag mit dem VEB Carl Zeiss Jena die Forschung koordiniert mit dem Ziel, einen kommerziellen Laser zu entwickeln. Aus dieser Zusammenarbeit mit unserer Arbeitsgruppe des Physikalischen Instituts (W. Meinel, R. Neubert und G. Wiederhold) ging dann das erste Funktionsmuster eines kommerziellen He-Ne-Lasers im RGW hervor, das 1964 auf der Leipziger Frühjahrsmesse vorgestellt wurde. Ebenso wurde vom VEB CZ Jena und vom Glaswerk Schott & Gen. ein auf den Arbeiten des Physikalischen Instituts der FSU und des Institutes für Optik und Spektroskopie basierender Rubinlaser auf den Markt gebracht.

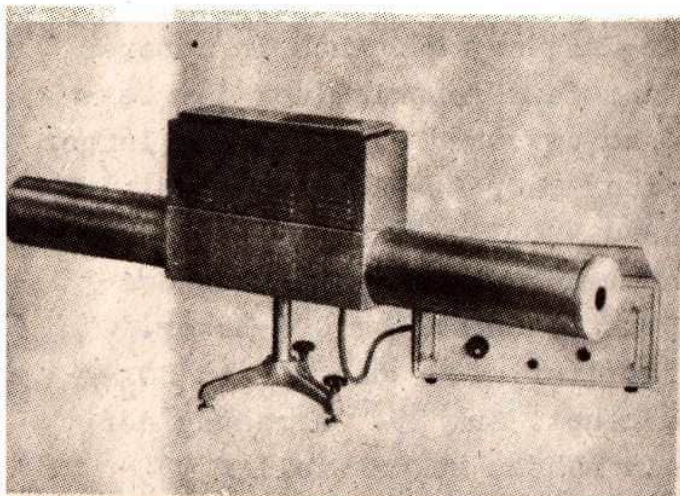


Bild 1
Erster He-Ne-Laser des
VEB CZ Jena (1964)

Diese Leistungen wurden 1964 auch mit der Verleihung des Ordens "Banner der Arbeit" gewürdigt.

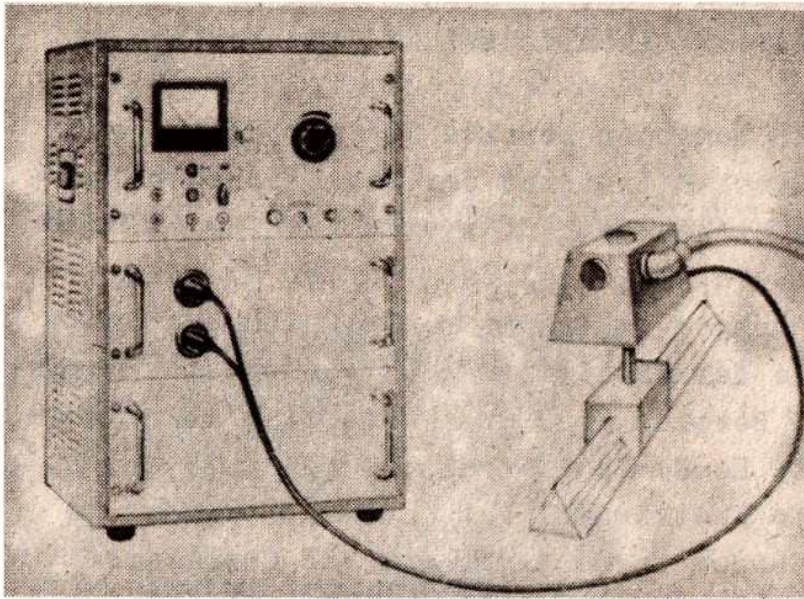


Bild 2
Erster Rubinlaser des
VEB CZ Jena (1964)

„impuls 68“: Die Überführungszeit von drei Jahren, d.h. gerechnet von den ersten Experimenten bis zur Vorstellung des kommerziellen Gerätes war für damalige Verhältnisse eine außerordentliche Spitzenleistung und ist es selbst heute noch. Wie aber ging die Laserentwicklung in der DDR, speziell in Jena, weiter?

Dr. Wiederhold:

Die damaligen He-Ne-Laser kann man als Vorläufer der heute weit gebräuchlichen He-Ne-Laserserie des Kombinales VEB CZ Jena betrachten. Ihre Weiterentwicklung erfolgte im Kombinat selbst und im Wissenschaftsbereich Kohärenzoptik der Friedrich-Schiller-Universität. Auch in unserem Bereich wurde an der Weiterentwicklung der Gaslaser gearbeitet, so entstand u.a. ein 2 m langer He-Ne-Laser mit einer respektablen Ausgangsleistung von mehr als 0,5 W.

Daneben liefen Untersuchungen an gepulsten Gaslasern, seit 1965 insbesondere am CO₂-Laser. In unserem Institut lief einer der ersten CO₂-Laser der DDR überhaupt. Zum 25. Jahrestag der DDR 1974 konnte ein nahezu kommerzieller CO₂-TEA¹ - Laser vorgestellt werden, der dann an

der Sektion Physik für verschiedene Nutzer gefertigt wurde, so z.B. für die IHS Mittweida, die Sektion Technologie der FSU und für verschiedene Akademieinstitute, wo er z.T. heute noch in Betrieb ist.

Auch die Festkörperlaser wurden weiterentwickelt und zwar in Richtung auf hohe Leistungen (Güteschaltung) und ultrakurze Lichtimpulse (Modensynchronisation).

1970 begannen die Untersuchungen zum Aufbau von cw-YAG-Lasern, die bereits Mitte der siebziger Jahre einen hohen Stand hatten, aber damals leider nicht zur Überführung gelangten.

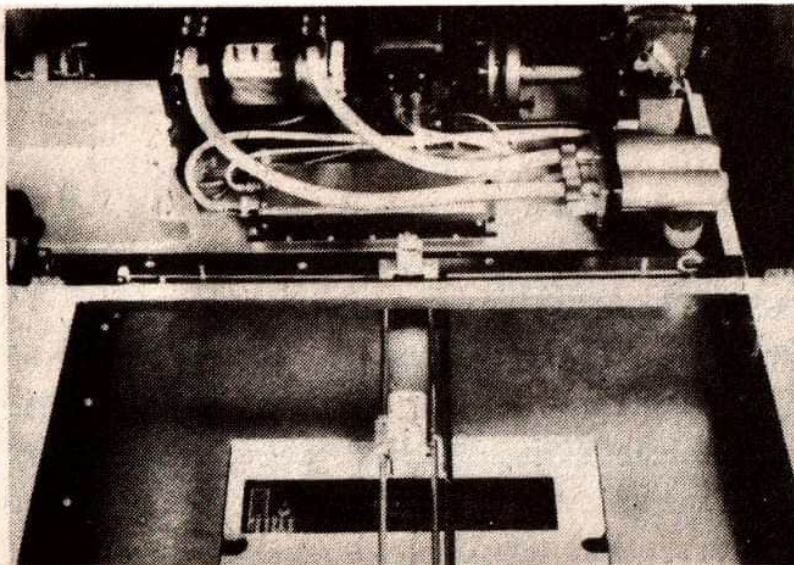


Bild 3
cw-YAG-Laser für die
Lasergravur (1982/1983)

„impuls 68“:

Sie haben noch einmal das Problem Überführung wissenschaftlicher Leistungen angesprochen, welchem Sie stets große Aufmerksamkeit gewidmet haben.

Vielleicht könnten Sie einmal die dabei gesammelten Erfahrungen nennen?

Dr. Wiederhold:

Die Erfahrungen beim cw-Nd-YAG-Laser zeigen, daß eine Überführungsreife erst dann wirklich erreicht ist, wenn es gelingt, Anwendungen zu finden. Am Beispiel der Lasergravur, die in unserem Bereich bis zur Anwendungsreife entwickelt wurde, sieht man, daß ein Forschungsinstitut die eigenen Ergebnisse so weit zu führen hat, daß damit eine

Anwendung in der Industrie dokumentiert wird. Die Demonstration der Applikation Lasergravur für den cw-Nd-YAG-Laser führte letztendlich zur Produktion dieser Laser und ganzer Lasersysteme für die Mikrotechnologie und Materialbearbeitung im VEB Mikrofontechnik Gefell. So eine Überführung erfolgt natürlich nicht im Selbstlauf, sie erfordert von allen Partnern großes Engagement. Generell gesehen, erscheint es mir für eine industrielle Anwendung der Forschungsergebnisse notwendig, daß man aufbauend auf einer langfristig angelegten Grundlagenforschung von dieser von Zeit zu Zeit konzentriert bestimmte Ergebnisse ableitet, die möglichst schnell überführt werden können.

Ein Beispiel dafür ist die Farbstofflaserentwicklung, die in den siebziger Jahren an unserer Sektion begann und die in der Zusammenarbeit mit dem ZOS², dem VEB CZ Jena und dem Zentrum für wissenschaftlichen Gerätebau zur gemeinsamen Entwicklung eines Baukastensystems für UK2³-Spektroskopie auf der Basis eines Farbstofflasers führte. (Dieser Laser wurde 1984 auf der Messe in Plovdiv mit einer Goldmedaille ausgezeichnet.)

„Impuls 68“:

In 25 Jahren haben sich natürlich auch grundlegend die experimentellen Bedingungen, Ausrüstungen und Hilfsmittel in der Laserphysik gewandelt. Wie sieht man heute die experimentellen Anfänge?

Dr. Wiederhold: Es war offensichtlich, daß wir erst einmal Erfahrungen mit optischen Resonatoren gewinnen mußten, insbesondere die Frage der Stabilität eines Resonators über Längen von einigen Metern war völlig neu für uns.

Wir führten dann damals einfache Experimente durch, um erste Erfahrungen mit Laserstrahlung zu gewinnen.

So wurde z.B. die Strahlung eines Festkörperlaser über längere Entfernungen durch die freie Atmo-

sphäre geführt und dabei gleichzeitig deren Einfluß kennengelernt. 1962 fand die erste Laservorführung im großen Physikhörsaal statt. Der He-Ne-Laser, der im IR emittierte ($1,15\ \mu\text{m}$), stand aber nicht im Hörsaal, sondern mußte eingespiegelt werden. Dazu wurde der nicht sichtbare Laserstrahl über Entfernungen von 15 m auf Zuruf justiert. Wir konnten aber damit ein Michelson-Interferometer mit einer Armlänge von 10 m aufbauen und an Hand der stehenden Interferenzen die Kohärenz der Laserstrahlung zeigen. Die Laser wurden übrigens noch mit Autokollimationsfernrohr justiert, denn Justierlaser gab es ja noch nicht.

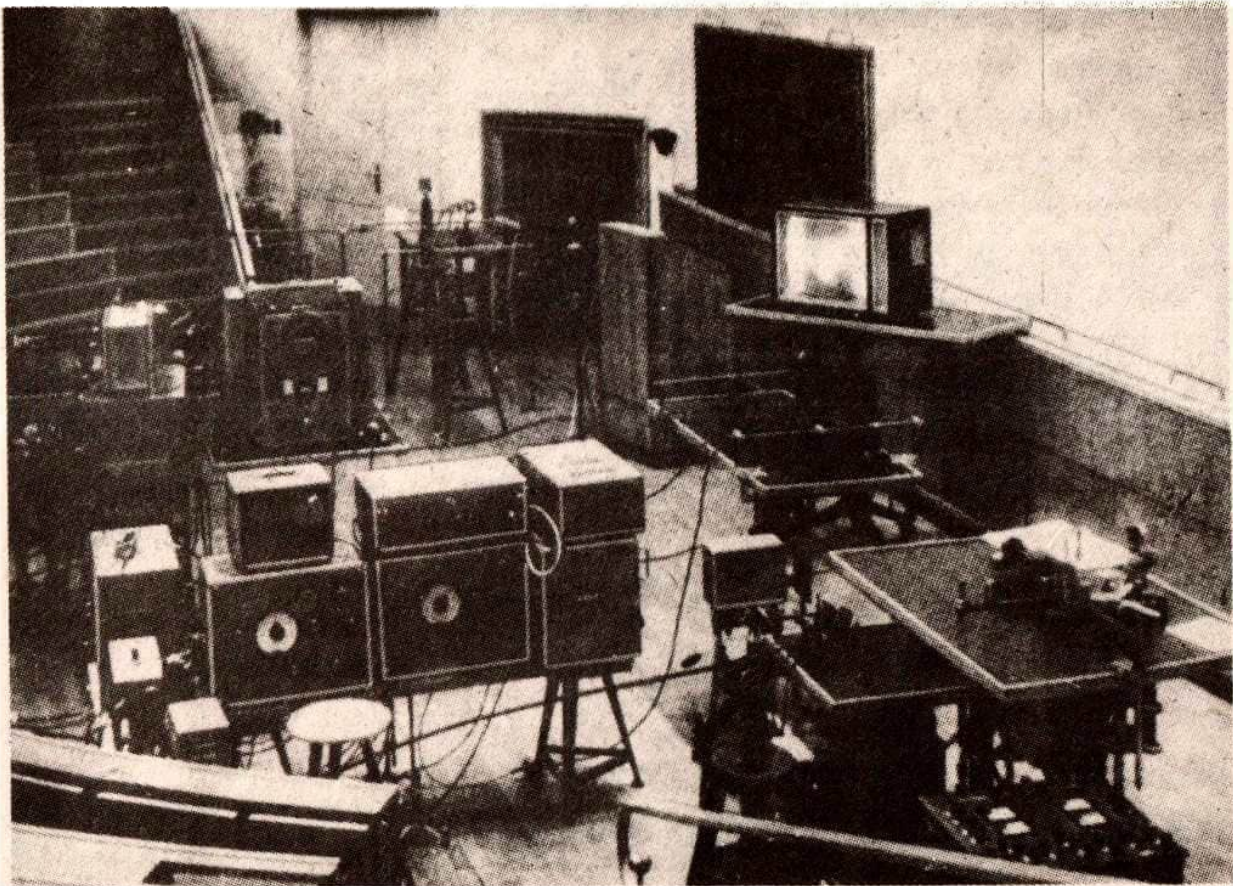


Bild 4

Erstes Laser-Hörsaalexperiment (1962) in Jena mit Demonstration der Interferenzen am Michelson-Interferometer

„impuls 68“:

Wenn man sich 25 Jahre lang mit Laserentwicklung und Laserphysik beschäftigt hat, gibt es dann Erlebnisse, an die man sich besonders gern erinnert?

Dr. Wiederhold:

Natürlich war es ein wunderbares Erlebnis, als der erste Laser bei uns lief.

Aber auch solche Höhepunkte, wie die Präsentation der ersten RGW-Laser auf der Leipziger Frühjahrsmesse oder der Einsatz und die Überführung der CO₂-TEA-Laser bzw. cw-Nd-YAG-Laser blieben unvergessen.

Ich würde sagen, man freut sich immer dann besonders, wenn man unmittelbar sieht, welche konkreten Auswirkungen die eigenen wissenschaftlichen Arbeiten haben können.

„impuls 68“:

Wir danken sehr herzlich für das Interview und wünschen Ihnen und Ihrem Kollektiv bei den anspruchsvollen Aufgaben in Forschung und Überführung viel Erfolg.

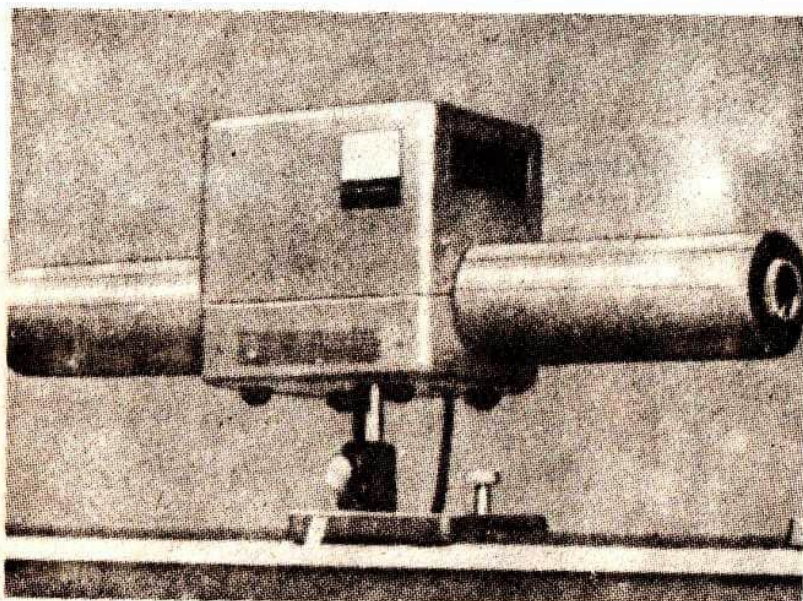


Bild 5
He-Ne-Laser von
Spectra Physics, USA
(1962)

Anmerkung der Redaktion

- ¹ TEA-Laser, spezieller CO₂-Laser, Transversale Elektrische Anregung bei Atmosphärendruck
- ² ZOS - Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie
- ³ UKZ - Ultrakurzzzeit (Zeitbereich unter 1 ns)

Ω

Mit der Entwicklung und dem Bau der Laser hat die Wissenschaft eine Strahlungsquelle mit hervorragenden Eigenschaften geschaffen, die in Forschung, Technik und Industrie heute nicht mehr wegzudenken ist und für deren Anwendung ständig neue Wege und Gebiete erschlossen werden. Kaum eine Erfindung hat sich in so kurzer Zeit (knapp 25 Jahre nach dem Bau des ersten Lasers), ein so breites Applikationsfeld erobert wie der Laser. Eine wesentliche Eigenschaft des Lasers ist die geringe Divergenz seiner Strahlung, was einerseits eine gerichtete und "blitzschnelle" Übertragung der Strahlungsenergie über große Entfernungen ermöglicht macht. Andererseits läßt sich dieser gerichtete Strahl mit entsprechenden Optiken sehr gut bündeln, wobei im Brennpunkt außerordentlich hohe Strahlungsintensitäten erreicht werden können.

Vergleich der Intensitäten einiger Energiequellen

	W/cm ²
Sonne	5×10^2
H ₂ -O ₂ -Brenner	3×10^3
Elektronenstrahl	5×10^8
Laser (je nach Art)	10^8 bis $> 10^{16}$

Betrachtet man die Werte der Laser insbesondere die von Hochleistungslasern, so wird sicher sehr schnell die Tatsache klar, daß im Brennpunkt eines solchen Laserstrahles alle bisher bekannten Materialien verdampfen.

Dieser Effekt wird im zivilen Bereich auf dem Gebiet der Materialbearbeitung (Schneiden, Bohren, Schweißen) mit Lasern in immer wachsendem Maße genutzt. Gerade diese Tatsache war es aber auch, die bestimmte Kreise (insbesondere in den USA) schon recht frühzeitig veranlaßten (etwa seit Ende der 60-iger

Jahre) über die Ausnutzung dieses Effektes zur Bekämpfung bzw. Zerstörung feindlicher Ziele und Objekte nachzudenken. Dabei kam man allerdings beim damaligen Entwicklungsstand der Laser sehr schnell zu der Erkenntnis, daß bis zur Entwicklung von sogenannten Laser-Waffen, wie sie in einer Reihe von Science fiction-Filmen (z.B. "Die Todesstrahlen des Dr. Mabuse" oder in späteren Jahren "Star Wars") trickreich und "eindrucksvoll" demonstriert wurden, noch viel Zeit, vor allem aber viel Geld benötigt wird. Deshalb konzentrierte man die Bemühungen zur militärischen Anwendung des Lasers zunächst auf Aufklärungssysteme, Informationsübertragung, Navigations- und Zielsysteme. Auf diesen Gebieten wurden sehr schnell bedeutende Fortschritte erzielt und der Laser hat heute in solchen Bereichen der Militärtechnik seinen festen Platz gefunden.

Doch die aggressiven Kreise der USA-Administration haben das Projekt der Laserwaffen niemals aufgegeben. Forciert betreibt man es vor allem, seitdem der Hochrüstungskurs unter der Reagan-Administration einen enormen Aufschwung erhalten hat. Unterstützt wird das Projekt von einer Reihe verantwortungsloser Wissenschaftler, wie z.B. dem "Scharfmacher" Edward Teller, den man als "Vater der Wasserstoffbombe" bezeichnet.

Was sind nun die Entwicklungsziele?

Sie lassen sich in 3 Kategorien einteilen:

Entwicklungsziele für Laserwaffen

- a. Gefechtsfeldwaffen, gegen Beobachtungsmittel z.B. in Panzern (einschließlich Zerstörung des Augenlichtes), gegen Kampfhubschrauber, gegen taktische Raketen
- b. Satelliten-Killer, gegen Frühwarnsysteme, Nachrichten- und Navigationssatelliten
- c. Anti-Raketen-Waffen, gegen Mittelstreckenraketen und interkontinentale Raketen.

Bevor wir auf Stand und Realisierungsmöglichkeiten etwas näher eingehen, soll ein Vergleich der Ausgaben für die Entwicklung von Laserwaffen in den USA im Zeitraum 1981-84 gegeben werden.

Ausgaben für Hochleistungslaser-Waffen
(in Millionen US-Dollar)

	1981	1982	1983	1984
Army	18,8	22,9	44,3	50,4
Navy	38,3	60,9	65,4	75,3
Air Force	70,6	108,7	102,2	133,5
DARPA ^{*)}	64,0	108,1	128,8	172,6
White Sands Test Range	14,5	40,2	33,9	36,9
	<u>206,2</u>	<u>340,8</u>	<u>374,6</u>	<u>468,7</u>

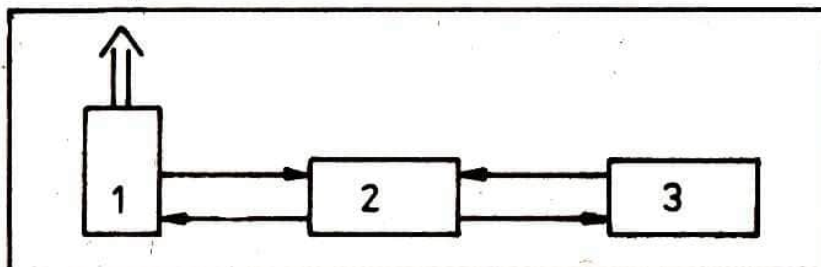
Die Gesamtausgaben haben sich seit 1981 mehr als verdoppelt. Bemerkenswert ist auch, daß im DARPA-Programm, in dem wesentlich die Untersuchungen für das Ziel der Kategorie c) zusammengefaßt sind, die Mittel fast verdreifacht wurden.

Dazu kommen nochmals ca. 50 Mio US-Dollar für die sogenannten "Third Generation Weapons" (mittels Kernwaffen gepumpter Laser), die ebenfalls zur Kategorie c) gehören. Nach offiziellen amerikanischen Angaben sind für die Entwicklung der Waffen der Kat. c) mindestens 10^{11} also 100 Milliarden US-Dollar aufzuwenden. Für 1985 werden 1,8-2,6 Milliarden US-Dollar gefordert und bis 1989 18-27 Milliarden geplant.

Realisierungskonzepte

Die Laserwaffen gehören zusammen mit den Teilchenstrahlwaffen zur Gruppe der "directed energy weapons". (Waffen mit gerichteter Energie). Die Laserwaffen konzentrieren über Spiegel Strahlungsenergie auf ein gegnerisches Ziel (Objekt), um dieses zu zerstören. Das Wirkprinzip entspricht dem der Lasermaterialbearbeitung. Ein Laserwaffensystem muß aus folgenden Komponenten bestehen :

Abb. 1: Komponenten eines Laserwaffensystems (schematisch)



^{*)} DARPA - Defense Advanced Research Projects Agency

- 1 - Strahlungsquelle
- 2 - Strahlungskontrollsystem zur Ausrichtung und Fokussierung des Lichtbündels
- 3 - Feuerkontrollsystem zur Auffindung des Zieles, seiner Erkennung und Auswahl und zur Führung des Strahlkontrollsystems auf das Ziel. Dieses Untersystem verfolgt und registriert außerdem die Zerstörung des Zieles, um dann das nächste Ziel auszuwählen

Die Schwierigkeiten bei der Realisierung konzentrieren sich (abgesehen von der Entwicklung und Weiterentwicklung von Hochleistungslasern) im wesentlichen auf zwei Probleme

- die Energieversorgung derartiger Systeme
- die Lichtausbreitung in der Atmosphäre

Zur Lösung dieser Probleme gibt es zwei Konzepte

- bodengestützte Laserwaffen
- raumgestützte Laserwaffen

Für bodengestützte Waffen ist das Problem der Energieversorgung lösbar, es bleibt das Problem der Störung der Strahlausbreitung durch Luftverschmutzung, Wolken, atmosphärische Dichteschwankungen und Turbulenzen.

Die Einflüsse der Luftverschmutzung und Wolken können wesentlich umgangen werden, indem man die Waffensysteme auf hohen Bergen aufstellt. Die Strahlung soll dann über 2 Spiegel, von denen sich einer in einem Flugzeug oder als Erdsatellit auf einer geostationären Umlaufbahn befindet, auf die Raketen konzentriert werden. Die atmosphärischen Störungen werden vor jedem Schuß in Sekundenbruchteilen mit einem Meßlaserstrahl bestimmt und durch eine adaptive Optik (rechnergesteuert) für den eigentlichen Laserstrahl korrigiert (Abb.2).

Das Konzept der raumgestützten Waffen hat diese Nachteile nicht, erfordert aber den Transport großer Massen in den Weltraum und die Lösung des Problems der Energieversorgung.

Mögliche Laser: Entwicklungsstand, zukünftige Projekte

Die für Waffensysteme in Frage kommenden Lasertypen sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt. Die Spalte Bemerkungen gibt einen groben Überblick über den gegenwertigen Entwicklungsstand.

Typ	aktives Mat.	Wellenlänge	Bemerkungen
Gas dynamisch	CO ₂	10,6 µm	400 kW (kontinuierlich)
elektr. Entladung	CO CO ₂	10,6 µm 5,0 µm	
Chemische Laser	HF DF	2,7 µm 3,8 µm	max. 2,2 MW (kontinuierlich, Labor-muster)
Free-Elektron-Laser	beschleunigte Elektronen	abstimmbar Zielstellung UV-Bereich	noch keine technische Entwicklung von Hochenergielasern
Excimerlaser	Edelgase Halogene	200...300nm	noch keine Hochenergielaser
Röntgenlaser	dichte Plasmen Festkörper	≤10 nm	Ausführbarkeit des Projektes noch nicht bewiesen, Kernenergie gepumpter Laser zur Erprobung

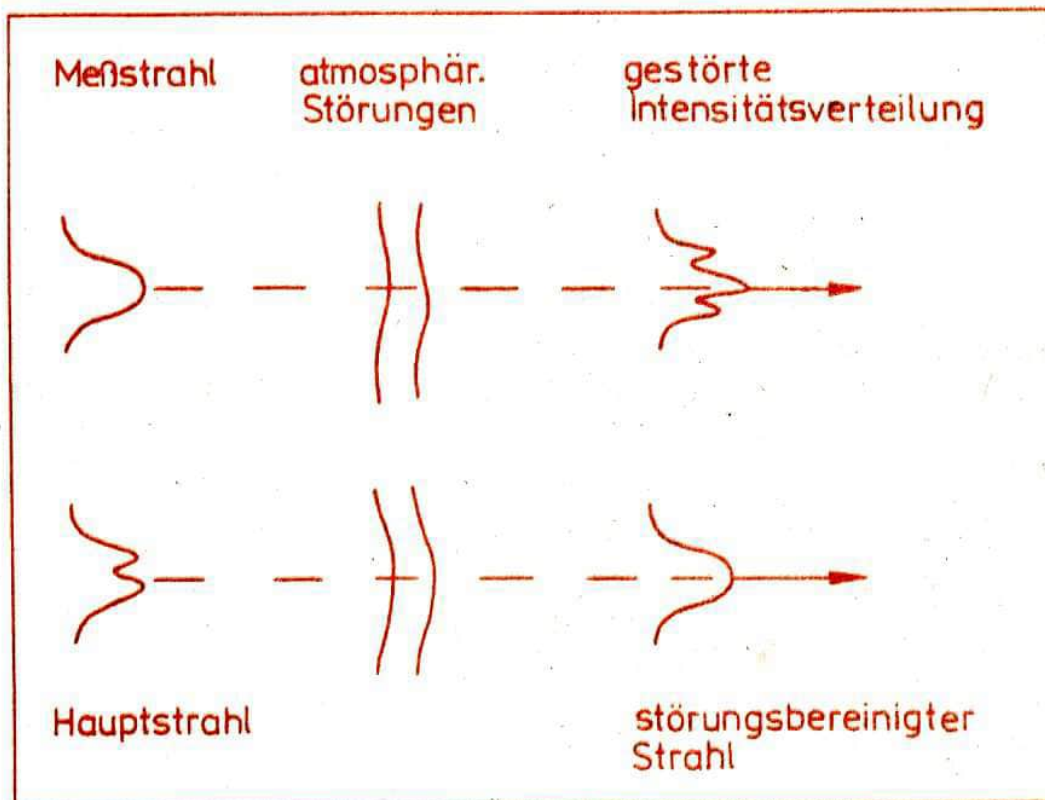


Abb. 2: Schema für bodengestützte Laserwaffen

Im Stadium technischer Projekte sind bisher nur die CO_2 und die chemischen Laser, die im Infrarot (IR-Gebiet) arbeiten mit Leistungen von einigen hundert Kilowatt.

Das sind Leistungen, die nur für die Ziele der Kat. a) und vielleicht teilweise b) ausreichen.

- Für a) soll ein erstes System 1985 bereitgestellt werden. Dabei geht es einmal um die Bekämpfung von Kampfhubschraubern und zum anderen um die Vernichtung der Beobachtungsfähigkeit von Panzern.
- Das Laserlabor der US Air-Force besteht aus einer militärischen Version der Boeing 707 (NKC-135) mit einem 400 kW gasdynamischen CO_2 -Laser an Bord. Mit diesem gelang es im Sommer 1983 eine gegen das Flugzeug gerichtete Luft-Luft-Rakete zu zerstören.
- Bei der US Navy wurde ein Projekt zur Abwehr von See-See- und Luft-See-Raketen aufgenommen. Es gelang mit dem Mid-Infrared Advanced Chemical Laser (MIRACL) eine Rakete zu zerstören.

Nachteile der IR-Laser

Die bisher ausschließlich verwendeten IR-Laser haben einen entscheidenden Nachteil:

Der größte Teil der Laserenergie wird an blanken Metallteilen reflektiert, wodurch der Wirkungsgrad insbesondere bei kontinuierlichen Lasern klein ist. Die Wirkung kann noch verringert werden, wenn man die Rakete schnell um die Längsachse rotieren läßt, da hierbei die Strahlung über eine größere Fläche verteilt wird. Außerdem ist es möglich, durch zusätzliche Beschichtungen die Einwirkzeit bis zum Zerstören des äußeren Mantels der Rakete zu verlängern.

Wissenschaftler schätzten ab, daß bei einer Beschichtung der Raketen mit Carbon phenolic (2 mm) die Durchbrennzeit auf etwa 2 Minuten vergrößert werden kann. Wegen dieser Unzulänglichkeiten besteht ein Trend in die Richtung der Verwendung großer Impulslaser. Dabei entsteht der wesentliche Effekt nicht durch Einbrennen, sondern durch eine Schockwelle, die beim Auftreffen des Laserimpulses auf das Objekt entsteht und z.B. das Steuer- und Antriebssystem außer Kraft setzen kann.

Erforderlich sind hierfür Laser mit Impulsenergien im Bereich von 100 kJ. Derartige Laser können bereits nach dem gegenwärtigen Stand der Technik aufgebaut werden.

Schutzmaßnahmen

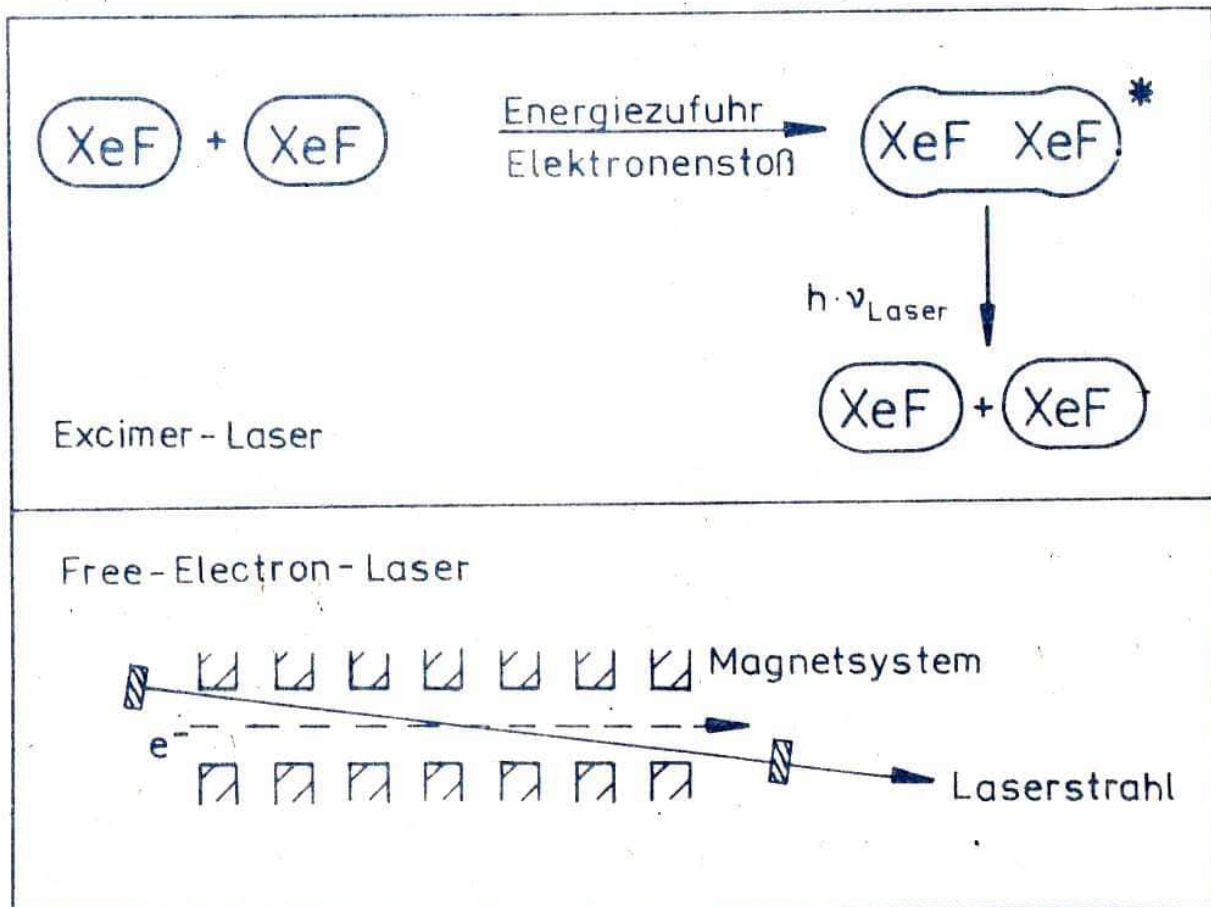
- hochreflektierende Beschichtung
- Dämpfung der Schockwellen, bzw. des Systems gegen diese unempfindlich machen

Laser mit ultravioletter (UV) Strahlung

Laser, die im UV-Bereich arbeiten, sind für die Einwirkung auf Metalle wesentlich günstiger, da die Energie tiefer eindringt und zur Wirkung kommt.

Als Kandidaten kommen gegenwärtig die Excimerlaser (insbes. der XeF-Laser) und in der Zukunft sicher der Free-Electron-Laser (FEL) in Betracht.

Abb. 3 Wirkprinzip von Excimer-Laser und FEL.



Vom Excimerlaser sind bisher Geräte mit 100 kJ noch nicht realisiert, ihr Aufbau erscheint aber möglich und wird in der militärischen und in der Fusionsforschung vorangetrieben. Vom FEL existieren bisher Geräte mit kleinen Impulsenergien im IR-Bereich; geplant sind Geräte im Sichtbaren-UV- bis ins Röntgengebiet und eine wesentliche Energieerhöhung.

Nachteile

Die UV-Laser-Systeme sind bisher im Masse-Leistungsverhältnis ungünstiger als die CO₂-Laser (aber günstiger ist die Bündelungsfähigkeit der UV-Strahlung)

UV-Laser sind für die Stationierung auf der Erde schlecht geeignet, da die Transmission der Atmosphäre für UV-Strahlung sehr schlecht ist, es sei denn, man hat so hohe Energien zur Verfügung, daß die Atmosphäre durch nichtlineare optische Effekt ausgebleicht werden kann.

Große Laser im Weltraum sind sehr schwer aufzubauen. Nach Ansicht von Experten wären für ein wirksames und umfassendes Verteidigungssystem einige 1000 Space Shuttle-Flüge erforderlich.

Außerdem können große Lasersysteme im Raum leicht erkannt und vernichtet werden.

Schutzmaßnahmen:

Die Objekte können bei bekannter Laserwellenlänge durch entsprechende dielektrische Reflexionsschichten oder durch Schichten, die die Energie abfangen (aufnehmen) geschützt werden. Allerdings bewirken energieabfangende Schichten bei starken Impulsen das verstärkte Auftreten von Schockwellen, die mechanische Zerstörungen verursachen können.

Röntgenlaser

Röntgenlaser haben den "Vorteil", daß die Strahlung schwer bestimmbar ist und deshalb auch Schutzmaßnahmen dagegen erschwert werden.

In den Lawrence Livermore Laboratories (LLL) wird seit mehreren Jahren sehr aktiv an Projekten zu Röntgenlasern und ihrer militärischen Anwendung gearbeitet.

Gegenwärtig gibt es zwei Möglichkeiten, um Röntgenlaser zu realisieren:

1. Hochenergielaser-Impulse im IR-, sichtbaren- oder UV-bereich werden auf ein geeignetes Target fokussiert. Dabei entstehen, ähnlich den Experimenten zur Laser-Kernfusion, dichte Plasmen. Während der zeitlichen Entwicklung des Plasmas können angeregte Ionen auftreten, die zur Verstärkung von Röntgenstrahlung fähig sind.

Bisher ist es nur gelungen, eine geringe Verstärkung von Röntgenstrahlung an diesen Plasmen zu messen. Lasertätigkeit konnte noch nicht beobachtet werden. Es ist aber zu erwarten, daß in den nächsten Jahren der Bau entsprechender Laser-Generatoren gelingen wird.

Trotzdem würden sich solche Laser, auch auf längere Sicht, nicht für militärische Zwecke eignen.

Gründe:

- der Wirkungsgrad ist viel zu klein und damit das Masse-Leistungsverhältnis zu schlecht
- derartige Röntgenlaser müssen unbedingt im Weltraum stationiert werden (wegen der hohen Verluste in der Atmosphäre). Das scheint aber auch in den nächsten 20 Jahren für derartige Anlagen aussichtslos.

2. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Röntgenlaser nicht mit Hochenergie-Lasern, sondern mit schnellen Neutronen, Elektronen oder Röntgenstrahlung anzuregen. Das Realisierungskonzept dieser Idee, an deren Ausarbeitung und Verfechtung der schon genannte Physiker E. Teller beteiligt ist, sieht folgendermaßen aus.

Lange dünne Metallstäbe werden durch die Energie einer Kernexplosion (z.B. H-Bombe) vollständig in den Plasmazustand überführt. Während dieses Prozesses tritt Besetzungsinversion in den inneren Schalen der Metallatome auf. Die spontan emittierte Röntgenstrahlung wird bevorzugt entlang der Stabachse verstärkt und es kommt zur Aussendung von Röntgen-Laserimpulsen sehr hoher Energie. Das gesamte System ist natürlich nur einmal verwendbar, da die Stäbe durch die Explosion der Kernwaffe, allerdings erst nach dem Aussenden des Röntgen-Impulses, zerstört werden.

Gegenwärtig scheint das Projekt noch im Stadium der Grundlagenforschung zu sein. Nach Angaben der amerikanischen Presse wurden derartige Experimente in den LLL erfolgreich durchgeführt. Dabei sollen dünne Metallstäbe von einigen Metern Länge verwendet worden sein. Die Kernexplosion hatte eine Stärke von einigen hundert Tonnen TNT. Die Röntgenwellenlänge lag bei 1,4 nm und die Energie der Röntgen-Impulse bei 1 MJ.

LLL will alle 3-6 Monate ein Experiment mit unterirdischer Kernexplosion durchführen, wozu 50-100 Mio US-Dollar pro Jahr benötigt werden. Das Nutzungskonzept im Weltraum besteht darin, mit einer Kernwaffe gleichzeitig viele Stäbe anzuregen, die auf mehrere Ziele orientiert werden sollen.

Da alle Ziele gleichzeitig erfaßt werden müssen sind extrem hohe Anforderungen an das Meß- und Leitsystem zu stellen.

Welche politischen Hintergründe hat der neue Hochrüstungskurs der USA-Regierung?

Nachdem in den obigen Ausführungen die wissenschaftliche, technische und technologische Seite der Entwicklung von Strahlenwaffen betrachtet wurde, ist es notwendig, einige Bemerkungen zu den Hintergründen der erneuten Forcierung der Hochrüstung durch die Reagan-Administration zu machen. Die Forderung nach einem verstärkten Forschungs- und Entwicklungsprogramm für ein Raketenabwehrsystem mit Killersatelliten, Laserkanonen und Antiraketen wurde von Reagan in seiner Raumrüstungsrede am 23. März 1983 erhoben und ist in die Geschichte als "Star Wars"-Vision ("Krieg der Sterne") eingegangen. Um die Weltöffentlichkeit zu täuschen und die Friedensbewegung zu schwächen, behauptet Washington, daß die angestrebten Weltraumwaffen rein defensiv seien und lediglich dazu dienten, angreifende sowjetische Interkontinentalraketen abzufangen und zu vernichten. In Wirklichkeit jedoch heben die Pläne des Pentagon die Abgrenzung zwischen offensiven und defensiven Waffen auf. Nach der Konzeption haben treffgenaue Raketen wie MX, Trident und Pershing II den nuklearen Erstschlag gegen die UdSSR zu führen, kosmische Strahlenwaffen aber sollen einen vernichtenden Gegenschlag so weit reduzieren, daß der Atomkrieg für den Aggressor USA "überlebbar" und "gewinnbar" wird. Die "Antisatellitenwaffen" sollen als reine Killersatelliten den Offensivschlag gegen die Frühwarnsysteme der Sowjetunion führen. Das

Das verlogenerweise als "Raketenabwehrsystem" deklarierte Offensivsystem der USA ist also nicht nur als "Schild" gegen einen Vergeltungsschlag, sondern vor allem auch als "Schwert" für Angriffe auf Erdziele vorgesehen. Die ganze "Verteidigungsinitiative" der USA erweist sich bei gründlicher Analyse als eine Komplettierung ihrer nuklearen Erstschlagkapazität gegen die Sowjetunion und die anderen sozialistischen Länder. Das haben auch die 2500 internationalen Wissenschaftler erkannt, die sich 1984 in Göttingen zu einem Kongreß trafen unter dem Motto "Krieg der Sterne - Bedrohung der Erde; Naturwissenschaftler warnen vor der Militarisierung des Welt- raums". Es zeugt von einem hohen Verantwortungsbewußtsein dieser Wissenschaftler, wenn sie in ihrer "Göttinger Erklärung" von 1984 u.a. feststellen: Noch gibt es keine Waffen im Welt- raum, noch besteht die Möglichkeit, seine Bewaffnung zu ver- hindern. Deshalb appellieren wir insbesondere an die Regierung der USA, ihre Pläne zur Hochrüstung im Weltraum endgültig auf- zugeben und ehe es zu spät ist, Verträge abzuschließen, welche die Entwicklung, Erprobung und den Einsatz aller Waffen im Welt- raum verbieten.

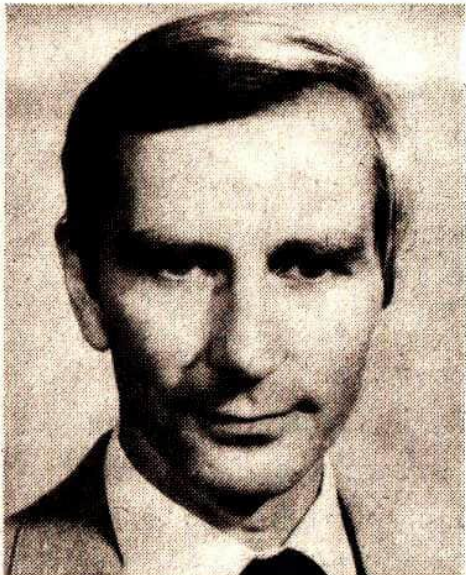
Ω

In der folgenden Tabelle sind die in den letzten Jahrgängen von "impuls 68" erschienenen Artikel zum Themenkreis LASER aufgelistet. Ebenso sind die beiden Artikel angeführt, die aus Platzgründen nicht mehr in diesem Heft abgedruckt werden konnten, dafür aber im nächsten Heft zu finden sein werden.

Autor	Titel	Jg.	Heft
Dr. J.Schwarz	Laser in der Medizin	19	4
Dr. B.Stecklum	Laser, Gravitation & Astrophysik	19	4
Dr. K.Vogler	Materialbearbeitung mit Lasern	18	5,6
M.Kaschke	Farbstofflaser	16	1
Dr. H.Walther	Laser-Aufbau, Wirkungsweise und Anwendung	14	1-3
Dr. G.Staupendahl	Kurzzeituntersuchungen an Halbleitern	14	4,5
Dr. J.Kleinschmidt	Kernfusion durch Laseranre- gung	9	1-4

Diese Hefte können ebenso wie das vorliegende Sonderheft noch in begrenzter Anzahl bei der Redaktion direkt bestellt werden besser ist natürlich Sie abonnieren "impuls 68" !!

Interview mit Magnifizienz Prof. Dr. sc. rer. nat. Bernd Wilhelmi „Trends und Tendenzen der Laserphysik“



Prof. Dr. B. Wilhelmi ist ein international hochgeschätzter Physiker auf dem Gebiet der Laserphysik und Nichtlinearen Optik. Für seine herausragenden Leistungen bei der Entwicklung der Ultrakurzzeitspektroskopie erhielt er 1981 den Nationalpreis. Gegenwärtig ist er Rektor der Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Das Gespräch führte für "impuls 68" Wolfgang Rudolph.

„impuls 68“: 25 Jahre Laser sind ein geeigneter Zeitpunkt, um ein kleines Resümee zu ziehen und gleichzeitig über Trends und zukünftige Entwicklungen zu sprechen. Kann man aus heutiger Sicht die Entdeckung des Laserprinzips, dessen theoretische Grundlagen von Einstein ja bereits 1917 gelegt wurden, und den Bau des ersten Lasers 1960 zu den Großtaten der Physik des 20. Jahrhunderts zählen und sie in einem Atemzuge nennen z.B. mit der Entdeckung der Kernspaltung und der Relativitätstheorie?

Prof. Wilhelmi: Man kann, glaube ich, mit Fug und Recht sagen, daß es bei der Entdeckung des Lasers, bei der Untersuchung seiner physikalischen Grundlagen und bei seiner Anwendung um wesentlich neue Richtungen geht, die die wissenschaftliche Entwicklung auf vielen Gebieten der Physik, Chemie, Biologie, Medizin und Technik stark beeinflusst haben und auch in der Zukunft stark beeinflussen werden. Als ein Physiker, der auf dem Gebiet der Quantenelektronik, Laserphysik und Optik arbeitet wage ich keine Aussage darüber zu treffen, ob diese Leistungen vergleichbar sind mit der Entdeckung der Kernspaltung oder der Schaffung der Relativitätstheorie. Der Laser wird aber von vielen Wissenschaftlern unterschiedlichster Fachrichtungen, meiner Ansicht nach zu Recht, als eine der "Jahrhundertentdeckungen" angesehen.

Das Laserprinzip ist einerseits von fundamentalem wissenschaftlichen Interesse weil es zeigt, wie komplizierte Systeme, die aus sehr vielen Teilchen bestehen, in neue, einfache Ordnungszustände mit völlig veränderten makroskopischen Eigenschaften gebracht werden können, was für andere Wissenschaftsdisziplinen, auch über die Physik hinaus, von großer Bedeutung ist. Andererseits hat der Laser durch seine besonderen Eigenschaften, wie Monochromasie, hohe Leistung, hohe Intensität (Leistung pro Fläche) und auch durch die Möglichkeit sehr kurze Impulse zu erzeugen, völlig neuartige Möglichkeiten für die Grundlagenforschung, aber auch für die Anwendung gebracht. Der Laser hat einen festen Platz in der Wissenschaft gewonnen und beginnt sich einen solchen Platz im täglichen Leben zu erobern.

„impuls 68“: Größte Aufmerksamkeit in der breiten Öffentlichkeit finden stets besonders sensationell anmutende Ergebnisse und Extremwerte der Laserparameter. Wo steht man da heute hinsichtlich z.B. des Wellenlängenbereiches und der Laserabmessungen und in welche Richtungen geht hier die Entwicklung?

Prof. Wilhelmi: Zuerst muß man sagen, daß die Laserphysiker von ihren Berufskollegen anderer Richtungen sehr viel gelernt haben, insbesondere von denen aus der Hochfrequenzspektroskopie (man arbeitet hier mit Frequenzen bis in eine Größenordnung von etwa 10^{12} Hz) und aus der Radioelektronik. Außerdem muß man erwähnen, daß die Grundlage für das Laserprinzip nicht nur die Arbeiten von Einstein waren, in denen ein theoretisches Prinzip hinsichtlich der Verstärkung von Licht formuliert wurde, sondern ebenso wichtig waren die Grundlagenuntersuchungen in der Radiotechnik zur Rückkopplung (in Analogie zu einem elektrischen Oszillator kann man den Laser ja als einen Verstärker betrachten, der bei genügend starker Rückkopplung zu bestimmten Eigenschwingungen angeregt wird). Der Laser war eine Übertragung von Prinzipien, die bei langwelliger Strahlung im Radiowellenbereich und im Hochfrequenzbereich (Mikrowellenbereich) zuerst entdeckt worden sind, in den kurzwelligen optischen Bereich. Aus diesem Grunde schließt sich auch der Begriff des Lasers an den des Masers an, was soviel bedeutet wie Mikrowellenverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung (englisch: Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation). Damit möchte ich zugleich ausdrücken, daß die Möglichkeit Lichtquellen hoher Monochromasie zu schaffen nach langen Wellenlängen nahezu uneingeschränkt

vorhanden ist. Es gibt prinzipiell keine Lücke mehr zwischen dem sichtbaren Gebiet (etwa 450nm bis 750nm) und beliebig grossen Wellenlängen. In Richtung kürzerer Wellenlängen ist das jedoch sehr viel problematischer. Durch Frequenzvervielfachung mit Methoden der nichtlinearen Optik (A. d. R.: siehe "impuls 68" Heft 3/Jg. 14) kommt man gegenwärtig bis zu Wellenlängen von einigen 10nm. Man arbeitet heute im internationalen Maßstab sehr intensiv daran, Röntgenlaser zu bauen (Wellenlängenbereich der Röntgenstrahlen etwa von 80nm bis 10^{-3} nm), wobei aber noch kein vollständiger Erfolg zu verzeichnen ist. Im Zusammenhang mit Experimenten zur lasergesteuerten Kernfusion versucht man zunächst eine Verstärkung von Röntgenstrahlen in laserinduzierten Plasmen zu messen. Weiterhin gibt es bereits schon jetzt Ideen, einen Gammalaser zu verwirklichen (Gammastrahlen $< 10^{-3}$ nm), d.h. kohärente Lichtquellen, die auf Übergängen in den Atomkernen, also nicht wie bisher in der Elektronenhülle, beruhen. Solche Vorschläge wurden beispielsweise von Khokhlov und Letokhov (Moskau) gemacht.

Kommen wir nun zu den Extremwerten der Laserabmessungen. Die kleinsten Laser lassen sich auf der Basis von Halbleitern realisieren, die durch einen elektrischen Strom gepumpt werden. Die Ausdehnung des aktiven Mediums liegt dabei im μ m-Bereich. Solche Laser sind wichtig für die Nachrichtenübertragung, weil man ihrem Lichtstrahl durch Modulation sehr viel Information pro Zeiteinheit aufprägen kann. Die höchste Modulationsfrequenz solcher Laser beträgt bisher 12,5 GHz. Die größten Laseroszillatoren findet man gegenwärtig bei CO_2 -Lasern mit einigen 10 m Länge, wobei man hier kontinuierliche Leistungen bis in den 100 kW-Bereich erreicht. Spricht man von Laseranlagen, die aus Laseroszillatoren und Verstärkern aufgebaut sind, so sind die größten ihrer Art bei den Untersuchungen zur lasergesteuerten Kernfusion in der UdSSR, USA und Japan im Einsatz. Solche Anlagen füllen eine große Werkhalle aus. Diese Anlagen liefern z.Z. Impulse mit einer Energie von einigen 10 kJ und Leistungen von 100 000 Gigawatt.

"impuls 68": Welche Lasertypen haben heute die breiteste Anwendung gefunden und wozu werden sie heute bzw. in absehbarer Zukunft eingesetzt? Gibt es Entwicklungen in Wissenschaft und Technik, die ohne den Einsatz des Lasers unmöglich wären?

Prof. **Wilhelmi:**

Beide Teile der Frage sind sehr schwierig zu beantworten. Auf dem Gebiet der Laser ist eine große Vielzahl von Typen entwickelt worden, und für verschiedene **Anwendungszwecke** sind sehr unterschiedliche Typen erforderlich. Ich möchte das mit einigen Beispielen belegen. Eine besonders wichtige Anwendung des Lasers ist sein Einsatz in der Nachrichtenübertragung und Informationsverarbeitung. Hierfür kommen vorzugsweise Halbleiterlaser in Verkopplung mit Lichtleitern in Frage. Bereits heute sind solche Halbleiterlaser bei Wellenlängen von $1,3\mu\text{m}$ und $1,55\mu\text{m}$ in Betrieb, mit deren Hilfe man hohe Informationsraten über mehr als 100 km ohne Zwischenverstärkung übertragen kann. Damit ist es z.B. möglich, über ein Lichtleiterkabel (Glasfaserbündel) etwa 40 000 Telefongespräche gleichzeitig zu übertragen, wobei man damit noch weit von der theoretischen Höchstgrenze entfernt ist. Halbleiterlaser haben weiterhin den Vorteil, daß man sie aufgrund ihrer geringen Abmessungen in Geräte integrieren kann und sie nur geringe Leistungen benötigen.

Ich möchte nun auf ein anderes Beispiel eingehen. Laser werden aufgrund ihrer hohen Leistung und Fokussierbarkeit der Strahlung sehr erfolgreich bei der Materialbearbeitung eingesetzt. Es ist beispielsweise mit hoher Produktivität und Qualität möglich, Stahlbleche, Kunststoffe, Holz, Papier und auch andere Materialien zu schneiden, zu bohren oder auch Metalle zu verschweißen. Dafür kommen natürlich nur Laser hoher Leistung in Frage, wobei gegenwärtig der CO_2 -Laser (Laserwellenlänge im IR-Bereich) am weitesten verbreitet ist.

Weiterhin möchte ich auf eine dritte Richtung eingehen. Für viele Anwendungen der Spektroskopie, d.h. bei der Erforschung der Eigenschaften von Substanzen anhand ihres Verhaltens bei der Wechselwirkung mit elektromagnetischer Strahlung, z.B. Untersuchung der emittierten Spektrallinien, in der Physik, Chemie, Biologie und Medizin wird der Farbstofflaser (mit Wellenlängen meist im sichtbaren Bereich) sehr breit eingesetzt, wobei für diesen Edelgasionen- und Festkörper-Laser wichtige Pumpquellen sind. Die Edelgasionenlaser haben darüberhinaus breite Anwendung in der Industrie und besonders in der Medizin gefunden. Gemessen an den Verkaufserlösen auf dem Weltmarkt stehen die Edelgasionenlaser, gefolgt von den CO_2 -Lasern, gegenwärtig an der Spitze, wobei zu erwarten ist, daß in den nächsten Jah-

ren die Halbleiterlaser für die Informationsverarbeitung die führende Position erlangen werden.

Mit den erwähnten Lasertypen ist das vorhandene Sortiment auch annähernd noch nicht umrissen.

Kommen wir nun zum zweiten Teil der Frage, der noch schwieriger zu beantworten ist. Die Wissenschaft ist immer fähig und in der Lage in Alternativen zu denken und zu arbeiten. Wenn also der Laser zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht existieren würde, hätten Wissenschaftler an vielen Stellen alternative Wege ersonnen. Aber es wäre an vielen Stellen heute sicherlich nicht möglich, die gleiche Applikationsbreite und Anwenderfreundlichkeit bzw. insgesamt die gleichen Ergebnisse zu erreichen. Ich glaube, daß der Laser heute nicht mehr wegzudenken ist aus der Grundlagenforschung und Anwendung.

„impuls 68“: An welchen Stellen der Laserforschung ist die DDR am internationalen Niveau beteiligt und an welchen Institutionen werden bei uns diese Forschungen betrieben ?

Prof. Wilhelmi: Mit Grundlagenforschungen auf dem Gebiet der Laserforschung ist in der DDR bereits sehr frühzeitig an der Friedrich-Schiller-Universität Jena und dem Zentralinstitut für Optik und Spektroskopie der Akademie der Wissenschaften begonnen worden. Gegenwärtig werden darüberhinaus diese Forschungen an verschiedenen Einrichtungen der Akademie der Wissenschaften und der Humboldt-Universität Berlin betrieben. Diese Institutionen entwickeln und fertigen gegenwärtig eine Vielzahl von Lasertypen für die unterschiedlichsten Einsatzmöglichkeiten in Grundlagenforschung und Anwendung.

