

68

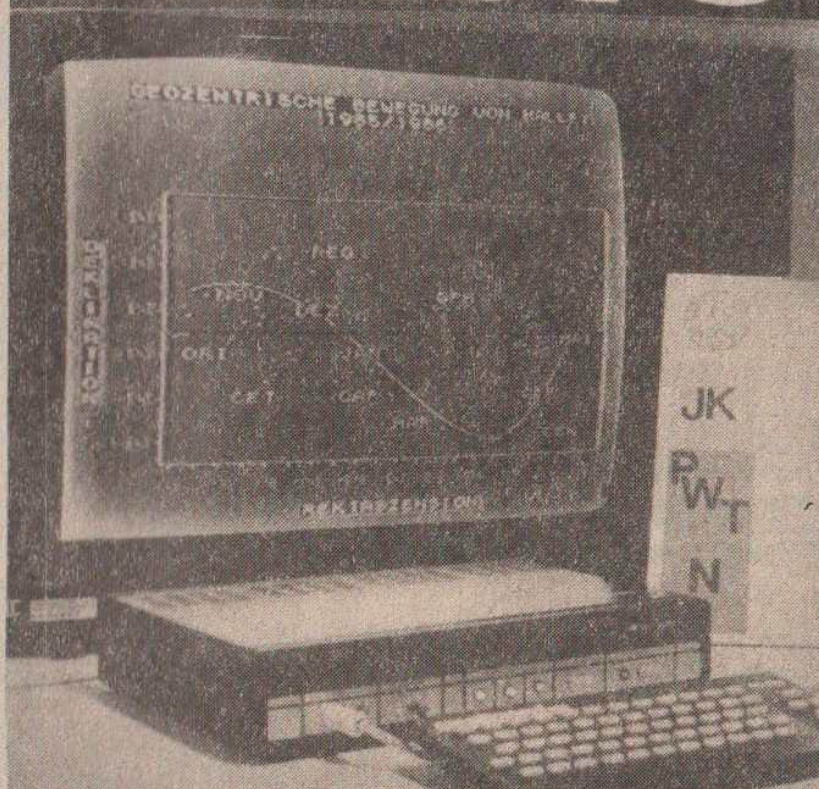
Impuls

Schülerzeitschrift für

PHYSIK · CHEMIE · BIOLOGIE

1/86 INDEX 322004 ISSN 0232-9220 PREIS 60 Pf. 20. Jg.

BASIC



Natur-
katastrophen



Mikro-
prozessor-
system U 880
(Teil 4)



Astro-
MOSAİK

Lichtsignale
aus dem
Reagenzglas



Physik-
aufgabe



So weiß
wie Blut
(Teil 2)

Programmieren leichtverständlich:

Teil 1 – Einführung in BASIC



Prof. Dr. Hasso Meinert	– So weiß wie Blut – Perfluorcarbon-Emulsionen als „Blutersatz“ (Teil 2)	BIO	3
Alexander Niehardt	Naturkatastrophen – Mittel der Kriegsführung?		
	Naturkatastrophen – Kampf gegen eine Geißel der Menschheit!	DOK	9
Dr. Dieter Hoffmann	Niels Bohr und die moderne Atomtheorie – Zum 100. Geburtstag des dänischen Physikers –		16
Dipl.-Ing. G. Bläsche	Das Mikroprozessorsystem U 880 (Teil 4)	PHY	20
Dr. Reinald Fischer	Alfred Werner – Begründer der klassischen Koordinationschemie	CHE	26
	MOSAİK		30
Frank Andreas, Mirco Schumann, Alexander Niehardt	Programmieren leichtverständlich: Teil 1 – Einführung in BASIC		34
Dr. Harry R. Weigt	Lichtsignale aus dem Reagenzglas – wider dem II. Hauptsatz der Thermodynamik?	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 Ministerrates der DDR.

Erscheinungsweise: zweimonatlich

Heftpreis: –,60 M

Bezugsmöglichkeiten: durch den Postzeitungsvertrieb

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

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

Redaktionsmitglieder:

Selle, Silvia Butters, Antje Schlegel, Petra Richter, Peter Kroll, Alexander Niehardt, Karsten König, Ralph Huonker

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

Gestaltung: Richter, Selle, Niehardt, Huonker

Redaktionsschluß: 29. 11. 1985

Prof. Dr. Hasso Meinert
Zentralinstitut für
Anorganische Chemie
der AdW der DDR

**– So weiß wie Blut –
Perfluorcarbon-Emulsionen
als „Blutersatz“
– Teil 2 –**

Was sind Perfluorcarbone?

Perfluorcarbone (PFCs) sind synthetisch auf chemischem oder elektrochemischem Wege gewonnene, wasserunlösliche, chemisch und biologisch inerte Verbindungen, die ausschließlich aus Kohlenstoff und Fluor bestehen, keine ungesättigten CC-Bindungen, aber in manchen Fällen ein Heteroatom (z.B. Stickstoff oder Sauerstoff) enthalten. Die Moleküle sind durch eine einheitliche Schale von Fluoratomen hervorragend abgeschirmt. Kohlenstoff-Fluor-Verbindungen haben die höchsten in der organischen Chemie bekannten Bindungsenergien, d.h. sie befinden sich in einem energetisch günstigsten Zustand, aus welchem sie durch Reaktionen nur sehr schwer herauszubringen sind. Außerdem ist das kleine Fluoratom kaum polarisierbar; das bedeutet, seine äußere Elektronenhülle ist nahezu undeformierbar (Siehe auch Artikel "Lebensspender Fluor"). Daher sind Perfluorcarbone chemisch und physiologisch außerordentlich inert (beständig gegenüber chemischen Reaktionen), also ungiftig. Für die Perfluorcarbone ist im Organismus kein Abbauweg bekannt. Wegen ihrer Inertheit ist auch nicht zu erwarten, daß es einen solchen Weg gibt. Deshalb können auch keine giftigen Abbauprodukte entstehen. (PFCs werden im Übrigen durch Ausatmen oder über die Haut abgegeben. Im Urin konnten sie nicht nachgewiesen werden. Im Kot fanden sich lediglich Spuren.)

Ein Heteroatom in der Kohlenstoffkette ändert die chemische Stabilität nicht prinzipiell, vorausgesetzt, es ist im Gesamtmolekül gut abgeschirmt.

Nach den bisherigen Kenntnissen eignen sich für Blutersatz PFCs, die unter Normalbedingungen Flüssigkeiten sind. Das können acyc-

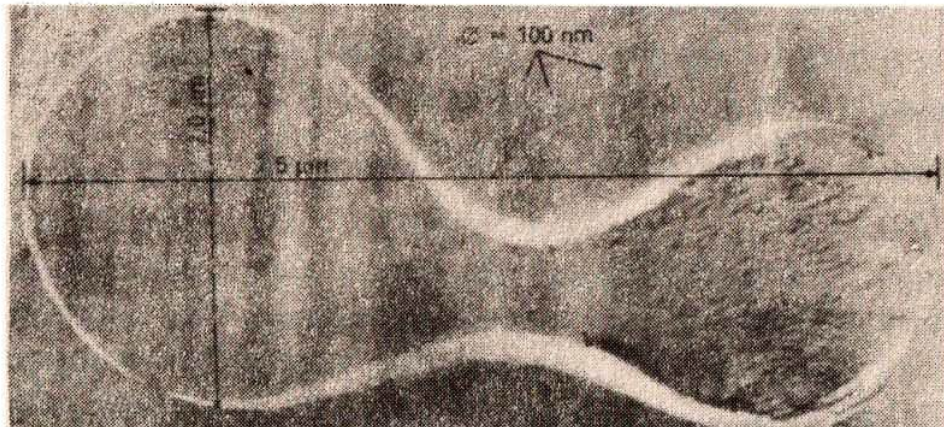
lische (kettenförmige), mono- oder bicyclische Verbindungen mit fünf- oder höhergliedrigen Ringen sein (Verbindungen mit ein oder zwei Kohlenstoffringen, die mindestens jeweils fünf Kohlenstoffatome enthalten).

Wegen ihrer extrem geringen intermolekularen Kräfte haben Stoffe aus diesen Verbindungen eine außerordentlich geringe Oberflächenspannung, die ihre große Benetzungsfähigkeit erklärt. Da Fluoratome eine wesentlich größere Masse haben als Wasserstoffatome, ist die Dichte der Fluorkohlenstoffe beträchtlich größer als die der Kohlenwasserstoffe. Dennoch ergibt sich aus dem Molvolumen bei Raumtemperatur, daß PFCs deutlich weniger Moleküle pro Raumeinheit enthalten als Kohlenwasserstoffe. Wegen der größeren Fluoratome existieren in flüssigen PFCs Hohlräume. Daraus ergibt sich ein besonders großes Lösungsvermögen dieser Flüssigkeiten für Gase. Bei Atmosphärendruck lösen sich 40...55 Vol.-% O_2 (20mal soviel wie in Wasser!) und etwa 100...150 Vol.-% CO_2 . Demgegenüber lösen rote Blutkörperchen jeweils nur 20 bzw. 80 Vol.-%.

Das Auffinden und die Herstellung einer geeigneten Fluorkohlenstoffverbindung ist jedoch nicht das einzige Problem, das bei der Suche nach Blutersatzstoffen gelöst werden muß. PFCs sind hydrophobe Flüssigkeiten, die sofort Embolien verursachen würden, wenn man sie in reiner Form in das Blutkreislaufsystem einbringen würde. Da die PFCs mit Wasser nicht mischbar sind, müssen sie emulgiert werden. Eine stabile Emulsion herzustellen, ist bis heute eines der Schlüsselprobleme bei der intravenösen Anwendung des Sauerstoffträgers. Eine ganze Anzahl von Emulgatorflüssigkeiten und von Emulsionstechniken (z.B. Ultraschall- oder Hochdruckhomogenisierung) wurde hierfür getestet. Die Emulgatoren dürfen selbst keine toxischen Eigenschaften haben. Es dürfen sich beim Abbau durch den Organismus (Metabolisierung) keine toxischen Stoffwechselprodukte (Metaboliten) bilden. Nach einer ausreichenden Verweilzeit im Körper sollen sie wieder ausgeschieden und/oder metabolisiert werden. Im Übrigen müssen sie auch allen an Blutersatzmittel gestellten Anforderungen genügen (siehe vorhergehendes Kapitel).

Diese Bedingungen erfüllen bisher nur wenige Emulgatoren. Zur Zeit bemüht man sich, weitere Alternativen zu entwickeln. Viele Emulgatoren führen im Körper auch zur Hämolyse (Auflösung der roten Blutkörperchen) und verhindern dadurch deren Neubildung.

Von Bedeutung ist auch die Größe der in der Emulsion vorhandenen Partikel. Diese "bubble" genannten Partikel stellen Anhäufungen von PFC-Molekülen dar, die von einer dünnen Hülle bestehend aus der Emulgatorflüssigkeit umgeben sind. Je besser die Emulsion, desto kleiner diese Partikel. Die Größe der emulgierten Partikel beeinflusst die Austauschoberfläche, die Viskosität, die Stabilität und den Dampfdruck der Emulsion. Die optimale Partikelgröße beträgt kleiner/gleich 100 nm. Als Obergrenze gelten 400 nm. Die Teilchen sind also wesentlich kleiner als Erythrozyten. Der Durchmesser dieser Teilchen beträgt rund 7500 nm (siehe Bild).



Repro: Richter

Diese Tatsache ist die Ursache für die wesentliche Verbesserung der Mikrozirkulation im Organismus bei Anwendung von PFC-Emulsionen. In einem solchen "bubble" genannten Partikel befinden sich 6000...8000 PFC-Moleküle. Im "bubble" befinden sich weiterhin die physikalisch gelösten O_2 -Moleküle. Ihr Durchtritt durch die Emulgatorhülle ist reversibel und kinetisch nicht gehemmt. Mit abnehmender Teilchengröße ändert sich die Farbe der Emulsion von milchigweiß über blau-weiß bis nahezu durchscheinend farblos bei den sogenannten Mikroemulsionen.

Anwendungsgebiete von PFC-Emulsionen

Der Bedarf an Blut und Blutderivaten ist in der gesamten Welt so stark angestiegen, daß er durch Blutspenden nicht mehr gedeckt werden kann. Die begrenzte Lagerfähigkeit von Blutkonser-

ven erschwert sehr stark das planmäßige Anlegen von langfristigen Vorräten. Die Notwendigkeit, blutgruppengleiches, immunologisch verträgliches und infektionserregerfreies Blut (z.B. in Bezug auf Virus-Hepatitis und AIDS) zu übertragen, macht zeitaufwendige Voruntersuchungen notwendig. Bei Massennotfällen ist die rechtzeitige und ausreichende Versorgung mit Blut und Blutderivaten ein noch ungelöstes Problem.

Neben der Ergänzung des Blutvorrates des menschlichen Organismus bei Blutverlusten findet man ständig neue Anwendungsgebiete für den Einsatz von Blut und sauerstofftransportierenden Blutersatzmitteln - z.B.

ausgeprägte Schockzustände, d.h. Blutarmut in ausgedehnten Organbezirken

totale Körperauswaschungen zum Entfernen von Toxinen, Giften und Viren

Versorgung von Organbezirken, die nur ungenügend oder gar nicht mehr arteriell durchblutet werden, mit Sauerstoff und Organperfusion (Durchblutung) und Lagerung im Rahmen der Transplantationschirurgie.

Die Entwicklung von Infusionslösungen bzw. -emulsionen, die den Organismus mit Sauerstoff versorgen können, aber keine Blutkörperchen enthalten, wurde auch durch eine Reihe weiterer Faktoren begünstigt - u.a.

durch neue Möglichkeiten der Chirurgie am offenen Herzen einschließlich der extrakorporalen Zirkulation (z.B. Herz-Kreislaufmaschine)

durch neue Möglichkeiten der Behandlung von Erkrankungen des Blutes (z.B. der Sichelzellanämie)

sowie durch die Tatsache, daß bestimmte Sekten Spenderblut aus religiösen Gründen ablehnen.

Sauerstofftransportierende PFC-Emulsionen haben bereits in der Humanmedizin Einzug gehalten. Die z.Z. exestierenden Präparate der ersten Generation - wie Fluosole oder Ftorosan - wird man zweifellos durch bessere Materialien ablösen. PFCs der zweiten Generation, die schon heute getestet werden, sind vorrangig stickstoffhaltige Verbindungen - insbesondere in cyclischen Systemen, die sich besser emulgieren lassen. So berichten

Yokoyama und Mitarbeiter über eine Emulsion, die auch nach sechs Monaten eine konstante Teilchengröße von 112 nm selbst nach Hitzesterilisation und Lagerung bei +4 °C beibehält.

Durch die Entwicklung aktiver, neuer Emulgatortypen und der gezielten gegenseitigen Anpassung an neue, "maßgeschneiderte" PFCs wird man Emulsionen synthetisieren können, die trotz hoher PFC-Gehalte (größer/gleich 30 Vol.-%) die erforderlichen physiologischen Eigenschaften haben. Solche Emulsionen werden eine so hohe Sauerstofftransportkapazität erreichen, daß sie sich unter normalen atmosphärischen Bedingungen einsetzen lassen - also keine zusätzliche Sauerstofftherapie erforderlich machen. Damit würde sich das Einsatzgebiet in Medizin und Biologie wesentlich verbreitern. An der Synthese derartiger "air breathing emulsions" wird in verschiedenen Forschungslaboratorien der führenden Industriestaaten gearbeitet.

In diesem Zusammenhang muß auch auf die neue Stoffklasse von PFC-Mikroemulsionen hingewiesen werden. Bei ihnen erreicht man unter bestimmten Bedingungen mit Hilfe von Fluortensiden Teilchengrößen von rund 10 nm.

Derartige Fortschritte sind selbstverständlich nur möglich, wenn man sowohl die experimentellen als auch die klinischen und biophysikalischen Zusammenhänge genau kennt. Diese und andere hier nicht erwähnte Probleme sind somit nur durch die enge Zusammenarbeit zwischen Chemikern, Medizinern und Biologen zu bewältigen. Auch bei den entsprechenden Arbeiten an Akademie-Einrichtungen der DDR spielt die Interdisziplinarität eine entscheidende Rolle.

O₂-transportierende PFC-Emulsionen als "Blutersatzstoffe" werden noch weitere Anwendungsgebiete erobern - nicht nur in der Humanmedizin, sondern auch auf ganz neuen Gebieten, von denen nur einige genannt seien:

Züchtung von Pflanzenzellen

Veterinärmedizin (Transfusionen in der Tierchirurgie, da es hierfür keine Blutbanken gibt)

selektive Entfernung (gezielte Entfernung bestimmter) Makrophagen aus Gewebe und Organkulturen

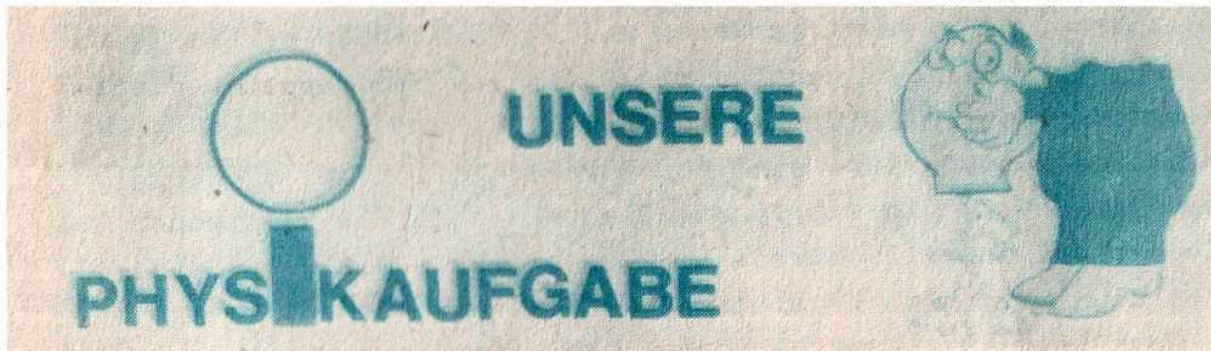
radioaktive PFCs (mit einem Bromatom) als Kontrastmittel für Röntgenstrahlen bei Tumoruntersuchungen

direktes Einbeziehen radioaktiver PFCs in die Tumor-Bestrahlungstherapie

Untersuchungen über Hämodynamik, Rheologie (Fließverhalten) und Blutzirkulation, Lymphe, Blut-Hirn-Schranke, Hämatopoese (Blutbildung), Plasmaprotein-, Hormon- und Enzym-Stoffwechsel und bei verschiedensten metabolischen (Stoffwechsel-) Studien am blutfreien Tier

Einsatz von lagerfähigen PFC-Emulsionen in solchen Gebieten der Erde, wo Blutbanken und Bluttransfusionswesen noch unterentwickelt sind.

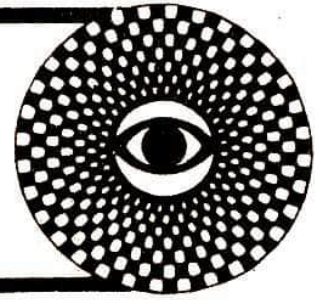
Aus der Vielzahl der sich anbietenden Anwendungsmöglichkeiten wird deutlich, daß der Einsatz sauerstofftransportierender PFC-Emulsionen gerade erst begonnen hat.



Warum können Schlammspritzer, die sich vom Hinterrad eines Kraftwagens lösen, unter Umständen Gegenstände oder Personen beschmutzen, die sich vor dem Hinterrad (in Fahrtrichtung gesehen) befinden? Unter welchen Umständen ist dies möglich?

Auf einer optischen Bank sind nacheinander folgende Dinge angeordnet: eine Lichtquelle, eine Sammellinse, welche das Licht parallel auf einen Schirm mit einer kreisförmigen Öffnung wirft, ein Konkavspiegel, der das durch die Öffnung des Schirms hindurchtretende Licht reflektiert und dadurch auf dem Schirm ein vergrößertes Bild der Öffnung erzeugt. Mit dieser Anordnung ist unter Zuhilfenahme nur eines Lineals die Brennweite des Konkavspiegels zu bestimmen!

DOKUMENTATION für den naturwissenschaftlichen und Staatsbürgerkunde-Unterricht



Naturkatastrophen – Mittel der Kriegsführung?

Naturkatastrophen – Kampf gegen eine Geißel der Menschheit?

von Alexander Niehardt, FSU Jena, Sektion Physik, 3. Stdj. Phy/Astro-Lehrer

Wer von Euch hat sich nicht schon einmal gewünscht, das bestehende Wetter ändern zu können, besonders dann, wenn es zum Baden oder für den Sommerurlaub zu kalt und regnerisch war oder wenn im Winter zum Rodeln oder Skifahren der Schnee fehlte und das Weihnachtsfest gar nicht so recht zur Wettersituation passen wollte. Auch viele Wissenschaftler denken ernsthaft über solche Möglichkeiten nach. Doch geht es ihnen nicht darum, schönes Wetter zu erzeugen, sondern vielmehr katastrophenähnliche Wetter- und Klimaunbilden zu verhindern – oder aber bewußt herbeizuführen. Ebensolches trifft auch auf andere Naturereignisse zu wie Erdbeben oder Vulkanausbrüche. Gerade auf diesen Gebieten zeigt sich, wie eng die Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse zum Nutzen der Menschheit und deren Mißbrauch für Macht- und Profitstreben beieinanderliegen.

Unter den Schlagwörtern geophysikalische Kriegsführung, ökologischer oder Umweltkrieg ist diese Art der Konfrontation bekannt geworden. Jedoch bedeuten diese Begriffe nicht das Gleiche. Während der geophysikalische Krieg als "vorsätzliche Ausnutzung von Naturkräften zu militärischen Zwecken durch aktives Einwirken auf die natürliche Umwelt des Menschen und auf physikalische Prozesse im Erdmantel (Lithosphäre), in der flüssigen Erdhülle (Hydrosphäre) und in der gasförmigen Erdhülle (Atmosphäre)" verstanden wird, schließt der sogenannte Umweltkrieg ökologische Gesichtspunkte mit ein. Oft wird der "Wetterkrieg" oder "meteorologische Krieg" als ein Sonderfall aus dem Bereich des geo-

physikalischen Krieges herausgegriffen.

All diese Schwierigkeiten bei der Begriffsdefinition ändern aber nichts am Wesen geophysikalischer Kriegsführung, daß darin besteht, Naturkatastrophen vorsätzlich auszulösen und sie als Waffen zu gebrauchen, deren Wirkungen denen von Massenvernichtungswaffen entsprechen und die sich im Sinne "blinder Waffen" sowohl gegen Streitkräfte als auch gegen die Zivilbevölkerung richten.

Der Entwicklungsstand und die praktische Realisierbarkeit der verschiedenartigen Methoden, Einfluß auf physikalische Prozesse in der Geo- und Ökosphäre zu nehmen, sind aus heutiger Sicht unterschiedlich zu bewerten.

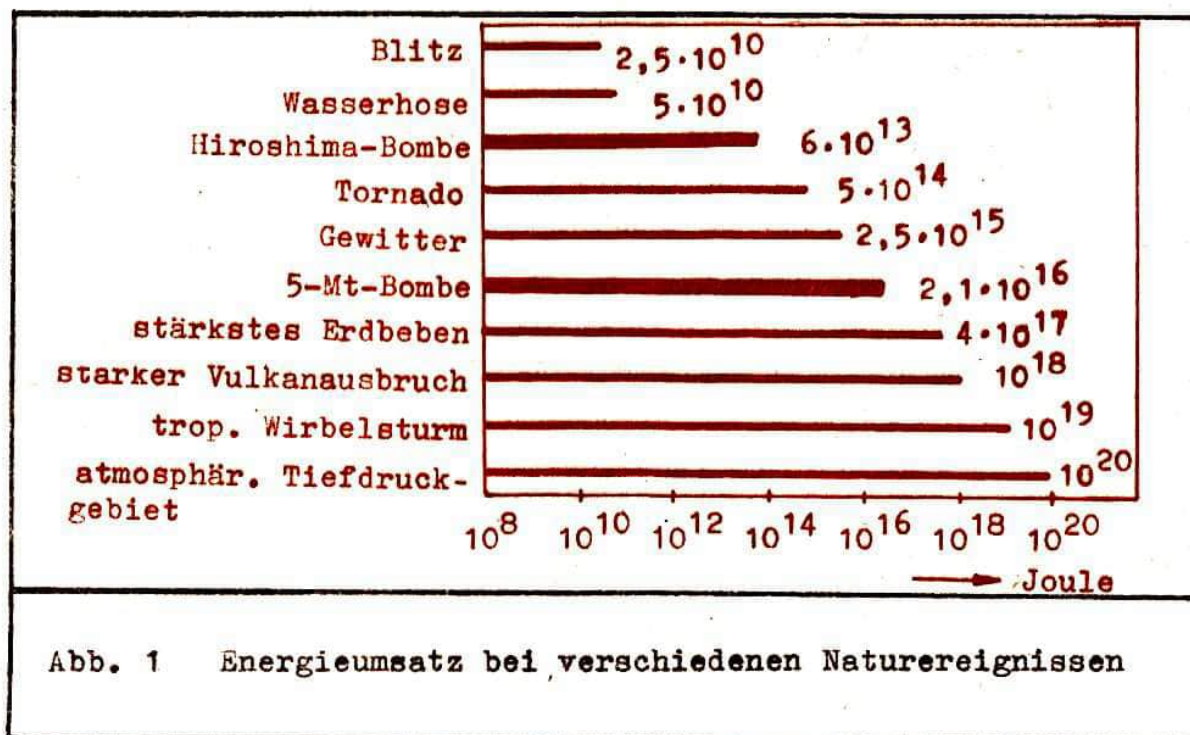
Einige wurden von den USA in Vietnam bereits erprobt und für militärische Zwecke mißbraucht, andere werden seit Jahren in einer Vielzahl von Ländern für zivile Zwecke genutzt, zu weiteren laufen Forschungen und theoretische Untersuchungen, einiges ist wissenschaftlich nicht fundiert bzw. sogar Spekulation.

Allgemeine geophysikalische Grundlagen

Unsere natürliche Umwelt ist ständig in Bewegung und Veränderung begriffen. Innerhalb dieser Umweltdynamik kommt es zur Herausbildung instabiler Zustände, deren weitere Entwicklung durch den Menschen gewollt oder ungewollt in gewissem Maße gesteuert werden kann. Dabei bedarf es oft nur kleiner Anstöße, um große Wirkungen hervorzurufen. Ebensolches gilt auch für die in der Natur durch die verschiedensten Prozesse metastabil angehäuften Energiemengen. Diese aufgestauten Energiepotentiale können die durch den Menschen technisch herstell- und beherrschbaren Energiemengen um Größenordnungen übersteigen. Ständig werden diese Energien durch Freisetzung und Verteilung innerhalb verschiedener Prozesse abgebaut (siehe Abb. 1). In der Regel richten sie dabei keinen Schaden an. Geschieht die Freisetzung großer Energiemengen jedoch konzentriert und plötzlich, kann dies zu Katastrophen führen.

Von militärischem Interesse sind solche Zustände, bei denen bereits die Zufuhr kleinster Energiebeträge zur Auslösung großer Energiemengen führen kann (siehe Abb. 2). Es ist aber abzusehen, daß immer nur ein Teil der angestauten Energiemengen künstlich abgerufen werden kann. Jedoch die Nutzbarmachung auch nur eines

Teiles der bei den in der Abb. 1 genannten Ereignissen umgesetzten Energiemengen für militärische Zwecke würde das Vernichtungspotential einer modernen Armee enorm steigern.



Andererseits könnte bei einer gezielt gesteuerten und dosierten Energiefreisetzung die Anhäufung so großer Energiemengen, die bei ihrer plötzlichen Freisetzung zu Schäden führen, von vornherein verhindert werden.

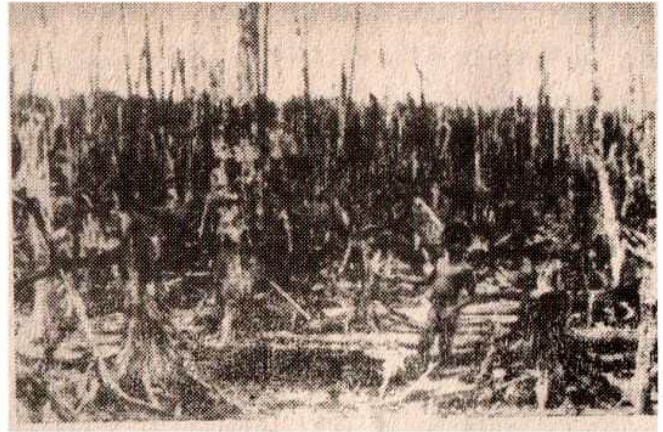
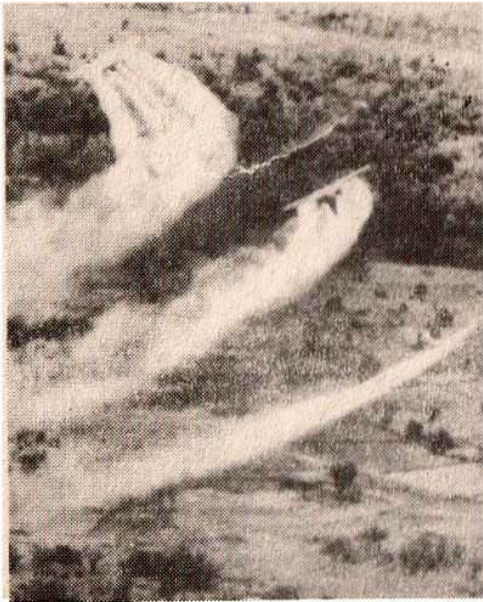
Sowohl für den militärischen Mißbrauch als auch für die zivile Nutzbarmachung sind folgende Probleme zu lösen :

Es werden verlässliche und ökonomisch vertretbare Verfahren und Geräte zum Auffinden metastabiler Zustände und zu deren Erkundung und Kontrolle benötigt.

Die zur Energiefreisetzung notwendige "Trigger"energie ist zu bestimmen und dem physikalischen System, welches sich in einem metastabilen Zustand befindet, auf geeignete Weise zuzuführen.

Die freiwerdende Energiemenge muß mit hinreichender Genauigkeit und Zuverlässigkeit vorher abgeschätzt werden können.

Der Vorgang der Energiefreisetzung muß beherrscht werden, d.h., man muß ihn gezielt auslösen, beschleunigen, bremsen oder notfalls ganz unterbrechen können.

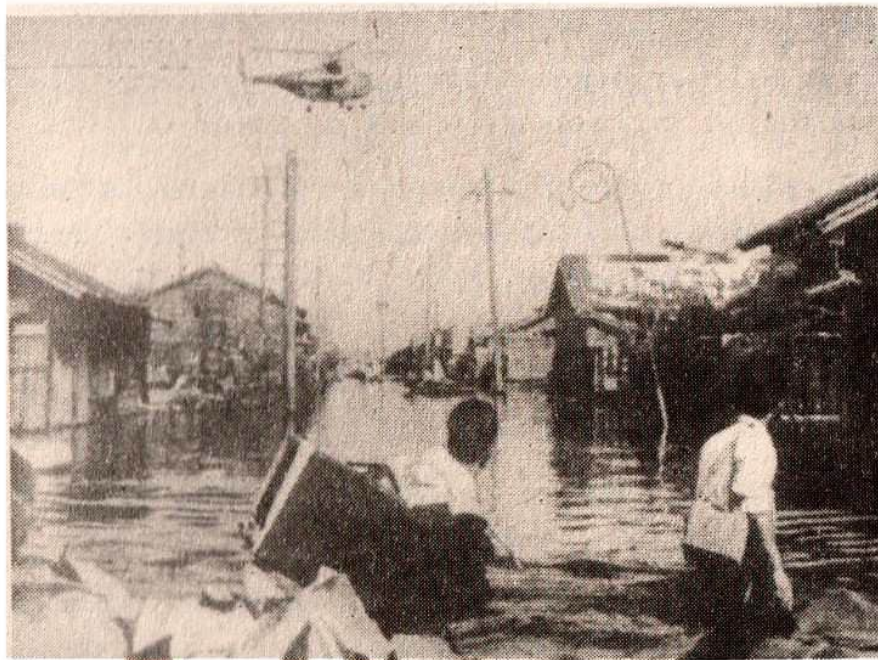


Fotos, die um die Welt gingen:

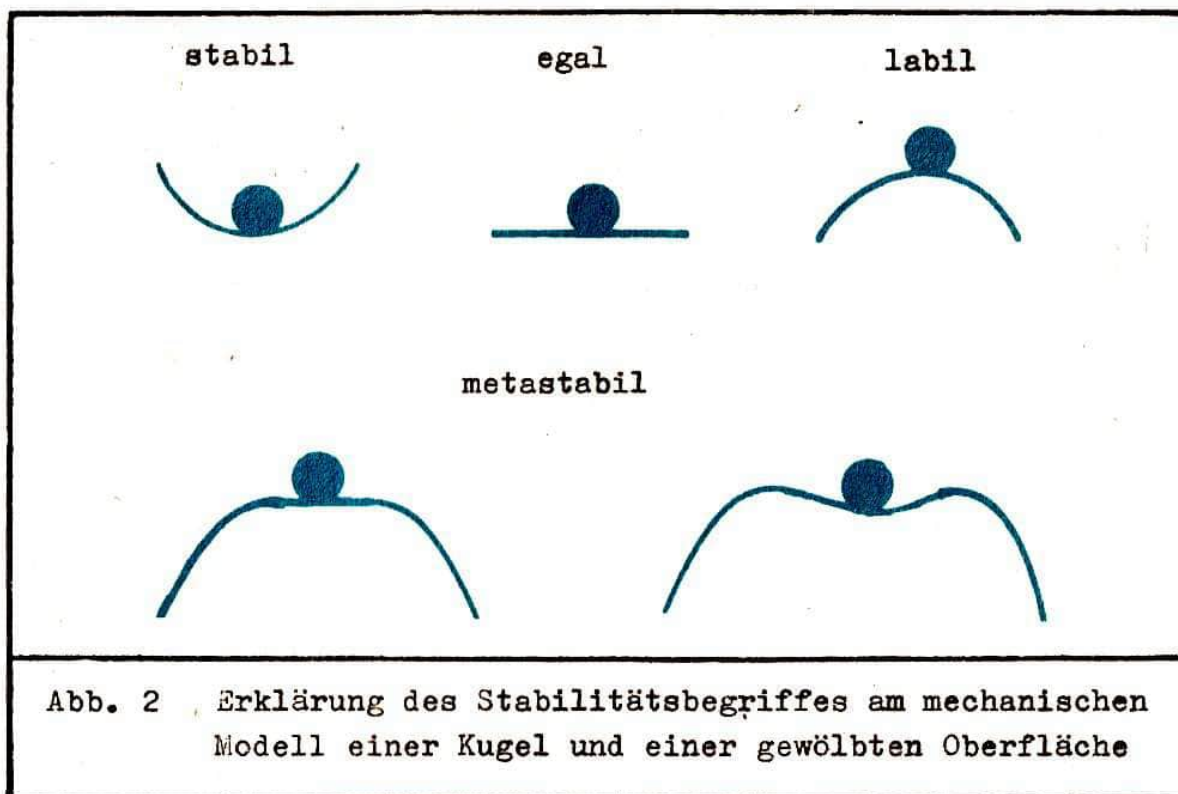
US-amerikanische Flugzeuge versprühen Agent Orange über vietnamesischen Regenwäldern (links)

Die Folgen, zerstörter Mangrovenwald und tote Palmenhaine (rechts). Mit den Pflanzen verschwanden nahezu alle höheren Tierarten und große Teile der Mikrofauna- und Flora. Der Monsunregen spülte den kahlen Mutterboden fort. Nachkommen überlebender Arten sind oft von Mißbildungen betroffen, die auch vor dem Menschen nicht halt machen.

Großräumige Überschwemmungen in den flachen Küstengebieten Japans nach dem schweren Taifun "Agnes" im September 1959 (unten). Neben 2000 Todesopfern und 1,5 Millionen Obdachlosen brachte diese Katastrophe auch riesige Verluste in Industrie und Landwirtschaft mit sich.



Repros: Richter



Die ENMOD-Konvention

Die Geschichte lehrt, daß im Zuge des wissenschaftlich-technischen Fortschritts Erkenntnisse zu erwarten sind, die einen aktiven Eingriff in physikalische Prozesse innerhalb der Öko- und Geosphäre möglich machen werden und die deshalb im Rahmen militärischer Handlungen mißbraucht werden können.

Deshalb legte die UdSSR bereits 1974 auf der XXIX. UNO-Vollversammlung einen Entwurf für eine entsprechende Vereinbarung auf internationaler Ebene vor. Der Genfer Abrüstungsausschuß konnte daraufhin und nach bilateralen Verhandlungen der UdSSR mit den USA die "Konvention über das Verbot militärischer oder sonstiger feindseliger Anwendung von Mitteln zur Einwirkung auf die Umwelt" erarbeiten. Sie ist seit dem 5.10.1978 in Kraft und unter der Bezeichnung ENMOD-Konvention bekannt (ENMOD, englisch : ENVIRONMENTAL MODIFICATION = Umweltveränderung)!

Diese Konvention gilt sowohl für offene militärische Konflikte, in denen durch Umweltbeeinflussung bewaffnete Handlungen unterstützt werden sollen, als auch für den heimlichen Einsatz derartiger Methoden, ohne dabei Kriegshandlungen im herkömmlichen

Sinne durchzuführen.

Nach dieser Konvention ist "die militärische oder sonstige feindselige Anwendung von Mitteln zur Einwirkung auf die Umwelt, die weitreichende, langanhaltende oder ernste Auswirkungen haben und bei anderen Teilnehmerstaaten zu Zerstörungen, Beschädigungen oder Beeinträchtigungen führen", verboten.

Dabei bedeuten :

- "weitreichend": ein Gebiet von mehreren hundert Quadratkilometern,
- "langanhaltend": ein Zeitraum von Monaten oder einer Jahreszeit,
- "ernst": schwere oder bedeutsame Schäden für Menschenleben, natürliche und wirtschaftliche Ressourcen oder andere Güter,
- "Mittel zur Einwirkung auf die Umwelt": jedes Mittel zu einer - durch vorsätzliche Manipulation natürlicher Prozesse erfolgenden - Veränderung der Dynamik, Zusammensetzung oder Struktur der Erde, einschließlich ihrer Lebewesen, ihrer Lithosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre sowie des Weltraums.

Damit versperrt diese Konvention zuverlässig alle Möglichkeiten zur feindseligen Einwirkung auf Prozesse innerhalb unserer natürlichen Umwelt.