Bei der Entwicklung und Anwendung der Laser befindet sich die Forschung der DDR natürlich in harter internationaler Konkurrenz, denn das Gebiet der Laser wird in allen entwickelten Industrieländern außerordentlich intensiv bearbeitet. Wir können aber sagen, daß wir in einer Reihe von Richtungen die Nase mit vorn haben. Das gilt für die Edelgasionenlaser, das gilt auch insbesondere für die Pikosekunden-Farbstofflaser zur Ultrakurzzeitmeßtechnik und das trifft für einige Typen der schmalbandigen Halbleiterlaser zu. Insbesondere wurde in der DDR auf der Anwendungsstrecke bestimmte Richtungen der Laserspektroskopie sehr intensiv entwickelt. So konnte z.B. die Ultrakurzzeitspektroskopie in den letzten Jahren durch Entwicklung bestimmter Laser- Impulslichtquellen zu einer Meßtechnik bis in den Femto-

sekundenbereich entwickelt werden! Man arbeitet hier mit Impulsdauern von etwa 100 Femtosekunden = 10^{-13} s. Das Licht legt in dieser Zeit etwa 30 μ m (!) zurück. Diese extrem kurzen Impulse sind heute nur mit Methoden der Laserphysik und nichtlinearen Optik zu erzielen.

„Impuls 68“: Wo wird in der Industrie der DDR der Laser schon heute mit großem volkswirtschaftlichen Nutzen eingesetzt und wo kann man in Zukunft einen noch breiteren Einsatz erwarten?

Prof. Wilhelmi: Zuerst sollte man vielleicht sagen, an welcher Stelle in der DDR Laser bereits industriell gefertigt werden. Im Kombinat VEB Carl Zeiss Jena werden verschiedene Edelgasionenlaser und Helium/Neon-Laser produziert. Im Kombinat Feinmechanische Werke Halle werden CO₂-Laser für die Materialbearbeitung gefertigt und im VEB Mikrofontechnik Gefell werden spezielle kontinuierlich arbeitende Festkörperlaser für die Mikromaterialbearbeitung und Lasergravur hergestellt. Alle diese Laserproduktionen basieren auf Forschungen der oben genannten Einrichtungen. Die Anwendung der Laser erfolgt auf den verschiedensten Gebieten. Zuerst möchte ich die Anwendung in Richtung der Materialbearbeitung nennen. Das vollzieht sich im Maschinenbau, in der Holz- und papierverarbeitenden Industrie, aber auch in der Mikroelektronik, wo für den Abgleich von Bauelementen (z.B. Trimmen von Widerständen) in wachsendem Maße Laser eingesetzt werden.

„Impuls 68“: Kann man sagen, daß im Wesentlichen die Entwicklung des Lasers abgeschlossen ist und er nur noch auf seinen wissenschaftlichen bzw. technischen Einsatz „wartet“, oder werden auch künftige Generationen noch an der Laserentwicklung beteiligt sein?

Prof. Wilhelmi: An verschiedenen Stellen hatte ich bereits erwähnt, welche Zukunftsabsichten bestehen. Das sind keine kleinen Zielstellungen, wenn wir nur an den Röntgen- und Gammalaser denken. Man muß auch hinzufügen, daß es gegenwärtig noch nicht befriedigend möglich ist, Laser über große Wellenlängenintervalle abzustimmen, daß die Effektivität der Laser noch klein ist und man deshalb nach neuen, günstigeren Laser-Materialien sucht. Man ist weiterhin daran interessiert, die Frequenzstabilität noch weiter zu erhöhen, was für die Grenzen der Längen- und Zeitmeßtechnik bedeutend ist, und man arbeitet daran, stabile ul-

trakurze Lichtimpulse in einem breiten Spektralbereich zu erzeugen. Außerdem wird man zukünftig völlig neue Meßverfahren entwickeln, die auf den verschiedensten Gebieten zu neuen Ergebnissen führen werden. Neben der bereits erwähnten Informationsübertragung wird es in Zukunft auch möglich sein, optische Speicher und Rechner zu bauen, die bedeutend höhere Arbeitsgeschwindigkeiten als die bisher rein elektronischen Rechner aufweisen. Neuartige laserinduzierte nichtlineare optische Effekte werden es gestatten, optische Abbildungssysteme zu schaffen, die ihre Fehler selbst korrigieren. - Ich hatte einleitend erwähnt, daß die Physiker, Chemiker und Biologen von dem System Laser sehr viel gelernt haben, d.h. von dem Übergang eines ungeordneten Systems aus vielen Einzelteilchen zu einem einfachen geordneten System. Nun ist es beim Laser möglich, durch Erhöhung der Intensität noch weitere solche Übergänge zu vollziehen, wobei man von einem kontinuierlichen Laser dann zu einem Laser mit einer ziemlich kompliziert strukturierten Ausgangsstrahlung kommen kann. Auch von diesem Übergang kann man wieder interessante Schlußfolgerungen für andere Wissenschaftsgebiete ziehen.

„impuls 68“: Wird es notwendig, sich mit dem Laser bereits in der Polytechnischen Oberschule auseinanderzusetzen?

Prof. Wilhelmi: Die Einbeziehung des Lasers in die Schulausbildung halte ich unter dem folgenden Aspekt für möglich und möchte die Frage eigentlich umkehren. Man sollte in der Schule immer anfangen, sich mit dem Leichterem zu befassen und dann zum Schwierigen übergehen. Ein Laser ist eine Lichtquelle, die sehr viel einfacher zu verstehen und zu behandeln ist, als eine Glühlampe oder eine Leuchtstoffröhre. Demonstrationsexperimente zur Lichtausbreitung, zur Brechung, Reflexion, Beugung und Streuung unter Zuhilfenahme des Lasers sind einfacher und überzeugender. Insofern bin ich der Meinung, daß schon in naher Zukunft solche Laser wie der Halbleiterlaser oder der Helium/Neon-Laser in Verbindung mit Lichtleitern und entsprechender Meßtechnik in den Oberschulen Eingang finden werden, auch soweit, daß Schüler selbst mit ihnen experimentieren. Ich kann mir z.B. für die Zukunft sehr gut einen Optikbaukasten für Schüler vorstellen, in dem auch Laser enthalten sind.

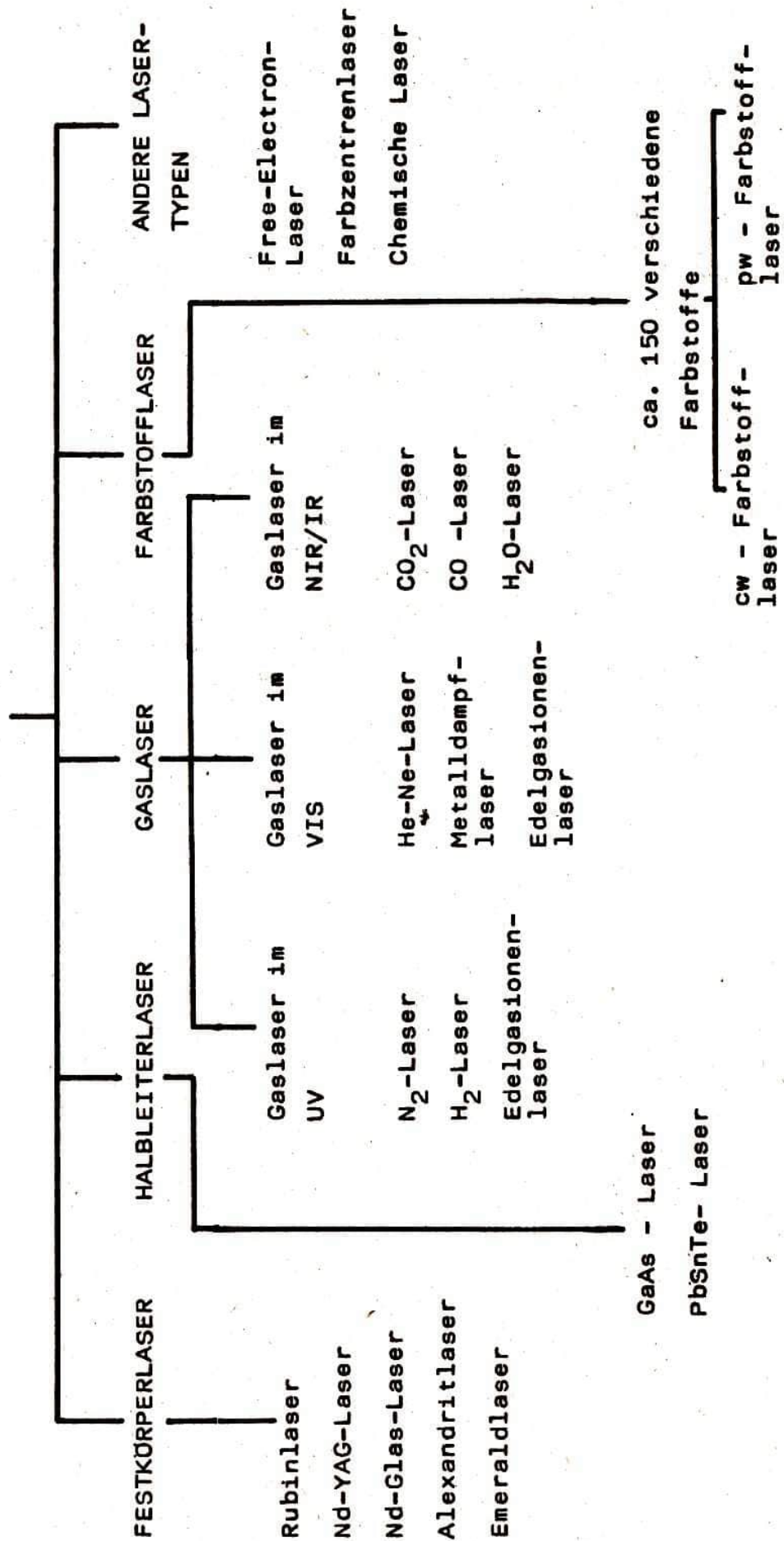
„impuls 68“: Leider hat die Entwicklung des Lasers in den letzten Jahren auch zunehmend einen militärischen Aspekt erhalten. Besonders in den USA existieren ja schon konkrete Forschungskonzeptionen bzw. laufen bereits Entwicklungsprogramme zur Schaffung neuartiger Laserwaffensysteme, die u. a. für einen Krieg im Kosmos bzw. aus dem Kosmos vorgesehen sind. Was verbirgt sich dahinter ?

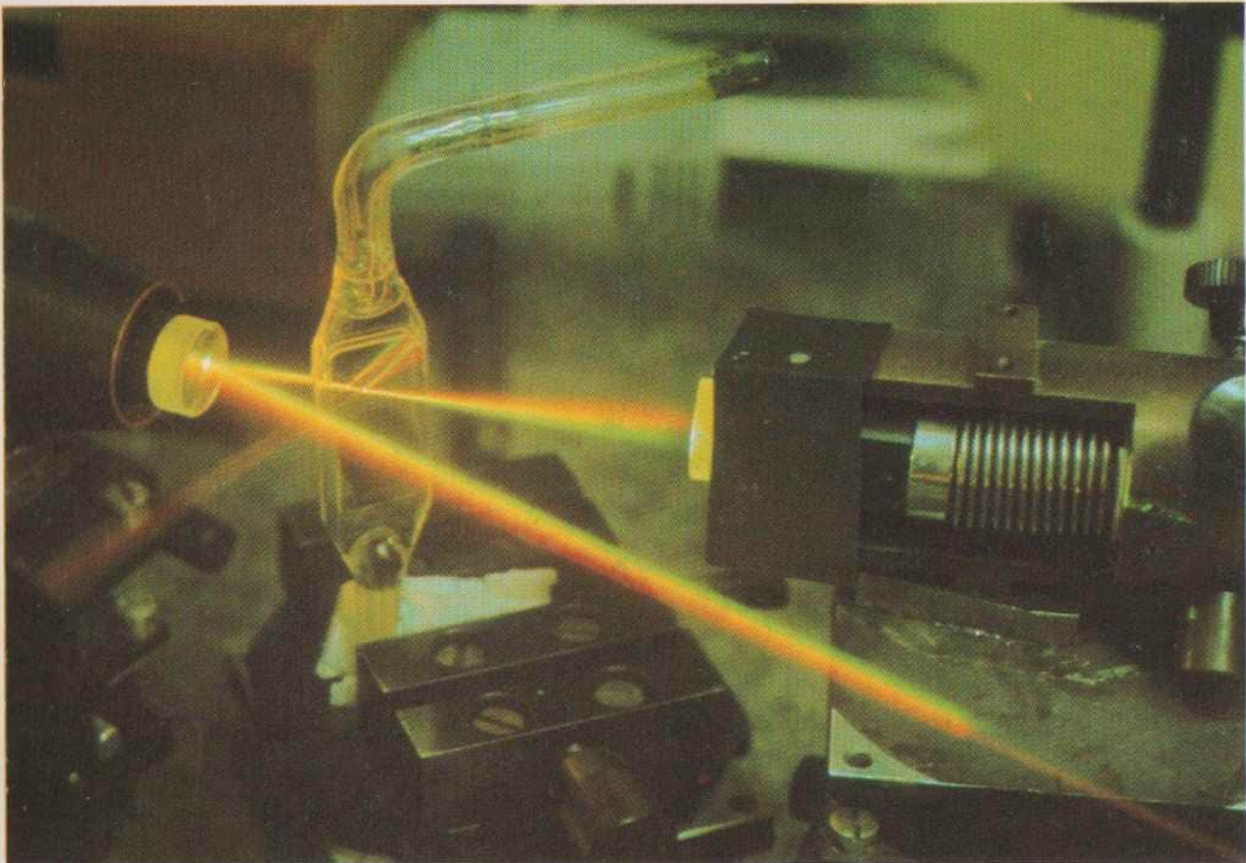
Prof. Wilhelmi: Auch die Quantenelektronik und Laserphysik ist leider ebenso wie die Mikroelektronik und Kernphysik nicht davon ausgenommen, daß große geistige Anstrengungen der Menschheit nicht zum Wohle der Menschen und ihrer künftigen Entwicklung genutzt werden, sondern zur Vorbereitung von Kriegen. Ich möchte zunächst erwähnen, daß die Laser bereits gegenwärtig an vielen Stellen der Militärtechnik Eingang gefunden haben. So ist bekannt, daß im Vietnamkrieg viele Bomben durch Lasermeßsysteme gelenkt wurden und daß heute Waffensysteme in zunehmenden Maße mit solchen Meßsystemen ausgerüstet werden. In der Tat versucht man gegenwärtig in den USA Lasersysteme aufzubauen und zu entwickeln, die zur Vernichtung von Objekten geeignet sind. Das ist ein abenteuerlicher Kurs, die Militarisierung auszudehnen und insbesondere den Weltraum in die Rüstung mit einzubeziehen. Jeder Schritt in derartige Entwicklungsrichtungen bringt große Gefahren mit sich, wobei zu sagen ist, daß schon gegenwärtig in den USA Beträge in Milliardenhöhe für diese Forschungen aufgewendet werden. Wir haben als Naturwissenschaftler eine besondere Verantwortung dafür, daß auf Gefahren, die aus neuen Erfindungen und Entwicklungen in imperialistischen Händen entstehen, nachdrücklich aufmerksam gemacht wird, um beizutragen, diese Gefahren zu bannen. Deshalb unterstützen wir mit allen Kräften die Abrüstungsinitiativen der Sowjetunion und der anderen sozialistischen Staaten und besonders die sowjetischen Vorschläge zur Verhinderung einer Militarisierung des Welt-
raums.

„impuls 68“: Wir bedanken uns herzlich für dieses Gespräch und wünschen Ihnen und Ihren Mitarbeitern auch weiterhin große Erfolge bei der weiteren Entwicklung der Quantenelektronik.

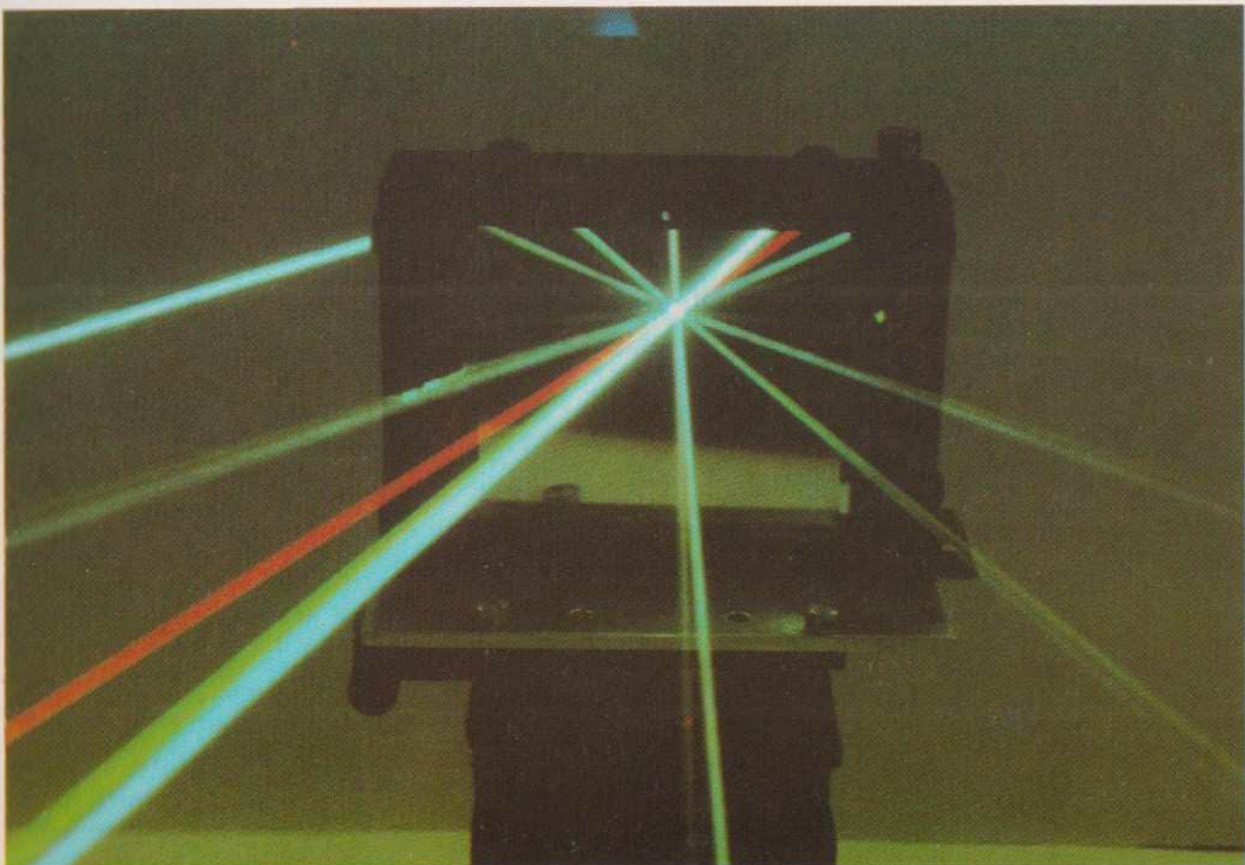


LASER



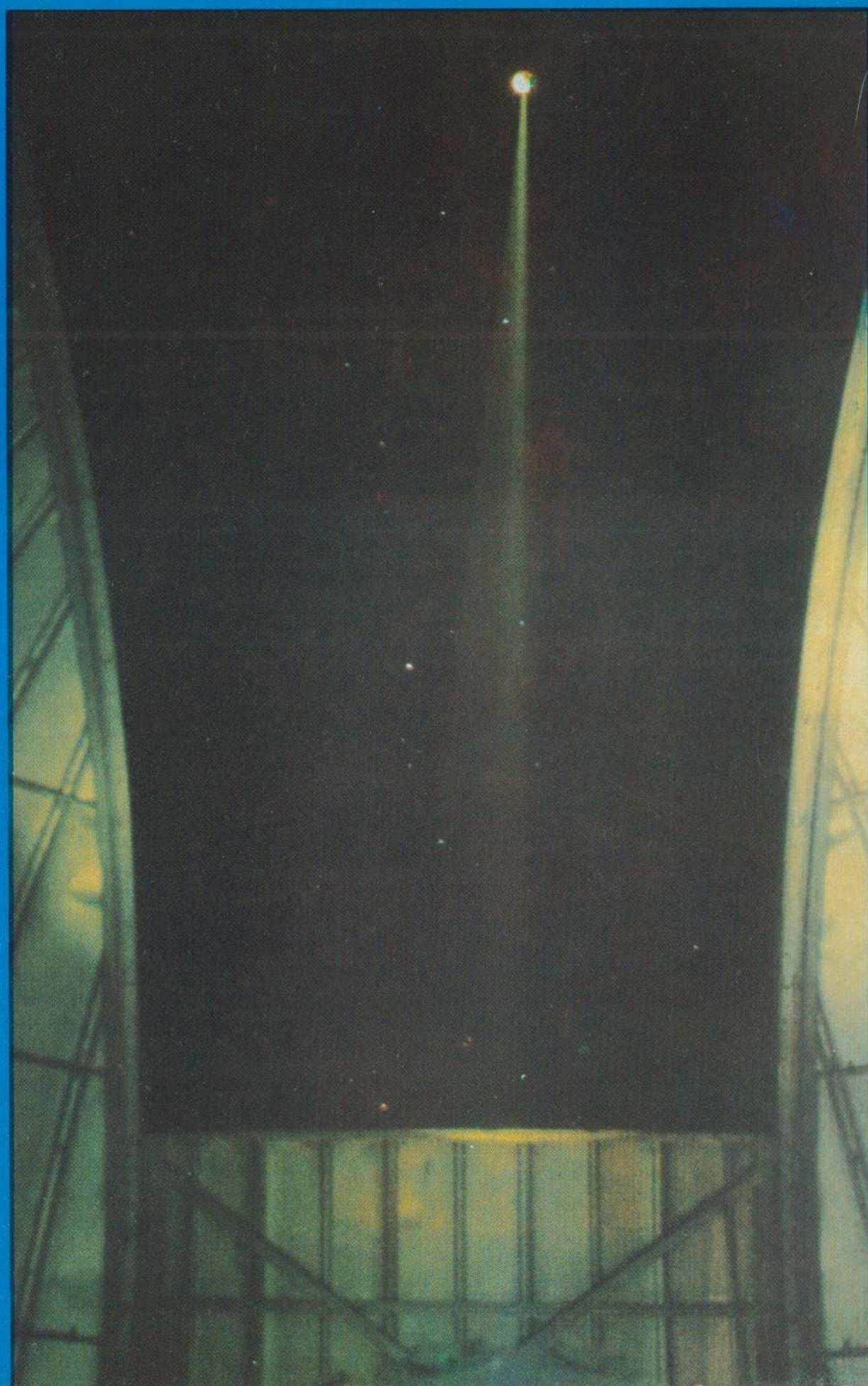


Farbstofflaser



Spektralzerlegung eines Mischgaslaserstrahls durch ein Gitter. Im Bild sind der einfallende Strahl (stark weiß), die nullte Beugungsordnung (schwach weiß) und die ersten Ordnungen (grün, rot) zu sehen.

Rückseite: Laserimpulse in Richtung Mond verlassen das Observatorium auf dem Mount Haleakala (Hawaii-Insel Maui)



68

Impuls

Schülerzeitschrift für

PHYSIK · CHEMIE · BIOLOGIE

4/85

INDEX 322004

ISSN 0232-9220

PREIS 60 Pf. 19. Jg.

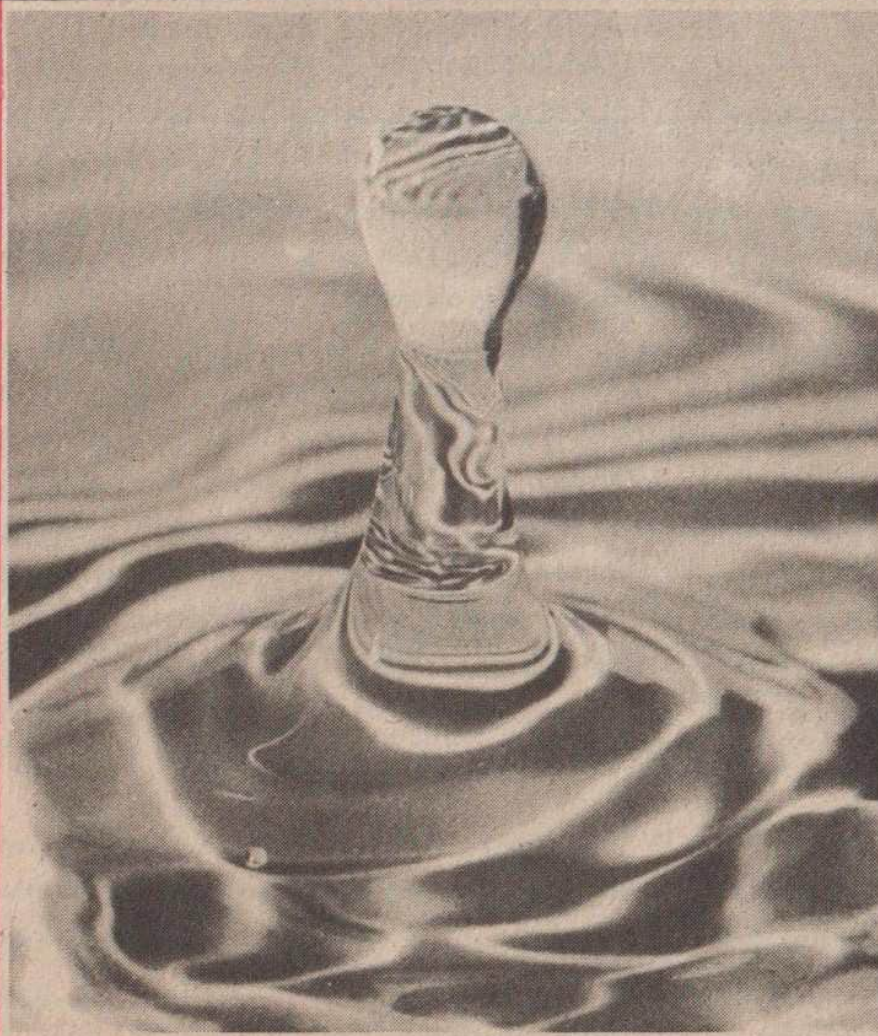
Laser in der
Medizin



Laser,
Gravitation
und
Astrophysik



Unsere
Physik-
aufgabe



Jahrestagung
der
Physikalischen
Gesellschaft

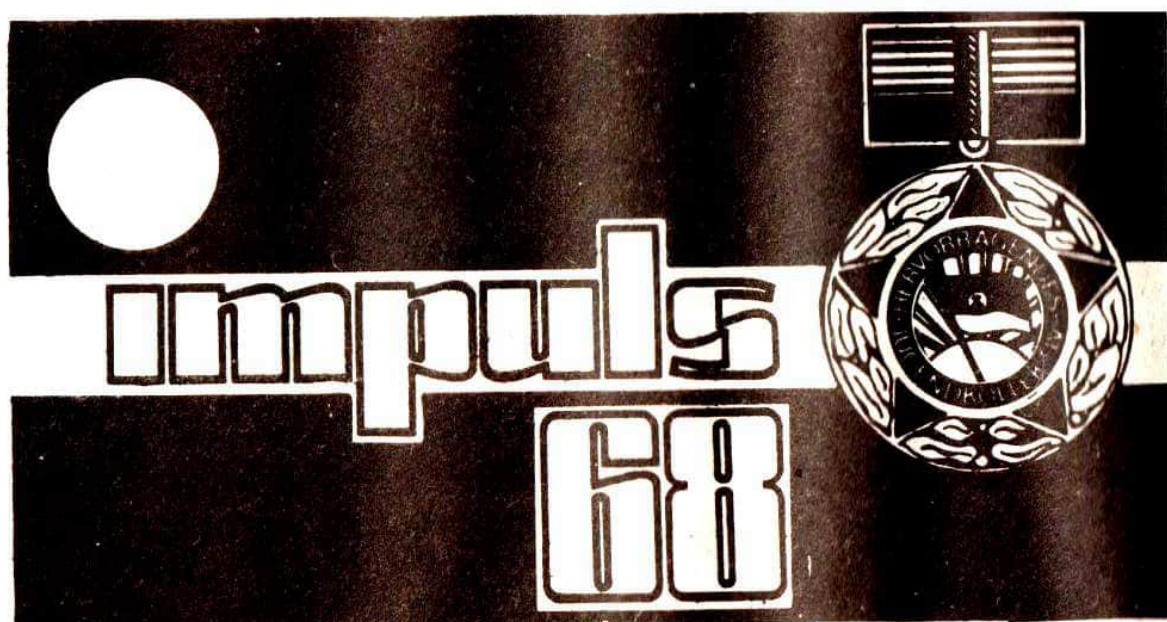


Titelbild:
Sekundär-
tropfen
und Tropfen-
aufschlag
auf Wasser-
oberfläche

Foto: Karuso

Dipl.-Ing. G. Bläschke

Mikroelektronik – leichtverständlich
Das Mikroprozessorsystem U 880
(Teil 1)



			Seite
Peter Kroll	Von Teufelssternen und Leuchttürmen	ASTRO	3
Jürgen Schwarz	Laser in der Medizin – Neue Chancen im Kampf gegen den Krebs	PHY	12
Dr. Bringfried Stecklum	Laser, Gravitation und Astrophysik	ASTRO	18
Dipl.-Ing. G. Bläsche	Mikroelektronik – leichtverständlich Das Mikroprozessorsystem U 880 (Teil 1)		27
	Unsere Physikaufgabe		41
Alexander Niehardt	Jahreshaupt- und Schultagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR 1985		42
	MOSAİK		47

impuls 68 – SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

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

Die Zeitschrift erscheint im Eigenverlag der Redaktion „impuls 68“

Anschrift der Redaktion: 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1, Telefon 2 71 22/2 17

Veröffentlicht unter der Lizenznummer 1570 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.

Erscheinungsweise: zweimonatlich

Heftpreis: –,60 M

Bezugsmöglichkeiten: durch den Postzeitungsvertrieb

Satz und Rollenoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, AN (EDV) 13228

REDAKTION:

Chefredakteur: Dr. Bringfried Stecklum, stellv. Chefredakteur: Dipl.-Phys. Michael Kaschke.
Redaktionsmitglieder: Dr. Rosemarie Hild, Dr. Roland Colditz, Dr. Jürgen Sauerstein, Dipl.-Chem. Gabi Welsch, Elke Schönheinz, Silvia Butters, Antje Schlegel, Petra Richter, Stefan Winter, Peter Kroll, Alexander Niehardt

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

Gestaltung: Butters, Richter, Niehardt, Winter Kroll

Redaktionsschluß: 24. 5. 1985

Peter Kroll
2. Studienjahr Physik
FSU Jena

Von Teufelssternen und Leuchttürmen

ASTRO

Die alten Araber waren bekanntlich sehr gute Kenner des gestirnten Himmels, wovon viele Sternennamen zeugen, und so blieb es ihnen auch nicht verborgen, daß sich neben den Wandelsternen, den Planeten, auch einige andere Objekte recht eigenartig gebärdeten. So wurde zum Beispiel ein gewisser Stern im Bild des Perseus in manchen Nächten für einige Stunden etwas schwächer. Wer konnte anderes dahinterstecken als der Teufel persönlich. Unter dem Namen "Algol" oder arabisch "ra's al ghul", svw. "Teufelskopf" war er fortan bekannt. Heute trägt er die Bezeichnung β Persei (Stern beta des Sternbildes Perseus).

Mitte des vergangenen Jahrhunderts waren 17 Sterne bekannt, die keine konstante Helligkeit aufweisen: die sogenannten "Veränderlichen Sterne", oder kurz "Veränderliche".

Etwa zur gleichen Zeit und in den nachfolgenden Jahrzehnten stellten einige größere Sternwarten der Welt umfangreiche Kataloge und Sternkarten auf. Mit ihrer Hilfe konnten viele weitere ähnliche Objekte gefunden werden. Ihre Zahl wuchs sehr rasch. Bereits fünfzig Jahre später, also zu Beginn unseres Jahrhunderts, kannte man etwa 500 Veränderliche und wiederum fünfzig Jahre später waren rund 11000 Veränderliche in den Katalogen verzeichnet. Heute ist ihre Zahl auf ca. 30000 angewachsen. Darüberhinaus existiert ein Katalog von Sternen, die man der Veränderlichkeit verdächtigt bzw. deren Typus unbekannt ist. Er enthält knapp 11000 Objekte.

Wie kam es dazu, daß diese Anzahl so rasch in die Höhe schnellte? Vor allem der aufkommenden Fotografie zu Beginn unseres Jahrhunderts und ihr erfolgreicher Einsatz in der Astronomie ist dieser Umstand zu verdanken. Fotografiert man nämlich ein- und dasselbe Gebiet am Sternenhimmel zu verschiedenen Zeiten (einige Tage bis Wochen Differenz) und bringt man anschließend die eine

Fotoplatte als Negativ mit der Positivkopie der anderen zur Deckung, so löschen sich alle Sterne, deren Helligkeit konstant geblieben ist, aus. Lediglich ein veränderliches Objekt, welches zu beiden Zeiten unterschiedlich hell war und somit nicht das gleiche Schwärzungsscheibchen auf der Platte hinterlassen hat, fällt durch ein besonders hellen oder dunklen Fleck auf.

In der Forschung hat sich noch ein anderes Suchverfahren durchgesetzt. Man benutzt hierbei die Originalplatten und setzt sie in einen sogenannten Blinkkomparator ein. Dieses Gerät bringt über ein Prismensystem die Bilder der beiden Fotoplatten optisch zur Deckung. Abwechselnd wird nun bald die eine, bald die andere Platte betrachtet. Ein Veränderlicher Stern fällt dann durch ein eigentümliches Blinken auf. Man sieht ihn mal groß, mal klein.

Meist genügen für eine sichere Entdeckung nicht nur zwei Fotoplatten. Es kann ja vorkommen, daß ein veränderliches Objekt zur Zeit der beiden Aufnahmen die gleiche Helligkeit gehabt hat, und damit entgeht er dem Beobachter. Da der Astronom das aber vorher nicht wissen kann, werden von einem Sternfeld gleich mehrere Aufnahmen gemacht, die anschließend miteinander verglichen werden. Auf manchen Sternfeldaufnahmen wurden bis zu einhundert Veränderliche entdeckt.

Da im Laufe der Zeit die Empfindlichkeit der Fotoplatten immer weiter erhöht werden konnte und man immer größere Fernrohre und spezielle Kameras einsetzte, wuchs die Zahl der fotografisch beobachtbaren Sterne in die Millionen und Milliarden. Doch selbst in der heutigen Zeit kommt es hin und wieder vor, daß Veränderliche Sterne visuell entdeckt werden.

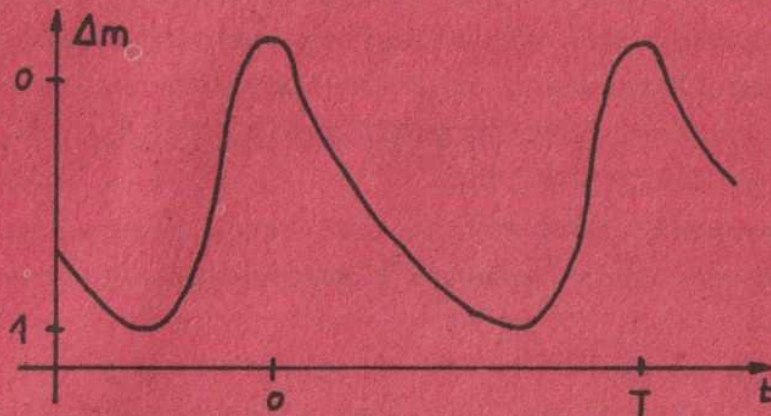
Die Veränderlichenforschung wurde äußerst unvollständig beschrieben sein, bliebe man nur bei den Entdeckungsraten stehen. Recht bald begann man sich zu fragen, welcher Natur diese Objekte sind.

Um diesen Sachverhalt klären zu können, muß man den Stern intensiv über einige Wochen, Monate oder sogar Jahre hinweg beobachten. Das kann wiederum auf fotografischen Wege erfolgen oder auch visuell, da man nun schon weiß, wo sich das veränderliche Objekt befindet. Wird die Helligkeit über der Zeit in ein Diagramm eingetragen, so gelangt man zur Lichtkurve des Veränderlichen Sterns. Diese Lichtkurve entscheidet darüber, welcher Typ von Veränderlichkeit vorliegt.

Das erste Diagramm der nachfolgenden Abbildung 1 zeigt die Kurve

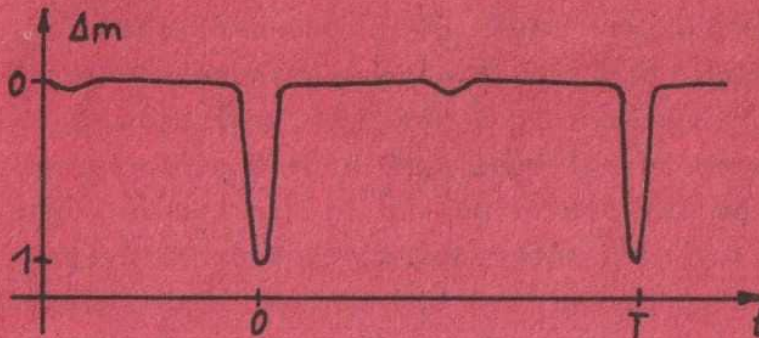
eines Sterns vom Typ "Algol". Der eingangs erwähnte Stern stellt in der Veränderlichenforschung einen Prototyp dar, was weiter unten ausführlicher geschildert wird.

Das zweite Bild stellt die Veränderlichkeit des Sternes δ Cep (delta Cephei) dar. Auch er ist ein Prototyp einer Klasse von Veränderlichen Sternen.



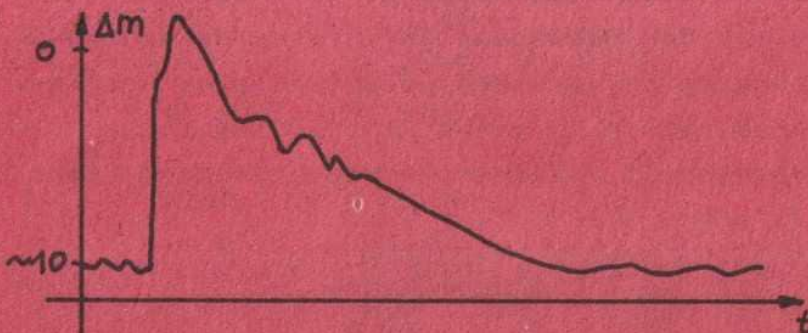
Lichtkurve eines δ -Cephei-Sterns

($T = 2^d \dots 14^d$)



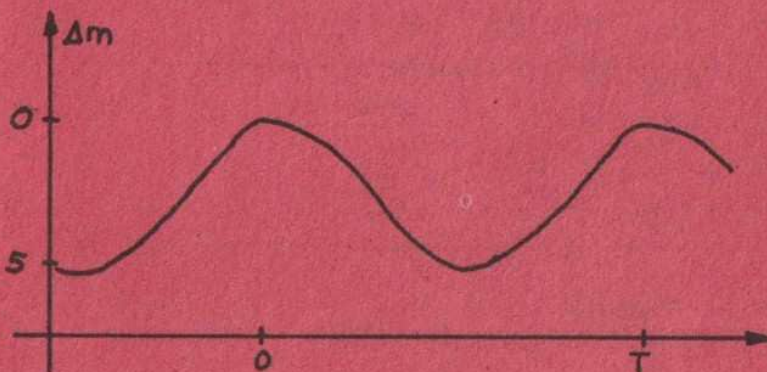
Lichtkurve eines Algol-Sterns

($T = 0.2^d \dots 10\,000^d$)



Lichtkurve einer Nova

(Gesamtdauer etwa ein Jahr)



Lichtkurve eines Miras Sterns

($T = 100^d \dots 600^d$)

Abbildung 1

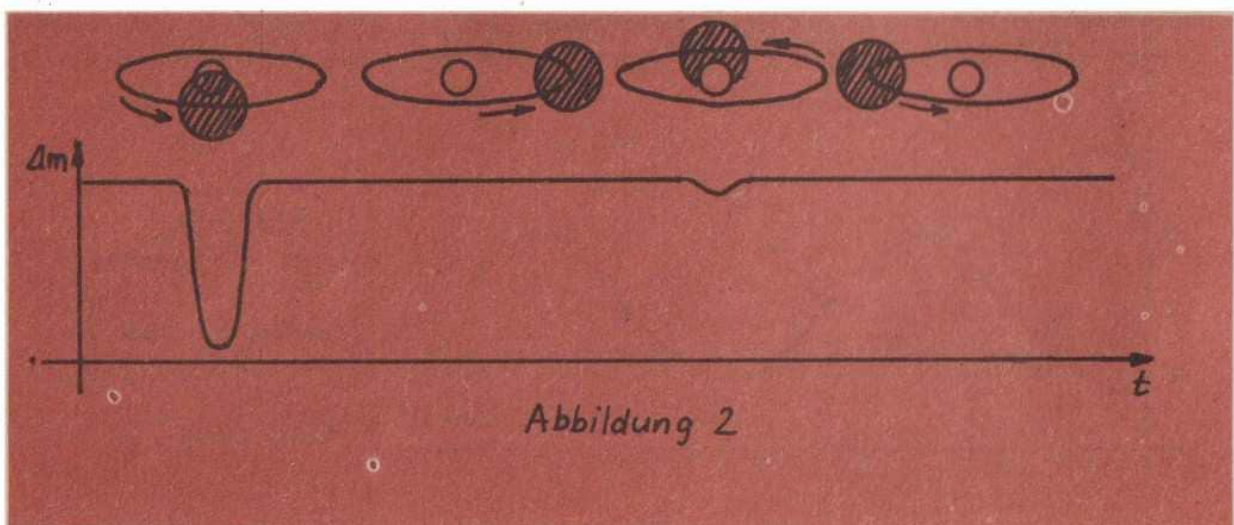
Das dritte Diagramm zeigt die typische Lichtkurve einer Nova und das vierte die eines sogenannten Mirasterns.

"Nova" heißt "neuer Stern", was mit seinem plötzlichen Auftauchen zu tun hat. Beobachtet man eine Nova oder sogar eine Supernova, dann zeigen diese Ereignisse das Ende der Sternentwicklung an. Die Ausschöpfung der Energiequellen eines massereichen Sterns führt zu einer Supernovaexplosion, in deren Folge ein Neutronenstern oder möglicherweise ein Schwarzes Loch entsteht. Das Ende eines massearmen Sterns, der zu einem Doppelsternsystem gehört, wird als Nova sichtbar. Die Sternhelligkeit erhöht sich bei der Explosion auf das Millionenfache.

Als Mirasterne werden veränderliche Rote Riesensterne bezeichnet, die mit einer Periode um ein Jahr einen sehr ausgeprägten Lichtwechsel zeigen.

Mit den Sternen Algol und δ Cephei haben wir gleich zwei prinzipielle Arten von Veränderlichen vor uns. Man unterscheidet die Bedeckungsveränderlichen und die physischen Veränderlichen. Bei den ersten handelt es sich um einen rein geometrischen Effekt, während die δ Cephei-Sterne wirkliche Veränderliche sind.

Die Algol-Lichtkurve kann man auf eine verblüffend einfache Weise erklären. Wir haben es bei diesem Objekt in Wirklichkeit mit einem Doppelsternsystem zu tun. Unter dem Einfluß der Gravitation bewegen sich beide Sterne um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Daran ist nichts Besonderes. Wenn jedoch zufällig unsere Blickrichtung auf das System mit der Bahnebene der Sterne nahezu zusammenfällt, dann kommt es nach jedem Bahnlauf zu einer gegenseitigen Bedeckung, gewissermaßen zu einer Finsternis. In der Abbildung 2 ist der Zusammenhang zwischen Bahnbewegung und Lichtkurve dargestellt.



Wir können folgendes ablesen: Ein heller Hauptstern wird von einem größeren, aber schwachleuchtenden Begleiter umkreist. Es kommt dabei nicht nur zu einer Bedeckung des hellen Sterns - man beobachtet das Hauptmaximum - sondern auch zu einer teilweisen Abschattung der schwachen Komponente nach einem halben Bahn-umlauf, was sich durch das kleine Nebenmaximum äußert.

Die relativen Größenverhältnisse eines Bedeckungssystems lassen sich vollkommen aus der Lichtkurve berechnen.

Daß es sich wirklich um einen Doppelstern handelt, kann man mittels spektroskopischer Analyse des Sternlichtes bestätigen. Die Sterne stehen so "eng" beieinander, daß sie bei der ungeheuren Entfernung nicht mehr getrennt wahrgenommen werden können. Jedoch zeigt eine Spektralaufnahme die Linienprofile der beiden Komponenten und zudem eine zeitlich veränderliche Verschiebung der Linien infolge des Dopplereffektes, der durch die Umlaufbewegung zustandekommt. Übrigens nennt man Sterne, die nur auf diesem Wege ihren Doppelcharakter enthüllen, auch spektroskopische Doppelsterne.

Gegenwärtig kennt man rund 5000 Bedeckungsveränderliche und in dieser großen Menge kann man wieder typische Untergruppen finden.

Es kann z.B. passieren, daß die Komponenten sehr nahe beieinander stehen, so daß sich die Sternatmosphären gegenseitig berühren, ja sogar ein Materieaustausch stattfindet, und die Sterne selbst infolge der gegenseitigen Anziehung elliptisch verformt werden. Es findet fast ständig eine teilweise gegenseitige Bedeckung statt. Man "sieht" die Sterne nur dann im hellsten Licht, wenn sie bezüglich unserer Blickrichtung genau nebeneinander stehen. So beobachtet man bei dem Stern β Lyrae die folgende Lichtkurve.

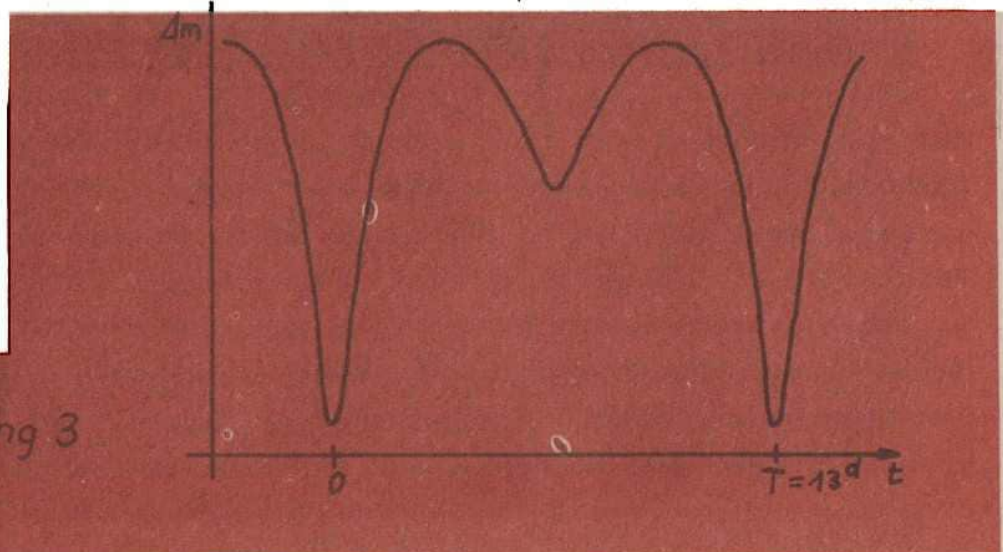
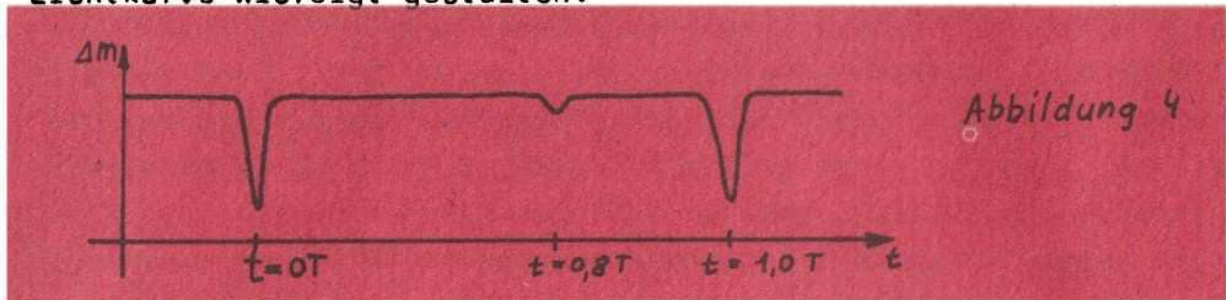
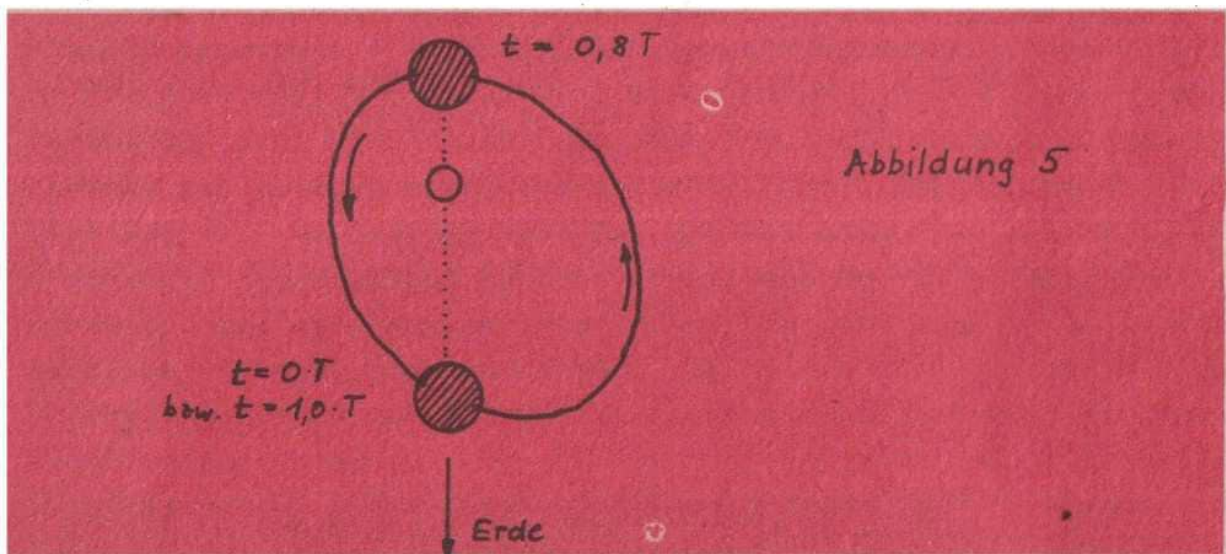


Abbildung 3

Für die weitentfernten Sterne gilt das Newtonsche Gravitationsgesetz in gleicher Weise wie für unser Sonnensystem. Infolgedessen bewegen sich auch die Doppelsterne auf Ellipsenbahnen umeinander. Mitunter kommt es vor, daß diese Ellipse sehr langgestreckt sein kann. Erweist sich der Doppelstern zudem noch als Bedeckungsveränderlicher, dann kann sich unter Umständen die Lichtkurve wie folgt gestalten:



Das Nebenminimum wird also nicht zur Zeit des halben Umlaufs beobachtet, sondern später. Die Bahnkurve läßt sich daraus folgendermaßen ableiten:



Man spricht in diesen Fall von einem verschobenen Nebenminimum. Darüberhinaus kann es in solchen Fällen zu anderen Prozessen kommen. Immer dann, wenn die umlaufende Komponente in die Nähe des Zentralsterns gelangt, treten verschiedene Wechselwirkungen zwischen den Sternen auf, die sich z.B. durch Strahlungs- oder Materieausbrüche äußern können. Auch kann eine der beiden Komponenten selbst noch ein physischer veränderlicher sein. Der Lichtkurve des Bedeckungssystems ist dann ein weiterer Licht-

wechsel überlagert.

Wie oben schon erwähnt, besteht die zweite prinzipielle Ursache für die photometrische Veränderlichkeit in der physischen Variabilität des Sterns.

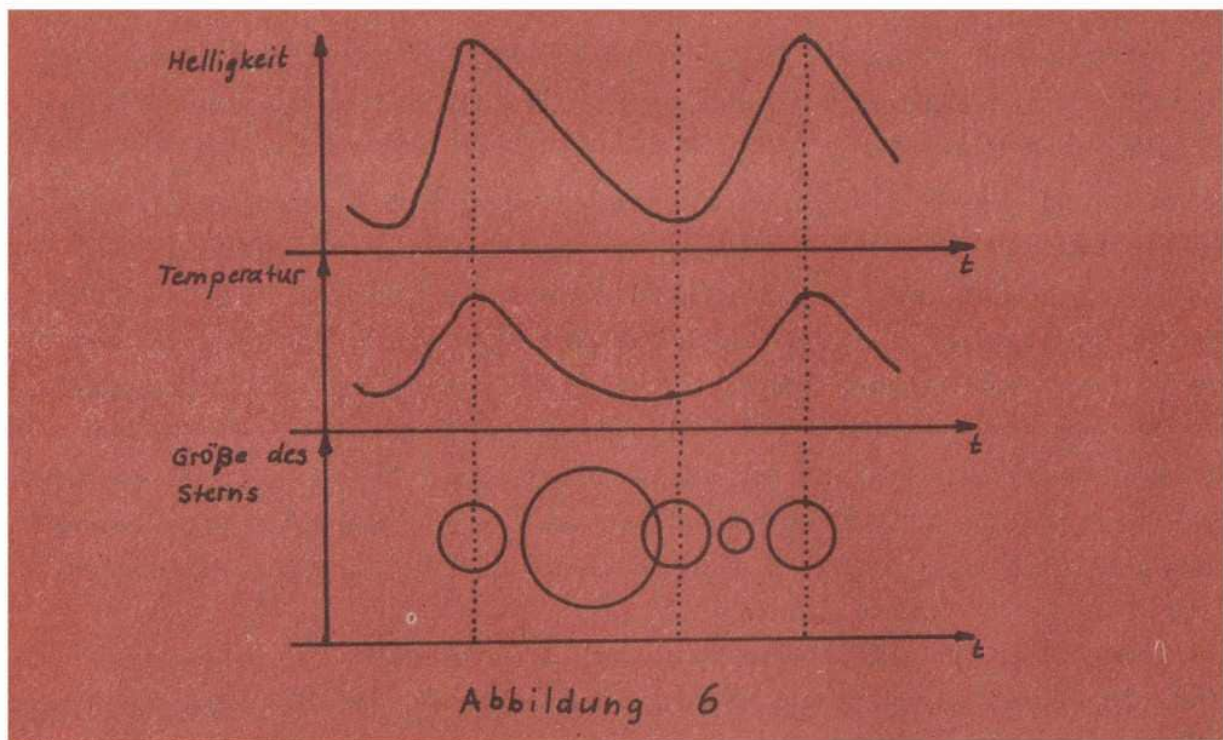
Eine recht große Gruppe unter diesen sind die δ -Cephei-Sterne, deren typische Lichtkurve schon in Abbildung 1 vorgestellt wurde. Man spricht auch von Pulsationsveränderlichen. Das hat folgende Bewandnis. δ -Cephei-Sterne erzeugen ihre Energie im Innern nicht wie unsere Sonne durch die Umwandlung von Wasserstoff in Helium. Der Wasserstoff im Kern ist schon völlig in Helium umgewandelt worden, und es hat bereits die Fusion von Helium in Kohlenstoff begonnen, die wiederum mit einer Energiefreisetzung verbunden ist. Es handelt sich also um Sterne in recht fortgeschrittenem Entwicklungsstadium.

Nun passiert es, daß durch Druckschwankungen in den äußeren Schichten des Sterns das Absorptionsvermögen der Materie ansteigt. Es wird also weniger Strahlung nach außen hindurchgelassen und das betreffende Gebiet heizt sich auf. Dadurch steigen Druck und Temperatur, wodurch es zu einer Expansion kommt. Damit sinkt das Absorptionsvermögen wieder, und es kann mehr Strahlung nach außen gelangen. Das hat aber wiederum eine Abkühlung zur Folge, wodurch die Expansion in eine Kontraktion übergeht. Das Absorptionsvermögen steigt wieder, der Prozeß beginnt von neuem.

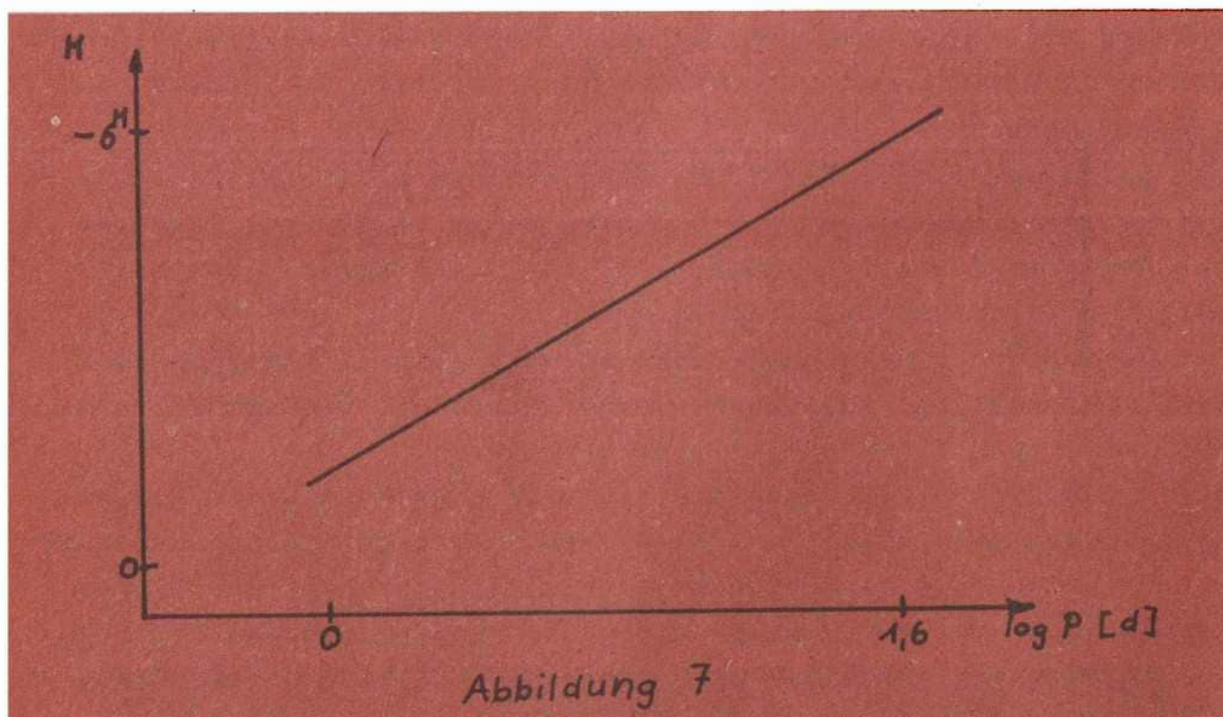
Von außen macht sich dieser Prozeß in einem abwechselnden Aufblähen und Zusammenziehen des Sterns sowie in der Helligkeits- und Temperaturvariation bemerkbar. Der Stern schwingt um einen Gleichgewichtszustand, er pulsiert.

Die Perioden der Helligkeitsänderung werden im allgemeinen sehr genau eingehalten. Aus diesem Grund werden die δ -Cephei-Sterne auch als Leuchttürme des Alls bezeichnet.

Für die Astronomie spielen diese Sterne eine sehr große Rolle. Sie gehören nämlich mit zu den absolut hellsten Sternen und können daher über weite Entfernungen hinweg beobachtet werden. So hat man z.B. die Randpartien des großen Andromedanebels M 31 in Einzelsterne aufgelöst und dort δ -Cephei-Sterne gefunden. Diese Sterne haben nun eine interessante Eigenschaft. Der Logarithmus ihrer Pulsationsperiode steht in linearem Zusammenhang mit der absoluten Helligkeit. Je länger die Periodendauer ist, desto heller ist der Stern.



Mittels anderer Methoden der Ernfernungsbestimmung von δ -Cephei-Sternen, die sich in relativ nahen Sternhaufen oder Assoziationen befinden, konnte die Kurve (Abb.7) geeicht werden. Nun kennt man für eine vorgegebene Periode die absolute Helligkeit.



Wollte man beispielsweise die Entfernung zum Andromedanebel bestimmen, so müßte man sich einen δ -Cephei-Stern heraussuchen, ihn geraume Zeit beobachten und die Periodenlänge bestimmen.

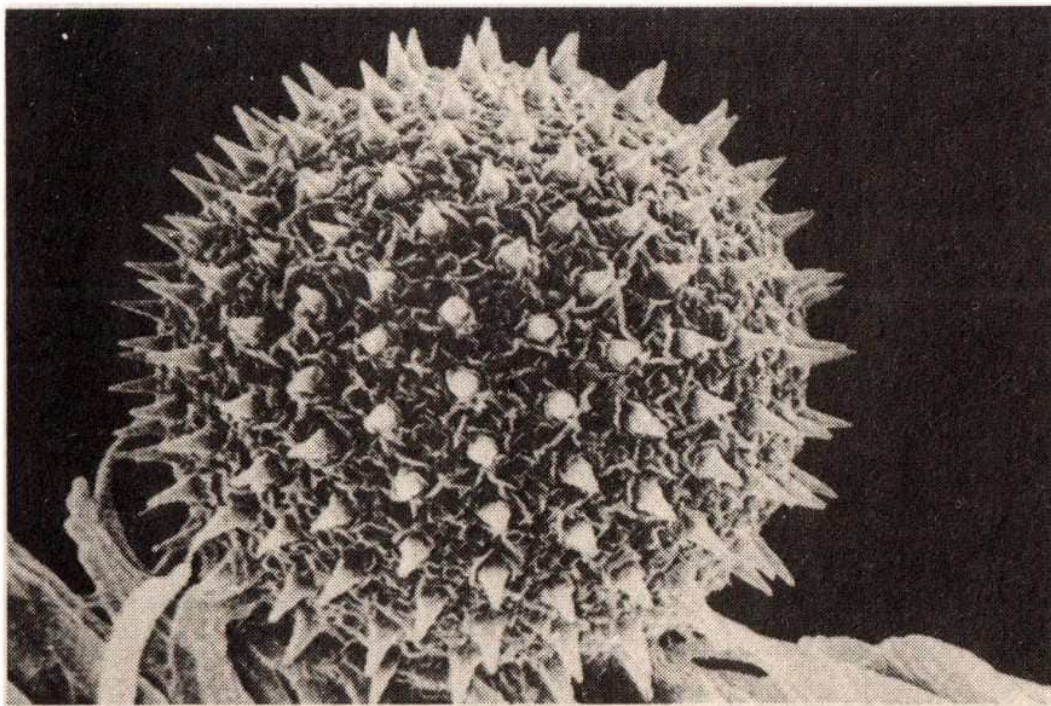
(In diesem konkreten Fall bräuchte man natürlich ein ziemlich leistungsfähiges Fernrohr.) Mit der Periodenlänge kennen wir automatisch die absolute Helligkeit M . Die scheinbare Helligkeit m ist ebenfalls meßbar. Über die Beziehung

$$m - M = 5 \log r - 5$$

kann der Abstand r in Parsec berechnet werden.

In der Realität muß man noch beachten, daß es mehrere verwandte Gruppen von δ -Cephei-Sternen gibt und diese eine jeweils verschobene Perioden-Helligkeits-Beziehung aufweisen. Das Verfahren ist also für einen Einzelfall nicht hundertprozentig sicher.

Einige andere Typen von Veränderlichen sollen in einem späteren Beitrag behandelt werden.



Pollenkorn einer Steckrose, ϕ 120 μ m, elektronenmikroskopische Aufnahme aus: „Die Naturwissenschaften“

Erst 25 Jahre ist es her, daß der erste Laser gebaut wurde. Seitdem hat diese Lichtquelle durch die hervorragenden Eigenschaften ihrer Ausgangsstrahlung Einzug gehalten in alle Bereiche der Naturwissenschaft und Technik. Die Besonderheiten der Laserstrahlung sind aber gerade für die Humanmedizin von großem Interesse. Sie ermöglichen eine vielseitige Anwendung der Laser in der medizinischen Diagnostik und Therapie. Der vorliegende Artikel beschäftigt sich unter diesem Aspekt mit den wichtigsten Einsatzmöglichkeiten verschiedener Lasertypen für diagnostische und therapeutische Methoden in der Medizin, die in allgemeinverständlicher Form behandelt werden sollen.

Die besondere Bedeutung des Lasers für die Medizin liegt vor allem da, wo es auf chirurgische Feinarbeit ankommt. Seine Anwendungsgebiete reichen heute von der kosmetischen Operation über Gehirnoperationen bis hin zur Krebsfrüherkennung und -behandlung! - Selten hat eine grundlegende, neue Technik so schnell Einzug in das altehrwürdige Gebäude der Heilkunde gehalten wie der LASER. Der Grund dafür ist vor allem in drei wichtigen Eigenschaften der Laserstrahlung zu suchen, die sie von gewöhnlichen oder natürlichen Lichtquellen unterscheiden:

1. Natürliches Licht besteht aus einem Gemisch vieler Lichtfarben, unterschiedlicher Wellenlänge; Laserlicht ist streng einfarbig, man spricht von monochromatischem Licht.
2. Aufgrund des Erzeugungsmechanismus ist Laserlicht nahezu parallel. Die Aufweitung eines Laserlichtbündels ist selbst über große Entfernungen sehr gering (äußerst geringe Divergenz).
3. Selbst der unfokussierte Strahl des Lasers weist so hohe Leistungsdichten auf, wie man sie von natürlichem Licht nicht kannte.

Neben der Leistung ist die Farbe des Laserlichtes oder seine

Wellenlänge entscheidend dafür, welcher Lasertyp für eine bestimmte Anwendung geeignet ist. Zuvor müssen jedoch einige wichtige Fragen beantwortet werden.

- Ist die Lasermethode effektiver oder risikoärmer als konventionelle medizinische Techniken?
- Sind früher oder später Folgeschäden durch die Laserstrahlung zu befürchten?
- Ist der z.Zt. noch hohe materiell-technische Aufwand durch einen entsprechenden Heilerfolg gerechtfertigt?

Es liegt auf der Hand, daß diese Fragen und eine ganze Reihe damit zusammenhängender Probleme nur in einer engen, kritischen und kreativen Zusammenarbeit von Medizinern und Laserphysikern geklärt werden können.

Eindeutig positive Antworten existieren zu Laseranwendungen in der Augenheilkunde. Heute ist die Behandlung der beginnenden Netzhautablösung des menschlichen Auges (Ablatio retinae) mit Laserstrahlen ein Routineverfahren. Die Ablösung der Netzhaut von der inneren Rückwand des Augapfels hatte bis dahin eine allmähliche Erblindung zur Folge, da die abgelöste und vorgewölbte Netzhaut nicht mehr im Fokussierungsbereich der Augenlinse liegt und ihre Lichtempfindlichkeit verliert.

Um dies zu verhindern, "schweißt" man die Netzhaut an der hinteren Augenwand punktweise an. Zu diesem Zweck wird der Laserstrahl, der sich viel besser als gewöhnliches Licht fokussieren läßt, durch die Linse und den Glaskörper des menschlichen Auges hindurch so auf die Netzhaut abgebildet, daß der Brennpunkt unmittelbar hinter der Netzhaut entsteht. Die im Brennfleck erzeugte Wärme wird so bemessen, daß sie das Gewebe schmelzen (koagulieren) läßt, wodurch sich die Netzhaut wieder mit der dahinter liegenden Augenwand verbindet. Dabei bleibt die lichtempfindliche Netzhaut des Auges unversehrt. Mit Hilfe dieser Lasermethode konnte schon sehr vielen Patienten das Sehvermögen erhalten werden.

In der Regel absorbieren farbige Objekte am stärksten Licht ihrer Komplementärfarbe. Man wählt deshalb den geeignetsten Lasertyp entsprechend seiner Lichtwellenlänge dafür aus. So wird der rötliche Augenhintergrund mit dem grünen Strahl des Argonlasers behandelt. Derselbe Strahl wird auch eingesetzt,

um Blutungen im Bereich des Magens zu stillen oder um sogenannte Blutschwämmchen (Hämangiome) der Haut zu veröden. Überhaupt ist der Laser das ideale Werkzeug in der Hand des Hautarztes. Er hilft Muttermale, störende Pigmentflecke oder kleine Geschwülste zu beseitigen. Der gut dosierte Argonlaserstrahl zerstört nur das dunkler gefärbte Gewebe und läßt die angrenzenden Bereiche unverletzt. Entsprechend kleiner bleiben die späteren Narben. Mit dem Laser kann man die oberen Schichten eines Hautmales durch wiederholtes Bestrahlen schrittweise ausbrennen (kauterisieren). Die nachwachsende Haut ist von normaler Pigmentierung. Sehr lang andauernde Heilungsprozesse der Haut lassen sich mittels Bestrahlungen aus energieschwächeren im roten Spektralbereich emittierenden Helium-Neon-Lasern (oder Helium-Kadmium-Lasern) beschleunigen. Vermutlich fördert das milde Laserlicht die Synthese von Eiweißkollagen und regt damit die Bildung von Bindegewebe an.

Als chirurgisches Messer hat der Laser in mehrfacher Hinsicht große Bedeutung. Hinerbei spielen besonders die durch Fokussierung erreichbaren hohen Leistungsdichten im Brennfleck der Laserstrahlung eine Rolle. Von besonderem Vorteil ist, daß der Chirurg mit dem Laserskalpell vollkommen berührungsfrei arbeiten kann, wodurch das Verschleppen von Krankheitserregern in die Operationswunde weitestgehend vermieden wird. Noch wichtiger jedoch ist der Effekt, daß das beim Durchtrennen von kleineren Blutgefäßen austretende Blut durch die Laserstrahlung sofort gerinnt und somit die entstandenen Gefäßöffnungen verschließt. Dadurch verlaufen Operationen mit dem Laser weniger blutig. Während auf diese Weise Blutgefäße bis zu einem Durchmesser von ca. 1 mm unmittelbar beim Schneiden verschlossen werden, müssen Blutungen größerer Gefäße noch auf herkömmliche Weise unterbunden werden. Damit bietet sich das Laserskalpell besonders für Operationen stark durchbluteter Gewebe und Organe (Leber, Niere, Lunge) an.

Die geringen Eindringtiefen der Laserstrahlung ermöglichen einerseits eine sehr präzise und saubere Schnittführung, andererseits bedingen sie Zeiten die 2-3 mal länger sind als beim heute üblichen elektrischen Skalpell (HF-Messer). Man erreicht mit der Wellenlänge von $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$ das CO_2 -Lasers

Eindringtiefen in der Größenordnung von $\approx 100\text{ }\mu\text{m}$. Dagegen erzielt man mit der Emissionswellenlänge des Neodym-Lasers von $\lambda = 1,06\text{ }\mu\text{m}$ Eindringtiefen von etwa 1 mm. Einige wenige mm tief dringt die Strahlung des Farbstofflasers ($\lambda = 0,600\text{ }\mu\text{m}$) oder die des Argonlasers ($\lambda = 488\text{ nm}$ oder $\lambda = 514\text{ nm}$) in Gewebeschichten ein.

Gegenüber den anderen Lasertypen hat der CO_2 -Laser (bedingt durch die große Wellenlänge seiner Strahlung) den Nachteil, daß sein Infrarotlicht nicht durch flexible Lichtleiter transportiert werden kann, da die Energieverluste viel zu groß wären. Solche Lichtleiter sind aber für die Medizin von großem Interesse, da sie für die Untersuchung und Behandlung von Hohlorganen (Magen-Darm-Kanal, Blase, Lunge, Gebärmutter, Eileiter) von außerordentlicher Bedeutung sind. Bisher benötigt man für den CO_2 -Laser sperrige Spiegel-Umlenksysteme, um den Laserstrahl an die Operationsstelle zu bringen. Dagegen ist der "Transport" des Lichtes vom Nd:YAG-Laser in Quarzfasern gut möglich, ebenso wie beim Argon- und Farbstofflaser. Diese Laser bilden in Verbindung mit Glasfaser-Optiken und Endoskopen ein ideales Werkzeug für sonst nur sehr schwer zugängliche Stellen des menschlichen Körpers. Von Nachteil ist, daß sich die Mediziner beim Hantieren mit dem Laser durch Spezialbrillen vor Augenschäden schützen müssen, und daß solche Laser-Apparaturen mit den benötigten Leistungen zur Zeit noch aufwendig und teuer sind. Dies sollte jedoch keine Rolle mehr spielen, wenn sich solche Heilerfolge erzielen lassen, wie sie sich in jüngster Zeit in der Krebsforschung abzeichnen. Man nutzt hierbei die Selektivität der Laserstrahlung für photochemische Prozesse in Verbindung mit einem chemischen Abkömmling des Blutfarbstoffs Hämatoporphyrin aus. Das Derivat dieses Blutfarbstoffes, kurz HPD genannt, hat die Eigenschaft, länger im Tumorgewebe angereichert zu bleiben, als im gesunden Gewebe. Demzufolge ist einige Zeit, nachdem man einem Krebspatienten HPD verabreicht hat, dieses nur noch in den Krebszellen vorhanden. Dies weiß man aus entsprechenden Zelluntersuchungen. Man kann also durch einen Nachweis von HPD Krebs lokalisieren. Dieser Nachweis erfolgt mit Hilfe von Laserstrahlen. Bestrahlt man nämlich krebverdächtige Stellen mit dem blauen Licht eines Krypton-Lasers, dann wird ein Teil dieser

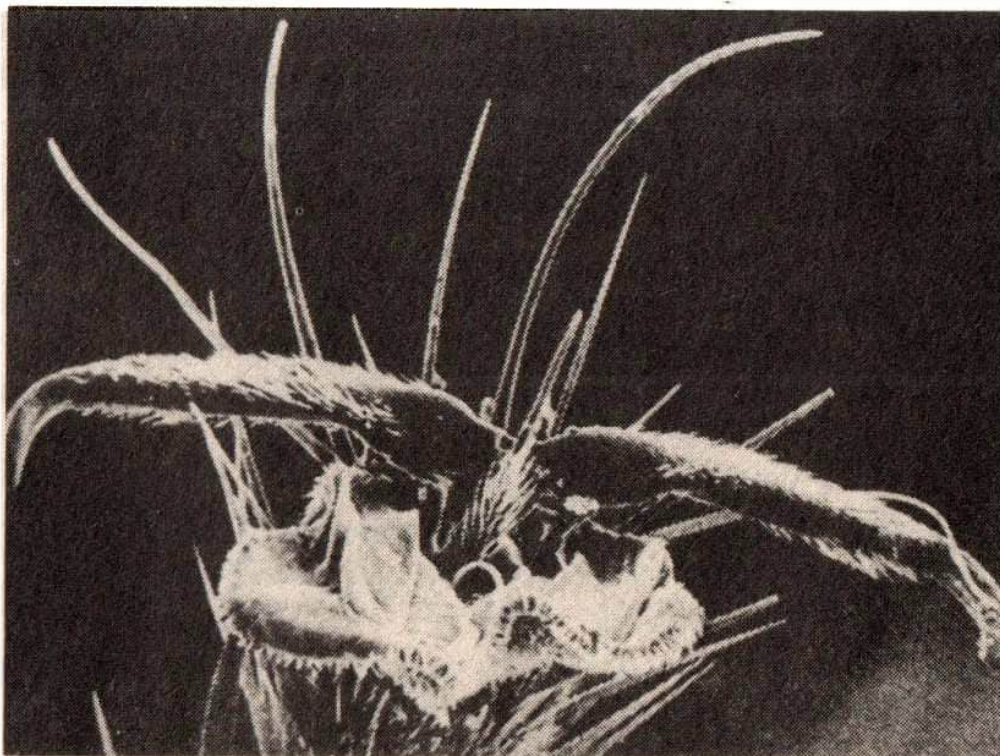
Strahlung vom HPD absorbiert. Die absorbierte Energie regt die HPD-Moleküle an, die diese Anregungsenergie rasch wieder in Form von langwelligerem rotem Fluoreszenzlicht abgeben. Aus der Laser-Spektroskopie kennt man entsprechend empfindliche Methoden, um selbst schwaches Fluoreszenzlicht von HPD noch nachweisen zu können. Auf diese Weise ist es möglich geworden, bereits Krebs zu erkennen, wenn er noch im Entstehen begriffen ist. In der Früherkennung liegt aber nur ein Teil der Bedeutung, die dieser Methode zukommt. Derselbe Farbstoff HPD, dessen Fluoreszenz man für die Diagnose ausnutzt, kann in Verbindung mit einem Farbstofflaser zur Krebstherapie eingesetzt werden. Unter der Einwirkung von rotem Farbstofflaserlicht zerfällt die Substanz HPD und setzt dabei Sauerstoff frei, der die sauerstoffempfindlichen Krebszellen zerstört. Mit dieser Methode sind bereits Tumoren im Mund, am Kehlkopf, in der Speiseröhre und (mit Hilfe von entsprechenden Endoskopen) in der Lunge und in der Harnblase vollständig ausgeheilt worden. Gerade für die Behandlung des Blasenkrebses bietet die HPD-Farbstofflasermethode den Vorteil, daß man Rückfallerkrankungen, die beim Blasentumor besonders häufig sind, vorbeugen kann, indem man die gesamte (zuvor mit HPD behandelte) Blaseninnenwand bestrahlt. Weltweit sind bisher schon über 2000 Patienten erfolgreich mit dieser Methode behandelt worden, ohne daß bisher erneut bei ihnen Blasenkrebs festgestellt werden konnte.

Einschränkend ist zu bemerken, daß diese Lasermethode nur zur Krebsbekämpfung an den äußeren und inneren Körperoberflächen eingesetzt werden kann. Die Eindringtiefen der Strahlung sind für eine Behandlung im Volumen zu gering. Vielleicht können neue Techniken zukünftig auch die Bestrahlung tiefer gelegener Tumoren ermöglichen.

Eine zweite Einschränkung bringt der HPD-Sensibilisatorfarbstoff mit sich. Er macht den gesamten Organismus vorübergehend sehr lichtempfindlich, so daß man die Patienten für die Dauer einiger Tage in abgedunkelten Räumen vor der direkten Tageslichteinwirkung schützen muß. Eines Tages könnten auch hier neue Sensibilisatorfarbstoffe in Verbindung mit anderen Anregungswellenlängen Abhilfe schaffen.

Die Strahlungsquelle Laser eröffnet den Medizinern völlig neue Möglichkeiten für die Diagnose und Therapie in der Mikrochirurgie, in der Neurochirurgie, in der Gefäßchirurgie. Neue Horizonte tun sich auf, wenn man an eine mögliche Verbindung der Lasertechnik und der Mikroelektronik zum Nutzen in der Medizin denkt. Schon heute wird an einer Verkopplung der Computer-Tomographie mit der Lasertechnik bei Gehirnoperationen gearbeitet. Das Ziel dieser Arbeit ist eine völlige Automatisierung solch komplizierter Eingriffe, indem die Stellen für den Laserbeschuß jeweils rechnergestützt erkannt und angesteuert werden. Bis zu einer perfekten Methode ist es aber noch ein weiter Weg. Bis dahin gilt in Abwandlung eines Ausspruchs eines berühmten Neurochirurgen:

"Der Laser ist zwar nicht ein Gerät wie jedes andere auch - er ist aber immer nur so gut wie der Chirurg dahinter!"



Fußspitze einer Stubenfliege
aus: „Die Naturwissenschaften“

1. Einleitung

Die revolutionierende Wirkung des Lasers hat auch die Entwicklung der astronomischen Beobachtungstechnik beeinflusst. Die Anwendung des Lasers in der astronomischen Forschung nimmt weiter zu und ermöglicht dabei völlig neue Beobachtungs- und Auswerteverfahren. In der Radioastronomie erlauben akustooptische Spektrometer, das Radiospektrum kosmischer Quellen im echten Sinne sichtbar zu machen. Zur Auswertung des enormen Informationsgehaltes großflächiger Astro-Photoplatten wurden Photometer entwickelt, bei denen ein Laserstrahl die Platte Punkt für Punkt mit rasanter Geschwindigkeit abtastet. Auf diese und weitere Anwendungsfälle können wir im Rahmen des vorliegenden Beitrages nicht eingehen, sondern beschränken uns auf zwei Beispiele. Sie sollen deutlich machen, wie die Verwendung von Lasern zu quantitativ als auch qualitativ neuartigen Beobachtungen führt und welche Schlußfolgerungen die erhaltenen Resultate erlauben.

2. Laserentfernungsmessung Erde-Mond – Konsequenzen für die Theorie der Gravitation

Schon wenige Tage nachdem am 21.7.1969 die Apollo-Astronauten N. Armstrong und J. Aldrin als erste Menschen auf dem Mond ein Spiegel-Mosaik, zur Erde ausgerichtet, hinterließen, begann eine neue Ära in der Erforschung der Dynamik des Erde-Mond-Systems. Dieses unscheinbare Instrument dient dazu, Laserstrahlung zu reflektieren, die von einem leistungsstarken Impulslaser ausgesandt und mittels eines Teleskops wieder empfangen wird. Am 1.8.1969 wurde der erste Argonlaserimpuls von wenigen Nanosekunden Dauer in Richtung Mare Tranquillitatis gefeuert und nach etwa zwei Sekunden Lichtlaufdauer (ΔT) durch ein spezielles Photometer am 3m-Teleskop des Lick-Observatoriums registriert.

Gemäß der Beziehung

$$r = \frac{c}{2 \Delta T} ,$$

wobei c die Lichtgeschwindigkeit ist, läßt sich aus der Laufzeit die Entfernung zwischen Bodenstation und Laserreflektor berechnen. Das qualitativ Neue dieser Messungen war die vorher unerreichte Genauigkeit der Entfernungsbestimmung von $\pm 0,4$ m, was einem relativen Fehler von 10^{-9} entsprach.

Seitdem wurden durch die folgenden Apollo-Flüge und die beiden sowjetischen Lunochods weitere Laserreflektoren zum Mond gebracht und kontinuierlich zur Entfernungsbestimmung verwendet. Derartige Beobachtungsprogramme werden vor allem am McDonald-Observatorium in den USA und mit Hilfe des 2,6m-Teleskops des Krim-Observatoriums durchgeführt. Die Weiterentwicklung der Beobachtungstechnik wird durch die Tatsache veranschaulicht, daß ab 1981 am McDonald-Observatorium ein Mond- und Satelliten-Beobachtungsteleskop mit 76 cm Öffnung anstelle des früher benutzten 2,7 m-Teleskops Verwendung findet. Man erreicht damit eine mittlere Genauigkeit von $\pm 0,1$ m. Bevor wir auf die Interpretation der Messungen eingehen, sollen noch kurz die Schwierigkeiten dieses Meßverfahrens erwähnt werden. Da ist zunächst der Einfluß der Erdatmosphäre, die den ausgesandten Laserstrahl aufweitet, was dazu führt, daß nur eins von etwa 10^{18} Photonen den Laserreflektor trifft. Kehrt dieses Photon zur Erde zurück, so muß es aus dem durch die Mondhelligkeit verursachten Rauschen "herausgefunden" werden. Dazu dienen kleine Blenden, die bei der Abbildung auf den Empfänger das Gebiet der Mondoberfläche isolieren, in dem der Reflektor installiert ist, und auf die Wellenlänge des Lasers abgestimmte schmale Interferenzfilter ($\Delta\lambda \approx 0,1$ nm). Mittels eines Zeitfilters, das nur für den Zeitraum den Empfänger aktiviert, in dem das Signal erwartet wird, gelingt es dann, die wenigen Photonen des Signals vom Rauschen zu isolieren. Eine statistische Auswertung zeigt die hohe Zuverlässigkeit des Verfahrens, 99 % aller Impulse können sicher identifiziert und zur Entfernungsbestimmung herangezogen werden.

Was läßt sich aus derartigen Beobachtungen ableiten? Eine der wichtigsten Konsequenzen betrifft die Theorie der Schwerkraft, deren allgemein anerkannte Beschreibung durch die Allgemeine Relativitätstheorie auf der Äquivalenz zwischen träger und schwerer Masse beruht.

Das Erde-Mond-System ist als Testobjekt für das Äquivalenzprinzip hervorragend geeignet. Es stellt praktisch ein Eötvös-Experiment im kosmischen Maßstab dar, bei dem zwei Körper (Erde, Mond) an einen dritten (Sonne) gravitativ gebunden sind. Das starke Äquivalenzprinzip fordert, daß auch Körper mit beträchtlicher Eigengravitation (Planeten, Sterne) in einem äußeren Gravitationsfeld wie "normale" Laborkörper beschleunigt werden. Im Einstein'schen Gedankenversuch wäre der frei fallende Kasten so groß zu machen, daß er z.B. die Erde aufnehmen könnte, auf der alle physikalischen Vorgänge unbeeinflusst von der Welt außerhalb des Kastens ablaufen sollten. Neben der Allgemeinen Relativitätstheorie sind eine Reihe konkurrierender Theorien, z.B. die Brans-Dicke-Theorie, ausgearbeitet worden, die allerdings, wie der Physiker Nordtvedt 1968 bemerkte, das starke Äquivalenzprinzip verletzen. Das kommt darin zum Ausdruck, daß diese Theorien Gravitationsbeschleunigungen von großen Körpern in äußeren Gravitationsfeldern vorhersagen, die von der Stärke der Eigengravitation der Körper abhängen (Selbstwechselwirkung der Gravitation). Mit anderen Worten, aufgrund der unterschiedlichen Massen von Erde und Mond sollten beide im Schwerfeld der Sonne unterschiedlich beschleunigt werden. In diesem Falle würde die Mondbahn, die sich aus der Lösung des 3-Körper-Problems ergibt, längs der Achse Sonne-Erde gestreckt werden. Die Brans-Dicke-Theorie sagt eine Streckung von etwa einem Meter voraus, was durch die Laser-Mondentfernungsmessung sicher nachweisbar sein sollte. Nach der Auswertung von sechs Jahren Beobachtungsdauer kamen 1976 zwei unabhängige Wissenschaftlergruppen zu dem Schluß, daß der Nordtvedt-Effekt nicht nachweisbar ist. Die Daten weichen nur um wenige Prozent von den Vorhersagen der Allgemeinen Relativitätstheorie ab. Anders ausgedrückt, trotz ihrer unterschiedlichen Massen fallen Erde und Mond mit derselben Beschleunigung bis auf eine relative Genauigkeit von 7×10^{-12} .

Eine weitere wichtige Aussage betrifft die "Konstanz" der Gravitationskonstanten G . Bei Gültigkeit des starken Äquivalenzprinzips sollte diese tatsächlich konstant sein. Es wurde jedoch vermutet, daß G von der mittleren Massendichte des Universums abhängt und folglich mit der Expansion des Kosmos abnimmt. Die Überprüfung dieser Hypothese anhand der Daten der Laser-Mondentfernungsmessungen ist allerdings schwierig. Eine Abnahme der Gravitationskonstanten bedeutet Abnahme der

Gravitationskraft, was zu einem allmählichen Anwachsen der Entfernung Erde - Mond führen sollte. Tatsächlich gibt es eine derartige Tendenz. Sie wird aber durch eine andere Ursache ausgelöst, und diese muß demzufolge bei der Klärung der Frage, ob G variiert, in Rechnung gestellt werden. Es handelt sich um die Auswirkung der Gezeitenreibung.

Wie bekannt, rufen Mond und in geringerem Maße die Sonne, auf den Ozeanen Flutberge hervor, aber auch der Erdkörper deformiert sich geringfügig. Die Erde dreht sich im Verlaufe eines Tages einmal unter diesen Flutbergen hinweg. Die damit verbundenen Reibungserscheinungen bremsen die Erdrotation und führen zur allmählichen Vergrößerung der Tageslänge ($16 \mu\text{s/a}$). Da der Gesamtdrehimpuls des Erde-Mond-Systems eine Erhaltungsgröße ist, die Erde aber infolge der Gezeitenreibung an Drehimpuls verliert, muß dieser Anteil den Bahndrehimpuls des Mondes erhöhen. Damit vergrößert sich die große Halbachse der Mondbahn jährlich um einen Betrag von $0,03 \text{ m}$. Dieser Effekt läßt sich durch die Verwendung von Laser-Entfernungsdaten über einige Jahre eindeutig nachweisen und quantitativ bestimmen. Die dabei erhaltenen Resultate sind in sehr guter Übereinstimmung mit früher durchgeführten Messungen zur Ermittlung des Einflusses der Gezeitenreibung und geben keine Hinweise darauf, daß die Gravitationskonstante jährlich um mehr als einen Anteil von 10^{-11} abnimmt.

Ein letzter Problemkreis soll noch angesprochen werden, für den die Laser-Entfernungsmessung bedeutsam ist. Die Präzision dieses Meßverfahrens erlaubt eine weitaus bessere Bestimmung der Bahn und Rotation des Mondes, wobei die heute erreichte Genauigkeit etwa hundertmal größer ist als vor Beginn der Laser-Ära. Ein spezielles Phänomen der Mondbewegung, die Libration, ist geeignet, dies zu illustrieren. Unter Libration (lat. Schwankung) versteht man eine kleine Verdrehung des Mondkörpers gegen seine mittlere Stellung. Die sogenannten optischen Librationen beruhen darauf, daß die Rotation des Mondes im wesentlichen gleichförmig abläuft, er jedoch auf seiner elliptischen Bahn ungleichförmig fortschreitet. Sie führen dazu, daß der Mond scheinbare Drehungen um maximal $7,9^\circ$ ausführt und man so ein wenig "hinter" Ost- und Westrand blicken kann. Demgegenüber treten auch physische Librationen auf, die echte Abweichungen von der gleichförmigen Rotation darstellen. Wodurch werden diese hervorgerufen? Die Ursache dafür liegt in

der von einer Kugel abweichenden Gestalt des Mondes, die durch ein dreiachsiges Ellipsoid besser angenähert wird. Im Gravitationsfeld der Erde richtet sich der Mond so aus, daß die Achse des kleinsten Trägheitsmomentes (die geometrisch längste Achse) stets zur Erde zeigt. Wegen der nahezu gleichförmigen Rotation und der elliptischen Bahn weicht diese Achse jedoch von der Verbindungslinie Erde - Mond ab (Ursache der optischen Libration). In diesem Falle übt die Erde ein Drehmoment auf den Mond aus, das verursacht, ihn wieder in die Gleichgewichtslage zu bringen. Diese Ausrichtung erfolgt periodisch mit dem Mondumlauf und bewirkt eine periodische Änderung der Winkelgeschwindigkeit der Mondrotation. Die Analyse der Laser-Entfernungsmessungen hinsichtlich der physikalischen Libration erlaubt die Ableitung der Gestalt des Mondschwerefeldes. Es zeigte sich, daß das Modell eines dreiachsigen Ellipsoids für die Berechnung der physischen Libration nicht mehr genau genug ist. Weiterhin sind Aussagen über die innere Struktur des Mondes möglich, die auf eine höhere Dichte des Mondinneren (metallischer Kern?) als die des Materials der Mondoberfläche hinweisen. Abschließend sei erwähnt, daß neben der physischen Libration noch freie Libration auftritt, eine Art Pendelschwingung des Mondkörpers im Schwerfeld der Erde. Sie kann durch den Einschlag größerer Meteorite hervorgerufen werden. Es wird versucht, aus den Daten der Laser-Entfernungsmessung die Dämpfung dieser Schwingung abzuleiten und damit auf den Zeitpunkt des Einschlags zu schließen. Bei diesem Ereignis könnte ein größerer Krater entstanden sein.

3. Kosmische Laser

Wurde im vorhergehenden über die Anwendung von Menschenhand geschaffene Laser berichtet, so ist nun die Rede von natürlichen Lasern. Man wird fragen, ob es tatsächlich der Natur möglich ist, das Laserphänomen hervorzu-
bringen.

Astronomisch interessierten Lesern wird bekannt sein, daß Radioastronomen seit etwa 20 Jahren nahezu punktförmige Quellen beobachten, die sehr schmalbandige Radiostrahlung im Mikrowellenbereich aussenden, die kosmischen Maser. Sie befinden sich vor allem in Gebieten, in denen Sternentstehung vor sich geht. Die Voraussetzung für das Funktionieren der Maser (wie auch der Laser), die Besetzungsinversion von Energieniveaus,

wird durch das sich weitab vom thermodynamischen Gleichgewicht befindliche interstellare Medium erfüllt. Diese Radiobeobachtungen machten klar, daß die Verstärkung elektromagnetischer Strahlung durch stimulierte Emission auch in der Natur erfolgen kann.

astron. Quelle

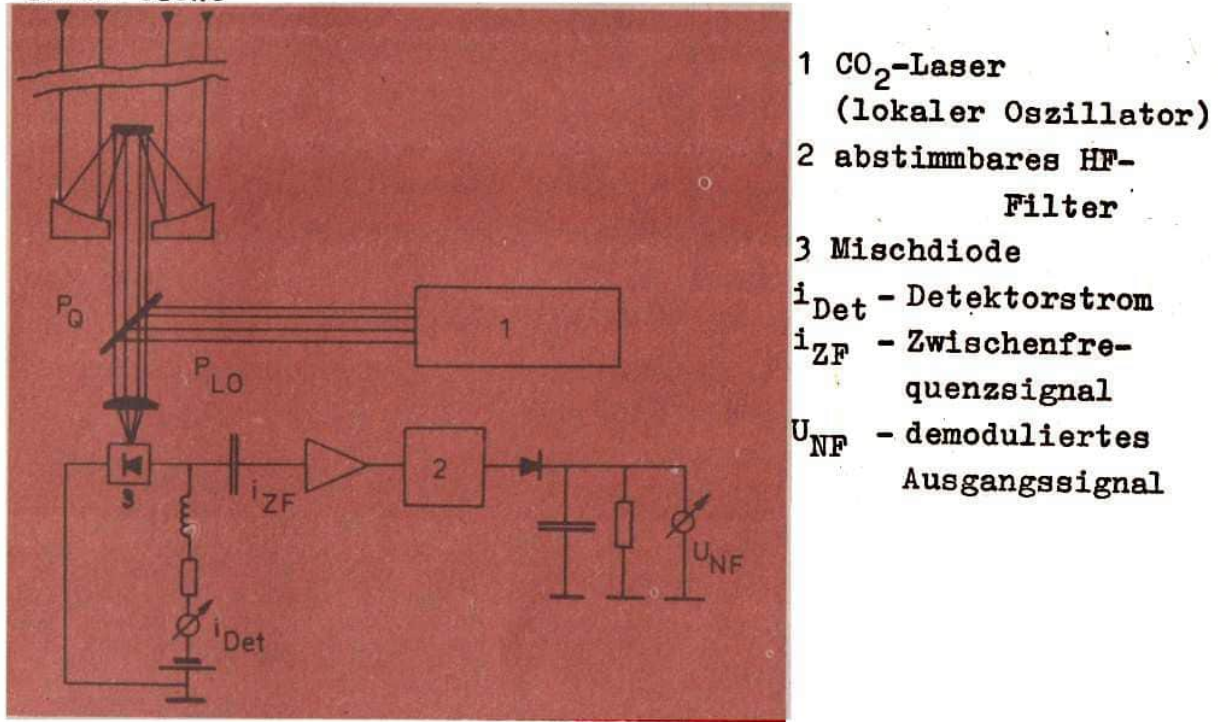


Abb. 1: Schema eines IR-Heterodynspektrometers

Mit Hilfe neuartiger Beobachtungstechnik gelingt es seit einigen Jahren, Infrarotspektren hoher Auflösung ($\frac{\Delta\lambda}{\lambda} \approx 10^3$) bei Wellenlängen um $10\text{ }\mu\text{m}$ von hellen Quellen, wie z.B. Mars und Venus, zu erhalten. Dabei findet das Heterodyn- oder Überlagerungsprinzip Anwendung, d.h. der empfangenen Strahlung wird die eines lokalen Oszillators (CO₂-Laser, $\lambda_{\text{LO}} = 10\text{ }\mu\text{m}$) überlagert. Es kommt zum Auftreten von Summen- und Differenzfrequenzen, wobei letztere im Bereich von mehreren hundert Megahertz liegen und mit normalen elektronischen Mitteln analysiert werden können. Sie enthalten sämtliche Informationen, die in der empfangenen Strahlung enthalten sind.

Die Begründung, warum gerade Mars und Venus mit dieser Technik beobachtet werden, liegt auf der Hand. Beide Planeten enthalten in ihren Atmosphären CO₂ als Hauptbestandteil. Es erschien sinnvoll, nach Merkmalen im Infrarot-Spektrum zu suchen, die durch Energieübergänge des CO₂-Moleküls verursacht werden.

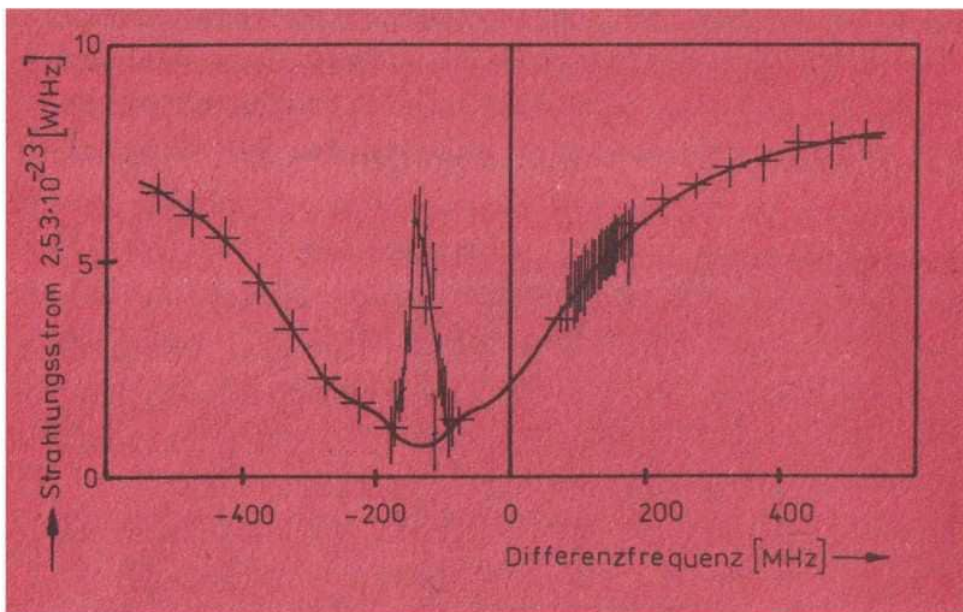


Abb. 2: CO₂-Absorptionsbande mit Laserlinie

Wenden wir uns vor allem den Marsbeobachtungen zu. Im Gegensatz zur Venusatmosphäre ist die des Planeten Mars im untersuchten Wellenlängenbereich optisch dünn, d.h. die Marsoberfläche ist in diesem Infrarotbereich sichtbar. Sie strahlt ein kontinuierliches Spektrum aus, das im Infraroten durch eine Strahlungstemperatur von 250 K charakterisiert werden kann. Das CO₂ der Marsatmosphäre sollte in diesem Spektrum bei 10 μ m ein Absorptionsmerkmal verursachen, hervorgerufen durch einen sogenannten Rotations-Schwingungs-Energieübergang. Die Breite und Tiefe der Absorptionsbande ist abhängig von atmosphärischen Bedingungen wie Temperatur, Druck und Wasserdampfgehalt. Die Ableitung dieser Parameter aus dem Bandenprofil käme einer Fernerkundung der Marsatmosphäre gleich. Was zeigten nun die Beobachtungen? Sie ließen zwar die Absorptionsbande deutlich erkennen, gleichzeitig aber auch im Bandenzentrum ein sehr schmales Emissionsmerkmal, das für Erstaunen sorgte. Vergleicht man nämlich die Linienbreite und die Intensität, so wird deutlich, daß dieses Emissionsmerkmal nichtthermischen Ursprungs ist. Die pro Zeit- und Flächeneinheit ausgestrahlte Energie bei der Wellenlänge des Linienmaximums ist um etwa zwei Größenordnungen höher als die, die ein Schwarzer Körper bei derselben Wellenlänge aussenden würde, der eine der Linienbreite entsprechende Temperatur (100...180 K) besäße. Das weist deutlich daraufhin, daß sich die Besetzung des für die Emission verant-

wortlichen Molekülniveaus nicht im thermischen Gleichgewicht befindet, d.h. eine Besetzungsinversion vorliegt. Diese Tatsache gibt die Berechtigung, die beobachtete $10\text{ }\mu\text{m}$ CO_2 -Emissionslinie als durch einen natürlichen Laser verursacht, zu bezeichnen.

Es wurde bereits erwähnt, daß man derartige Beobachtungen auch beim Planeten Venus durchführt, wobei diese Laserlinie noch stärker in Erscheinung tritt. Auch die Jupiteratmosphäre zeigt bei $10\text{ }\mu\text{m}$ ein schmalbandiges Emissionsmerkmal, das auf einen Laser-Übergang des NH_3 -Moleküls zurückgeführt wird.

Wie läßt sich erklären, daß natürliche Laser in Planetenatmosphären auftreten? Im Fall der Marsatmosphäre ist dieser Prozeß mittlerlweile durchschaut und soll im folgenden kurz skizziert werden. Im Bereich des nahen Infrarot ($1\ldots 5\text{ }\mu\text{m}$) ist die Marsatmosphäre optisch dick, d.h. sie absorbiert in diesem Wellenlängenbereich alle einfallende Sonnenstrahlung. Die Übertragung der Energie auf das Laserniveau geschieht durch Stöße zwischen den CO_2 -Molekülen. Damit ist der Pumpmechanismus charakterisiert, wie kommt es zur Strahlungsaussendung? Die sich im angeregten Zustand befindlichen Moleküle können sich auf zwei Arten abregen, d.h. auf ein niedrigeres Energieniveau gelangen, entweder wieder durch Stoß oder durch Aussendung eines Photons, das zur Emissionslinie beiträgt. Die realisierte Möglichkeit hängt entscheidend vom Verhältnis der mittleren Zeitdauer zwischen zwei Stößen zur Verweildauer auf dem angeregten Niveau ab. Letztere beträgt etwa 5s, die mittlere Zeit zwischen zwei Stößen eines CO_2 -Moleküls an der Marsoberfläche jedoch 10^{-3} s . Es ist offensichtlich, daß nahe der Marsoberfläche nahezu alle Moleküle durch Stöße abgeregt werden. Das ändert sich jedoch mit zunehmender Höhe, da die Atmosphärendichte und damit auch die Stoßhäufigkeit abnehmen. In 70 km Höhe über der Marsoberfläche ist die Abregung durch Aussendung von $10\text{ }\mu\text{m}$ -Photonen der Stoßabregung vergleichbar, in noch größeren Höhen dominiert die Strahlungsabregung. Nach dem Modell der Strahlungsbilanz der Marsatmosphäre liegt der Arbeitsbereich des "Marslasers" in Höhen von 50 bis 90 km.

Die bei diesen Beobachtungen erreichte Winkelauflösung von einer Bogensekunde entspricht einer Längenauflösung von etwa 1000 km während der Marsopposition. Die Planetenscheibe kann

Das Mikroprozessorsystem U 880

– Teil 1 – von Dipl.-Ing. G. Blösche, Weißwasser

In den bisherigen 12 Folgen dieser Serie ist der Leser an die Digitaltechnik herangeführt worden. Es wurden Informationen zur Entwicklung der integrierten Technik, zum Transistor, zur schaltungstechnischen Realisierung logischer Funktionen (UND, ODER, NICHT, NAND, RS-Flipflop, JK-Master-Slave-Flipflop) und zu komplexen Schaltungen wie Register, Zähler und Arithmetikschaltungen gegeben. All dieses Wissen ist nun im Komplex erforderlich, um die Probleme der Mikrorechentechnik zu erfassen, denn wir finden im Grunde genommen diese Wirkprinzipien hier wieder vor. Bevor jedoch näher auf solche Fragen eingegangen wird, wollen wir uns einigen Begriffen zuwenden. Zunächst muß einmal festgestellt werden, daß der Mikroprozessor zu einem Schlagwort, einem Synonym, für wissenschaftlich-technischen Fortschritt geworden ist. Die Entwicklung eines solchen integrierten Bausteines stellt auch tatsächlich den Beginn einer neuen Phase in der Elektronik dar – etwa vergleichbar mit der Bedeutung der Erfindung des Transistors.

Der Geräteentwickler wird dadurch in die Lage versetzt, komplexe Steuer- und Rechenschaltungen mit erstaunlich geringem technischen Aufwand (Hardware) und relativ geringen Kosten unter Anwendung hochintegrierter Schaltkreise zu realisieren. Ein bedeutender Vorteil liegt in der großen Anwendungsbreite solcher Techniken, denn durch Auswechseln des Programmspeichers bzw. durch Umprogrammieren ist das System variabel auf unterschiedlichste Aufgabenstellungen anwendbar (Speicherprogrammierbare Steuerung).

Unser Ausflug in die Mikrorechentechnik soll uns zunächst etwas Klarheit zu den Begriffen "Zentrale Verarbeitungseinheit (Central processing unit)", "Mikroprozessor", "Mikrocomputer" und "Speicher- und verdrahtungsprogrammierte Steuerungen" bringen.

"Unter einem Mikroprozessor (Abkürzung μP) ist eine aus einem oder mehreren LSI-Schaltkreisen bestehende Einheit zu ver-

stehen, die in der Lage ist, unter Steuerung durch eine extern zusammengestellte Befehlsfolge (Programm) eine Vielzahl von elektrischen Funktionen zur Verwirklichung gewünschter arithmetischer, logischer oder Transport- und Verschiebeoperationen sequentiell auszuführen /1/."

Man kann diesem μP die Bedeutung der "Zentralen Verarbeitungseinheit (CPU)" aus der Rechentechnik zuordnen, welche aus einem Steuer- und Rechenwerk besteht. Die in der Definition genannte Befehlsfolge basiert auf dem Befehlssatz, der alle möglichen Instruktionen enthält, die dem μP erteilt werden können.

Einen Mikrorechner (μR), auch als Mikrocomputer (μC) bezeichnet, erhält man, wenn man einen μP mit Zusatzspeichern zur Aufnahme von Programmen und Daten, mit Ein- und Ausgabeschaltungen zur Kommunikation mit der Umwelt (Austausch von Daten, Steuerbefehlen, Austausch von Programmen), mit Bedienelementen, mit Anzeigeelementen, Netzteil und Gehäuse versieht. Häufig verwendet man auch für den μR den Begriff "Mikroprozessorsystem".

Wie bereits erwähnt, handelt es sich bei μR -Steuerungen um speicherprogrammierbare Steuerungen, d.h. durch Auswechseln des Programmspeichers wird eine völlig neue Steuerausgabe ausgeführt. Das bedeutet von der Anschauung her, daß eine neue "Schaltungsverdrahtung" rein theoretisch vorgenommen wurde. Praktisch wäre dies der Fall bei Realisierung der gleichen Aufgabe als verbindungsprogrammierte (Leitungen) Steuerung.

Die Haupteigenschaften solcher programmierbaren Steuerungen liegen also auf der Hand. Sie ergeben sich aus einer

- hohen Flexibilität (modulare Konzepte, Speicherprogrammgruppen)
- großen Informationsverarbeitungskapazitäten (viele Ein- und Ausgangsgrößen sind möglich; arithmetische Operationen; Autotest ist durchführbar)
- Entlastung von Eigenherstellung des Anwenders (die technische Seite ergibt sich aus Standardschaltkreisen, Konfektionierung des Systems, aber eigene Programmherstellung)
- zentrale Fertigung der μR -Systemschaltkreise (Hersteller; da ja hohe Stückzahlen erforderlich sind)
- einfachen Einsatzvorbereitungen, d.h. Problembeschreibung und Programmierung

und aus einem hohen

- technisch-ökonomischen Nutzen (kleines Bauvolumen, wenig Energie, relativ geringe Kosten, hohe Zuverlässigkeit) .

Im nachfolgenden soll nun ein kurzer Überblick zu folgenden Problemen gegeben werden:

1. Mikroprozessorgenerationen, Zuverlässigkeit und Trend
2. Vorstellung des Systems U880
3. Programmierung von Mikrorechnern
4. Vorstellung einer einfachen Mikrorechnersteuerung
5. Anwendungsmöglichkeiten von Mikroprozessoren

1. Mikroprozessorgenerationen, Zuverlässigkeit und Trend

Es ist möglich, Mikrorechner nach verschiedenen Kriterien zu beurteilen bzw. zu unterteilen. Nachstehende Übersicht soll darüber Auskunft geben:

Mikrorechner		
techn.-konstruktive Merkmale	Haupteigenschaften	Einsatzkriterien
- Herstellungstechnologie - Chipgröße - Schaltungstechnik - Zahl der Funktionselemente - u.a.	- Geschwindigkeit - Befehlsvorrat u. Befehlsstruktur - Taktfrequenz - Wortlänge - Speichervolumen, Zahl der Datenregister - Versorgungsspannungen - u.a.	- Haupteinsatzgebiete - Gestaltung der Peripherie - Software - Flexibilität, Preis und Kosten - u.a.

Es ist auch üblich, von Mikrorechnergenerationen zu sprechen. Es wird damit die historische Entwicklung angesprochen. Heute spricht man von der 3. Generation der Mikrorechner. Auch hier soll ein kleiner tabellarischer Überblick zum Verständnis beitragen:



Mikrorechnergenerationen		
1. Generation	2. Generation	3. Generation
- 1971 in Form der Typen 4004, 8008 - einfacher Befehlssatz - ca. 20 μs Befehlszykluszeit - zahlreiche Hilfsschaltungen zusätzlich erforderlich - mehrere Versorgungsspannungen und Taktfrequenzen wurden benötigt	- Mitte der 70er Jahre (Typen Z 80, 8080) - verbesserte Herstellungstechnologie - Befehlszykluszeit ca. 2 μs - leistungsfähigerer Befehlssatz - nur wenige Hilfsschaltungen erforderlich	- Ende der 70er Jahre (Typen 8086, Z 8000) - weiter verbesserte Herstellungstechnologie - erweiterter Befehlssatz - Zykluszeit weiter gesenkt (10fache Befehlsausführung) - nur eine Strom- und Taktversorgung - Verarbeitungsbreiten von 16- und bereits 32-Bitworten - große Flexibilität peripherieseitig

Ein Überblick zur leistungsmäßigen Einordnung der Mikrorechnergenerationen erhält man aus Bild 1, wobei es üblich ist, diese nach der angegebenen Formel zu treffen /2/.

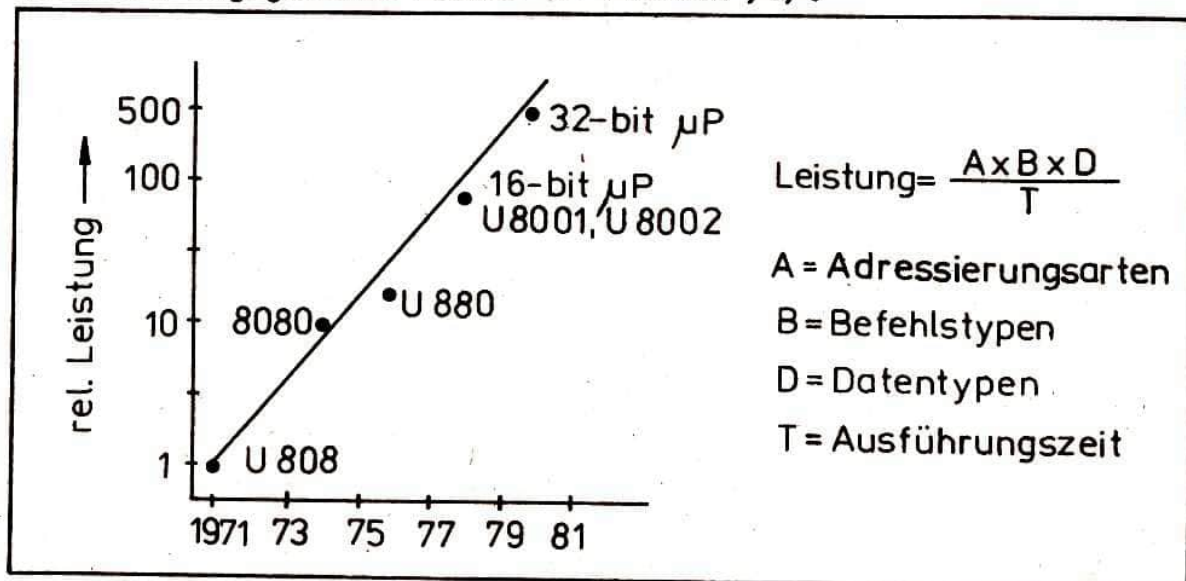


Bild 1 Leistungsentwicklung von Mikroprozessoren /1

Gegenwärtig ist auch der Einchip- μP sehr stark im Gespräch. Es ist ein Schaltkreis mit zur Zeit höchsten Integrationsgrad, da sowohl die zentrale Verarbeitungseinheit als der Programmspeicher, der Datenspeicher und die Ein- und Ausgabelogik auf einem Chip enthalten sind (Bsp. U 881). Ihr Einsatz wird erst bei hohen Herstellungsstückzahlen effektiv.

Entsprechend den Erfordernissen der Anwender wird sich die Entwicklung der Mikroprozessoren in 3 Hauptrichtungen erstrecken.

1. Mehrchipmikroprozessoren mit 8, 16 und 32 bit Wortlänge mit umfangreicher Software für universellen Einsatz
2. Kaskadierbare μP -Bausteine mit durch den Anwender festlegbarer Software für hohe Ansprüche
3. Einchipmikroprozessoren mit 8 und 16 bit Wortlänge für einfache Anwendungen mit hoher Stückzahl.

Für die Wirtschaft haben solche Systeme eine enorme Bedeutung, denn es werden damit Steuerungen möglich, die vor Jahren noch utopisch erschienen. μP -Systeme bieten die Möglichkeit eine hoch flexible Steueranlage direkt neben der zu steuernden Anlage mit extrem niedrigem Bauelementeaufwand zu stationieren. Dadurch ist auch die Schaffung von Robotern höherer Generationen erst möglich geworden. Man muß deshalb die μR -Technik heute als Basis weiterer wirtschaftlicher Entwicklungen sehen. Ein wesentlicher Grund dafür liegt vor allem in der enormen Zuverlässigkeit dieser Systeme (vergleiche Bild 2).