Die ENMOD-Konvention hilft, die internationale Sicherheit zu erhöhen und die natürliche Umwelt zu schützen. Sie ist darauf gerichtet, das Wettrüsten auf einem neuen Gebiet zu verhindern und ergänzt damit andere Maßnahmen zur Abrüstung und Rüstungsbegrenzung. Da die Mittel noch nicht in die Streitkräfte eingeführt worden sind, trägt die Konvention präventiven Charakter. Ihr Abschluß und ihre bisherige strikte Einhaltung seit Inkrafttreten sind ein Beweis dafür, daß entsprechende Abkommen auch dort möglich sind, wo die Entwicklung neuartiger Methoden der Kriegsführung noch in den Anfängen steckt - beispielsweise auf dem Gebiet der Weltraumrüstung.

Zusammenarbeit ist notwendig

Nicht nur die Vermeidung des Wettrüstens auf einem neuen Gebiet erfordert eine weltweite Zusammenarbeit. Auch die Verhinderung von Katastrophen, z.B. durch Orkanwarnungen oder Erdbebenvorhersagen und die dazu notwendige aufwendige Forschungs- und Beobachtungsarbeit sowie das Einwirken auf metastabile Zustände innerhalb der Öko- und Geosphäre zur "Katastrophenprophylaxe" und die eventuelle Nutzbarmachung der natürlich aufgestauten Energiemengen, erfordert geradezu eine internationale Zusammenarbeit. Ein weltweit funktionierendes Netz von seismischen und meteorologischen Stationen auf der Erde und im All sowie der ungehinderte Transfer entsprechender Daten über Ländergrenzen hinweg sind nur in einer Welt ohne Krieg und unter den Bedingungen der friedlichen Koexistenz und einer Politik der Entspannung und der internationalen Sicherheit möglich. Aber ebenso wie der Frieden Voraussetzung für eine erfolgreiche Arbeit auf diesem Gebiet ist, vermögen gleiche Interessen der verschiedenen Völker gerade hier verbindende Elemente zu schaffen. Als besonders augenscheinliches Beispiel sei hier nur das "Internationale Geophysikalische Jahr" genannt, in dem durch eine weltweite Zusammenarbeit ein in seinem Umfang bisher einmaliges Programm zur Erforschung unseres Heimatplaneten absolviert wurde.

Wegen der permanenten Aktualität der hier aufgeworfenen Probleme möchte "impuls 68" Euch in einer losen Folge von Artikeln mit einigen physikalischen Prozessen in der Öko- und Geosphäre vertraut machen und auf den Nutzen oder die Gefahren hinweisen, die eine Beherrschung dieser Prozesse mit sich bringt.

Internationales Geophysikalisches Jahr 1957/59 Teilnehmer : Wissenschaftler aus fast 70 Ländern Forschungsobjekt : geophysikalische Erscheinungen im Inneren der Erde, in der Hydrosphäre, in der Atmosphäre und im erdnahen Raum
--

Literatur : wifo 7/1985 Dr. Schneider - Naturkatastrophen -
Mittel der Kriegsführung?

Dr. Dieter Hoffmann
Institut für Theorie,
Geschichte und
Organisation der
Wissenschaft der AdW
der DDR

Niels Bohr
und die moderne Atomtheorie
– Zum 100. Geburtstag
des dänischen Physikers –

Geschichte der
Naturwissenschaft

Mit diesen kühnen und den überkommenen Vorstellungen der klassischen Physik widersprechenden Annahmen (nach der Maxwell'schen Theorie muß ein sich bewegendes Elektron beständig Energie abstrahlen und wäre somit über kurz oder lang in den **Atomkern** gestürzt), betrat N. Bohr ein Labyrinth, in dem sich kleinere Geister sicherlich »verirrt« hätten und zu keinen positiven Ergebnissen gelangt wären: schließlich läßt sich durch die Postulierung widersprüchlicher Hypothesen alles beweisen. Jahrzehnte später schrieb kein geringerer als Albert Einstein in diesem Zusammenhang:

»Daß diese schwankende und widerspruchsvolle Grundlage hinreichte, um einen Mann mit dem einzigartigen Instinkt und Feingefühl Bohrs in den Stand zu setzen, die hauptsächlichsten Gesetze der Spektrallinien und der Elektronenhüllen der Atome nebst deren Bedeutung für die Chemie aufzufinden, erschien mir wie ein Wunder«.

Ähnlich wie im Verhältnis von Spezieller Relativitätstheorie und Newtonscher Mechanik sollte sich auch die neue Atomdynamik für größere Systeme korrespondenzmäßig an die klassische Dynamik anschließen. Diese Forderung hat dann N. Bohr (1917) expliziert ausformuliert und die Gestalt eines allgemeingültigen erkenntnistheoretisch-methodologischen Prinzips physikalischer Theorienentwicklung gegeben. Das Bohrsche Korrespondenzprinzip hat in der weiteren Entwicklung der Quantentheorie eine zentrale Rolle gespielt – zunächst als Hilfsmittel bei der Suche, Beschreibung und Berechnung vieler Quantenphänomene und in den zwanziger Jahren sogar als Mittel, um aus der Struktur der klassischen Mechanik Schlüsse auf die Struktur der gesuchten Quantenmechanik zu ziehen.

Zunächst berechnete Niels Bohr mit Hilfe seiner kühnen Postulate ohne größere Schwierigkeiten sowohl die Bahnradien r_n als auch die Energiefrequenzen E_n der stationären Zustände n eines Atoms.

$$r_n = \frac{n^2 h^2}{4 \pi^2 m Z e^2} \quad ; \quad E_n = \frac{2 \pi^2 Z^2 m e^4}{h^2 n^2}$$

(n – positive ganze Zahl; m – Elektronenmasse; e – Elektronenladung; Ze – Kernladung; h – Plancksche Konstante)

Die stabilen Elektronenbahnen folgen somit in den Abständen 1, 4, 9, ... und die dazugehörigen Energiebeträge nehmen dabei im Verhältnis der Brüche 1, 1/2, 1/9 ... ab. Die Energiedifferenz zwischen zwei stabilen Elektronenbahnen (n_1 ; n_2) ergibt sich weiterhin zu:

$$E_1 - E_2 = h\nu = \frac{2\pi^2 m Z^2 e^4}{h^2} \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Diese Energiedifferenz wird durch die Elektronenhülle aufgenommen bzw. abgegeben, wobei im letzteren Fall Licht einer bestimmten Energie bzw. Spektralfarbe ausgestrahlt wird, dessen Frequenz sich leicht aus der obigen Gleichung ermitteln läßt.

Einen ersten Triumph konnte N. Bohr mit seiner neuen Atomtheorie bei der Deutung des Wasserstoffatoms feiern. Mit $n = 1$ und $Z = 1$ ergaben sich für Halbachse, Frequenz und Bindungsenergie Werte von der Größenordnung wie sie aus den Experimenten ermittelt werden können.

Weiterhin gelang es N. Bohr, eine mit den empirischen Fakten gut übereinstimmende Erklärung der bekannten Serien des Wasserstoffspektrums (z.B. die Balmer-Serie $1/\lambda = R (1/4 - 1/n^2)$) zu liefern, womit zugleich ein prinzipieller Zugang für ein theoretisches Verständnis des sich in der Spektroskopie angehäuften Tatsachenmaterials gefunden war. Beispielsweise erwies sich das Rydberg-Ritzsche Kombinationsprinzip

$$\frac{1}{\lambda} = F(n_1, \dots) - F(n_2, \dots)$$

wonach die Summe oder die Differenz der Wellenzahlen zweier Linien eines Elements wieder Linien desselben Elements ergeben, als nichts anderes, als eine spezifische Abbildung der Bohrschen Quantenbeziehung auf die Spektren.

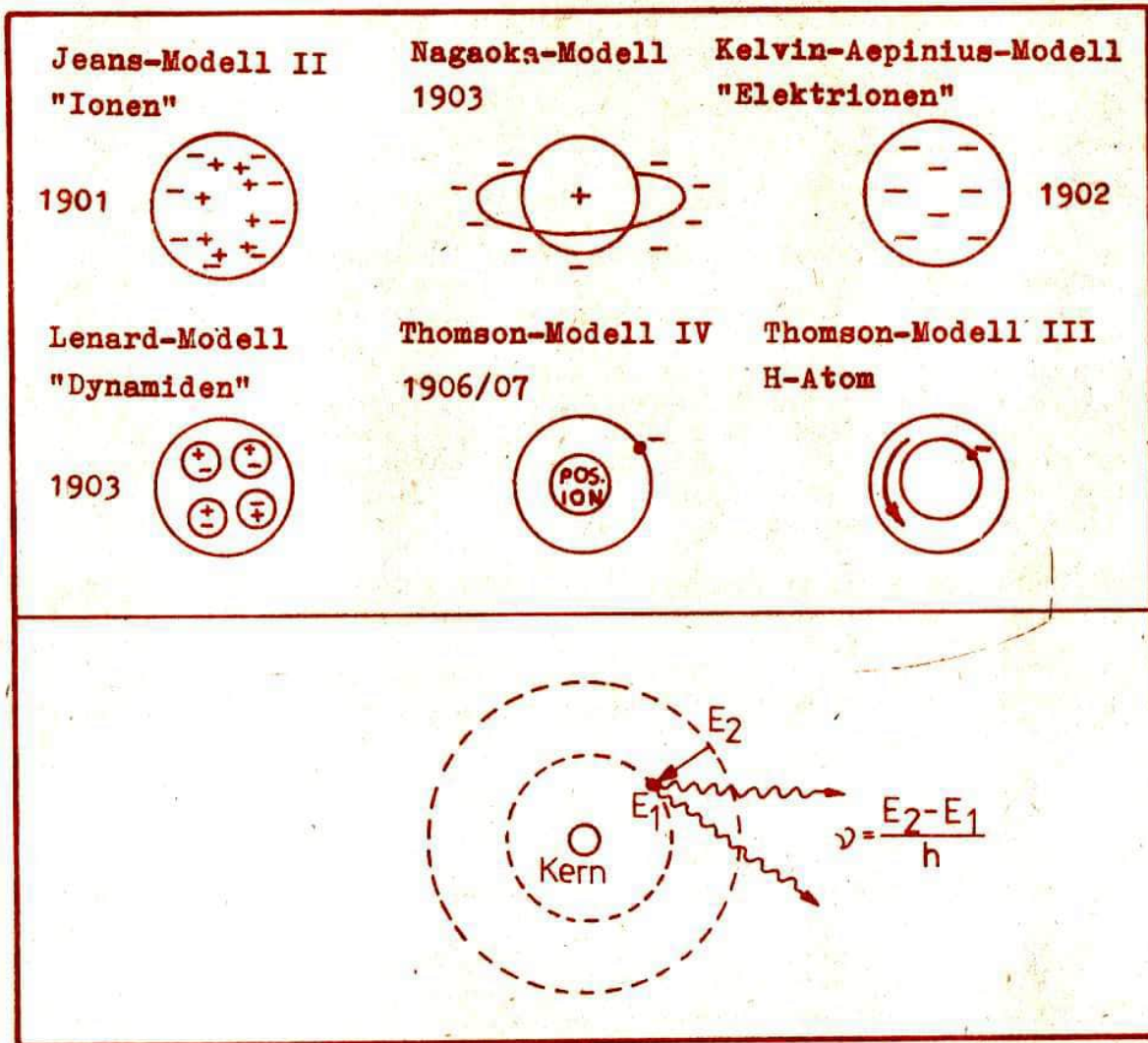
Obwohl die Erklärung der Balmer-Serie sowie die mit den experimentellen Fakten gut übereinstimmende Berechnung der Rydberg-Konstante spektakuläre Erfolge waren, verhielten sich zunächst viele Physiker der Bohrschen Theorie gegenüber reserviert, der Erfolg des in seinen physikalischen Grundlagen noch weitgehend unklaren Modells gründete sich ja auch allein auf seine Anwendbarkeit. Einer der ersten, die die Bedeutung der Bohrschen Ideen erkannten, war der Münchner Ordinarius für theoretische Physik Arnold Sommerfeld.

Sommerfelds Bemühungen, mit Hilfe der Methoden der mathematischen Physik einen möglichst großen spektroskopischen Erfahrungsbereich der Atomphysik einheitlich widerzuspiegeln und zu beschreiben, führte an der Jahreswende 1915/16 zu einer verfeinerten - die Relativitätstheorie berücksichtigende - Theorie des Bohrschen Atommodells.

Da es mit Hilfe des Sommerfeld-Bohrschen Atommodells gelang, die Feinstruktur der Wasserstoff- und wasserstoffähnlichen Spektren aufzuklären, stand nun auch der Anwendung des Verfahrens auf kompliziertere Atome nichts mehr im Wege; zugleich war damit den Bohrschen Ideen zum entgeltigen Durchbruch verholfen. Einen ersten Abschluß in der mathematischen Entwicklung des Atommodells brachte Sommerfelds Buch »Atombau und Spektrallinien« (1918), das zugleich eine zusammenfassende Darstellung des neuen Gebietes bot und zur »Bibel der Atomphysik« wurde.

Daß die neue Atomtheorie den Schlüssel zur Erklärung vieler anderer Erscheinungen bildete und zudem die Vorhersage neuer Phänomene ermöglichte, wurde auch an anderen Entwicklungen dieser

Zeit offenbar. So bildeten die von James Franck und Gustav Hertz in Berlin 1913/14 durchgeführten Elektronenstoßversuche - obwohl gar nicht zu diesem Zweck ausgeführt - eine der eindrucksvollsten Bestätigungen für die Existenz stationärer Zustände des Atoms.



Atommodelle um 1900

Ein anderer sehr wichtiger Versuch war der Nachweis der Richtungsquantelung eines Silberatoms im Magnetfeld durch Otto Stern und Walther Gerlach im Jahre 1921. Daneben hatte auch die erfolgreiche quantentheoretische Interpretation von Stark- und Zeemann-Effekt (1916) durch P. S. Epstein und K. Schwarzschild bzw. durch A. Sommerfeld und P. Debye sowie die von W. Kossel betriebene detaillierte Aufklärung der Röntgenspektren (u.a. die quantentheoretische Deutung des Moseleyschen Gesetzes, 1914) deutlich gemacht, daß mit dem Bohr-Sommerfeldschen Atommodell wesentliche Züge mikrophysikalischer Gesetzmäßigkeit erfaßt waren - auch wenn man die physikalischen Grundlagen derselben noch nicht verstand. Den Höhepunkt in diesem Bemühen, die neue Atomdynamik auf immer mehr physikalische Phänomene erfolgreich anzuwenden, bildete ohne Zweifel Niels Bohrs großartiger Versuch (1922), in einer umfassenden Zusammenschau des bisher Erreichten eine physikalische Deutung des Periodensystems der Elemente und damit eine allgemeine Theorie der physikalischen und

chemischen Eigenschaften der Atome zu versuchen. Letzteres konnte natürlich nur unvollständig gelingen, denn wesentliche Gesetzmäßigkeiten, wie z. B. das Paulische Ausschließungsprinzip, waren damals noch nicht erkannt. Dies sowie die sich häufenden Schwierigkeiten und Mißerfolge bei der quantentheoretischen Behandlung vieler physikalischen Erscheinungen - in erster Linie sind hier die mißlungenen Versuche am Helium-Atom zu nennen - führten in der ersten Hälfte der zwanziger Jahre zu einer zunehmenden Verschärfung der Widersprüche in den physikalischen Grundlagen des Atommodells und zu einer Krise der Quantentheorie; die Grenzen von Bohrs halbklassischem Theoriestandpunkt waren erreicht.

Auch an der sich nun anschließenden Entwicklung von Quanten- und Wellenmechanik hat sich Niels Bohr in herausragender Weise beteiligt. Dies sowohl durch scharfsinnige Einzelbeiträge, doch vor allem durch seine Rolle, die er bzw. sein 1920 gegründetes Kopenhagener Institut in der damaligen Physikergemeinschaft spielte. Als »Spiritus rector« und schulebildendes Haupt einer großen Schar von talentierten Physikern - von W. Heisenberg über W. Pauli bis zu L. Landau - hat er die Entwicklung auf diesem Gebiet maßgeblich vorangetrieben; nicht zufällig war Kopenhagen in den zwanziger und dreißiger Jahren das »Mekka für die Atomforscher aller Länder« und wird die abschließende, widerspruchsfreie Interpretation der nichtrelativistischen Quantenmechanik als »Kopenhagener Deutung« (statistische Interpretation der Wellenfunktion, Unschärferelation, Komplementaritätsprinzip) bezeichnet. Zu letzterer hat N. Bohr mit seiner Lehre von der Komplementarität (1927), die er übrigens nicht auf die Physik beschränkt wissen wollte, sondern als ein universelles Wahrnehmungsprinzip verstand, einen wesentlichen Beitrag geleistet. Allerdings wurde von N. Bohr gerade in diesem Zusammenhang auch philosophische Auffassungen vertreten, die seitens der marxistischen Philosophie und Weltanschauung nicht kritiklos hinzunehmen sind. Kritik erteilte N. Bohr zudem von einigen seiner Fachkollegen, unter ihnen A. Einstein und E. Schrödinger, für seine konsequent statistische Interpretation mikrophysikalischer Erscheinungen. Die überwältigende Mehrheit der Physiker hat sich hier jedoch den Auffassungen von N. Bohr und seiner Anhänger angeschlossen.

In den dreißiger und vierziger Jahren beschäftigte sich N. Bohr vorwiegend mit kernphysikalischen Problemen. So entwickelte er in dieser Zeit das sogenannte Tröpfchenmodell des Atomkerns (1936) und lieferte als einer der ersten eine zutreffende physikalische Theorie für die Hahn/Straßmannsche Entdeckung der Urkernspaltung.

Im Jahre 1943 mußte Niels Bohr unter abenteuerlichen Umständen aus seiner von den Faschisten besetzten Heimat emigrieren; dies, nachdem er über viele Jahre aus Deutschland vertriebenen Fachkollegen sowie anderen Emigranten in großzügiger Weise und engagierter Weise geholfen hatte. Über Schweden und England ging N. Bohr in die USA, wo er u. a. am amerikanischen Atombombenprojekt beteiligt war. Seine zutiefst humanistische Gesinnung ließ den Gelehrten bald die Gefahr erkennen, die von der militärischen Nutzung der Atomenergie ausging, so daß er in seinen letzten Lebensjahrzehnten wiederholt vor dem drohenden atomaren Inferno warnte und sich leidenschaftlich für friedliche Zusammenarbeit aller Völker sowie Abrüstung eingesetzt hat.

Das Mikroprozessorsystem U 880

– Teil 4 (Ende) – von Dipl.-Ing. G. Bläsche, Weißwasser

Das Mikrorechnersystem K 1520

Mit den angeführten Bausteinen und den unter 4/85 erwähnten Schaltkreisen wird in der DDR der 8-Bit-Mikrorechner K 1520 als ausbaufähiges Modularsystem der 2. MR-Generation gefertigt. Die einzelnen Module bestehen aus Leiterkarten der Größe $210 \times 170 \text{ mm}^2$, welche über je zwei 58-polige Steckverbinder mit der Rückverdrahtung eines Leiterkartenträgers in Verbindung stehen. Diese Rückverdrahtung enthält den Systembus und einen Koppelbus (für Verdrahtungen des Anwenders vorgesehen). Kernstück des Systems ist die ZRE-Karte (K 2521, K 2522...K 2525). Diese Leiterkarte (K 2521) enthält eine CPU U 880 D, eine CTC, den Taktgenerator, die RESET-Logik, eine PIO sowie 1 K-Byte statischen RAM (als Arbeitsspeicher) und 3 K-Byte EPROM (als Anwenderspeicher bzw. für das Betriebssystem).

Erweitert werden kann das System durch Operativspeicherkarten, Anschlußsteuerung für eine Bedieneinheit, Anschlußsteuerungen für Lochbandleser und Lochbandstanzer, für eine Bildschirmeneinheit sowie für Tastatur und Folienspeicher (Floppy-Disk) u.a.

Software des Systems K 1520

In einer recht kleinen Betrachtung sollen einige wenige Dinge zur Programmierung des Systems gesagt werden, d.h., wir wollen oft verwendete Begriffe erklären. Für eine Beispiel-Programmerstellung würde sicher der Rahmen dieses Beitrages gesprengt werden. Gegenwärtig ist es so, daß der Aufwand bei der Einsatzvorbereitung eines Mikroprozessors, der für die gesamte Software betrieben werden muß, weit über den Hardware-Kosten und Hardware-Entwicklungskosten (50...90 %) liegt. Die Einsatzvorbereitungskosten gliedern sich etwa in 30 % Entwurf, 20 %

Codierung und 50 % Fehlersuche und Fehlerkorrektur. Aus dieser Betrachtung ist zu ersehen, daß der Softwareentwicklung eine große Bedeutung zukommt.

Der Programmentwickler muß nicht unbedingt die Hardware des Systems, wohl aber die Architektur des Mikrorechners und der E/A-Tore kennen. Die Architektur der CPU wurde unter 5/85 vorgestellt (Registeranordnung: Bild 5).

2 Tendenzen sind von Bedeutung, d.h., mit zusätzlicher Hardware kann die Software und mit zusätzlicher Software die Hardware vermindert werden. Es gilt, ein Optimum zwischen beiden zu finden, was wiederum eine exakte Mikrorechnereinsatzvorbereitung erfordert.

In Tafel 7 wird nochmals auf einige Software - Begriffe im Überblick eingegangen.

<u>Software</u>	
Gesamtheit der Entwicklungs-, Betriebs- und Anwenderprogramme. Das Programm ist eine Abfolge von Befehlen, die der Mikroprozessor sequentiell abarbeitet (Befehl=Bitmuster im Maschinencode)	
<u>Anwendersoftware</u>	<u>Entwicklungssoftware</u>
Gesamtheit der Anwenderprogramme zur Steuerung des Mikroprozessors	Gesamtheit der Programme, die den Systementwickler bei der Erarbeitung und Korrektur der Anwenderprogramme unterstützen.
<u>residente Software</u>	<u>nichtresidente Software</u>
Entwicklungssoftware läuft auf dem eigenen Mikrorechner	Für Entwicklungsprogramme ist ein Wirtsrechner erforderlich. Diese Programme nennt man Cross-Software.
<u>Hilfsprogramme sind:</u>	<u>Hilfsprogramme sind:</u>
Assembler, Editor, Lader, Debugger, Monitor und Emulator	Cross-Compiler (Übersetzen von Programmen in höhere Sprachen) Cross-Assembler Cross-Simulator (Nachbildung von logischem Verhalten)

Tafel 7:

Software-Begriffe

Gegenwärtig bieten sich 3 Programmierwege:

1. Erstellung einfacher Programme in der Maschinensprache, also als Bitmuster. Man spricht auch von einem "Objektprogramm", was natürlich einen hohen Zeitaufwand in der Erstellung fordert.
2. Komplexe Programme werden in der Regel in der Assembler-sprache unter Verwendung von Mnemonic's (Abkürzungen durch 3...4 alphanumerische Symbole bzw. durch symbolische Adressen) erstellt. Diese Sprache ist leicht handhabbar und bietet damit wesentliche Vorteile gegenüber der Maschinensprache. Allerdings versteht der Mikroprozessor nur die Maschinensprache. Aus diesem Grunde müssen die Mnemonic-Programme in die Maschinensprache übersetzt werden. Das geschieht mit einem Assembler (spezielles Übersetzungsprogramm). Man spricht auch von Assemblieren.
3. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Verwendung höherer, problemorientierter Programmiersprachen, wie z.B. PL/1, BASIC, FORTRAN o.a. Allerdings ist dazu ein Interpreter erforderlich, der im Mikrorechnersystem implementiert sein muß. Auf großen Rechnern ist dies durch Compiler problemlos möglich. Der Vorteil einer problemorientierten Sprache liegt in 3...5 mal kleinerer Programmierzeit, die man sich allerdings mit erhöhtem Speicherplatzbedarf (1,5...3 mal) erkauft.

In Anlehnung an die Literatur sollen einige Ausführungen zum Entwurf von Programmen getätigt werden. Als Ausgangspunkt muß das zu lösende Problem dahingehend geprüft werden, ob es überhaupt mit einem Mikrorechner sinnvoll lösbar ist. Nach der Entscheidung zugunsten eines Mikrorechners muß die Hardware-Struktur geklärt werden, d.h., Ein- und Ausgänge des Systems müssen klar sein. Nun kann man sich dem Programmentwurf zuwenden.

Dabei sollten nachfolgende Punkte unbedingt beachtet werden.

1. - Speicherplatzbedarf abschätzen
- Einteilung der RAM- und ROM-Adressen vornehmen
- E/A-Verfahren festlegen (Interrupt- oder Pollingsteuerung)
- Stackkapazität festlegen
- Zeitbedingungen kalkulieren
2. Erstellung eines Programmablaufplanes mit Entscheidungs- und Operationskästchen.
3. Zuordnung der Speicherplätze für einzelne Programmbereiche
4. Erstellung des Quellprogramms (Assemblerprogramm)
5. Ablegen des Programms auf einen Datenträger (Kassette, Lochband, Floppy-Disk o.a.)
6. Editieren des Programms durch einen Editor (Editor ist ein Programm zur Korrektur des Quellprogramms, z.B. von didaktischen Fehlern)
7. Assemblieren, d.h., übersetzen in ein Bitmuster (Objektprogramm)

8. Binden des Programms mittels eines Binders (Programm zum Zusammenfassen einzelner Programmteile)
9. Laden des Programms (Einschreiben des Programms in einen Halbleiterspeicher, um es testen zu können)
10. Testen des Programms auf Lauffähigkeit (nutzen von Möglichkeiten wie Simulation, Monitorarbeit oder Entwicklungssysteme).

Zur Programmerstellung gehört auch eine ordentliche Programmdokumentation, denn später ist es oft sehr schwer, sich in flüchtig entworfene Programme einzuarbeiten.

Die CPU U 880 D besitzt einen Befehlssatz von 158 Befehlen, die zur Programmierung nutzbar sind und welche sich in nachstehende Gruppen untergliedern. Für nähere Informationen zum Befehlssatz sei auf die Befehlsliste verwiesen, welche in mikrorechentechnisch determinierten Fachbüchern nachgelesen werden kann.

1. Transportbefehle (Auswahl)

Mit ihnen werden Daten von irgendeiner Quelle Q zu einem Ziel Z gebracht. Quelle und Ziel können E/A-Tore, Speicherplätze oder Register des Mikroprozessors sein.

Ladebefehle

LD Z,Q
Lade Z mit dem Inhalt von Q

Ein-/Ausgabebefehle

OUT D
Ausgabe des Registerinhaltes von D an ein Ausgabeter (Adresse eines peripheren Gerätes, das hier im Register C steht)

IN 84H
Einlesen der Daten in das A-Register der CPU vom Eingabeter mit der Adresse 84H

2. Arithmetische und logische Befehle (Auswahl)

Durchführung einfacher Rechenoperationen mit stets
2 Operanden

Arithmetik- und Logikbefehle

ADD C
Addiere zum A-Reg. den Inhalt des C-Registers

AND 0FH
Bilde mit dem Inhalt des A-Registers und dem Datenwort 0FH das logische UND

16-Bit Arithmetikbefehle

ADD HL,0030H
Addiere zum Inhalt des HL-Registers das Datenwort 0030H

Inkrementieren und Dekrementieren

INC A
Erhöhe den Inhalt des A-Registers um 1

DEC A
Verringere den Inhalt des A-Registers um 1

3. Adreßbefehle (Auswahl)

Mit diesen kann eine beliebige Änderung der aktuellen Adresse erreicht werden, z.B. als Unterprogrammaufruf bzw. zur Rückkehr in das Hauptprogramm.

<u>Sprungbefehle</u>	<u>Unterprogrammaufruf</u>	<u>Sprünge in Abhängigkeit der Flag's</u>
JMP 0000H Sprung zur Adresse 0000H des Programms	CALL 0010H Sprung zum UP mit der Adresse 0000H. Das UP muß mit EI enden.	Auswertung der Flag's kann ebenfalls zu Sprungbefehlen genutzt JRNZ,MA1 - Sprung zur Marke MA1, wenn Z nicht gesetzt ist.

Wie der Leser unschwer erraten kann, bietet der Befehlssatz eine enorme Menge von Programmiermöglichkeiten, deren Ausschöpfung das Geschick eines gut trainierten Programmierers erfordert.

Generell sollte jedoch jedes Programm etwa nachstehenden Aufbau haben, um die CPU und ihre E/A-Tore in den gewünschten Anfangszustand zu bringen und eine erfolgreiche Programmabarbeitung zu gewährleisten.

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Laden des Stack-Pointers
(Festlegen des Beginns des Kellerspeichers) | LD SP,FFFFH |
| 2. Bei Interruptmode 2 I-Register laden mit dem hWT des Interruptvektors | LD A,COH
LD I,A |
| 3. Festlegen der Interruptmode | IM2 |
| 4. Startadresse der ersten Interruptroutine über das Doppelregister HL in die Interruptstartadrestabelle bringen (Interruptvektor = C000H) | LD HL,1004H
LD (C000H),HL |
| 5. Initialisieren der peripheren Schaltkreise
- PIO
- SIO
- CTC
- DMA
nWT des Interruptvektors laden | |
| 6. Interruptfreigabe (enable interrupt) | EI |
| 7. Anwenderprogramm | . |
| | . |
| | . |

Anwendungsmöglichkeiten von Mikroprozessoren

Die Anwendungsmöglichkeiten der Mikroprozessoren sind sehr vielfältig und nehmen immer mehr zu. Sie reichen von Mikrocomputern bis zur Steuerung von Haushaltgeräten.

Die Anwendungsgebiete von Mikroprozessoren verteilen sich wie folgt:

- Ersatz konventioneller Logik	30 %
- Ersatz von Minicomputern	20 %
- Einsatz auf völlig neuen Gebieten	50 %

In Tafel 8 soll der Versuch unternommen werden, einige Anwendungsgebiete aufzuzeigen.

Der Mikroprozessor hat sich innerhalb weniger Jahre seinen Weg gebahnt, einen revolutionären wissenschaftlich-technischen Weg. Er ist aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken und wird sich immer mehr Einsatzgebiete erfolgreich erschließen. Desweiteren liefert die Ausschöpfung aller Mikrorechnerpotenzen unserer Republik die Möglichkeit der Rationalisierung und des Einsatzes von Industrierobotern mit dem Ziel der weiteren Durchsetzung der Wirtschaftsstrategie der 80er Jahre.

(Das Literaturverzeichnis wird dem Leser auf Wunsch zugesandt.)

Mikroprozessoren im Einsatz

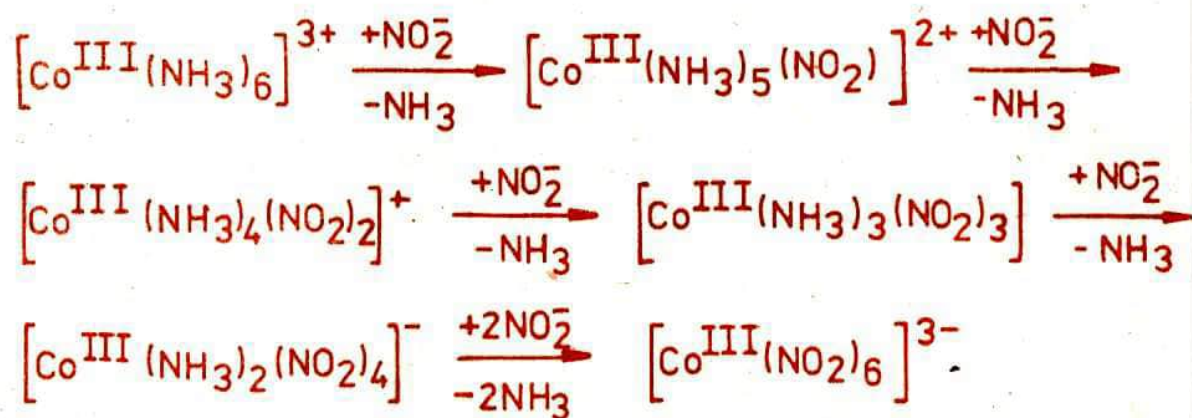
Industrie: Roboter, NC-Maschinen, Prozeßautomatisierung, Lagerhaltung, Spinn- und Webautomaten
Verkehr und Handel: Kfz.-Diagnose, Ampelsteuerung, Fahrkartenautomaten, Münzwechsler, Strichcode-Leser
Nachrichten- und Datentechnik: Meß-, Regel- und Überwachungssysteme, Logikanalysatoren, Bürocomputer, Text- und Bildverarbeitungssysteme
Wissenschaft und Forschung: Personalcomputer, Automatisierung von Meßprozessen, Dateisysteme,
Medizin: Computertomographie, Diagnoseunterstützung, Geburtenüberwachung, Analyseautomaten
Konsumgüter: Heimcomputer, Waschmaschinen, Nähmaschinen, TV-Spiele, Farbfernseher, HiFi-Anlagen

Tafel 8

Ende der Serie

Teil 1 dieses Artikels erschien bereits in unserer
Ausgabe 2/85!

Losgelöst von überlieferten Anschauungen ordnete und diskutier-
te WERNER die damals vorliegenden Befunde. Die genialen Vor-
stellungen lassen sich anschaulich an den bereits erwähnten
Kobaltamminkomplexen darstellen. Es war schon vorher bekannt,
daß aus $[\text{Co}^{\text{III}}(\text{NH}_3)_6](\text{NO}_2)_3$ Ammoniak entfernt werden kann.
Durch die Abgabe von Ammoniak wird Nitrit fester gebunden.
Dieser Vorgang läßt sich mehrfach wiederholen. WERNER zeigte
nun, daß im $[\text{Co}^{\text{III}}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3]$ alle Ionen die gleichen Eigen-
schaften besitzen. Ferner führte er an, daß bei weiterem Ver-
lust von Ammoniak keine Verbindung " $[\text{Co}^{\text{III}}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_3]$ " ge-
bildet wird, sondern bei Gegenwart überschüssiger Nitritionen
 $[\text{Co}^{\text{III}}(\text{NH}_3)_2(\text{NO}_2)_4]^-$ entsteht, bei dem das Kobaltkation Bestand-
teil des komplexen Anions ist. Vollständiger Verlust von Ammo-
niak führt schließlich zur Bildung $[\text{Co}^{\text{III}}(\text{NO}_2)_6]^{3-}$.
In der Reihe der Ammoniak/Nitritkomplexe fehlt lediglich das
instabile $[\text{Co}^{\text{III}}(\text{NH}_3)(\text{NO}_2)_5]^{2-}$.

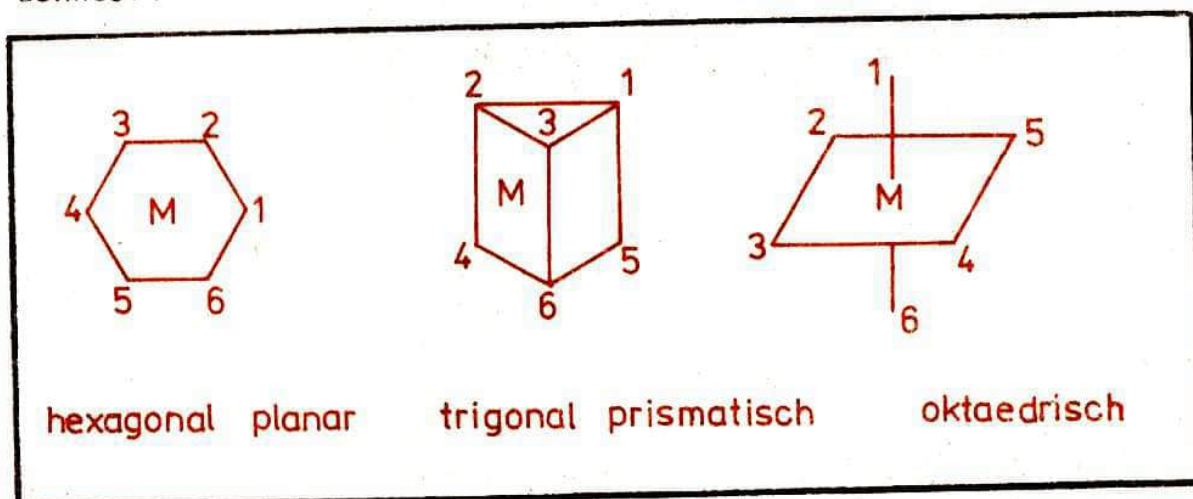


Es ist hervorzuheben, daß $\text{Co}^{\text{III}}(\text{NH}_3)_3(\text{NO}_2)_3$ der damals einzige bekannte Neutralkomplex war. Leitfähigkeitsuntersuchungen zur Untermauerung der Postulate wurden von ihm erst 1894 - 96 durchgeführt. In konsequenter Weise nutzte WERNER diese damals einzige bekannte Substitutionsreihe zur Formulierung seiner Postulate:

1. Die beschriebenen Reaktionen sind nicht nur ein Austreten von Ammoniak aus den Komplexen, sondern echte Substitutionen der Amminliganden durch Nitroliganden.
2. Aus diesem sukzessiven Ligandenaustausch ist eine direkte Bindung zwischen den Liganden und dem Koordinationszentrum anzunehmen.

Damit wird der stufenweise Ammoniak/Nitrit-Austausch und die chemischen Eigenschaften der Verbindungen in einfacher Weise verständlich. Durch die von WERNER eingeführten Symbole wird die gruppenweise Zugehörigkeit von Molekülen oder Ionen (den Liganden) zum Metallatom (Koordinationszentrum) angegeben, jedoch auf jede Angabe einer räumlichen Anordnung der Liganden vorerst verzichtet.

Die Konfiguration von Komplexen mit der Koordinationszahl 6 konnte WERNER bereits frühzeitig aufklären. Koordinationsverbindungen sollten dann besonders stabil sein, wenn die Liganden symmetrisch um das Koordinationszentrum angeordnet sind. Für die Koordinationszahl 6 sind drei symmetrische Anordnungen denkbar:



Betrachten wir Komplexe ML_4X_2 (Z.B. $\text{Co}(\text{NH}_3)_4(\text{NO}_2)_2$), so sind im Fall der hexagonal planaren und der trigonal prismatischen Anordnung 3 Stellungsisomere realisierbar. Bei okta-

edrischer Ligandenanordnung sind nur 2 Isomere (cis und trans) denkbar. Es sind aber nur maximal 2 Isomere gefunden worden. Das deutet auf oktaedrische Komplexe hin.

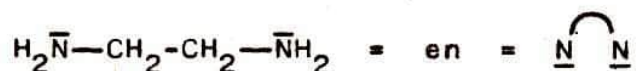
Das dritte Isomer der hexagonal planaren oder der trigonal prismatischen Komplexe könnte aber stets instabil sein. Deshalb ist die Existenz von 2 Stellungsisomeren eine notwendige aber nicht hinreichende Bedingung für oktaedrische Komplexe.