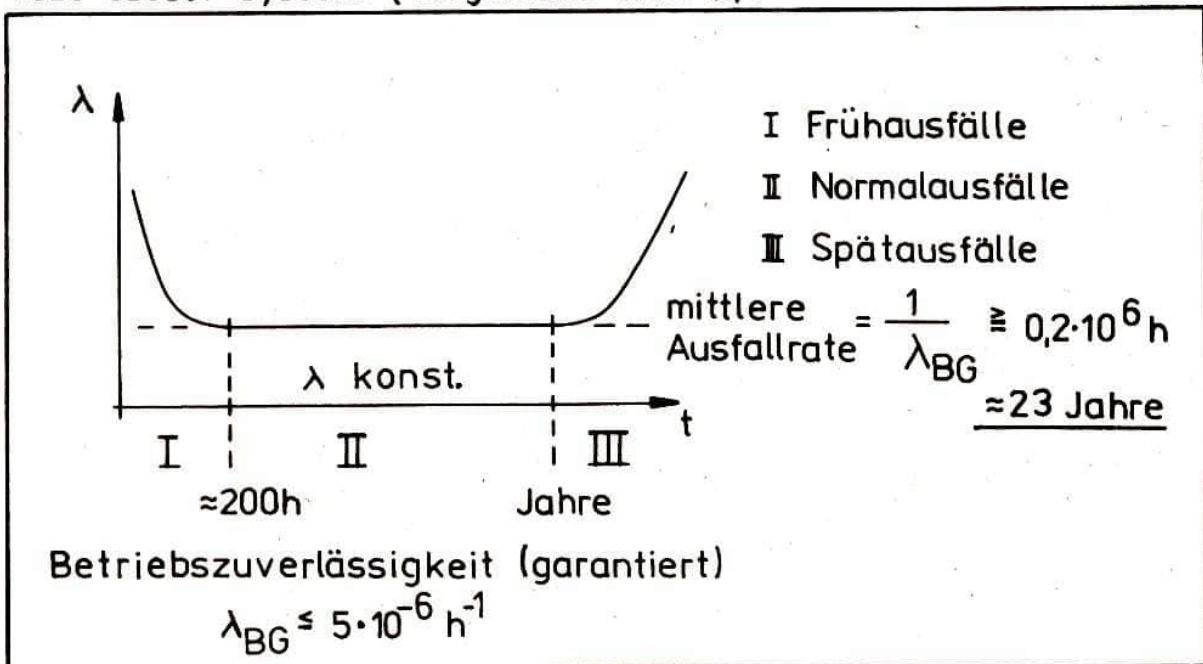


Bild 2 Zuverlässigkeit von Mikroprozessoren

Die weitere Entwicklung des Integrationsgrades geht einher mit der Erhöhung der Zuverlässigkeit der Schaltkreise. Ein wichtiger Aspekt der integrierten Technik ist die enorme Material- und Energieeinsparung. Dies wird deutlich wenn man sich einen μ P in diskreter Technik aufgebaut denkt. Für einen U 808 würde man 400 Leiterplatten und Steckverbinder, 1000 Transistoren, 1000 Dioden, 12 000 Widerstände sowie 6000 Kondensatoren benötigen.

In unserer Republik hilft uns die μ R-Technik immer besser, die Ziele der Wirtschaftsstrategie des X. Parteitages der SED zu erfüllen und damit dem Sinn des Sozialismus, d.h. immer weitere materielle und geistige Befriedigung wachsender Bedürfnisse auf der Grundlage einer hohen Produktivität der Produktion /4/ zu dienen.

Anders dagegen in der kapitalistischen Gesellschaft, wo ja die Mikroelektronik und die Mikrorechentechnik zum Synonym für Jobverlust geworden sind. Roboter verdrängen immer mehr Menschen vom Arbeitsplatz. Diese sozialen Folgen sind Ausdruck des wachsenden Widerspruchs zwischen der Entwicklung der Produktivkräfte und der kapitalistischen Produktionsverhältnisse. Ein wesentliches Anwendungsfeld der μ R-Technik im Kapitalismus ist die Rüstungsproduktion. Gerade diese Technik ist maßgeblich für die Realisierung neuartiger "intelligenter" Waffensysteme, z.B. befinden sich in einer Cruise Missile sieben μ R-Systeme. Für die Pentagonstrategen bildet die Mikroelektronikentwicklung den Ausgangspunkt ihres Glaubens an eine militärische Vorherrschaft.

An dem zuletzt dargelegten wird besonders deutlich, wie unterschiedlich Wissenschaft und Technik gesellschaftsabhängig genutzt werden - bei uns zum Wohle des Menschen, dort zur Vernichtung des Menschen.

2. Vorstellung des Systems U 880

Das System U 880 ist bis in die 90er Jahre neben neuen Systemen anwendbar. Es ist Grundlage für das Mikrorechnersystem K 1520 und für verschiedene Steuerungssysteme, wie z.B. Ursalog 5010, Ursalog 5020 oder PS 2000. Aus Tafel 1 ist zu entnehmen, welche integrierten Schaltkreise für das System benötigt werden.

Tafel 1 Gerätetechnische Basis (Hardware) des μ R K 1520

- Zentrale Verarbeitungseinheit (Prozessor; CPU: central processing unit; U 880 D)
- Zeitgeber/Zähler (CTC: counter timer circuit; U 857 D)
- Parallele Ein/Ausgabe (PIO: parallel input/output; U 855 D)
- Serielle Ein/Ausgabe (SIO: seriell input/output; U 856 D)
- Direkter Speicherzugriff (DMA: direct memory access; U 858 D)
- Festwertspeicher (Nur-Lese-Speicher); (ROM: read only memory; EPROM: erasable programmable read only memory, elektrisch programmierbarer, mit UV-Licht löschbarer U 552 C, U 555 C)
- Schreib/Lese-Speicher, statisch und dynamisch (RAM: random access memory; U 202 D bzw. U 256 D)
- Treiber (Anpassung an den μ R-Bus bzw. Verstärkung; bidirektional oder unidirektional; DS 8216 bzw. DS 8212)
- Dekoder (Adreßdekodierung, d.h. Erkennen einer bestimmten Adresse; DS 8205)

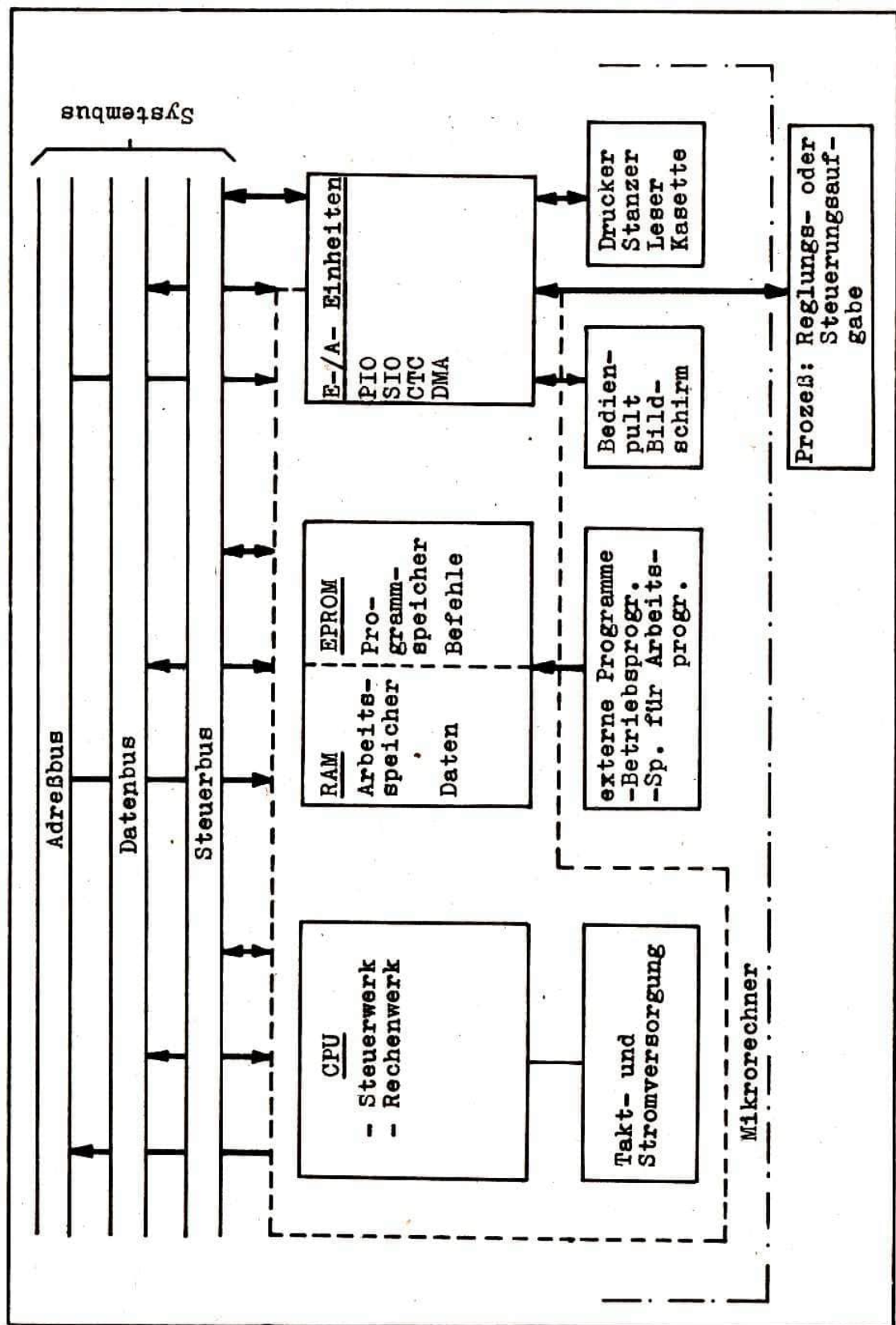
Im Rahmen dieser Artikelserie werden dem Leser die wichtigsten Schaltkreise erläutert. Als Ausgangspunkt soll der Aufbau des Mikrorechnersystems K 1520 dienen. Aus Bild 3 ist die Konfiguration zu ersehen.

Unter einem Bus versteht man ein Paket von Leitungen gleicher Funktion. Leitungen, auf denen Daten ausgetauscht werden, bezeichnet man als Datenbus (8 Leitungen), Leitungen, auf denen Adressen ausgetauscht werden, erhalten die Bezeichnung Adreßbus (16 Leitungen) und die Leitungen zur Systemsteuerung (13 Leitungen) erhalten den Namen Steuerbus. Alle 3 Bussysteme in der Gesamtheit bezeichnet man als Systembus. Daten-, Steuer- oder Adreßinformationen werden als Bitmuster dargestellt, d.h. der Mikroprozessor kann nur 1 oder 0 ("High" oder "Low") unterscheiden und darauf reagieren.

Im Beitrag 7 dieser Serie wurde bereits auf den Zusammenhang zwischen Dualzahlen und Dezimalzahlen eingegangen. Hier soll dies noch auf die hexadezimalen Zahlen erweitert werden (siehe dazu Tafel 2).

Wie aus der Tafel 2 zu ersehen ist, wird eine Dezimalzahl jeweils aus einer 4-bit breiten Dualzahl gebildet, welche so behandelt wird, als ob sie die Wertigkeit $2^3 \dots 2^0$ besitzt.

Bild 3 Mikrorechnerkonfiguration



Daten und Adressen werden nur mit dieser Bezeichnung versehen. Wie aus der Tafel 2 weiter zu entnehmen ist, können Adressen von 0000H bis FFFFH existieren (ergibt sich aus dem 16-Bit-Adreßbus). Mit diesen Adressen können 64 K Speicherstellen (1 Kilo = 1 024 bit, $64 \times 1\,024 \text{ bit} = 65\,536 \text{ Adressen}$), Ein-Ausgabe-Tore oder andere Bausteine adressiert werden, denn jeder dieser Bausteine benötigt seine eigene Adresse (so wie z.B. ein Brief, der einen bestimmten Empfänger erreichen soll).

Wie im Bild 3 zu sehen ist, wird der Informationsaustausch zwischen den einzelnen Bausteinen durch Pfeile angedeutet. Handelt es sich um einen 2-Richtungspfeil, dann wird vom bidirektionalen Informationsaustausch gesprochen, d.h. es können von der CPU Daten an einen Speicher oder an externe Baugruppen ausgesendet oder Daten von diesen empfangen werden. Schaltungstechnisch wird dies durch bidirektionale Bustreiber (DS 8216) realisiert, welche 3 Schaltstellungen besitzen. Es gibt die Stellungen Information-"Senden", "Empfangen" und "Tristate". Im 3. Zustand (Tristate) sind die Ausgänge des Schaltkreises hochohmig, d.h., sie wirken gegenüber dem Bus so, als wenn sie abgetrennt wurden, was den großen Vorteil hat, daß sie in diesem Zustand den Bus nicht belasten (es wird kein Strom gezogen). Die Steuerung dieses wichtigen 3. Zustandes erfolgt über Freigabeeingänge (chip enable oder chip select).

Erfolgt die Kennzeichnung des Zusammenwirkens von Baugruppen mit einem 1-Richtungspfeil, dann haben wir einen unidirektionalen Informationsaustausch vorliegen. Dazu verwendet man unidirektionale Bustreiber (DS 8212). Für einen unidirektionalen Informationsfluß kann als Beispiel der Adreßbus der CPU U 880 D dienen, denn die CPU sendet nur Adressen aus.

Für sich allein ist so ein μP nicht funktionsfähig, denn er ist stets ein Teil des μR . Wie im Bild 3 gezeigt wird, gehören weitere wichtige Bestandteile, wie die Ein/Ausgabe-Einheiten, der Speicher sowie die Strom- und Taktversorgung zum System. Die E/A-Einheiten werden meist über Steckverbinder an das System gekoppelt. E/A-Einheiten sind solche Einrichtungen wie Lochbandleser, Lochbandstanzer, Bildschirm, Fernschreiber, Digitalkassette oder Floppy-Disk (als externer Programm- oder Datenspeicher). In der Regel werden diese Geräte über die systemeigenen programmierbaren Peripheralschaltkreise (SIO, PIO, DMA, CTC) angeschlossen. Mit diesen Schaltkreisen lassen sich spezielle

E/A-Verfahren realisieren. In Tafel 4 ist dazu noch eine Übersicht gegeben.

Tafel 4

Interface

Es handelt sich um das einfachste Verfahren mit einem Minimum an Hardware, aber mit erhöhtem Software Aufwand (Programm).

- Die E/A erfolgt programmiert und ist abhängig von einer Folge von E- oder A-Befehlen (IN oder OUT) des ablaufenden μ R-Programms.
- Anschluß von Geräten über verschiedene programmierbare Peripherieschaltkreise (CIC, PIO, SIO).
- Ankopplung von E/A-Einheiten über AD- oder DA-Wandler

Eingabeverfahren

direkter Speicherzugriff

- Normalerweise erfolgt der gesamte Datenaustausch über den μ R, aber dieser Austausch ist langsam.
- Schneller Datenaustausch mit DMA-Schaltkreis möglich.
- Beispiel ist direkter Austausch von Daten bei Speicher-ein- und -ausleseoperationen unter Umgehung des μ P.
- Der DMA bietet schnelle Betriebsarten softwaremäßig an:

1. Datenübertragung zwischen Speicher Speicher E/A-Schnittstelle Speicher E/A-Schnittstelle Speicher E/A-Schnittstelle Schnittstelle
2. Datensuche
3. Datenübertragung mit gleichzeitiger Datensuche

Ein Speicher oder eine E/A-Schnittstelle wird nach einem vorgegebenen Wort durchsucht. Datenübertragung mit gleichzeitiger Datensuche. Hierbei handelt es sich um eine Kombination von 1. und 2. Betriebsart.

Unterbrechungssteuerung

(Interrupt)

Meist Programmaufbau so gewählt, daß ein Hauptprogramm und mehrere Unterprogramme (UP), welche zur geeigneten Zeit aufgerufen werden, vorhanden sind. Durch Prozeßbedingungen kann UP-Bearbeitung sofort notwendig werden. μ P unterbricht das laufende Hauptprogramm und arbeitet das UP ab. Danach kehrt er in das Hauptprogramm zurück. Diese Arbeitsweise wird Interruptsteuerung genannt.

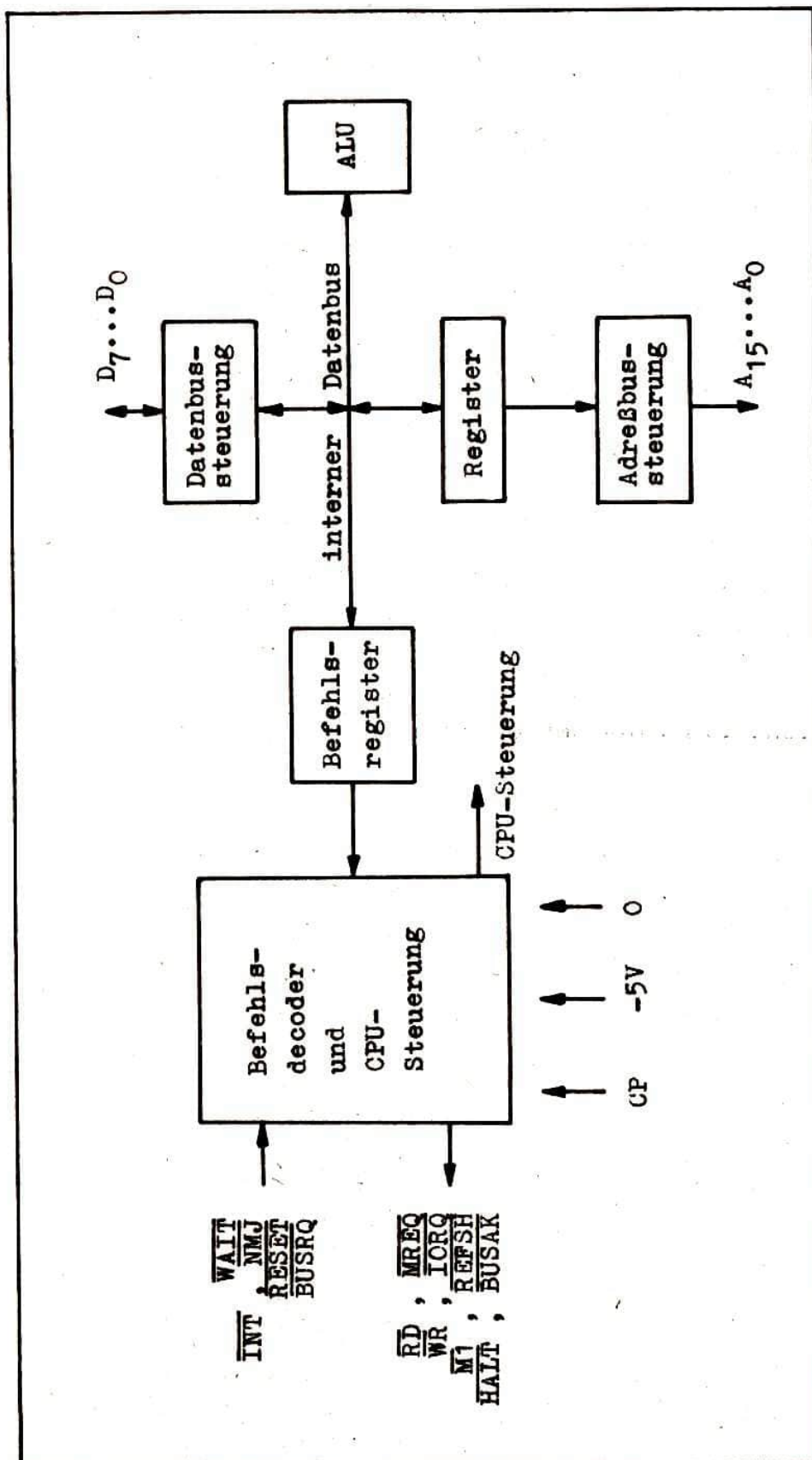
Ein häufiges Problem ist es, Prozeßgrößen an den μR anzukoppeln. Dabei ist häufig eine Wandlung analoger Meßwerte in digitale (0/1-Signale) Werte erforderlich (mit dem integrierten AD-Wandler C520 D möglich). Diese Prozeßsignale müssen häufig noch über Pegelwandler bzw. durch Potentialtrennung (vermeiden, daß externe Störungen in das System kommen) an den μR angepaßt werden. Eine Ausgabe analoger Werte aus dem μR an den Prozeß ist über integrierte oder programmgesteuerte DA-Wandler möglich.

Mit diesen zuletzt aufgezeigten Möglichkeiten wird deutlich, welche Vielfalt von Problemen bei der Prozeßautomatisierung mit einem μR -System gelöst werden können. Ein arbeitsfähiges μR -System entsteht allerdings erst durch die Software (Programme). Die Software ist auf EPROM's abgespeichert oder auf externen Speichermitteln und besteht im wesentlichen aus 2 Teilen, den Systemprogrammen und den Arbeitsprogrammen. Unter Systemsoftware versteht man das Betriebssystem, das das Zusammenspiel aller Einzelteile ermöglicht. Die Arbeitsprogramme stellen die Anwendersoftware dar und legen für den Prozessor das auszuführende "Was" fest. Diese genannte Software, auf EPROM's abgespeichert, ist gegen Stromausfall gesichert, d.h. das Programm bleibt so lange erhalten, bis eine Umprogrammierung des EPROM's erfolgt. Die abgespeicherten Programmwerte sind für den μR Befehle, die er sequentiell (nacheinander), entsprechend seines Befehlssatzes abarbeitet. Von dieser Arbeitsweise werden Arbeitsgeschwindigkeit und Datendurchsatz als wichtige Kenngrößen bestimmt. Zusätzlich besitzt der μR neben den EPROM's weitere selbständige LSI-Speicherschaltkreise, die auf Leiterplatten untergebracht sind. Es sind die RAM-Schaltkreise. Sie stellen für den Mikrorechner einen Datenspeicher dar, wo er "sich dauernd ändernde Informationen" ablegen bzw. abfragen kann. Man spricht auch von einem sogenannten Notizblockspeicher.

Natürlich muß ein Mikrorechnersystem auch mit einer Stromversorgung versehen werden. Es ist nur eine Betriebsspannung von +5V erforderlich, was für alle Schaltkreise des Systems U 880 gilt. Lediglich Speicherschaltkreise benötigen weitere zusätzliche Spannungen (+12V, -5V), wobei es schon EPROM's gibt, die ebenfalls nur +5V Betriebsspannung benötigen.

Zur Ableitung aller Zeitvorgänge wird das System mit einem Takt von 2,5 MHz versorgt, was eine typische Befehlsausführungszeit von 1,6 μs nach sich zieht (4 Takte = 1 Befehlszyklus).

Bild 4 CPU- Blockschaltbild



Der Hersteller gibt an, daß alle Anschlüsse, außer dem Takt, TTL-kompatibel sind.

Wie funktioniert nun das Zusammenspiel der vorgestellten Systemkonfiguration?

Der Mikroprozessor sendet eine Adresse (entsprechend seines Adreßzählerstandes) an den Anwenderspeicher aus (vergleiche auch Bild 4). Die Adresse bezeichnet genau ein Befehlswort im Speicher. Dieses Befehlswort wird über den Datenbus in den Befehlsdecoder der CPU geholt und dort entschlüsselt. Entsprechend dieses Ergebnisses führt die CPU Ein- oder Ausgabeoperationen mit der Peripherie aus, löst arithmetische oder logische Befehle aus (entsprechend der Anwenderfestlegung) und generiert die Adresse für den nächsten Befehl.

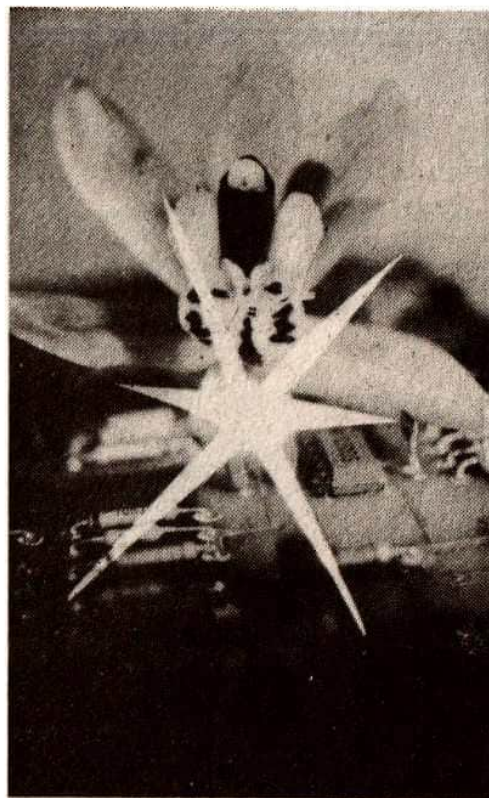
Zum besseren Verständnis sollen im folgenden Punkt die wichtigsten Schaltkreise des Systems U 880 vorgestellt werden.



Fortsetzung im nächsten Heft!



„Aufblühen“ der Mikroelektronik
Fotomontage: St. Winter



UNSERE PHYSIKAUFGABE



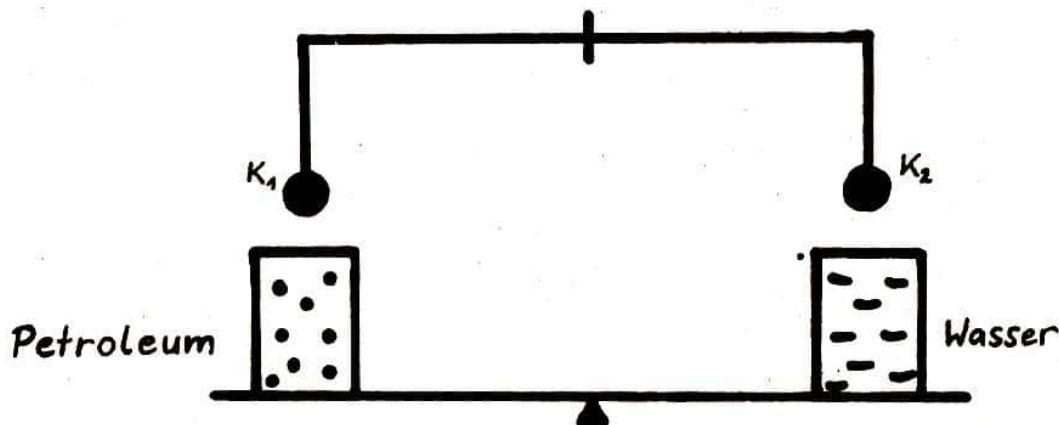
Liebe Leser!

In letzter Zeit trafen von Euch viele Briefe ein, in denen der Wunsch nach Weiterveröffentlichung von Physikaufgaben geäußert wurde. Dem wollen wir gerne nachkommen. Eine Veränderung wird es allerdings dabei geben: wir bitten Euch, uns Eure Lösungen nicht mehr zuzuschicken, sondern auf die Lösung im nächsten Heft zu warten und dann selbst zu vergleichen. Beim Lösen unserer Aufgaben wünschen wir Euch auch in Zukunft viel Freude.

Klassenstufe 9/10 Hydrostatik

Auf einer der beiden Schalen einer Waage befindet sich ein Gefäß mit Wasser, auf der anderen steht ein Gefäß mit Petroleum. Die Waage befindet sich im Gleichgewicht. An den Enden der Hebelarme einer anderen Waage hängen anstelle der Schalen Messingkugeln gleicher Masse. Diese Waage befindet sich ebenfalls im Gleichgewicht. Die letztere Waage wird nunmehr über die erstere gestellt, und zwar so, daß die Kugeln ganz in die Flüssigkeiten eintauchen, ohne den Boden zu berühren. Was zeigen die beiden Waagen an?

Die Lösung kann in Form einer Skizze angegeben werden. Begründen Sie Ihre Lösung!





Jahreshaupt- und Schultagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR 1985

von Alexander Niehardt, 2. Studienjahr, Physik/Astronomie-Lehrer, FSU Jena

Vom 10. bis 13. Februar fanden in Leipzig die diesjährige Schultagung und die Jahreshaupttagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR statt.

Auf der Haupttagung wurden die Komplexthemen Polymerphysik, Hochenergiephysik und Elektronik behandelt. Die von den sowjetischen Wissenschaftlern G.L. Stechnikov und A.M. Tarko (beide Moskau) gehaltenen Vorträge erläuterten die klimatischen, biologischen und ökologischen Konsequenzen eines Kernwaffenkrieges. Besonders beleuchtet wurde die Erscheinung des »nuklearen Winters«.

Das Themenspektrum der Schultagung reichte von Weltraumforschung und Sternenaufbau über den Beitrag der Physik zum Umweltschutz an konkreten Beispielen bis hin zu dem schon im Vorjahr behandelten Fragekomplex: Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit technischer Anlagen. Zwei Experimentalvorträge ergänzten das Veranstaltungsangebot.

In seiner Eröffnungsrede zur Schultagung, die vom Fachverband Schulphysik organisiert wurde, würdigte Prof. Dr. H. Lechner, Berlin, im 40. Jahr des Sieges über den Hitlerfaschismus und der Befreiung des deutschen Volkes die großartige Hilfe sowjetischer Pädagogen und Hochschulpädagogen beim Aufbau eines demokratischen Schulsystems und der Ausbildung von Neulehrern und Lehrern, auch im Fach Physik, auf dem Gebiet der sowjetischen Besatzungszone und später in der Deutschen Demokratischen Republik.

Im weiteren verglich Prof. Lechner den Entwicklungsstand der Schulphysik unter sozialistischen Bedingungen in der DDR mit Erscheinungsformen der Schulphysik unter kapitalistischen Bedingungen, insbesondere in der BRD. Während in der DDR die Physik als wichtiges Grundlagenfach Pflichtfach ist, können Schüler oberer Klassenstufen und an Gymnasien in der Bundesrepublik selbst entscheiden, ob sie am Wahlfach Physik teilnehmen oder nicht. So ist die Erlangung der mittleren Reife ohne Abschluß des Fachkurses Physik möglich. Diese Wahlmöglichkeit stellt aber in keiner Weise einen Vorteil dar, da auf diese Weise den Schülern viele technische und naturwissenschaftliche Kenntnisse vorenthalten werden und wichtige weltanschauliche Einsichten nicht möglich sind.

In der Volksbildung der DDR, und damit auch in der Schulphysik, kommt es in der gegenwärtigen Zeit auf eine bedeutende Erhöhung der Qualität, Effektivität und Intensität des Unterrichts an. Voraussetzungen dafür sind z. B. hohe fachliche Kenntnisse von seiten der Fachlehrer und die sichere Beherrschung der Methoden ihrer Wissenschaft. Neue Lehrbücher und Lehrpläne sind eine Seite zur Erhöhung der Qualität des Unterrichts, ihre wirkungsvolle Anwendung und Umsetzung die andere. Ein Lehrer, der seine Schüler für sein Fach begeistern will, muß selbst dafür begeistert sein.

So ergab eine Befragung Schüler 8. Klassen, daß nur rund 40 % Physik als für ihren späteren Beruf wichtige Grundlage erachten, aber schon 70 % der Meinung sind, daß die Physik große Bedeutung für unsere Gesellschaft erlangt. Motivationsfragen stellen also auch im Fach Physik eine wichtige Reserve dar.

Ähnliche Probleme wurden auch auf der 3. Zentralen wissenschaftlichen Konferenz der FDJ-Studenten und jungen Wissenschaftler lehrerbildender Einrichtungen der DDR vom 7. bis 9. Februar 1985 an der PH »Karl Liebknecht«, Potsdam, diskutiert.

Schülerpreis der Physikalischen Gesellschaft der DDR 1985

Der Schülerpreis unterteilte sich in diesem Jahr in einen Einzelpreis und einen Kollektivpreis. Letzterer wurde an vier ehemalige Schüler der Spezialschule »Carl Zeiss« in Jena vergeben. Die eingereichte Arbeit entstand im Rahmen des WPA-Unterrichts in den Klassen 11 und 12.

Den Kollektivpreis erhielten

Lustermann, Werner
Rahn, Karsten
Stieger, Frank
Herre, Olaf



für ihre Arbeit:

»Erstellung eines speziellen Markensignalgenerators als Prüfmittel für die Signalverarbeitungselektronik des elektronenoptischen Großgerätes ZBA 20«.

Betreut wurde das Kollektiv durch Herrn Schmidt, wissenschaftlich-technischer Mitarbeiter des Forschungszentrums im VE Kombinat »Carl Zeiss« JENA.

ZUR ARBEIT

Die ZBA 20 ist ein elektronenoptisches Großgerät, mit dem mikroelektronische Strukturen kleinster Abmessungen auf Silizium- oder Glasscheiben belichtet werden.

Da bis zu fertigen Chips mehrere Belichtungen (bis zu fünfzehn) notwendig sind, zwischen denen die Scheiben dem Gerät zu Dotierzwecken entnommen werden müssen, macht es sich erforderlich, die erstentstandenen Strukturen immer wieder exakt zu positionieren. Die Abweichungen dürfen dabei nicht größer als $0,1 \mu\text{m}$ werden. Der rechnergesteuerte Elektronenstrahl orientiert sich dabei an auf den Scheiben angebrachten Schwermetallmarken (z.B. Tantal), die einen Teil der Elektronen in verschiedene Richtungen reflektieren. Ein spezieller Halbleiterdetektor registriert die Abtastrichtung des Elektronenstrahles und die Richtungen der reflektierten Elektronen. Die dabei entstehenden Detektorsignale werden in einer komplizierten rechnergestützten Auswerteelektronik verarbeitet und die Markenpositionen ermittelt.

Die Aufgabe der Schülergruppe bestand darin, ein Prüfmittel für den Markensignalkanal der ZBA 20 zu erstellen.

Der Ausgang des Markensignalgenerators liefert künstlich erzeugte Stromsignale, die denen des Halbleiterdetektors ähnlich sind.

Am Eingang verwendet der Generator ein Startsignal, welches vom ZBA-Steuerrechner geliefert wird oder im Prüfmittel selbst generiert werden kann. Das Prüfmittel ist unkompliziert mittels Zwischenstecker an die Signalelektronik der ZBA 20 anschließbar. Gleichzeitig erfolgt hierüber die Prüfmittelstromversorgung. Eine Änderung der ZBA-Software während des Prüfanges ist nicht erforderlich. Das Gerät ist klein und leicht transportierbar.

ZUM NUTZEN UND ZU EINSATZMÖGLICHKEITEN

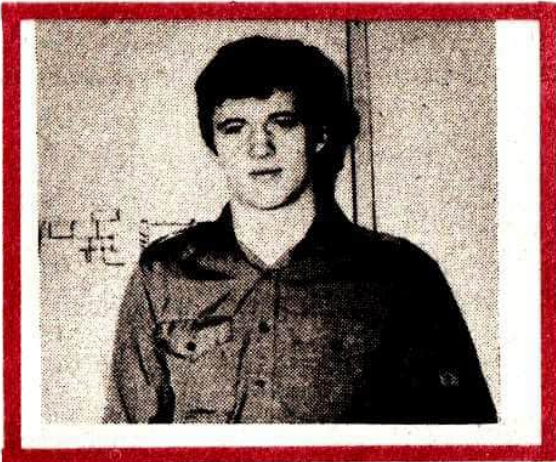
Das Gerät ist einsetzbar

- bei der Endkontrolle der Signalverarbeitungsanlage (SVA) einschließlich der Software, ohne Verwendung eines teureren Grundgerätes.
- bei der Prüfung des Gesamtgerätes zur Prüfung der SVA-Funktionen und zur Fehlerlokalisierung zwischen dem Grundgerät und der trennbaren Elektrik.
- im Kundendienst des Kombines zur schnellen Fehlersuche durch getrennte Untersuchungen der Hard- und Software.

Sind diese Markensignalgeneratoren beim Anwender stationiert, kann dieser schon qualifizierte Aussagen zum Fehlerbild seiner ZBA melden bzw. den Fehler selbst beheben. Dadurch können die Ausfallzeiten solcher Großgeräte erheblich gesenkt werden. Der Nutzen erreicht volkswirtschaft relevante Größen, wenn man bedenkt, daß eine ZBA-Betriebsstunde 1000 Mark kostet. Das Prüfmittel wurde bereits erfolgreich getestet und war schon auf mehreren Ausstellungen (MMM) zu sehen.

Der Einzelpreis wurde an

Thorsten W i l k e



Für seine Arbeit
»Entwicklung und Erprobung eines Verfahrens zur
thermischen Stofferkennung«

verliehen.

Thorsten besucht die 12. Klasse des EOS-Teils der Ernst-Thälmann-Oberschule in Wolmirstedt.

Betreut wurde er von seinem Fachlehrer Wolfgang Ernst.

Dieser setzte zu Beginn der 11. Klasse mehrere Schüler auf die Problematik der thermischen Stofferkennung an. Ziel der Beschäftigung sollte ein Verfahren sein, Stoffe an ihren thermischen Eigenschaften zu erkennen. Um das Problem zu verdeutlichen, führen wir uns folgenden Sachverhalt vor Augen:

Berührt man die sich in einem Raum mit Zimmertemperatur befindlichen Einrichtungsgegenstände nacheinander mit der Hand, so können wir trotz der gleichen Temperatur aller Gegenstände ein mitunter stark unterschiedliches Temperaturempfinden feststellen (Glas, Holz, Metall, Stoff ...). Aus Erfahrung wissen wir, daß sich solche Materialien wie Stoffe und Holz sich wärmer anfühlen wie Metall.

Diese Erscheinung ist auf die unterschiedliche Wärmeleitfähigkeit der Stoffe zurückzuführen. Stoffe mit hoher Wärmeleitfähigkeit wie Metalle entziehen der Hand im Berührungsmoment mehr Wärme (die Hand hat ja wie der gesamte menschliche Körper eine höhere Temperatur als die der Zimmerluft und der Gegenstände) als andere Stoffe und kommen uns so kälter vor. Natürlich ist ein solches Verfahren stark von subjektiven Faktoren abhängig. Zur Objektivierung bieten sich hier Verknüpfungen mit thermoelektrischen Eigenschaften an.

Die dazu notwendigen Experimente führte Thorsten in der Schule bzw. in der Endphase auch zu Hause durch.

Die zur Stofferkennung notwendigen physikalischen Parameter werden über einen Berührungssensor ermittelt, dessen Unikat Thorsten entwickelte und herstellte. Diesen Berührungssensor koppelte er mit einem industriell gefertigten Spannungs-Zeit-Schreiber und ermittelte so das thermische Verhalten vieler Stoffe. Nach Auswertung der U-t-Diagramme mittels Rechentechnik (z.B. Heimcomputer) läßt sich durch Vergleich der Eigenschaften von Materialien mit den eingegebenen Daten eine Materialbestimmung vornehmen. In Verbindung mit der Robotertechnik erschließen sich dadurch neue Wirkungskreise für Roboter bei Sortieraufgaben durch die Möglichkeit der Materialerkennung. Das durch seine relative Einfachheit verblüffende Verfahren ist zur Patentanmeldung vorgesehen.



Alle Leser, die sich eingehender über den Schülerpreis informieren wollen, verweisen wir auf unser Heft 6/84.



Die Auszeichnung nahmen vor: Prof. Dr. Rompe, Vorsitzender der Physikalischen Gesellschaft der DDR und Prof. Dr. Lechner, Vorsitzender des Fachverbandes Schulphysik der Physikalischen Gesellschaft der DDR.

Mein Dank gilt Prof. Dr. Lechner für die Hilfe bei der Entstehung dieser Artikel sowie Herrn Noll, Spezialschule »Carl Zeiss« JENA, der mir die Fotografien für diesen Artikel zur Verfügung stellte.

1. Physikhistorische Tagung 1985 in Leipzig

Vom 12. bis 14. Februar dieses Jahres fand die 1. Physikhistorische Tagung statt, die von der AG Physikgeschichte der Physikalischen Gesellschaft der DDR vorbereitet und durchgeführt wurde. Diese Tagung war die erste große wissenschaftshistorische Veranstaltung in der DDR auf dem Gebiet der Physik. Das Spektrum der gehaltenen Vorträge war, da keine Komplexthemen ausgeschrieben waren, sehr breit und reichte so von den Anfängen der Physik als Wissenschaft bei Aristoteles bis hin zur jüngeren Physikgeschichte dieses Jahrhunderts. Dabei wurden sehr viele Teilgebiete der Physik und angrenzender technischer Disziplinen gestreift und somit das große Betätigungsfeld der Physikgeschichte umrissen. Eingeleitet wurde die Tagung mit zwei Vorträgen von Prof. Dr. Rompe, Berlin, über die »Aktuelle Bedeutung historischer Forschung auf dem Gebiet der Physik und ihre gesellschaftliche Wirksamkeit« und von Prof. Dr. H.-J. Treder, Berlin, »Zur Rolle der Physikgeschichte für das Verständnis der Physik«.

A.N.



Laserstrahlen

können nach einem gemeinsam von Wissenschaftlern aus Kuibyschew und Moskau entwickelten Verfahren durch spezielle Brennspiegel in beliebiger Weise - quadratisch, dreieckig oder auch rhombisch - geformt werden. Bislang hatten Laserstrahlen stets einen runden Querschnitt.

Das Verfahren findet bereits breite Anwendung. Damit lassen sich beispielsweise Metallteile an schwer zugänglichen Maschinenteilen härten und in der Augen Chirurgie kann u.a. die Hornhaut nunmehr mit einem ringförmigen Laserblitz geöffnet werden.

Genie oder die Fähigkeit etwas Neues zu entdecken besteht immer darin, daß einem etwas Selbstverständliches zum ersten Mal einfällt.

Gustav Hertz

68

Impuls

Schülerzeitschrift für

PHYSIK · CHEMIE · BIOLOGIE

5/85

INDEX 322004

ISSN 0232-9220

PREIS 60 Pf.

19. Jg.

Büchermarkt
Mikro-
prozessor-
system U 880
(Teil 2)



Titelbild:
Komet
Bennett
Aufnahme des
Karl-
Schwarzschild-
Observa-
toriums
Tautenburg



Kometen-
sonden

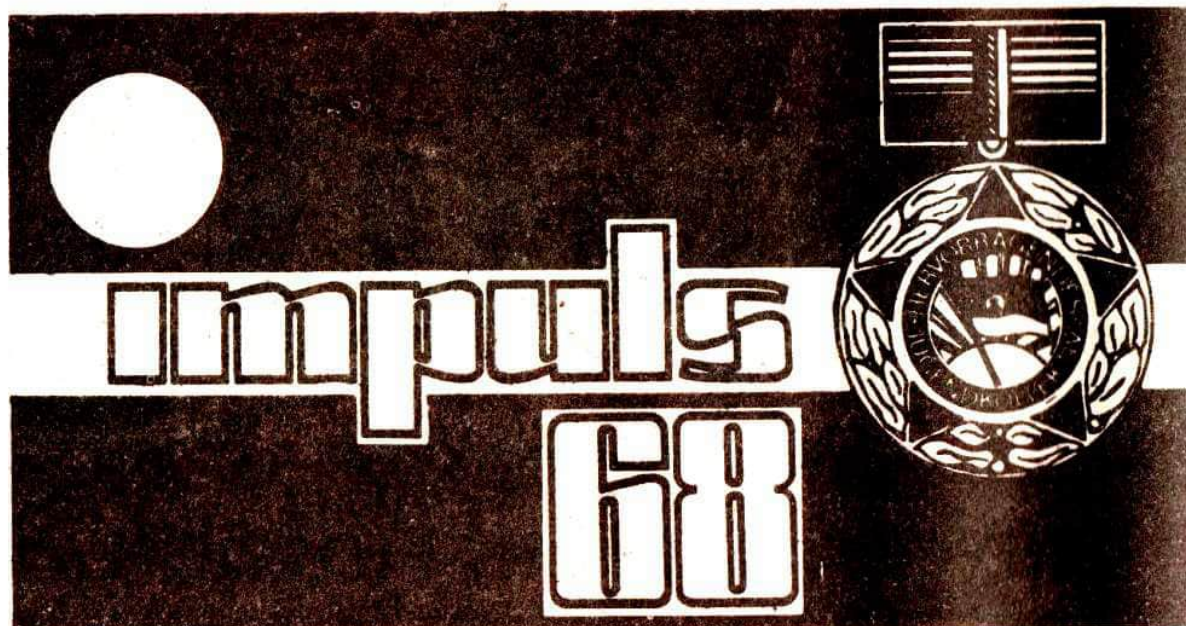


Wasser-
linsen –
die kleinsten
Blüten-
pflanzen



Physik-
aufgabe

Komet Halley besucht den erdnahen Raum
von Dr. Thomas Henning



Anette Gebhard	Wasserlinsen – die kleinsten Blütenpflanzen	BIO	Seite 3
Alexander Niehardt	4. Zentrale Physik-Studentenkonferenz		9
Alexander Niehardt	Tage der jungen Physiker 1985		11
	MOSAİK		14
Dipl.-Ing. G. Bläsche	Das Mikroprozessorsystem U 880 (Teil 2)	PHY	17
Wolfgang König	Träume wurden Wirklichkeit – K. E. Ziolkowski		24
	WISSENSWERTES		26
Wolfgang König	Büchermarkt		27
	Unsere Physikaufgabe		29
Dr. Thomas Henning	Komet Halley besucht den erdnahen Raum	ASTRO	31
Dr. Hans-Georg Reimann	Raumsonden zum Kometen Halley	ASTRO	36

impuls 68 – SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

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

Die Zeitschrift erscheint im Eigenverlag der Redaktion „impuls 68“

Anschrift der Redaktion: 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1, Telefon 2 71 22/2 17

Veröffentlicht unter der Lizenznummer 1570 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Minister Rates der DDR.

Erscheinungsweise: zweimonatlich

Heftpreis: –,60 M

Bezugsmöglichkeiten: durch den Postzeitungsvertrieb

Satz und Rollenoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, AN (EDV) 13228

REDAKTION:

Chefredakteur: Dr. Bringfried Stecklum, stellv. Chefredakteur: Dipl.-Phys. Michael Kaschke.

Redaktionsmitglieder: Dr. Rosemarie Hild, Dr. Roland Colditz, Dr. Jürgen Sauerstein, Elke Schönheinz, Silvia Butters, Antje Schlegel, Petra Richter, Peter Kroll, Alexander Niehardt

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

Gestaltung: Butters, Niehardt, Richter, Stecklum

Redaktionsschluß: 26. 7. 1985

Trifft man bei Spaziergängen in der Natur auf Teiche oder Tümpel, so stellt man fest, daß sie oft von einer grünen Pflanzenschicht bedeckt sind, die im Volksmund Entengrütze oder Entengrün genannt wird.

Diese Bedeckung kann je nach Jahreszeit, Standort oder äußeren Bedingungen die gesamte Wasserfläche oder nur kleine Areale einnehmen.

Es ist schon erstaunlich zu erfahren, daß sie aus unzähligen, winzigen Pflänzchen besteht, die die kleinsten Blütenpflanzen darstellen und daß sie als Forschungsobjekt für biologische Untersuchungen genutzt werden.

Taxonomisch zählen die unter der wissenschaftlichen Bezeichnung "Wasserlinsen" (lat. Lemnaceen) bekannten Pflanzen zu den Einkeimblättrigen und sind dort in die Ordnung Arales eingegliedert. Ihr Vorkommen begrenzte sich ursprünglich auf das tropische und subtropische Südamerika; im Laufe der Zeit jedoch besiedelten sie u.a. durch Einschleppung (z.B. Vögel) neue Gebiete, so daß sie heute fast über die ganze Erde verbreitet sind.

Zur Familie der Wasserlinsengewächse gehören 6 Gattungen mit 20 Arten.

In unserer Natur sind die Gattungen Spirodela und Lemna am häufigsten anzutreffen; Wolffia kommt seltener vor (s. Abb. 1 - 4). Die wenigsten Kenntnisse gibt es bisher über die Gattungen Pseudowolffia, Wolffiella und Wolffiopsis.

Beschäftigt man sich näher mit der Morphologie dieser eigentümlichen Pflanzen, erkennt man bereits ohne Lupe sofort, daß sich der Bau der Wasserlinsen von dem anderer Pflanzen etwas unterscheidet, denn die klare Einteilung in Sproß und Blatt fehlt. Es empfiehlt sich, selbst einmal eine Handvoll dieser Wasserlinsen aus einem Teich abzuschöpfen, um sich von der Aussage zu überzeugen.

Die Wasserlinsen besitzen stark vereinfachte Vegetationskörper, die entweder flach oder gewölbt sind. Viele Diskussionen gab es unter den Wissenschaftlern zur Deutung dieses Vegetationskörpers. Heute ist man der Meinung, daß die einzelnen Glieder, auch Fronds genannt, kompliziert aufgebaute Komplexe aus Sproßachse und Blatt (1) darstellen.

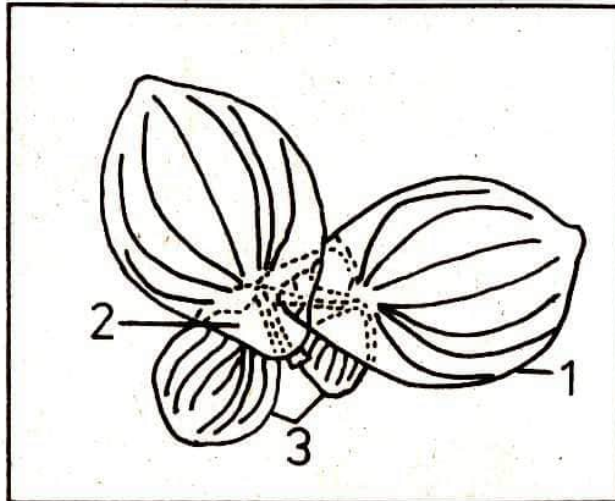


Abb.1 Spirodela polyrrhiza L. (Ansicht von oben)

Die vegetative Vermehrung der Wasserlinsen (Vermehrung ohne Samen) erfolgt durch ein in der Mutterpflanze angelegtes Bildungsgewebe. Dieses Bildungsgewebe befindet sich in ein oder zwei seitlich gelegenen Taschen (2), von wo aus entweder gleichzeitig oder alternierend die Tochterpflanzen (3) sprossen und sich früher oder später abgliedern.

Eine generative Vermehrung (Vermehrung über Samen) wird in unseren Gebieten kaum beobachtet. In der Literatur findet man Angaben, daß in Mitteleuropa die Gattung Wolffia überhaupt nicht blüht, die Lemna-Arten nur selten und Spirodela am seltensten. Da die Blüten sehr klein und daher mit bloßem Auge schwer zu entdecken sind, wird das Erkennen des generativen Zykluses erschwert.

Die Frucht der Wasserlinse ist eine Wasserbeere.

Um allen Interessenten die Möglichkeit zu geben, die verschiedenen Gattungen eindeutig bestimmen zu können, folgt eine kurze Charakteristik der typischen Vertreter (verändert nach Mühlberg).

1. Spirodela polyrrhiza (Gattung Spirodela), Teichlinse

Die Gattung wurde 1899 von Schleiden aufgestellt; Spirodela polyrrhiza ist die größte Art unter den Wasserlinsen.

Es sind auf der Wasseroberfläche schwimmende Pflanzen mit flachen Fronds. Ihr Durchmesser beträgt bis 1 cm.

Durch extreme Umweltbedingungen (z.B. Schwermetalle, tiefe Temperaturen) kann sich die Unterseite der Pflanze durch Anthocyan rot färben.

Durch **Abscheiden** von Überdauerungsorganen, sogenannten Turionen, werden ungünstige Lebensbedingungen überstanden.

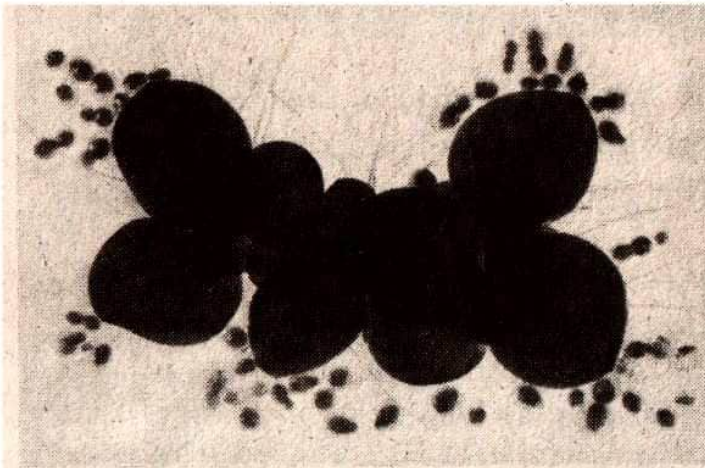


Abb.2

Spirodela polyrrhiza
(Ansicht von oben)
(Größenvergleich zwischen größten (Spirodela) und kleinstem Vertreter (Wolffia) der Lemnaceen)

2. Lemna minor (Gattung Lemna), Kleine Wasserlinse

Die Gattung wurde 1753 von Linné aufgestellt. Der Name kommt von limne (gr.) = Teich. Die Glieder sind flach eiförmig und etwa 0,5 cm lang. Jedes Glied mit nur einer Wurzel.

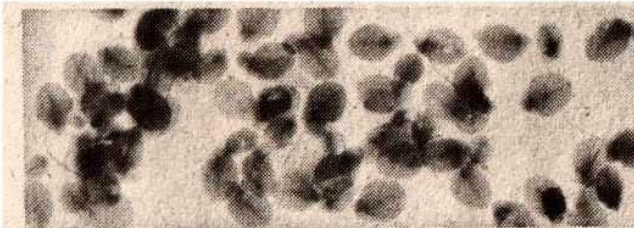


Abb.3

Lemna minor L.

3. Wolffia arrhiza (Wolffia), Zwergwasserlinse

Die Gattung wurde 1844 von Schleiden aufgestellt. Der Name wurde nach dem deutschen Arzt J.F.Wolff gewählt.

An der Wasseroberfläche und untergetaucht lebende Pflanze.

Die Fronds sind eiförmig, bis 1,5mm lang.

Die Wurzeln fehlen - deshalb "arrhiza".

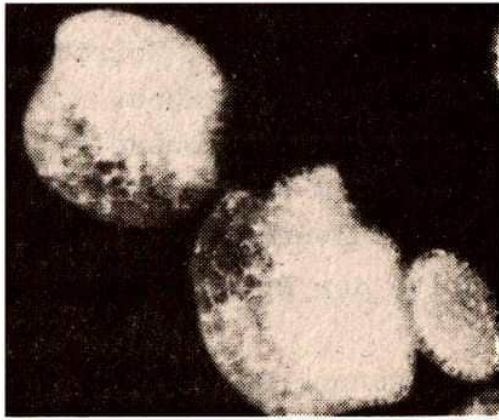


Abb.4
Wolffia arrhiza L.
(stark vergrößert)

Die Wasserlinsen weisen nicht nur aus morphologischer Sicht einige Besonderheiten auf, sondern sie werden im verstärkten Maße auch als Modellobjekt für physiologische und biochemische Untersuchungen genutzt.

Durch eigenes Arbeiten mit diesen Objekten kann ich einschätzen, daß die Wasserlinsen vielfältige Ansprüche, die an ein Modell-objekt gestellt werden, in sich vereinigen und so in hervorragender Weise für die Kultivierung viele Vorteile bieten. Zwei Vorteile gegenüber anderen Pflanzen sollen dabei besonders hervorgehoben werden.

Als erstes muß die relativ hohe und vor allen Dingen schnelle Biomassenproduktion genannt werden, die es erlaubt, in kurzer Zeit zu Ergebnissen zu gelangen. Die Verdopplungszeit der Gliederanzahl kann im günstigen Fall z.B. bei Wolffia 45 Stunden und bei Spirodela 48 Stunden betragen.

Als zweites sei die keimfreie Kultivierung der Wasserlinsen erwähnt, die Fremdeinflüsse z.B. durch Bakterien-oder Pilzbefall ausschließt.

Weiterhin erweist es sich als sehr günstig, daß neben der üblichen diskontinuierlichen Kultivierungsmethode die kontinuierliche verwendet werden kann.

Beide Verfahren unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Art der Nährlösungszugabe.

Bei der diskontinuierlichen Kultur erfolgt eine einmalige Nährstoffzufuhr. Die Wasserlinsen werden entweder in Reagenzgläsern oder Erlmeyerkolben aufbewahrt.

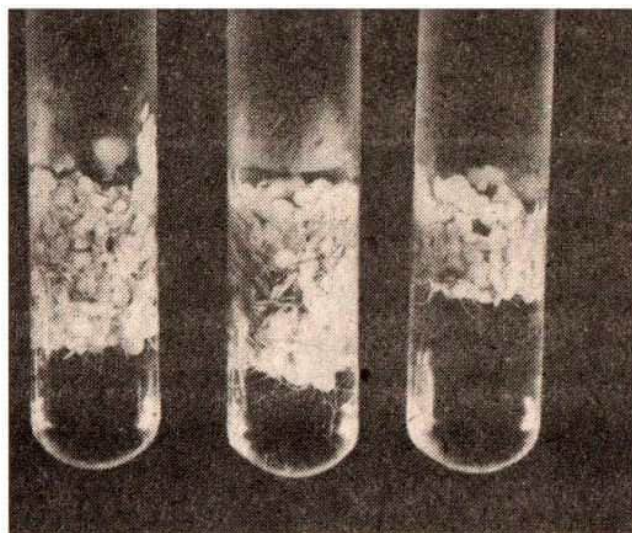


Abb.5 *Lemna minor* L. in **diskontinuierlicher** Kultur

Die kontinuierliche Kultur ist aus der Mikrobiologie übernommen worden und durch eine ständige Nährstoffgabe charakterisiert. Mit *Wolffia arrhiza* L. gelang es zum ersten Mal, eine höhere Pflanze als Ganzpflanze in dieser Form zu kultivieren.