Die Kontroverse JÜRGENSEN-WERNER (bzw. herkömmliche Wissenschaft-neuartige Anschauung) war unausweichlich, da der eine seine Kettentheorie ausschließlich auf den damals anerkannten Vorstellungen aufbaute, der andere hingegen von der allgemeinen Wissenschaftslehre abweichende Postulate formulierte. Das mußte zum Widerspruch herausfordern.

Als WERNER 1907 neben dem bereits bekannten grünen trans- $\text{Co}^{\text{III}}(\text{NH}_3)_4(\text{Cl})_2$ Cl die Synthese des von ihm theoretisch vorausgesagten violetten cis- $\text{Co}^{\text{III}}(\text{NH}_3)_4(\text{Cl})_2$ Cl gelang, nahmen die Zweifel an seiner Theorie ab.

Um den letzten Zweifel an der oktaedrischen Symmetrie der Komplexe mit der Koordinationszahl 6 zu beseitigen, war der Nachweis optischer Isomere notwendig. Die Trennung eines chemisch einheitlichen Komplexes der Koordinationszahl 6 in optische Isomere ist nur im Fall oktaedrischer Symmetrie möglich. Trigonal prismatische und hexagonal planare Komplexe bilden keine optischen Isomeren.

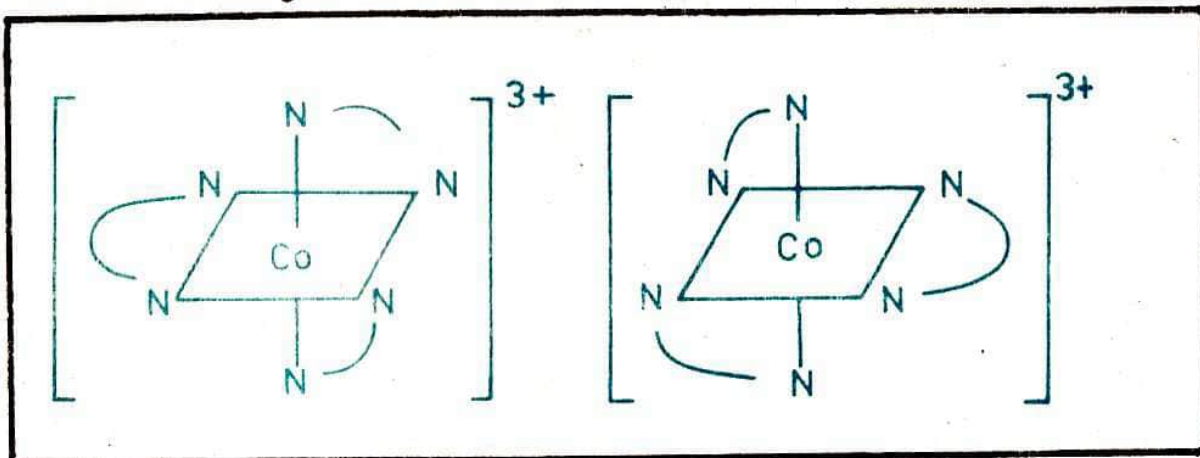
Viele Liganden enthalten mehrere Haftatome in günstiger Stellung und greifen deshalb am Zentralatom bei der Komplexbildung mehrfach an. Dabei entstehen ringförmige Koordinationsverbindungen, sogenannte Chelate. ($\chi\eta\lambda\eta$ = Krebsschere, griech, da der Ligand das Zentralatom wie ein Krebs in seine Schere nimmt). Ein häufig verwendeter Chelatligand ist Ethylendiamin.



In diesem Ligand sind die zwei Stickstoffatome so dicht benachbart, daß sie nur cis- aber keine trans-Positionen besetzen können. WERNER gelang es am Beispiel von $\text{Co}^{\text{III}}(\text{en})_3$ die optischen Isomeren, die sich stets wie Bild und Spiegelbild verhalten und die Ebene des linear polarisierten Lichtes um den gleichen Winkel nach links bzw. rechts zu drehen, zu trennen. Sie sind nicht durch einfache Drehung ineinander überführbar. Die Mischung gleicher Mengen optischer Isomere ist optisch

inaktiv.

Damit hatte WERNER den entscheidenden experimentellen Nachweis für das Vorliegen oktaedrischer Komplexe erbracht.



Das veranlaßte die Skeptiker zur Anerkennung seiner Koordinationstheorie. Am 11. Dezember 1913 wurde ALFRED WERNER in Stockholm der NOBEL-Preis für Chemie überreicht.

Die genialen Theorien WERNER's waren zur damaligen Zeit so ungewöhnlich, daß zu ihrer allgemeinen wissenschaftlichen Anerkennung nahezu 20 Jahre vergingen. Er ist bis zu seinem Tode der Züricher Universität, zu deren größten und angesehensten Lehrern er gehörte treu geblieben. Ehrenvolle Rufe nach Wien und Würzburg schlug er aus. Die über Jahre gehende übermäßige Arbeit führte zu einem sich rapide verschlechternden Gesundheitszustand. Die Jahre von 1915 bis zu WERNER's frühem Tode am 15.11.1919 waren für den unermüdlich arbeitenden und lebensfrohen WERNER eine Zeit tiefer Tragik.

Mit der Koordinationslehre der Komplexverbindungen hat er nicht nur Entscheidendes zum Wissen über eine spezielle Stoffklasse beigetragen sondern für das gesamte Gebiet der Chemie einen bahnbrechenden Beitrag geliefert. Praktische Bedeutung hat die Koordinationslehre unter anderem auch für die Kenntnis vom Aufbau der Stoffe im festen kristallinen Zustand.

Da WERNER keine Aussagen über die Art der Bindung zwischen Ligand und Koordinationszentrum machte, hat seine Strukturtheorie bis heute ihre Bedeutung nicht verloren. Man erkannte schnell die Rolle der Koordinationslehre für die chemische Systematik. Unter dem Begriff der Koordinationszahl entwarf WERNER ein Lehrgebäude, welches eine große Anzahl der bisher so rätselhaften anorganischen Komplexverbindungen einheitlich zusammenfaßt und zahlreiche Isomerieerscheinungen dieses Gebiets auf einfachste

Weise erklärt.

Er schrieb selbst über seine Lehre:

"Ich übergebe sie dem Urteil der Fachgenossen als eine Auffassung der chemischen Verbindung, welche nicht nur den beim Kohlenstoff beobachteten Tatsachen gerecht wird, sondern Kohlenstoffverbindungen und anorganische Substanzen unter einem gemeinsamen Gesichtspunkt zu bringen sucht, und deshalb auf breiterer Basis aufgebaut ist als die nur aus den Kohlenstoffverbindungen abgeleitete Theorie von der Valenz als Einzelkraft."

Schluß des Artikels



MOSAIK

aus: URANIA 4/85, 8-10/85

Radio-Gigant entdeckt

Die nach ihrer Ausdehnung drittgrößte Radioquelle am Himmel ist von Wissenschaftlern des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie in Bonn entdeckt worden. Forscher fanden bei der Durchmusterung der galaktischen Ebene unseres Milchstraßensystems eine riesige Radiogalaxie, die sich über $0,7^\circ$, das ist mehr als ein Vollmonddurchmesser, erstreckt. Sie ist ungefähr $0,15^\circ$ breit. Wären solche Radioquellen optisch sichtbar, erklärten die Wissenschaftler, könnten diese mit bloßem Auge von der Erde aus beobachtet werden. Aus dem Kern dieser Galaxie, der weniger als eine Bogensekunde groß ist, quellen ungeheure Energiemengen. Das Objekt strahlt im Radiobereich so "hell" wie zehn Billionen sonnenähnlicher Sterne oder tausend Milchstraßensysteme. Es wird vermutet, daß es sich bei diesem Objekt um einen Quasar handelt.

Milchstraßenzentrum mit „Dynamo“?

Eine bogenförmige Struktur aus heißem Gas, die mehr als 150 Lichtjahre über die Milchstraßenebene hinausragt, ist von amerikanischen Wissenschaftlern bei radioastronomischen Untersuchungen entdeckt worden. Bisher konnte Vergleichbares noch nicht beobachtet werden. Der von der Nähe des Zentrums ausgehende Bogen setzt sich aus mehreren Streifen von einigen Lichtjahren Breite zusammen. Die Struktur hat eine gewisse Ähnlichkeit mit Sonnenprotuberanzen. Offenbar wird das heiße Gas über die großen Distanzen von starken Magnetfeldern zusammengehalten. Nach der Form zu urteilen könnte es sich um ein sogenanntes Dipolfeld handeln, das dem der Erde ähnlich ist.

Die Existenz von Magnetfeldern in der Milchstraße ist zwar seit langem bekannt, nicht aber das Vorkommen von Dipolfeldern. Vermutlich sei im Milchstraßensystem, ähnlich wie im Innern der Erde, eine Art "Dynamo-Effekt" wirksam, meinen die Astronomen. Durch das Zusammenspiel von Rotation und Strömungen ionisierter Gase werde ein Magnetfeld mit Dipolform erzeugt. Diese Erkenntnisse könnten auch für das Verständnis der Vorgänge in den intensiv strahlenden Kernen von Radiogalaxien und Quasaren von Bedeutung sein.

Zwillingsbruder des Krebsnebels entdeckt

Der Krebsnebel (M 1), der die Rückstände einer Supernova vom Jahre 1054 darstellt und der in seinem Zentrum befindliche Neutronenstern, ein sogenannter Pulsar, war bis vor kurzem der einzige Supernova-Überrest mit solch geringem Alter, der den Astronomen bekannt war. Nunmehr wurde in der Großen Magellanschen Wolke ein regelrechter Zwillingsbruder des Krebsnebels gefunden. Die Übereinstimmung soll sowohl im sichtbaren als auch im Röntgen-Bereich überraschend sein, erklärten die Astronomen. Das Objekt enthält einen Pulsar mit einer Periode von 50 ms, die sich rasch verlangsamt. Sein Alter beträgt wie das von M 1 nur rund tausend Jahre.

Neues gemeinsames Weltraumunternehmen UdSSR – Frankreich

Sowjetische und französische Wissenschaftler werden ein großes Teleskop mit der Bezeichnung "Gamma-1" ins All befördern. Damit wird zum erstenmal in der Geschichte der Kosmosforschung ein so großes Observatorium auf eine erdnahe Umlaufbahn gebracht. Vorgesehen ist eine Höhe von 350 km. Speziell für das "Gamma"-Experiment wurde ein kosmischer Apparat entwickelt, der nahezu zwei Tonnen wissenschaftliche Geräte an Bord nehmen kann.

Zur Zeit wird das neue Gerät, mit dem kosmische Gamma-Strahlungsquellen erforscht werden sollen, erprobt.

Vom Einsatz dieses Teleskopes erhofft man sich die Entdeckung weiterer Gamma-Strahlungsquellen, von denen bisher nur etwa drei Dutzend bekannt sind, und deren Identifikation mit schon bekannten sichtbaren Objekten bzw. mit Röntgen-Quellen.

Aus diesem Grunde wird das kosmische Observatorium neben dem Gamma-Teleskop noch mit einem Röntgen-Teleskop ausgerüstet. Das neue Gamma-Teleskop besitzt neben einer hohen Winkelauflösung und einer großen Strahlungsempfindlichkeit den Vorzug, daß sich mit ihm relativ große Himmelsabschnitte gleichzeitig beobachten lassen, z.B. die Fläche, wie sie das Sternbild des Großen Bären einnimmt.

Optische Riesenteleskope

Gegenwärtig werden verschiedene Projekte für neuartige Großteleskope erarbeitet, die eine neue Etappe der erdgebundenen Astronomie einleiten sollen. Dafür werden neue Technologien benötigt, denn die proportionale Vergrößerung konventioneller Teleskope würde zu Geräten führen, die enorm materialaufwendig und damit teuer wären. Derartige Technologien sehen die Verwendung neuartiger, relativ dünner Teleskopspiegel vor bzw. eines Systems von mehreren Spiegeln. Im sowjetischen 25m-Teleskopprojekt bilden viele kleinere Spiegel mosaikartig den Hauptspiegel. Ein Prototyp eines solchen Systems ist am Krim-Observatorium bereits im Einsatz. In den USA gibt es eine Reihe von Projekten, von denen das National New Technology Telescope (NNTT) die höchste Priorität besitzt. Es soll aus vier Spiegeln von je 7.5m Durchmesser

gebildet werden, die auch einzeln betrieben werden können. Wie die Erfahrungen mit dem Multi Mirror Telescope (MTT) zeigen, lassen sich mittels spezieller Justiereinrichtungen die Bilder der einzelnen Teleskope kohärent überlagern. Weiterhin planen die Universität von Texas den Bau eines 7.5m-Teleskops, die Universität von Arizona ein 8m-Teleskop und die Universität von Kalifornien die Errichtung eines 10m-Teleskops. Die technologischen und finanziellen Fragen sind weitgehend geklärt. Zur Anwendung soll eine Methode der Spiegelherstellung kommen, die an der Universität von Arizona entwickelt wurde. Sie beruht auf der Rotation des gesamten Ofens mit der Glasschmelze, die dadurch beim Abkühlen eine parabolische Oberfläche erhält. Die westeuropäische ESO-Organisation bereitet den Bau eines Systems von vier 8m-Spiegeln vor. Ein Testgerät von 3.5m Öffnung soll bis 1987 vollendet sein. Japan und die VR China haben ebenfalls Projekte für Teleskope ausgearbeitet, die eine äquivalente Öffnung von 10m vorsehen. Zur vollen Ausschöpfung der Leistungsfähigkeit dieser Geräte sind hervorragende atmosphärische und klimatische Bedingungen nötig, wie sie z.B. der erloschene Vulkankegel des Mauna Kea auf Hawaii bietet.



**Frank Andreas
Mirco Schumann
Alexander Niehardt
FSU Jena
Sektion Physik
3. Stdj. Phy/Astro-Lehrer**

**Programmieren leichtverständlich:
Teil 1 – Einführung in BASIC**

In der heutigen Zeit existieren die verschiedensten Computersysteme und die darauf zugeschnittenen Programmiersprachen.

Als Anfänger werdet Ihr in der Schule vorwiegend mit zwei verschiedenen Kleinkomputern arbeiten :

dem HC 900 (neu KC 85/2) aus dem VEB Mikroelektronik "Wilhelm Pieck" Mühlhausen und

dem Z 9001 aus dem VEB Robotron Meßelektronik Dresden!

Dementsprechend werden wir uns in dieser Serie mit der zu diesen Systemen gehörenden Programmiersprache beschäftigen.

Diese BASIC genannte Programmiersprache gibt es in verschiedenen Versionen, BASIC-Dialekte genannt. Diese unterscheiden sich in ihrer Leistungsfähigkeit, in der Darstellung der Befehle und Anweisungen und in verschiedenen Sonderzeichen. Daher raten wir Dir, zum Erlernen des Programmierens die zum Mikrorechner gehörenden Unterlagen mit einzusehen und mit unseren Angaben zu vergleichen.

Die im Verlauf der Serie aufgeführten Programmbeispiele wurden von den Autoren an oben genannten Geräten ausgearbeitet.

Wir empfehlen dem Leser, diesen Beispielen entsprechend selbst kleine Programme (zunächst mit Papier und Bleistift) auszuarbeiten und am Rechner zu erproben.

In den ersten Folgen werden wir uns die Fähigkeit erarbeiten, durch geschickte Programmierung uns den Rechner als "Rechner" nutzbar zu machen, da diese Funktion Grundlage für alle seine Anwendungsbereiche ist. Danach werden wir uns Bereichen zuwenden können, in denen das Rechnen als Mittel zum Zweck weitgehend in den Hintergrund treten kann.

Zur Programmiersprache BASIC

Wie jeder weiß, kann ein Rechner nur solche Programme bearbeiten, die in einer Maschinensprache formuliert sind. Die Aufstellung von Programmen in Maschinensprachen ist aber recht umständlich und aufwendig. Aus diesem Grunde wurden höhere Programmiersprachen entwickelt, die im Gegensatz zu den rechnerorientierten Maschinensprachen problemorientiert sind und die Programmierung sehr vereinfachen.

BASIC (Beginner's All Purpose Symbolic Instruction Code - Symbolischer Anfänger-Allzweck-Befehlscode) ist eine leicht erlernbare höhere Programmiersprache für Anfänger. Sie besteht aus international bekannten, dem Englischen entlehnten Wörtern sowie algebraischen und alphanumerischen Zeichen.

Buchstaben : A,B,C...Y,Z

Ziffern : 0,1,2...8,9

Sonderzeichen : ! " # \$ % & ' () * + , - . / :

; < > = ? @ [\] ^ _

"unsichtbare" Zeichen : Leerzeichen = Leerfeld

ENTER = Zeilenendzeichen

Abb. 1 In BASIC vereinbarte Zeichen

Der Aufbau eines BASIC-Rechners ist in Abb. 2 dargestellt. Die Tastatur, auf der alle in BASIC vereinbarten Zeichen sowie weitere Tasten für die Kursorbewegung und andere Spezialzwecke vorhanden sind, dient zur Eingabe von Informationen und Anweisungen. Der Rechner gibt die Ergebnisse seiner Arbeit über einen Bildschirm (Fernseher, Display) oder einen Drucker aus, der am Rechner angeschlossen werden kann. Der BASIC-Interpreter wird bei den Dir in der Schule zugänglichen Geräten zu Beginn von einem externen Speicher (Kassette, Band) in den Rechnerspeicher eingelesen oder als BASIC-Module an den Rechner angeschlossen. Dieser Interpreter stellt für den Rechner das Wörterbuch dar, mit dessen Hilfe er Deine in einer höheren Programmiersprache



formulierten Anweisungen in eine für sich verständliche Maschinensprache übersetzt und umgekehrt die Ergebnisse und Anfragen an Dich in einer Dir verständlichen Form darstellt.

Externe Speicher dienen außerdem noch der längerfristigen Speicherung von fertigen Basic-Anwenderprogrammen und Programmentexten.

Nach jeder Anweisung antwortet der Rechner entweder mit der Ausgabe eines Ergebnisses, einer Anfrage oder nur mit dem OK-Zeichen (Kursor). Immer wenn diese Zeichen erscheint, kannst Du eine Eingabe in den Rechner vornehmen. Aus dieser Arbeitsweise ergibt sich ein regelrechter Dialog des Programmierers mit dem Rechner. Deshalb wird eine derartige Rechnerbetriebsart Dialogbetrieb genannt.

Schlüsselworte, Kommandos und Anweisungen

In BASIC formulierte Kommandos und Anweisungen enthalten immer ein Schlüsselwort. Mit diesem Schlüsselwort teilt der Programmierer dem Rechner mit, was dieser tun soll. Solche Schlüsselwörter sind beispielsweise:

LET	- Zuweisung eines Ausdruckes zu einer Variablen,
PRINT	- Drucke oder gebe über Bildschirm aus,
LIST	- Gebe das eingespeicherte Programm aus,
INPUT	- Eingabe von Daten,
RUN	- Starte das Programm,
END	- Beende das Programm,
CLS	- Lösche den Bildschirm,
NEW	- Lösche das eingespeicherte Programm.

Die erste Form, dem Rechner einen Befehl zu geben, ist das Kommando. Die Eingabezeile beginnt dabei mit einem Schlüsselwort. Kommandos werden vom Rechner nach betätigen der ENTER-Taste unmittelbar ausgeführt. Deshalb bezeichnet man sie auch als Sofortanweisungen. Der Rechner vergißt die Kommandos nach deren Ausführung, da diese nicht abgespeichert werden. Mit Hilfe von Kommandos sind sofortige Rechnungen im Taschenrechnermodus möglich.

Die zweite Form, dem Rechner einen Befehl zu geben, ist die Anweisung.

Sie beginnt stets mit einer Zeilennummer (maximal 65 529). Anweisungen werden bei ihrer Eingabe nach betätigen der ENTER-Taste stets abgespeichert und erst später im Programmablauf durchgeführt. Zum Aufbau eines BASIC-Programms werden grundsätzlich nur Anweisungen mit Zeilennummer verwendet.

Struktur und Aufbau eines BASIC-Programms

Eine Folge von Programmanweisungen nennt man ein Programm. Jede Programmanweisung stellt eine Zeile mit Zeilennummer und Zeileninhalt dar. Das Programm beginnt bei der Zeile mit der kleinsten Zeilennummer. Ein BASIC-Programm schließt normalerweise mit der END-Anweisung, die aber in vielen BASIC-Systemen weggelassen werden kann, weil der Rechner das Programm nach der letzten Anweisung selbst beendet.

Der Rechner speichert die eingegebenen Programmzeilen mit steigender Zeilennummer. Diese Ordnung stellt der Rechner selbst her. Die Eingabe der Programmzeilen kann deshalb in beliebiger Reihenfolge vorgenommen werden. Die Numerierung der Zeilen erfolgt üblicherweise bei 10 beginnend in Zehnerschritten (also 10,20...). Die dadurch geschaffenen Lücken bieten Möglichkeiten der späteren Korrektur, Abänderung bzw. Erweiterung des Programms.

Abarbeitung eines BASIC-Programms

Ist ein Programm nach Eingabe über die Tastatur oder durch Übernahme von einem externen Speicher im Rechner gespeichert, kann es abgearbeitet werden. Der Programmstart erfolgt durch Eingabe

des Kommandos RUN über die Tastatur (ENTER-Taste drücken). Während des Programmablaufes werden Ergebnisse ausgegeben und notwendige Eingaben abgefragt. Ist das Programm beendet, erscheint auf dem Bildschirm das Fertigzeichen OK (Kursor).

Korrektur oder Änderung eines Programms

Häufig erweist es sich als notwendig, ein in den Rechnerspeicher eingelesenes Programm zu verändern oder zu korrigieren. Liegt dazu das Programm in schriftlicher Form nicht vor und ist es infolge von Rechnungen oder durch den Bildschirmlöschbefehl nicht mehr auf diesem zu sehen, kannst Du es Dir zur Kontrolle wieder auf den Bildschirm ausgeben lassen. Dazu wird das Kommando LIST über die Tastatur eingegeben. Nach Betätigen der ENTER-Taste antwortet der Rechner mit der Ausgabe der ersten zehn Zeilen des Programms. Weitere Programmzeilen werden durch wiederholtes Betätigen der ENTER-Taste ausgelesen.

Hat man sich bei der Eingabe vertippt oder ist eine Zeile anderweitig fehlerhaft, kann sie aus dem Programm gestrichen werden. Die entsprechende Zeilennummer wird ohne weiteren Zeileninhalt eingegeben. Das Betätigen der ENTER-Taste bewirkt dann die Löschung der entsprechenden Zeile.

Willst Du anstelle der alten eine neue Zeile in das Programm einschreiben, gibst Du die Zeilennummer der alten Zeile mit dem neuen Zeileninhalt ein. Nach Betätigen der ENTER-Taste tauscht dann der Rechner den alten Zeilentext gegen den neuen aus.

Oft macht es sich notwendig, zusätzliche Zeilen in das Programm einzufügen. Dazu dienen die in der Zeilennumerierung offengehaltenen Stellen. Die einzuschiebende Zeile wird mit einer ihrem Platz im Programm entsprechenden Nummer versehen und über die Tastatur eingegeben. Nach Betätigen der ENTER-Taste ordnet der Rechner die neue Zeile in das abgespeicherte Programm ein.

Soll in einer schon geschriebenen Programmzeile eine Änderung erfolgen, dann ist es möglich, mit dem Befehl EDIT Zeilennummer (z.B. EDIT 40), der über die Tastatur eingegeben wird, diese Zeile aufzurufen. Der Kursor erscheint dann am Ende des einge-

gebenen Zeilentextes. Mittels der Tasten für die Kursorbewegung wird dieser an die fehlerhafte Stelle gebracht und diese durch Überschreiben geändert. Zwei Befehle erleichtern die Editierarbeit wesentlich:

INS (Insert) - erzeugt vor der Cursorposition ein Leerfeld

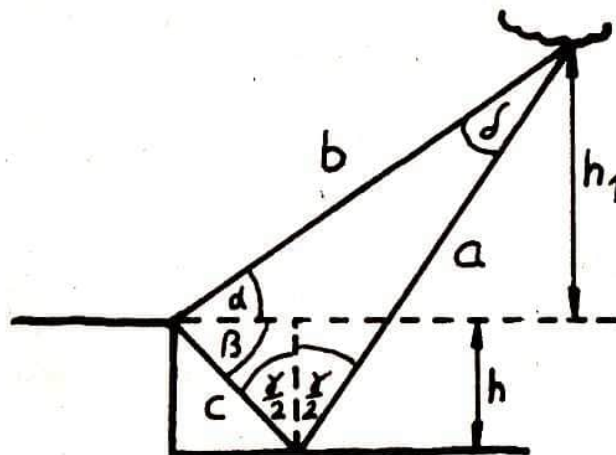
DEL (Delete) - löscht das Zeichen, auf dem der Cursor steht, rückt dabei den rechtsstehenden Text heran.

Beide Befehle sind durch vorprogrammierte Tasten über die Tastatur abrufbar.



Lösung der Physikaufgabe aus Heft 6/85

Lösung der Optik-Aufgabe:



Es existiert ein rechtwinkliges Dreieck, in dem der Winkel β und die Höhe h des Felsens gegeben sind. Mit diesen Größen berechnet man sowohl die Seite c dieses Dreiecks als auch den Reflexionswinkel der Lichtstrahlen, die von der Wolke ausgehend auf der Wasseroberfläche in das Auge des Beobachters reflektiert werden. Da der Einfallswinkel bei der Reflexion gleich dem Reflexionswinkel ist, ist damit der Winkel γ des durch die Seiten a , b und c gegebenen Dreiecks bekannt und über die Innenwinkelsumme von Dreiecken der Winkel δ berechenbar. Über den Sinussatz wird nun die Seite b berechnet:

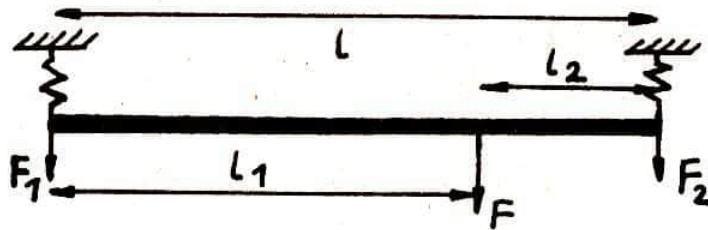
$$\frac{c}{\sin \delta} = \frac{b}{\sin \gamma}$$

Mit Hilfe von b und dem Winkel α , die gemeinsam mit dem gesuchten h_1 ein rechtwinkliges Dreieck bilden, lässt sich h_1 ermitteln.

$$h_1 = 1913,4 \text{ m}$$

Lösung der Mechanik-Aufgabe:

Da der Stab in der horizontalen Lage verbleiben soll, müssen die Dehnungen der beiden Federn gleich sein: $s_1 = s_2 = s$. Die am Aufhängepunkt der Last angreifende Kraft teilt sich aufgrund unterschiedlicher Federkonstanten und dem Wirken des Hebelgesetzes unterschiedlich auf die beiden Federn auf.



$$\begin{aligned} F_1 \cdot l_1 &= F_2 \cdot l_2 \\ s \cdot k_1 \cdot l_1 &= k_2 \cdot l_2 \cdot s \\ k_1 \cdot l_1 &= k_2 \cdot (l - l_1) \end{aligned}$$

Diese Gleichung ist nach l_1 aufzulösen. Das Ergebnis ist 6 cm.



Licht aus dem Reagenzglas, als Ergebnis einer chemischen Reaktion, ist heutzutage kein spektakuläres Ereignis mehr. Es wurden sogar spezielle Reaktionen gefunden, die beispielsweise bereits in industriell hergestellten Leuchtstiften Verwendung finden; bei deren Licht man bis zu einigen Stunden lesen und arbeiten kann.

Die Erzeugung elektromagnetischer Strahlung durch chemische Reaktionen mit Wellenlängen größer als 100 nm wird allgemein als Chemilumineszenz (CL) bezeichnet. Eine derartige Emission im UV-VIS bedeutet, daß elektronisch angeregte Zustände vorgelegen haben müssen. Den prinzipiellen Unterschied einer direkten chemischen Erzeugung dieser angeregten Zustände gegenüber der durch Lichtabsorption soll Abbildung 1 verdeutlichen.

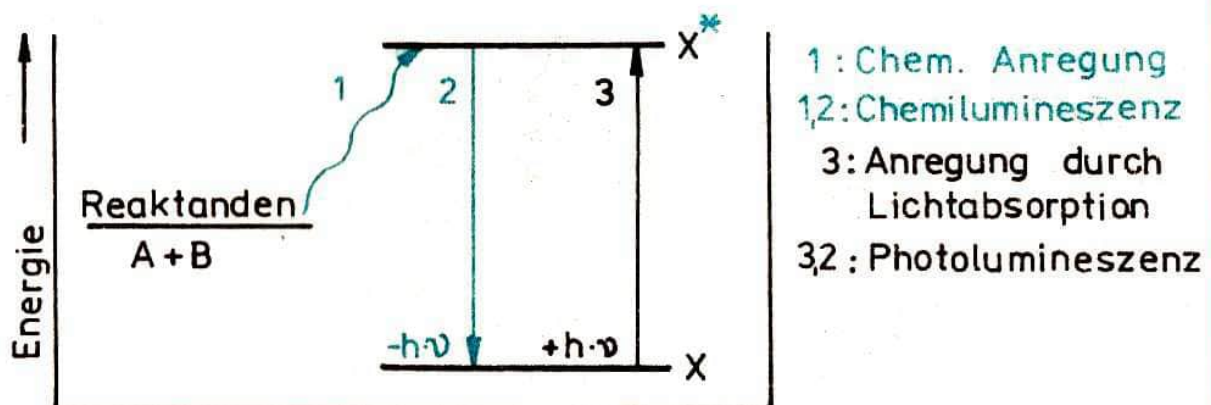


Abb. 1

Weitaus seltener, aber vielleicht umso interessanter, ist eine Erscheinung, die bereits im 17. Jahrhundert bei der Luftoxydation von Phosphor beobachtet wurde. Hier ein Zitat aus

einer Arbeit von P. S. Munck af Rosenschöld aus Poggendorfs Annalen vom Jahre 1834: "... und bemerkte dabei zufällig, daß sie (gemeint ist eine mit Phosphor gefüllte Flasche - H.R.W.) dann und wann im Dunkeln ein ziemlich intensives Licht von sich gab. Dieses Phänomen machte mich aufmerksam und bald nahm ich wahr, daß sich das Leuchten ganz regelmäßig zu jeder siebenten Secunde wiederholte."

Hierbei handelte es sich - im Gegensatz zum gewöhnlich erwarteten monotonen Verlauf einer Reaktion - um eine periodisch auftretende Lichtemission im Ergebnis einer chemischen Reaktion. Wir wollen sie als eine OSZILLIERENDE CHEMILUMINESZENZ (OCL) bezeichnen.

Dieses von selbst entstandene "Blinklicht", dessen Blinkfrequenz mit Hilfe der Umgebungstemperatur einstellbar war, blieb leider ein Unikat. In späteren Versuchen gelang seine Realisierung nicht wieder.

Eine Kuriosität? Ein Unfall im Naturgeschehen?
Weshalb die Erwähnung? Weshalb die Betonung der Periodizität?

Seit einigen Jahren gehören zum Forschungsgegenstand unserer Arbeitsgruppe "Photophysik" - der auch der Autor angehört - photophysikalische und photochemische Eigenschaften sogenannter dissipativer Strukturbildungsprozesse. Als DISSIPATIVE STRUKTUREN bezeichnet man nach I. Prigogine (Nobelpreisträger 1977) "die stabilen räumlichen, zeitlichen oder raumzeitlichen Strukturen, die sich weitab vom Gleichgewicht jenseits kritischer Parameterwerte im nichtlinearen Bereich ausbilden können."

Der Zusammenhang vom vorher Geschilderten wird nun gerade durch unsere Entdeckung einer OCL hergestellt, welche im Verlauf einer sehr komplexen chemischen Reaktion in flüssiger Phase auftritt. Dabei handelt es sich um die sogenannte Belousov - Zhabotinskij(BZ) - Reaktion, die unter anderem als Modellsystem geeignet erscheint, wertvolle Hinweise z. B. für die Interpretation von Biorythmen zu liefern (Hier sei auf einen Artikel von H. Ritschel aufmerksam gemacht, der im Heft 2/86 des "impuls 68" erscheinen wird).

Im folgenden soll in vereinfachter Darstellung das experimentelle Resultat zum zeitlichen Verlauf der OCL dargestellt werden.

(vgl. Abb. 2). Nach Zusammenführen der Reaktionskomponenten (Bromat, Malonsäure, verdünnte Schwefelsäure, geeigneter Metallionenkatalysator) wird mit Hilfe eines SEV's eine Lichtemission registriert, deren Strahlungsleistung stetig zunimmt. Nach einer gewissen Zeit geht das System in den Zustand einer zeitlich periodischen CL (OCL) über. Die Änderungen der Strahlungsleistungen (Schwingungen) schaukeln sich bis zu einem Maximalwert der Amplitude auf. Dieser Systemzustand ist längere Zeit stabil. In Abhängigkeit z. B. von den gewählten Konzentrationen der Komponenten können sehr unterschiedliche Schwingungsregimes realisiert werden (z. B. a, b, c)

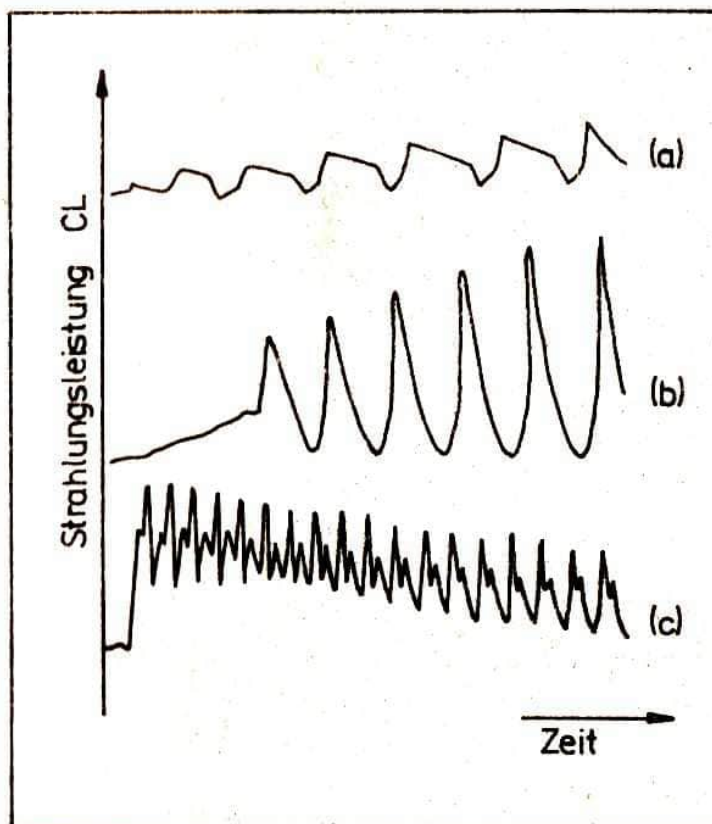


Abb.2

Stellen wir fest: In einem homogenen chemischen Reaktionssystem, welches völlig sich selbst überlassen ist ("isoliertes" System, - eine hier zur Vereinfachung angenommene Idealisierung, die unsere Überlegungen nicht in prinzipieller Weise beeinflusst), treten in spontaner Weise zeitliche, mehr oder weniger komplizierte **Strukturierungen** auf. Mittels Lichtabstrahlung "signalisiert" ein chemisches System von sich aus periodisch ablaufende Vorgänge in seinem Inneren (vgl. Abb. 3).

Unter Strukturbildung soll hier, in eingeschränktem Sinne, ein Prozeß verstanden werden, der zur Verminderung der Entropie bzw. zur Brechung von Symmetrien (hier der Zeitsymmetrie) führt. Erkennt man die Entropie S (diese physikalische Größe ist einer quantitativen Beschreibung zugänglich) als Maß für den Ordnungsgrad des Systems an, so wächst letzterer.

Im Zusammenhang damit führt nun die allgemein bekannte Aussage des zweiten Hauptsatzes (HS) der Thermodynamik zu einer scheinbar paradoxen Situation: Jedes sich selbst überlassene, abgeschlossene physiko-chemische System entwickelt sich unabwendbar zum Zustand des thermodynamischen Gleichgewichtes ($dS = 0$; $S = \text{Max.}$) hin.

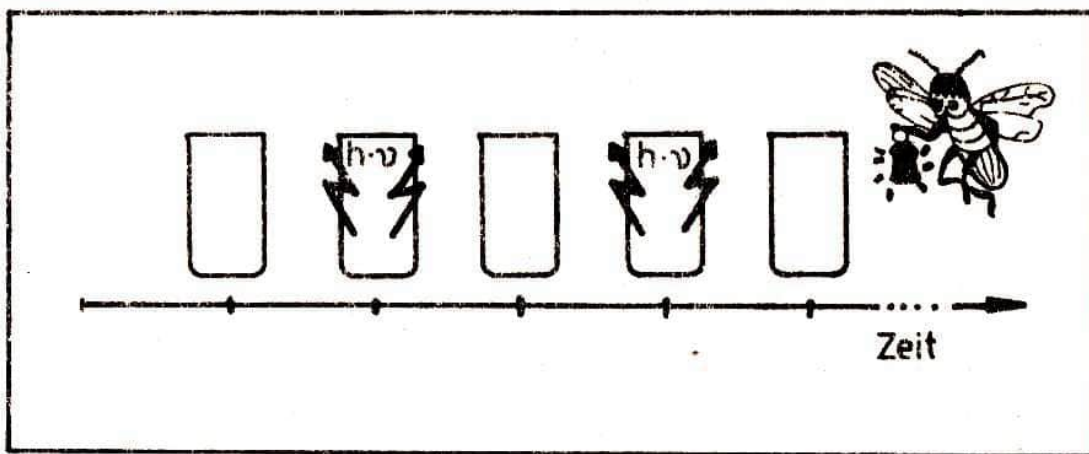


Abb.3

Makroskopisch isolierte Systeme streben somit im Laufe der Zeit dem Zustand maximaler Unordnung an. Ein kooperatives Verhalten von Mikrosystemen als Grundlage auch für unsere streng periodisch ablaufenden Lichtemissionen sollte demzufolge nicht möglich sein!

Einen Ausweg aus dieser "peinlichen" Lage liefert erst eine genauere Betrachtung von experimentellen Ergebnissen und Bedingungen bzgl. des thermodynamisch isolierten Reaktorsystems.