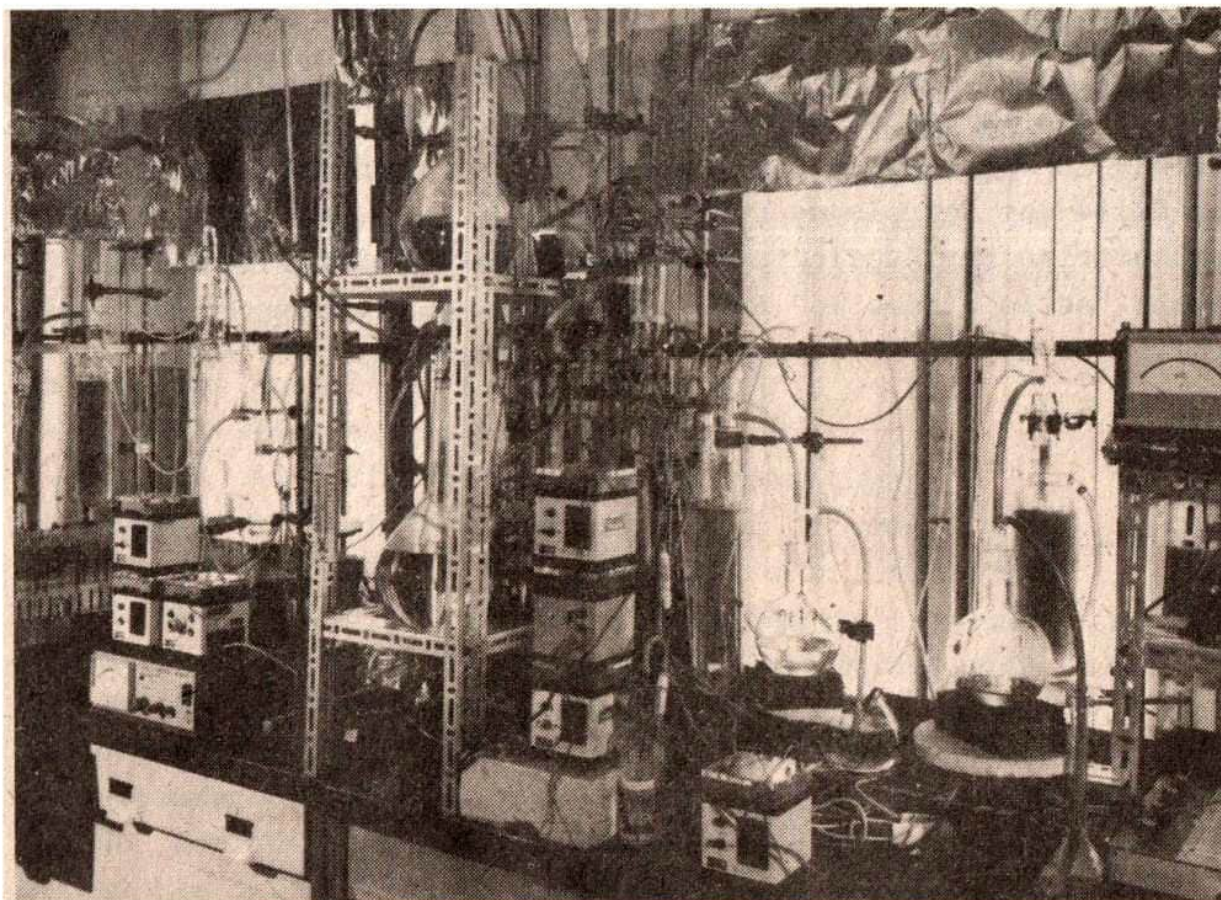


Abb.6 Kontinuierliche Kultur von *Wolffia arrhiza* L.
(Aufgebaut im Wissenschaftsbereich Pflanzenphysiologie
der FSU Jena)

Das Ergebnis dieser Technik sind physiologisch gleichartige Pflanzen, die sich deshalb besonders für physiologische Untersuchungen eignen.

Lösung der Physikaufgabe

Heft 4/85

Beide Kugeln haben wegen ihrer gleichen Masse und der gleichen materiellen Beschaffenheit (gleiche Dichte) das gleiche Volumen (was aus $V=m/\rho$ folgt). Beim Eintauchen in die Flüssigkeiten erfahren beide Kugeln einen Auftrieb, der sich nach der Formel

$$F_A = V_K \cdot \rho_{Fl} \cdot g$$

berechnet. Dabei sind: V_K - Volumen der Kugel

ρ_{Fl} - Dichte der Flüssigkeit

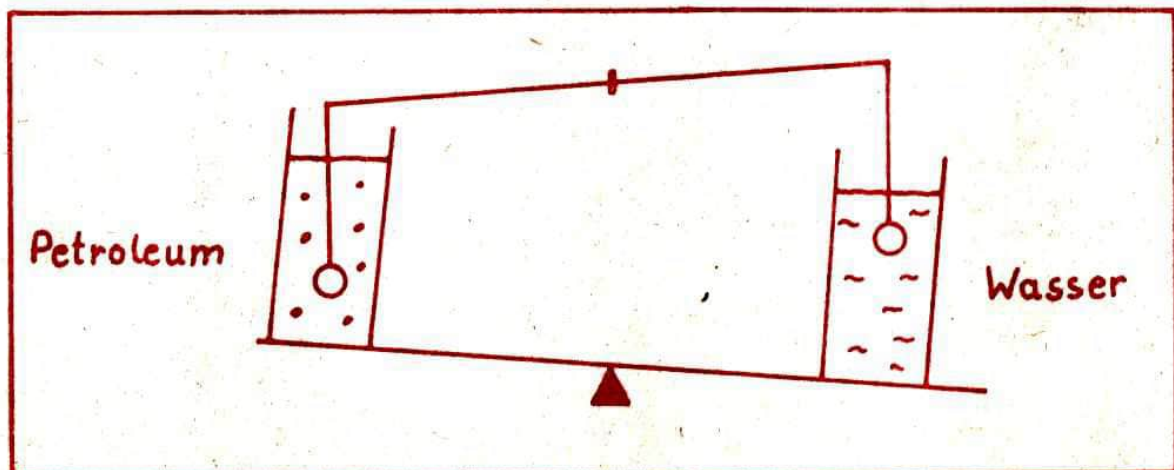
g - Erdbeschleunigung

Aufgrund der unterschiedlichen Dichten von Wasser und Petroleum

$$\rho_{H_2O} = 0.998 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \quad \rho_{Petr} = 0.750 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

erfährt die in Wasser eingetauchte Kugel einen größeren Auftrieb als die in Petroleum eingetauchte, wodurch sich die obere Waage zur Seite des Petroleums neigt.

Zum Auftrieb der Kugeln in den Flüssigkeiten wirken nach dem Gesetz "actio = reactio" auf die Gefäßböden gleichgroße Gegenkräfte, so daß sich die untere Waage entgegengesetzt neigt.



4. Zentrale Studentenkonferenz physikbildender Einrichtungen der DDR 1985 in Jena

Die Sektion Physik der Friedrich-Schiller-Universität Jena veranstaltete am 10. und 11. Mai 1985 im Auftrag des Ministers für Hoch- und Fachschulwesen mit Unterstützung des wissenschaftlichen Beirates für Physik beim MHF, der Universitätsleitung und der Sektion Marxismus-Leninismus der FSU sowie des Kombirates VEB Carl Zeiss Jena die

4. Zentrale Studentenkonferenz

"Physik und die Entwicklung der sozialistischen Gesellschaft".

Zwei Plenarvorträge leiteten die von Prof. Wilhelmi, Rektor der FSU, eröffnete Konferenz ein, zum einen mit dem Thema "Zur Funktion der Physik in der Volkswirtschaft" von Prof. Dr.K.-H.Müller, Kombinat VEB Carl Zeiss Jena, und zum anderen mit der "Rolle des militärstrategischen Gleichgewichts im Kampf um die Erhaltung des Friedens. Konsequenzen und Forderungen an die Naturwissenschaften" von Generalmajor Prof. Dr. R. Lehmann, Stellvertreter des Chefs der Militärakademie "Friedrich Engels" Dresden.

In den vier parallelen Arbeitskreisen

- . Physik und ökonomische Strategie
 - . Physik und sozialistische Landesverteidigung
 - . Physik und weltanschauliche Bildung und
 - . Der Physiklehrer in der sozialistischen Gesellschaft
- erörterten die über 150 Studenten und jungen Wissenschaftler physikbildender Einrichtungen unseres Landes das große Feld der Beziehungen zwischen der Wissenschaft Physik einerseits und der Gesellschaft andererseits an konkreten Beispielen aus ihrer wissenschaftlichen Arbeit, aus den Studienanforderungen und aus der jüngeren Physikgeschichte in der DDR, sowie der Geschichte des Mißbrauchs der Wissenschaft Physik in den entwickelten kapitalistischen Ländern.

Bereits am 9. Mai trafen sich über 80 Vertreter der Sektionen Marxismus/Leninismus und der Sektionen Physik zu einem zentralen Erfahrungsaustausch, um Schlußfolgerungen für die Erhöhung der Wirksamkeit der marxistisch-leninistischen Grundlagenbildung und Erziehung der Physikstudenten abzuleiten. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse spielten auf der Studentenkonzferenz eine wesentliche Rolle.



Prof. Dr. Wilhelm
Foto: Schönau



Generalmajor Prof. Dr. Lehmann
Foto: Richter

Eine durch Studenten und junge Wissenschaftler der FSU gestaltete Leistungsschau ergänzte den während der Tagung geführten Erfahrungsaustausch wirkungsvoll. Besondere Aufmerksamkeit fanden dabei die Ergebnisse des Jugendobjektes "Mikrorechner in der Lehre". Die Mitglieder dieses Jugendobjektes entwickelten und entwickeln vielseitige Programme zum Lernen und Lehren per Bildschirm. Nennenswert sind dabei die Programme für das Fach Astronomie zum Thema "Sternbilder - Erkennung, Bezeichnung, Hauptsterne" sowie ein aktuelles Programm zum "Halley'schen Kometen".

Auch "impuls 68" war auf dieser Leistungsschau mit einer Schautafel sowie einer Ausstellungsvitrine "impuls 68 - Vom Manuskript zur Zeitschrift" vertreten.

Ein reichhaltiges kulturelles Angebot rundete das Tagungsprogramm ab. Der Studentenklub "Musik in Hörsaal" (MIH) stellte Karten für ein Konzert zur Verfügung. Bei einem geselligen Beisammensein aller Tagungsteilnehmer in der Mensa des Universitätshochhauses sorgten die studentische Singe- und Instrumentalgruppe "Siebenschläfer" sowie die Volkstanzgruppe mit einer Tanzschule "Alte Volkstänze und Weisen" für Stimmung und gute Laune.

Tage der jungen Physiker 1985 in Jena

Die Abteilung Volksbildung beim Rat des Bezirkes Gera und die Bezirksleitung der FDJ veranstalteten vom 9. bis 18. Juli in Jena mit Unterstützung der Sektion Physik der Friedrich-Schiller-Universität und des Kombirates VEB Carl Zeiss Jena die ersten DDR-offenen

"Tage der Jungen Physiker".

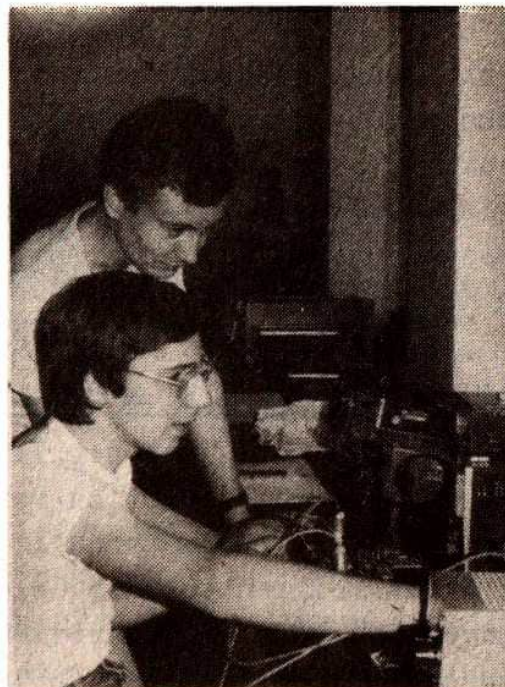
50 Jungen und Mädchen aus allen Teilen der Republik waren angereist, um in zahlreichen Veranstaltungen ihre Kenntnisse auf physikalischem Gebiet zu vertiefen. Übungsseminare zu den Themen Mechanik, Thermodynamik, Elektrizitätslehre und Optik boten allen Teilnehmern die Gelegenheit, sich gründlich auf die Lagerolympiade vorzubereiten. Weiter beinhaltete das wissenschaftliche Programm Vorlesungen zu den Themen Akustik und Tieftemperaturenphysik sowie mehrere Grund- und Elektronikpraktika. Die Sektion Physik der Universität und das Kombinat VEB Carl Zeiss stellten dafür umfangreiche wissenschaftlich-technische Mittel zur Verfügung.

Trotz aller Wissenschaft kam auch die Freizeit nicht zu kurz. Bei Sport und Spiel sowie einer Orchideenwanderung durch das Leutertal konnten sich alle Schüler ausreichend erholen.

Die "Jenaer Physikertage", wie sie auch oft genannt werden, haben bereits eine lange Tradition als Bezirksspezialisten-

lager. Viele Leser von "impuls 68" haben schon an ihnen teilgenommen. Ehemalige Teilnehmer studieren heute an unseren Hochschulen und Universitäten Physik oder haben ihr Studium bereits erfolgreich abgeschlossen. Einige von ihnen widmen sich heute der Förderung talentierter Schüler auf dem Gebiet der Physik, so auch in der Redaktion von "impuls 68".

Gastgeber der diesjährigen Physikertage war die Spezialschule "Carl Zeiss" Jena. Ein Kollektiv, bestehend aus Lehrern, Schülern und technischen Mitarbeitern, kümmerte sich rührend um die Absicherung der Teilnehmerunterbringung, der Verpflegung sowie von Veranstaltungen und gestaltete den Aufenthalt an der Schule so angenehm wie möglich. Dafür unseren herzlichen Dank.



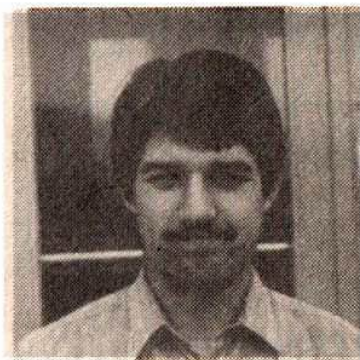
Auf dem Gebiet der Physik-Spezialisten- und Bestenförderung langjährig erfahrene Pädagogen und Betreuer standen den jungen Physikern hilfreich bei der Bewältigung des umfangreichen Stoffes zur Seite.

Einen Höhepunkt der Physikertage bildete die Lagerolympiade. In der Rubrik "Unsere Physikaufgabe" veröffentlichen wir für euch die in zwei Klassenstufen gestellten Aufgaben. Wir wünschen euch beim Lösen dieser physikalischen Probleme viel

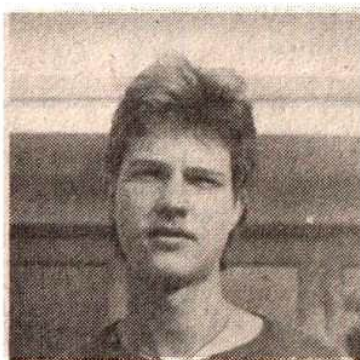
Vergnügen. Die Lösungen der Aufgaben findet ihr im nächsten Heft.

Zunächst möchten wir euch aber die Preisträger der während dieser Tage geschriebenen Klausur vorstellen.

In der Klassenstufe 11/12 erzielte Otmar Wanierke von der Berufsschule "Ernst Thälmann" des Kombinates VEB Carl Zeiss Jena einen ersten Preis. Weitere erste Preise wurden in dieser Klassenstufe an zwei Frühstarter, Schüler der Klassenstufe 9/10, vergeben: Volkmar Preuß von der Spezialschule "Carl Zeiss" in Jena und Steffen Winterfeld von der Spezialschule "Georg Thiele" in Kleinmachnow.



Otmar Wanierke



Volkmar Preuß



Joachim Rudolph

Joachim Rudolph von der EOS II in Gera konnte in der Klassenstufe 9/10 mit deutlichem Punktevorsprung selbst die Teilnehmer aus den Spezialschulen physikalisch-technischer Richtung auf die Plätze verweisen.

Allen Preisträgern unseren herzlichen Glückwunsch!



Abschlußveranstaltung im Jugendklub Burgau des Kombinates VEB Carl Zeiss Jena (Mitte: Steffen Winterfeld)

Fotos: Wagner

MOSAIK

aus URANIA 1/85–3/85
und Wissenschaft und Fortschritt 2/85

Spatzen

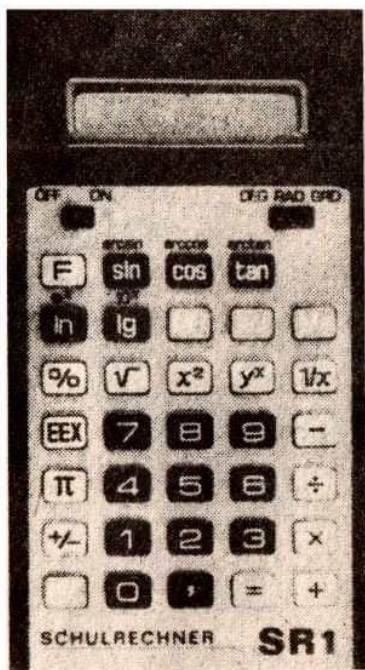
sehen unsere Welt wie durch eine rosarote Brille. Die Sehnervendigungen in der Netzhaut des Spatzenauges (die sogenannten Zapfen) enthalten gelbrote Öltröpfchen, die durch ihre lichtfilternde Wirkung die blauen und grünen Spektralteile des Lichtes schwächen und dem Spatz seine Umgebung im rosa Licht erscheinen lassen.

Antarktis enthält 80 % der Süßwasservorräte der Erde

In der größten »Kältekammer der Welt«, der Antarktis, lagern auf einer Fläche von 14 Millionen Quadratkilometern rd. 25 Millionen Kubikmeter Eis, wie sowjetische Polarforscher errechneten. Eine Vorstellung davon, wie gewaltig der Eispanzer am Südpol ist, vermittelt eine Berechnung von Experten des Arktischen und Antarktischen Forschungsinstitutes in Leningrad. Danach enthält die Eiskuppel des sechsten Kontinents 80 % des Süßwassers auf unserem Planeten. Das Antarktiseis gleichmäßig auf die Gesamtoberfläche unseres Planeten verteilt, ergäbe eine 50 m starke Eisdecke. Würde dieses Eis schmelzen, so wäre der Wasserstand der Weltmeere um 60 bis 70 m höher. Etwa 10 % der Fläche des derzeitigen Festlandes wären dann überflutet.

Faultiere schlafen nicht nur, sie träumen auch

Wer eng mit einem Hund zusammenlebt, weiß um seine Träume. Gedämpftes Bellen und zuckende Beine lassen oft ahnen, worum es darin geht. Jetzt wurden unsere sehr geringen Kenntnisse von der Traumbefähigung anderer Tiere bereichert: Brasilianische Wissenschaftler stellten mit Hilfe von Elektroenzephalogrammen fest, daß Dreifingerfaultiere 66 % des Tages verschlafen. Davon können andere Pflanzenfresser, die die gleiche Zeit oder noch länger fressen oder wenigstens kauen müssen, nur träumen. Aber Faultiere träumen auch! 15 % der Schlafzeit entfielen auf bis zu acht Minuten andauernde Phasen von Traumschlaf. Und man konnte sogar mit einiger Sicherheit feststellen, wovon sie träumen: vom Fressen! Der Rhythmus der Ableitungen entspricht nämlich ganz dem der Abbeißbewegungen. Offen bleibt allerdings, ob die Faultiere noch einmal das Abendbrot von gestern nacherleben oder sich schon prognostisch mit dem Frühstück von morgen beschäftigen...



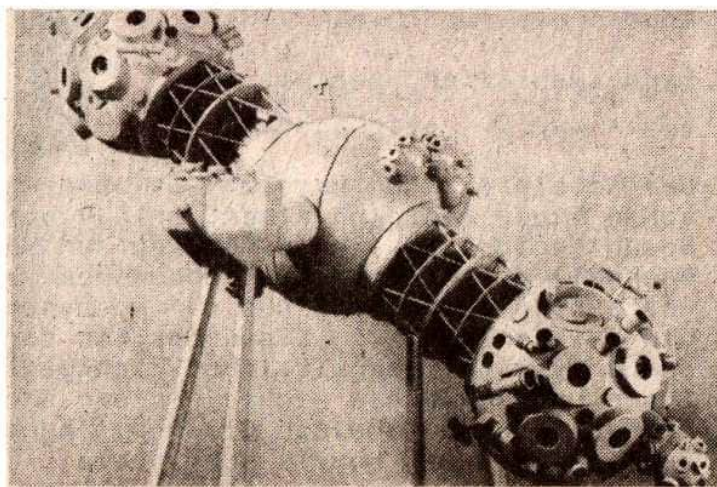
Das ist der Rechner SR 1, der ab diesem Jahr in den Schulen Verwendung findet.

Erstmal ionisiertes Uranatom

Wissenschaftlern in Berkeley (USA) ist es erstmals gelungen, Uranatomen alle 92 Elektronen zu entreißen. Fängt ein solcher Atomkern ein Elektron ein, verhält sich das Gebilde wie ein Wasserstoffatom. Da der Kern aber 92 positive Ladungen enthält, ist die Energie des ausgesendeten Lichtes wesentlich höher. Es lassen sich damit quantenelektrodynamische Effekte in starken Feldern studieren. Die Ionisation der Uranatome erfolgte in mehreren Schritten. Die die Ionenquelle verlassenden fünffach geladenen Atome wurden zunächst in der Super-Hilac-Anlage beschleunigt und durch eine Kohlenstoffolie geschossen. Danach waren die Atome 68fach geladen. Nun erfolgte eine weitere Beschleunigung im Bevalac-Synchrotron. Nach dem Durchgang durch eine Kupferfolie hatten die Uranatome die restlichen 24 Elektronen verloren.

Das Großplanetarium

COSMORAMA vom Kombinat VEB Carl Zeiss Jena vereint bewährte und weiterentwickelte optische und mechanische Systeme. Zu den Neuheiten gehören u.a. die Mondphasen- und die Planetensteuerung. Ebenfalls neue Projektionsobjektive, verbesserte Fixsternplatten und rechnergesteuerte Lampenhelligkeit sind einige Merkmale, die für die Projektion eines naturgemäßen Planetariumshimmels stehen. Völlig neuartig jedoch ist das Bedienprinzip. Die Steueranlage ist mit 6 Mikrorechnern ausgerüstet. Sie ermöglicht dem Vortragenden alle Varianten der Bedienung vom manuellen bis zum automatischen Betrieb. COSMORAMA ist für Planetariumsanlagen mit Kuppeldurchmessern von 17,5 bis 25m konzipiert.



Bei der jüngsten Weltmeisterschaft der Schachcomputer

in Budapest war auch ein Erfurter Gerät mit von der Partie. Im VEB Mikroelektronik »Karl Marx« entwickelt und produziert, wurde der »Schachspieler«, der über Sensoren automatisch Figuren erkennen kann, erst in der Endrunde matt gesetzt. Diese mikroelektronische Technik entstand vorwiegend in der Regie junger Arbeiter und Ingenieure.

Bremsweganzeiger

Ein für alle Kraftfahrzeugtypen geeignetes elektronisches Instrument, das zu jeder Zeit die Länge des Bremsweges und die Zeit bis zum Stillstand des Wagens anzeigt, ist in der Ungarischen VR entwickelt worden. Das Gerät wird an das Tachometer angeschlossen und auf die jeweiligen Witterungsverhältnisse eingestellt. Auf Knopfdruck erhält der Fahrer - digital angezeigt - die Länge des Bremsweges bei der gegenwärtigen Fahrgeschwindigkeit.

Nobelpreis für Physik 1984:

Experimenteller Nachweis der $W^{\pm}$ - und Z^0 -Eichbosonen

Der Nobelpreis für Physik 1984 wurde gemeinsam an den italienischen Experimentalphysiker Carlo Rubbia und den niederländischen Beschleunigerphysiker Simon van der Meer für den experimentellen Nachweis der $W^{\pm}$ - und Z^0 -Eichbosonen vergeben. Beide arbeiten am westeuropäischen Institut für Hochenergiephysik CERN in Genf. Die Existenz und die Eigenschaften der W - und Z -Eichbosonen wurden von der einheitlichen Eichfeldtheorie der elektromagnetischen und schwachen Wechselwirkung vorhergesagt; für diese Leistung erhielten Sheldon Glashow, Abdus Salam und Steven Weinberg bereits 1979 den Physik-Nobelpreis.

Über die elektroschwache Eichfeldtheorie haben wir bereits in Heft 2/84 im Artikel »Quarks und Leptonen«, Teil 3, berichtet.



Das Mikroprozessorsystem U 880

– Teil 2 – von Dipl.-Ing. G. Bläse, Weißwasser

3. Systemschaltkreise U 880

3.1. Die CPU U 880 D

Das Blockschaltbild dazu ist im Bild 4 /5/ zu sehen. Die CPU kommuniziert mit der Umwelt über den 8-bit breiten bidirektionalen Datenbus, den 16-bit unidirektionalen Adreßbus und mittels der CPU-System- und Steuersignale. Die Datenbussteuerung stellt die Verbindung des externen mit dem internen Datenbus her und besteht aus bidirektionalen Ein/Ausgangsstufen, welche durch die CPU gesteuert werden.

Die Adreßbussteuerung ermöglicht die Koordinierung des Informationsaustausches, um zu vermeiden, daß gleichzeitig mehrere Signalquellen um eine Informationsleitung kämpfen. Dadurch werden auch Bauelementedefekte vermieden.

Mit Befehlsregister und Befehlsdekoder sind wichtige Bausteine für die Befehlsverarbeitung gegeben. Im Befehlsregister wird der vom externen Programmspeicher (EPROM) geholte Befehl zwischengespeichert. Der vom Befehlsregister kommende Befehl wird dem Befehlsdekode

r zugeleitet und dort für die Steuerung des Funktionsablaufes des Mikroprozessors, die Steuerung der Arithmetik-Logik-Einheit, der Register und der Adressensteuerung dekodiert.

Die Arithmetik-Logik-Einheit (ALU) ist die Recheneinheit der CPU. Hier werden die eigentlichen Datenmanipulationen (Operationen mit Bitmustern) ausgeführt. Die ALU kann logische und arithmetische Operationen ausführen. Zu diesen Operationen gehören:

Addition
Subtraktion
Inkrementieren

Kürzel (Mnemonic)

ADD
SBC
INC

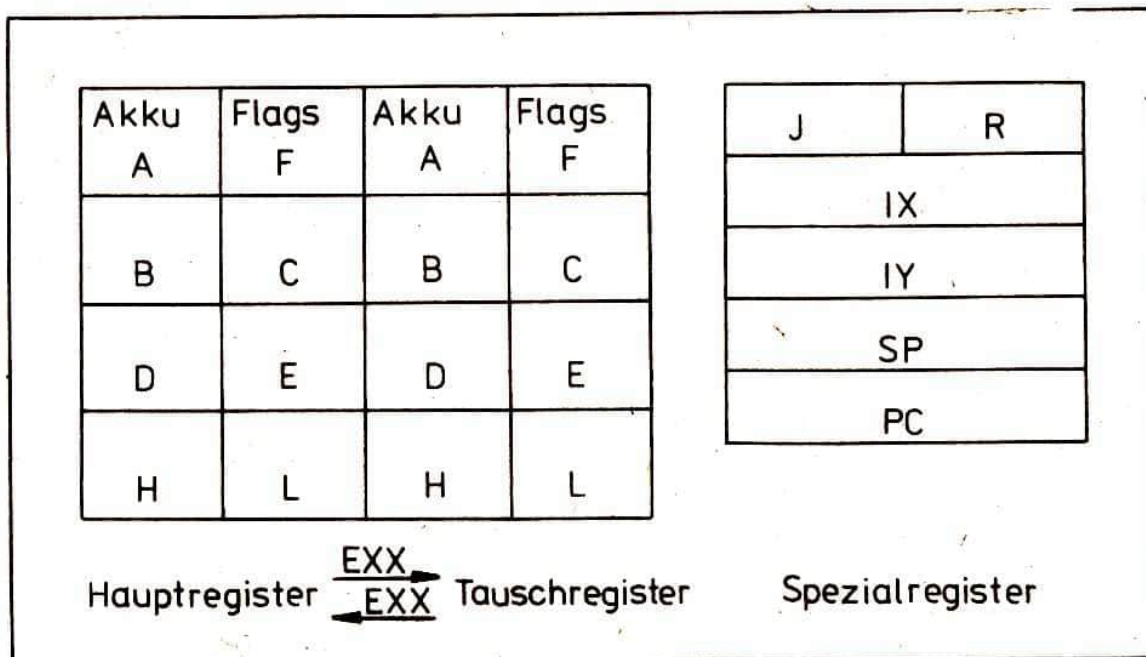
	<u>Kürzel</u> (Mnemonic)
Dekrementieren	DEC
Bitstzen	SET
Bitrücksetzen	RES
Bittesten	BIT
Logisches UND	AND
Logisches ODER	OR
Exklusiv ODER	XOR
Links- und Rechtsschieben	SLA
(arithmetisch und logisch)	SLC
Links- und Rechtersrotieren	RLA
(bit- und digitweise)	RLC
Vergleichen	CP

u.a.

Die genannten Operationen werden über das Anwenderprogramm vereinbart. (Befehle)

Der als CPU-Register gekennzeichnete Block besteht aus einem Hauptregistersatz und einem Tauschregistersatz. Beide bestehen aus statischen Speicherzellen von der Art eines RAM's mit einer Speicherkapazität von 208 bit. Die Umschaltung vom Hauptregistersatz auf den Tauschregistersatz erfolgt softwaremäßig mit speziellen Befehlen für schnelle Bearbeitungsroutinen. Der Aufbau des Registersatzes ist in Bild 5 dargestellt. Die Register A und F sind für spezielle Aufgaben vorgesehen. Das A-Register (auch Akkumulator) enthält das Ergebnis von 8-bit logischen und arithmetischen Operationen. Dabei enthält F-Register (Flagregister) Nebenergebnisse des Rechenwerkes, welche sich aus vorstehend genannten Operationen ergeben. Es handelt sich hierbei um Einzelbit-Speicherzellen, deren Zustand (0 oder 1) zur weiteren Bearbeitung herangezogen werden können (z.B. Programmsprung oder kein Programmsprung). Die restlichen 6 Register sind für die allgemeine Verwendung nutzbar, wobei in der Kombination BC; DE und HL auch 16-bit Operationen möglich sind (dazu sind auch spezielle Befehle vorhanden).

Zu diesem vorgestellten Registersatz existiert noch ein Satz Spezialregister (Bild 5). Dieser Satz enthält unter anderem den Programmzähler (Program counter), auch als Befehlszähler bezeichnet. Ist die CPU in Grundstellung, dann beginnt er ab Adresse 0000H die Befehlsbearbeitung und erhöht mit jedem Be-



Register der CPU

fehlsword seinen Zählerstand automatisch um eins, so daß der nachfolgende Befehl aufgerufen wird.

Treten Programmsprünge auf, dann legt der gelesenen Befehl die neu anzuspringende Adresse fest. Bei einem Unterprogrammaufruf muß sich der Prozessor die Rückkehradresse für die weitere Bearbeitung des Hauptprogrammes merken. Dazu wird diese Adresse in den Keller ("gekellert") gebracht. Auf diese Kelleradresse im RAM, wo der Rückkehrbefehl steht, weist der Kellerzeiger (Stack-Pointer). Der Stack-Pointer kann vom Anwender festgelegt werden. Er beginnt im Gegensatz zum Befehlszähler mit dem höchsten Wert und wird jeweils automatisch mit jeder Einkellerung dekrementiert. Wird die Adresse aus dem Keller geholt, dann läuft dieser Vorgang rückwärts ab. Dieses Prinzip wird LIFO genannt (Last in, First Out; der zuletzt eingelesene wird zuerst ausgelesen)!

Die Indexregister IX und IY sind für besondere Adressierungsarten vorgesehen und erhöhen z.B. für die Bearbeitung von Tabellen den Softwarekomfort.

Über das Refresh-Register wird automatisch die Auffrischadresse für dynamische RAM-Speicher ausgegeben.

Eines der wichtigsten Register für die Unterbrechungsarbeit (Interrupt) ist das I-Register (Interrupt-Vektor-Register). Dieses Register wird vom Anwender frei geladen und enthält danach

S	Z	X	H	X	PIV	N	CY
Signum	Zero		Half carry		Parity/ Overflow	Add./Sub. Flag	Carry
Ergebnis ist negativ	Ergebnis einer Operation ist Null		aus nieder- wertigen 4-bit ge- wonnen		Bit 7 bringt Zahlenüber- lauf oder Quersumme der Bitfolge ist gerade	wird ge- setzt, wenn der letzte Operation eine Sub- traktion war	Übertrag Addition bzw. der Subtraktion (negativ)

Struktur des Flagregisters

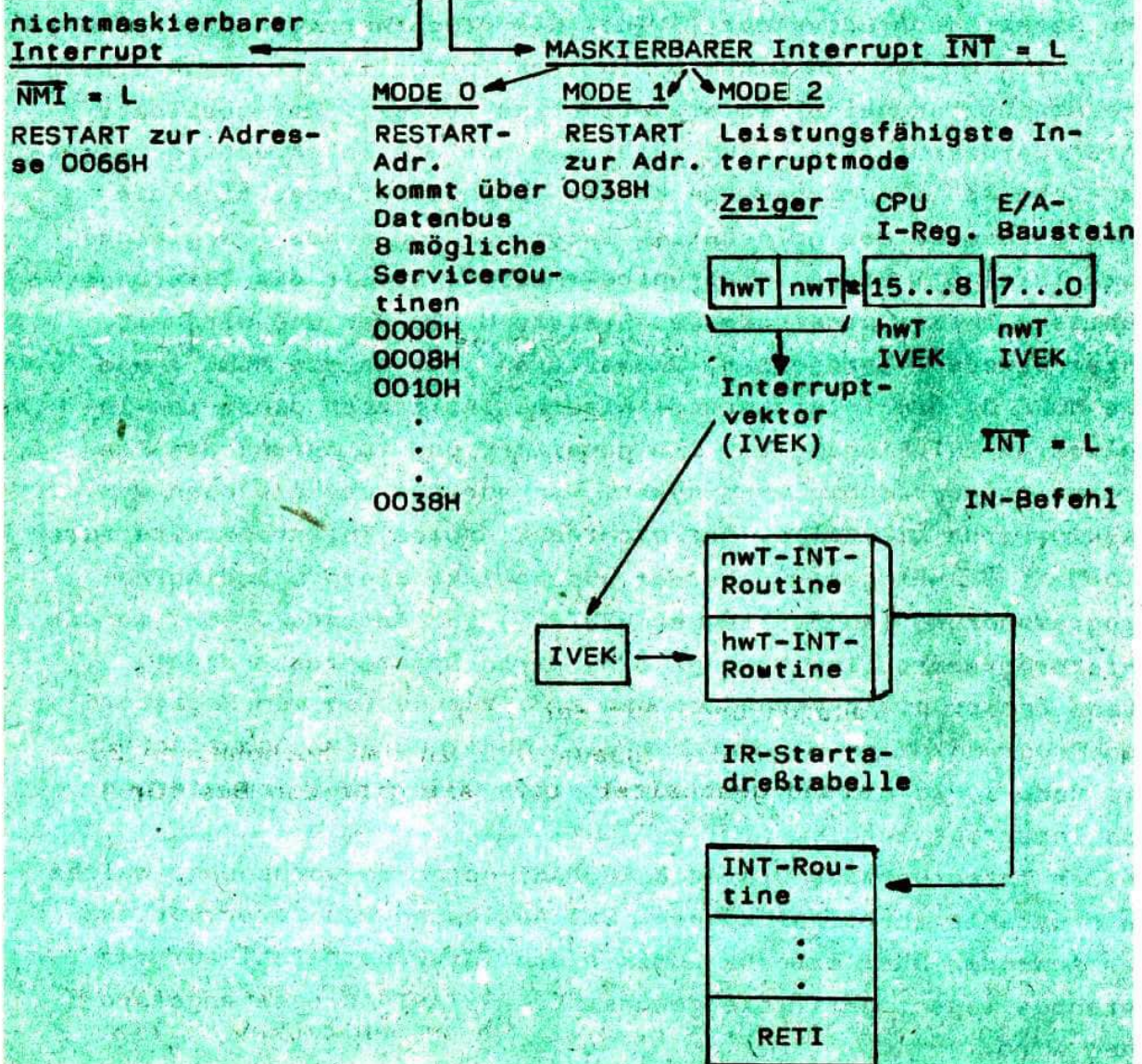
den höherwertigen (hWT) Adreßteil $I_7...I_0 = IV_{15}...IV_8$ für einen Gesamtinterruptvektor (IVEK). Die niederwertigen Bit's (nWT) $IV_7...IV_0$ werden von einem peripheren Tor geliefert, wenn dieses die Abarbeitung einer Interruptroutine fordert. Der gebildete Interruptvektor $IV_{15}...IV_0$ weist nun auf die Interruptstartadressen-Tabelle im Speicher. In dieser Tabelle befindet sich die Anfangsadresse des geforderten Interruptprogrammes (vergleiche dazu Tafel 5). Diese Interruptbearbeitung stellt die leistungsfähigste Interruptmethode des Systems U 880 dar und wird mit Interruptmode 2 bezeichnet. Desweiteren gibt es die MODE 1 und die MODE 0. Die Interruptmode wird bei Auftreten eines low-Impulses am INT-Eingang der CPU generiert und zu Anfang des Programmes softwaremäßig vereinbart. Man spricht deshalb auch vom maskierbaren Interrupt. Der nichtmaskierbare Interrupt wird durch "low" am NMI-Eingang ausgelöst und bewirkt einen unbedingten Programmsprung (automatischer RESTART) zur Adresse 0066H, wo die Unterprogrammroutine beginnt bzw. deren Startadresse steht. Diese Interruptart verwendet man z.B. zum Retten von Registern und Programmteilen bei Netzausfall. Ähnliche Wirkungsweise hat die Mode 1, wo ein RESTART zur Adresse 0038 H bei Generierung von Interrupt erfolgt ($\overline{INT} = \text{"low"}$).

In der Interruptmode 0 sind 8 RESTART-Adressen vorhanden, welche je 8 Befehle enthalten können. Bei Auslösung von Interrupt muß der Anwender über externe Logik einen Interruptbefehl auf den Datenbus legen, damit die gewünschte RESTART-Adresse angesprochen wird.

Da jede Interruptroutine durch eine Adresse von 16 bit adressiert wird, steht sie in der Interruptstartadrestabelle (Speicher) mit einem niederwertigen und einem höherwertigen Teil eingetragen. Das bedeutet, daß die 256 Möglichkeiten, die durch den nWT des Interruptfaktors vom E/A-Tor geliefert werden, zu halbieren sind. Es können also maximal 128 Interruptroutinen gebildet werden.

Abschließend soll noch auf die CPU-Steuerung eingegangen werden. Alle zeitlichen Abläufe werden zunächst einmal vom Takt bestimmt. Mehrere solcher Takte bilden einen Maschinenzyklus. Jede Befehlsbearbeitung beginnt generell mit dem M1-Zyklus. Dieser Zyklus besteht aus 4 Taktzuständen, während dieser Zeit holt die CPU

INTERRUPT-Bearbeitung



einen Befehl aus dem Speicher, decodiert diesen Befehl und leitet die weitere Bearbeitung ein. Das könnte man sich so vorstellen, als ob in der CPU nach jedem decodierten Befehl eine neue Verdrahtung (neue Schaltungsstruktur) vorgenommen wurde. Generell lassen sich folgende Maschinenzyklen unterscheiden:

- Befehlslesezyklus (M1-Zyklus)
- Datenschreibeszyklus
- Datenlesezyklus
- Daten-E/A-Zyklus
- Interrupt-Akzeptanzzyklus
- Busanforderungszyklus
- HALT-Zyklus

Je nach Zyklus kann der Prozessor externe und interne Steuersignale aussenden. Interne Steuersignale sind solche zum Laden, Austauschen und Verschieben sowie Verknüpfen (logisch und arithmetisch) von Registern. Externe Signale sind HALT, MREQ, IORQ, RFSH, M1, BUSRQ, WR und RD.

In Tafel 6 ist die Bedeutung der Signale aufgezeigt.

Tafel 6: Steuersignale der CPU U 880 D (extern)

Steuersignal	Bedeutung
M1	CPU liest Befehl oder den Interruptvektor
MREQ	CPU hat auf den Adreßbus die gültige Adresse für eine Speicheroperation gelegt
IORQ	CPU hat Adresse für eine E/A-Operation auf den Adreßbus gelegt
RD	CPU will Daten lesen
WR	CPU will Daten schreiben (Ausgabe an ein Tor oder an einen Speicher)
RFSH	CPU hat Refresh-Adresse auf den Databbus gelegt
HALT	CPU befindet sich im Haltzustand (keine Befehlsausführung, nur Refresh)
BUS	CPU hat die Busegänge in den hochohmigen Zustand geschaltet, d.h. sie gibt den Bus für DMA Betrieb ab

In ihrer Kombination geben die Signale den entsprechenden Zyklus an (z.B. M1 MREQ RD = Befehl aus dem Speicher einlesen). Es besteht die Möglichkeit, mit diesen Signalen Impulsdigramme (Timings) für jeden Zyklus zu zeichnen. An dieser Stelle soll allerdings hier darauf verzichtet werden.

Zur Steuerung der CPU gibt es noch weitere Signale wie BUSRQ, RESET und WAIT. Mit WAIT = "low" fügt die CPU Wartezustände ein. Dies ist für Synchronisationszwecke von Bedeutung. Das Signal BUSRQ = "low" stellt die Bus-Anforderung eines DMA-Bausteines dar. RESET = "low" bedeutet, daß die CPU in den Grundzustand gebracht wird, d.h. Rücksetzen des PC auf 0000H, des I-Registers auf 00H, des R-Registers auf 00H und setzen der Interruptmode 0 sowie Rücksetzen des Interruptfreigabeflipflops. Das Signal RESET wird in der Regel mit der Netzzuschaltung generiert.

Zur Programmierung der CPU und der im nachfolgenden beschriebenen Systemelemente wird im Punkt 4 eingegangen.

(Fortsetzung 6/85)

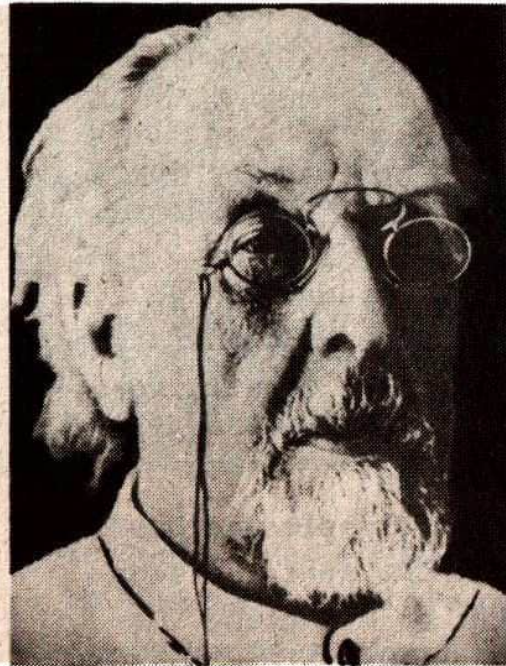
Wolfgang König
Schul- und Volks-
sternwarte Suhl

Träume wurden Wirklichkeit
oder
die erstaunlichen Pläne
eines Weltraumpioniers

ASTRO

Am 19. September 1985 jährt sich der Todestag eines genialen Theoretikers der Raumfahrt zum fünfzigsten Mal. Die folgenden Ausführungen sind Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski gewidmet mit dem Ziel, darzustellen, was sich auf dem Gebiet der Raumfahrt seit einem halben Jahrhundert getan hat.

Den Start von Weltraumraketen erlebte der russisch-sowjetische Gelehrte nicht mehr, obwohl die ersten Versuchsflüge kleiner



K. Ziolkowski

1857 - 1935

Flüssigkeitsraketen noch in die Ära des "Vaters der Weltraumfahrt" fielen. Vorausschauend sagte K.E. Ziolkowski (1857 - 1935) in einer Maliansprache im sowjetischen Rundfunk: "Durch den Fleiß und die Arbeit der Werktätigen konnte ein kühner Traum der Menschheit, die Eroberung des Reiches der Wolken, verwirklicht werden (gemeint war damit das Flugwesen, d.V.). Jetzt bin ich dessen sicher, daß auch mein anderer Traum, der Weltraumflug, den ich theoretisch begründete, Wirklichkeit werden wird..."

1957 war es soweit. Nur 22 Jahre nach dem Tod Ziolkowskis startete die UdSSR den ersten künstlichen Erdsatelliten, Sputnik 1, und stieß damit der Menschheit das Tor zum Weltall auf. Bereits dreieinhalb Jahre danach umkreiste Juri Gagarin als erster Mensch den Erdball.

Ziolkowski, dessen Bildungsweg ebenso ungewöhnlich verlief wie die Methoden seines Forschens und Lernens ungewöhnlich waren,

verfügte über die Fähigkeit, auf der Grundlage seiner wissenschaftlichen Arbeiten die Entwicklung der Raketentechnik zu prognostizieren. Eine wesentliche Voraussetzung dafür war die gewissenhafte Auseinandersetzung mit den Naturwissenschaften und der Technik des 19. Jahrhunderts. Trotz schwerer Benachteiligung (seit dem 10. Lebensjahr war Ziolkowski nahezu taub) erwarb er ohne regulären Schulbesuch die Voraussetzungen für ein Lehrerexamen (1879), studierte in Moskaus öffentlichen Bibliotheken und korrespondierte mit namhaften Gelehrten. Ein vielzitiertes Ziolkowski-Wort lautet: "Ich lernte indem ich arbeitete". Außergewöhnliche Wißbegierde veranlaßte ihn, sich mit mehreren artverwandten Wissenschaften wie Mechanik, Thermodynamik, Aerodynamik, Geophysik, Astronomie, Biologie und Chemie zu beschäftigen. Hinzu kommt, daß der Gelehrte sein gutes Gedächtnis bis ins hohe Alter besaß. Ziolkowskis Voraussagen waren logisch aufgebaut und zu einem großen Teil mathematisch untermauert. Seine bedeutendsten Leistungen, mit denen er auf Neuland vorstieß, waren die Erarbeitung des Geschwindigkeits-Masse-Gesetzes des Raketenantriebs ("Ziolkowski-Gleichung"), die theoretischen Untersuchungen zum Mehrstufenprinzip (Erfindung der "Raketenzüge"), der Nachweis der Verwendbarkeit flüssiger Treibstoffe, die Raketenlenkung durch Einsatz von Kreiselssystemen und Strahlrudern. Diese ausgewählten Resultate werden in der heutigen Raumfahrt praktisch angewendet. Dabei hatte alles spielerisch begonnen: "Lange habe ich die Rakete vom Standpunkt des Vergnügens aus betrachtet, später erst an praktische Verwendungsmöglichkeiten gedacht... Es scheint mir, daß die ersten Saatkörner der Gedanken von dem bekannten Phantasten Jules Verne gelegt wurden..."

Der sowjetische Kosmonaut Dr. K. Feoktistow wies u.a. darauf hin, daß ein Teil der Ideen Ziolkowskis noch nicht erschlossen ist. Man findet z.B. in dem etwa 1911 geschriebenen Buch "Die Erforschung des Weltraums mit Rückstoßgeräten" folgendes Zitat: "Wer hindert uns daran, ein Treibhaus mit gewaltiger Oberfläche in verpackter Form, d.h. in einem kleineren Volumen, mitzunehmen. Wenn die Umlaufbahn... erreicht ist, sammeln wir unsere hermetisch abgeschlossenen Kästen mit den verschiedenen Pflanzenkeimen und bringen sie aus der Rakete heraus." Dieses rotierende Treibhaus mit künstlicher Schwerkraft, das Nahrung und Sauerstoff produziert, wird noch genauer beschrieben.

Die UdSSR und die USA befassen sich in ähnlicher Weise mit Projekten für neuartige Raumstationen. Die Zielstellung ist der Bau von Mehrzweck-Orbitallabors, die von sechs und mehr Raumreisenden benutzbar sind und nach dem Baukasten-Prinzip zusammengesetzt werden. Die dort zu bewältigenden Aufgaben sind vielfältig, z.B. Fernerkundung der Erde, Materialherstellung, Satellitenwartung, Raumbasis für Fernflüge u.a.m. Wir erleben, wie der Kosmos zur vierten Umwelt des Menschen avanciert.

Wissenswertes:

Sauberes Wasser für Kinder in Entwicklungsländern

Die internationale Kinderhilfsorganisation UNICEF bemüht sich gegenwärtig vorrangig um die Versorgung der Bevölkerung von Entwicklungsländern mit einwandfreiem Trinkwasser. Weniger als die Hälfte der Kinder - in ländlichen Gebieten sogar weniger als ein Drittel - haben Zugang zu sauberem Trinkwasser. Eine der sich daraus ergebenden Folgen sind Durchfallerkrankungen, von denen jedes Kind zwischen sechs- und sechzehnmal jährlich befallen wird und die sechs Millionen Opfer jährlich zur Folge haben. Deshalb wurden allein 1981/82 mit Hilfe von UNICEF annähernd 150000 Wasserversorgungsanlagen fertiggestellt, die über 30 Millionen Menschen in fast 100 Ländern mit Trinkwasser versorgen. Dabei hat sich erwiesen, daß es in der Regel zu Fehlschlägen führt, wenn man versucht, die Modelle der hygienischen und gesundheitlichen Versorgung, die sich in den Industriestaaten bewährt haben, in Entwicklungsländer zu "exportieren". Es müssen Lösungen gefunden werden, die den örtlichen Bedingungen angepaßt sind - z.B. Brunnen mit Handpumpen. Um die Säuglingssterblichkeit zu senken, agitiert die UNICEF dafür, daß alle Kinder gestillt werden sollten. Die Muttermilch enthält viele Spurenstoffe und auch Substanzen, welche die Abwehrkraft des Kindes gegen Krankheiten stärken. Der Trend zur Flaschennahrung birgt in Entwicklungsländern wegen der Trinkwassersituation zusätzliche Risiken.

Hat die Zündkerze ausgefunkt?

Hohe Störanfälligkeit und eine große Verschleißrate zeichnen sie aus, die Zündkerze. So mancher Kraftfahrer kann ein Lied davon singen. Wissenschaftler der Technischen Hochschule Zürich ergründeten die Ursachen für diese Mängel und entwickelten ein verbessertes Zündsystem. In Versuchsreihen ersetzten sie die Zündkerzen durch Heizelemente, die gegenüber der alten Kerze eine auf das 40fache vergrößerte Zündfläche aufweisen. So kann zum Zeitpunkt der Zündung mehr zündwilliges Kraftstoff-Luft-Gemisch anwesend sein. Die Verbrennung erfolgt wesentlich schneller und mit geringerer Verzögerung als bei herkömmlichen Kerzen, da fast das gesamte Gemisch sofort entflammt. Die Verbrennung ist vollständiger, so daß kaum noch Stickoxide in den Auspuff gelangen, was die Umweltbelastung reduziert. Das neue Zündsystem kann auch wesentlich zur Kraftstoffeinsparung beitragen, da es den Betrieb des Ottomotors auch mit mageren Gemischen ermöglicht und eine Anpassung der Zündtemperatur an das Kraftstoffgemisch erlaubt. Die Umrüstung der Motoren auf das neue Zündsystem soll kaum konstruktive Veränderungen mit sich bringen. Probleme gibt es noch bei der Wahl eines geeigneten Materials für das Heizelement. Auch die geplante Teillastregelung der Zündtemperatur in Abhängigkeit von der Kraftstoffqualität ist problematisch, da sie den Einsatz mikroelektronischer Bauelemente erfordert. Die Lösung dieser Probleme befindet sich noch im Bereich der Forschung, so daß mit dem breiten Einsatz des neuen Zündsystems in nächster Zeit nicht zu rechnen ist.

BÜCHERMARKT

Irina Radunskaja: „Die Legende vom Ruhm“

Verlag MIR Moskau und URANIA Verlag Leipzig, Jena, Berlin
1. Aufl. 1984, 256 Seiten, Preis 12,80 M, Bestell-Nr. 653 7831

„Was früher erreicht worden war, verblieb im Fundament der Wissenschaft von heute. Ihr erhabenes Gebäude wuchs weiter in die Höhe und in die Breite, und es wird immer so weiter wachsen, obwohl weder unsere Zeitgenossen noch die Wissenschaftler zu-

kürftiger Generationen gegen Fehler und Irrtümer gefeiert sind." (S. 254)

Die Analyse der Fehler und Irrtümer berühmter Forscherpersönlichkeiten vorwiegend des 17. bis 20. Jahrhunderts, das ist das besondere Anliegen der sowjetischen Autorin, die sich schon mit anderen populärwissenschaftlichen Büchern (z.B. "Verrückte Ideen", im gleichen Verlag erschienen) in der DDR einen guten Namen gemacht hat.

Irrtum als unausweichliches Element des schöpferischen Prozesses und seine Überwindung durch den Forscher selbst oder durch seine Nachwelt - wenn das kein lesenswertes Buch für den "Wahrheits-sucher" ist! Am Beispiel des Lebenswerkes so berühmter Philosophen und Naturwissenschaftler wie Aristoteles, Archimedes, Ptolemäus, Leonardo da Vinci, Kopernikus, Kepler, Galilei, Newton, Faraday, Einstein und vieler, vieler anderer wird die Einheit von Triumph und Niederlage naturwissenschaftlicher Forschung enthüllt.

Manch bedeutender Gelehrter, der bislang mit dem Glorienschein des genialen Entdeckers für uns umgeben war, wird seines Nimbus beraubt. Sein Werk scheint plötzlich mit Mängeln oder Unzulänglichkeiten behaftet, die erst später erkannt und bereinigt wurden oder wie im Falle der von Einstein angestrebten allgemeinen Feldtheorie gar noch einer endgültigen Lösung harren.

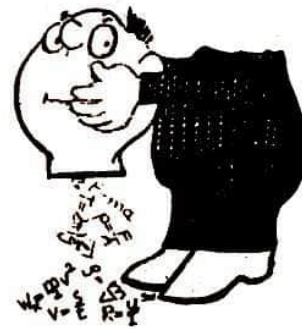
Ruhm haben sie alle geerntet, die hier vorgestellten Persönlichkeiten. Inwieweit er heute, gemessen am Erkenntnisfortschritt unserer Tage, nur "legendär" (s. Titel) zu nennen ist, möge der Leser am Ende der Lektüre selbst entscheiden.

Auf alle Fälle bietet Radunskajas neues Buch eine Fülle interessanter Details zu Meilensteinen der Wissenschaftsgeschichte, insbesondere auf dem Gebiet der Mathematik, Physik, Chemie, Astronomie und Ingenieurkunst.

Wolfgang König



UNSERE PHYSIKAUFGABE



Klausuraufgaben Klassenstufe 9/10

1. Durch eine 1 mm dicke Kupferleitung mit vorgeschalteter Schmelzsicherung (0,2 mm Silberdraht) fließt ein Kurzschlußstrom von 25 A. Berechnen Sie die Zeit bis zum Durchschmelzen der Sicherung! Welche Temperatur hat die Kupferleitung bis dahin? (Anfangstemperatur 20 °C)
2. Ein luftgefüllter Plattenkondensator Mit einer Kapazität von 16 nF wird auf die Spannung 500 V geladen und von der Spannungsquelle getrennt. Danach wird der Plattenabstand auf das Dreifache vergrößert. Zu bestimmen sind die Spannung zwischen den Platten nach dem Auseinanderziehen und die Arbeit, die von äußeren Kräften für das Auseinanderziehen der Platten aufgewendet wird.
3. Verschiebt man eine punktförmige Lichtquelle längs der Achse einer Linse von 6 cm Durchmesser und 12 cm Brennweite, so entsteht auf dem 30 cm entfernten Bildschirm zweimal ein Lichtschein von Linsengröße. Wie weit ist die Lichtquelle in beiden Fällen von der Linse entfernt und in welchem Fall ist der Schein heller?
4. Ein Körper mit der Masse m und dem Volumen V wird in ein Gefäß gebracht, daß mit einer Flüssigkeitsmischung gefüllt ist. Die Dichte der Flüssigkeit ändert sich mit der Tiefe h nach dem Gesetz $\rho = \rho_0 + k \cdot h$. Der Körper wird völlig in die Flüssigkeit eingetaucht. Wie tief taucht er ein, wenn seine Oberfläche kubisch, wie tief, wenn sie kugelig ist? (k – Materialkonstante der Flüssigkeit)
5. Ein Rammbar mit einem Gewicht von 2,75 kN wird in 2,5 s durch einen Elektromotor 0,51 m hoch gehoben. Der Motor arbeitet mit einer Klemmspannung von 220 V und hat einen Ohm-

schen Widerstand von 11 Ohm. Wie groß ist der aufgenommene Motorstrom? Welche Verlustleistung tritt auf? Wie groß ist der Wirkungsgrad? (Die Bewegung des Rammhärs wird während der 2,5 s als gleichförmig angesehen.)

Klausuraufgaben Klassenstufe 11/12

1. Zwei Schlittschuhläufer auf einer Eisbahn möchten vergleichen, wer von ihnen schwerer ist und um wieviel. Wie können sie ihre Absicht nur mit Hilfe eines einzigen Bandmaßes verwirklichen?
2. In einen auf die Spannung von 400 V geladenen Plattenkondensator mit der Fläche von 250 cm^2 und einem Plattenabstand von 6 cm wird eine 4 cm dicke Metallplatte symmetrisch eingeführt. Berechnen Sie:
 - Die Kapazität vor dem Einführen der Platte und die gespeicherte elektrische Ladung!
 - Die Kapazität des Systems nach dem Einführen der Platte und die Spannung zwischen den Platten!
3. Welche Breite b_0 muß ein Panoramaspiegel in einem Kraftfahrzeug haben, damit der Fahrer eine Straße der Breite $b = 6 \text{ m}$ am Wagenheck überblicken kann? Der Spiegel, der sich in den Abständen $e = 50 \text{ cm}$ vor dem Auge des Fahrers und $l = 4 \text{ m}$ vor dem Wagenheck befindet, hat einen Krümmungsradius $r = 50 \text{ cm}$. Das Auge des Fahrers und die Straßenmitte sollen sich einfachheitshalber auf der optischen Achse des Spiegels befinden. Lösen Sie diese Aufgabe rechnerisch und zeichnerisch.
4. wie Aufgabe 5. bei 9/10
5. In einem Zylinder befinden sich 0,58 kg Luft unter einem Druck von $1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Wie groß ist die Arbeit beim isobaren Erwärmen der Luft von 25°C auf 100°C ? Die molare Masse der Luft beträgt 29 kg/kmol .



Nach 76 Jahren ist es wieder soweit: Am 9. Februar 1986 wird sich der Halleysche Komet nach seiner langen Reise durch unser Sonnensystem wieder im sonnennächsten Punkt - dem Perihel - befinden. Das letzte Mal war er dort im Jahre 1910 gesichtet worden und hatte für viel Aufregung gesorgt.