Auch wenn man die "voll entwickelten" Schwingungen eines Reaktionsansatzes für eine endliche Zeitdauer in Amplitude, Periode und Form "übereinstimmen" läßt, sind sie - streng genommen - zu jeder Zeit gedämpft. Nach einer bestimmten Zeit des Reaktionsablaufs verschwinden sie sogar wieder, das System wechselt zu monotoner Kinetik; ein Ergebnis der irreversiblen Annäherung an das thermodynamische Gleichgewicht, des allmählichen Verbrauches der Ausgangsstoffe.

Da jedoch die Zeitdauer des periodischen Reaktionsverlaufs die Zeit einer Oszillationsperiode um Größenordnungen übersteigt, wird während einer Schwingung auch nur ein verschwindend geringer Bruchteil an Bromat und Malonsäure umgesetzt. Da zudem die Konzentrationen der Ausgangsstoffe um ein Vielfaches höher sind als die der oszillierenden Stoffe (außer dem Metallionenkatalysator oszillieren nur intermediär gebildete Spezies, darunter auch die elektronisch angeregten), kann man hinsichtlich letzterer von einem "quasi-offenen System" sprechen (vgl. Abb. 4a).

Die Offenheit des Systems ist der entscheidende Punkt in unseren Überlegungen. Die dissipative Struktur "stirbt" schließlich, wenn die (hier relative) Offenheit des oszillatorischen Systems gegenüber Stoff- und/oder Energieaustausch mit der "Umgebung" nicht mehr gegeben ist. Somit handelt es sich bei den bisher diskutierten Schwingungen und Oszillationen um einen pseudo-stationären Zustand (vgl. Abb. 4b).

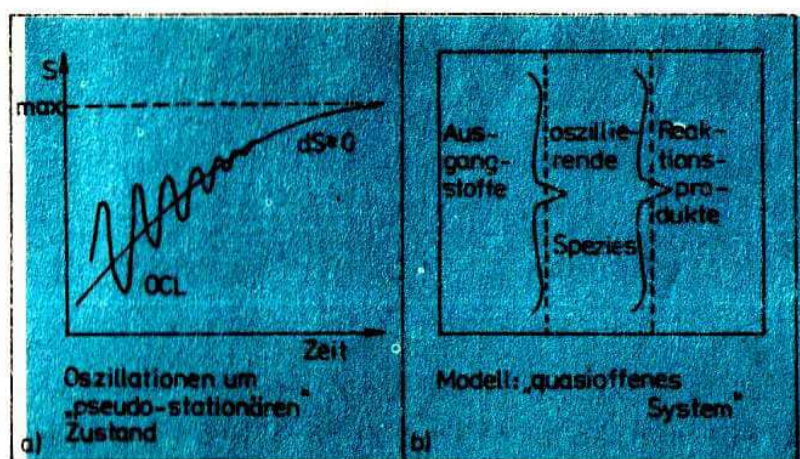


Abb. 4

Hinsichtlich der experimentellen Handhabbarkeit der uns interessierenden Phänomene der Lumineszenz ist natürlich eine stationäre dissipative Struktur (überkritisches Fließgleichgewicht) von bevorzugtem Interesse. Im Zustand des Fließgleichgewichtes ändern sich die thermodynamischen Funktionen Z nicht: $dZ = 0$.

Die Realisierung der Offenheit des Systems erfolgt durch das Arbeiten mit einem sogenannten Durchfluß-Reaktor: Die Ausgangsstoffe werden kontinuierlich einem Reaktionsgefäß zugeführt, in dem über eine Vielzahl von intermediären Spezies kontinuierlich neue Stoffe erzeugt werden. Diese Reaktionsprodukte

werden dem Reaktionsgefäß so entnommen, daß wir die Bedingungen für einen stationären Zustand antreffen. Auf diese Weise sind wir auch in der Lage, das Phänomen der OCL für eine beliebige Zeitdauer stabil aufrecht zu erhalten und mittels verschiedener Meßmethoden optimal zu untersuchen.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, soll an dieser Stelle noch einmal betont werden, daß auch unter den Bedingungen des Durchfluß-Reaktors dem System keinerlei Periodizität von außen aufgeprägt wird. Die zeitlich periodischen Konzentrationsoszillationen, damit auch die OCL, entsteht spontan, allein im Ergebnis spezieller innerer und äußerer Systembedingungen (siehe Bedingungen (a) - (d) am Ende dieses Artikels).

Zurückkehrend zum II. HS der Thermodynamik schließt dieser unsere "Lichtsignale aus dem Reagenzglas" nicht mehr aus, sondern präzisiert lediglich die Bedingungen, unter denen dies möglich ist.

Erweitert auf offene Systeme lautet seine moderne Formulierung nach Prigogine:

$$dS = d_i S + d_e S \quad ; \quad d_i S > 0.$$

Die Entropieänderung dS im Zeitelement dt ist in einen Produktionsterm $d_i S$ und einen Austauschterm $d_e S$ zerlegt.

In Abhängigkeit von den Umgebungsparametern läßt sich nun insbesondere die Entropie des Systems verringern ($dS < 0$), wenn $d_e S < 0$ und $|d_e S| > d_i S$ gilt.

Ein Entropieexport ($d_e S < 0$), der die innere Entropieproduktion übersteigt, erfordert eine "Entropiepumpe". Zu deren Betrieb wird schließlich freie Energie benötigt, die aus äußeren oder "inneren" Quellen stammen kann.

Ergänzend soll bemerkt werden, daß mit unseren Betrachtungen zur Verträglichkeit solcher Strukturbildungen mit dem II. HS, die u. a. auf das Problem der (thermodynamischen) Offenheit des Systems (a) führten, lediglich eine der wesentlichen Voraussetzungen für dissipative Selbstorganisation berührt wurde.

Als weitere Grundbedingungen sind zu nennen:

- (a) Überkritischer Abstand des Systems vom Gleichgewicht,
- (b) Nichtlinearität der dynamischen Systemgleichungen,
- (c) kooperatives Verhalten der Mikroprozesse infolge spezieller Kopplungen.

Im Gegensatz zu Munck af Rosenschöld sind wir heute in der Lage, das Phänomen des "chemischen Blinklichts" (inzwischen soweit optimiert, daß es im abgedunkelten Raum mit bloßem Auge sichtbar ist) jederzeit zu reproduzieren, "Signalarten" gewissermaßen auch vorzuprogrammieren sowie einen Teil des zugrunde liegenden, äußerst komplexen Mechanismus zu erklären, nicht zuletzt auch wegen des Verstehens der thermodynamischen Bedingungen.

Anmerkung:

Folgendes, die Historie der BZ-Reaktion betreffend, ist auch unter Fachleuten weitgehend unbekannt. Allgemein wurde und wird angenommen, daß diese oszillierende Reaktion im Jahre 1958 entdeckt wurde (erste Pressemitteilung 1959).

Die Entdeckung gelang dem sowjetischen Wissenschaftler Belousov (1980 postum mit dem Leninpreis geehrt) aber bereits im Jahre 1951, worüber er die Fachwelt natürlich informieren wollte. Das von ihm an eine Zeitschrift eingesandte Manuskript wurde zweimal abgelehnt, u. a. mit der Begründung des Rezensenten:

"Die im Artikel beschriebene Reaktion ist nicht möglich..."

Ein Resultat der "Auseinandersetzung" mit dem II. HS der Thermodynamik?!

(näheres hierzu siehe: Chimia i Zhizn (1982) Nr. 7, S. 65 ff)



„Was ist eigentlich
das Gegenteil
von ‚Heureka‘?“

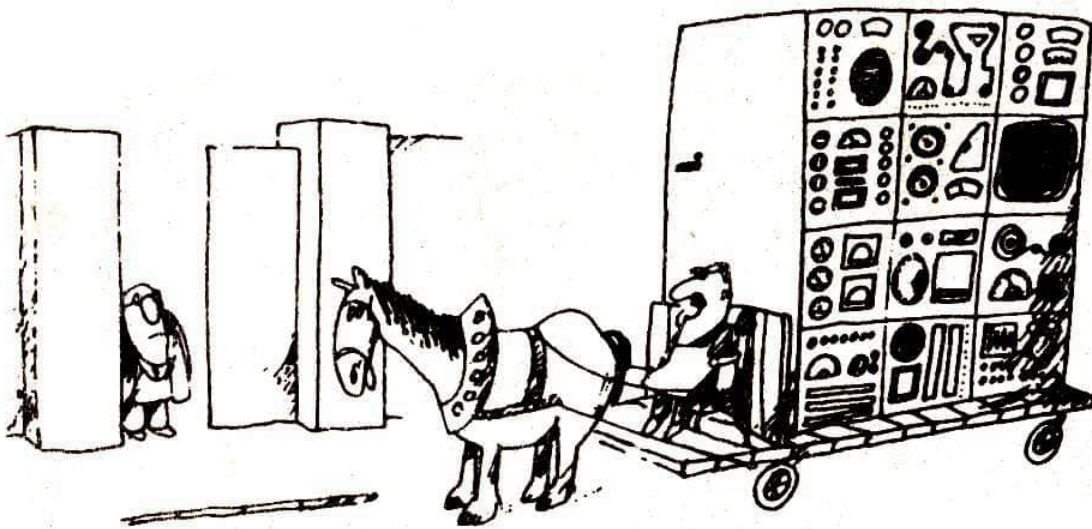
Alle Karikaturen dieser
Ausgabe entstammen der
Schülerzeitschrift „Alpha“
(2/78, 6/77).

Repros: Richter

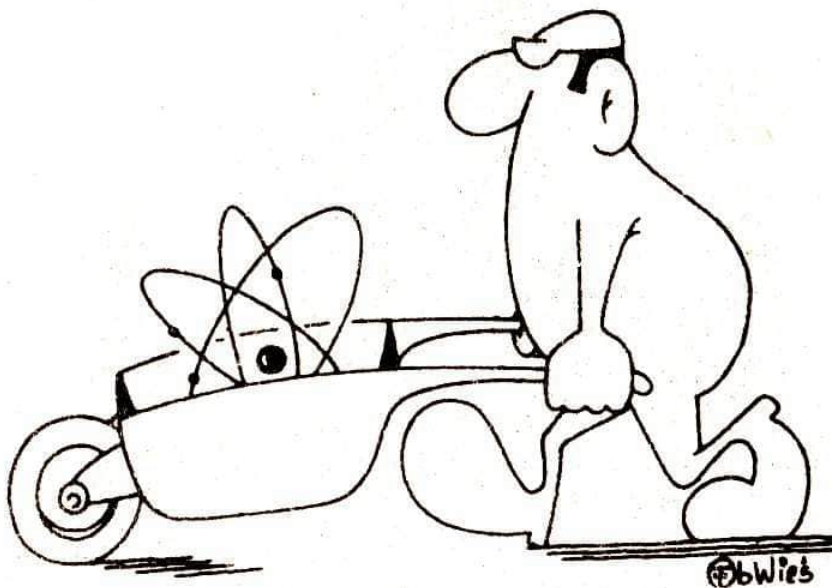


impuls 68

heiter!



Wir bringen den neuen Computer!



©bwies

68

Impuls

Schülerzeitschrift für

PHYSIK · CHEMIE · BIOLOGIE

2/86

INDEX 322004 ISSN 0232-9220 PREIS 60 Pf. 20. Jg.

Pro-
grammieren
leicht-
verständlich:
BASIC
(Teil 2)



Ein
künstlicher
Leuchtkäfer



Büchermarkt

Die
Entstehung
des Windes

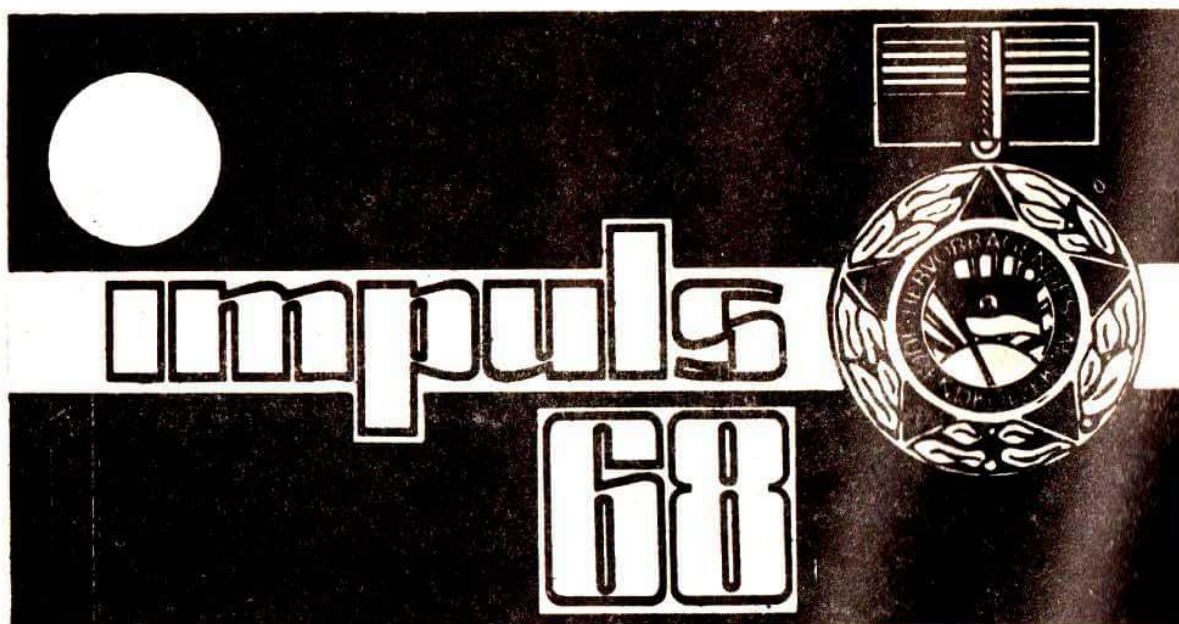


Wein –
Von der
Traube
bis zum
Kater

Thomas Schmidt:

Astronomische Temperaturen

Foto: W. Schulze



Jürgen Flegel, Mirco Schumann, Frank Andreas	Programmieren leichtverständlich: Teil 2 – Zahlen, Funktionen, Programmverzweigungen	PHY	3
Thomas Schmidt	Astronomische Temperaturen	ASTRO	13
Wolfgang König	Büchermarkt		26
Dr. G. Hüller	Wein – Von der Traube bis zum Kater	CHE	28
Dr. H. Ritschel	Ein künstlicher Leuchtkäfer – Neue Möglichkeiten der Untersuchung dynamischer Systeme	CHE	36
Dr. Vera Masurat	Alltagsphysik: Die Entstehung des Windes	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

Chefredakteur: Dr. Bringfried Stecklum, stellv. Chefredakteur: Dipl.-Phys. Michael Kaschke.
Redaktionsmitglieder: Dr. Roland Colditz, Dr. Jürgen Sauerstein, Elke Selle, Silvia Butters,
Antje Schlegel, Petra Richter, Peter Kroll, Alexander Niehardt, Karsten König, Ralph Huonker.
Die Redaktion wurde 1969 und 1980 mit dem Ehrentitel „Hervorragendes Jugendkollektiv der
DDR“ ausgezeichnet.

Gestaltung: Niehardt, Richter, Stecklum

Redaktionsschluß: 3. 2. 1986

Jürgen Flegel,
Mirco Schumann,
Frank Andreas,
FSU Jena
Sektion Physik
3. Studienjahr
Physik/Astronomie-Lehrer

Programmieren leichtverständlich: Teil 2 – Zahlen, Funktionen, Programmverzweigungen

PHYSIK

Der Computer ist zwar ein sehr exaktes Rechenhilfsmittel, muß aber, wie ein Taschenrechner, genau angewiesen bekommen, welche Zahlen er im einzelnen wie miteinander verknüpfen soll. Ein Beispiel soll das verdeutlichen:

$$\begin{aligned}(1) \quad S &= A + B * C + D \\(2) \quad S &= A + B * (C + D)\end{aligned}$$

Mit $A = 2$, $B = 3$, $C = 10$ und $D = 6$ würde der Computer im ersten Fall $S = 38$ und im zweiten Fall $S = 50$ berechnen.

Bei der Aufstellung der Rechenausdrücke muß daher die Rangfolge der Rechenoperationen beachtet werden:

1. Berechnung der Klammerausdrücke
2. Punktrechnung: $*$, $/$
3. Strichrechnung: $+$, $-$

Man beachte dabei die Darstellung des Multiplikationszeichens als Stern und des Divisionszeichens als Schrägstrich. Dadurch sehen die Rechenausdrücke mitunter recht ungewöhnlich aus. Da es bei der Darstellung von Zahlen und speziellen Rechenausdrücken, den Funktionen, auch einiges zu beachten gibt, wenden wir uns, bevor wir zu ersten Programmbeispielen kommen, im nächsten Abschnitt diesen zu.

Zahlen und Funktionen

Die Möglichkeiten eines Kleinstcomputers beschränken sich nicht nur auf die Grundrechenarten. Noch einige mathematische Funktionen sind durch Schlüsselwörter abrufbar.

math. Funktion in BASIC	math. Funktion	Bemerkungen
ABS (X)	$ x $	Betrag von x
SIN (X)	$\sin x$	x in Bogenmaß eingeben
COS (X)	$\cos x$	
TAN (X)	$\tan x$	
ATN (X)	$\arctan x$	Resultat in Bogenm.
EXP (X)	e^x	$x \leq 87.3365$
LN (X)	$\ln x$	$x > 0$
SQR (X)	$\sqrt{x}$	$x > 0$
INT (X)	$\text{int } x$	ganzzahliger Anteil von x
SGN (X)	Vorzeichen- funktion	$= -1$ für $x < 0$ $= 0$ für $x = 0$ $= 1$ für $x > 0$
PI		PI = 3.14159
RND (X)	Zufallszah- len zwischen 0 und 1	$x < 0$ zufällige Zahl $x = 0$ letzte Zufalls- zahl noch ein- mal $x > 0$ für jedes x eine bestimmte Zufallszahl

Funktion	Berechnung
Arcussinus	$\text{ARCSIN } (X) = \text{ATN } (X / \text{SQR } (1 - X * X))$
Cotangens	$\text{COT } (X) = 1 / \text{TAN } (X)$
Arcuscosinus	$\text{ARCOS } (X) = -\text{ATN } (X / \text{SQR}(1 - X * X)) + \text{PI}/2$
Arcuscotangens	$\text{ARCOT } (X) = \text{ATN } (X) + \text{PI}/2$
Logarithmus zur Basis Zehn	$\text{LG } (X) = \text{LN } (X) / \text{LN } (10)$ $= .4342945 * \text{LN } (X)$

Einige Funktionen, die sich aus den Standardfunktionen berechnen lassen, findet ihr in der zweiten Tabelle der vorhergehenden Seite.

Für den Fall, daß derartige Funktionen und andere komplizierte Rechenausdrücke in einem Programm mehrfach Verwendung finden und deshalb beim Programmieren oft niedergeschrieben werden müssen, hält der Computer ein Hilfsmittel bereit. Wir haben die Möglichkeit, eigene Funktionen zu definieren. Das sieht z.B. so aus:

```
DEF FN S (X) = X - X / LN (X*2)
```

Der besseren Übersicht wegen werden alle Definitionen immer an den Programmanfang geschrieben. Wird eine definierte Funktion dann im Programm benötigt, rufen wir einfach den Funktionsnamen auf.

```
A = FN S (B)
```

Der Rechner berechnet nun die definierte Funktion S (X) für die an anderer Stelle im Programm eingegebene Variable B und weist das Ergebnis der neuen Variablen A zu. Die Namen der Variablen bei der Definition brauchen nicht mit denen bei der Berechnung übereinstimmen. Werden mehrere Funktionen definiert, so kann in allen Definitionen die gleiche Variable verwandt werden. Die Namen der verschiedenen Funktionen setzen sich aus den Buchstaben FN und einem weiteren, frei wählbaren Buchstaben zusammen. Es können also maximal 26 verschiedene Funktionen definiert werden.

Nun noch einige Bemerkungen zu den Zahlen, die wir in den Computer eingeben können oder die der Rechner uns auf dem Bildschirm ausgibt.

Dezimalteile von Zahlen werden in BASIC grundsätzlich durch einen Punkt, keinesfalls durch Komma abgetrennt.

Der Rechner hat für die Speicherung einer Zahl nur ein begrenztes Speichervolumen zur Verfügung. Deshalb können wir Zahlen mit maximal siebenstelliger Mantisse und zweistelligem Exponenten eingeben.

```
Beispiel: 7.376362 oder 1.479835 E-21
```


Die Beträge der Zahlen müssen dabei zwischen $9.40396 \text{ E}-39$ und $1.70141 \text{ E}+38$ liegen.

Welche Zahlen gibt uns der Computer wie an?

Ganze Zahlen zwischen $-999\,999$ und $+999\,999$ erscheinen als ganze Zahlen.

Für $0.01 \leq X \leq 999\,999.0$ erscheinen die Zahlen mit Festkomma und ohne Exponent.

z.B. 237.375 0.023745 oder 6327.1

Alle anderen Zahlen erscheinen in der sogenannten Gleitkomma-darstellung mit einer Stelle vor dem Dezimalpunkt und fünf Stellen nach dem Dezimalpunkt mit Exponent.

z.B. erscheint $29\,345\,732$ als $2.93457 \text{ E}07$ und
 0.00321 als $3.21 \text{ E}-03$

Wir stellen fest, daß der Computer nur Zahlen mit maximal sechstelliger Mantisse angibt.

Ein erstes Programmbeispiel

Wie lassen sich die im letzten Teil vorgestellten Befehle in Programmen einsetzen?

Nehmen wir an, wir wollen für eine spätere Rechnung einige Konstanten abspeichern. Das geschieht so:

```
10 A= 5.63 : B= .02 : C= 1.37 E-9
```

Wir sehen, daß die Anweisung LET grundsätzlich entfallen kann. Des weiteren ist es nicht notwendig, jede Anweisung auf eine neue Zeile zu schreiben. Mehrere Anweisungen können durch Doppelpunkt getrennt auf eine Programmzeile geschrieben werden.

Werden in der Rechnung auch noch eine oder mehrere Variable benötigt, so kommt die INPUT - Anweisung zur Anwendung. Sie gestattet die Eingabe von Daten während des Programmablaufes.

```
20 INPUT DA
```

Bei der Festlegung der Namen von Konstanten und Variablen ist zu beachten, daß wir die Länge der Namen zwar beliebig wählen können, der Computer aber nur die ersten zwei Zeichen zur Un-

terscheidung heranzieht. So sind z.B. die Variablennamen UBS und UBC in den Augen des Computers gleich. Variablen- und Konstantennamen müssen auch immer mit einem Buchstaben beginnen.

Die oben vereinbarten Konstanten und unsere Variable wollen wir nun weiterverarbeiten:

```
30 E=A+B-(DA*C) : D=DA/(A+B)*C
```

In dieser Zeile werden die zu berechnenden Ausdrücke den links der Gleichheitszeichen stehenden Variablen zugeordnet. Diese neuen Variable lassen sich in weitere Rechnungen einbauen oder als Ergebnisse ausdrucken. Das geschieht mit der bereits kennengelernten PRINT - Anweisung. Verschiedene Formen dieser Anweisung bewirken verschiedene Formen der Ergebnisdarstellung:

```
40 PRINT E : PRINT D
50 PRINT E;D
60 PRINT E,D
70 PRINT
80 PRINT "D=" ; D
```

Damit soll unser kleines Programm beendet sein. Wir beachten, daß alle im Programm formulierten Anweisungen erst nach dem Programmstart ausgeführt werden, nicht etwa schon bei oder nach dem Programmieren.

Mit dem Befehl RUN starten wir nun unser Programm und wollen sehen, was der Computer im einzelnen tut.

Zeile 10 : Der Computer ordnet den Variablen die entsprechenden Zahlenwerte zu. Der Bildschirm bleibt dabei leer.

Zeile 20 : Auf dem Bildschirm erscheint ein Fragezeichen, mit dem der Computer zur Eingabe des Zahlenwertes der Variablen DA auffordert. Gib einen beliebigen Wert ein und schließe die Eingabe mit Betätigen der ENTER - Taste ab.

Zeile 30 : Der Computer berechnet die Rechenausdrücke und ordnet die Ergebnisse den neuen Variablennamen zu. Es erfolgen keine Änderungen auf dem Bildschirm.

Zeile 40 : Der Computer gibt die Zahlenwerte von E und D untereinander auf dem Bildschirm aus. Dies wird vom

Doppelpunkt in der PRINT - Anweisung bewirkt (siehe Programm).

Zeile 50 : Bei dieser Form der PRINT - Anweisung werden die Zahlen unmittelbar hintereinander ausgegeben. Da jede Zahl ein Vorzeichen hat (bei positivem Vorzeichen erscheint ein Leerfeld), sind die Zahlen eindeutig voneinander getrennt.

Zeile 60 : Die PRINT - Notation mit Komma bewirkt einen Abstand von 13 Zeichenfeldern zwischen den Ergebnissen. Damit können drei Zahlen auf einer Schriftzeile dargestellt werden.

Zeile 70 : Eine PRINT - Anweisung ohne weitere Angaben erzeugt eine Leerzeile. Dies kann zur übersichtlichen Gestaltung von Ergebnissaussagen genutzt werden.

Zeile 80 : Der in der Anweisung in Hochkommata stehende Text (siehe Programm) wird ausgegeben, dahinter der Zahlenwert des Ergebnisses. Auf dem Bildschirm erscheint also: D= Zahlenwert .

Die letztgenannte Form der PRINT - Anweisung ist von Vorteil, wenn man bei der Ausgabe mehrerer Ergebnisse Verwechslungen vermeiden will. Eine ähnliche Situation kann auftreten, wenn der Computer während des Programmablaufs mehrere Variable zur Eingabe anfordert und der Programm Benutzer in Unkenntnis des Programms nicht weiß, welche Variable er nun eingeben muß. Dazu ändern wir die entsprechende INPUT - Anweisung in folgender Weise ab:

```
20 INPUT "DA=" ; DA
```

Bei einer nochmaligen Programmabarbeitung erscheint bei Erreichen der Zeile 20 kein Fragezeichen sondern der in den Hochkommata stehende Text.

Die Ausgabe des Fragezeichens kann in besonderen Fällen auch unterdrückt werden:

```
INPUT "" ; A
```

Sowohl bei der PRINT- als auch bei der INPUT-Anweisung muß der in den Hochkommata stehende Kommentar nicht mit dem Variablen-

namen übereinstimmen, unter dem der Computer die Variable abspeichert. So können die Variablen und Ergebnisse für den Programmbenutzer noch eindeutiger bezeichnet werden.

Programmsprünge und Bedingungen

Unser nächstes Programmbeispiel liefert uns die Werte der Winkelfunktionen $\sin x$, $\cos x$, $\tan x$ und $\cot x$ für einen von uns eingegebenen Zahlenwert. Bei der Vervollkommnung und Erweiterung dieses Programms werden wir Sprungbefehle und Bedingungen kennenlernen.

```
10 PRINT : PRINT
20 PRINT "BERECHNUNG VON WINKELFUNKTIONEN"
30 PRINT "GEBEN SIE DAS ARGUMENT EIN !"
40 INPUT "X=" ; A : PRINT
50 PRINT "SIN (X)=" ; SIN (A)
60 PRINT "COS (X)=" ; COS (A)
70 PRINT "TAN (X)=" ; TAN (A)
80 PRINT "COT (X)=" ; 1/TAN (A)
```

Soll die Rechnung für einen neuen Zahlenwert wiederholt werden, muß das Programm immer wieder mit RUN gestartet werden. Besser wäre es, wenn das Programm immer wieder an seinen Anfang bzw. an die Stelle zurückspringen würde, wo die notwendige Eingabe gefordert wird (im Beispiel in Zeile 40).

Deshalb schreiben wir:

```
90 GOTO 40
```

Diese Programmanweisung bewirkt, daß die Programmabarbeitung in Zeile 40 fortgesetzt wird. Wenn der Computer wieder in Zeile 90 angelangt ist, erfolgt ein erneuter Sprung usw..

Steht nun die Forderung, wahlweise die Winkelfunktionen oder die Umkehrfunktionen (Arcusfunktionen) berechnen zu lassen, reichen unsere bisherigen BASIC - Kenntnisse nicht aus. Trotzdem ist diese Aufgabe lösbar. Wir definieren uns zunächst die Umkehrfunktionen:


```

2 DEF FNA (X) = ATN(X/SQR(1-X*X))
4 DEF FNB (X) = -ATN(X/SQR(1-X*X))+PI/2
6 DEF FNC (X) = ATN (X) + PI/2

```

Der Computer soll uns in dem erweiterten Programm nach Wunsch entweder nur die Winkelfunktionen oder nur deren Umkehrfunktionen berechnen. Wir müssen also zwei entsprechende Programmenteile schaffen, die dann unter von uns bestimmten Bedingungen abgearbeitet werden.

Bedingungen stellen und ihre Erfüllung auszuwerten macht uns das Anweisungsgefüge IF...THEN...: ELSE möglich.

Wir formulieren zunächst den Programnteil zur Berechnung und Ausgabe der Umkehrfunktionen und arbeiten dann unser Bedingungsgefüge zur Programnteilauswahl in das Programm ein.

```

100 PRINT "ARCSIN (X)=" ; FNA (A)
110 PRINT "ARCOS (X)=" ; FNB (A)
120 PRINT "ARTAN (X)=" ; ATN (A)
130 PRINT "ARCOT (X)=" ; FNC (A)
140 GOTO 40

```

Die Überschrift des Programms wird erweitert:

```

25 PRINT "UND ARCUSFUNKTIONEN"
42 PRINT "AUSWAHL : 1 WINKELFUNKTIONEN"
44 PRINT "          2 ARCUSFUNKTIONEN"
46 INPUT "EINGABE AUSWAHL" ; W : PRINT
48 IF W=1 THEN 50 : ELSE 100

```

Wir starten nun unser verbessertes Programm. Auf dem Bildschirm erscheint die Überschrift, danach die Aufforderung zur Eingabe des Arguments. Die PRINT - Anweisung in Zeile 40 erzeugt eine Leerzeile. Die Zeilen 42 - 46 drucken uns den Auswahltext auf den Bildschirm und fordern zur Eingabe der Auswahlziffer der gewünschten Funktionsgruppe auf.

Die Auswertung dieser unter W abgelegten Zahl erfolgt in Zeile 48 auf folgende Art und Weise:

Wenn die Bedingung $W=1$ erfüllt ist, wird die Programmabarbeitung in Zeile 50 fortgesetzt, ansonsten in Zeile 100.

Allgemein läßt sich das Anweisungsgefüge IF...THEN...: ELSE folgendermaßen einsetzen:

IF Bedingung THEN $\begin{matrix} \swarrow \text{Zeilennummer} \\ \searrow \text{Anweisung} \end{matrix}$: ELSE $\begin{matrix} \swarrow \text{Zeilennummer} \\ \searrow \text{Anweisung} \end{matrix}$

Also ließen sich beispielsweise auch folgende Möglichkeiten realisieren:

```
IF A > 0 THEN PRINT "A > 0" : ELSE PRINT "A < 0"
oder
IF X = 2 PRINT "RICHTIG" : ELSE PRINT "FALSCH"
usw.
```

Aber zurück zu unserem Programm.

Nach den Zeilen 80 und 130 muß jeweils ein Sprungbefehl in die Zeile 40 stehen, damit sofort die Rechnung mit einem neuen Argument wiederholt werden kann.

Ein kleine Übungsaufgabe, RENUMBER

Wie der Leser sicherlich bemerkt hat, ist unser Programm noch verbesserungsfähig. Gerade bei der Arbeit mit Winkelfunktionen tritt der für viele ungewohnte Umstand ein, die Argumente im Bogenmaß eingeben zu müssen und die Ergebnisse der Arcusfunktionen ebenfalls im Bogenmaß zu erhalten. Die Umrechnung von Grad- in Bogenmaß und umgekehrt kann man unter Kenntnis der dazu notwendigen einfachen Verhältnisgleichung vom Computer vornehmen lassen und diese Rechnung im Programm verankern, so daß die Argumenteingabe für die Berechnung der Winkelfunktionen wie gewohnt im Gradmaß erfolgen kann.

Dazu wäre zwischen die Zeilen 48 und 50 eine Zeile mit der Umrechnung von Grad- in Bogenmaß ($B = f(A)$, A- eingegebenes Argument in Gradmaß, B- Argument im Bogenmaß) einzufügen. Die Anweisung in Zeile 48 müßte so abgeändert werden, daß bei $W=1$ der Sprung in unsere neue Zeile erfolgt. Die Zeilen 50 bis 80 müßten auf das neue Bogenmaßargument B umgeschrieben werden.

Etwas anders müssen wir verfahren, wenn wir die Ergebnisse der Arcusfunktionen im Gradmaß erhalten wollen, da die vier Arcusfunktionen im Prinzip bei ein und demselben Argument auch

vier verschiedene Winkel liefern können.

Beide Aufgaben sind mit unseren bisherigen Kenntnissen lösbar. Die wenigen Hinweise dieses Abschnittes werden Euch dabei helfen. Überprüft Eure Lösungen, in dem Ihr das verbesserte Programm mit mehreren Beispielen durcharbeitet.

Eine mögliche von vielen Lösungsvarianten werden wir Euch in unserer nächsten Ausgabe vorstellen.

Im ersten Teil dieser Serie hatten wir vereinbart, Programme immer in Zehnerschritten zu numerieren. Durch unsere vielen Verbesserungen und Erweiterungen haben wir diese Ordnung zerstört. An manchen Stellen ist die Numerierung sogar so dicht geworden, daß sich kaum noch neue Zeilen einfügen lassen. Wir können aber unser Programm durch den Computer umnumerieren lassen. Das geschieht durch den Befehl RENUMBER.

RENUMBER ZN, ZN, ZN, ZN (ZN- Zeilennummer)

1. ZN - alte ZN der Zeile, ab welcher umnumeriert werden soll
2. ZN - alte ZN der Zeile, bis zu welcher umnumeriert werden soll
3. ZN - neue ZN, die die erste umnumerierte Zeile erhält
4. ZN - Schrittgröße

In unserem Programmbeispiel müßten wir folgendermaßen verfahren:

RENUMBER 2, 140, 10, 10

Durch diesen Befehl werden die alten ZN 2 bis 140 so geändert, daß das Programm mit der ZN 10 beginnt und in Zehnerschritten bis zur Zeile 210 fortgesetzt wird. Alle im Programm enthaltenen Sprunganweisungen werden ebenfalls auf die neuen ZN umgeschrieben.

Die Eingabe von RENUMBER ohne weitere Angaben hat die Umnumerierung des gesamten Programms in Zehnerschritten, beginnend bei der kleinsten Zeilennummer zur Folge. In unserem Beispiel würde sich die ZN-Folge 2, 12, 22... ergeben.

Nach ausgeführter Umnumerierung meldet sich der Computer mit dem Fertigzeichen OK.

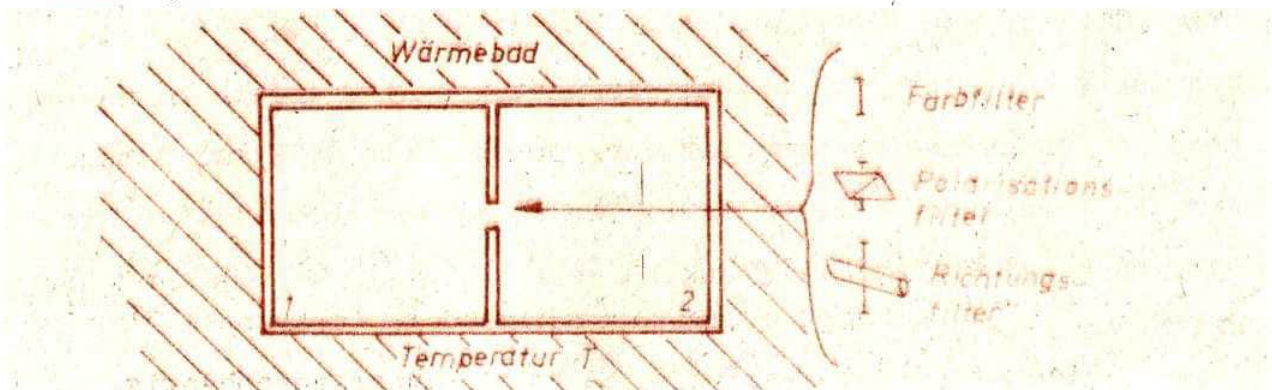
Das Besondere an astronomischen Temperaturen scheint auf den ersten Blick in den extremen Größen zu bestehen. So wird für die kosmische Hintergrundstrahlung ein Wert von 2.7K gefunden, während im Sonneninneren Temperaturen von mehr als 10^6 K herrschen. Für das Verständnis dieser Werte ist es jedoch notwendig zu wissen, nach welchen Gesichtspunkten astronomische Temperaturen bestimmt werden.

1. Das Modell des Schwarzen Strahlers

Ohne auf die Behandlung dieses Problems in der theoretischen Physik einzugehen, möchten wir Eigenschaften dieses Modells erörtern, die für die Astronomie, speziell für die Ableitung von Temperaturen astronomischer Objekte, wichtig sind.

Als Schwarzen Strahler oder Schwarzen Körper bezeichnet man das Modell eines Körpers, der sich im thermodynamischen Gleichgewicht befindet und die Eigenschaft besitzt, auf ihn treffende elektromagnetische Strahlung unabhängig von deren Wellenlänge vollständig zu absorbieren. Die von diesem Körper ausgesandte elektromagnetische Strahlung ist es, für deren Eigenschaften wir uns interessieren. Es zeigt sich nämlich, daß die Intensität dieser Strahlung nur von der Wellenlänge λ und der Temperatur T des Schwarzen Körpers abhängt. Anhand eines Gedankenexperimentes wollen wir versuchen, diesen Sachverhalt zu verstehen. Wir betrachten zunächst einen Hohlraum, z.B. einen innen hohlen

Metallwürfel, der von einem Wärmebad umgeben ist. Damit besitzt jedes Oberflächenelement dieses Hohlraums dieselbe Temperatur und absorbiert bzw. emittiert die gleiche Strahlungsenergie pro Zeiteinheit. In diesem Fall befindet sich das Strahlungsfeld im thermodynamischen Gleichgewicht mit seiner Umgebung. Man bezeichnet diese Strahlung auch als Hohlraumstrahlung. Wir führen nun den Gedankenversuch fort, indem wir den Hohlraum durch eine Wand teilen (Abb. 1).