Aufgrund der merkwürdigen Form der "Schweifsterne" und ihrer nur in seltenen Fällen lichtstarken Erscheinung haben die Kometen bis in unsere Gegenwart hinein immer wieder die Aufmerksamkeit der Menschen auf sich gezogen. Zum ersten Mal wurde der Halleysche Komet in einer alten chinesischen Chronik im Jahre 240 v.u.Z. erwähnt. Der griechische Philosoph Aristoteles deutete die Kometen als Erscheinungen der Erdumgebung, da sie aufgrund ihrer Veränderlichkeit nicht der als beständig angenommenen Sphäre der "Fix"-sterne angehören können. Im Mittelalter wurde ein enger Zusammenhang zwischen dem Erscheinen eines Kometen und dem Auftreten von Kriegen, Pestepidemien und Naturkatastrophen hergestellt. So wurde in der Wiederkehr des Halleyschen Kometen im Jahre 1066 der Grund für den Sieg der Normannen unter Wilhelm dem Eroberer über die Armee von König Harald gesehen. Selbst im Jahre 1910 - bei der letzten Annäherung dieses Kometen - traf man Vorkehrungen zum Schutz gegen die sich im Schweif befindlichen giftigen Gase, da man annahm, daß dieser die Erde passieren würde. Es wurden jedoch keinerlei Auswirkungen auf das irdische Leben festgestellt.

Die Reise der Kometen und ihre Entstehung

Dem englischen Astronomen Edmond Halley gelang im ausgehenden 17. Jahrhundert eine aufsehenerregende Entdeckung, als er nach der Analyse der Bahnelemente der hellen Objekte der Jahre 1531, 1607 und 1682 auf der Grundlage des Newtonschen Gravitationsge-

setzes herausfand, daß es sich um ein und denselben Himmelskörper handelte. Er sagte daraufhin das erneute Erscheinen dieses nunmehr nach ihm benannten Kometen für das Jahr 1758 voraus. Bereits zuvor hatte der in Plauen lebende Georg Samuel Dörffel auf die elliptische Form der Kometenbahnen hingewiesen. Mit großem Aufwand - das Zeitalter der Computer lag noch in weiter Ferne - berechnete der französische Astronom Alexis Clairaut mit Unterstützung weiterer Kollegen als Datum der nächsten Perihelpassage den 13. April 1759. Wie wir heute wissen, hat der Komet damals den sonnennächsten Punkt einen Monat früher als vorausberechnet passiert. Die Wiederentdeckung des Kometen bei seinem damaligen Flug um die Sonne gelang dem in Pohlitz bei Dresden lebenden Amateurastronomen und Landwirt Johann Palitzsch am ersten Weihnachtstag des Jahres 1758. Dies war für ihn ein besonderes Weihnachtsgeschenk und ließ ihn schlagartig berühmt werden.

Bis zu Beginn der siebziger Jahre unseres Jahrhunderts wurden die meisten Kometen durch Amateure entdeckt. Heute werden sie auch oft als Nebenprodukt bei der Durchmusterung photographischer Platten und der routinemäßigen Himmelsüberwachung gefunden.

Auf den Zusammenhang zwischen Kometen und Meteorschauern führte vor allem das im 19. Jahrhundert beobachtete Auseinanderbrechen des Bielaschen Kometen. Periodische Meteorströme entstehen durch Staubansammlungen, die sich längs der Bahn der Kometen um die Sonne bewegen. Beim Durchgang der Erde durch diese Bahnen gelangen die Teilchen in die Erdatmosphäre und verursachen die bekannten "Sternschnuppen". Dem Halleyschen Kometen lassen sich der Aquariden- und der Orionidenstrom zuordnen, die im Mai bzw. Oktober beobachtet werden können.

Eine gebräuchliche Unterteilung der Kometen besteht in der Einteilung in kurzperiodische (Periode < 200 Jahre) und langperiodische Objekte (Periode > 200 Jahre). Etwa 80% aller Kometen sind langperiodisch und zeichnen sich durch stark exzentrische Bahnen aus. Gelangen diese Objekte in den Anziehungsbereich des Planeten Jupiter, wird ihre Bahn gestört, und sie können sich in Kometen mit kurzperiodischen Bahnen umwandeln. Da diese Kometen in der Umgebung der Sonne durch die Bildung des Schweifs jedesmal etwa 1% ihrer Masse verlieren, haben sie sich nach höchstens 1000 Bahnumläufen aufgelöst.

Statistische Untersuchungen der Bahnformen der Kometen weisen daraufhin, daß die "Schweifsterne", die zum ersten Mal in den sonnennahen Raum gelangen, einer Wolke von Kometen entstammen. Man vermutet, daß in dieser nach dem niederländischen Astronomen Jan H. Oort benannten Wolke etwa 1.4×10^{12} Kometen mit einer Gesamtmasse von 1.15×10^{25} kg (etwa 1.9 Erdmassen) enthalten sind. Durch den gravitativen Einfluß von Sternen, die an dieser Wolke vorbeiziehen, werden die Kometen aus ihrem Reservoir in das Innere des Sonnensystems gelenkt.

Hinsichtlich der Entstehung der Kometen gibt es Theorien, die in zwei Gruppen eingeordnet werden können. Auf der einen Seite vermutet man, daß die Kometen in interstellaren Gas-Staub-Wolken entstanden und nach einer langen Reise in das Sonnensystem gelangt sind. Mit größerer Wahrscheinlichkeit ist jedoch anzunehmen, daß die Bildung von Kometen während der Entwicklung des Ur-Sonnennebels erfolgte. Die Untersuchung von Kometen erscheint deshalb zur Klärung der Frage nach der Entstehung unseres Planetensystems besonders wichtig.

Die Schweifsterne, ihr Kern und ihre Atmosphäre

Solange sich ein Komet in den äußeren Gebieten des Sonnensystems bewegt, bleibt er für uns unscheinbar, wenn nicht sogar unbeobachtbar. Dies liegt daran, daß er in dieser Zeit nur aus seinem wenige Kilometer großen Kern - einem relativ lockeren Gebilde aus Wassereis, gefrorenen Gasen (Ammoniak, Methan und Kohlenmonoxid) und Staubteilchen - besteht. Dieser Kern mit Massen zwischen 10^{11} kg und 10^{13} kg ist nur zu beobachten, weil er das Sonnenlicht reflektiert. Allerdings ist das Reflexionsvermögen nicht sehr hoch, so daß Kometenkerne ziemlich graue Objekte sind. Nach den jüngsten Vorstellungen bestehen Kometen nicht mehr aus einem gleichmäßig durchmischten Eis-Staub-System, sondern besitzen über einem Eiskern eine staubbedeckte Oberfläche mit wenigen aktiven Gebieten. Es gibt Anhaltspunkte dafür, daß in der Staubschicht sogar metergroße Gesteinsbrocken eingeschlossen sind. In Entfernungen von weniger als dem Dreifachen der Distanz Sonne - Erde ist die Energiezufuhr des Kometen durch die Absorption der Sonnenstrahlung so hoch, daß aus den aktiven Gebieten des Kerns Gas und Staub gebündelt austritt. Dieser Vorgang beschleunigt

sich mit der bei Annäherung an die Sonne wachsenden Temperatur der Kernoberfläche und führt zur Bildung der Kometenatmosphäre (Koma). Die Koma erreicht einen Durchmesser bis zu einigen 10^5 km und bildet zusammen mit dem Kern den Kopf des Kometen. Durch den Strahlungsdruck der Sonne wird schließlich ein Teil der Koma weggeblasen, und es entsteht der bis zu 100 Millionen Kilometer lange Kometenschweif, der die auffallende Erscheinung des Kometen ausmacht. Genaugenommen muß man zwei Schweiftypen - den Plasmaschweif und den Staubschweif - unterscheiden. Der aus ionisierten Molekülen wie CO^+ , H_2O^+ , N_2^+ , CO_2^+ , CH^+ und OH^+ bestehende Plasmaschweif ist gerade und nahezu entgegengesetzt zur Sonne gerichtet. Seine Ausrichtung kann durch die Wirkung des Sonnenwindes - eines von der Sonne ständig ausgehenden Teilchenstroms - erklärt werden. Dieser Ausrichtungsmechanismus wurde von L. Biermann bereits vor dem Nachweis des Sonnenwindes durch interplanetare Raumsonden vorgeschlagen. Die spektrale Untersuchung des Lichtes des Staubschweifes zeigt, daß es sich hierbei im optischen Bereich um reflektiertes Sonnenlicht handelt. Die von den Staubteilchen absorbierte Sonnenstrahlung führt zu ihrer Erwärmung und damit zur Emission von Infrarotstrahlung. Aus der Analyse des IR-Spektrums schlußfolgert man, daß der Staub des Schweifes aus Silikatteilchen von etwa $1\mu\text{m}$ Durchmesser besteht. Durch die Überlagerung der zur Sonne gerichteten Gravitationskraft und der radial nach außen gerichteten Kraft des Strahlungsdrucks weist der Staubschweif die Form eines riesigen Bogens auf.

Beobachtbarkeit des Halleyschen Kometen

Während der letzten Wiederkehr des Kometen Halley (Periheldurchgang 20. April 1910) wurde er durch den Heidelberger Astronomen Max Wolf in einer Entfernung von 3.4 AE (AE - astronomische Einheit, $1\text{AE}=149\times 10^6\text{ km}$) zuerst aufgefunden. Vor kurzem gelang es mit Hilfe moderner Bildverarbeitungsmethoden, den Kometen auf Originalplatten von Wolf nachzuweisen, deren Aufnahmedatum vor der offiziellen Entdeckung lag. Diesmal konnte die Wiederentdeckung drei Jahre vor dem für den 9. Februar 1986 zu erwartenden Periheldurchgang bekanntgegeben werden. Mit Hilfe einer CCD-Kamera (CCD - charge coupled device, empfindlicher Halbleiterdetektor) am 5-m-Spiegel des Palomar-Observatoriums konnten die

Astronomen David Jewitt und Edward Danielson den Kometen Halley in den frühen Morgenstunden des 16. Oktober 1982 auffinden. Zu diesem Zeitpunkt war der Komet etwa 15 Millionen Mal lichtschwächer als ein eben noch mit dem bloßen Auge sichtbarer Stern. Er befand sich dabei in einer Entfernung von 11.1AE von der Sonne. Derzeit hält sich der Komet in einer Distanz von etwa 2.5AE sowohl zur Sonne als auch zur Erde auf. Die Konstellation von Sonne, Erde und Komet bei der diesmaligen Wiederkehr bringt für die Beobachter in unseren Breiten keine vorteilhaften Bedingungen mit sich. Hinsichtlich der Höhe über dem Horizont ist der Zeitraum bis Ende dieses Jahres und ab Mai 1986 günstig. Der Komet wird dann am Abendhimmel zu finden sein, allerdings nicht als beeindruckende Erscheinung. Man rechnet damit, daß die Gesamthelligkeit des Kometen erst Mitte Dezember mit der Helligkeit der mit dem bloßen Auge noch sichtbaren Sterne vergleichbar ist. Diese Prognose wird noch pessimistischer, wenn der Komet seinen derzeitigen "Rückstand" in der Helligkeitsentwicklung nicht aufholen kann. Die Maximalhelligkeit wird der Komet zur Zeit seines Periheldurchgangs erreichen, jedoch ist er dann nicht beobachtbar, da er in Richtung Sonne steht. Von Mitte März bis Anfang April nächsten Jahres befindet sich der Halleysche Komet am Morgenhimmel, für uns aber nur wenig über dem Horizont. In dieser Zeit ist der Kometenschweif am stärksten ausgeprägt und wird eine Länge von 10° besitzen. Bei sehr günstigen atmosphärischen Beobachtungsbedingungen ist der Schweif möglicherweise am Horizont sichtbar.

An der Durchführung und Auswertung der Kometenbeobachtungen werden sich in der DDR nicht nur die Fachastronomen des Instituts für Kosmosforschung Berlin, des Karl-Schwarzschild-Observatoriums Tautenburg und der Universitäts-Sternwarte Jena beteiligen, sondern eine Vielzahl von Amateurastronomen richtet ihre Instrumente ebenfalls auf den Halleyschen Kometen. Sie beschäftigen sich innerhalb des Kulturbundes mit visuellen Beobachtungen und Photographie, Photometrie, Spektroskopie und Polarimetrie sowie der Verfolgung von Sternbedeckungen durch den Kometen. Ein Beobachtungsprogramm und weitere Informationen sind aus einer Broschüre entnehmbar, die vom Raumflugplanetarium Halle auf Anfrage zugesendet wird.

Dr. Hans-Georg Reimann
Universitätssternwarte
FSU Jena

Raumsonden zum
Kometen Halley

ASTRO

Als der damals 26jährige Edmond Halley, Sohn eines englischen Seifensieders und späterer königlicher Astronom an der Sternwarte Greenwich, aus der Ähnlichkeit des Bahnverlaufs der Kometen von 1531, 1607 und 1682 schloß, daß es sich um ein und dasselbe Objekt handelte, konnte er nicht ahnen, daß er damit das Ziel für die Raumflugmission fixierte, die in den nächsten Monaten für aufsehenerregende Resultate sorgen wird. Die Genauigkeit der Bahndaten des Halleyschen Kometen ist dank der Beobachtungen aus über vier Jahrhunderten außerordentlich hoch und der Komet selbst noch "gut erhalten". Beides sind Umstände, die den Kometen Halley als Ziel für diese Raumflugunternehmungen prädestinieren. Weiterhin ist natürlich äußerst günstig, daß der Komet zu einer Zeit in die Nähe der Erde kommt, in der die Entwicklung der Raumfahrttechnik ein solches Rendezvous technisch durchführbar werden läßt. Diese für unsere Generation einmalige Chance ist auch der Grund, weshalb sich weltweit über 3000 Amateurastronomen und etwa 300 Berufsastronomen im Rahmen der "International Halley Watch" (IHW) zusammengefunden haben und die Meßergebnisse der Raumsonden durch erdgebundene Beobachtungen ergänzen. Auch Studenten und Wissenschaftler der FSU-Jena nehmen im Rahmen eines Jugendobjektes der Universitäts-Sternwarte an diesen Beobachtungen teil und hoffen, durch photometrische Messungen und Analyse der Sondendaten zur Erforschung der Staubkomponente des Kometen beitragen zu können.

Neben den oben genannten günstigen Umständen für ein Kometen-Rendezvous lassen sich eine Reihe von brisanten wissenschaftlichen Problemen angeben, die darauf beruhen, daß die Kometen eine gewisse Sonderstellung unter den Körpern des Sonnensystems einnehmen, und sie damit für eine Erforschung mit Raum-

flugkörpern besonders attraktiv erscheinen lassen.

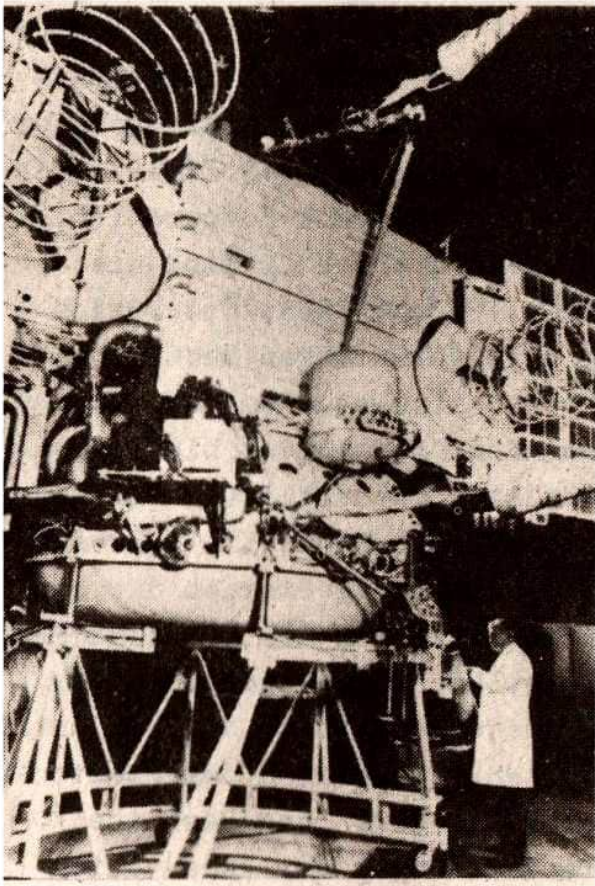
Wie im vorhergehenden Beitrag erläutert, ereignen sich bei der Annäherung des Kometen an die Sonne interessante Prozesse, über die wir unsere Kenntnisse zu erweitern hoffen. Dabei geht es um die Beantwortung einer Reihe von Fragen, z. B. nach den Vorgängen bei der Kometen-Ausgasung, nach den Ionisationsmechanismen in Koma und Schweif, über die chemischen Reaktionen in der Kometenatmosphäre, nach der Wechselwirkung des Kometen mit dem Sonnenwind, sowie bezüglich der Rolle des Staubes bei all diesen Prozessen. Da nur ein Bruchteil des freigesetzten Gases von der Erde aus spektroskopisch untersucht werden kann, ist die Frage nach der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Kometenkerns nur in unmittelbarer Untersuchung mit Hilfe von Raumsonden beantwortbar. Ein weiterer Grund für die Raumflugmissionen zum Halleyschen Kometen ist kosmogonischer Natur. Da die Kometenkerne, verglichen mit den meisten anderen Körpern des Sonnensystems, sehr klein sind und sich aufgrund der langgestreckten Ellipsengahnen die längste Zeit in Sonnenferne im inaktiven Zustand aufhalten, haben wir Grund zu der Annahme, daß sie das älteste und durch exo- oder endogene Kräfte am wenigsten veränderte Material des Sonnensystems darstellen. Aus ihrer Untersuchung sollten sich somit Rückschlüsse auf die physikalischen Bedingungen der äußeren Zonen des Ur-Sonnennebels ziehen lassen.

Antwort auf wenigstens einen Teil der oben erwähnten Fragen erhoffen die Astronomen in aller Welt durch die Entsendung einer kleinen Raumflotte, die aus insgesamt sechs Sonden besteht und im März nächsten Jahres den Kometen passieren wird. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die technischen Daten der einzelnen Sonden und die mitgeführten Experimente. Zwei Sonden, die vor dem Halley-Vorbeiflug noch eine Nutzlast auf der Venus absetzen, sind von der UdSSR gestartet worden. Ihnen folgte eine japanische Raumsonde, die Japans erstes Tiefraumexperiment darstellt; am 2. Juli wurde die westeuropäische Sonde gestartet, und im August wird sich der zweite japanische "Späher" auf den Weg machen. Die USA versuchen, das den wachsenden Weltraumrüstungskosten zum Opfer gefallene Halley-Sondenprojekt durch den "International Cometary Explorer" (ICE) zu ersetzen. Hierbei handelt es sich um den bereits 1978 gestarteten "Internat-

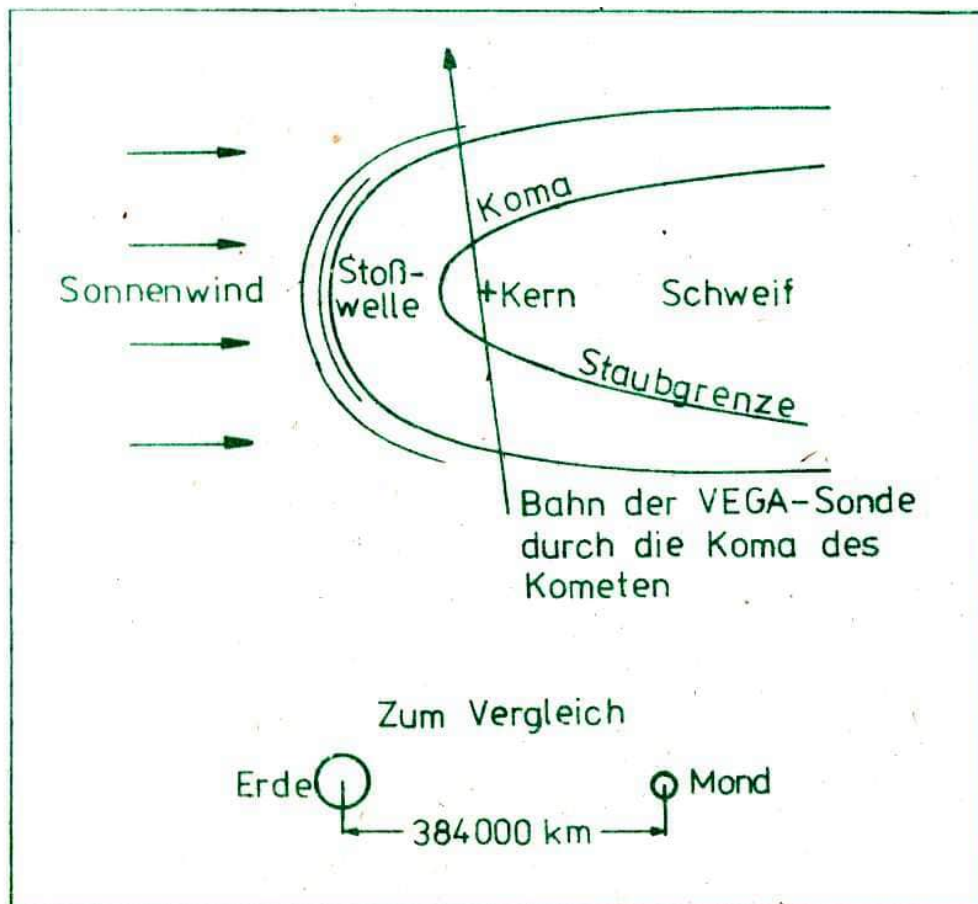
tional Sun Earth Explorer" (ISEE), der nach komplizierten Bahnmanövern auf eine Flugbahn zu dem Kometen gebracht wurde. Darüberhinaus werden von der NASA kurzzeitig noch einige weitere bereits in der Erdumlaufbahn befindliche Satelliten, Tiefraumsonden und spezielle Shuttle-Nutzlasten zur Verfügung gestellt. Dabei ist vor allem der Satellit SMM (Solar Maximum Mission) von wesentlicher Bedeutung, zu dessen Instrumenten ein UV-Spektrometer-Polarimeter und ein Koronograph-Polarimeter gehören. Aus den Messungen mit Hilfe dieser Geräte lassen sich die Produktions- und Zerfallsraten von Molekülen und Radikalen (z. B. OH) als Funktion des heliozentrischen Abstands des Kometen ableiten, wobei Beobachtungen bis zu einer minimalen Distanz von 6° zur Sonne im Perihel möglich sind. Von den polarimetrischen Messungen werden Informationen über die Staubkomponente erwartet. Die Photometrie im Licht der H_α -Linie wird Hinweise auf eine Wasserstoffkorona geben. Einem ähnlichen Zweck - die von der Erde nur unter ungünstigen Bedingungen durchführbaren Perihel-Beobachtungen zu ergänzen - dient der Einsatz der UV-Meßgeräte des Pioneer-Venus-Orbiters. Aus der günstigeren Perspektive der Venusumlaufbahn sollen diese den Kometen von Dezember 1985 bis Februar 1986 überwachen. Vorgesehen ist vor allem die Beobachtung der H_2O -Emission, wobei für die dafür notwendige Ausrichtung der Meßgeräte etwa die Hälfte des noch vorhandenen Treibstoffs veranschlagt wurde. Weitere UV-Messungen sollen mit dem IUE-Satelliten (IUE - International Ultraviolet Explorer) und der Shuttle-Plattform Astro 1, deren Start am 6.3.1986 erfolgt, durchgeführt werden. Auf eine Reihe von Experimenten mit Raumflugkörpern, über deren Realisierung noch diskutiert wird, soll hier nicht eingegangen werden.

Die VEGA-Sonden

Angeführt wird die irdische Flottillie durch zwei sowjetische Sonden, die einen doppelten Flugauftrag ausführen. Der erste Teil des Forschungsprogramms bestand aus dem Absetzen von jeweils einem Landegerät, das Atmosphären- und Bodenanalysen auf der Venus vornahm, und dem Aussetzen jeweils eines heliumgefüllten Ballons. Diese drifteten in der Venusatmosphäre und lieferten Daten über die atmosphärische Zirkulation und die physikalischen Bedingungen in etwa 55 km Höhe. Nachdem dieser Teil erfolgreich absolviert wurde, und das Gravitationsfeld der



VEGA 1 in der Montagehalle



Venus die Bahnen der Sonden veränderte (Swing-by-Effekt), fliegen sie jetzt ihrem Zweiten Ziel, dem Komet Halley, entgegen. Beide Sonden besitzen die umfangreichste Instrumentierung aller Halley-Sonden, wobei die Gesamtmasse von 1000 kg 13 Experimente umfaßt, die vorwiegend im Rahmen der Interkosmos-Kooperation erstellt wurden. An dem multilateralen Unternehmen sind die UdSSR, Frankreich, Ungarn, Bulgarien, Polen, CSSR, Österreich und die BRD mit Instrumenten oder Teilausrüstungen vertreten. Der Beitrag der DDR ist ein Bildverarbeitungssystem zur Auswertung der von Koma und Kern gewonnenen Aufnahmen. Die schnelle Auswertung der ersten Aufnahmen ist von wesentlicher Bedeutung im Rahmen des mit der westeuropäischen Raumfahrtbehörde ESA vereinbarten Pfadfinderkonzepts. Demzufolge werden die aus den Aufnahmen ermittelten präzisen Koordinaten des Kometenkerns der ESA zur Verfügung gestellt, um so die Zielgenauigkeit der GIOTTO-Sonde zu gewährleisten. Im Austausch erhält die UdSSR die vom IHW-Astronomienetz ermittelten Ephemeriden des Kometen und die von der NASA mit Hilfe der VLBI (Very Long Baseline Interferometry) gewonnenen Positionsmessungen der VEGA-Sonden zur Verfügung, so daß auch deren Treffgenauigkeit erhöht wird. Ein möglichst naher Vorbeiflug ist auch deshalb notwendig, um die vom Kometen ausströmenden Moleküle möglichst noch vor ihrem Zerfall analysieren zu können.

Während des rasanten Vorbeifluges, der bei einer Relativgeschwindigkeit zwischen Sonde und Komet von etwa 78 km/s etwa 20 min erfordert, wird die Instrumentenplattform mittels eines rechnergesteuerten Zielsuchsystems ständig auf den Kometenkern ausgerichtet (3-Achsen-Stabilisierung). Gegen eine Kollision mit Koma-Partikeln ist die Plattform durch einen Doppelschild geschützt. Während eine Zerstörung der VEGA-Sonden durch solche Partikel wegen der relativ großen Entfernung zum Kern als unwahrscheinlich erscheint, könnte eine Lagedestabilisierung der Instrumentenplattform durch Stöße mit Staubpartikeln die exakte Ausrichtung der Antennen zur Erde stören. Damit wäre der Empfang der im Echtzeitbetrieb ausgesandten Daten gefährdet. Eine Schlüsselrolle bei der Instrumentierung der VEGA-Sonden bilden die beiden Kamerasysteme, eine Weitwinkelkamera ($f = 200$ mm) und eine Kamera mit Teleobjektiv ($f = 1200$ mm), die durch acht vorschaltbare Filter Bilder in bestimmten Spektralbereichen von 460 nm bis 1100 nm aufnehmen können. Aus einer

Entfernung von 10 000 km sind damit noch Strukturen bis zu einer Größe von 200 m auflösbar. Diese bildhafte Erfassung des Kometen wird durch ein Dreikanalspektrometer ergänzt, das im ultravioletten, sichtbaren und infraroten Spektralbereich arbeitet und einen Spektralbereich von 120 nm bis 14 μ m überdeckt. Die räumliche Dichte- und Temperaturverteilung des Staubes um den Kometen wird mit zwei Staubdetektoren ermittelt. Untersuchungen der chemischen Zusammensetzung der Staubpartikel und Gase in der Koma werden mit Massenspektrometern für Ionen und Neutralteilchen vorgenommen. Drei spezielle Plasmawellenanalysatoren untersuchen die Ausbreitung von Plasmawellen in der Umgebung des Kerns, sowie die Wechselwirkung zwischen Sonnenwind und Koma. Die Variation des Magnetfeldes, das wesentlich durch den Sonnenwind beeinflusst wird, läßt sich durch ein Magnetometer mit einer Genauigkeit von 10^{-6} Gauß erfassen. Dieses Gerät befindet sich an einem mehrere Meter langen Ausleger, um vor Einflüssen durch die Sonde geschützt zu sein.

Die GIOTTO-Mission

Die Besonderheit dieses Unternehmens ist es, die Sonde möglichst nahe am Kometenkern vorbeifliegen zu lassen, wobei ein Minimalabstand von 500 km erreicht werden soll. Um diese Annäherung mit einer Genauigkeit von 100 km zu gewährleisten, muß die Position des Kerns jederzeit mit einer Präzision von 0.2" bekannt sein.

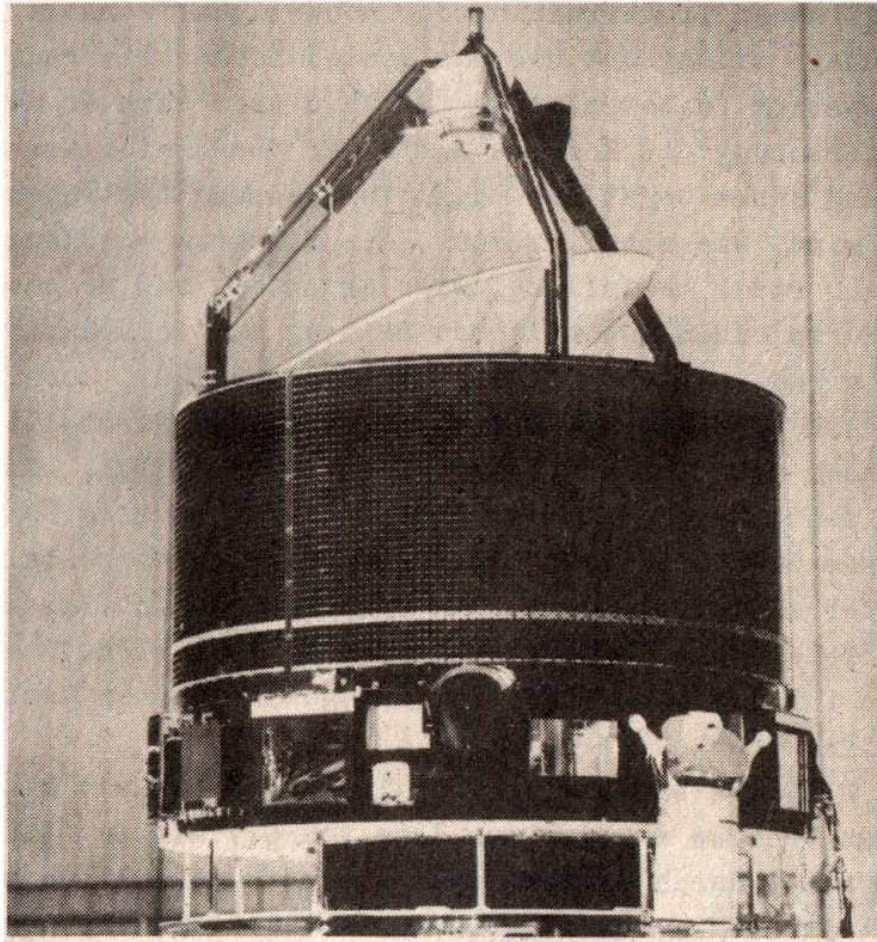
Die Instrumentenplattform dieser Sonde trägt zehn Experimente aus fünf Ländern, deren Hauptteil der Erforschung des Kerns und seiner chemischen Zusammensetzung dient. Darüberhinaus werden aber auch die Wechselwirkung zwischen Sonnenwind und Koma und die Eigenschaften des Plasmas in der Ionosphäre des Kometen untersucht. Ein Massenspektrometer wird zunächst die durch chemische Reaktionen in der Koma veränderten Moleküle, Atome und Radikale identifizieren, um dann bei der weiteren Annäherung an den Kern die ursprünglich durch Verdampfungsprozesse freigesetzten Moleküle zu untersuchen. Ähnlich wie bei den VEGA-Sonden werden auch bei dieser Mission die während des Fluges eingefangenen Staubteilchen durch den Staubdetektor analysiert. Zur Bildaufnahme dienen zwei Geräte. Ein Photopolarimeter, das entlang der Flugbahn zurückblickt, registriert die Änderung

von Helligkeit und Polarisation in acht Wellenlängenbereichen. Speziell für diese Sonde wurde eine Kamera mit einer Brennweite von 1m gebaut, die es ermöglicht, Bilder des Kerns in vier Farben zu erhalten. Wegen der sehr geringen Entfernung zur Zeit des Vorbeifluges erhofft man, Bilder mit einer Auflösung bis zu 10 m zu erhalten. Da allerdings die GIOTTO-Sonde im Gegensatz zu den VEGA-Sonden spinstabilisiert ist (15 U/min), sind nur Belichtungszeiten zwischen 14 μ s und 1 ms möglich, die eine Abbildung des Schweifs und der schwächeren äußeren Koma verhindern. Die Rotation der Sonde erlaubt aber andererseits eine Kartierung der Winkelverteilung des vorbeiströmenden Plasmas.

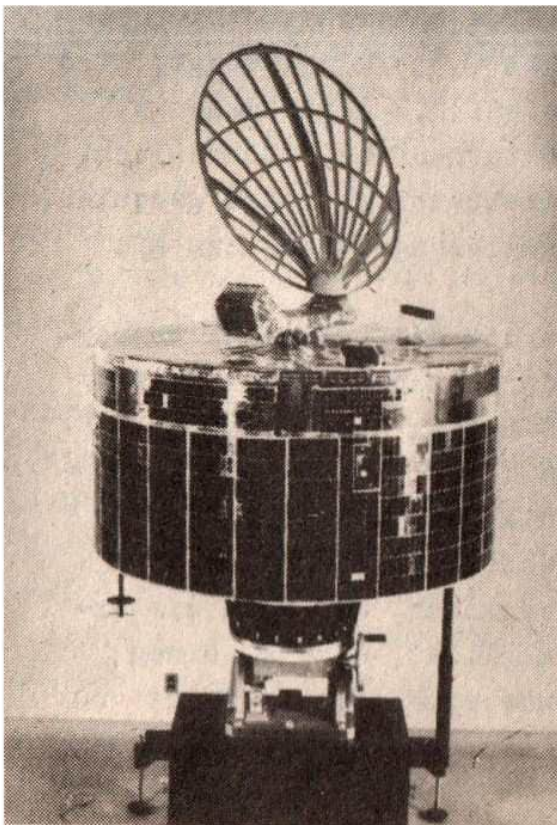
Noch gefährlicher als für die VEGA-Mission kann sich wegen der dichteren Annäherung der GIOTTO-Sonde an den Kometenkern die durch die retrograde Bahn des Halleyschen Kometen verursachte sehr hohe Relativgeschwindigkeit auswirken. Abgesehen davon, daß bei einem angenommenen Kerndurchmesser von 10 km dieser in etwa einer Zehntelsekunde an der Kometensonde vorbeirast, wäre schon ein 1 mm großes Staubteilchen mit einer Geschwindigkeit von 70 km/s in der Lage, einen Stahlpanzer von 3 cm Dicke zu durchschlagen. Aus diesem Grund ist auch die GIOTTO-Sonde durch ein zweiteiliges Schutzschild gesichert, dessen äußere Schicht dazu dient, unter dem Aufprall der Projektile zu zersplittern oder kleinere Teilchen zu verdampfen. Die Splitter fliegen dann in den Raum zwischen den beiden Schichten und die Restenergie wird von der relativ dicken Rückwand des Schildes aufgenommen. Trotz dieser Maßnahmen erwarten die ESA-Fachleute, daß die Sonde nicht den gesamten nahen Vorbeiflug am Kern schadlos überstehen wird.

Die japanischen Kometensonden

Mit der Entsendung der Raumflugkörper MS-T5 und Planet-A unternimmt Japan erstmals Experimente außerhalb des erdnahen Weltraums. Im Unterschied zu den bisher vorgestellten Missionen liegt der Schwerpunkt auf der Erforschung der Korona und des Plasmaschweifs des Kometen. Da diese Sonden den Kometen in einem wesentlich größeren Abstand passieren, entfallen die aufwendigen Maßnahmen zur Installation eines Schutzschildes. Die Sonde MS-T5 ist hauptsächlich als Testflugkörper für die Er-



Auf dem Weg zu Halley – die
GIOTTO-Sonde der westeuro-
päischen Raumfahrtorganisation
ESA



PLANET A – Japans zweite
Tiefraumsonde

probung der neuen Trägerrakete, der neuartigen Technologien bei der Sondenherstellung und des neu installierten Tiefraumkommunikationssystems zu betrachten. Sie wird aber auch an der direkten Erforschung des Kometen mit Hilfe von zwei Plasmaexperimenten und einem Gerät zur Magnetfeldmessung beitragen. Da der Sonnenwind, wie schon erwähnt, die Struktur von Koma und Schweif sehr stark beeinflusst, wird erwartet, daß gerade diese Experimente einen wesentlichen Beitrag zum internationalen Halley-Programm leisten. Der Plasmawellendetektor, dessen Kernstück ein Dipolantenne mit 10 m Spannweite darstellt, dient zum Auffinden der lokalen Plasmawellen-Instabilität. Ein zweites Experiment dient der Messung des Ionenflusses im Sonnenwind, dessen Geschwindigkeit und Temperatur. Ein spezielles Magnetometer mißt schließlich die Variation des interplanetaren Magnetfeldes auf unterschiedlichen Längenskalen. Diese Daten werden für die Interpretation der geometrischen Gestalt des Schweifes sehr nützlich sein.

Die Sonde Planet-A besitzt eine zylindrische Gestalt mit einem Durchmesser von 1.4 m und einer Höhe von 0.7 m. Die Stromversorgung erfolgt durch Solarzellen, die auf dem Zylindermantel angeordnet sind. Die Sonde ist spinstabilisiert, wobei die Drehachse senkrecht zur Verbindungslinie Sonne - Sonde steht, um die Ausrichtung der Antennen zur Erde zu sichern. Die Drehzahl der Sonde, die während des Fluges 6.3 U/min beträgt, wird zur Zeit des Vorbeifluges am Kometen auf 0.2 U/min gesenkt. Nach jeweils 20 Tagen sind Lagekorrekturmanöver erforderlich, um den Strahlungsdruck der Sonne zu kompensieren. Das geschieht mit Hilfe von sechs Druckgas-Lageregulierungsdüsen, die mit Stickstoff als Druckgas arbeiten.

Mit einer UV-Kamera soll eine Kartierung der schwachen Wasserstoffkorona des Kometen im Lichte der Lyman-alpha-Linie erfolgen. Die Kamera ist mit einer CCD-Matrix als Empfänger ausgerüstet und weist ein Gesichtsfeld von $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ auf. Um ein Verwischen des Bildes durch die Rotation der Sonde zu vermeiden, wird ein spezielles Verfahren zur Übernahme der Bildinformation verwendet. Ein Sonnensensor, der auch die erwähnte Ausrichtung der Drehachse ermöglicht, erzeugt einen Impuls, der mit der Rotation der Sonde synchronisiert ist und sowohl den Kameraverschluß auslöst, als auch zum Auslesen der

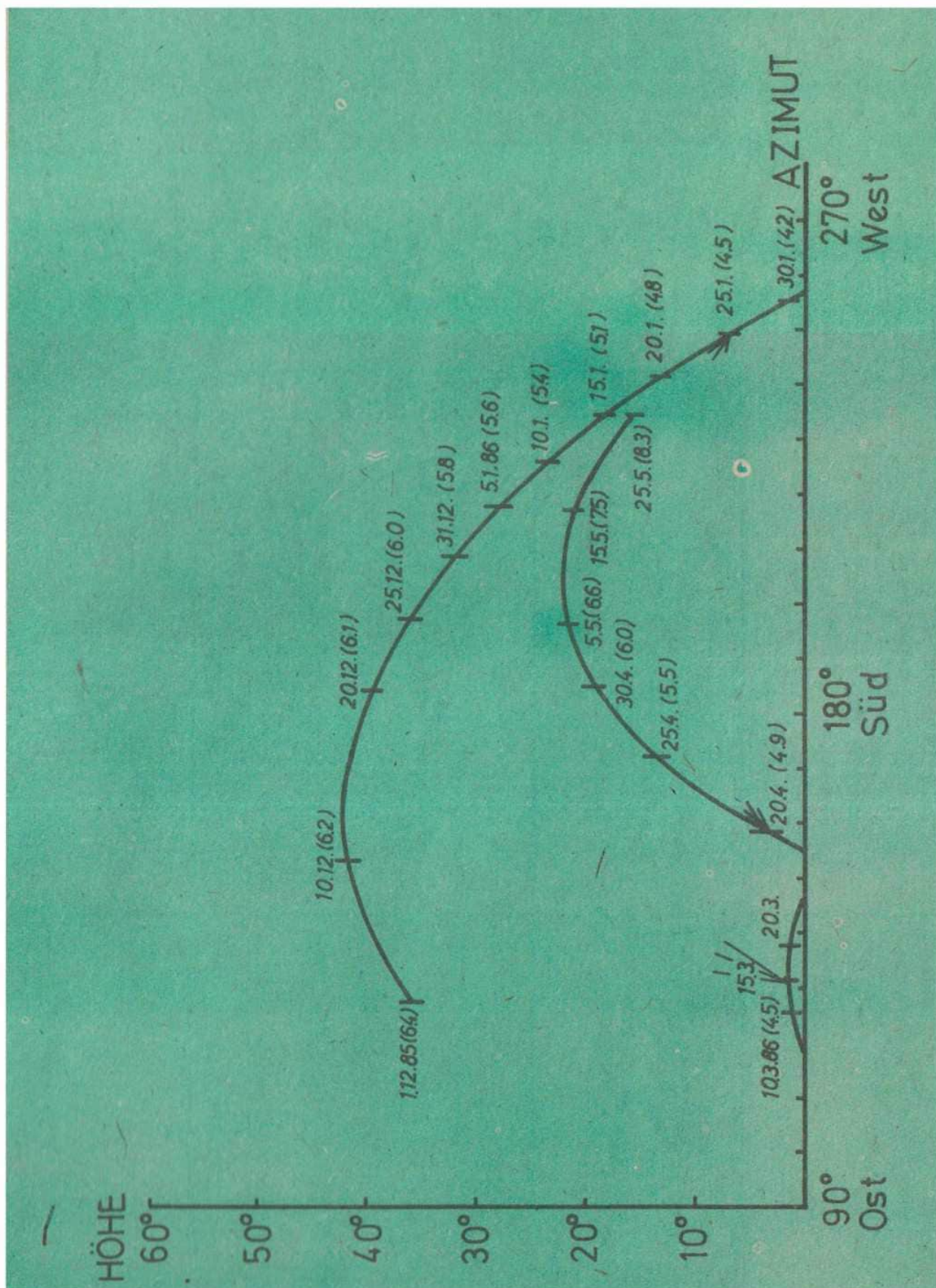
CCD-Matrix führt. Das zweite Instrument, ein sogenannter Sonnenwind-Teilchenanalysator, besteht aus zwei Detektoren für Elektronen und Ionen im Energiebereich von 30 eV bis 16 keV in 96 Stufen. Damit lassen sich das Energiespektrum dieser Teilchen und ihre räumliche Verteilung ermitteln.

Die ICE-Mission

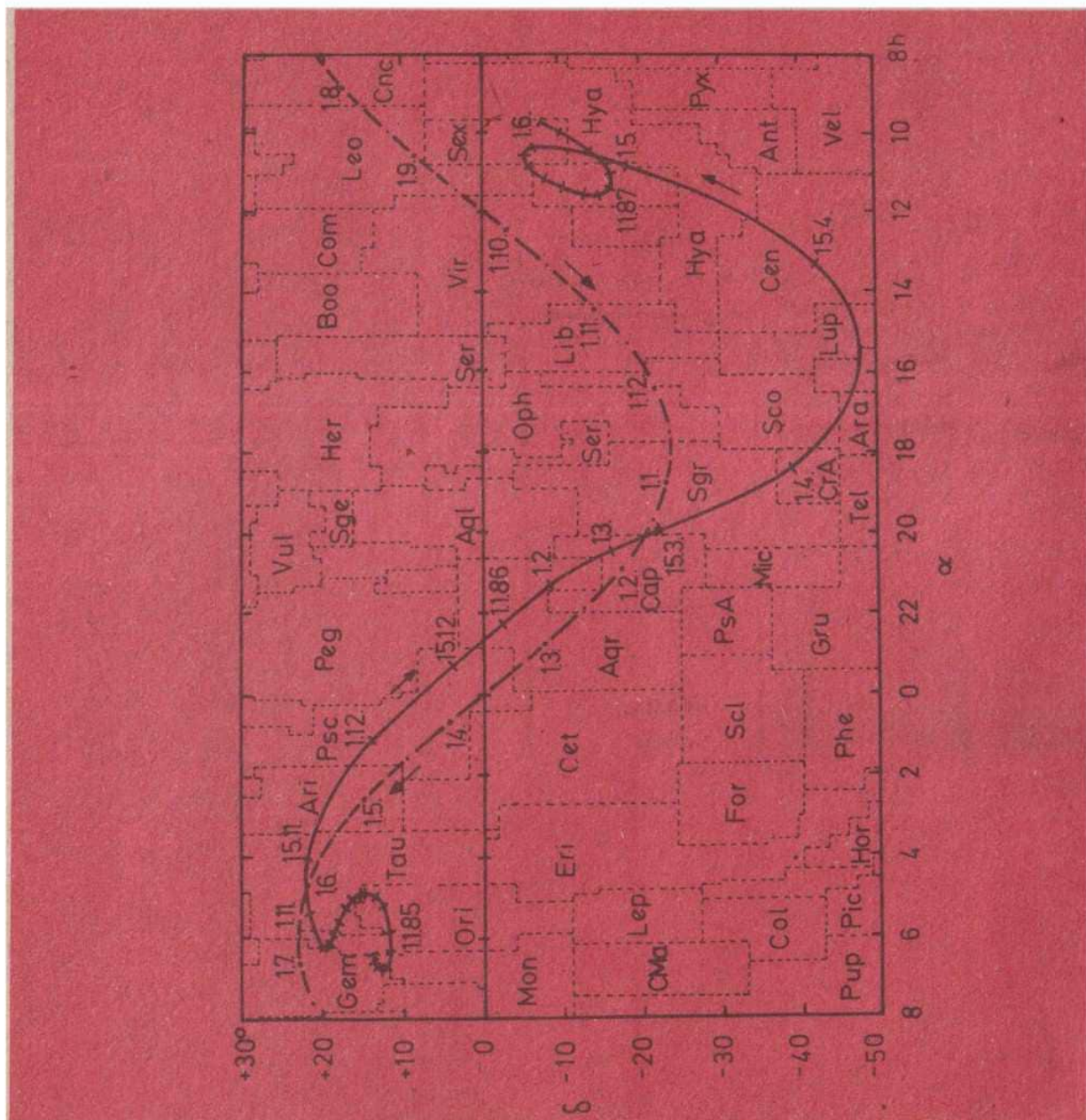
Dieser von der NASA und der ESA gemeinsam entwickelte und bereits 1978 gestartete ehemalige Erdsatellit diente der Erforschung der Wechselwirkung zwischen dem Sonnenwind und der Erdmagnetosphäre. Seine experimentelle Ausrüstung mit Plasmawellenanalysatoren entspricht daher den Anforderungen, die das Studium des Plasmaschweifs des Kometen stellt. Durch komplizierte Bahnmanöver wurde der Raumflugkörper, der ursprünglich in einem Lagrange-Punkt des Erde-Mond-Systems stationiert war, in Richtung Halleyscher Komet gelenkt. Diese Bahnänderung führt dazu, daß die Sonde vor der Begegnung mit Halley am 11. September 1985 Gelegenheit hat, den Kometen Giacobini-Zinner zu untersuchen.

Wie aus den Details der Aufgabenstellungen der verschiedenen Missionen zu sehen ist, ergänzen sich viele Experimente gegenseitig, um so ein möglichst vollständiges Bild des Halleyschen Kometen zu erhalten. Die zeitliche Abfolge der Vorbeiflüge wird es ermöglichen, Veränderungen mit Zeitskalen zwischen einem Tag und einer Woche festzustellen. Da die Sonden die unterschiedlichsten Regionen des Kometen durchfliegen, werden wir von dessen räumlicher Struktur ein gutes Bild erhalten. Nach der Auswertung aller Daten besitzen wir bessere Kenntnis über die chemische Zusammensetzung und den physikalischen Zustand von Koma und Schweif. Allerdings erlaubt der flüchtige Blick während des raschen Vorbeifluges keine detaillierte Untersuchung des Kometenkerns. Erst spätere Raumflüge können, möglicherweise mittels Landeapparaten, genauere Aussagen über den Körper liefern, der zum Phänomen des Kometen Anlaß gibt. Die Erfüllung der beschriebenen Zielstellungen wird damit eine wesentliche Voraussetzung für künftige Kometenmissionen mit echtem Rendezvous sein.

Organisation	ESA	Interkosmos		JSAS	JSAS	NASA
Sondennamen	GIOTTO	VEGA-1	VEGA-2	MS-T5	PLANET-A	ICE
Startdatum	6.7.85	15.12.84	21.12.83	4.1.85	15.8.85	12.8.78
Trägerrakete	Ariane-2	Proton	Proton	M-3 SII	M-3 SII	Delta
Vorbeiflug am	13.3.86	6.3.86	9.3.86	8.3.86	9.3.86	28.3.86
Entfernung zum Kern (km)	300	10000	3000	10 ⁶	10 ⁵	31.4x10 ⁶
Relativgeschwindigkeit dabei (km/s)	69	80	77	74	75	
Entfernung zur Sonne (AE)	0.89	0.79	0.83	0.81	0.80	0.93
Entfernung zur Erde (AE)	0.98	1.16	1.09	1.11	1.14	0.64
Masse der Sonde (kg)	750	1000	1000	140	140	470
Lageregelung	Spin	3 Achsen	3 Achsen	Spin	Spin	Spin
Masse der Meßgeräte (kg)	50	144	144	14	12	97
Zahl der Experimente	10	13	13	3	2	6
Kameras (Opt, IR, UV)	2	4	4	-	1	-
Massenspektrometer	3	3	3	-	-	-
Staubdetektoren	1	2	2	-	-	-
Plasma-Analysatoren	3	3	3	2	1	5
Magnetometer	1	1	1	1	-	1



Sichtbarkeitsbedingungen des Halleyschen Kometen für 52° nördl. Breite: Höhe und Azimut sind dargestellt für den Zeitpunkt, zu dem sich die Sonne gerade 12° unter dem Horizont befindet. In Klammern hinter Datum: Helligkeit in Größenklassen.



Der Weg des Kometen Halley am Himmel: Die Bewegung des Kometen durch die Sternbilder wird durch die durchgezogene Linie repräsentiert. Die Bahn der Sonne ist durch die strichpunktuierte Linie gekennzeichnet. Darstellung im Äquatorialsystem.
aus: Die Sterne

68

Impuls

Schülerzeitschrift für

PHYSIK · CHEMIE · BIOLOGIE

6/85

INDEX 322004

ISSN 0232-9220

PREIS 60 Pf.

19. Jg.

Die Säure-
Base-Theorie



Raster-
Tunnel-
Mikroskopie



Physik-
aufgabe



Mikro-
prozessor-
system U 880
(Teil 3)



Jahres-
inhalts-
verzeichnis

Niels Bohr und die moderne Atomtheorie

– Zum 100. Geburtstag des dänischen Physikers –
von Dr. Dieter Hoffmann

(Titelbild: Niels Bohr, Repro: Schönauf)



Manfried Schulze	Die Säure-Base-Theorien von Arrhenius, Brönsted, Lewis und Usanović	CHE	3
	Unsere Physikaufgabe		9
Dr. Dieter Hoffmann	Niels Bohr und die moderne Atomtheorie – Zum 100. Geburtstag des dänischen Physikers –		10
Alexander Niehardt	Lebensspender Fluor		14
Dipl.-Ing. G. Bläsche	Das Mikroprozessorsystem U 880 (Teil 3)	PHY	17
	MOSAİK		25
	Lösungen zu Heft 5/85		27
Wolfgang König	Büchermarkt		32
	WISSENSWERTES		34
Prof. Dr. Hasso Meinert	– So weiß wie Blut – Perfluorcarbon-Emulsionen als „Blutersatz“	BIO	35
	Jahresinhaltsverzeichnis 1985		40
Peter Kroll	Raster-Tunnel-Mikroskopie	PHY	42
	VORSCHAU		47

impuls 68 – SCHÜLERZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK, CHEMIE UND BIOLOGIE

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

Die Zeitschrift erscheint im Eigenverlag der Redaktion „impuls 68“

Anschrift der Redaktion: 6900 Jena, Max-Wien-Platz 1, Telefon 2 71 22/2 17

Veröffentlicht unter der Lizenznummer 1570 des Presseamtes beim Vorsitzenden des Ministerrates der DDR.

Erscheinungsweise: zweimonatlich

Heftpreis: –,60 M

Bezugsmöglichkeiten: durch den Postzeitungsvertrieb

Satz und Rollenoffsetdruck: Druckerei Volkswacht Gera, AN (EDV) 13228

Gestaltung: Richter, Kroll, Niehardt

Redaktionsschluß: 4. 10. 1985

Manfred Schulte
Schwarzenberg
EOS „Bertolt Brecht“

Die Säure-Base-Theorien
von Arrhenius, Brønsted, Lewis
und Ullmann

Die Reaktionen mit Protonenübergang sind wie die Reaktionen mit Elektronenübergang (Redox-Reaktionen) elementare chemische Reaktionen. Die heutigen Vorstellungen über die Säure-Base-Reaktionen haben ihren Ursprung in den ersten wissenschaftlichen Definitionen von Säuren und Basen.

Die Arrhenius'sche Säure-Base-Theorie

Auf der Grundlage der empirischen Erkenntnis, daß Säuren und Basen antagonistische Stoffe sind, baute Arrhenius (1884) seine Theorie auf der elektrolytischen Dissoziation der Stoffe auf. Arrhenius definierte Säuren und Basen so :

Säuren sind Wasserstoffverbindungen (konstitutionelles Merkmal), die in wäßrigen Lösungen H^+ -Ionen bilden können (funktionelles Merkmal).

Basen sind Stoffe mit OH-Gruppen (konstitutionelles Merkmal), die in wäßrigen Lösungen freie Hydroxidionen bilden können (funktionelles Merkmal).

In der Folgezeit erwies sich die Theorie von Arrhenius als unzureichend. Die Annahme von freien Wasserstoffionen (Protonen) in wäßrigen Lösungen, wie sie die Dissoziationstheorie forderte, ist nicht gerechtfertigt. Der enorm kleine effektive Durchmesser dieser Teilchen führt zur Abhängigkeit der H^+ -Ionen gegenüber dem großen Dipolmoment des Wassers. Es kommt zur Assoziation von Wasser und Wasserstoffionen zu H_3O^+ -Ionen (Hydronium-Ionen) und noch größeren Atomgruppierungen wie z.B. $H_9O_4^+$ -Komplexen. Die Arrhenius'sche Theorie gestattete auch nicht die Erweiterung der Säure-Base-Definition für das Gebiet der nichtwäßrigen Lösungsmittel. Man half sich in solchen Fällen zunächst in der Weise, daß man z.B. beim Lösen von Ammoniak in Wasser eine Base postulierte, die anschließend in NH_4^+ - und OH^- -Ionen dissoziiert. Neuere Untersuchungen haben allerdings eindeutig bewiesen, daß bestandsfähige (nichtdissoziierte) Atomverbände wie

z.B. Ammoniumhydroxid nicht real existieren.

2. Die Säure-Base-Konzeption von Brönsted

Brönsted (1923) konnte (gleichzeitig und unabhängig auch Lowry) durch eine neue Auswahl der konstitutionellen und funktionellen Kriterien eine wesentliche Erweiterung der Säure-Base-Definition erreichen. Im Vordergrund der Brönsted'schen Definition steht die Funktion, als Protonendonatoren bzw. Protonenakzeptoren zu wirken. Dabei werden Säuren konstitutionell dadurch charakterisiert, daß sie Wasserstoffverbindungen darstellen, während Basen nur funktionell zu beschreiben sind. Das bedeutet, daß die Brönsted'sche Darstellung im Gegensatz zur Arrhenius-Definition eine unsymmetrische Säure-Base-Definition ist.

2. 1. Die Brönsted-Säuren

Säuren erfüllen die Funktion eines Protonendonators, d.h., daß solche Stoffe in der Lage sind, H^+ -Ionen (Protonen) an einen anderen Stoff abgeben zu können.

Die konstitutionelle Forderung ist das Vorhandensein von Wasserstoff, der als Proton umgesetzt werden kann. Dabei ist es gleichgültig, welches Lösungsmittel zur Anwendung kommt und selbst eine Reaktion in der Gasphase ist möglich.

Brönsted teilte die Säuren weiterhin in drei Gruppen auf :

Neutralsäuren	Wasserstoffverbindungen, die elektrisch neutral sind (z.B. H_2S , HNO_3 , H_2SO_4 , HCN)
	$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$
Kationensäuren	(z.B. NH_4^+ , H_3O^+)
	$NH_4^+ \rightleftharpoons H^+ + NH_3$
Anionensäuren	Säurereste mit mindestens einem Wasserstoffatom, auch Hydrogensalz-Ionen genannt (z.B. HSO_4^- , $H_2PO_4^-$)
	$HSO_4^- \rightleftharpoons H^+ + SO_4^{2-}$

Bei der Darstellung wurde das Lösungsmittel (z.B. Wasser) nicht mit in Betracht gezogen.