In dieser Wand befindet sich ein kleines Loch, durch das Strahlung vom Hohlraum 1 in den Hohlraum 2 und umgekehrt gelangen kann. Bezeichnen wir die von 1 nach 2 übergehende Strahlungsintensität mit I_{12} und mit I_{21} die Strahlungsintensität, die den umgekehrten Weg nimmt, so muß gelten $I_{12} = I_{21}$. Wenn dies nicht der Fall wäre, würde sich z.B. ein in der Nähe des Loches befindliches Radiometer (eine "Lichtmühle") in Umdrehung versetzen. Damit hätten wir aber ein Perpetuum Mobile 2. Art. Die Gleichheit der Intensitäten muß für alle Wellenlängen, Ausbreitungs- und Polarisationsrichtungen erfüllt sein, was man sich durch das Plazieren von Farb- und Polarisationsfiltern, sowie einer drehbaren Röhre, klar machen kann. Im Ergebnis unseres Experimentes stellt sich also heraus, daß die Hohlraumstrahlung isotrop und unpolarisiert ist, und ihre Intensität nur von der Wellenlänge λ und der Temperatur T abhängt.

Die Erfahrung zeigt, daß sich ein dunkler Körper, der der Sonnen-

strahlung ausgesetzt ist, schneller erwärmt und wieder abkühlt als ein gleichartiger hellerer Körper. Allerdings gibt es in der Realität keinen Körper, dessen Absorptionsvermögen bei allen Wellenlängen gleich Eins ist. Man kann jedoch einen Schwarzen Strahler in guter Näherung erhalten, indem ein hohler Metallwürfel mit einem sehr kleinen Loch versehen wird. Die aus diesem Loch austretende Strahlung besitzt die Eigenschaften einer Hohlraumstrahlung mit der Temperatur T , die der des Metallkörpers entspricht.

2. Das Plancksche Strahlungsgesetz

Anfang dieses Jahrhunderts gelang es Max Planck unter der Annahme, daß sich die Energie der Hohlraumstrahlung nur um ganzzahlige Vielfache einer elementaren Konstante unterscheidet, eine Beziehung für die Wellenlängen- und Temperaturabhängigkeit zu finden, die die gemessenen Werte korrekt wiedergab. Die Intensität der Hohlraumstrahlung in Abhängigkeit von der Wellenlänge und der Temperatur ist durch

$$I(\lambda, T) = \frac{2 h c^2}{\lambda^5} (\exp(hc/\lambda kT) - 1)^{-1} \quad (1)$$

gegeben. Hierbei sind:

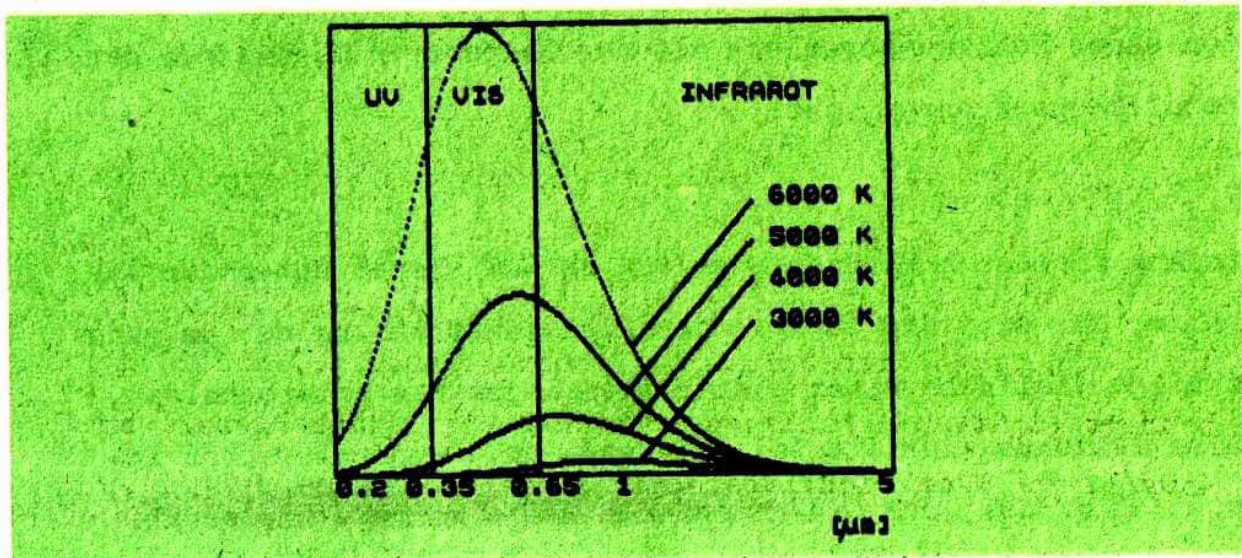
h - Plancksches Wirkungsquantum	$6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
k - Boltzmann - Konstante	$1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$
c - Lichtgeschwindigkeit	$2,9979 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
λ - Wellenlänge	m
T - Temperatur	K

Das Plancksche Strahlungsgesetz beschreibt die von einem Schwarzen Körper der Temperatur T emittierte Energie pro Zeiteinheit, pro Flächeneinheit, pro Wellenlänge und pro

Raumwinkeleinheit. Die Einheit der Intensität $I(\lambda, T)$ ist

$$I(\lambda, T) = 1 \text{ J s}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ m}^{-1} \text{ sr}^{-1} .$$

Man bezeichnet den Ausdruck auf der rechten Seite von Gl.1 häufig auch als Planckfunktion. In Abb.2 sind Planckfunktionen für verschiedene Temperaturen dargestellt. Man sieht, daß im



gesamten Spektralbereich die einer höheren Temperatur entsprechende Kurve über der einer niedrigeren Temperatur liegt; Planckfunktionen unterschiedlicher Temperaturen schneiden sich also nicht. Praktisch heißt das: Ein Schwarzer Körper höherer Temperatur strahlt bei allen Wellenlängen mehr Energie ab als ein Schwarzer Körper niedrigerer Temperatur.

Weiterhin ist festzustellen, daß sich die Maxima der Planckfunktionen mit steigender Temperatur in Richtung kürzerer Wellenlängen verschieben. Dieses Verhalten wird durch das Wiensche Verschiebungsgesetz erfaßt

$$\lambda_{\max} T = \text{const.} = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m K} \quad (2)$$

Der Strahlungsstrom $S(T)$, den ein Schwarzer Körper aussendet, läßt sich durch Integration von Gl.1 über die Wellenlänge und

den Raumwinkel erhalten. Es ergibt sich das Stefan-Boltzmann-Gesetz

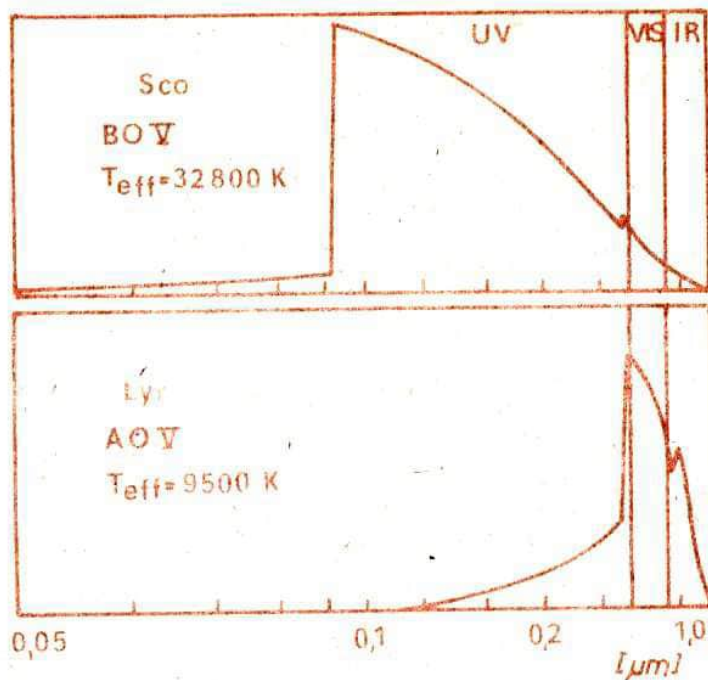
$$S(T) = \sigma T^4, \text{ mit} \quad (3)$$

$$\sigma = \text{Stefan-Boltzmann-Konstante} \quad 5,670 \cdot 10^{-8} \text{ Jm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-4}.$$

Die von einem Schwarzen Körper ausgestrahlte Energie pro Zeit- und Flächeneinheit ist also mit der vierten Potenz stark temperaturabhängig. Die Gleichungen 1. bis 3. geben auf der Grundlage unterschiedlicher Charakteristika der strahlenden Objekte Zugang zur Bestimmung von Temperaturen.

3. Astronomische Temperaturen

Wir wollen die bisherigen Darlegungen zur Bestimmung von Stern-temperaturen anwenden. Dabei zeigt sich jedoch sofort eine prinzipielle Schwierigkeit, denn Sterne befinden sich nicht im thermodynamischen Gleichgewicht. Die im Inneren durch thermonukleare Prozesse freigesetzte Energie wird durch die äußere Hülle des Sterns, der Sternatmosphäre, nach außen in den Welt-raum abgestrahlt. Es ist demzufolge nicht zu erwarten, daß die Sternstrahlung einer Hohlraumstrahlung entspricht. In Abb.3 sind die kontinuierlichen Spektren für zwei Sterne unterschiedlicher Spektraltypen zu sehen, wobei der Unterschied zu Planck-funktionen auffällig ist. Die spektrale Energieverteilung der Sterne ist vor allem von deren chemischer Zusammensetzung und Masse abhängig. Ihr Aussehen wird im wesentlichen durch die Wellenlängenabhängigkeit des kontinuierlichen Absorptionskoeffizienten bestimmt. Die scharfen Übergänge bei 91,2nm und 365 nm charakterisieren gebunden-freie Übergänge des Wasserstoffs (Ionisation vom Grundniveau - Lyman-Absorptionskante, Ionisation vom ersten angeregten Niveau - Balmer-Absorptionskante). Eine



zusätzliche Modifikation des Sternspektrums erfolgt durch das Auftreten von Absorptionslinien, die als Fraunhofer-Linien im Sonnenspektrum bekannt sind. Die Spektren einer Reihe von Sternen weisen auch Emissionslinien auf (Be-Sterne, T Tauri-Sterne). Die wichtigste der gebräuchlichen astronomischen Temperaturen ist die effektive Temperatur T_{eff} . Sie leitet sich aus dem Stefan-Boltzmann-Gesetz ab. Zu ihrer Bestimmung benötigt man die Leuchtkraft L des Sterns, d.h. die pro Zeiteinheit vom Stern abgestrahlte Energie, und den Sternradius R . Die effektive Temperatur ergibt sich aus

$$T_{\text{eff}} = \sqrt[4]{\frac{S}{\sigma}} = \sqrt[4]{\frac{L}{4\pi R^2 \sigma}} \quad (4)$$

Man bezeichnet den Quotienten aus Leuchtkraft L und Oberfläche des Sterns $4\pi R^2$ als Flächenhelligkeit. Die effektive Temperatur ist also die, bei der ein Schwarzer Strahler die gleiche Flächenhelligkeit besitzt wie der Stern. Die praktische Schwierigkeit bei diesem Verfahren besteht in der genauen Bestimmung

von Leuchtkraft und Sternradius. Aus diesem Grund sind die effektiven Temperaturen nur von wenigen Sternen, einschließlich der Sonne, bekannt. Man kann obige Beziehung auch mit anderen, der Beobachtung direkt zugänglichen, Größen formulieren. Alle astronomischen Empfänger messen den Strahlungsstrom am Ort der Erde. Bezeichnet man diesen mit S_r , so läßt sich der Strahlungsstrom S berechnen, indem man die "Verdünnung" der Energiedichte der Strahlung bei ihrer Ausbreitung berücksichtigt

$$S = S_r \cdot \frac{r^2}{R^2} \quad (5)$$

Mit Hilfe spezieller Beobachtungstechniken (Intensitätsinterferometrie, Speckle-Interferometrie, Phaseninterferometrie und bei Sternbedeckungen durch den Mond) läßt sich der Winkeldurchmesser α von Sternen bestimmen. Zwischen diesem und dem Radius des Sterns in linearem Maß besteht die Beziehung

$$R = \alpha \cdot r / 2 \quad (6)$$

Setzt man die beiden letzten Gleichungen in Gl.4 ein, so erhält man

$$T_{\text{eff}} = \sqrt[4]{\frac{4S_r}{6\alpha^2}} \quad (7)$$

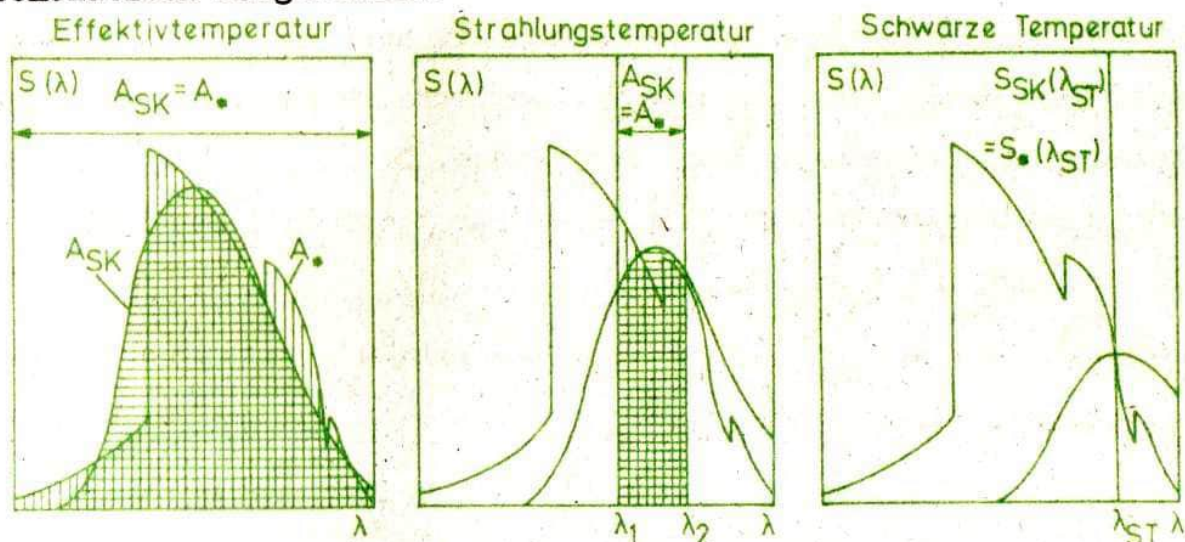
Bislang wurde stillschweigend vorausgesetzt, daß unser Empfänger für alle Wellenlängen empfindlich ist und auch alle Wellenlängen "sehen" kann, und damit die Integration über die Wellenlänge vollzieht. Allerdings ist dies praktisch nicht der Fall. Alle verwendeten Detektoren sind nur in einem bestimmten Spek-

tralbereich empfindlich. Da man diese spektrale Empfindlichkeitscharakteristik ebenso wie die des Teleskops durch Messung im Labor bestimmen kann, läßt sich die entsprechende Korrektur am beobachteten Strahlungsstrom leicht anbringen. Problematisch dagegen ist jedoch der Einfluß der Erdatmosphäre, die nur für Strahlung im visuellen Spektralbereich, im nahen Infrarot und für Radiowellen durchlässig ist. Deshalb ist für Sterne, die den Hauptteil der Strahlungsenergie im UV-Bereich emittieren, eine Bestimmung der effektiven Temperatur mit Hilfe erdgebundener Teleskope nicht möglich. Die stürmische Entwicklung der Satellitenastronomie brachte auch für diesen Problemkreis wertvolle Ergebnisse. Die Beobachtung aus der Erdumlaufbahn ermöglicht die zuverlässige Erfassung aller Strahlungsanteile, vom Röntgen-, UV- bis hin zum IR- und Radiobereich. Damit wurde die Genauigkeit der Bestimmung der effektiven Temperatur wesentlich verbessert.

Eine Größe für die pro Zeit- und Flächeneinheit in einem bestimmten Spektralbereich emittierte Strahlungsenergie ist die Strahlungstemperatur. Die Strahlungstemperatur eines Sterns ist also die Temperatur, die ein Schwarzer Körper aufweisen müßte, um im gleichen Spektralbereich pro Zeit- und Flächeneinheit die gleiche Energie auszustrahlen. Damit ein Vergleich mit anderen Sternen möglich ist, gehört zu einer Strahlungstemperatur immer die Angabe des Spektralbereichs, in dem sie bestimmt wurde. Gebräuchlich sind entsprechend dem Spektralbereich solche Bezeichnungen wie Radiostrahlungstemperatur, visuelle, photographische oder infrarote Strahlungstemperatur. Der bolometrischen Strahlungstemperatur liegt der gesamte Spektralbereich zugrunde, sie ist also mit der effektiven Temperatur identisch. Engt man den Spektralbereich bis auf eine Wellenlänge ein und

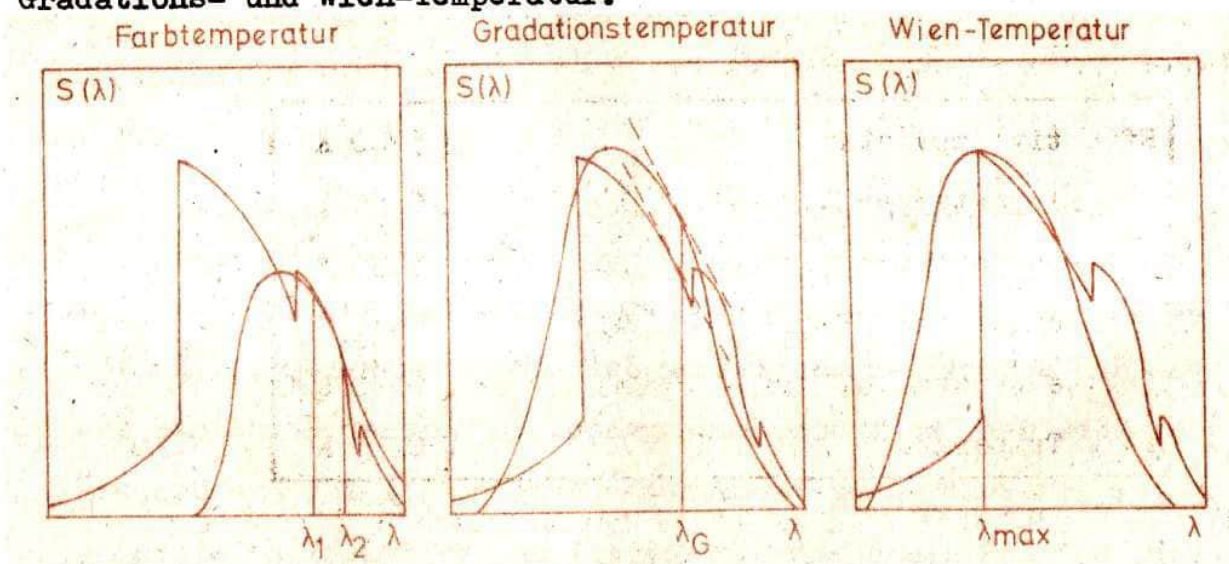
vergleicht man die bei dieser Wellenlänge emittierte Energie pro Zeit- und Flächeneinheit mit der eines Schwarzen Strahlers, so gelangt man zur Definition der Schwarzen Temperatur.

Die bisherigen Temperaturdefinitionen gingen vom Strahlungsstrom aus, der bei einer Wellenlänge, in einem Wellenlängenintervall oder im gesamten Spektralbereich emittiert wird, und setzten diesen in Beziehung zum Schwarzen Strahler. In Abb.4 ist dies schematisch dargestellt.



Es ist jedoch auch möglich, bei der Definition von Temperaturen von der spektralen Verteilung des Strahlungsstroms, d.h. von der Form des Spektrums, auszugehen. Auf dieser Grundlage erfolgt die Festlegung der Farbtemperatur. Sie ist die Temperatur, bei der die spektrale Verteilung der Strahlung eines Schwarzen Körpers in einem bestimmten Wellenlängenintervall mit der spektralen Verteilung des Strahlungsstroms eines Sterns identisch ist. Anders ausgedrückt heißt das, daß die Form des Sternspektrums in einem bestimmten Wellenlängenintervall sich durch eine Planckfunktion anpassen läßt. Für die Vergleichbarkeit von Farbtemperaturen verschiedener Objekte ist die Angabe des Wellenlängenbereichs erforderlich. Zu einer weiteren Temperaturdefinition gelangt man, wenn der betrachtete Spektralbe-

reich immer mehr eingeengt wird. Dies führt dazu, den Anstieg des Spektrums bei einer bestimmten Wellenlänge mit dem Anstieg der spektralen Intensitätsverteilung eines Schwarzen Strahlers bei derselben Wellenlänge zu vergleichen. Auf diese Weise erhält man die sogenannte Gradationstemperatur. Sie nimmt also gegenüber der Farbtemperatur einen ähnlichen Platz ein wie die Schwarze Temperatur im Vergleich zur Strahlungstemperatur. Als letzte Temperatur, der das Plancksche Strahlungsgesetz zugrundeliegt, sei die Wien-Temperatur erwähnt. Ihr Wert ist entsprechend Gl.2 durch die Lage des Maximums in der spektralen Verteilung des Strahlungsstroms festgelegt. Die Abb.5 zeigt in schematischer Darstellung die Grundlage zur Bestimmung der Farb-, Gradations- und Wien-Temperatur.



Führt man nun an ein und demselben Stern Untersuchungen zur Bestimmung der erläuterten Temperaturen durch, so erhält man im allgemeinen für jede Temperatur einen unterschiedlichen Wert. Die Ursache dafür wurde schon erwähnt, aus einer Reihe von Gründen sind Sterne keine Schwarzen Strahler. Nur bei einem Schwarzen Strahler liefern die gegebenen Temperaturdefinitionen denselben Wert.

Der Beobachtung am leichtesten zugänglich ist die Farb- bzw. Gra-

dationstemperatur. Zur Bestimmung von Strahlungs- bzw. Effektivtemperatur sind noch Angaben über die Entfernung des Sterns bzw. dessen Winkeldurchmesser nötig. Für die Charakterisierung des physikalischen Zustandes der Sternatmosphäre sind die effektive und die Farbtemperatur am aussagekräftigsten. In der Praxis gehört zur Angabe des Temperaturwertes stets auch, um welche Temperatur es sich handelt. Sollte eine genaue Bezeichnung fehlen oder von der Oberflächentemperatur die Rede sein, so ist in der Regel die Effektivtemperatur gemeint. Da die uns erreichende Sternstrahlung von einer relativ dünnen, äußeren Schicht, der Sternatmosphäre, ausgestrahlt wird, sind die bisher diskutierten Temperaturen auch nur für diese kennzeichnend. Zur Illustration der verschiedenen Temperaturdefinitionen sind die entsprechenden Werte für die Sonne aufgeführt.

Effektivtemperatur	5780 K
Strahlungstemperatur (visuell)	6050 K
Strahlungstemperatur (photographisch)	5895 K
Farbtemperatur (300nm - 400nm)	4850 K
Farbtemperatur (410nm - 950nm)	7140 K
Wien-Temperatur	6300 K

Neben der Möglichkeit, Temperaturen auf der Grundlage des Planckschen Gesetzes zu definieren, gibt es noch andere physikalische Gesetzmäßigkeiten, die die Festlegung einer Temperatur erlauben.

Bei einer Reihe von astrophysikalischen Problemen erweist es sich, daß sich die Eigenschaften der betrachteten Materie in guter Näherung durch ein Ideales Gas modellieren lassen. Setzt man weiterhin voraus, daß sich das Ideale Gas im thermodynamischen Gleichgewicht befindet, so läßt sich die relative Häufig-

keit von Gasteilchen mit einer bestimmten Geschwindigkeit durch die Maxwell-Verteilung angeben. Das wichtige dabei ist, daß diese Verteilung bei gegebener Masse der Gasteilchen nur durch einen Parameter, die kinetische Temperatur, bestimmt wird. Auf diese Temperatur kann man schließen, wenn die mittlere kinetische Energie der Gasteilchen bekannt ist. Es gilt

$$\bar{E}_{\text{kin}} = m \overline{v^2} / 2 = \frac{3}{2} k T_k, \quad (8)$$

wobei T_k die kinetische Temperatur und k die schon erwähnte Boltzmann-Konstante sind. Zugang zur mittleren kinetischen Energie erhält man über die Messung von Spektrallinien, deren Breite infolge der thermischen Bewegung der Gasteilchen gegenüber der theoretischen Linienbreite vergrößert ist (Druckverbreiterung) bzw. aus Untersuchungen zum Gasdruck. Schon eine einfache Abschätzung des Gasdrucks im Zentrum der Sonne zeigt, daß dafür eine kinetische Gastemperatur von etwa $16 \cdot 10^6 \text{ K}$ erforderlich ist. Besteht das betrachtete Gas ausschließlich aus Elektronen, so erhält man unter Verwendung der Elektronenmasse m_e in Gleichung 8 die sogenannte Elektronentemperatur. Die Verwendung der kinetischen Temperatur zur Charakterisierung der mittleren kinetischen Energie der Teilchen erfolgt auch dann, wenn sich das Gas nicht im thermodynamischen Gleichgewicht mit seiner Umgebung befindet, wie z.B. im Fall der interstellaren Materie.

Abschließend sollen noch zwei Temperaturbegriffe erwähnt werden, die ebenfalls von astrophysikalischer Bedeutung sind. Es handelt sich zunächst um die Anregungstemperatur, die die Verteilung von Atomen eines Elements auf unterschiedliche Anregungszustände kennzeichnet. Ist diese Temperatur niedrig, so befinden sich fast alle Elektronen auf dem Grundniveau, dem niedrigsten Anregungszustand. Mit wachsender Anregungstemperatur nimmt die Besetzung der

Komponente der interstellaren Materie	Temperatur [K]	
Strahlungsfeld (Photonen)	Effektivtemperatur	3...4
	Farbtemperatur	15000
molekulares Gas (H_2)	kinet. Temperatur	10..100
neutrales Gas (HI-Wolken) (HI-Zwischenwolkengas)	dto.	50..100
	dto.	10^3 .. 10^4
ionisiertes Gas (HII-Gebiete) ("Koronaes Gas")	dto.	10^4
	dto.	10^4 .. 10^6
Staub	Farbtemperatur	20...80
kosmische Strahlung	nichtthermisches Verhalten	

höheren Niveaus zu (Boltzmann-Verteilung). Den Wert der Anregungstemperatur erhält man aus der Untersuchung der Stärke von Absorptionslinien eines Elements im Sternspektrum.

Als letzter Temperaturbegriff soll, ohne dabei Vollständigkeit erreicht zu haben, der der Ionisationstemperatur erläutert werden. Es handelt sich ebenfalls um eine Temperatur, die eine Verteilung kennzeichnet, nämlich die Verteilung von Atomen auf unterschiedliche Ionisationszustände. Mit zunehmender Ionisationstemperatur treten immer häufiger Atome auf, die zweifach, dreifach und höher ionisiert sind. In ähnlicher Weise wie bei der Anregungstemperatur erhält man den Wert der Ionisationstemperatur aus der Untersuchung von Spektrallinien eines Elements, die aber von Atomen verschiedener Ionisationsstufen hervorgebracht werden. Jedoch ist dabei zu berücksichtigen, daß der Ionisationsgrad nicht nur von der Ionisationstemperatur, sondern auch von der Elektronendichte abhängt.

Damit ist unser Exkurs über astronomische Temperaturen beendet, in dem versucht wurde, trotz einer möglicherweise verwirrenden

Vielfalt von Temperaturdefinitionen den physikalischen Hintergrund darzustellen und Möglichkeiten zur Temperaturbestimmung aufzuzeigen. Vielleicht kann eine kleine Aufgabe zur Verständlichkeit beitragen. Versucht, ausgehend von der gegebenen Effektivtemperatur unserer Sonne, die des Sterns HD 93250 zu berechnen. Dieser Stern befindet sich im η -Carina-Komplex, einem Gebiet, in dem gegenwärtig Sterne entstehen. Sein Durchmesser ist das Neunzehnfache des Sonnendurchmessers und seine Leuchtkraft beträgt $2.4 \cdot 10^6$ Sonnenleuchtkräfte. Er gehört damit zu den hellsten Sternen unseres Milchstraßensystems (und auch zu den "heißesten").

BÜCHERMARKT

Autorenkollektiv:

„Faszination Weltraumflug“

VEB Fachbuchverlag Leipzig

1. Aufl. 1985, 222 Seiten, Preis 28,- M, Bestell-Nr. 5469304

Die Astronautik ist seit mehr als einem Vierteljahrhundert aus dem Leben der Menschen nicht mehr wegzudenken und "Kosmonaut" seit langem eine eigenständige Berufsbezeichnung. Dies wird einem erneut bewußt, wenn man den im Fachbuchverlag Leipzig erschienenen Bild-Text-Band "Faszination Weltraumflug" liest. Bis zum Redaktionsschluß der ersten Auflage, dem 31.7.1984, hatten 103 bemannte Raumflüge stattgefunden, über die sich im Anhang u.a. eine chronologische Aufstellung findet, die später fortgesetzt werden soll.

Wie schon sein Vorläufer "Raketen, Satelliten, Raumstationen" (Fachbuchverlag 1979) erschien auch dieser Band in Zusammenar-

beit mit der URANIA. Prof.Dr. Leibnitz, der kürzlich verstorbene URANIA-Präsident, hebt im Geleitwort hervor, daß das Buch für Interessenten an der bemannten Raumfahrt geschrieben wurde, und daß es die Verantwortung des auf diesem Gebiet schöpferisch tätigen Menschen für eine friedliche Gegenwart und Zukunft unterstreicht. Diesem Anliegen wird besonders der erste Beitrag von H.J. FISCHER gerecht, während K. MARQUART interessante Interviews mit einer Auswahl von Interkosmonauten (5) beisteuert. Biologisch-medizinische Probleme stellen die mit Raumfahrtmedizin befaßten Autoren HECHT, HAASE und HANDT vor, und die Philosophin HAGER untersucht das Verhältnis "Mensch und Automaten im Weltall".

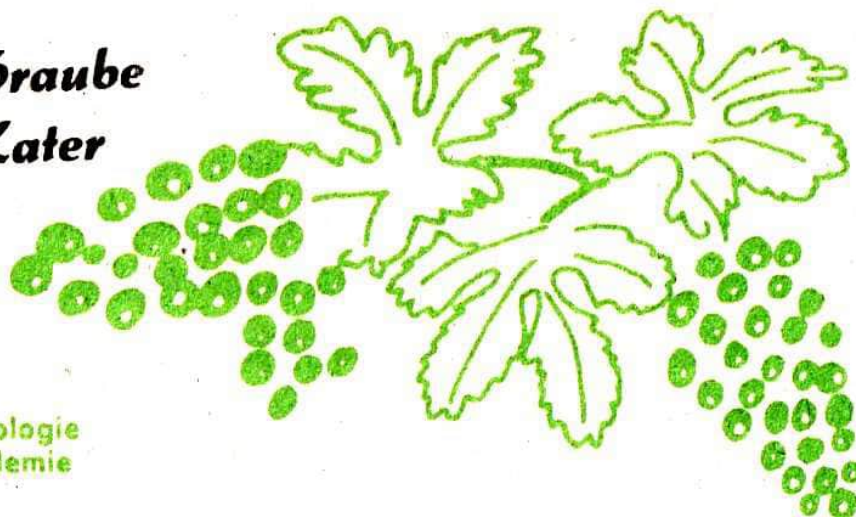
Der sowjetische Beitrag, von BEREHOWOI und GILBERG verfaßt, nennt sich "So begann es im Sternenstädtchen". Hier wird das Leben der Kosmonautenfamilien in dem 40 km nordöstlich von Moskau gelegenen Kosmonautenausbildungszentrum beschrieben, besonders ausführlich aber der schwere Trainingsweg, die Methodik und Technik sowjetischer Kosmonauten und der mit ihnen freundschaftlich verbundenen Raumflieger anderer Länder.

Die Gemälde des sowjetischen Weltraummalers SOKOLOW und seines Freundes A. LEONOW, einem sowjetischen Kosmonauten, die dem Band vorangestellt bzw. am Schluß angefügt wurden, hätte man sich beim Preis von 28,- M drucktechnisch besser gewünscht. Auch ist die Autorenschaft dieser Bilder im einzelnen nicht ersichtlich.

Unter den Fotos, hauptsächlich zur Weltraumtechnik und meist in Farbe, findet sich auch manches Neue.

Wolfgang König
Schul- und Volkssternwarte Suhl

Wein- von der Traube bis zum Kater



Dr. G. Hüller
Abteilung für
klinische Pharmakologie
Medizinische Akademie
Erfurt

(aus „impuls 68“ 10/74)

Versucht man, die Geschichte des Weines zurückzuverfolgen, so scheint es, als wäre der Wein - nach dem Wasser - eines der ältesten Getränke des Menschen. In den Sklavenhalterstaaten des Altertums, in Ägypten und Mesopotamien war der Weinbau bereits allgemein verbreitet. Die Wandlung des Weins vom medizinischen oder kultischen Getränk zum Volksgetränk vollzog sich im alten Griechenland. Besonders anschaulich zeigte sich das u.a. an den Gedichten des griechischen Dichters ANAKREON, der um 600 v.u.Z. lebte. Über das römische Reich gelangte der Weinbau (etwa zur Zeitenwende) nach Gallien und Germanien, wo er sich rasch ausbreitete. Bereits zur Zeit



Abb. 1 Altägyptische Darstellung der Weinlese.

Karls des Großen war der Weinbau im Frankenreich (Frankreich, Deutschland, Oberitalien und Teile Spaniens) so weit verbreit-

tet, daß sich der Kaiser veranlaßt sah, Richtlinien für den Wein- und Obstbau zu erlassen (812), in denen u.a. das Stampfen der Weintrauben mit nackten Füßen als unappetitlich angesehen und deshalb verboten wird.



Abb. 2 Jenaer Grenzstein



Abb. 3 Jenaer Stadtwappen

Seit dieser Zeit ist der Weinbau im deutschsprachigen Raum heimisch, wobei er während des Mittelalters wohl seine größte Blüte (mit einem Verbrauch von etwa 150 Liter pro Jahr und

Kopf dürfte diese Zeit die Hauptzechperiode des deutschen Volkes gewesen sein) und im Gefolge des dreißigjährigen Krieges seine größte Krise erlebte.

Der Schritt vom Quantitätsweinbau des Mittelalters zum heute üblichen Qualitätsweinbau vollzog sich im 19. Jahrhundert, wo parallel zur Verringerung der produzierten Menge die Qualität des Weins stieg.

In der DDR wird im Saale-Unstrut-Gebiet und im Elbtalkessel (vergl. Abb.4) Weinbau betrieben. Im Saale-Unstrut-Gebiet werden leichte, frische und harmonische Weine gewonnen, während

diejenigen des Elbegebietes etwas voller und milder sind. Im Jahr 1968 wurden in der DDR 15 000 hl Wein auf einer Rebfläche von 330 ha erzeugt (davon 195 ha im Saale-Unstrut-, 135 ha im Elbe-Gebiet), wobei die erzeugte Menge durch Modernisierung und Vegrößerung der Rebflächen erheblich gesteigert werden soll.

1. Rebsorten

Die Weingewinnung beginnt mit dem Anbau der Weinrebe. Auf alle damit in Zusammenhang stehenden Probleme soll jedoch nicht eingegangen werden, sondern es sollen nur kurz einige Rebsorten erwähnt werden, die in der DDR angebaut werden. Eine der edel-

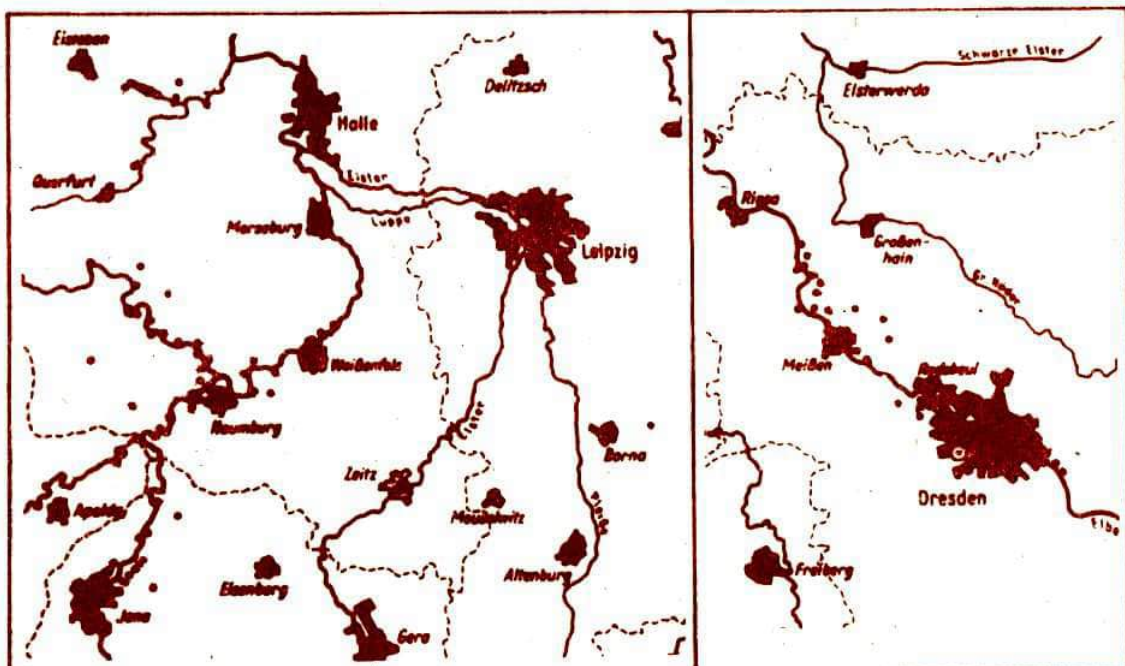


Abb. 4 Hauptanbaugebiete des Weines in der DDR

sten Keltertrauben ist der Riesling (weißer Riesling - im Unterschied zum Welschriesling, aus dem überwiegend die Riesling-Weine der anderen sozialistischen Staaten bereitet werden). Der Riesling liefert bukettreiche, rassige Weine, die eine angenehme Säure besitzen. Da er zu den spätreifenden Sorten gehört, wird er in der DDR nur in ausgesprochen günstigen Weinbergsla-

gen angebaut (etwa 3% der Gesamtmenge).

Eine ebenfalls edle Rebsorte ist der grüne Silvaner, der angenehme Tischweine liefert. Er ist die bei uns am häufigsten angebaute Art. Eine verhältnismäßig junge Rebsorte ist die Müller-Thurgau-Rebe (Kreuzung aus Silvaner und Riesling), die blumige, milde und im Vergleich zum Riesling säurearme Weine liefert. Sie ist beim Anbau anspruchslos und wenig frostempfindlich, so daß sie bei uns in weniger günstigen Lagen angebaut wird.

Andere, in der DDR angebaute Sorten sind der Weißburgunder und der Traminer (insbesondere im Elbe-Gebiet), die milde und alkoholreiche Weine liefern und der Gutedel, der einen lieblichen und säurearmen Wein ergibt, der aber kein ausgesprochener Qualitätswein mehr ist.

Von den Rotweinsorten wird bei uns nur der blaue Portugieser angebaut, aus dessen Trauben milde und fruchtige Rotweine gewonnen werden.

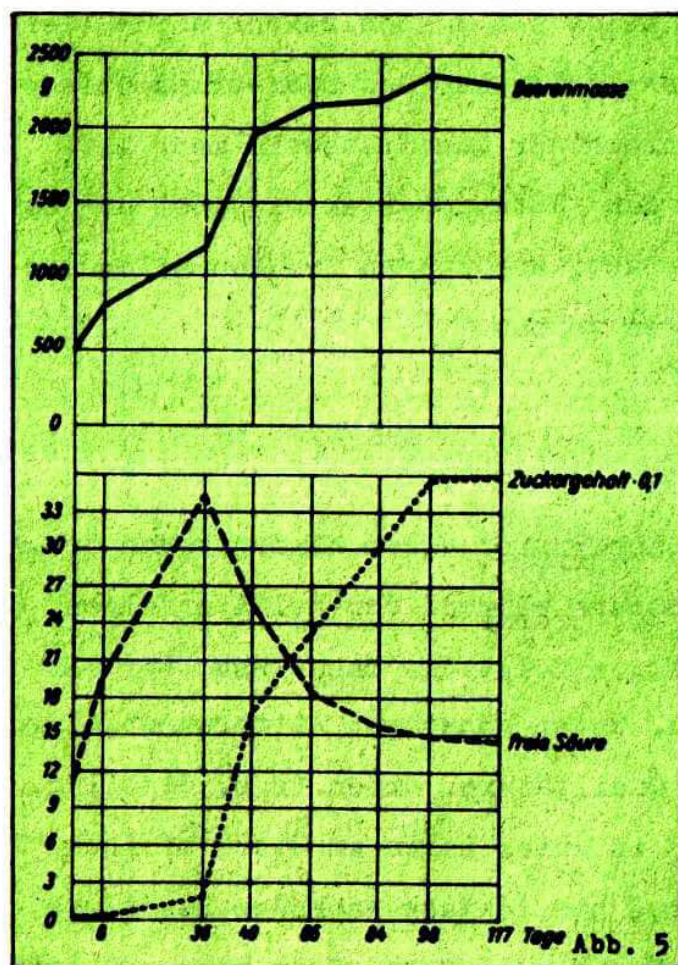
2. Weinbereitung

Die Abb.5 gibt einen Eindruck von den Änderungen, die in der Weinbeere während der Reife erfolgen. Sind die Beeren ausgereift, erfolgt die Hauptlese, bei der der größte Teil geerntet wird. Unter günstigen Witterungsbedingungen können die Trauben von Qualitätsrebsorten (z.B. Riesling, Silvaner und Weißburgunder) in guten Lagen am Stock bleiben. Sie werden als "Spätlese" etwa 8 bis 14 Tage nach der Hauptlese geerntet. Diese überreifen Trauben liefern einen besseren Wein, so daß die Bezeichnung "Spätlese" auf einem Weinetikett gleichzeitig eine Gütekennung darstellt.

Eine besondere Form der Lese stellt die Auslese dar, bei der

voll- bis überreife Beeren vom übrigen Lesegut getrennt und gesondert verarbeitet werden. Auch diese, meist hervorragenden und mit "Auslese" gekennzeichneten Weine können nur von Qualitätsrebsorten hergestellt werden. Eine Abart der "Auslese" ist die "Trockenbeeren-Auslese", die allerdings nur in wenigen, meist südlichen Weinbau-Gebieten (z.B. Gegend von Tokaj in der VR Ungarn) möglich sind. Hierbei werden die Beeren so lange am Stock gelassen, bis ein Teil des Wassers verdunstet ist, wodurch sehr konzentrierte Moste erhalten werden, die der Dessertweinabereitung (z.B. Tokaj Aszu) dienen.

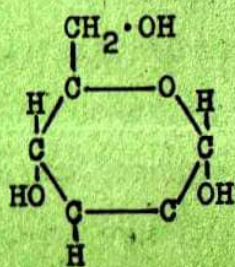
Die Lese stellt Höhepunkt und Abschluß der Arbeiten im Weinberg dar und kann als der Beginn der eigentlichen Weinbereitung angesehen werden, denn sowohl die Festlegung des Zeitpunktes der Lese als auch die Bedingungen, unter denen sie durchgeführt wird (trockene oder feuchte Witterung u.a.), sind entscheidend für die Qualität des herzustellenden Weines.



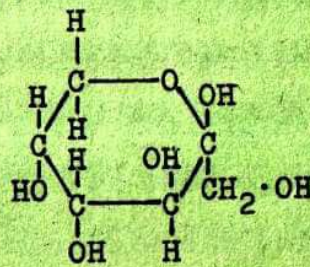
Die gelesenen Beeren werden in der Regel in sogenannten Traubenmühlen zerdrückt, so daß eine breiartige Masse, die Maische, entsteht. Häufig sind den Traubenmühlen Abbeermaschinen vorgeschaltet, in denen die Beeren von den Stielen getrennt werden.

2.1. Die Weißweinbereitung

Nach etwa drei Stunden wird der Saft von den übrigen Bestandteilen abgepreßt (Kelterung) und man erhält den Most, in dem im allgemeinen nach etwa einem Tage eine merkliche Vermehrung der im Traubenmost enthaltenen Weinhefen einsetzt, wobei der gelöste Sauerstoff verbraucht wird. Bei eintretendem Sauerstoffmangel setzt die alkoholische Gärung ein, da jetzt die Hefen ihren Energiebedarf durch den Abbau vergärbarer Zucker zu Alkohol und Kohlendioxid decken. Solche vergärbaren Zucker sind die Hexosen (Summenformel $C_6H_{12}O_6$) Glukose und Fruktose, deren Menge in den Weinbaugebieten der beiden deutschen Staaten 100 bis 250g/l beträgt (Spät- und Auslesen erreichen einen Zuckergehalt bis 450g/l, zum Vergleich: Obstsäfte enthalten 50 bis 100g/l).

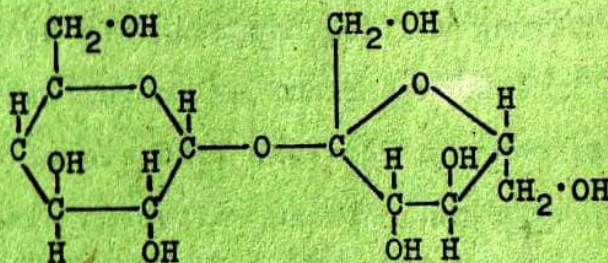


D - Glukose



D - Fruktose

Daneben sind noch geringe Mengen vergärbare Saccharose (Rübenzucker)



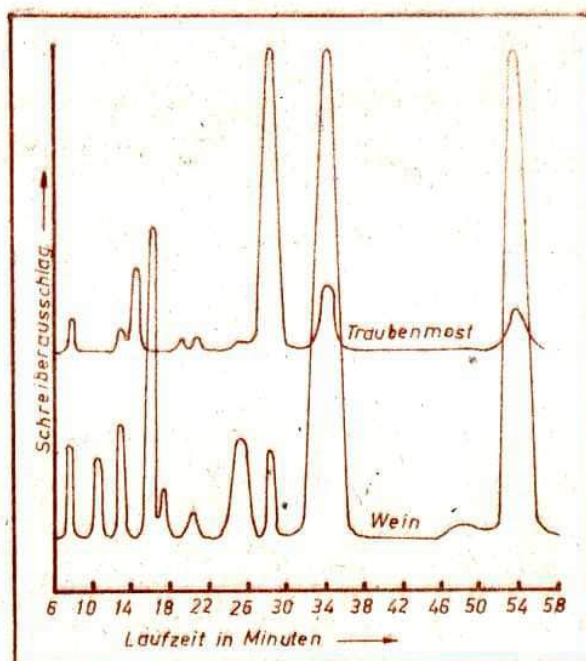
Saccharose

und unvergärbarer Zucker der Summenformel $C_5H_{10}O_5$ (Pentosen) enthalten.

Im Verlauf der alkoholischen Gärung erfährt der Traubenmost neben der Umsetzung von Zucker zu Alkohol eine durchgreifende Veränderung in der chemischen Zusammensetzung. Das zeigt deutlich die Gegenüberstellung der Gaschromatogramme eines Morio-Muskat-Traubenmostes mit dem entstandenen Wein (Abb.6).

Man erkennt an der Signalthöhe, daß die Mehrzahl der Inhaltsstoffe des Weins im Most gar nicht oder nur in sehr kleinen Mengen vorhanden war und daß umgekehrt einige Stoffe des Mostes im Wein weitgehend verschwunden sind. Insgesamt gesehen ist der Wein reicher an Inhaltsstoffen als der Most. Wie durchgreifend die stofflichen Veränderungen sind, hängt vom Ausmaß der Gärung ab.

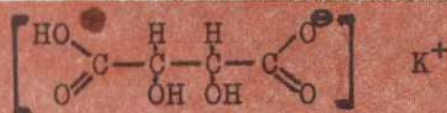
Das erklärt auch, warum zuckerreiche Moste in der Regel bessere Weine ergeben, obwohl bei normaler Gärung der vergärbare Zucker nahezu vollständig vergoren wird. Bei unseren einheimischen Weinen setzt nach etwa 2 bis 3 Tagen die stürmische Gärung ein, die wiederum nach etwa 4 bis 5 Tagen in eine gemäßigte Gärung abklingt.



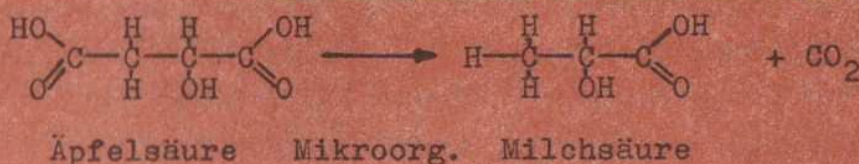
Die gesamte Gärung dauert etwa 10 bis 20 Tage (bei konzentrierten Auslese-Mosten kann sie über ein halbes Jahr andauern).

Der nach dem Ende der Gärung vorliegende Jungwein bedarf noch eines Reifeprozesses, in dessen Verlauf er an Qualität gewinnt. Diese als "Ausbau" bezeichneten Prozesse sind einmal der Säureabbau und zum anderen Verfahren, die im weitesten Sinn der Stabilisierung des Weines dienen. Beim Säureabbau handelt es sich einmal um eine bereits während der Gärung einsetzende mengen-

mäßige Verringerung des Gehaltes an Weinsäure durch Ausscheiden von Kaliumbitartrat (Weinstein)



infolge der mit steigender Alkoholkonzentration abnehmenden Löslichkeit des Salzes (sogenannter chemischer Säureabbau). Dieser physikochemische Prozeß beeinflußt aber den sauren Geschmack des Weines kaum, da gleichzeitig alkalische Bestandteile ausgeschieden werden. Bedeutsamer ist der biologische Säureabbau, der einige Wochen nach Ende der Gärung einsetzt. Hierbei wird durch Mikroorganismen die stärkere Äpfelsäure in die weniger saure Milchsäure umgewandelt,



was sich in einer Zunahme des pH-Wertes (Abnahme der H^+ -Ionenkonzentration) äußert, der in einem unmittelbaren Zusammenhang mit dem sauren Geschmack steht (Geschmacksrezeptoren reagieren auf H^+ -Ionen), so daß nach dem biologischen Säureabbau der Wein milder schmeckt. Der Umfang des biologischen Säureabbaus ist von der Herkunft des Weins abhängig. Insbesondere Weine, die auf alkalischen Muschelkalkböden gewachsen sind (z.B. Saale-Unstrut-Weine), neigen zu einem starken Säureabbau, der sich oft auch noch in der Flasche fortsetzt. Bei langer Lagerung führt der vollständige Säureabbau zu einem faden Geschmack.

Ein Prozeß zur Stabilisierung des Weins ist das Schwefeln, wobei der Wein eine bestimmte Konzentration an schwefliger Säure erhält (in der DDR: max. 50mg/l als freie Säure, aber höchstens 300mg/l als Säure und Salz).

Fortsetzung Heft 3/86

Doz. Dr. sc. nat.
H. Ritschel
PH „Karl Liebknecht“
Potsdam
Sektion Ma/Phy

Ein künstlicher Leuchtkäfer –
Neue Möglichkeiten
der Untersuchung
dynamischer Systeme

CHEMIE

In warmen Sommernächten läßt sich, bevorzugt in Wäldern in feuchter Lage mit Gras- und Strauchbewuchs unter den Bäumen das faszinierende Schauspiel des irrlichternden Leuchtens und Blitzens von Leuchtkäfern erleben. Es gibt ungefähr 2000 Arten von Leuchtkäfern, die auf der ganzen Welt, besonders in den Tropen verbreitet sind und die sich hinsichtlich ihrer Lichtsignalabgabe (Stärke, Dauer und Frequenz) teilweise wesentlich unterscheiden. Gegenwärtig weiß man am meisten über die Biolumineszenz (BL) des amerikanischen Leuchtkäfers (*Photinus pyralis*). Dieser Leuchtkäfer und verwandte Arten haben eine Lichtsignalsprache entwickelt, die ihnen das Finden des Partners ermöglicht. Das Biolumineszenzsystem des Leuchtkäfers besitzt offenbar die hochwichtige Eigenschaft der Steuerbarkeit bzw. Anregbarkeit durch äußere Einwirkung. Unterschiedliche Biolumineszenzsysteme verschiedener Arten von Leuchtkäfern führen zu einer Klassifizierung der Biolumineszenz in 4 Typen:

[1.] kontinuierlich, **[2.]** intermittierend, **[3.]** Pulsation, **[4.]** Blitzen.

Von besonderem Interesse beim Studium dynamischer Systeme ist die oszillierende Biolumineszenz (OBL) der Typen 3. und 4. Unter dynamischen Systemen werden solche verschiedenartigsten Systeme aus Physik, Chemie, Biologie, Ökologie und Kybernetik verstanden, die durch die Gesetze der Selbstorganisation und Evolution beherrscht werden. Ihr Studium ist von umfassender, grundlegender Bedeutung für die Klärung von Grundfragen der Wissenschaften bis hin zur Klärung der Frage nach der Entstehung und Entwicklung des Lebens auf der Erde. Da wir in der Wissenschaft von der Selbstorganisation und Evolution trotz der im letzten Jahrzehnt erfolgten stürmischen Entwicklung noch am Anfang stehen, ist die Auffindung und das Studium einfacher, der mathematischen Beschreibung gut zugänglicher dynamischer Systeme von großer Wichtigkeit.

Solche Modellsysteme ermöglichen die Aufklärung der allgemeinen Bedingungen für Selbstorganisation und Evolution. Die dissipative Selbstorganisation, spontane Ausbildung von wohlorganisierten Strukturen in vorher ungeordneten Systemen, hervorgerufen durch Austausch mit der Umgebung, ist eines der faszinierendsten Phänomene überhaupt. Sie ist mit großem Erfolg an chemischen, oszillierenden Systemen zu erforschen. Solche chemischen Systeme erfüllen nämlich die Bedingungen an ein Modellsystem zur Aufklärung der Selbstorganisation: Nichtlineare Bewegungsgleichungen des Systems und großer Abstand des Systemzustandes vom Gleichgewichtszustand. Letztere Bedingung liefert auch ein Argument zur klaren Unterscheidung von durch dissipative Selbstorganisation bewirkten Strukturen und den grundsätzlich davon verschiedenen Gleichgewichtsstrukturen. Während Strukturen durch dissipative Selbstorganisation Nichtgleichgewicht voraussetzen, verursacht u. a. durch Lichteinstrahlung beim Laser, Temperaturgradienten bei BENARD-Zellen, Konzentrationsunterschiede bei chemischen Oszillationen, können Gleichgewichtsstrukturen sehr wohl im (thermodynamischen) Gleichgewicht existieren. Bekannte Beispiele für Gleichgewichtsstrukturen sind die Kristallstrukturen der Kristalle. Eines der meistuntersuchten chemischen dynamischen Systeme ist das BELOUSOV-ZHABOTINSKIJ-Reaktionssystem. In diesem System ändern sich bei Nachlieferung verbrauchter Substanz die Konzentrationen wichtiger an der Reaktion beteiligter Spezies in oszillatorischer Weise. Das BELOUSOV-ZHABOTINSKIJ-Reaktionssystem (kurz: BZ-System) zeigt demnach eine durch Selbstorganisation bewirkte spontane zeitliche Struktur. Diese spontane zeitliche Strukturbildung ist die Grundlage für ein von der Arbeitsgruppe "Photophysik" der Sektion Mathematik/Physik der Pädagogischen Hochschule "Karl Liebknecht" Potsdam entwickeltes prinzipiell neuartiges Verfahren zur Erzeugung periodischer Lichtemissionen unter Verwendung von Chemilumineszenz (DDR-Wirtschaftspatent WP C 09K/244 540/6). Es wird dabei davon ausgegangen, daß unter bestimmten Bedingungen die Konzentrationsoszillationen im BELOUSOV-ZHABOTINSKIJ-Reaktionssystem mit oszillierender Chemilumineszenz (OCL) verbunden sind: ein künstlicher Leuchtkäfer wurde geschaffen. Bisher wurden zwei Hauptmechanismen festgestellt, die oszil-

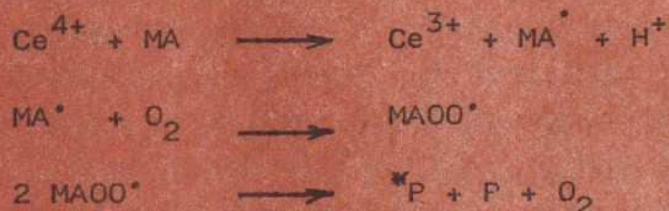
lierende Chemilumineszenz bewirken können: 1. Elektronentransfer-Reaktionen, 2. Peroxidradikalbildung und Radikalkettenabschluß.

Das bestuntersuchte BELOUSOV-ZHABOTINSKIJ-Reaktionssystem mit oszillierender Chemilumineszenz durch Elektronentransfer-Reaktion ist das $\text{Ru}(\text{bipy})_3^{2+}$ katalysierte System. In diesem BZ-System ist der Rutheniumkomplex $\text{Ru}(\text{bipy})_3^{2+}$ (Abkürzung für das Tris(2,2-Bipyridyl)ruthenium(II)-Kation) Katalysator der Reaktion. Er tritt in den Oxydationsstufen 2 und 3 auf. Die Elektronentransfer-Reaktion ist hier Reduktion des Katalysators durch Malonsäure $\text{CH}_2(\text{COOH})_2$:



Sie führt zur elektronisch angeregten Ruthenium(II)-Spezies ${}^*\text{Ru}(\text{bipy})_3^{2+}$, die durch strahlende Desaktivierung unter Lichtemission in den Grundzustand (d. h. nichtangeregter Zustand) übergeht. Die so bewirkte Elektronentransfer-Chemilumineszenz muß wegen des Arbeitens mit Überschuß von Malonsäure und der oszillatorischen Veränderung der $\text{Ru}(\text{bipy})_3^{3+}$ -Konzentration bei der BZ-Reaktion ebenfalls oszillatorisch sein.

Ein BZ-System mit Peroxidradikal-Chemilumineszenz ist das Cerium-katalysierte BELOUSOV-ZHABOTINSKIJ-Reaktionssystem. Katalysator dieses Systems ist das Redoxpaar $\text{Ce}^{3+}/\text{Ce}^{4+}$. Die beobachtete oszillierende Chemilumineszenz kann nicht von den Cerium-Ionen herrühren, da diese im untersuchten Bereich keine Emission zeigen. Die OCL wird hier vielmehr durch Radikalkettenbildung und Peroxidradikalzerfall verursacht:



wobei

MA - Malonsäure

MA^* - Malonylsäureradikal

MAOO^* - Malonylsäureperoxidradikal

${}^*\text{P}, \text{P}$ - angeregtes bzw. nicht angeregtes Produkt.

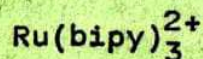
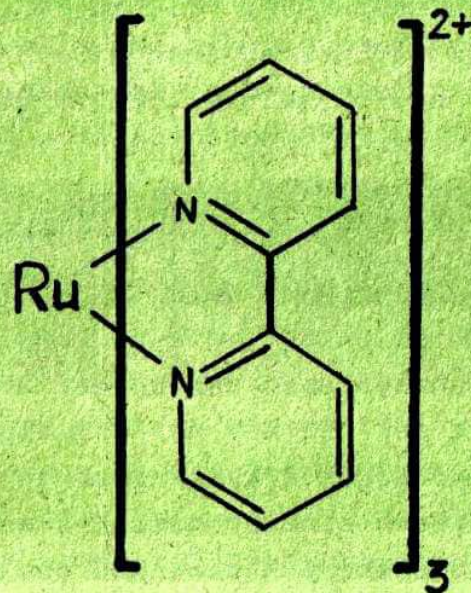
Durch die oszillierende Chemilumineszenz von BZ-Systemen ergibt sich einerseits die Möglichkeit, das Studium zu den Grundlagen dynamischer Systeme mit dem Ziel der Aufklärung der Bedingungen für dissipative Selbstorganisation auf völlig neuartige Weise durchzuführen. Die autooszillierende Chemilumineszenz liefert eine neue Methode, den Zustand eines chemischen dynamischen Systems äußerst empfindlich und exakt zu erfassen, ohne Störung von außen durch die Messung, wie im Falle der Anwendung anderer Methoden, z. B. der Messung der Lichtabsorption, der Messung von elektrischen Elektrodenpotentialen u. a. m. .

Das System gibt durch die OCL von sich aus Kenntnis über seinen Zustand.

Andererseits besteht die Möglichkeit, die an komplizierten enzymatischen Biolumineszenzsystemen der Leuchtkäfer erhaltenen experimentellen Ergebnisse der OBL auf der Grundlage der am einfachen Modellsystem gewonnenen Erkenntnisse genauer zu interpretieren und theoretisch einzuordnen. Grundsätzlich ist festzustellen, daß die gemessene OCL bzw. OBL die Möglichkeit für die Aufklärung des zugrundeliegenden Reaktionsmechanismus gibt.

Weder das "Glüh"-würmchen, noch der künstliche Leuchtkäfer leuchten infolge "Glühens". Das abgestrahlte Licht wird auch als "kaltes" Licht bezeichnet, da es nicht durch thermische Anregung entsteht. Vielmehr entstehen im Reaktionszyklus elektronisch angeregte Spezies, die unter Lichtausstrahlung in den elektronischen Grundzustand zurückgehen (Chemilumineszenz bzw. Biolumineszenz). Das ist die Basis aller Untersuchungen. Der künstliche Leuchtkäfer wurde kürzlich fast gleichzeitig und unabhängig voneinander gefunden von der Arbeitsgruppe Photo-physik der Sektion Mathematik/Physik der Pädagogischen Hochschule "Karl Liebknecht" Potsdam (Junghänel, Ritschel) und einer Arbeitsgruppe Photochemie des Instituto Chimico "G. Ciamician" an der Universität Bologna/Italien (Balzani, Bolletta). Beide Arbeitsgruppen fanden als Künstlichen Leuchtkäfer eine homogene schwefelsaure Lösung von Malonsäure, Bromat und einem Rutheniumkomplex. Das durch den Rutheniumkomplex katalysierte BELOUSOV-ZHABOTINSKIJ-Reaktionssystem zeigt eine sehr kräftige

OCL. Die bisherigen Untersuchungen zur oszillierenden Chemilumineszenz erbrachten bereits eine Reihe neuer Erkenntnisse zur dissipativen Selbstorganisation chemischer dynamischer Systeme.



Tris(2,2'-bipyridyl)ruthenium(II)-Kation

Man sollte immer versuchen, alle Sachen,
auch die gewöhnlichsten,
die ganz selbstverständlich dazusein scheinen,
mit neuen, erstaunten Augen,
wie zum ersten Mal, zu sehen.

Thomas Mann

Wind, was nichts weiter ist als strömende Luft, entsteht überall dort, wo es in der Atmosphäre zum Zusammentreffen von Luft unterschiedlicher Dichte und unterschiedlichen Drucks kommt. Die Dichte der Luft wiederum wird durch Faktoren wie Feuchtigkeit oder Temperatur beeinflusst. Den Einfluß der Temperatur kann man an einem sehr einfachen Beispiel erläutern. Dazu jedoch erst ein paar Vorbemerkungen zum besseren Verständnis: Der Luftdruck, den wir am Boden messen können, entsteht durch das Gewicht der Luftsäule über dem Meßinstrument. Da das Gewicht dem Produkt aus Masse und Erdbeschleunigung entspricht, ist der Luftdruck in Erdbodennähe zunächst temperaturunabhängig, solange noch keinerlei seitliche Luftbewegungen auftreten und die Luftsäule folglich eine konstante Masse behält. Ebenso leicht verständlich ist es, daß in größeren Höhen ein kleinerer Druck gemessen wird, da ja nun entsprechend der kürzeren Luftsäule nur noch eine kleinere Masse auf dem Meßinstrument ruht. Da die Temperatur, wie oben erwähnt, unmittelbar die Dichte der Luft beeinflusst, verschieben sich bei Temperaturänderung die Höhen gleichen Luftdrucks.

Diese Höhen gleichen Drucks kann man durch Isobarenflächen darstellen. Diese sind durchaus nicht eben, sondern weisen eine Topografie auf, die der geografischen Topografie der Erde ähnlich ist.

Doch nun zum angekündigten Beispiel:

Abb. 1a) stellt zunächst ein ausgeglichenes Druckverhältnis dar. Die Isobaren verlaufen waagrecht und parallel zum Untergrund. Die Hebung der Isobaren in b) hat ihre Ursache in einer ungleichmäßigen Erwärmung des Untergrundes. Man stelle sich z.B. eine starke Sonneneinstrahlung auf die Ostseeküste vor.

Aus eigener Erfahrung weiß jeder, daß sich der Sand sehr stark

erwärmt, das Wasser jedoch praktisch die gleiche Temperatur behält. Nach den vorangegangenen Erörterungen ist die ungleichmäßige Verschiebung der Isobaren verständlich.

Nun ist aber ein Dichte- bzw. Druckgefälle entstanden. Die Luft über dem Land beginnt, dem Gefälle folgend, auf das Meer zuzufließen. Diese Höhenluftströmung hat einen fallenden Luftdruck auf dem Lande zur Folge. Umgekehrt steigt der Luftdruck über dem Meer. Abb. 1c) zeigt, daß dadurch die Isobaren über dem Meer zusammengedrückt werden. Durch das Abströmen der Landluft entsteht gleichzeitig ein Sog. Erst jetzt kann sich die Strömung ausbilden, die wir als Seewind kennen.

Durch dieses Beispiel kann man erkennen, daß Wind nicht etwa nur eine Luftströmung in eine bestimmte Richtung ist, sondern daß es sich vielmehr um ein lokal begrenztes Zirkulationssystem handelt.

Solche Systeme machen sich z.B. auch als Berg- und Talwinde bemerkbar. Dort wird die Zirkulation durch die stärkere Erwärmung der Luft im Tal hervorgerufen.

Die großen Zirkulationssysteme und die Corioliskraft

Ebenso wie die kleinen Zirkulationssysteme durch Erwärmung und Abkühlung im Tagesrythmus entstehen, kommt es im Zusammenhang mit der Erwärmung und Abkühlung ganzer Kontinente gegenüber den Ozeanen im jahreszeitlichen Wechsel von Sommer und Winter zu gleichartigen Zirkulationen, nur mit entschieden größeren Ausdehnungen. Dabei tritt nun aber die Corioliskraft auf, die einen entscheidenden Einfluß auf die Entwicklung von Großwetterlagen hat.

Daß die Beurteilung einer Bewegung abhängig ist vom gewählten Bezugspunkt, ist jedem klar. Schließlich sitzt man im Auto still, während dieses dabei mit großer Geschwindigkeit die Straße entlangfährt. Sehen wir nicht aus dem Fenster und fährt das Auto mit konstanter Geschwindigkeit, bemerken wir kaum, daß wir fahren. Anders ist es, wenn wir durch eine Kurve fahren. Die Kräfte, die uns in Richtung der Außenseite der Kurve drücken, sind Trägheitskräfte. Man nennt sie auch Scheinkräfte, da sie nur für den im beschleunigten Bezugssystem mitbewegten Beobachter Realität besitzen, denn eigentlich wirken auf ihn keine anderen Kräfte als vorher. (Das gleiche gilt beim An-

fahren und Bremsen des Autos, also bei jeder Art von Beschleunigung.) Die Corioliskraft ist die Kraft, die durch die Rotation der Erde hervorgerufen wird. Sie lenkt jede Bewegung auf der Nordhalbkugel nach rechts und auf der Südhalbkugel nach links ab.

Wie macht sie das?

Betrachten wir zunächst die Nordhalbkugel:

Bei Bewegungen in Richtung der Meridiane kann man das leicht verstehen, wenn einem bewußt wird, daß sich die Erdoberfläche um so schneller um die Rotationsachse der Erde dreht, je mehr man sich dem Äquator nähert, denn ein Punkt auf dem Äquator muß in 24 Stunden eine viel größere Strecke zurücklegen als ein Punkt in Polnähe. Betrachten wir nun ein "Luftpaket", das in Äquatornähe ruht, d.h. bezüglich der Erdoberfläche seine Lage nicht ändert, so führt es mit der Erdoberfläche eine Bewegung in Richtung Osten aus. Setzt sich das "Luftpaket" in nördlicher Richtung in Bewegung, behält es entsprechend dem Trägheitsgesetz seine östliche Geschwindigkeitskomponente bei. Die Geschwindigkeit der Erdoberfläche um die Erdachse wird aber nach dem Norden zu immer kleiner. So scheint es, als würde das "Luftpaket" der Erdrotation vorauslaufen, was wir als Rechtsablenkung von der ursprünglich nördlichen Bewegungsrichtung registrieren. Genauso können wir uns ein "Luftpaket" vorstellen, das seine Bewegung am Nordpol beginnt. Auf seinem Weg nach Süden wird sich die Erde regelrecht unter ihm wegrehen, da ja jetzt die Geschwindigkeit der Erdoberfläche um die Erdachse zunimmt. Das Zurückbleiben des "Luftpakets" macht sich wieder als Rechtsabweichung bemerkbar.

Die Rechtsablenkung bei Bewegungen entlang der Breitenkreise zu verstehen, ist etwas schwieriger. Dazu wieder erst ein paar Vorbemerkungen:

Die Rotation der Erde um ihre Achse bewirkt eine Zentrifugalkraft, die senkrecht von der Achse nach außen gerichtet ist. Wie Abb. 2 zeigt, ergeben die Gravitationskraft und die Zentrifugalkraft zusammen eine resultierende Schwerkraft, die nicht auf den Erdmittelpunkt gerichtet ist. Das heißt aber, daß sich alle beweglichen Elemente auf der Erdoberfläche auf den Äquator zubewegen müßten, bis die Schwerkraft sie senkrecht auf die Erdoberfläche drückt. Die leicht abgeplattete Form der Erde ist

ein Ergebnis dieser Verhältnisse. Auch die Wasseroberfläche der Ozeane hat sich so eingestellt, daß die resultierende Schwerkraft senkrecht auf ihr steht. Wichtig für das Folgende ist auch, daß die Zentrifugalkraft abhängig von der Geschwindigkeit der Bewegung um die Rotationsachse ist.

Nun zurück zum Problem:

Wenn sich unser "Luftpaket" von West nach Ost bewegt, bewegt es

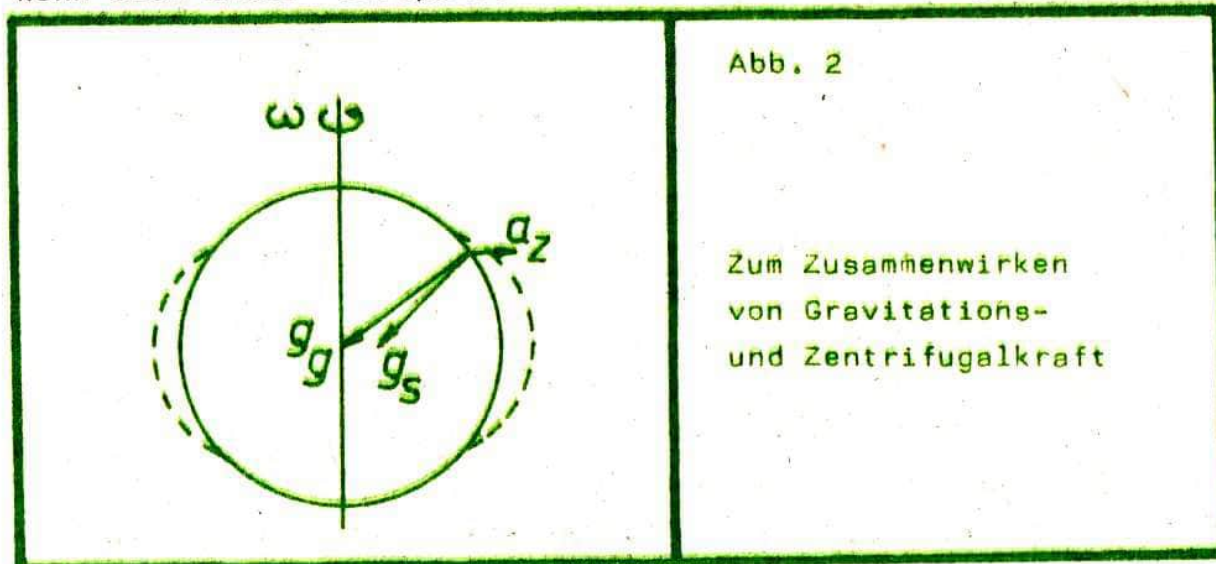


Abb. 2

Zum Zusammenwirken
von Gravitations-
und Zentrifugalkraft

sich schneller um die Achse als die Erdoberfläche. Durch die Zunahme der Zentrifugalkraft kommt es, wie ein Blick auf Abb. 2 sofort verständlich macht, zu einem noch stärkeren Abweichen der Richtung der resultierenden Schwerkraft vom Erdmittelpunkt. Das "Luftpaket" muß sich, dieser Schwerkraft folgend, auf den Äquator zu, d.h. nach rechts bewegen. Wenn sich ein "Luftpaket" umgekehrt von Ost nach West bewegt, wird die Zentrifugalkraft kleiner, die resultierende Schwerkraft zeigt stärker auf den Erdmittelpunkt und nach Abb. 2 muß eine Bewegung nach Norden, d.h. nach rechts erfolgen.

Bei beliebigen Bewegungsrichtungen vermischen sich beide Effekte.

Die gleichen Gedankengänge führen auf der Südhalbkugel zu einer Linksablenkung. Alle diese Kräfte, die eine Ablenkung von der ursprünglichen Bewegungsrichtung bewirken, werden unter dem Namen Corioliskraft zusammengefaßt.

Analog zu den Verhältnissen bei Land- und Seewind verursacht die Erwärmung über Land im Sommer eine Hebung der Isobarenflächen und ein Abfließen der Luft der höheren Niveaus zum kühleren Meer. Dadurch fällt der Luftdruck über der Erdoberfläche.

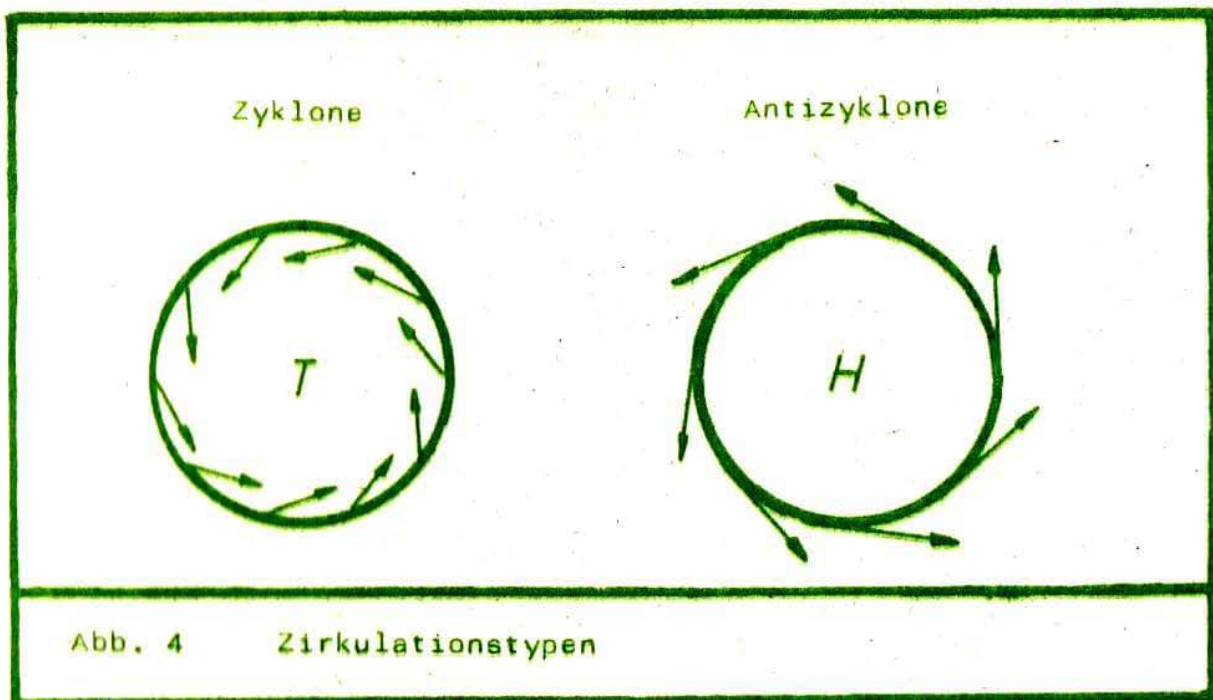
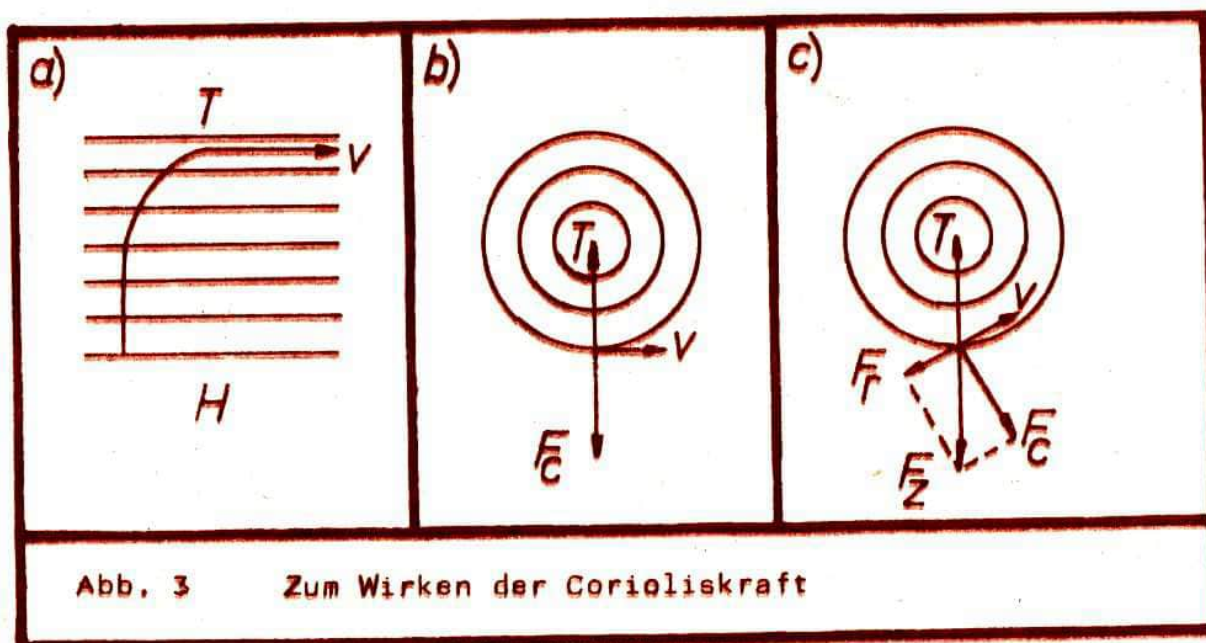


Abb. 3 zeigt, daß das Wirken der Corioliskraft einen Druckausgleich durch Luftströmung stark behindert. In a) ist die ursprünglich dem Gefälle folgende Luftströmung und die einsetzende Rechtsablenkung zu sehen. b) zeigt die Zirkulation im idealen Gleichgewichtszustand entlang der Isobaren. Im Idealfall (keine Reibung) entstehen diese Verhältnisse notwendigerweise, denn solange die Strömung dem Gefälle folgt, wächst ihre Geschwindigkeit, mit der Geschwindigkeitszunahme wächst die Zentrifugalkraft, die vom Drehzentrum weggerichtet ist. Die Zentrifugalkraft bleibt erst dann konstant, wenn die Strömungsgeschwindigkeit unveränderlich bleibt, also bei Strömung entlang der Isobaren. Die Realität c) sieht durch die Reibungskraft, die der Strömungsrichtung entgegengerichtet ist, etwas anders aus. Wie aus Abb. 3 hervorgeht, verdanken wir der Reibung das langsame Einströmen von Luft, den allmählichen Ausgleich der Luftdruckunterschiede.