2. 2. Die Brönsted-Basen

Basen sind nach dieser Konzeption Stoffe, die als Moleküle oder Ionen Protonen (H^+ -Ionen) aufnehmen können. Basen müssen lediglich diese funktionelle Voraussetzung erfüllen und werden deshalb als Protonenakzeptoren bezeichnet. Allen Brönsted-Basen ist gemeinsam, daß sie ein freies, nicht in Bindung stehendes Elektronenpaar zur Verfügung stellen können, die mit dem Proton zu einer kovalenten Bindung beiträgt. Das ist z.B. bei folgender Reaktion zu verzeichnen :



Wasserstoff und Chlor bilden ein gemeinsames Elektronenpaar. Hierbei tritt besonders die Berührung der Brönsted'schen Theorie mit der von Lewis und Usanovič hervor, die ebenfalls die Mitwirkung von Elektronen bei der Säure- bzw. Basereaktion hervorheben.

Die Basen teilen sich ebenso auf, wie die Säuren :

Neutralbasen (z.B. NH_3 , H_2O)



Kationenbasen $[Al(OH)(H_2O)_5]^{2+}$, $[Zn(OH)(H_2O)_3]^+$

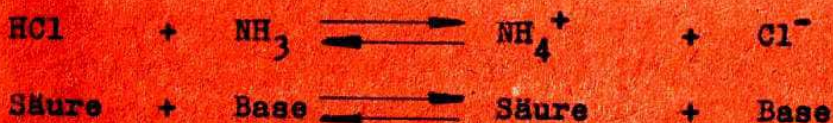


Anionenbasen (z.B. HCO_3^- , Cl^- , OH^-)



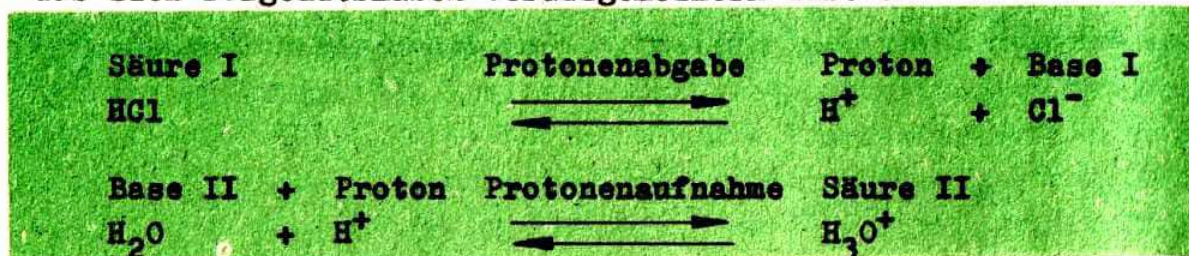
2. 3. Das Protolysegleichgewicht

Das Fundament der Brönsted-Konzeption ist der unbedingte Zusammenhang von Protonendonator (Säure) und Protonenakzeptor (Base). Es bildet sich damit ein korrespondierendes Säure-Base-Paar heraus. So ist z.B. bei der Reaktion von HCl mit NH_3 folgende Wechselwirkung zu erkennen :

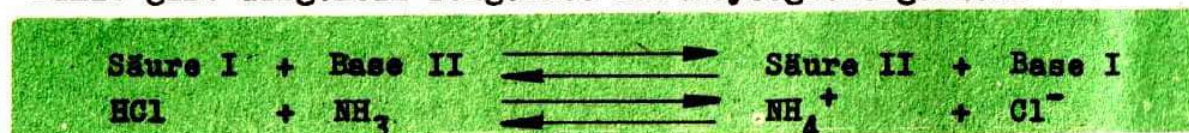


Dabei reagiert die Neutralsäure (HCl) zur korrespondierenden Base (Cl^-), während die Neutralbase (NH_3) sich in die korrespondierende Säure (NH_4^+) umsetzt.

Säure und Base sind durch Protonenbewegung miteinander verbunden, so daß sich ein protolytisches System herausbildet. Die Reaktionspartner gehen miteinander in ein Gleichgewicht ein, das sich folgendermaßen verallgemeinern läßt :

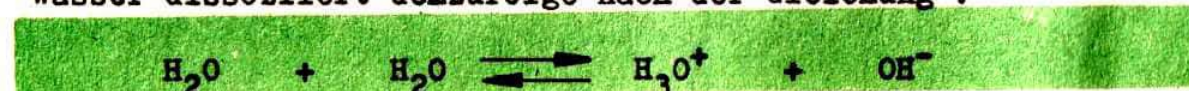


Damit gilt allgemein folgendes Protolysegleichgewicht :

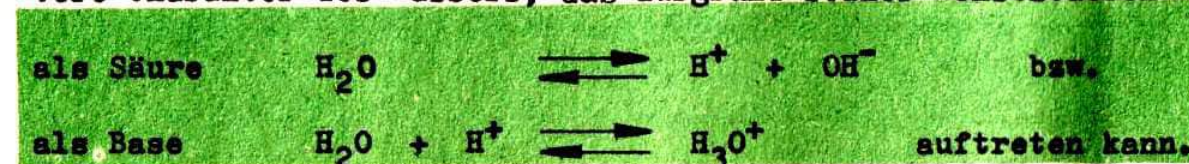


Dieses Gleichgewicht unterliegt dem Massenwirkungsgesetz. Damit können über die Brönsted'sche Definition auch alle quantitativen Beziehungen des protolytischen Systems durch konkrete Berechnungen bestimmt werden. Weiterhin ist wichtig, daß alle relativ selbständigen Reaktionen wie Dissoziation, Neutralisation und Hydrolyse in einer einheitlichen Definition zusammengefaßt werden können. Die verbindende Gemeinsamkeit aller dieser Reaktionen ist die Protonenbewegung. (Man betrachte dazu die Tafel auf der folgenden Seite.)

Wasser dissoziiert demzufolge nach der Gleichung :



Die Autoprotolyse des Wassers wird auch als Säure-Base-Disproportion bezeichnet. Ursache dieser Disproportion ist der amphotere Charakter des Wassers, das aufgrund seiner Konstitution



Das Gleichgewicht bei der Autoprotolyse des Wassers führt zu einer Konstanten, die mit $1,0 \cdot 10^{-14} \text{ mol}^{-2} \text{ l}^{-2}$ gegeben ist. Entsprechend dem Protolysegleichgewicht des Wassers bilden auch

Reaktion	alte Formulierung	neue Formulierung
Säuredissoziation	$\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$	$\text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$
Basendissoziation	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{OH}$ $\text{NH}_4\text{OH} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$	$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$
Dissoziation des Wassers	$\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$	$\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$
Neutralisation	$\text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{OH}^-$ $\rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$	$\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightleftharpoons 2 \text{H}_2\text{O}$
Hydrolyse	$\text{NH}_4^+ + \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons$ $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{Cl}^-$	$\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$

$\rightleftharpoons$ Protonenübergang

noch andere prototrope (protonenaustauschende) nichtwässrige Verbindungen wie z.B. flüssiger Ammoniak, wasserfreie Essigsäure oder wasserfreie Schwefelsäure die Säure-Base-Disproportion.



Besonders hoch ist die Protolysekonstante der 100%igen Schwefelsäure : $K_S = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ mol}^{-2} \text{ l}^{-2}$. Interessant ist, daß in diesem wasserfreien Lösungsmittel z.B. Perchlorsäure (HClO_4) als schwache Säure reagiert, während die Schwefelsäure selbst in dieser Beziehung eine schwache Base darstellt.

An diesem Beispiel ist deutlich zu erkennen, daß das Säure-Base-Verhalten eines Stoffes keine absolute (konstitutionelle) Eigenschaft ist, sondern weitgehend vom Reaktionspartner und von den Eigenschaften des Lösungsmittelsystems abhängt. Damit ist der Absolutcharakter der Begriffe Säure, Base und Neutralisation aufgehoben und durch eine der Realität entsprechende Beziehung ersetzt worden. Ähnliches gilt für den Salz Begriff. Seine zentrale Stellung im Säure-Base-System ist nach der Brönsted-Theorie aufgehoben. Salze werden danach als Substanzen angesehen, die im festen Zustand Ionenkristalle bilden.

2. 4. Besonderheiten protolytischer Reaktionen

Säuren und Basen protolysieren im Wasser in verschiedenen Ausmaß. Starke Protolyte (stark dissoziierende Säuren und Basen) setzen sich fast vollständig mit dem Lösungsmittel um, z.B.:



Aus einer starken Säure wird hier eine schwache korrespondierende Base (Cl^-), die wenig Neigung hat, Protonen aufzunehmen. Umgekehrt führt eine schwache Säure immer zu einer starken korrespondierenden Base (CN^-), die durch Protonenaufnahme eine starke Tendenz zur Rückreaktion bewirkt :



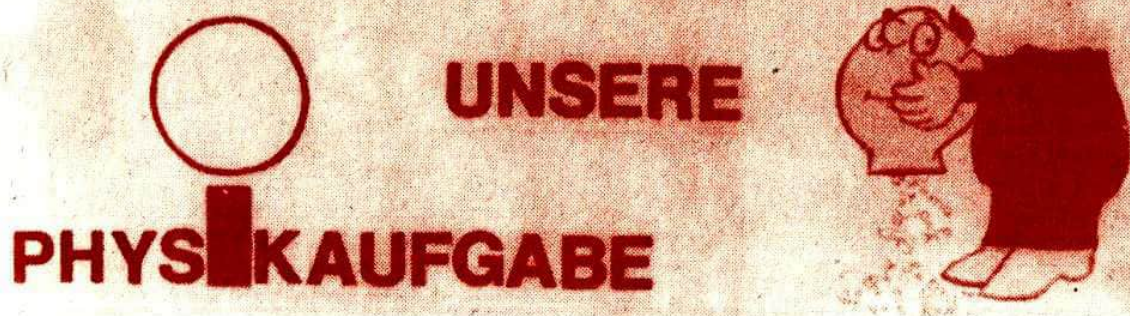
Zur Charakterisierung des Protolysegleichgewichts werden anstelle der üblichen Säure-Base-Konstanten (K_S bzw. K_B) zur Definition der Stärke von Säuren und Basen gegenüber dem Ampholyt

Wasser deren negative dekadische Logarithmen angewendet.

Es gilt : $pK_S = -\lg K_S$ bzw. $pK_B = -\lg K_B$

z.B.	Säure	pK_S	Base	pK_B
	HCl	- 6	Cl^-	20
	H_2SO_4	- 3	HSO_4^-	17
	NH_4^+	10	NH_3	5
	HCO_3^-	11	CO_3^{2-}	4

Ende des 1. Teiles



Klassenstufe 11/12 Optik

Von einem Felsen aus, der in einer Höhe $h = 76 \text{ m}$ über der spiegelnden Oberfläche eines Sees liegt, wird eine Wolke unter einem Höhenwinkel $\alpha = 36^\circ$ beobachtet. Ihr Spiegelbild erscheint im See unter einem Winkel $\beta = 58^\circ$ gegenüber der Horizontalen nach unten gemessen. Wie groß ist die tatsächliche Höhe der Wolke bezogen auf die Oberfläche des Sees?

Klassenstufe 11/12 Mechanik

An zwei parallelen Federn von gleicher Länge hängt ein Stab, dessen Gewicht vernachlässigt werden kann. Die Federkonstanten sind $k_1 = 1960 \text{ N/m}$ und $k_2 = 2940 \text{ N/m}$. Die Stablänge ist gleich dem Abstand der Federn $l = 0,1 \text{ m}$. An welcher Stelle des Stabes kann man Lasten anbringen unter der Bedingung, daß der Stab horizontal bleibt?

Dr. Dieter Hoffmann
Institut für Theorie,
Geschichte und
Organisation der
Wissenschaft
AdW der DDR

Niels Bohr und die moderne
Atomtheorie –
Zum 100. Geburtstag des
dänischen Physikers

Geschichte der
Naturwissenschaft

Niels Bohr war ohne Zweifel eine jener Wissenschaftlerpersönlichkeiten, die die Physik unseres Jahrhunderts am nachhaltigsten geprägt haben. Sein wissenschaftliches Werk, das die moderne Atomtheorie nicht nur begründete, sondern aufs höchste auch weiterentwickeln half, stellt ihn in eine Reihe mit Gelehrten wie Albert Einstein oder Max Planck. Bohrs Einfluß auf die moderne Physikentwicklung reicht indes über den seines eigentlichen wissenschaftlichen Werkes weit hinaus, beeinflusste er doch als allseits verehrtes Haupt einer der wichtigsten Physikerschulen dieses Jahrhunderts die physikalische, erkenntnistheoretische und philosophische Anschauungsweise mehrerer Physikergenerationen nachhaltig. Sein Kopenhagener Institut galt über Jahrzehnte hinweg als die inoffizielle »Hauptstadt der modernen Atom- und Quantenphysik« und war Sammelpunkt sowie Diskussionsstätte für renommierte Fachkollegen wie für zahllose talentierte Nachwuchswissenschaftler aus der ganzen Welt. In seinen Aufsätzen, Vorträgen und insbesondere durch die Art seines Auftretens bei Konferenzen und in individuellen Diskussionen war N. Bohr zudem bemüht, zwischen unterschiedlichen wissenschaftlichen Standpunkten und erkenntnistheoretischen Auffassungen zu vermitteln und den die Erkenntnis befördernden Kern der vertretenen Anschauungen herauszuarbeiten, wodurch er bei seinen Physikerkollegen nicht nur große Anerkennung genoß, sondern zugleich die Überzeugung stärkte, daß sie unbeschadet aller Meinungsverschiedenheiten einer großen Familie der Wissenschaft angehören.

Lebensdaten von N. Bohr

- | | |
|---------|---|
| 1885 | am 7. Oktober in Kopenhagen geboren |
| 1903 | Beginn des Studiums an der Kopenhagener Universität |
| 1907 | Verleihung der Goldmedaille der Dänischen Akademie |
| 1911 | Promotion und Beginn eines Studienaufenthaltes in England (J. J. Thomson, E. Rutherford) |
| 1912 | Rückkehr nach Kopenhagen; Heirat mit Margarete Norlund |
| 1913 | Veröffentlichung seiner Trilogie »Über den Aufbau der Atome und Moleküle«; Dozent an der Kopenhagener Universität |
| 1914/16 | Studienaufenthalt bei E. Rutherford in Manchester |
| 1916 | Professor für theoretische Physik an der Universität Kopenhagen |
| 1920 | Gründung des Instituts für Theoretische Physik |

- 1922 Theorie des Periodischen Systems der Elemente,
Verleihung des Physiknobelpreises für seine Verdienste
um die Erforschung des Aufbaus der Atome und der von
ihnen ausgesandten Strahlung
Korrespondierendes Mitglied der Berliner Akademie
- 1927 Komplementaritätsprinzip
- 1931 Übersiedlung in das »Ehrenhaus«, das der jeweils be-
rühmteste dänische Künstler oder Wissenschaftler be-
wohnen darf
- 1933 Beschäftigung mit dem Problem der Messung in der
Quantenmechanik
- 1936 Tröpfchenmodell des Atomkerns
- 1939 Präsident der Dänischen Akademie der Wissenschaften
Theorie der Kernspaltung
- 1943 Flucht nach Schweden
Teilnahme am amerikanischen Atombombenprojekt
- 1945 Rückkehr nach Dänemark
- 1950 Offener Brief an die Vereinten Nationen, in dem er sich
für Völkerverständigung und atomare Abrüstung einsetzt ,
- 1962 am 18. November in Kopenhagen gestorben

Niels Bohrs gesamtes Wirken in seiner Vielfalt und Komplexität zu würdigen, ist an dieser Stelle nicht möglich und soll auch gar nicht angestrebt werden. Vielmehr wollen wir uns auf den Bohrschen Beitrag bei der Herausbildung der modernen Atomtheorie beschränken, charakterisiert er wohl am besten jene über-
ragende Rolle, die Niels Bohr in der modernen Physikentwick-
lung einnimmt. Bezüglich der anderen Seiten und Aspekte seines
vielfältigen Wirkens sei auf die umfängliche Sekundärliteratur
sowie auf die Fülle von Veranstaltungen und Würdigungen verwie-
sen, die anlässlich des 100. Geburtstages des Gelehrten auch in
unserer Republik erscheinen werden.

So veranstaltete die Arbeitsgruppe Physikgeschichte der Physi-
kalischen Gesellschaft z. B. am 17. September 1985 in Berlin
ein ganztägiges Kolloquium zum Leben und Werk von N. Bohr.

Niels Bohr wurde als Sohn eines namhaften Universitätsprofes-
sors der Physiologie geboren; die Mutter war die Tochter eines
reichen Kopenhagener Bankiers jüdischer Herkunft. Die sozialen
Bedingungen der Familie boten dem Heranwachsenden alle Möglich-
keiten für eine sorgenfreie und umfassende akademische wie kul-
turelle Erziehung; zu letzterer trug nicht unwesentlich bei,
daß die angesehene Stellung der Familie im öffentlichen Leben
Kopenhagens bereits dem jungen Bohr direkte Kontakte zu den
geistig führenden Persönlichkeiten seiner Zeit erschloß. In der
Schule war Niels Bohr wie auch sein um zwei Jahre jüngerer Bru-
der Harald, der ein bedeutender Mathematiker wurde, ein ausge-
zeichneter Schüler. In seiner Freizeit beschäftigte er sich un-
ter der Anleitung seines Vaters intensiv mit physikalischen
Problemen und Experimenten. Eine Konsequenz dieser Interessen
war die Aufnahme eines Physikstudiums im Herbst 1903. Mehr noch
als auf der Oberschule konnte N. Bohr als junger Student auf
sein Genie aufmerksam machen: schon im zweiten Studienjahr über-

trug man ihm kleinere Forschungsaufgaben, und im Jahre 1907 wurde er sogar für die Entwicklung einer Methode zur Oberflächenspannungsbestimmung von Flüssigkeiten durch die Kopenhagener Akademie der Wissenschaften mit einer Goldmedaille ausgezeichnet. Vier Jahre später verteidigte Niels Bohr an der Universität seiner Vaterstadt seine Dissertation, die dem aktuellen Problem der Elektronentheorie der Metalle gewidmet war. Hierbei hatte er sich auch erstmals mit der Planckschen Quantenhypothese auseinandergesetzt und war so mit dem Problemkreis der modernen Physikentwicklung vertraut geworden; zugleich verschaffte sie ihm erste internationale Anerkennung.

Für den Erfolg der Promotion spricht auch, daß ihm ein Stipendium der Kopenhagener Carlsberg-Stiftung verliehen wurde, womit er im Herbst 1911 zunächst zum Altmeister der experimentellen Elektronenphysik, dem Entdecker des Elektrons J. J. Thomson, ans weltberühmte Cavendish-Laboratorium in Cambridge ging. Ab März 1912 weilte er in Manchester bei Ernest Rutherford, der auf den jungen Forscher einen großen Eindruck machte und mit dem ihm bald eine tiefgehende und bleibende Freundschaft verband. E. Rutherford war es auch, der den jungen Dänen tief in die Gedankengänge der beiden zentralen Problemstränge damaliger Physikentwicklung, dem Atomproblem und dem Quantenkonzept, eindringen und miteinander verknüpfen half. Gerade letzteres war

„Wir haben hier eine ganz verrückte Theorie vor uns. Die Frage ist nur, ob sie verrückt genug ist, um richtig zu sein.“

NIELS BOHR



Ernest Rutherford

Repro: Schönau

für die damaligen Physiker keineswegs selbstverständlich, sparten doch die damals existierenden und auf mehr oder minder mechanistische Vorstellungen basierenden Atommodelle Quantenvorstellungen gänzlich aus.

Ein Versuch des Wiener Physikers Arthur Erich Haas aus dem Jahre 1910, »die Konstante h in einen Zusammenhang mit den Grundgrößen der Elektronentheorie« zu bringen und damit einen quantentheoretischen Ansatz für das (Thomsonsche) Atommodell zu wählen, blieb nicht nur im Dschungel physikalischer Schwierigkeiten stecken, sondern wurde zu dem von seinen Fachkollegen als »Faschingsscherz« bzw. als eine unzulässige und allzu naive Vermischung zweier beziehungsloser Wissenszweige, der »wärmethoretischen« Quantentheorie und der »optischen« Spektroskopie, belächelt.

Daß heute das Atom als »die eigentliche Manifestation der Quantentheorie« gilt, ist so in entscheidendem Maße dem Wirken von Niels Bohr zu verdanken. Ausgangspunkt der Bohrschen Überlegungen bildete das nukleare Atommodell von Ernest Rutherford, das dieser in den Wochen der Jahreswende 1910/11 entwickelt hatte und mit dem sich überzeugend die von Hans Geiger und Ernest Marsden (beide waren Assistenten von E. Rutherford) 1909 entdeckte Weitwinkelstreuung von Alphateilchen in dünnen Materieschichten erklären ließ. Davon überzeugt, daß das Modell die inneratomare Realität besser erfaßte als die anderen vorliegenden Modelle, ging N. Bohr daran, sich mit den Schwierigkeiten und Inkonsistenzen des Rutherfordschen Atommodells auseinanderzusetzen und etwa seit dem Frühling 1912 mit den allgemeinen Fragen der Struktur des Atoms zu beschäftigen. Im Zuge seiner Überlegungen erkannte er, daß das Rutherfordsche Modell die chemischen Eigenschaften der Elemente deutlich von deren radioaktiven zu unterscheiden gestattete: die den Kern umkreisenden Elektronen sollten die chemischen Eigenschaften des Elements bestimmen, wogegen die radioaktive Strahlung vom Kern herrührte. Unmittelbar vor seiner Rückkehr nach Kopenhagen legte N. Bohr seinem verehrten Meister ein Manuskript vor, in dem er ein Resümee seiner Untersuchungen gab und die Auffassung vertrat, daß das Plancksche Wirkungsquantum für die Stabilität (und damit für den Radius) des Atoms verantwortlich zeichnet und man die Bindungsenergie des Elektrons als Energie eines Planckschen Oszillators ausdrücken könne.

Hierauf aufbauend, konnte Niels Bohr im Frühjahr 1913 seine Überlegungen zu einem ersten Abschluß bringen und der Fachwelt in drei Abhandlungen das Rutherfordsche Atommodell erstmals in einer widerspruchsfreien Form erklären. Die Spektren der Atome, für die man damals nur ein paar heuristische Regeln besaß und die deshalb für viele Physiker als undurchschaubar kompliziert galten, erwiesen sich dabei als der Schlüssel zum Erfolg, da sie sich ohne größere Schwierigkeiten aus der Bohrschen Theorie ableiten ließen. Kernstück der Bohrschen Atomtheorie, die erstmals eine wirkliche Atomdynamik darstellte, waren folgende Postulate:

Das dynamische Gleichgewicht der Systeme im stationären Zustand kann mit Hilfe der gewöhnlichen Mechanik diskutiert werden, während ihr Übergang zwischen verschiedenen stationären Zuständen nicht auf dieser Grundlage behandelt werden kann.

Der letztgenannte Prozeß wird von der Emission einer monochromatischen Strahlung begleitet, für die die Beziehung zwischen der Frequenz und der Energie durch das Plancksche Wirkungsquantum vermittelt wird.

In jedem molekularen System aus positiv geladenen Kernen und Elektronen, bei dem die Kerne relativ zueinander ruhen und sich die Elektronen auf Kreisbahnen bewegen, ist der Drehimpuls jedes Elektrons in Bezug auf das Zentrum seiner Bahn im permanenten Zustand des Systems gleich $h/2\pi$, wobei h die Plancksche Konstante bedeutet.

Fortsetzung im nächsten Heft

impuls - lexikon

Alexander Niehardt

Lebensspender Fluor

3. Stdj.

Physik/Astronomie-Lehrer

FSU Jena

In den letzten Monaten machte das chemische Element Fluor viel von sich reden. Der interessierte Chemiker unter Euch wird daraufhin bestimmt einmal im Chemie-Lehrbuch der Klasse 8 nachgeschlagen haben. Dort werden in einem extra Kapitel die Elemente der VII. Hauptgruppe behandelt. Doch während Chlor, Brom und Jod ausführlich besprochen werden, breitet sich über das Fluor, erstes Element dieser Hauptgruppe, der Mantel des Schweigens aus. Ungerechtfertigterweise.

Fluor (chemisches Symbol F) ist ein bei Zimmertemperatur schwach gelblich-grünes Gas. Es gehört zu den Halogenen, wie die Elemente dieser Hauptgruppe noch genannt werden.(1) Als solches fehlt ihm nur ein Elektron auf der äußeren Elektronenschale, um die besonders stabile Elektronenanordnung der Edelgasatome zu erreichen. Der Stoff Fluor besteht deshalb aus zweiatomigen Molekülen (F_2). Fluor ist das reaktionsfähigste Nichtmetall! Es reagiert vielfältig mit Kohlenstoff, mit Glas und Edelmetallen und sogar mit einigen Edelgasen. Mit Wasserstoff bildet es die Verbindung Fluorwasserstoff (HF), die in Wasser gelöst zur Flußsäure reagiert. Diese ist eine sehr starke Säure und vermag sogar Glas zu ätzen. Mit Metallen bildet sie Salze, die Fluoride.

Fluor ist in der Erdkruste gar nicht so selten, wie manch einer denken mag. Es steht in der Häufigkeitsliste der Elemente immerhin schon an 17. Stelle. Fluor reagiert mit fast allen Elementen und bildet dabei sehr stabile Verbindungen. Dies liegt in seinen chemischen und physikalischen Eigenschaften begründet.

(1) hals = Salz, gen = erzeugen, bilden, beides griechisch

Das kleine Fluoratom besitzt eine sehr kompakte und stabile Elektronenhülle, die kaum polarisierbar und deformierbar ist. In Verbindungen wird diese durch Bildung eines gemeinsamen Elektronenpaares noch stabiler. Angriffe chemischer Art auf solche Verbindungen deshalb sehr schwierig, Fluorverbindungen darum gegenüber Oxidationen und anderen chemischen Reaktionen inert, d.h. beständig. Diese Tatsache wird bei dem Verfahren der Perfluorierung angewandt, bei dem Moleküle durch räumlich allseitige Anlagerung von Fluor chemisch abgeschirmt werden. Um solche abgeschirmten Moleküle zu spalten, müßte man erst die ziemlich "harte" Fluorschale "knacken". Aus diesen Eigenschaften ergibt sich die große Einsatzbreite des Fluors in der Chemie.

Diese war auch Thema des vom 5. bis 9. August 1985 gemeinsam von der Akademie der Wissenschaften der DDR mit der Humboldt-Universität zu Berlin und der Chemischen Gesellschaft der DDR in Berlin veranstalteten

11. Internationalen Symposiums über Fluorchemie.

Auf dem wissenschaftlichen Programm standen fast alle Gebiete der Fluorchemie: die anorganische und organische, die medizin-biologische, die industrielle und die physikalische Fluorchemie.

Verbindungen des Fluors finden auf vielen Gebieten der Technik und der Medizin Anwendung.

Fluorkohlenstoffe sind als Medium für den Energietransport in Wärmepumpen nicht mehr wegzudenken. Niedermolekulare Fluoralkane und -alkene dienen als Kältemittel und Difluordichlormethan (CF_2Cl_2) findet als Sprühflaschentreibgas Verwendung. Fluorkarbonate bilden darüberhinaus Rohstoff für die Plasterstellung. Fluorverbindungen für die Lasertechnik und Primärelemente für Herzschrittmacherbatterien auf Fluorid-Basis sind weitere markante Anwendungsbereiche.

In der medizinischen Prophylaxe hat die Fluorisierung an Bedeutung gewonnen, ein Verfahren zur Eindämmung der Kariesanfälligkeit des Gebisses. Dies geschieht z.B. durch Einpinseln der Zähne mit 2%iger Natriumfluoridlösung oder durch dosierte Zusätze von Natriumfluorid zum Trinkwasser oder zu Zahncremen.

Besonders bekannt geworden ist in letzter Zeit der Einsatz von

Perfluorcarbonverbindungen als sogenannte "Blutersatzmittel".

Die DDR verfügt für die weitere Entwicklung der Fluorchemie über eine gute Ausgangsbasis sowohl auf wissenschaftlichem und technischem Gebiet als auch über Fluor selbst. Über 2,5 % der bekannten Weltvorräte an Flußspat befinden sich auf dem Gebiet unserer Republik.

Fluorit (Flußspat), Kryolith, Apatit und Phosphorit sind Minerale, die Fluor enthalten und aus denen Fluor gewonnen wird. Fluorit tritt in fast allen Gesteinstypen auf und bildet würfelförmige oder oktaederförmige Kristalle bzw. Kombinationen der beiden Formen. Durchdringungszwillinge von zwei Würfeln sind auch oft zu finden. Die Kristalle treten in allen Farbvariationen auf: farblos, weiß, gelb, grün, blau, violett und oft auch mehrfarbig. Vorkommen finden sich z.B. in Rottleberode, Freiberg, Schönbrunn, Ehrenfriedersdorf, Altenberg, Straßberg und Gehren, seltener auch im Halleschen Porphyr.



Bild 1
(1:3,5)

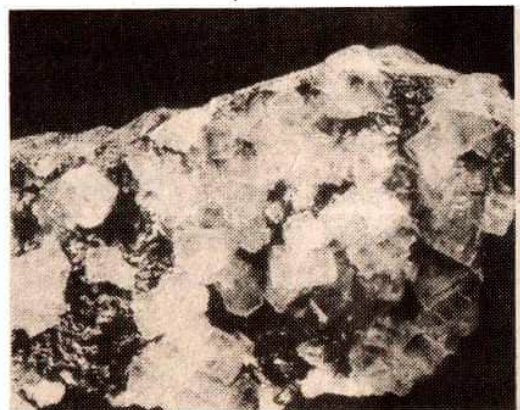


Bild 2 (1:4,5)

Bild 3 (1:4,5)

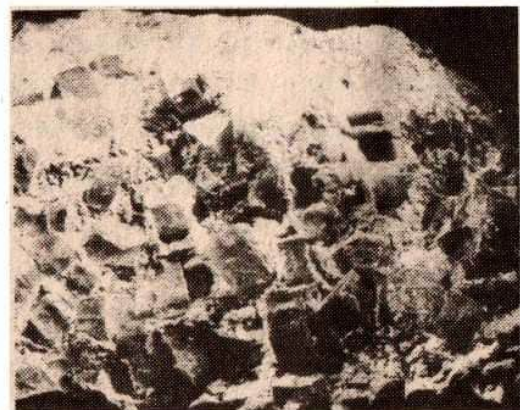


Bild 1 und 2: Fluorit, CaF_2 , kubisch (gelb), Fundort: Freiberg

Bild 3: violette Apatitkristalle, $\text{Ca}_5\langle(\text{PO}_4)_3/(\text{Cl}, \text{F})\rangle$, hexagonal, Fundort: Greifensteine bei Geyer

Repros: Richter

Verwendet wird Fluorit außer der bereits genannten Gewinnung des Fluors für die vielfältigsten Zwecke (so auch zur Herstellung feuerfester Kunststoffe wie Fluor-Silizium-Verbindungen) als Flußmittel (Flußsäure) in der Hüttenindustrie. Diese setzen die notwendigen Aktivierungsenergien für viele chemische Reaktionen herab. Gut kristallisierte, durchsichtige Fluoritkristalle dienen auch zur Herstellung optischer Linsen zur Korrektur der sphärischen und chromatischen Aberration optischer Systeme.



Mikroelektronik leichtverständlich:

Das Mikroprozessorsystem U 880

– Teil 3 – von Dipl.-Ing. G. Bläschke, Weißwasser

PHYSIK

3.2. Der parallele E/A-Baustein (PIO : U 855D)

"Parallele Ein-/Ausgabeschaltkreise (E/A-Tore, PIO, Parallel Input Output) sind Koppellemente (Interface-Elemente, Tore) zwischen dem Prozessor und den unterschiedlichsten peripheren Geräten, die gegenüber der CPU beliebig asynchron arbeiten können. Zugleich übernehmen PIO's die Prüfung der Eingabedaten zur Auslösung von Unterbrechungsanforderungen an die CPU (Interrupt-Anforderungen) sowie zum Aussenden von Kennungsadressen (Interruptvektoren) an die CPU für das Initialisieren der zugehörigen Interruptroutine." /6/

Im Bild 7 ist der zum Mikroprozessor U880 D kompatible periphere E/A-Schaltkreis vorgestellt. Er besteht aus zwei unabhängigen 8-Bit-Ports ("Tore") mit der Möglichkeit des Outtungsbetriebes (handshaking: Signale ASTB, ARDY, BSTB, BRDY).

Jedes Tor kann in 4 Betriebsarten (Mode) arbeiten, welche programmtechnisch vereinbart werden müssen. Das sind:

Mode 0: Byte-Ausgabe

Mode 1: Byte-Eingabe

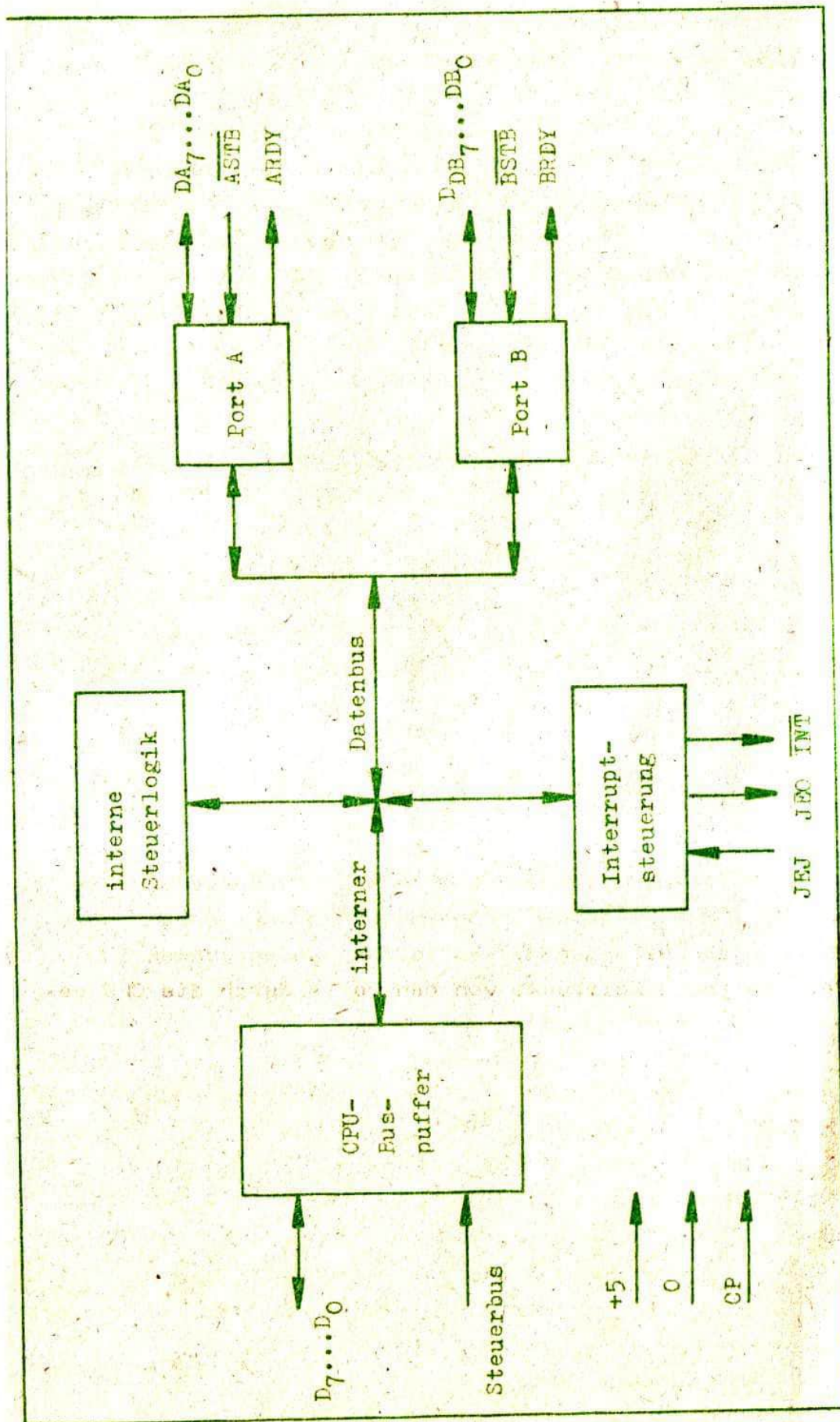


Bild 7: Blockschaltbild PIO U 855 D

Mode 2: Byte-Ein-/Ausgabe (bidirektional nur für Port A)
Mode 3: Bit-Ein-/Ausgabe (die Handshakingsignale werden dazu nicht benutzt)

Unter einer parallelen Byte-Ein-/Ausgabe versteht man die parallele Übernahme oder Ausgabe eines 8-Bit breiten Datenwortes $D_7 \dots D_0$ (z.B. von einer Tastatur, einem AD-Wandler o.a.). In den Mode 0 ... 2 erfolgt die Datenübernahme von der Peripherie bzw. die Datenausgabe an die Peripherie mittels der Handshaking-Signale, womit ein gesteuerter Datentransfer zwischen schnellem Mikrorechner und langsamer Peripherie fehlerfrei erfolgen kann.

Dies soll an der Mode 0 kurz verdeutlicht werden. Hat die CPU Daten in das Ausgaberegister (PORT) der PIO geschrieben, so zeigt die PIO dieses der Peripherie durch Übergang RDY von "low"- auf "high"-Pegel an. Hat die Peripherie nun die Daten übernommen, so quittiert sie dies durch Übergang am STB-Eingang von "high"- auf "low"-Pegel. Dies zeigt der CPU an, daß die Daten übernommen wurden, womit ein neuer Datentransfer beginnen kann. In der Mode 2 benötigt man alle Handshaking-Signale zum bidirektionalen Betrieb.

Für den Steuerungstechniker ist die Mode 3 die interessanteste, denn hier bietet sich die Möglichkeit, je nach Bedarf, einzelne Bitpositionen auf Ein- oder Ausgabe zu programmieren. Mit dem Anwenderprogramm wird deshalb eine Maske vorgegeben, die genau festlegt, welche der 8 Bitpositionen als Eingabe- und welche als Ausgabeleitungen dienen sollen. Daten können in dieser Mode zu jedem Zeitpunkt von den Ports durch die CPU gelesen und in die Ports geschrieben werden.

Durch eine programmierbare Interruptsteuerung bietet dieser Schaltkreis in der Interruptmode 2, zusammen mit der PIO-Betriebsart 3, eine effektive prozeßabhängige Interruptbearbeitung.

Durch Kaskadierungseingänge IEI und IEO können Prioritätsketten von peripheren Elementen aufgebaut werden. Das bedeutet praktisch, daß bei Interruptgesuchen immer der höher priorisierte zuerst bearbeitet wird und die anderen Unterbrechungsgesuche zunächst zurückgestellt werden.

Damit der Schaltkreis seine konkrete Funktion (Betriebsart)

ausführen kann, muß er dazu zunächst von der CPU vorbereitet werden (initialisiert werden). Diese Initialisierungsphase schließt sich im Hauptprogramm nach der Initialisierungsphase der CPU an.

Jeder PIO-Schaltkreis belegt dazu 4 E/A-Adressen, wobei 2 Adressen zum Lesen der Daten dienen und 2 Adressen zur Mitteilung der Steuerworte (pro Port 1 Adresse) über den Datenbus an die PIO. Das geschieht durch die CPU in der Initialisierungsphase. Hierbei werden der PIO in der Regel folgende Worte mitgeteilt:

- Auswahl der Mode
 - Zuordnung der Ein- und Ausgabelleitungen bei Mode 3
 - Laden des Interruptvektors (bei Interruptmode 2)
- Diese Betriebsart wird durch weitere Steuerworte ergänzt, die die Interruptarbeitsweise präzisieren.

Durch das bereits beschriebene (3.1.) RESET-Signal erfolgt der Initialisierungsbeginn im Grundzustand der PIO.

3.3. Der serielle E/A-Baustein (SIO: U 856 D)

"Serielle Ein- und Ausgabeschaltkreise (SIO) sind Koppellemente (Interface-Elemente, Tore) zwischen dem Prozessor und beliebigen entfernten peripheren Geräten zur genormten seriellen synchronen und asynchronen Datenübertragung. Zugleich übernehmen sie die Bildung und Prüfung vollständiger Zeichen und Datentelegramme (Datensicherung), erzeugen oder prüfen Unterbrechungsbedingungen und lösen Unterbrechungsanforderungen (Interrupt) an die CPU aus." /6/

Serielle Übertragungen wendet man an, um über lange Entfernungen mit wenig Leitungen auszukommen (hoher ökonomischer Effekt) oder, wenn angeschlossene periphere Geräte von sich aus serielle Informationen liefern.

Der Schaltkreis U 856 D (Bild 8) bietet über 2 Kanäle jeweils Möglichkeiten zum synchronen und asynchronen Datentransfer (je ein Sender und Empfänger von Daten).

Zur Steuerung der SIO stehen Anschlüsse für die Betriebsartensteuerung, Anschlüsse für die Datenübertragung und Sonderanschlüsse zur Verfügung. Zusätzlich erfolgt eine recht umfangreiche softwaremäßige Steuerung der SIO durch Steuerwörter, welche jeweils für die Programmierung der 8 Schreib- und der

3 Leseregister des Bausteins erforderlich sind.

Zeitlich realisiert werden die Funktionen durch bereits erwähnte Steuersignale (Synchronisation: SYNC, Wartesteuersignal für CPU: WAIT/READY, d.h. lesen, Sendertakt, Empfängerakt, Sende- und Empfängeranforderung usw.).

Fortsetzung Heft 1/86

Serielle Datenübertragungsarten

asynchrones Senden/Empfangen

- Datenformat byteorientiert (seriell 5...8 bit)
- Paritätsbildung (Ergänzung durch Log. 1 bei Gerad- u. Ungeradzähligkeit)
- Paritätsprüfung und Prüfung auf Wortformatfehler
- Prüfung auf Unterbrechungsbedingungen
- Interrupterzeugung

synchrones Senden/Empfangen

- Datenformat seriell byte- o. bitorientiert
- Zeichensynchronisation (intern u. extern)
- Erzeugung und Prüfung auf CRC-Formate (Datensicherungscode)
- Erzeugung von individuellen Datenformaten
- Prüfung individueller Datenformate

Tafel 7

Die Bitte des Bits

Ich bin ein Bit, ein armseliges bloß,
es ist mir nur gegeben
als Stromstoß oder als Nichtstromstoß
drei Mikrosekunden zu leben.

Ich bin in eine Rechnung gespannt
und muß in dieser sterben;
ich weiß nicht, dient sie dem Vaterland
oder bringt sie Verderben?

Helf ich der Menschheit in ihrer Not
durch gutes Planen und Schaffen,
oder bring ich den Megatod
durch neu errechnete Waffen?

Ich bin nur ein Bit, ich bin nicht mehr,
ein Bit bis zum bittern Versenken. —
Ich war ein Bit! Ich bitte Euch sehr,
Ihr möget meiner gedenken!

aus „carmina mathematica“ von H. Cremer

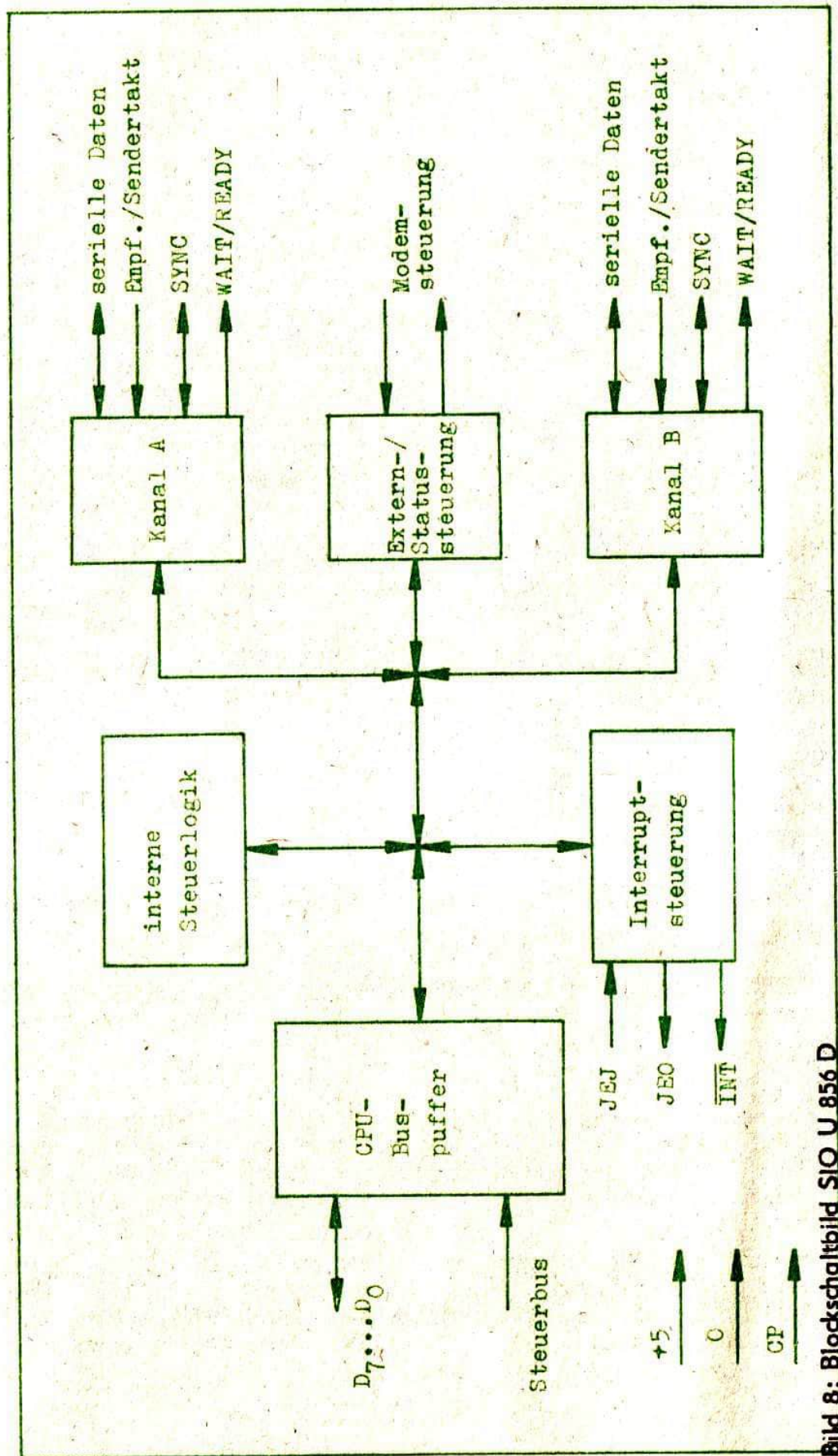


Bild 8: Blockschaltbild SIO U 856 D

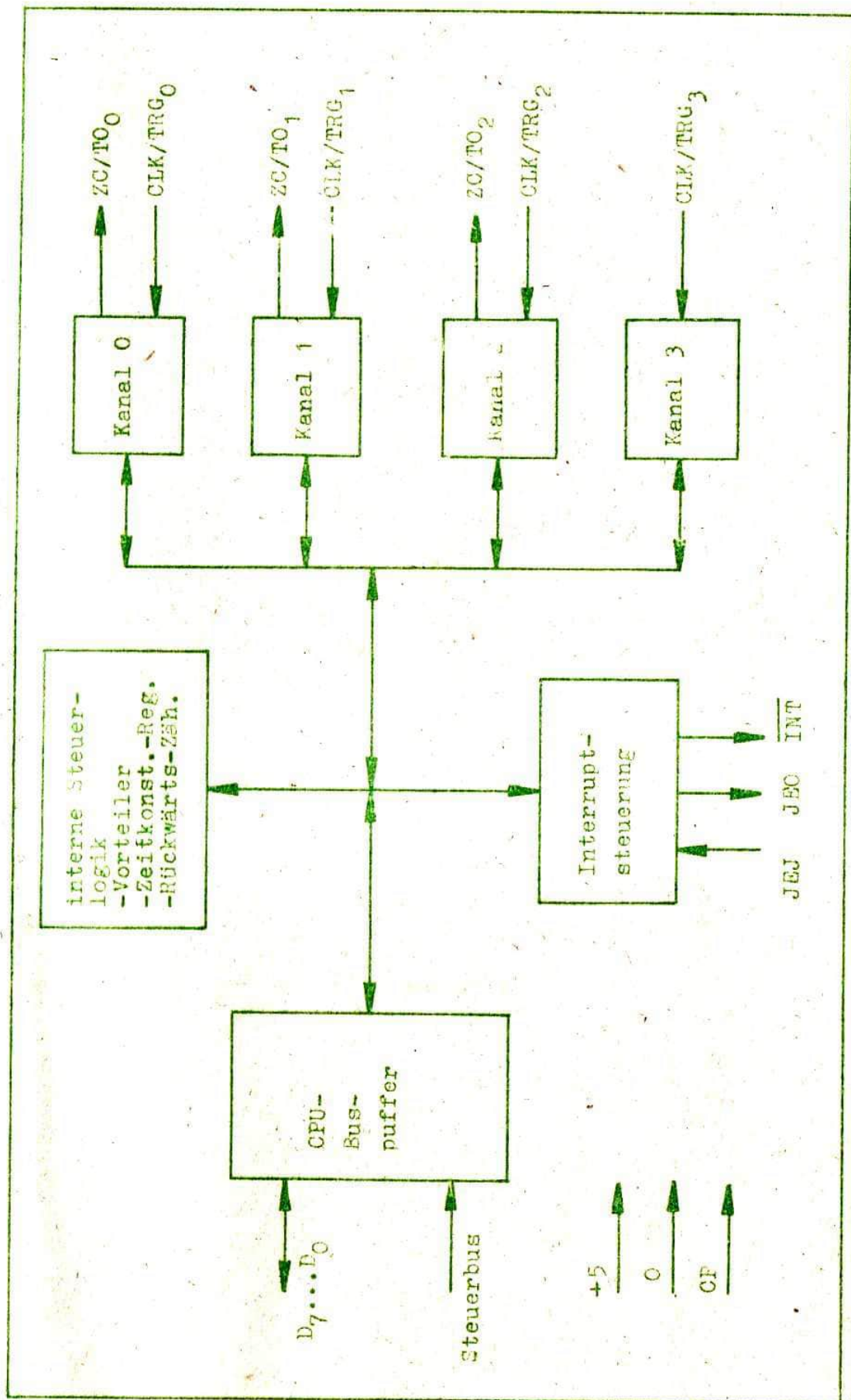


Bild 9: Blockschaltbild CTC U 857 D

3.4. Zähler / Zeitgeber (CTC: U 857 D)

"Zähler-Zeitgeber-Schaltkreise (CTC) sind Koppellemente (Tore) zwischen dem Prozessor und peripheren Geräten, die serielle Impulsfolgen erzeugen (inkrementale Geber, Pulssender usw.) - Zählerfunktion - oder serielle Impulsfolgen verarbeiten (Impulsmotore, Schalter, Empfängerpulsbreiten modulierter Signale usw.) - Zeitgeberfunktion. Als programmierbare Zähl- oder Zeitgeberregister erfüllen sie aber auch Aufgaben zur Programmunterstützung bei Echtzeitprozessen. Gegenüber der CPU können sie entsprechende Unterbrechungsanforderungen senden (INT)."/6/ Bild 9 zeigt das Blockschaltbild des Schaltkreises CTC U 857 D. Er enthält 4 voneinander unabhängige 8-bit Zähler/Zeitgeberkanäle. Jeder Kanal kann als Zähler oder Zeitgeber genutzt werden. Die vorgesehene Betriebsart (Zählen oder Zeitgeber) werden in der Initialisierungsphase des Hauptprogrammes festgelegt. Dabei wird auch der Interruptvektor geladen (nWT) sowie Zeitkonstantenregister und Verteiler festgelegt. Hauptteil dieses Bausteins ist der programmierbare (voreinstellbare) Rückwärtszähler, welcher als Ereigniszähler arbeitet.

Folgende Arbeitsweisen sind möglich:

- Betriebsart "Zähler" (CLK = Zähleingang; ZC = Ausgabe Impuls Nulldurchgang)
- Betriebsart "Zeitgeber" (TRG = Startimpuls zur Auslösung
TO = nach Zeitablauf Impulsabgabe)

In der Betriebsart "Zähler" veranlaßt die programmierte Flanke (Steuerwort) des CLK/TRG- Einganges ein Dekrementieren des vorher gesetzten Rückwärtszählers des entsprechenden Kanals. Die maximale Zählfrequenz beträgt dabei die Hälfte des Prozessortaktes. Wird der Zählerstand "Null" erreicht, wird Interrupt (wenn vorher freigegeben) ausgelöst und der Rückwärtszähler wird neu mit dem Inhalt des Zeitkonstantenregisters nachgeladen. Bei Erreichen von Null erfolgt die Ausgabe eines Impulses nach außen (ZC/TO, außer Kanal 3).

Im Unterschied zur Betriebsart "Zähler" wird im "Zeitgebermode" der Systemtakt (2,5 MHz) über Verteiler und Rückwärtszähler auf die gewünschte Zeit heruntergeteilt (Zeitabstände von $6,5 \mu s$... $26,7 ms$ sind möglich). Als Periode ergibt sich für den Rückwärtszähler folgender Wert:

$$T = t \cdot P \cdot ZK$$

Systemtaktperiode	Vorteiler	Zeitkonstante
400 ns	16 oder 256	von 1 ... 256

Vorteiler und Zeitkonstante werden softwaremäßig vereinbart. Wied der Nulldurchgang des Zählers, entsprechend vereinbarter Zeit, erreicht, dann erfolgt die Ausgabe eines Impulses an ZC/TO des entsprechenden Kanals. Zusätzlich ist es möglich, Interrupt zu vereinbaren.

Zeit und Zählvorgänge können ebenfalls durch äußere Triggerimpulse ausgelöst werden.

Die Programmierung dieses Schaltkreises erfolgt ebenfalls in der Initialisierungsphase.

Fortsetzung im nächsten Heft

MOSAIK

mit Beiträgen aus "wissenschaft und fortschritt" 3/85 und "URANIA" 1/85 und 4/85

Weiteres Jupiterphänomen geklärt



Der Ursprung der im Sonnensystem einzigartigen Radiostrahlung des Jupiters ist von Charkower Wissenschaftlern geklärt worden. Mit Hilfe des größten Dekameterwellen-Radioteleskopes der Welt, des UTR-2, entdeckten sie, das vom Südpolargebiet des Riesenplaneten aus ein Elektronenstrom zu dessen nächstem großen Mond fließt, dort beschleunigt wird und zum Jupiterpol zurückkehrt. Dieser 10 Mill. A starke Strom erzeugt die ungewöhnliche Impulsstrahlung.

Möglich wurde diese bedeutende Entdeckung durch eine Verstärkung des Auflösungsvermögens des Radioteleskopes UTR-2. Dazu hat man ein neues Antennensystem, das einige Dutzend Kilometer vom Hauptinstrument entfernt ist, mit diesem gekoppelt. Außerdem befinden sich ähnliche Antennenkomplexe in Poltawa, Kiew und Lwow, so daß die Signale aus dem Kosmos synchron über eine riesige Radioantenne von Hunderten Kilometern Ausdehnung empfangen werden konnten (Radiointerferometer).

Mimikry bei Unkräutern

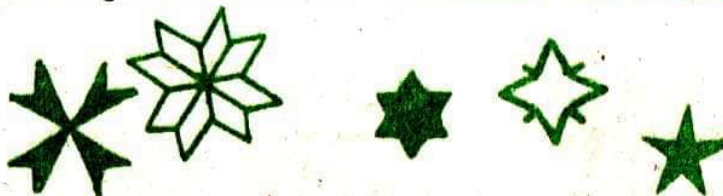
Will man heute den Begriff »Unkraut« definieren, so wird man gewahr, daß Unkräuter immer nur in ihrer Wechselwirkung mit der Kulturpflanze und dem Menschen zu bestimmen sind.

Durch verschiedenartige Bekämpfungsmaßnahmen beeinflußt der Mensch die Evolution der Unkräuter ganz erheblich. Manuelle methoden der Unkrautbekämpfung selektieren z.B. Unkräuter, die der Kulturpflanze phänotypisch ähneln. Bei der Saatgutreinigung werden Unkräuter mit ähnlichen Samen selektiert. In manchen Fällen ähnelt das Unkraut im Erscheinungsbild mehr der Kulturpflanze als seinen nächsten Verwandten, so daß man in Analogie zum Tierreich von Mimikry - also Nachahmung des Erscheinungsbildes - sprechen kann. Wie im Tierreich auch, so handelt es sich freilich nicht um einen aktiven Prozeß der Nachahmung, sondern um den passiven der Selektion.

Mit zunehmenden Herbizideinsatz werden die Unkräuter wiederum nach anderen Eigenschaften selektiert.



Vom 9. bis 12. Februar 1986 finden in Leipzig die Jahreshaupt- und Schultagung der Physikalischen Gesellschaft statt. Unter anderem werden die Themen Mikromechanik, nicht-konventionelle Mikroskopie und Mikrorechnereinsatz in der Schule behandelt. "impuls 68" ist auch dieses mal wieder dabei und wird aktuell berichten, unter anderem von der Verleihung des Schülerpreises 1986.



Staubsauger für Fahrzeuge im Personenbeförderungsverkehr

Schwedische Wissenschaftler und Techniker entwickelten eine originelle Methode, bei welcher das Innere von Autobussen, Eisenbahnwaggons oder beispielsweise auch Passagierflugzeugen mit Hilfe eines starken Luftstromes gereinigt werden.

Die »Windcleaner« genannte Methode basiert auf der Tatsache, daß die zu reinigenden Fahrzeuge physikalisch-technisch als Rohre anzusehen sind - mit allen strömungstechnischen Eigenschaften und Konsequenzen über lokale Druckverhältnisse.

Durch ein solches »Rohr« wird ein Strom von etwa 1000 Kubikmeter Luft pro Minute vom Vorder- bis zum Rückeinstieg durchgeblasen. Dieser Strom zieht alles was nicht ordentlich befestigt ist, aus dem Rohrinne heraus - also allen losen Schmutz und herumliegende Abfälle. Durch diese Methode werden auch Teile im Fahrzeug gesäubert, die mit Besen oder Bürsten nur schwer bzw. gar nicht zu erreichen sind.