Bei der Senkung der Isobarenflächen über dem Land im Winter steigt der Luftdruck an. Im Gegensatz zum vorangegangenen Fall, bei dem eine zyklonale Zirkulation entstanden ist, spricht man bei der dann einsetzenden Strömung von einer antizyklonalen Strömung (vgl. Abb. 4).

Jahreszeitliche Winde existieren überall, werden aber nicht überall gleich wirksam. Zum Beispiel ist der Temperaturjahresgang in Äquatornähe klein. So sind die jahreszeitlichen Winde nur schwach. Am stärksten sind diese Winde im Gebiet der asia-



tischen Subkontinente ausgebildet. Wohl aus diesem Grunde verbindet man den Begriff des Monsuns (Mausim, arab. Jahreszeit) mit dem Wettergeschehen in diesen Ländern.

Die planetarische Zirkulation

Wieder gehen wir von den uns schon bekannten Gedanken aus. Die Erdoberfläche erwärmt sich dort am stärksten, wo die Sonne im Zenit stehen kann, also im Gebiet des Äquators. Würde die Erde nicht rotieren, so würde bei gleicher Temperaturverteilung die Luft von den Polargebieten gegen den Äquator strömen, dort gehoben werden und in den höheren Schichten wieder gegen die Pole abströmen, wobei die Zirkulation durch Absinken der Luft in den polaren Hochdruckgebieten wieder geschlossen würde.

Die tatsächlichen Strömungsverhältnisse nahe der Erdoberfläche lassen sich aber im Groben, wie Abb. 5 zeigt, darstellen. Die Tropikfront erstreckt sich rund 5 Breitenkreise nach Norden und Süden. Sie ist durch Windstille oder schwache, meist östliche Winde charakterisiert.

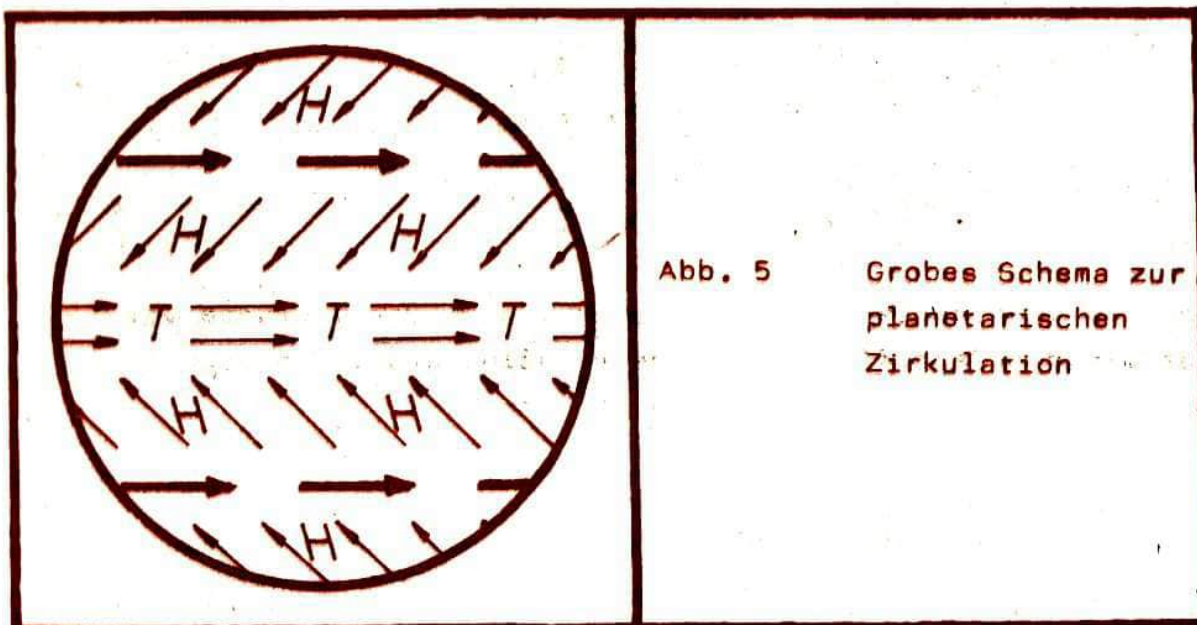
Infolge der Hochdruckgebiete in den sich anschließenden Breiten strömt die Luft, entsprechend dem Gefälle und der Corioliskraft, aus nordöstlicher bzw. südöstlicher Richtung. Da diese Luftströmung ununterbrochen mit praktisch gleichbleibender Stärke an-

dauert, hat sie den Namen NO- bzw. SO-Passat erhalten. Die subtropischen Hochdruckzellen selbst, die die Quellen der Passatwinde bilden, sind durch schwache Winde und meist klares Wetter gekennzeichnet. Die Luft, die aus den polaren Hochdruckgebieten nach Süden strömt, bestimmt die östliche Windrichtung im hohen Norden und in der Antarktis.

Das Auftreten der Westwinde in den gemäßigten Breiten zu erklären kostet in diesem Rahmen einen zu großen Aufwand.

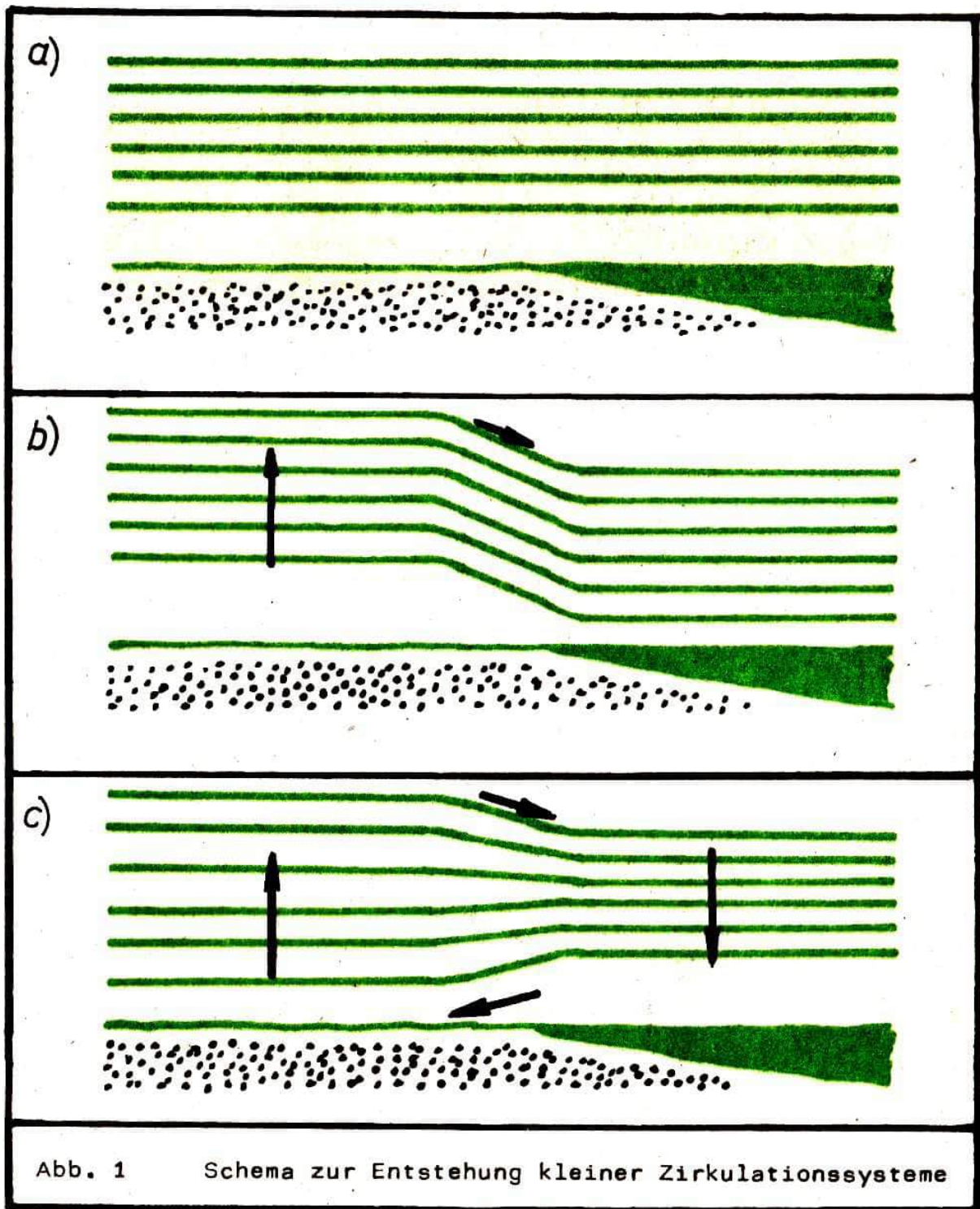
Noch eine Bemerkung zu Abb. 5:

Es ist ein sehr grobes Schema, weil die Verhältnisse nur auf



einer idealen, rotierenden Erde so sein können. Die Existenz derartig großer Wasserflächen, wie den Ozeanen, neben den riesigen Kontinenten sowie das Vorhandensein hoher Gebirgsketten führen in der Realität zu einem wesentlich komplizierteren Zirkulationstyp.





Wind ist eine fast alltägliche Erscheinung. Darüber, wie diese wesentliche Komponente des irdischen Wettergeschehens entsteht, können Sie sich in dieser Ausgabe informieren.

68

Impuls

Schülerzeitschrift für

PHYSIK · CHEMIE · BIOLOGIE

3/86 INDEX 322004 ISSN 0232-9220 PREIS 60 Pf.

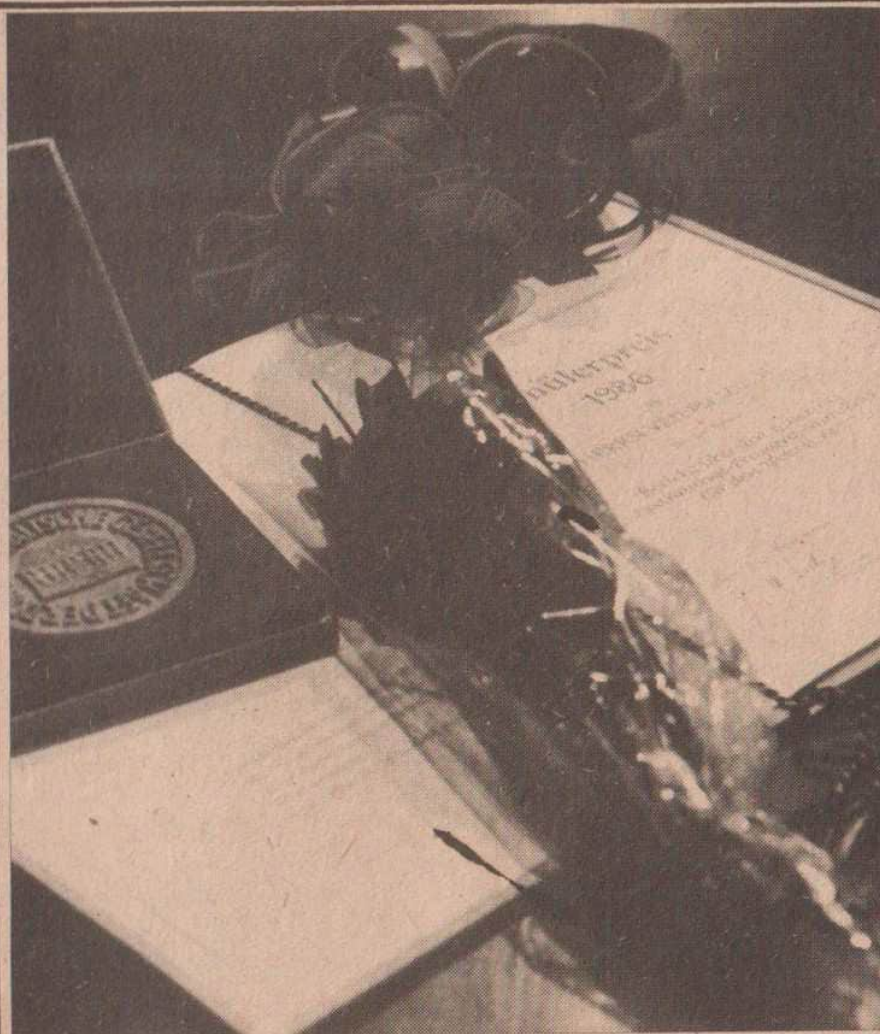
Pro-
grammieren
leicht-
verständlich:
BASIC
(Teil 3)



Unsere
Physik-
aufgabe



Kristalle
selbst
gezüchtet



Die Säure-
Base-Theorie
(Teil 2)



Eine Pflanzen-
krankheit
und ihre
Folgen für die
Gentechnik

Alexander Niehardt:

Schülerpreis 1986 —

**Bericht von der Jahreshaupt- und Schultagung
der Physikalischen Gesellschaft der DDR**

(Foto: Huonker)



Jürgen Flegel, Mirco Schumann, Frank Andreas	Programmieren leichtverständlich: Teil 3 – Unterprogramme und Graphik	PHY	3
Roland Botschen	Kristalle selbst gezüchtet	CHE	12
Dr. G. Hüller	Wein – Von der Traube bis zum Kater (Teil 2)	CHE	18
	Unsere Physikaufgabe		23
Alexander Niehardt	Jahreshaupt- und Schultagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR		25
Manfried Schulze	Die Säure-Base-Theorie von Arrhenius, Brönsted, Lewis und Usanović (Teil 2)	CHE	33
Dr. Frank Laplace	Eine Pflanzenkrankheit und ihre Folgen für die Gentechnik	BIO	39

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

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

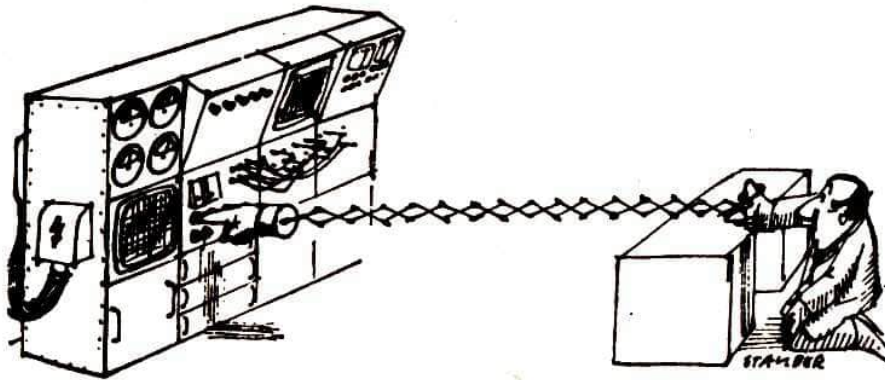
Redaktionsmitglieder: Dr. Roland Colditz, Dr. Jürgen Sauerstein, Elke Selle, Silvia Butters,

Antje Schlegel, Petra Richter, Peter Kroll, Alexander Niehardt, Karsten König, Ralph Huonker

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

Gestaltung: Niehardt, Richter, Butters

Redaktionsschluß: 31. 3. 1986



Jürgen Flegel
Mirco Schumann
Frank Andreas
FSU Jena
Sektion Physik
3. Studienjahr
Physik/Astronomie-Lehrer

Programmieren leichtverständlich: Teil 3 – Unterprogramme und Graphik

PHYSIK

Uns erschien es als Nachteil, daß wir die Winkel im Bogenmaß eingeben müssen und daß uns der Computer als Ergebnis einer Arcusfunktion wieder den Winkel im Bogenmaß ausgibt. Unsere Kleincomputer rechnen nun aber einmal nur im Bogenmaß. Daher müssen wir unsere Eingaben in diesem vornehmen bzw. die Ergebnisse von Arcusfunktionen in Gradmaß umrechnen. Zur Umrechnung stellen wir folgendes Verhältnis auf:

$$\frac{\text{Vollkreis im Bogenmaß}}{\text{Vollkreis in Grad}} = \frac{2\pi}{360^\circ} = \frac{\text{Winkel im Bogenmaß}}{\text{Winkel im Gradmaß}} = \frac{b}{\alpha}$$

Ist der Winkel in Grad bekannt, berechnet man den Winkel im Bogenmaß mit

$$b = \frac{\pi}{180^\circ} \alpha$$

und umgekehrt

$$\alpha = \frac{180^\circ}{\pi} b$$

den Winkel in Gradmaß.

Im Programm schlägt sich dies nun folgendermaßen nieder (die Zeilennummerierung entspricht der nach dem zuletzt vorgenommenen RENUMBER-Befehl):

Erstere Umrechnung ist für die Berechnung aller Winkelfunktionen notwendig und kann daher mit der Bedingung $W=1$ verknüpft werden.

```
105 IF W=1 THEN A=PI/180*A
```

Da die Umrechnung von Bogenmaß in Gradmaß für jede der Arcusfunktionen durchgeführt werden muß, sind die Zeilen 170 bis 200 folgendermaßen abzuändern:

```
170 B=180/PI*FNA(A):PRINT"ARCSIN(X)=";B;"GRAD"
```

und analog die Zeilen 180 bis 200. In jeder dieser Zeilen stehen somit zu Beginn nahezu die gleichen arithmetischen Ausdrücke, die berechnet werden müssen. Es wäre günstiger, dieses mehrfache Schreiben zu umgehen. Das gelingt uns durch

Die Unterprogrammtechnik

Unterprogramme sind prinzipiell eigenständige Programme, die die Arbeit des Hauptprogramms unterstützen. Wir gewöhnen uns am besten an, Unterprogramme (UP) geordnet an das Ende des Hauptprogramms zu schreiben. Wie ist nun ein Unterprogramm aus dem Hauptprogramm zu erreichen?

Die Anweisung GOSUB (SUB von Subroutine - Unterprogramm) im Hauptprogramm ruft einen Sprung in die Zeile hervor, die hinter der GOSUB-Anweisung angegeben ist. Dabei merkt sich der Computer die Stelle im Hauptprogramm, von der er ins Unterprogramm gesprungen ist.

Am Ende des Unterprogrammes muß grundsätzlich die Anweisung RETURN stehen, die dem Computer anzeigt, daß das Unterprogramm an dieser Stelle zu Ende ist und ihn veranlaßt, an die gemerkte Stelle im Hauptprogramm zurückzuspringen. Die Abarbeitung des Hauptprogrammes wird an dieser Stelle fortgesetzt.

Unser mittels Unterprogrammtechnik modifiziertes Programm sieht dann so aus:

>LIST

```
10 DEF FNA(X)=ATN(X/SQR(1-X*X))
20 DEF FNB(X)=-ATN(X/SQR(1-X*X))+PI/2
30 DEF FNC(X)=ATN(X)+PI/2
40 PRINT:PRINT
50 PRINT"BERECHNUNG VON WINKELFUNKTIONEN"
55 PRINT"UND UMKEHRFUNKTIONEN"
60 PRINT:PRINT"GEBEN SIE DAS ARGUMENT EIN!"
70 INPUT "X=";A:PRINT
80 PRINT"AUSWAHL: 1 WINKELFUNKTIONEN"
90 PRINT"                2 ARKUSFUNKTIONEN"
100 INPUT "EINGABE AUSWAHL!";W:PRINT
105 IF W=1 THEN A=PI/180*A
110 IF W=1 THEN 120:ELSE 170
120 PRINT"SIN(X)=";SIN(A)
130 PRINT"COS(X)=";COS(A)
140 PRINT"TAN(X)=";TAN(A)
150 PRINT"COT(X)=";1/TAN(A)
160 GOTO 60
170 B=FNA(A):GOSUB 300:PRINT"ARCSIN(X)=";B
180 B=FNB(A):GOSUB 300:PRINT"ARCCOS(X)=";B
190 B=ATN(A):GOSUB 300:PRINT"ARCTAN(X)=";B
200 B=FNC(A):GOSUB 300:PRINT"ARCCOT(X)=";B
210 GOTO 60
300 B=180/PI*B
310 RETURN
OK
>
```

Jetzt wird sicher mancher von Euch fragen, was wir durch diese Veränderung gewonnen haben. Das Programm ist eher unübersichtlicher und nicht einmal kürzer geworden. Das ist klar, da unser Unterprogramm sehr kurz ist und damit der Einsparungseffekt, auf den es uns ankam, gar nicht vorhanden ist. Stellen wir uns aber vor, daß eine kompliziertere und umfangreichere Rechnung oft im Programm benötigt wird, wird jedem der Sinn dieser Technik einleuchten.

Beispielsweise können wir das Programm so erweitern, daß es möglich wird, den Winkel in Grad, Minuten und Sekunden einzugeben. Für die Rechnung müssen die Minuten und Sekunden aber wieder in Bruchteile des Grades und der gesamte Winkel dann wieder in Bogenmaß umgerechnet werden.

Dieses Unterprogramm wäre dann schon etwas länger:

```
400 A=(Z/60+Y)/60+A:A=PI/180*A:RETURN
```


Noch etwas komplizierter wird es, wenn wir die Dezimalteile wieder in Minuten und Sekunden umrechnen wollen. Wie das möglich ist, sollt Ihr Euch überlegen.

Damit der Computer in Zeile 400 arbeiten kann, müssen die Variablen vorher eingegeben werden, wobei Y die Minuten und Z die Sekunden speichert. Natürlich müssen wir auch den Sprung ins Unterprogramm an der richtigen Stelle vereinbaren.

Graphik auf dem Bildschirm

Bisher war es uns nur möglich, Texte und Zahlen beginnend am linken Bildschirmrand und untereinander auszudrucken. Das ist nachteilig, wenn wir Texte an verschiedenen Stellen des Bildschirms darstellen wollen (z.B. für Tabellen). Wir müssen den Computer dazu genau anweisen, an welcher Stelle des Bildschirms unser Text beginnen soll. Zu diesem Zweck ist der Bildschirm, jeweils von Null beginnend, in 32 Zeilen und 40 Spalten aufgeteilt.

Wie platzieren wir nun das in der Abbildung gezeigte Textkreuz in die Mitte des Bildschirms?

Die Mitte des Bildschirms liegt ungefähr bei Zeile 15 und Spalte 20 . Wir erweitern die uns bekannte PRINT-Anweisung auf folgende Weise:

```
PRINTAT(Zeile,Spalte);Text(Variable)
```

Damit das erste "T" des waagerechten Wortes in die Mitte des Bildschirms gedruckt wird, muß der Wortanfang zwei Spalten links davon positioniert werden.

```
10 PRINTAT(15,18);"MITTE"
```

Das senkrechte Wort muß Buchstabe für Buchstabe einzeln an die entsprechende Stelle gebracht werden.

```
20 PRINTAT(13,20);"M":PRINTAT(14,20);"I":PRINTAT(16,20);  
   "T"  
30 PRINTAT(17,20);"E"
```


Da auf eine Programmzeile (hier ist nicht die Bildschirmzeile gemeint) nur 78 Zeichen passen (aus Speichergründen), müssen wir die letzte Anweisung auf die neue Zeile 30 schreiben.

Soll auf diese Art und Weise eine größere Anzahl von Zeichen dargestellt werden, kann einem leicht die Lust am Programmieren vergehen. Auf die Möglichkeit solcher Grafiken wie in Abb. 2 möchten wir aber nicht verzichten. Das BASIC unseres Computers bietet uns deshalb eine bessere Möglichkeit.

Wir wollen eine größere Anzahl gleicher Zeichen in Form einer Geraden darstellen. Dabei bleibt die PRINTAT-Anweisung bis auf die Zeilen- und Spaltenkoordinaten unverändert. Deshalb ersetzen wir die konkreten Zahlenwerte für Zeile und Spalte durch Variable.

```
PRINTAT(Z,S); "■"
```

Das Zeichen "■" kann über die Zweitbelegung der Leertaste erzeugt werden.

Den Variablen Z und S müssen wir vor der PRINTAT-Anweisung konkrete Zahlenwerte zuweisen. Für die Darstellung eines waagerechten bzw. senkrechten Balkens ändert sich nur die Spaltenvariable bzw. die Zeilenvariable. Wir weisen daher den Computer an, wo er zu beginnen und wo er mit der PRINTAT-Anweisung aufzuhören hat und das er schrittweise alle möglichen Zeilen- und Spaltenwerte zwischen Anfangs- und Endwert abarbeitet.

Das klingt komplizierter als es ist und sieht für die waagerechten Balken des inneren Quadrates aus Abb. 1 so aus:

```
40 FOR S=16 TO 25  
50 PRINTAT(19,S); "■":PRINTAT(11,S); "■"  
60 NEXT S
```

Diese FOR-NEXT-Schleife stellt im Prinzip ein Zählwerk dar, dessen Anfangs- und Endzählerstand wir selbst festlegen können. Wenn der Computer in der Programmabarbeitung in Zeile 40 ankommt, wird der Variablen S der Wert 16 zugeordnet, d.h., der Computer speichert den aktuellen Zählerstand. Danach wird die Zeile 50 abgearbeitet. Zeile 60 bewirkt den Rücksprung in Zeile 40. Hier wird der Zählerstand um Eins erhöht und damit die Programmschleife erneut durchlaufen. Dieser Schleifendurchlauf

wird solange durchgeführt, bis der Zählerstand seinen Endwert erreicht hat. Die Variable, die den Zählerstand angibt, nennen wir Laufvariable.

Jetzt dürfte es Euch nicht mehr schwerfallen, selbst die beiden senkrechten Balken des inneren Quadrates zu programmieren.

Schreibt dazu die Zeilen 70 bis 90 .

Etwas schwieriger wird es, wenn wir uns die Aufgabe stellen, das auf der Spitze stehende Quadrat zu zeichnen.

Hier ändert sich von Zeichen zu Zeichen nicht nur die Zeilen- oder die Spaltenvariable, sondern beide gleichzeitig. Unser Programm könnte dann z.B. so aussehen:

```
100 Z=15:FOR S=10 TO 20
110 PRINTAT(Z,S);"■":PRINTAT(Z+10,S+10);"■"
120 Z=Z-1
130 NEXT S
```

Diese Zeilen würden uns zunächst die zwei Balken, die von links unten nach rechts oben verlaufen, gleichzeitig auf den Bildschirm zeichnen. Dabei nimmt die Spaltenvariable wieder pro Schleifendurchlauf um Eins zu. Die Zeilenvariable nimmt für diese beiden Balken allerdings ab. Wir brauchen also einen Zähler, der von der Nummer der Startzeile (hier 15) pro Schleifendurchlauf Eins subtrahiert. Dieser Zähler läßt sich ganz einfach realisieren, wie in Zeile 120 des Programms gezeigt wird.

Die zweite PRINTAT-Anweisung in Zeile 110 ist für den unteren der beiden Balken zuständig. Alle Punkte dieses Balkens sind gegenüber denen des oberen Balkens (erste PRINTAT-Anweisung in Programmzeile 110) nach rechts unten verschoben, und zwar um zehn Spalten nach rechts und zehn Zeilen nach unten.

Dieser Zusammenhang kann direkt in die PRINTAT-Anweisung eingearbeitet werden, wie aus Zeile 110 ersichtlich, da statt Zahlen und Variablen in den Klammern der PRINTAT-Anweisungen auch arithmetische Ausdrücke zur Bestimmung von Zeile und Spalte stehen können.

Die Vervollständigung des Quadrats überlassen wir wieder Euch.

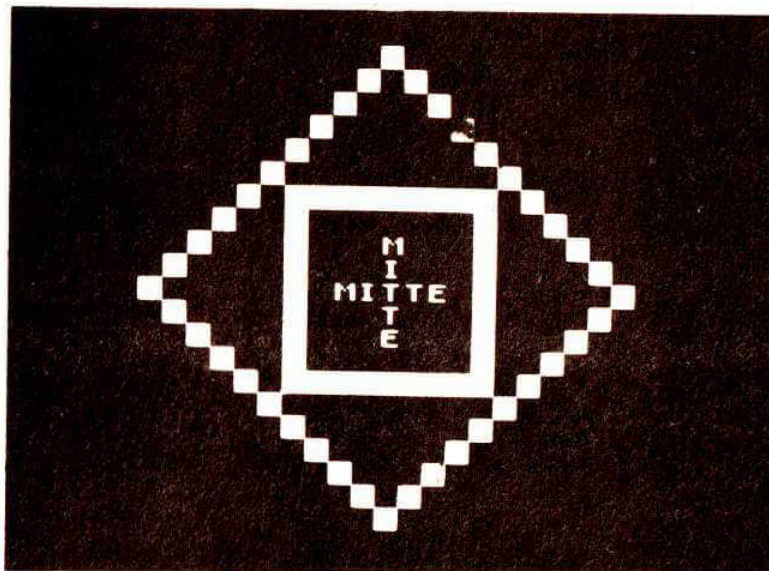


Abb. 1
Diese einfache Graphik
werden wir uns in
dieser Folge erarbeiten.

Abb. 2
weitere Graphik-
beispiele

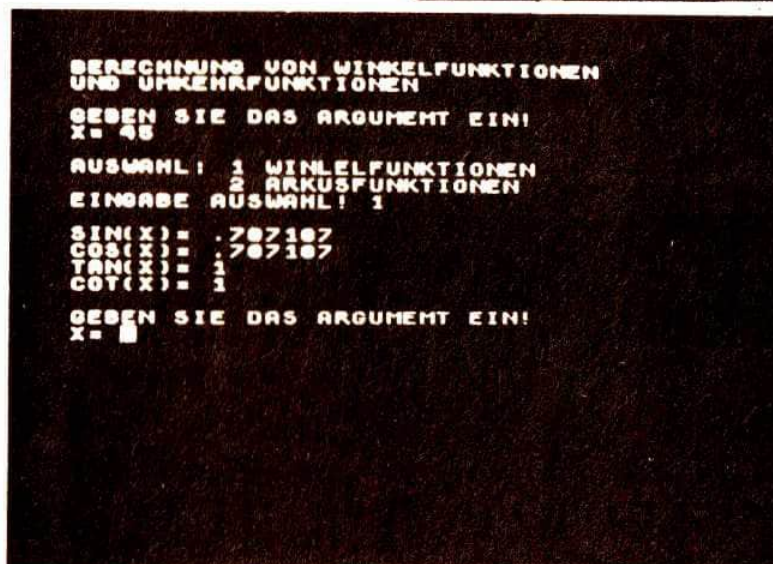
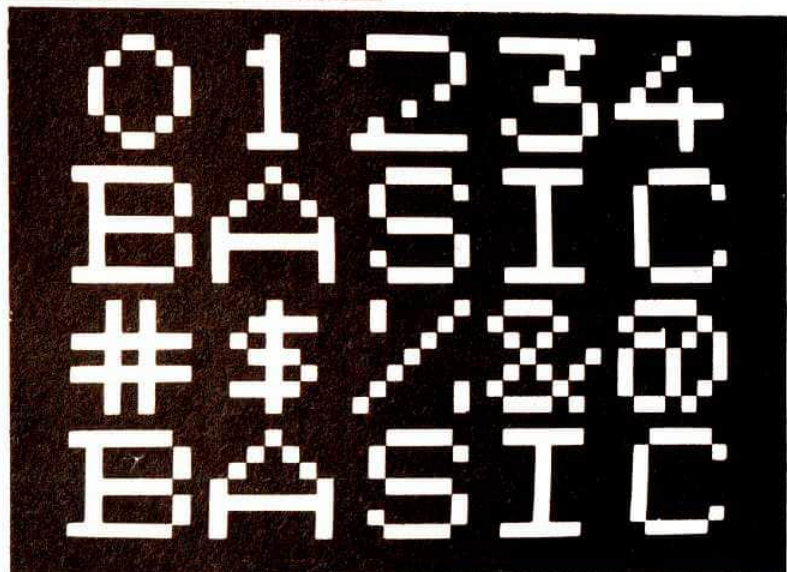


Abb. 3
unser Unterprogramm
in Aktion

Graphiken: F. Andreas

Haben wir nun den Wunsch, nicht Zeichen an Zeichen zu drucken, sondern jeweils dazwischen einen Abstand von eins, zwei oder mehr Zeichen zu lassen, kommt uns das BASIC unseres Computers wieder entgegen. Wir können die FOR-NEXT-Schleife so erweitern, daß der Computer bei jedem Schleifendurchlauf nicht nur 1 zur Laufvariablen dazuzählt, sondern einen von uns bestimmten Wert (im Beispiel 2):

```
10 FOR K=2 TO 30 STEP 2
20 PRINTAT(K,10);"ZEILE";K
30 NEXT K
```

Überlegt Euch, was dieses Programm bewirkt!

Jetzt machen wir es noch komplizierter, was die Programmstruktur anbetrifft, dafür aber lassen sich bestimmte Aufgaben besser lösen.

Wir werden jetzt zwei Laufanweisungen ineinander verschachteln:

```
10 FOR K=10 TO 20
20 FOR I=10 TO 20
30 PRINTAT(K,I);"■"
40 NEXT I
50 NEXT K
```

Bei der Verwendung von ineinander verschachtelten FOR-NEXT-Schleifen müssen wir beachten, daß die innere Schleife in der Reihenfolge des Programms zuerst durch NEXT abgeschlossen wird. Wie dieses Programm funktioniert, könnt Ihr Euch mit mit Eurem bisherigen Wissen sogar selbst erklären.

Als Ergebnis erscheint auf dem Bildschirm ein Quadrat mit der Kantenlänge von elf Zeichen, welches zeilenweise ausgefüllt wird.

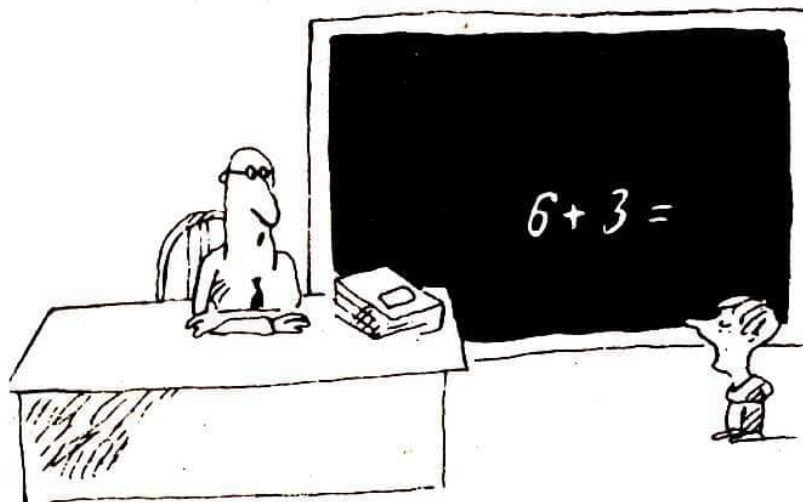
Zum Zeichnen eines solchen ausgefüllten Rechtecks werden wir später einen Befehl kennenlernen.

Wie sieht es aber aus, wenn die Fläche nicht völlig mit Zeichen ausgefüllt sein soll, wie z.B. bei einem Schachbrett?

```
10 FOR K=1 TO 8
20 IF A=1 THEN A=0:ELSE A=1
30 FOR I=1 TO 7 STEP 2
40 PRINTAT(K+11,I+A+16);"■"
50 NEXT I,K
```


In Zeile 20 wird erreicht, daß von Durchlauf zu Durchlauf der äußeren Schleife mit der Laufvariablen K der Anfangspunkt des Druckens um 1 nach rechts und dann wieder nach links verschoben wird. Dazu taucht in der PRINTAT-Anweisung die Variable A wieder auf. Sind mehrere Schleifen zu schließen, können wir die kürzere Schreibweise in Zeile 50 verwenden. Trotzdem dürfen wir nicht vergessen, die Reihenfolge der Laufvariablen einzuhalten. Damit wollen wir für heute die Liste der Beispiele abschließen. Jetzt seid Ihr an der Reihe, Euch noch weitere geometrische Figuren, Muster und Buchstaben auszudenken und Euch solcherart "spielend" mit dem Computer zu verständigen. Versucht dabei, vorhandene Regelmäßigkeiten und Symmetrien auszunutzen und damit Programmierarbeit und Speicherplatz zu sparen. Wem z.B. das sehr kleine Schachbrett nicht gefällt, der kann sich einmal Gedanken machen, wie man dieses dreifach vergrößern könnte. Jedes Feld des Schachbretts wäre dann ein Quadrat von 3x3 Zeichen.