Lösungen der Physikaufgaben aus Heft 5/85

Klassenstufe 9/10

Aufgabe 1 :

Es gilt : $W_{el} = W_W$ $R \cdot I^2 \cdot t = m \cdot c \cdot \Delta\vartheta$ mit $R = \hat{R} \cdot l / A$

($\hat{R}$ - spezifischer elektrischer Widerstand) und $m = A \cdot l \cdot \rho$
sowie $A = \pi \cdot d^2 / 4$. Für die Schmelzzeit folgt daraus :

$$t = A^2 \cdot c \cdot \Delta\vartheta \cdot \rho_{Ag} / (\hat{R}_{Ag} \cdot I^2)$$

$$t = \frac{\pi^2 \cdot 0,2^4 \text{ mm}^4 \cdot 0,056 \text{ cal} \cdot 941 \text{ grd} \cdot 10,5 \text{ g m}}{16 \cdot 0,016 \text{ mm}^2 \cdot 25^2 \text{ A}^2 \text{ cm}^3 \text{ g grd}} = 0,21 \text{ s}$$

Für die Erwärmung des Kupfers folgt aus $W_{el} = W_W$:

$$\Delta\vartheta = I^2 \cdot \hat{R}_{Cu} \cdot t / (A^2 \cdot \rho_{Cu} \cdot c)$$

$$\Delta\vartheta = \frac{25^2 \text{ A}^2 \cdot 0,0175 \text{ mm}^2 \cdot 0,21 \text{ s} \cdot 16 \text{ cm}^3 \text{ g grd}}{\pi^2 \cdot 1^4 \text{ mm}^4 \cdot 8,93 \text{ g} \cdot 0,092 \text{ cal m}} = 1,1 \text{ grd}$$

Die Endtemperatur des Kupfers beträgt folglich $21,1^\circ \text{C}$.

Aufgabe 2 :

Da der Kondensator von der Spannungsquelle getrennt wurde gilt
 $Q = \text{const.}$.

Mit $C = \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$ und $d_1 = 3d$ folgt $C_1 = \frac{1}{3} C$.

Mit $C = Q / U$ und $C_1 = C / 3$ folgt $U_1 = 3 \cdot U$.

$$U_1 = 3 \cdot 500 \text{ V} = 1500 \text{ V}$$

Die elektrische Energie vor dem Auseinanderziehen beträgt :

$$W_{el} = C \cdot U^2 / 2 = 8 \cdot 10^{-9} \text{ As} \cdot 25 \cdot 10^4 \text{ V}^2 / \text{V} = 20 \cdot 10^{-4} \text{ VAs}$$

$$W_{el} = 2 \text{ mJ}$$

Die elektrische Energie nach dem Auseinanderziehen beträgt :

$$W_{el_1} = C_1 \cdot U_1^2 / 2 = C \cdot U_1^2 / 6 = 2,66 \cdot 10^{-9} \text{ As} \cdot 25 \cdot 10^4 \text{ V}^2 / \text{V}$$

$$W_{el_1} = 59,8 \cdot 10^{-4} \text{ VAs} = 6 \text{ mJ}$$

Die von äußeren Kräften verrichtete Arbeit ist gleich dem

$$\text{Energiezuwachs : } W = W_{el_1} - W_{el} = 6 \text{ mJ} - 2 \text{ mJ} = 4 \text{ mJ}$$

Aufgabe 3 :

Im ersten Fall befindet sich die punktförmige Lichtquelle im Brennpunkt der Linse : $s_1 = f$.

Für den zweiten Fall gilt laut Abbildungsgleichung :

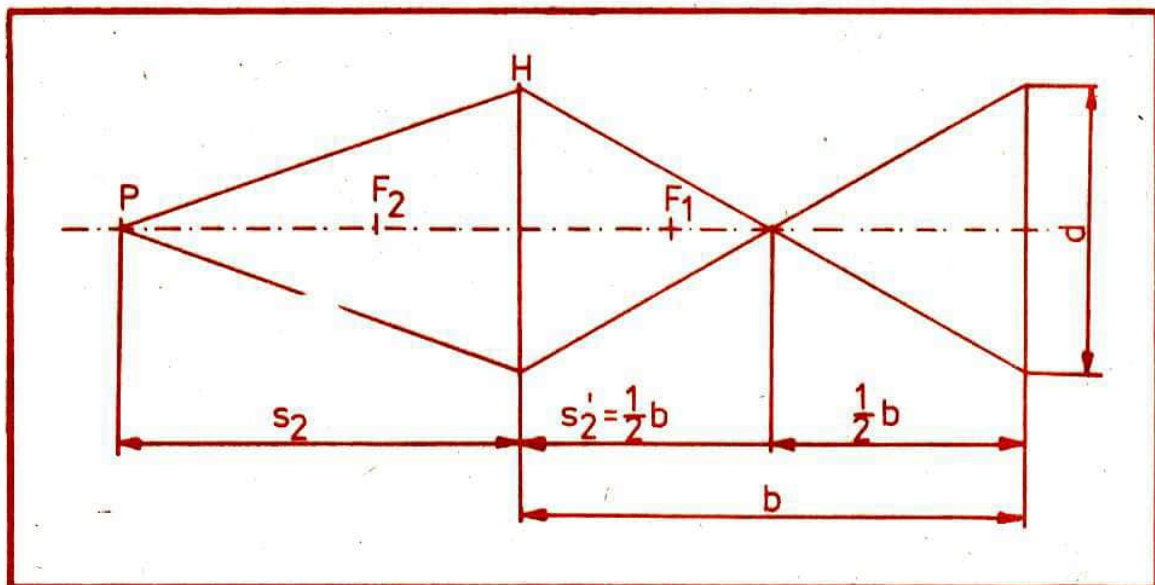
1+

$1/f = 1/s_2 + 1/s_2'$ und für s_2 : $s_2 = s_2' \cdot f / (s_2' - f)$

Aus Symmetriegründen folgt aus der Zeichnung $s_2' = b / 2$.

Deshalb ist $s_2 = b \cdot f / (b - 2f) = 60 \text{ cm}$.

Im ersten Fall ist der Schein auf dem Bildschirm heller, da die Lichtquelle näher zur Linse steht, der Öffnungswinkel der Randstrahlen somit größer ist und damit mehr Licht auf die Linse fällt.



Aufgabe 4 :

Da die Dichteverhältnisse an der Oberseite und Unterseite des Körpers verschieden sind, muß der Auftrieb mit einer mittleren Dichte angesetzt werden. Weiterhin gilt für den vollständig eingetauchten Körper $m \cdot g = F_A$, daß heißt, der Körper schwebt im Wasser. Für F_A gilt aber : $F_A = V \cdot \rho_{Fl} \cdot g$.

Die Dichte an der Oberkante ist : $\rho_1 = \rho_o + k(H - a/2)$

Die Dichte an der Unterkante ist : $\rho_2 = \rho_o + k(H + a/2)$

Die mittlere Dichte ist : $(\rho_1 + \rho_2) / 2 = \rho_o + k \cdot H$

H - mittlere Tiefe a - Länge der Seitenkante des Würfels

Mit der mittleren Dichte ergibt sich für den Auftrieb :

$F_A = (\rho_o + kH) \cdot V \cdot g$. Für F_A gilt aber auch : $F_A = m \cdot g$.

Beide Gleichungen werden gleichgesetzt und nach H aufgelöst :

$H = (m - \rho_o V) / k \cdot V$. Da dieser Ausdruck für H nur von Masse und Volumen abhängig ist, folgt, daß Körper gleicher Masse und gleichem Volumens gleich tief eintauchen.

Aufgabe 5 :

siehe Lösung der Aufgabe 4 Klassenstufe 11/12 .

Klassenstufe 11/12

Aufgabe 1 :

Die Reibungsarbeit bei gleicher Reibungszahl μ ist :

$W_1 = m_1 \cdot g \cdot s_1 \cdot \mu$ (1) $W_2 = m_2 \cdot g \cdot s_2 \cdot \mu$ (2) s_1 und s_2 werden mit Hilfe des Bandmaßes gemessen. Die Schlittschuhläufer bleiben stehen, wenn die kinetische Startenergie verbraucht ist. Diese beträgt : $W_{kin1} = m_1 \cdot v_1^2 / 2$ (3) und $W_{kin2} = m_2 \cdot v_2^2 / 2$ (4).

Die Reibungsarbeiten sind aber gleich den kinetischen Startenergien : $W_{kin1} = W_1$ (5) und $W_{kin2} = W_2$ (6) . Nach Division der Gleichungen (5):(6) ergibt sich : $s_1/s_2 = v_1^2/v_2^2$ (7).

Nach dem Impulserhaltungssatz folgt : $m_1 \cdot v_1 = m_2 \cdot v_2$ bzw. $v_1/v_2 = m_2/m_1$ und nach Quadrieren $v_1^2/v_2^2 = m_2^2 / m_1^2$ (8). Aus (7) und (8) folgt : $m_2^2/m_1^2 = s_1/s_2$.

Wurzelziehen liefert das Ergebnis.

Aufgabe 2 :

Kapazität des Kondensators : $C = \epsilon_o \cdot A/d$

a - Plattenfläche d - Plattenabstand

$$C = 8.8542 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm} = \frac{250 \cdot 10^{-4} m^2}{6 \cdot 10^{-2} m} \quad C = 368 \cdot 10^{-14} F = 3,68 pF$$

aufgenommene Ladung : $Q = C \cdot U$

$$Q = 3,68 pF \cdot 400 V = 1472 \cdot 10^{-12} \quad C = 1,472 nC$$

Beim Einführen der Metallplatte werden in ihr Ladungen induziert. Es entsteht eine Reihenschaltung von zwei Kondensatoren, wobei $Q = const.$ gilt. Da die Platte symmetrisch eingeführt wurde gilt weiterhin : $C_1 = C_2$.

$$C_1 = C_2 = \epsilon_o \cdot A / \frac{1}{2}(d-l) \quad l - \text{Dicke der Metallplatte}$$

$$C_1 = C_2 = 8,8542 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm} = \frac{250 \cdot 10^{-4} m^2}{1 \cdot 10^{-2} m} = 2213 \cdot 10^{-14} F = 22 pF$$

Wegen Reihenschaltung folgt für C_{ges} : $\frac{1}{C_{\text{ges}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

und mit $C_1 = C_2$ $C_{\text{ges}} = \frac{C_1}{2} = 11 \text{ pF}$

Spannung im System :

Aus $C = \frac{Q}{U}$ folgt $U_{\text{ges}} = \frac{Q}{C_{\text{ges}}} = \frac{1,472 \text{ nC}}{11 \text{ pF}} = 133 \text{ V}$

Aufgabe 3 :

Der Panoramaspiegel ist ein Wölbspiegel. An ihm entstehen nur virtuelle, verkleinerte, aufrechte Bilder. Der Straßenabschnitt, der hier überschaut werden soll, hat die Gegenstandsweite (Dingweite) $s = l$ und die Gegenstandsgröße (Dinggröße) $y = b$.

Strahlensatz : $b_o : e = y' : (e - s')$

Daraus folgt : $b_o = y' \cdot e / (e - s')$

In dieser Gleichung sind y' und s' unbekannt.

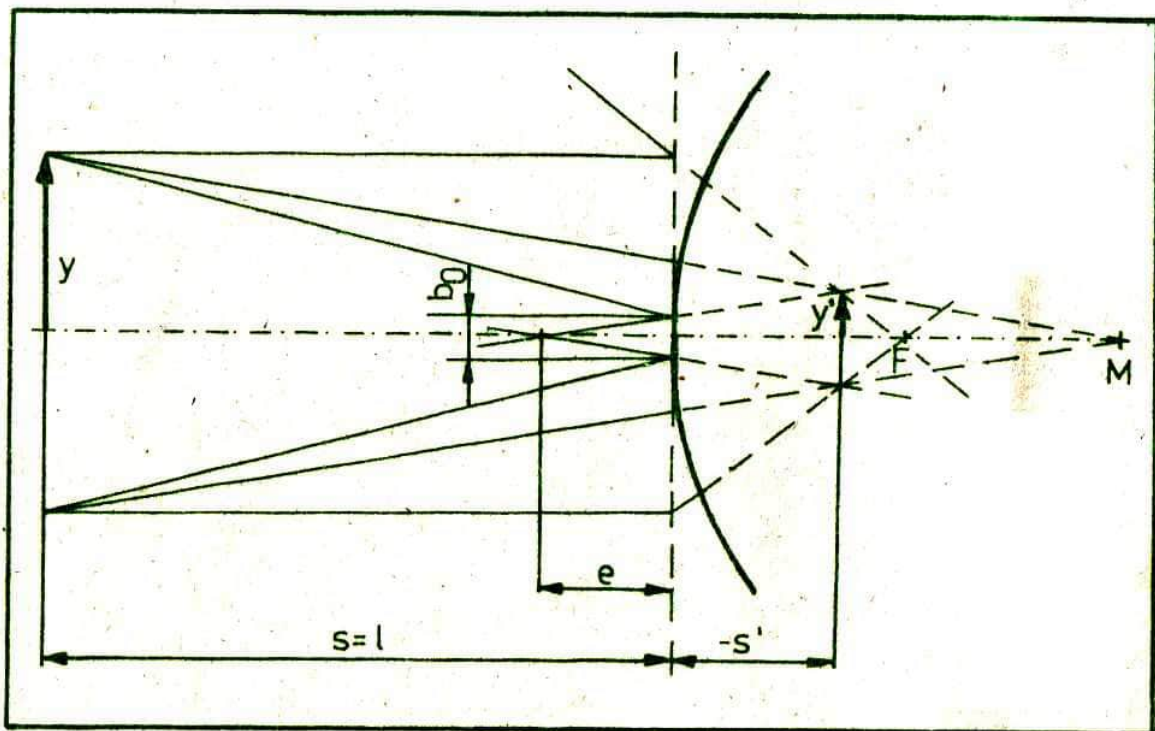
s' erhält man aus der Abbildungsgleichung : $\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$,

$s' = f \cdot s / (s - f)$

y' erhält man aus dem Abbildungsmaßstab : $y : y' = s : (-s')$

Nach Einsetzen der Gleichungen für s' und y' in die Gleichung für b_o und nach Vereinfachen erhält man für b_o :

$$b_o = \frac{-y \cdot f \cdot e}{e(s-f) - f \cdot s} = \frac{-6\text{m} \cdot (-0,25\text{m}) \cdot 0,5\text{m}}{0,5\text{m}(4\text{m} + 0,25\text{m}) + 0,25\text{m} \cdot 4\text{m}} = 0,24 \text{ m}$$



Aufgabe 4 :

Für die erforderliche Arbeit gilt : $W_{\text{mech}} = G \cdot h$

$$W_{\text{mech}} = 2750 \text{ N} \cdot 0,51 \text{ m} = 1402,5 \text{ Nm}$$

Für die vom Motor aufgebraachte Nutzleistung gilt :

$$P_{\text{el}} = W_{\text{mech}}/t = 1402,5 \text{ Nm} / 2,5 \text{ s} = 561 \text{ W}$$

Für die Verhältnisse am Motor gilt :

Klemmleistung = Nutzleistung + Verlustleistung

$$U_K \cdot I_A = P_{\text{el}} + I_A^2 R_A$$

Es ergibt sich eine quadratische Gleichung für I_A :

$$0 = I_A^2 - U_K \cdot I_A / R_A + P_{\text{el}} / R_A$$

Nach der Lösungsformel für quadratische Gleichungen folgen

$$\text{zwei Lösungen für } I_A : I_{A1} = 3 \text{ A und } I_{A2} = 17 \text{ A .}$$

I_{A1} ist die einzig sinnvolle Lösung, für

I_{A2} wäre der Verlust 7-8 mal größer als die Nutzleistung und damit der Wirkungsgrad nur noch der einer Dampfmaschine.

Für die Verlustleistung gilt : $P_{\text{Verl.}} = I_A^2 \cdot R_A$

$$P_{\text{Verl.}} = 9 \text{ A}^2 \cdot 11 \Omega = 99 \text{ W}$$

Für den Wirkungsgrad gilt : $\eta = P_{\text{el}} / P_{\text{Klemm}}$

$$\eta = 561 \text{ W} / (220 \text{ V} \cdot 3 \text{ A}) = 0,85$$

Aufgabe 5 :

Nach $p \cdot V = R_0 \cdot T_0 \cdot m/M$ folgt $V_1 = m \cdot R_0 \cdot T_1 / (M \cdot p)$ und

$V_2 = m \cdot R_0 \cdot T_2 / (M \cdot p)$ und als Volumendifferenz

$$V = m \cdot R_0 \cdot (T_2 - T_1) / (M \cdot p)$$

$$V = \frac{0,58 \text{ kg} \cdot 8314,4 \text{ J} \cdot 75 \text{ K kmol m}^2}{29 \text{ kg kmol K} \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ N}} = 0,123 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{mech}} = p \cdot V = 1,013 \text{ Pa} \cdot 0,123 \text{ m}^3 = 12,5 \text{ Nm}$$

**Studieren heißt lernen, beobachten, selbst erforschen.
Manche lernen beobachten, wie andere forschen.**

BÜCHERMARKT

Dieter B. Herrmann:

„Geschichte der modernen Astronomie“

VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften,

1. Aufl., Berlin 1984, 208 Seiten, Preis 30,00 M, Bestell-Nr. 571 243 1

Der Titel ist eindeutig: Über Aristoteles, Hipparch oder Ptolemäus kann man in dieser reichlich 200 Seiten umfassenden Astronomiegeschichte nichts finden, es geht um die "neue Astronomie" etwa ab der 2. Hälfte des 18. Jahrhunderts.

Der Vorläufer dieses an wissenschaftshistorischen Fakten reichen Buches hieß "Geschichte der Astronomie von Herschel bis Hertzprung" und war beim gleichen Verlag bereits in drei Auflagen erschienen. Der Direktor der Archenhold-Sternwarte und Dozent für Geschichte der Astronomie an der Humboldt-Universität Berlin, Dr. Dieter B. Herrmann, ist der Verfasser.

Das Neue in der nun vorliegenden Ausgabe besteht im Wesentlichen in der Hinzufügung weiterer Kapitel z.B. über ausgewählte Raumflugergebnisse oder astronomische Forschungsmethoden. Sondenflüge zu Mond, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn wurden eingearbeitet und somit das Wesen eines relativ jungen Wissenschaftszweiges, der vergleichenden Planetologie, aus wissenschaftshistorischer Sicht umrissen.

Auch über die Kosmogonie des Sonnensystems kann man jetzt einen kurzen Abriß finden, was ebenso erfreulich ist wie die Einbeziehung der Theorien der Energiiefreisetzung und Entwicklung von Sternen. Der Autor hat sich nicht gescheut, Hypothesen darzulegen, deren Bestätigung durch die beobachtende Astronomie noch aussteht.

Das Kapitel "Die Entwicklung der astronomischen Instrumente" erfuhr eine wesentliche Bereicherung durch die Berücksichtigung der Radio-, Infrarot-, Ultraviolett- und Röntgenteleskope.

Da der Verlag der Wissenschaften den gesamten Band auf Kunstdruckpapier im Format 19x22cm herausbringen konnte, kommt das Bildmaterial wirkungsvoll zur Geltung.

Rudolf Dröbler:

„Planeten, Tierkreiszeichen, Horoskope“

Verlag Koehler und Amelang, 1. Aufl., Leipzig 1984, 148 Seiten, Preis 12,80 M,
Bestell-Nr. 698 256 4

Wenn sich jemand mit einem neuen Buch bekannt machen will, liest er meist den Klappentext bzw. das Vorwort zuerst. Da hier das Vorwort fehlte (was auch nicht immer nötig ist), begann ich die Lektüre mit dem Anhang. Dort gibt der Autor eine Auswahl von Titeln bekannt, die sich mit dem Thema "Astrologie" befassen. Auf den ersten Blick sieht man: Auf unserem Büchermarkt klaffte diesbezüglich bisher eine Lücke. Rudolf Dröbler hat sie mit Bravour geschlossen.

Leicht lesbar ist sein mit stilvollen Holzschnitten geschmücktes Buch und doch voller Informationen und Fakten, wie wir es schon in "Als die Sterne Götter waren" (Prisma-Verlag) angetroffen haben.

Viele früher verbreitete Ansichten über die Auswirkungen von auffälligen Himmelserscheinungen wie Finsternisse, Kometen-erscheinungen, markante Planetenkonstellationen u.ä. werden unter die "enthüllende Lupe moderner Erkenntnis" genommen.

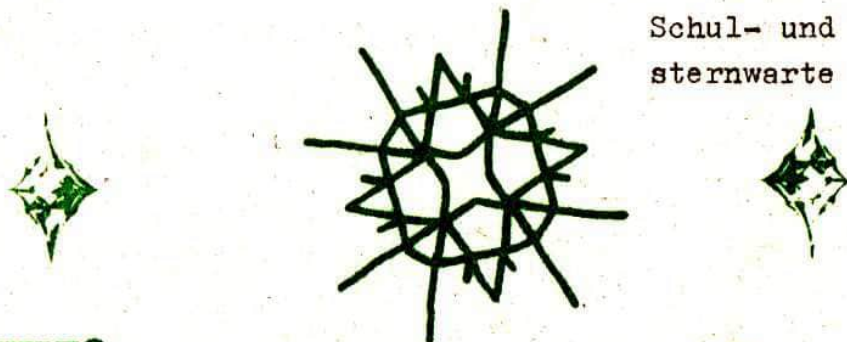
Wer gemeint hatte, die Astrologie sei mit der Begründung des heliozentrischen Weltbildes durch Kopernikus für alle Zeiten überwunden, muß sich eines Besseren belehren lassen. "... was ist schon abgestorben und überwunden, daß es sich nicht doch wieder rühren und sein Haupt zu erheben vermöchte ? Die sozialen, politischen und geistigen Krisen unseres Jahrhunderts weckten auf einmal die versunkene und vermoderte Sterndeutung aus ihrem Schlaf in der Rumpel- und Kuriositätenkammer der Geschichte."

Die meist aus dem Mittelalter stammenden Darstellungen von

Tierkreissternbildern, Flugblättern und Horoskopen passen sich sehr gut in den Text ein, auch ein Verdienst des Verlages Koehler und Amelang Leipzig.

Wolfgang König

Schul- und Volks-
sternwarte Suhl



Wissenswertes:

Das Vorkommen vieler der heute weltweit angebauten Kulturpflanzen war noch vor wenigen Jahrhunderten auf relativ kleine Ursprungsgebiete beschränkt. Dies änderte sich erst mit den großen Entdeckungsfahrten solcher tollkühnen Seefahrer wie Kolumbus, die von ihren Reisen oft exotische Pflanzen und Tiere in ihre europäische Heimat mitbrachten. Kaum vorstellbar ist heute, daß zu diesen Zeiten die Kartoffel eine teure und seltene Zierpflanze war, die ausschließlich königliche und fürstliche Gärten mit ihren Blüten schmückte. Doch während relativ bekannt ist, daß unsere Kartoffel aus Amerika stammt, wird wohl bei vielen die Tatsache Erstaunen hervorrufen, daß auch unsere Sonnenblume dort ihre Heimat hat. Bereits vor der Entdeckung Amerikas wurde sie von den Indianern angebaut. Der spanische Forscher Monardes brachte sie 1569 nach Eurppa. Hier diente sie über drei Jahrhunderte nur als Zierpflanze und beliebtes Malermotiv, obwohl der Ölgehalt der Sonnenblumenkerne bekannt gewesen sein müßte, da man sie gern kaufte. Erst im 19. Jahrhundert initiierte der russische Bauer Bokarew wegen des hohen Ölgehalts der Kerne den Anbau von Sonnenblumen. Wenig später war sein Heimatdorf Alexowka bei Woronesh von Sonnenblumenfeldern umgeben.

Aber nicht nur zur Speisenzubereitung wird das Öl der Kerne genutzt, auch unsere einheimischen Vögel haben sich inzwischen an diese exotische Bereicherung ihres winterlichen Speisezettels gewöhnt.

(u.a. Urania 8/85)

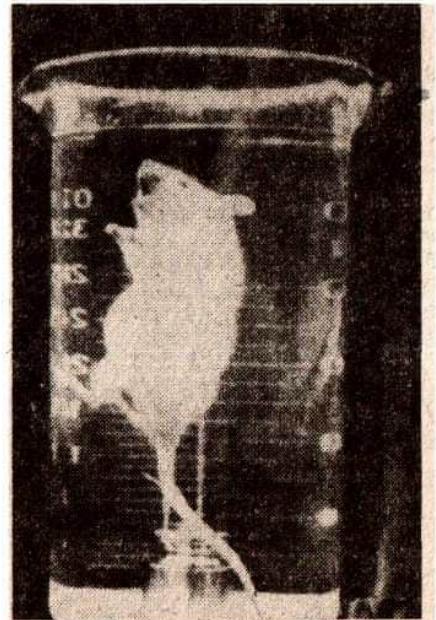
Prof. Dr. Hasso Meinert
Zentralinstitut für
Anorganische Chemie der
AdW der DDR
Berlin-Adlershof

— So weiß wie Blut —
Perfluorcarbon-Emulsionen als
„Blutersatz“

Wir übernehmen diesen interessanten Artikel für Euch in redaktioneller Bearbeitung aus der Zeitschrift "wissenschaft und fortschritt" 7/1985.

Ein Experiment

Am Schwanz einer weißen Maus wird ein Gewicht befestigt. Beide zusammen werden in ein danebenstehendes Becherglas gegeben, welches mit einer farblosen Flüssigkeit gefüllt ist. Durch das Gewicht wird die Maus schließlich unter die Flüssigkeitsoberfläche gezogen. Instinktiv ist sie bemüht, durch Ruderbewegungen mit ihren kleinen Beinchen an die Oberfläche zu gelangen. Auch nach längerer Zeit erlahmt sie dabei nicht. Die Maus ertrinkt nicht, obwohl die ruhigen und gleichmäßigen Atembewegungen vermuten lassen, daß die Flüssigkeit in ihre Lungen eingedrungen ist. Unsere Maus kann auch gar nicht ertrinken, denn sie atmet eine sauerstoffgesättigte Perfluorverbindung.



Derartige Verbindungen werden heute bereits in der Humanmedizin als sauerstofftransportierende Blutersatzmittel angewendet. Jedoch befindet sich der Einsatz von sauerstofftransportierenden Perfluorcarbonemulsionen noch in den Anfängen.

Historisches

1966 zeigten Gollan und Clark, daß flüssige, mit O_2 gesättigte Perfluor-Verbindungen, anstelle von Blut, isolierte Rinderherzen mit Sauerstoff versorgen können. Sie entdeckten auch, daß Mäuse in einer solchen Lösung leben, d.h. atmen können.

1967 ersetzten Sloviter und Mitarbeiter die reinen Perfluor-Verbindungen durch deren Emulsionen mit Blutplasma. Damit lösten sie das Problem des Transportes von Mineralsalzen und Stoffwechselprodukten.

1968 gelang Geyer der erste vollständige Austausch des Blutes von Ratten gegen eine derartige Emulsion.

1969 konnte man mit Hilfe emulgierter Perfluor-Verbindungen Gewebe, Organe und ganze Tiere -z.B. Frösche, Hühner, Ratten, Katzen und Hunde- kurzzeitig mit Sauerstoff versorgen. Allerdings überlebten die Tiere in der Regel nur wenige Stunden.

1970 wurde erstmals über Versuche berichtet, bei denen die Tiere einen weitgehenden (aber nicht vollständigen) Austausch ihres Blutes gegen solche Emulsionen überlebten und sich anschließend normal weiterentwickelten.

1973 gelang es Geyer, das Blut von Ratten schrittweise bis zu 100 % auszutauschen. Die Tiere überlebten und entwickelten sich normal weiter. Rhesus-Affen, deren Blut etwa zur Hälfte gegen eine 10%ige Perfluordekalin-Emulsion ausgetauscht worden war, benahmen sich im wachen Zustand völlig normal. Sie überlebten den Austausch ohne gesundheitliche Schäden. Geyer machte dabei die wichtige Entdeckung, daß Perfluordekalin bedeutend schneller wieder aus dem Körper ausgeschieden wird als bisher allgemein verwendete Perfluorverbindungen.

1977 berichtete Geyer, daß seine "blutlosen" Ratten einen mehrstündigen Aufenthalt in einer bis zu 50 % enthaltenden Kohlenmonoxid-Athmosphäre überstanden, der für "normale" Ratten den sicheren Tod bedeutet hätte. Unter diesen Bedingungen werden nicht nur etwa noch vorhandene Erythrozyten (rote Blutkörperchen) durch CO blockiert, sondern auch die vom Organismus fortlaufend neu gebildeten. Das beweist, daß die Sauerstoffversorgung während des 20-stündigen Versuches wirklich durch die Perfluor-Verbindung sichergestellt wurde. Das weitere Überleben der Tiere zeigte auch, daß die Gewebe und Organe während dieser Zeit genügend Sauerstoff erhalten hatten und nicht durch Kohlenmonoxid vergiftet wurden.

Der heutige Stand

Führend in der Erforschung, der Produktion und dem Einsatz O_2 -transportierender PFC-Emulsionen sind Japan, die UdSSR, die USA und Frankreich. In Japan wurde erstmals im April 1979 ein chi-

rurgischer Eingriff am Menschen unter Einsatz einer O_2 -transportierenden PFC-Emulsion durchgeführt. Seitdem sind Hunderte von Menschen (in Japan mehr als 800, in den USA mehr als 300) mit dem von einer japanischen Firma 1975 entwickelten und nach abgeschlossener Approbation (klinischen Erprobung) freigegebenen Emulsion "Fluosol-DA20" erfolgreich behandelt worden. Dabei erhielten die Patienten Mengen von 500 bis 1500 ml. Weiterhin erzeugt diese japanische Firma auch noch "Fluosol-DA35" und "Fluosol-FC43", welches nicht zum Einsatz in der Humanmedizin bestimmt ist.

Seit 1979 wurde in der UdSSR eine PFC-Emulsion "Ftorosan" entwickelt und nach umfangreichen Tests auch erfolgreich am Menschen eingesetzt. "Ftorosan" befindet sich zur Zeit in der Abschlußstufe des Zulassungsverfahrens.

Die genannten Emulsionen enthalten hohe Anteile an Perfluorokalin (14 bis 25 g je 100 ml). Wegen dessen geringen Emulsionsstabilität sind diese Emulsionen nur im gefrorenen Zustand und zeitlich begrenzt lagerbar.

Anforderungen an Blutersatzmittel

Die Anforderungen an solche Medien sind sehr groß, denn der menschliche Organismus verbraucht täglich rund 1000 l Sauerstoff. Eine ausreichende Sauerstoffversorgung ist aber nur gewährleistet, wenn Herz, Lunge und Gefäße gut funktionieren. Lokale Störungen der Durchblutung können nicht beseitigt werden, indem sich der Kreislauf anpaßt. Das gilt auch bei der Verwendung von "Blutersatzmitteln". Deren Vorteil muß aber vor allem darin bestehen, daß die Mikrozirkulation verbessert wird (z.B. durch entsprechende Kleinheit der sauerstofftransportierenden Partikel). Gerade die verbesserte Durchblutung von schlecht versorgten Gebieten kann sich bei der Therapie von Herzinfarkten und Gehirnschäden als vorteilhaft erweisen.

Welchen Anforderungen muß nun ein solches Blutersatzmittel genügen?

Es muß das Blutvolumen aufrechterhalten. Sein osmotischer Druck, seine Fließeigenschaften und seine pH-Konstanz müssen denen von normalem Blut sehr ähnlich sein.

Es muß den Transport sowie den Austausch von O_2 und CO_2 gewährleisten. Dabei dürfen keine toxischen Verunreinigungen entstehen.

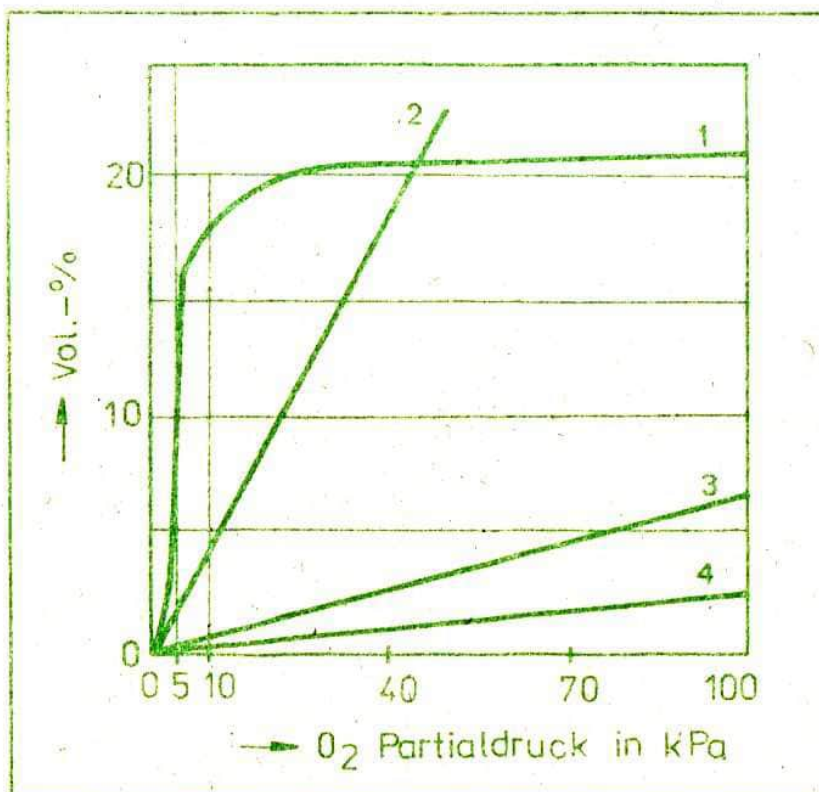
Es darf keinen Bestandteil des natürlichen Blutes störend beeinflussen, keine irreversiblen Schäden an Geweben und Organen hervorrufen und deren normale Funktionen nicht beeinträchtigen.

Es muß die Neubildung von Erythrozyten (rote Blutkörperchen), Proteinen und anderen Blutbestandteilen mit angemessener Geschwindigkeit zulassen.

Es darf das Weiterleben, das Wachstum und die Entwicklung des gesamten Organismus nicht behindern.

Schließlich muß es wieder aus dem Körper ausgeschieden werden.

Ein Blutersatzmittel, das diese Bedingungen erfüllt, ist mehr als ein Plasma, weil es Sauerstoff transportiert, d.h. die Blutkörperchen in dieser Funktion ersetzt. Dessenungeachtet erfüllt es natürlich nur einen Teil der komplexen Aufgaben des natürlichen Blutes, das neben dem Transport auch für Regulation, Gerinnung und Abwehr verantwortlich ist. Die Bezeichnungen "Blutersatzmittel" und "künstliches Blut" sind daher nicht exakt und zweifellos übertrieben.



- 1 Blut
- 2 PFC-Emulsion für Luftatmung,
- 3 Fluosol-DA 20,
- 4 Wasser

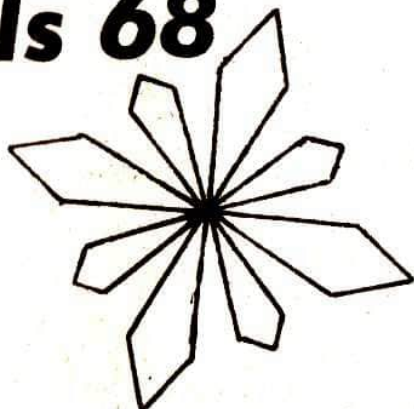
Löslichkeit von Sauerstoff in verschiedenen Medien in Abhängigkeit vom Sauerstoffpartialdruck (Zentralinstitut für Anorganische Chemie der AdW)

Besonders wichtig für die Funktion der Perfluorcarbon-(PFC)-emulsionen ist natürlich der Verlauf der Sauerstoffbindungskurven. Im Unterschied zur Kurve für das Hämoglobin sind die PFC-kurven flacher und steigen linear mit dem Sauerstoffpartialdruck an. Aus der Graphik ist ersichtlich, daß natürliches Blut 5 Vol.-% (Volumenprozent) des in ihm gelösten Sauerstoffes an den Organismus abgeben kann. Arteriellcs Blut bindet 20 Vol.-% O_2 , venöses Blut 15 Vol.-%. Diese 5 Vol.-% entsprechen einem Abfall des Sauerstoffpartialdruckes (pO_2) von 20 kPa (150 Torr, dem Partialdruck von Sauerstoff in Luft) auf 6,67 kPa (50 Torr für venöses Blut). Derselbe Partialdruckabfall bewirkt aber bei einer PFC-Emulsion -wie Fluosol-DA20 oder Ftorosan- nur eine Abgabe von 0,9 Vol.-% O_2 an den Organismus. Um die gleiche Abgabefähigkeit wie Blut zu erreichen, muß man diese Emulsionen daher bei einem pO_2 von mindestens 87 kPa (650 Torr) anwenden. Alle Operationen, bei denen Blut durch die derzeit gebräuchlichen Standardemulsionen (Fluosole, Ftorosan) ersetzt wird, müssen aus diesem Grund in sauerstoffreicher Atmosphäre durchgeführt werden.

Eine Emulsion, die an das Gewebe soviel O_2 abgeben könnte wie Blut (5 Vol.-% bei $pO_2 = 20$ kPa), müßte eine so hohe Sauerstofflöslichkeit haben, wie das die Kurve "PFC-Emulsion für Luftatmung" in der Graphik beschreibt. Eine solche hypothetische Emulsion müßte 38 Vol.-% O_2 bei 101,3 kPa (760 Torr, Atmosphärendruck) lösen. Dieser Wert läßt sich nur durch Emulsionen mit höheren PFC-Anteilen erreichen. Sie enthält dann mehr als 25 g PFCs je 100 ml Emulsion.

wird fortgesetzt

impuls 68



wünscht allen
seinen Lesern
ein fröhliches
Weihnachtsfest und
ein Gesundes
Neues Jahr.

Inhaltsverzeichnis „impuls 68“ 19. Jg. (1985)

Titel		Autor	Heft	Seite
PHYSIK				
Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung – Brillouinspektroskopie	(1) (2)	Kruse Kruse	1 2	3 10
Regiert das Chaos die Welt?	(2) (3)	Kaschke Kaschke	1 2	20 41
Die Bildentstehung am Mikroskop	(1) (2)	Tappert Tappert	1 2	41 31
Plasmaätzen zur Oberflächenbearbeitung		Richter	2	34
Grundlagen des Lasers		Stamm	3	5
Lasertypen		Noack	3	14
Laserwaffen		Heumann	3	31
Laser in der Medizin		Schwarz	4	12
Mikroelektronik leichtverständlich: U 880 –	(1) (2) (3)	Blätsche Blätsche Blätsche	4 5 6	27 17 17
Raster-Tunnel-Mikroskopie		Kroll	6	42
BIOLOGIE				
Heilpflanzen und ihre Kräfte	(2)	Winter	1	12
Mikrobielle Hochleistungsstämme	(3)	Mierau	1	30
Springende Gene		Laplace	2	3
Wasserlinsen – die kleinsten Blütenpflanzen		Gebhard	5	3
So weiß wie Blut – PFC-Emulsionen als Blutersatz	(1)	Meinert	6	35
ÜBERGREIFENDE ARTIKEL, GESCHICHTE, INTERVIEWS				
Das Meter im Wandel der Zeit		Niehardt	2	28
25 Jahre Laserphysik in Jena		Wiederhold	3	24
Trends und Tendenzen der Laserphysik		Wilhelmi	3	42
Jahreshaupt- und Schultagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR		Niehardt	4	42
4. Zentrale Physik-Studentenkonferenz		Niehardt	5	9
Tage der Jungen Physiker 1985 in Jena		Niehardt	5	11
Niels Bohr und die moderne Atomtheorie – Zum 100. Geburtstag des Physikers	(1)	Hoffmann	6	10

Titel	Autor	Heft	Seite
K. E. Ziolkowski – Träume wurden Wirklichkeit	König	5	24
Lebensspender Fluor	Niehardt	6	14
ASTRONOMIE			
Prominente Meteoriten	König	2	18
Teufelssterne und Leuchttürme	Kroll	4	3
Laser, Gravitation und Astrophysik	Stecklum	4	18
Komet Halley besucht den erdnahen Raum	Hennig	5	31
Raumsonden zum Kometen Halley	Reimann	5	36
CHEMIE			
Alfred Werner – Begründer der klassischen Koordinatenchemie	(1) Fischer	2	25
Die Säure-Base-Theorien von Arrhenius, Brönsted, Lewis und Usanović	(1) Schulze	6	3
SONSTIGES			
Wissenswertes		2	9
			17
			40
		5	26
		6	34
MOSAİK			
		4	47
		5	14
		6	25
Büchermarkt	König	1	40
	König	5	27
	König	6	32
Unsere Physikaufgabe		4	41
		5	29
		6	9
Lösungen zu Heft 4		5	8
Heft 5		6	27

Seit etwa fünf Jahren gibt es ein neues Verfahren, mit dem atomare Oberflächenstrukturen sichtbar gemacht werden können: die Raster-Tunnel-Mikroskopie. Entgegen herkömmlichen Geräten wie dem Elektronenmikroskop oder dem Feldelektronenmikroskop wird hierbei ein völlig anderer physikalischer Effekt ausgenutzt, der Tunneleffekt.

Was versteht man darunter? In unserer folgenden Betrachtung gehen wir von einem Metall aus, in dem sich bekanntlich viele Elektronen frei, d.h., nicht an ein bestimmtes Atom gebunden, bewegen können. Dabei wird die durchschnittliche kinetische Energie dieser freien Elektronen als Fermi-Energie bezeichnet. Damit ein Elektron das Metall verlassen kann, benötigt es noch weitere Energie, die Austrittsarbeit genannt wird. Diese Arbeit kann z.B. durch Anlegen eines äußeren elektrischen Feldes aufgewendet werden. Der Physiker verwendet dazu folgende Terminologie: Das Elektron befindet sich in einem "Potentialtopf", aus dem es infolge der hohen Wände nicht allein heraus kann.

Bringt man nun zwei Metalle mit unterschiedlichen Fermi-Energien zusammen, dann ist ein Überfließen der höherenergetischen Elektronen des einen Metalls zum anderen zu beobachten. Dieser Prozeß dauert solange an, bis ein Gleichgewicht hergestellt ist.

Stellen wir uns jetzt vor, beide Metalle werden nicht unmittelbar zur Berührung gebracht, sondern seien durch einen dünnen

Vakuumspalt (in der Größenordnung von 10^{-9}m) voneinander getrennt. Nach der klassischen Physik dürfte dabei kein Elektronenstrom zwischen den Metallen zu beobachten sein. Das Experiment zeigt jedoch etwas anderes: In Abhängigkeit von der Spaltbreite und der Höhe der Potentialtöpfe der beiden Metalle wird ein Elektronenstrom beobachtet, ohne daß die Energie der Elektronen ausreichend ist, die Potentialwände zu überwinden. Dieser Vorgang ist nur mit Hilfe der Quantenmechanik zu verstehen. Man spricht vom Tunneleffekt. Mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit gelingt es den Elektronen, die Potentialbarriere zu "durchtunneln". Der Prozeß kann durch Anlegen einer Spannung an die Metalle verstärkt werden. Dabei ist die Spannung aber immer noch erheblich niedriger, als sie für die Austrittsarbeit notwendig ist.

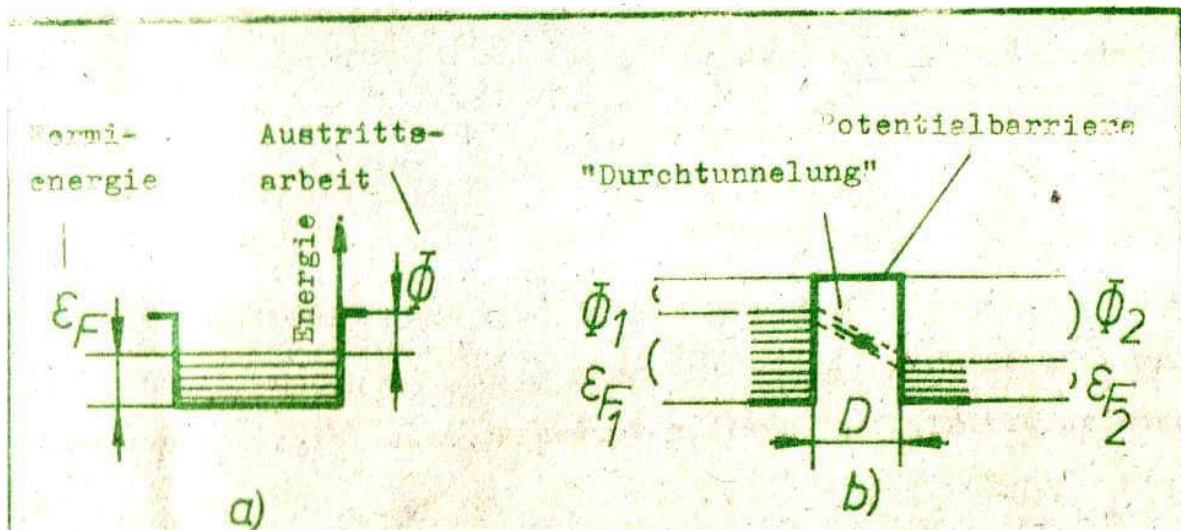


Abb. 1 a) Potentialtopfmodell für Leitungselektronen eines Metalles; Linien im Potentialtopf stellen die von e^- besetzten Energieniveaus dar; um ein e^- aus dem Metallverband zu lösen, bedarf es der Austrittsarbeit

Abb. 1 b) Potentialtopfmodell für den Tunneleffekt; die Höhe der Potentialbarriere wird von den Austrittsarbeiten bestimmt, die Breite von der Vakuumspaltbreite D zwischen den Metallen; beide Größen bestimmen gemeinsam die Tunnelstromstärke

Diesen Tunneleffekt macht man sich, wie ja der Name schon sagt, bei der Raster-Tunnel-Mikroskopie zunutze.

Die technische Realisierung des Verfahrens sieht folgendermaßen aus: Eine Metallspitze (Sonde) wird langsam über die zu untersuchende Oberfläche gefahren. Dabei wird sorgfältig darauf geachtet, daß der Tunnelstrom konstant bleibt, was der Fall ist, wenn die Spaltbreite gleich bleibt. Das läßt sich aber nur erreichen, wenn die Sondenspitze alle Unebenheiten der Oberfläche mit einer Auf- und Abbewegung kompensiert. Durch die Bewegung der Sonde läßt sich also das Profil der Oberfläche feststellen.

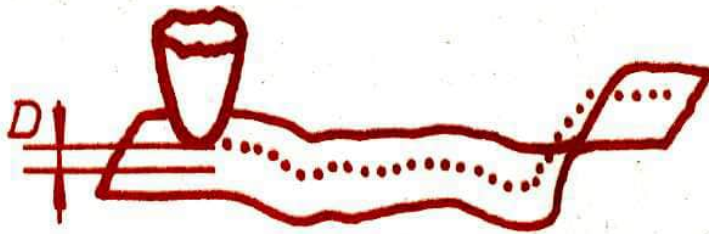


Abb. 2 Führungsspur der Sondenspitze über der angedeuteten Oberfläche unter der Bedingung, daß die Spaltbreite D zwischen Sonde und Oberfläche konstant bleibt

Man kann sich sicher vorstellen, daß an die "Mechanik" der Sondenhalterung überaus hohe Anforderungen gestellt sind. Der Spaltabstand liegt bei 10^{-9}m (etwa zehnfacher "Atomradius"), der mit einer Genauigkeit von 10^{-11}m eingehalten werden muß. Das ist ein Millionstel der Dicke eines Spinnwebenfadens! Die Sonde ist daher an einer dreiachsigen Aufhängung befestigt, die aus piezoelektrischer Keramik besteht. Das ist ein Stoff, der schon bei geringsten mechanischen Verformungen elektrische Ladungen her-

vorrufen, welche zur Bestimmung der Lage der Sondenspitze gemessen werden.

Das Bild von der Oberfläche entsteht, indem die Sonde Streifen für Streifen über die Probe geführt wird. In der untenstehenden Abbildung kann man das sehr leicht erkennen.

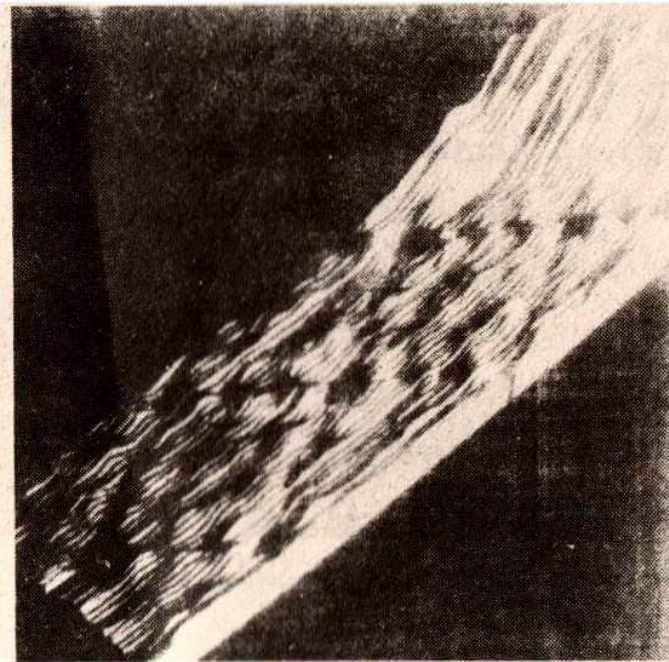


Abb. 3

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme.
einer Siliziumoberfläche

Repro: Richter

Probleme bei der Abtastung der Oberfläche entstehen dann, wenn chemische Verunreinigungen in der Probe vorhanden sind, wodurch sofort infolge der veränderten Austrittsarbeit ein ganz anderer Tunnelstrom wirksam wird. Dadurch würde ein völlig falsches Bild der Oberfläche entstehen. Man löst das Problem, indem die Sonde leicht schwingend über die Probe hinwegbewegt wird. Der Tunnelstrom wird dadurch moduliert. Ein Fremdatom verändert in charakteristischer Weise die Modulationsamplitude und verrät sich dadurch.

Die Raster-Tunnel-Mikroskopie erlaubt also, sowohl die geometrische Struktur als auch die chemische Zusammensetzung der zu untersuchenden Oberfläche aufzuklären.

Warum gibt es das Raster-Tunnel-Mikroskop erst seit relativ

kurzer Zeit? Das größte Problem bestand darin, brauchbare Sonden-
spitzen zu produzieren, die ja immerhin einen Krümmungsradius von 10^{-9} m haben müssen. Auch heute lassen sich solche Spitzen nur vereinzelt herstellen; sozusagen zufällig. Das Problem einer Technologie zur Herstellung von Spitzen in Serie muß noch gelöst werden.

Dem Raster-Tunnel-Mikroskop wird eine große Zukunft prophezeit, denn es hat mehrere Vorteile:

1. Zur Abbildung der Oberfläche sind keine Linsen erforderlich.
2. Die Oberfläche muß nicht kristallin sein; beispielsweise lassen sich organische Substanzen untersuchen.
3. Die Energie der Tunnelelektronen ist so gering (etwa 10 meV), daß die Probenoberfläche nicht zerstört wird (wie das z.B. bei der Feldelektronenmikroskopie der Fall ist).
4. Das heute schon erreichte Auflösungsvermögen der Raster-Tunnel-Mikroskopie reicht an das bester Elektronenmikroskope heran (Vergrößerungen bis zu 10^9).

Man erwartet in der nächsten Zeit eine rasche Verbreitung der Geräte. Wollen wir darauf gespannt sein, welche Entdeckungen damit gemacht werden.

(nach einem Artikel von M.Hietschold und P.Ziesche in "Wissenschaft und Fortschritt", Heft 7/1985, S.186-188)

ACHTUNG ! ACHTUNG ! ACHTUNG ! ACHTUNG ! ACHTUNG

Wir bitten alle an unserer neuen Serie interessierten Leser, welche unsere Zeitschrift noch nicht aboniert haben, dies zu tun, da wir Einzel-exemplare nur in begrenztem Umfang versenden können. Die neue Serie erscheint in "impuls 68" voraussichtlich ab Heft 1/86 !

VORSCHAU VORSCHAU VORSCHAU

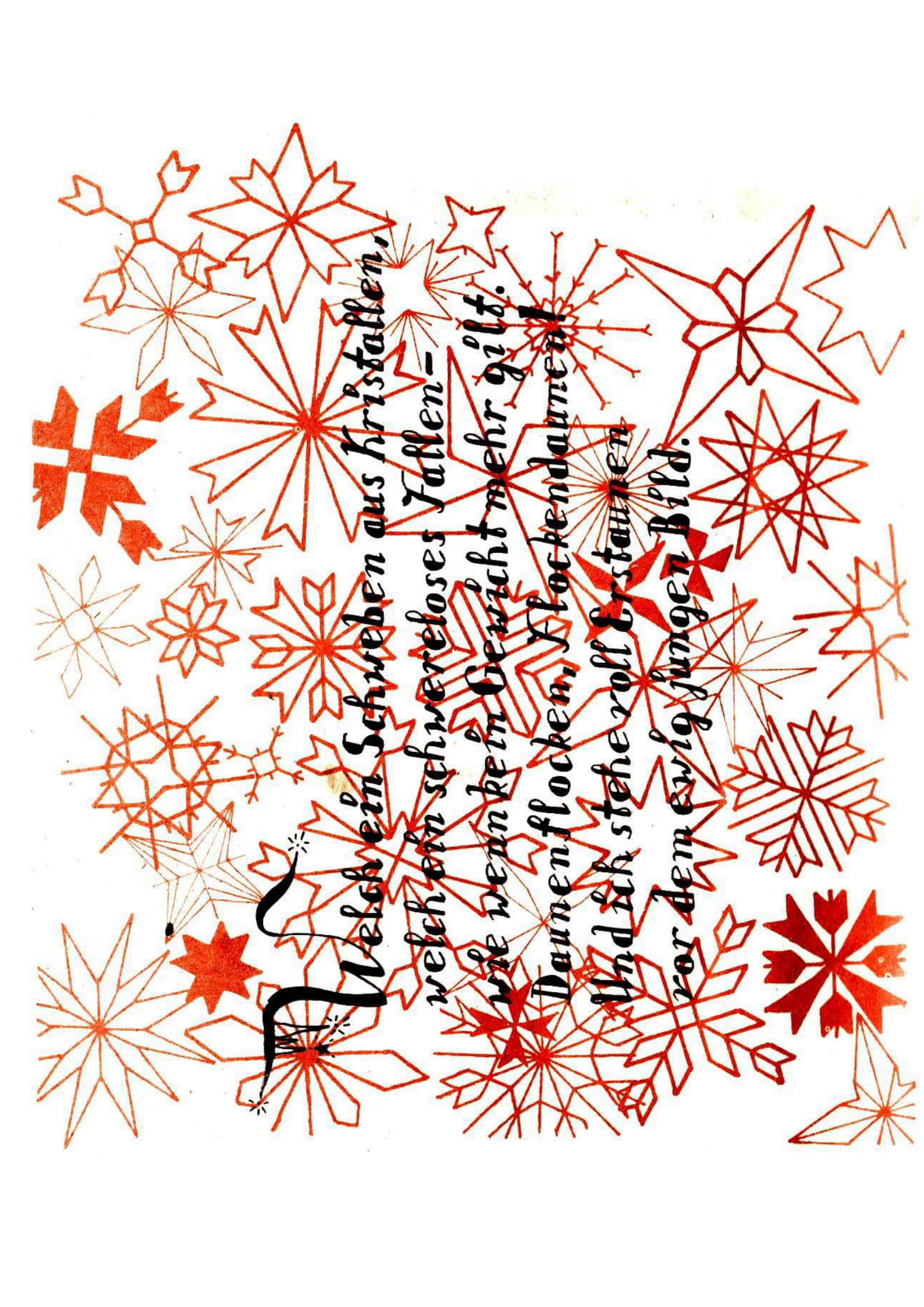
Mikroelektronik und Mikrorechentechnik haben in fast alle Bereiche unseres Lebens Einzug gehalten. Auch um unser Volkssystem machen sie keinen Bogen und treten hier z.B. in Gestalt des Schulrechners SR 1 auf. Zunehmend werden unsere Spezialschulen, EOS und POS auch mit Kleincomputer (z.B. HC 900) ausgerüstet. Neue Technik bringt neue Probleme und neue Anforderungen mit sich. In fakultativen Arbeitsgruppen bzw. innerhalb von Jugendobjekten bereiten sich an unseren Hochschulen und Universitäten viele Studenten pädagogischer Fachrichtungen auf die Arbeit mit diesen Geräten im Unterricht vor. Viele Schüler wollen ebenfalls an solchen Geräten arbeiten, aber noch fehlt es vielerorts an qualifizierten Lehrern zur Beaufsichtigung und Anleitung. Aus diesem Grund beginnt "impuls 68" demnächst mit der Veröffentlichung der neuen Serie

Programmieren leichtverständlich

PHYSIK

In ihr wollen wir Erfahrungen vermitteln, die Studenten der Sektion Physik der Friedrich-Schiller-Universität innerhalb des Jugendobjektes "Mikrorechner in der Lehre" sammeln konnten, und unseren Lesern Gelegenheit geben, über ihre Aktivitäten zu berichten. Ziel soll es sein

- Schüler und Lehrer mit den Grundbegriffen des Programmierens und von Programmiersprachen vertraut zu machen,
- Euch zum Aufstellen eigener kleiner Programme zu befähigen,
- Programme zur Übernahme zu veröffentlichen, mit denen ihr zu Hause und in Arbeitsgemeinschaften an der Schule arbeiten könnt.



Welch ein Schweben aus Kristallen,
welch ein schwereloses Fallen-
wie wenn kein Gewicht mehr gilt.
Dauenflocken, Flochendaunen!
Und ich steher voll Erstaunen
vor dem ewig jungen Bild.