Als Autoren dieser Serie möchten wir gerne mit den Lesern und Nutzern dieser Serie in Kontakt kommen. Wir sind ständig an Meinungen über die Darstellungsweise und den Inhalt interessiert, sowohl an kritischen Äußerungen, Verbesserungsvorschlägen und Ideen. Schreibt uns, ob und wie Ihr unsere Serie beim Erlernen des Programmierens nutzt und schickt uns selbstentworfenen Programme, bei deren Erarbeitung Ihr viel gelernt habt oder die Ihr anderen zur Nachnutzung empfiehlt.



„Schriftlich oder im Kopf?“

aus
„Alpha“ 6/1979,
Repro: Richter

Wir übernehmen diesen interessanten Artikel für Euch aus der Zeitschrift "URANIA", Ausgabe 1/86 .

Kristalle. An ihrer Schönheit kann man sich nicht satt genug sehen. Im Chemieunterricht faszinierten uns die unterschiedlichsten Salze. Begriffe wie Kristallstruktur, Kristallwachstum und Kristallzüchtung sind in uns haften geblieben und haben in uns das Bedürfnis geweckt, den einen oder anderen Kristall einmal selbst zu züchten.

So begann auch bei W. Metzgen, T. Trommer und S. Jonas - Schüler der Heinrich Hertz EOS in Berlin, der Einstieg in kristallographisches Arbeiten. Von ihnen wird nachfolgend die Rede sein, weil sie mit dazu beigetragen haben, Untersuchungen durchzuführen, in deren Ergebnis für interessierte Jugendliche, Schüler und Mitglieder von Stationen junger Naturforscher und Techniker nachahmenswerte Leistungen erwachsen können.

Die Bausteine der Chemiker, die Atome der einzelnen Elemente, ihre Ionen und die Moleküle der Verbindungen bilden untereinander in ihrer Wechselwirkung, im geeigneten Medium und im entsprechenden Aggregatzustand die vielfältigen Formen der Stoffe in der uns umgebenden Natur. Soweit wir unsere Betrachtungen nur auf die Atome und Ionen und auf den festen Aggregatzustand beschränken wollen, können wir uns in grober Näherung all diese Teilchen als Kugeln vorstellen, denen die Eigenschaft zugeschrieben werden muß, unter der Beachtung ihres Durchmessers und ihrer Bindungsmöglichkeiten durch Zusammenschluß einen energetisch stabilen, vorwiegend symmetrisch aufgebauten Raum - ein Gitter - einzunehmen. Dabei bestimmen die genannten Kenngrößen die aufzubauende makroskopische Form, die Festigkeit ihres Zusammenhaltes und viele andere physikalisch interessierende Größen. Im festen, kristallinen Zustand sind die Teilchen so stark mitein-

ander verbunden, daß ihre Lage zu den Nachbarteilchen als unveränderlich anzusehen ist, fehlt diese Regelmäßigkeit - und das ist nur bei wenigen Stoffen, u.a. bei Harzen und Gläsern, der Fall, nennen wir die Stoffe amorph.

Allgemein bekannt ist der Aufbau des Ionengitters eines Kochsalzkristalles. Hier sind es die Natrium- und Chloridionen, denen es aufgrund der sich auswirkenden elektrostatischen Kräfte ermöglicht wird, sich im Raum so einzuordnen, daß sich ein Würfel ergibt. Andere Ionen mit anderen Durchmessern führen zu anderen Gittertypen. Noch bevor man die innere Bauweise der Ionenkristalle erkannt hatte, war man auf die Konstanz der Winkel und Verhältnisse der Kanten einer Kristallsorte zueinander aufmerksam geworden. Das Bestreben, alle Möglichkeiten einer Ordnung im Raum zu finden, führte zu der Entdeckung des A. Bravais (1811 - 1863). Er fand heraus, daß es sieben Kombinationen zwischen gleichen oder verschieden langen Seiten (Achsen) und den Winkeln gibt. Bezieht man in die Überlegung mit ein, daß sich nicht nur in die Eckpunkte dieser bildbaren Elementarzellen Teilchen einordnen können, sondern auch noch in die Seiten oder Flächenmitten, dann ergeben sich insgesamt 14 Bravaisgitter (Tab.1). Berücksichtigt man in jedem Kristallsystem noch die Symmetriemöglichkeiten, so bilden sich 32 Kristallklassen. Ordnen wir z.B. die Ionen in die Tabelle 1 ein, so befinden sich die Teilchen in den Ecken eines Würfels oder im Schnittpunkt der Raumdiagonalen oder an den Schnittstellen der jeweiligen Flächendiagonalen. Letztgenannte, die der Kristallograph kubisch-flächenzentriert nennt, bringt bei Strukturen mit gleich großen Bausteinen, wie bei den Atomen in den Metallen, eine Raumausnutzung von 74% mit sich. Ihr gleichzustellen ist die hexagonale Gitterstruktur in Tabelle 1 Beispiel -h-. Von den uns bekannten Metallen kristallisieren 76,4% in Formen dichtester Kugelpackung aus, 22% haben noch einen günstigen Aufbau, und nur 9,7% weichen stark von den idealen Verhältnissen ab. Bei den Salzen gelingt es uns recht leicht, Ionen mit verschiedenen Radien zu Gittern zu vereinigen. Anders dagegen beim Atomgitter der Metalle. Stark voneinander abweichende Radien setzen diesem Bemühen Grenzen. Mischen wir die Atome der Metalle - legieren wir -, hängt die Legierbarkeit von den ausgewählten Komponenten ab. Sind die Radien annähernd gleich, so wie beim Eisen und

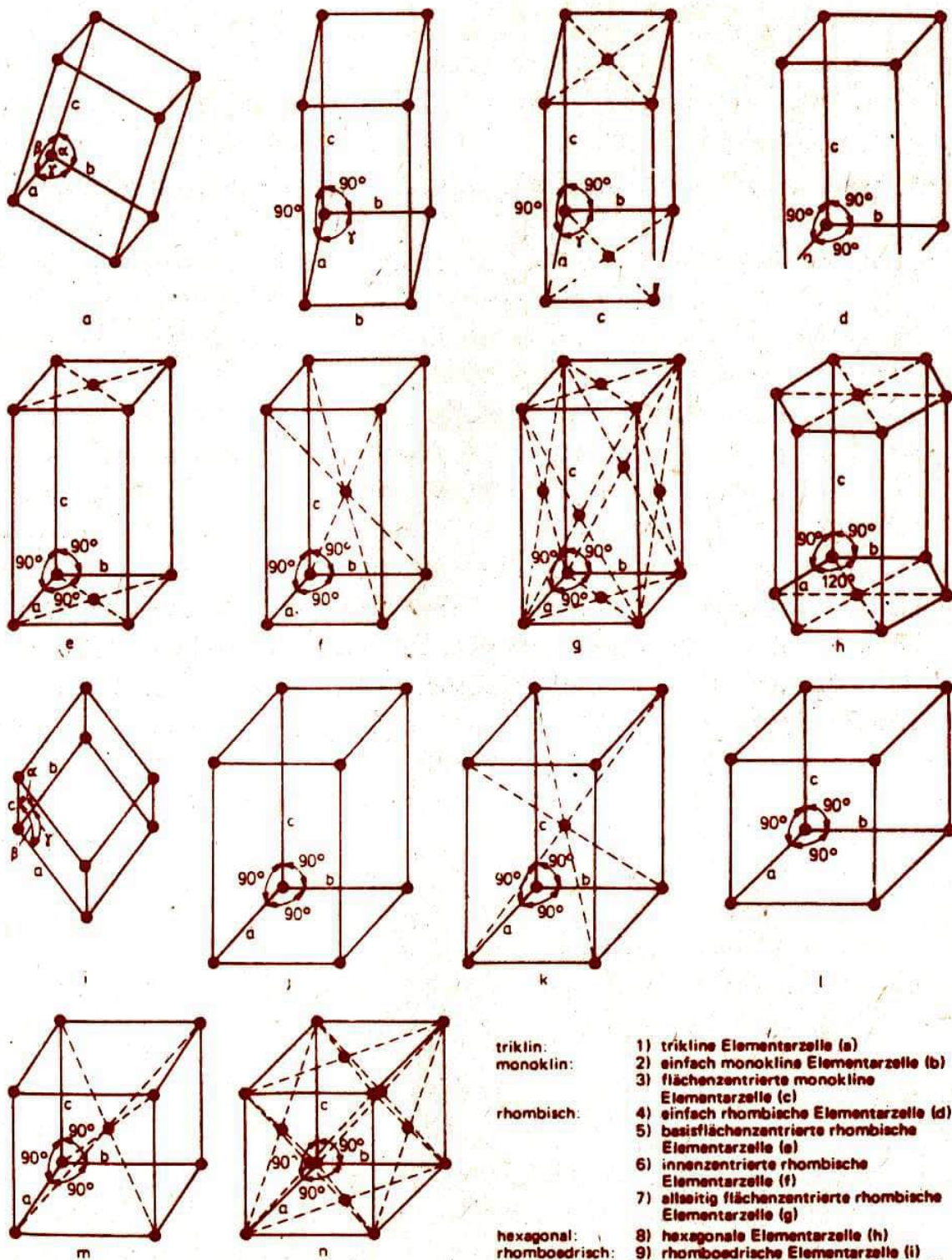


Tabelle 1

Nickel, gelingt das Legieren leicht, sind sie sehr verschieden, wie bei Eisen und Blei ($1,2$ und $1,74 \cdot 10^{-10}$ m), scheitert unser Versuch. Weichen die Werte der Radien aber andererseits wieder extrem voneinander ab, steigt erneut die Chance der Legierbarkeit, weil es dann wieder möglich ist, die kleinen Atomsorten in die entstehenden Lücken des Gitters unterzubringen. Eisen läßt sich deshalb mit Kohlenstoff legieren. Streben die Metallurgen nun eben nach bestimmten Legierungsbestandteilen, um unser Bedürfnis an diesen Werkstoffen zu befriedigen, so zeigt sich in der Kristallchemie die entgegengesetzte Tendenz. Fehler in der Kristallstruktur durch eingeschleppte Fremdionen und Störungen (Fehlkonstruktionen) sollen weitgehend vermieden werden, damit man sogenannte Einkristalle züchten kann.

Hier begegnen wir nun wieder der Zielstellung von W. Metzgen, T. Trommer und S. Jonas. Sie wollten auf einfach zu handhabende Verbindungen zurückgreifen, die zum Beispiel aus ihren wäßrigen Lösungen als Einkristalle gezüchtet werden können. Als geeignet erwiesen sich (dabei nehmen wir jetzt keine Rücksicht auf die Zugehörigkeit zu bestimmten Kristallklassen): Alaune $\text{Me}^I \text{Me}^{II} (\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$; Ammoniumbromid NH_4Br ; Bleichlorid PbCl_2 ; Kaliumhexazyanoferat (II) $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$; Kaliumbromid KBr ; Kaliumchlorid KCl ; Kaliumnitrat KNO_3 ; Kupfersulfat $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$;

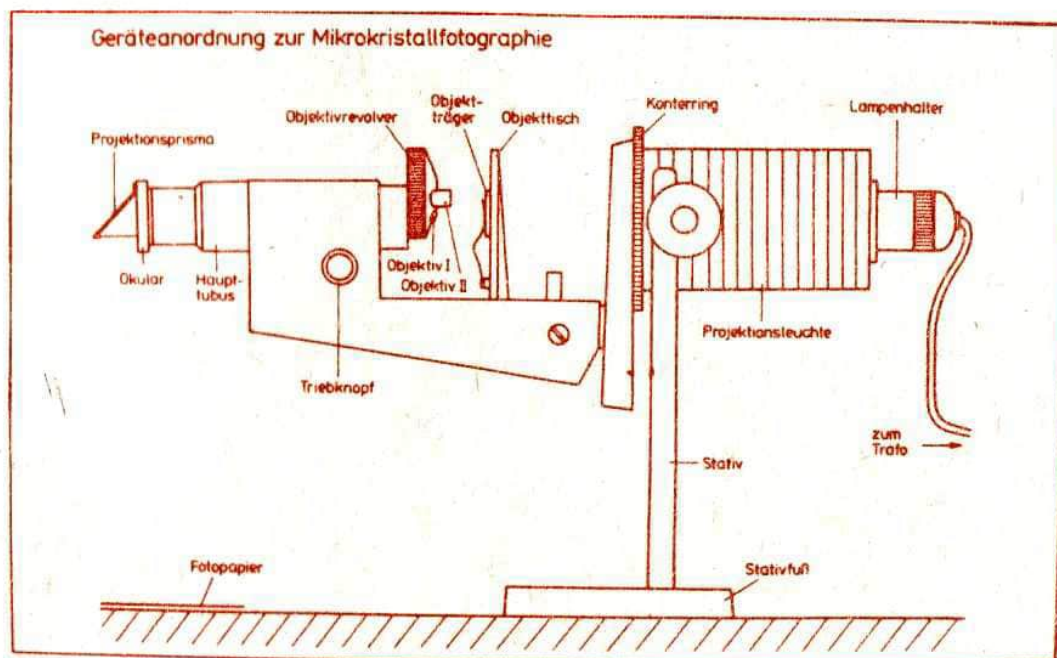


Abb. 1

Magnesiumsulfat $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$; Natriumchlorid NaCl ; Natriumthio-
sulfat $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ (Fixiersalz - jedermann leicht zugäng-
lich); Dinatriumhydrogenphosphat $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$; Nickelsulfat
 $\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$; Zinksulfat $\text{ZnSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ und Eisensulfat $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$.
Wer Kristalle der genannten Art züchten will, muß sich darüber
klar sein, daß es dazu unterschiedliche Wege zu beschreiten gibt.
W. Metzgen verfuhr dabei so, daß sie von leicht löslichen Salzen
ausging. Sie schreibt: "Um Einkristalle guter Qualität zu züch-
ten, benötigte ich möglichst viele ideal geformte Keimkristalle.
Also habe ich zuerst eine gesättigte Lösung in einem warmen Was-
serbad hergestellt. Durch Abkühlung stellt sich eine Übersätti-
gung ein, denn die Löslichkeit fast aller Salze sinkt bei Tem-
peraturerniedrigung. Es fallen kleine Kristalle aus, Diese wer-
den um so regelmäßiger, je länger die Lösung abkühlt und je ru-
higer das Gefäß steht. Nach einigen Stunden konnte ich mit einer
Lupe die regelmäßigsten Kristalle zur Weiterzüchtung aussuchen.
Diese Keimkristalle legte ich in ein Gefäß mit einer gesättig-
ten Lösung dieses Salzes... Der Ort, an den das Gefäß gestellt
wird, sollte eine konstante Temperatur aufweisen und möglichst
von Erschütterungen frei sein." Da die meisten Kristalle hygro-
skopische Eigenschaften zeigen oder mit der umgebenden Luft

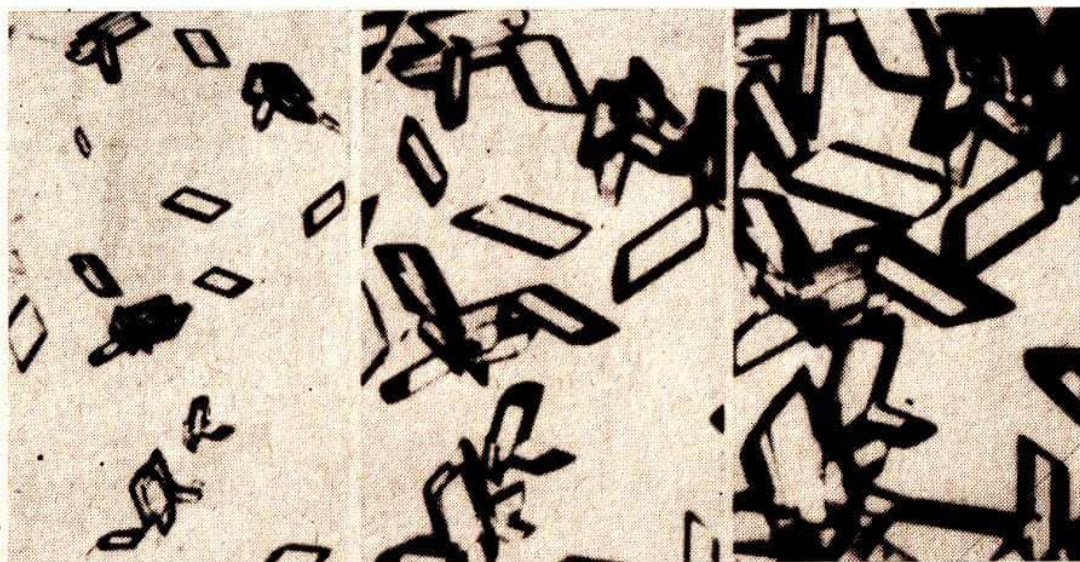


Abb. 2
Kristallwachstum in einer Zeitspanne
von einer Minute.
Repros: Richter

(CO₂) reagieren und Zersetzungserscheinungen zeigen, wurden sie in Nagellack eingebettet.

Ihre Haltbarkeit ist aber auch dann noch begrenzt, so daß T. Trommer und S. Jonas zu einer anderen, indirekten Methode griffen, um die gezüchteten Kristalle für eine längere Zeit zu erhalten. Sie bedienten sich dabei der Mikrokristallfotografie. Benutzt wurde das allen Schulen verfügbare Schülermikroskop und eine Mikroprojektionsleuchte (s. Abb 1). Um zu den Aufnahmen zu gelangen, ist ein verdunklungsfähiger Raum notwendig. Die entstehenden Unikate auf dem Fotopapier sollten auch selbst entwickelt werden. Nach der dargestellten Verfahrensweise ist es für eine Schule möglich, sich für den Chemie- und Physikunterricht eine Kollektion dieses Anschauungsmaterials herzustellen. Und wer wie Tobias und Simon die ersten Erfolgserlebnisse verzeichnen konnte, wird dieser Forschungsarbeit verschrieben bleiben. So auch hier. Gesucht wurde nach einer Lösung, um das Wachstum der Kristalle in einzelnen Phasen darstellen zu können. Aus der Fülle der Ideen sei auf die praktizierte verwiesen. Beginnen wir mit den Phasenbildern der auskristallisierenden und wachsenden Kupfersulfatkristalle, die uns ein eindrucksvolles Bild vom Geschehen während einer Zeitspanne von einer Minute vermitteln (Abb. 2). "Geräte-technisch benötigten wir ein Schülermikroskop, eine Projektionsleuchte, eine Spiegelreflexkamera und ein Mikrozwisehenstück. Da die Kristalle räumliche Gebilde sind, ist es aufgrund der geringen Tiefenschärfe der Kamera nicht immer möglich, alle Konturen scharf zu erhalten."

Besondere Sorgfalt galt der Herstellung des benutzten Präparates. Nach T. Trommer geht man dabei nach folgenden Arbeitsschritten vor. Auf ein gereinigtes Deckglas zum mikroskopischen Arbeiten werden vier Cenusilkleckse gleicher Größe gesetzt. Nach einer Stunde wird das Deckgläschen auf den gereinigten Objektträger gebracht, und die verbleibenden Fugen werden mit Cenusil abgedichtet, nach dem Aushärten abgeschnitten, so daß eine Küvette von 1-3 mm Dicke entsteht, in die mittels einer Injektionsspritze eine heiße Lösung des zu untersuchenden Salzes blasenfrei eingefüllt werden kann. Ist die Lösung abgekühlt, der Vorgang beendet, kann man durch erneutes Erwärmen der Küvette Voraussetzungen schaffen, um den Versuch nach Belieben zu wiederholen. Die mittels des fotografischen Prozesses herzustellenden Positive

können zur methodisch-didaktischen Aufbereitung noch handkoloriert, ebenso zum Zwecke weiterer Untersuchungen ausgemessen werden, um die dargestellten Wachstumsprozesse auch quantitativ zu erfassen. ◀

Dr. G. Hüller
Abteilung für klinische
Pharmakologie
Medizinische Akademie
Erfurt

Wein –
von der Traube bis zum Kater
(Teil 2)

CHEMIE

Ein weiterer zum Ausbau gehörender Prozeß ist das Klären, bei dem die im Wein enthaltenen Trübungsteilchen entfernt werden. Dies geschieht häufig durch den Zusatz von Stoffen, die die Trübungsteilchen binden und zur Fällung bringen (sogenanntes "Schönen").

Hat der Wein alle diese Prozesse durchlaufen, sind also alle für den Genuß optimalen Werte erreicht, wird er auf Flaschen gefüllt und gelangt zum Verbraucher.

2.3. Die Rotweinbereitung

Für die Rotweinbereitung gilt mit einem Unterschied das gleiche, was zur Weißweinbereitung gesagt wurde. Dieser Unterschied besteht darin, daß man hier die Maische zur Gärung bringt, damit der entstehende Alkohol die roten Farbstoffe, die in der Schale konzentriert sind, löst. Dabei werden gleichzeitig auch Gerbstoffe gelöst, so daß Rotweine herber als Weißweine sind. Damit im Zusammenhang steht auch der höhere Vitamingehalt von Rotweinen, der etwa das drei- bis fünffache dessen von Weißweinen beträgt.

Die Kelterung des Rotweins erfolgt erst, wenn der größte Teil des Zuckers vergoren worden ist (etwa nach 4 bis 8 Tagen). Würde man Rotweinmaische sofort keltern, so entstünde nur ein weißer bis blasrosaer Wein ("Weißherbste", "Rose-Weine", "Schillerwein"). Solche Weine stellt man meist dann her, wenn sich in weniger guten Weinjahren die Rotweinbereitung nicht lohnt.

2.4. Die Dessertweinbereitung

Jeder auf die oben beschriebene Weise gewonnene Wein enthält nahezu keinen Zucker mehr. Diese Weine sind also mehr oder we-

niger herb mit einem durchschnittlichen Alkoholgehalt von 7 bis 13 Volumenprozent. Will man einen Dessertwein erhalten, so muß der Wein einen Gehalt von etwa 14 bis 20 Vol-% Alkohol erreichen, damit die Weinhefen nicht mehr lebensfähig sind und somit keine Vergärung eines vorhandenen Zuckerrestes mehr möglich ist. Das erreicht man einmal, indem der noch gärende Wein durch Zusatz von Alkohol (Weinsprit) auf etwa 20 Vol-% Alkohol "aufgespritet" wird, wodurch die Gärung zum Stillstand kommt (z.B. bei Portwein und Madeira), oder man erzeugt einen sehr hochkonzentrierten Most, indem man der Maische Beeren zugeibt, die man so lange am Stock belassen hat, bis der größte Teil des Wassers verdunstet ist (Trockenbeeren-Auslese). Der auf diese Weise entstehende Most kann so konzentriert sein, daß der Zucker nicht restlos vergoren wird. Auf diese Weise wird der "Tokaj-Aszu" gewonnen. Die auf dem Etikett angegebene Zahl (3- oder 4-buttig) gibt den Gehalt an Trockenbeeren in der Maische an. Den "Tokaj-Szamorodni" stellt man in weniger guten Jahren her. Hier erfolgt keine Auslese der Trockenbeeren, sondern der Wein wird in üblicher Weise verarbeitet. Je nach dem natürlichen Gehalt an Trockenbeeren erhält man einen trockenen (nahezu zuckerfreien) oder süßen Wein.

2.5. Die Sektherstellung

Bei der Sektherstellung wird ein fertiger Wein (meist ein Gemisch - eine "Cuvee" verschiedener Weine) mit einer genau berechneten Menge Zucker und einer Schaumweinhefe versehen, wodurch er nochmals zur Gärung gelangt. Diese Gärung erfolgt in einer verschlossenen Flasche ("Flaschengärung") oder einem geschlossenen Drucktank. Hierdurch kann das gebildete Kohlendioxid nicht entweichen und wird deshalb im Wein gebunden, wodurch er den angenehmen prickelnden Geschmack erhält.

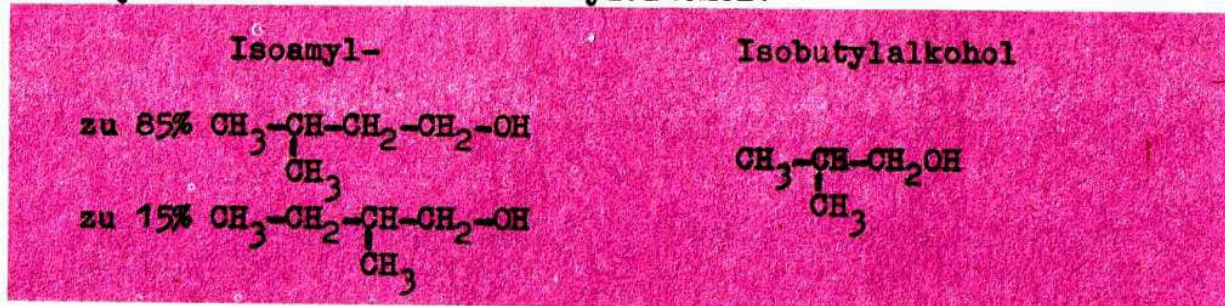
Nach dem Ende der Gärung werden die Hefereste entfernt und man erhält den herben, sogenannten "Brut"-Sekt, der entweder in dieser Form oder - je nach der Menge eines zugesetzten süßen Dosage-likörs als "trockener", "halbtrockener" oder "süßer" Sekt in den Handel gelangt.

3. Chemische Zusammensetzung von Weinen

Weine bestehen aus einer Vielzahl verschiedener Stoffe, deren

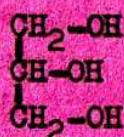
Anteil von Sorte und Jahrgang abhängig ist.

Wesentlicher Bestandteil des Weins ist der Äthylalkohol, dessen Gehalt zwischen 5 und 22 Vol-% schwankt. Daneben findet sich an anderen Alkoholen Methanol (max. 0,75 g/l) und höhere Alkohole, die sogenannten Fuselöle. Das sind vor allem zwei Formen des Isoamylalkohols und der Isobutylalkohol:



Alle diese Alkohole werden bei der alkoholischen Gärung gebildet. Die Fuselöle sind dabei diejenigen, die beim Genuß großer Mengen den bekannten Kater bewirken, da sie die Oberflächen der Nervenzellen wesentlich länger besetzen als Äthylalkohol, so daß es zu einem relativen Mangel an Sauerstoff für diese Zellen kommt.

Ein anderer wichtiger Alkohol ist das Glycerin,

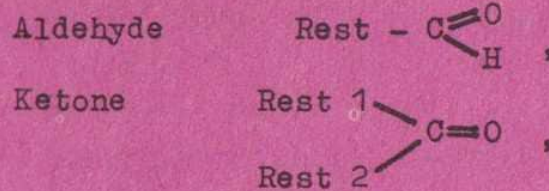


dessen Menge in normal gewonnen Weinen zwischen 3,5 und 13,5 g/l schwankt, während in Spät- und Auslese-Weinen der Gehalt bis zu 25 g/l betragen kann.

Glycerin trägt wegen seines süßen Geschmacks wesentlich zur Abrundung des Weines bei.

Für den säuerlich-herben Geschmack des Weines sind die Säuren verantwortlich, von denen neben den wichtigsten und bereits genannten eine ganze Reihe weiterer enthalten sein können. Daneben finden sich noch eine Reihe von Stickstoffverbindungen (Amine und Abkömmlinge des Indols), Vitamine der B-Gruppe und verschiedene Mineral-, Gerb- und Farbstoffe. Auf all diese im einzelnen einzugehen, würde jedoch den Rahmen des Artikels sprengen.

Es sei lediglich noch auf die Stoffe hingewiesen, die wesentlich für das Aroma eines Weines verantwortlich sind. Dabei handelt es sich um einige



die Fuselöle und eine ganze Reihe verschiedener Ester.

4. Weinarten und Weinetikett

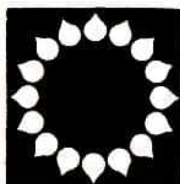
Neben der groben Einteilung in Weiß-, Rot- und Dessertweine sind naturreine, verbesserte und verschnittene Weine zu unterscheiden. Um welchen der drei Typen es sich in einem konkreten Fall handelt, kann man am Weinetikett erkennen. Nach dem Weingesetz der DDR darf ein Wein nur dann als naturrein bezeichnet werden, wenn er in der unter 2.2. beschriebenen Weise hergestellt worden ist, wobei weder dem Traubenmost Zucker zugesetzt (das wäre ein verbesserter Wein) noch die Gärung vorzeitig abgebrochen worden sein darf. Auf dem Etikett eines naturreinen Weines muß neben dem Jahrgang, in dem der Wein gekeltert worden ist, noch angegeben sein, welcher geographischen Herkunft er ist, welchen Namen die grundbuchlich nachweisbare Gemarkung des Weinbergs trägt, um welche Rebsorte es sich handelt und welcher Winzer oder welches Weingut den Wein bereitet hat (sogenannte Kreszenz). Die Aufschrift "Natur-Originalabfüllung" zusammen mit der Kreszenz kennzeichnen den Wein als naturrein. Ist eine Gütebezeichnung ("Spätlese" oder "Auslese") nicht angegeben, so stammt der Wein aus der Hauptlese. (Spätlese- oder Auslese-Weine müssen stets naturrein sein.) Fehlt die Kreszenzangabe, so braucht der Wein nur noch mindestens 2/3 naturreinen Wein zu enthalten, der allerdings den Charakter des Weines bestimmen muß. Das andere Drittel kann aus einem anderen (meist verbesserten) Wein bestehen. Solch ein Weingemisch wird als Verschnittwein bezeichnet.

Wäre schließlich die Bedingung, daß 2/3 des Weins aus einer Gemarkung stammen, nicht erfüllt, so darf keine Lagebezeichnung angegeben werden. Dies trifft ebenfalls auf die Angabe der Traubensorte und des Jahrgangs zu. Diese Weine tragen dann nur eine Phantasiebezeichnung (z.B. "Liebeskummer"). Darüber hinaus kann es sich bei diesen Weinen (ohne Lagebezeichnung) um "verbesserte" Weine han-

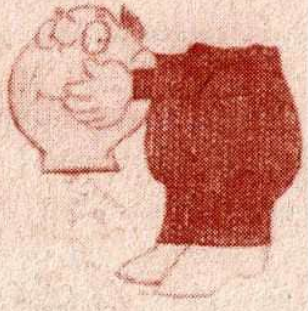
deln, d.h. dem Traubenmost wurde vor der Gärung noch Zucker zugesetzt. Solche verbesserten Weine dürfen zwar nicht mehr als naturrein bezeichnet werden, sind aber in der Art diesen vergleichbar, da eine Verbesserung nur in bestimmten Grenzen erlaubt ist. Diese überwiegend herben Weine werden aber wegen des Publikumsgeschmacks in zunehmenden Maße durch sogenannte "restsüße Typenweine" verdrängt. Sie werden in der Regel hergestellt, indem ein normaler Weißwein (meist ein Gemisch) mit einer sogenannten "Süßreserve" verschnitten wird. Eine solche Süßreserve wird im allgemeinen dadurch erzeugt, indem man den Traubenmost nur kurz angären läßt und die Gärung durch Abtöten der Hefe vorzeitig abbricht. Hierdurch erhält man einen süßen "Wein", der dem Grundwein den süßlichen Geschmack verleiht. Solche Weine dürfen nur mit Phantasienamen bezeichnet werden (z.B. "Goldener Herbst", "Goldener Nektar", "Klosterkeller" u.a.). Diese Weine sind biologisch instabil, da sie noch Zucker unter Bedingungen enthalten, bei denen Weinhefen lebensfähig sind (im Unterschied zu Dessertweinen). Deshalb verlangen sie eine sterile Flaschenfüllung.

In der Regel sind solche Weine weniger bekömmlich als naturreine (sie rufen in der Hauptsache Magenbeschwerden hervor). Unabhängig davon sollte man den Naturwein vorziehen (auch wenn er herb ist und im ersten Eindruck "sauer" schmeckt - aber wem hat sein erstes Bier nicht "bitter" geschmeckt?), denn die Herstellung solcher zuckerhaltiger Weine birgt die Gefahr der geschmacklichen Verflachung des Weinmarktes in sich. Das Bukett dieser Weine wird nicht mehr vorrangig durch Rebsorte und Weinbergslage bestimmt, sondern durch die Kunst des Kellermeisters. Außerdem schmeckt er häufig gar nicht mehr wie Weißwein, sondern eher wie ein etwas alkoholärmer Dessertwein.

In diesem Sinne "Prosit !" - aber nicht mehr als eine halbe Flasche täglich, um gesundheitsschädigende Wirkungen zu vermeiden.

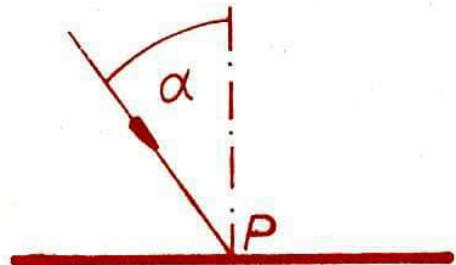


UNSERE PHYSIKAUFGABE



Auf einen ebenen Spiegel trifft ein Lichtstrahl unter einem Winkel von $\alpha = 30^\circ$ ein und wird reflektiert. Wird der Spiegel bei gleichbleibender Richtung des einfallenden Lichtstrahles um den Auftreffpunkt P gedreht, so ändert sich auch die Richtung des reflektierten Strahles.

Wie groß ist die Richtungsänderung δ des reflektierten Strahles, wenn der Spiegel um 3° gedreht wird?



Lösung der Physikaufgaben aus Heft 1/86

Aufgabe 1 :

Es gibt Punkte des Rades, die sich bezüglich des Erdbodens schneller bzw. langsamer als der Kraftwagen bewegen. Die Radachse (Radmittelpunkt) bewegt sich genau mit der vom Tachometer angezeigten Geschwindigkeit. Der äußere Radumfang rotiert um die Radachse ebenfalls mit dieser Geschwindigkeit. Bei Teilen des Rades näher zur Achse ist diese Geschwindigkeit kleiner. Die vektorielle Addition dieser beiden Geschwindigkeiten (lineare Translation des Kraftwagens und Rotationsgeschwindigkeit des Rades) ergibt die unterschiedlichen Geschwindigkeiten

verschiedener Teile des Rades bezüglich des Erdbodens. So hat der Berührungspunkt des Rades mit dem Untergrund die resultierende Geschwindigkeit Null, während sich der oberste Punkt mit der doppelten Geschwindigkeit in Fahrtrichtung bewegt. Lösen sich also Schmutzteilchen von einem Punkt oberhalb der Achse und hat die resultierende Geschwindigkeit eine geeignete Richtung, können diese Schmutzteilchen durchaus den Wagen im Flug überholen und Verschmutzungen an vorderen Kraftwagenteilen hervorrufen.

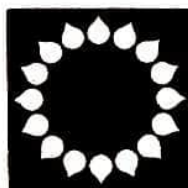
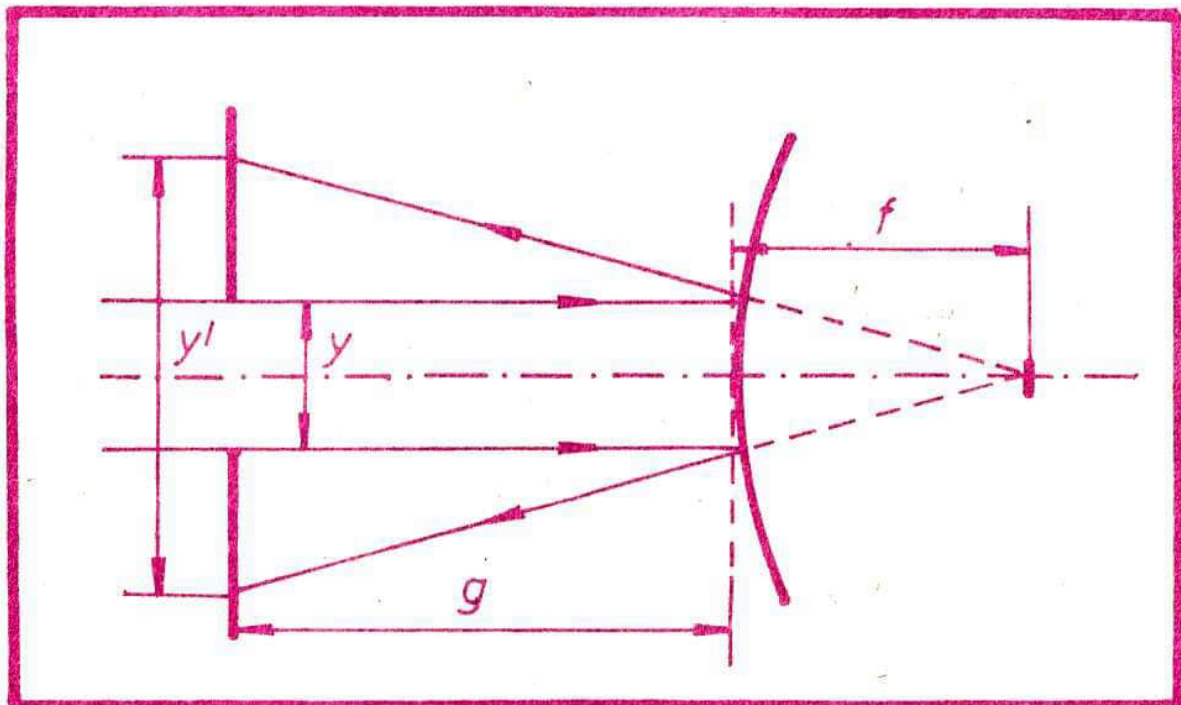
Aufgabe 2 :

Mit Hilfe des Lineals sind folgende Entfernungen zu bestimmen:

- Durchmesser der kreisförmigen Schirmöffnung y ,
- Durchmesser des kreisförmigen Schirmbildes y' und
- der Abstand Schirm - Scheitelpunkt des Spiegels g .

Durch eine Skizze macht man sich leicht klar, daß der Strahlensatz gilt:

$$f/(f+g) = y/y' \quad \quad f = g \cdot y/(y' - y)$$





Jahreshaupt- und Schultagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR

Alexander Niehardt, FSU Jena
Sektion Physik,
3. Stdj. Physik/Astronomie-Lehrer

Vom 10. bis 12. Februar fand im Brühlzentrum in Leipzig die diesjährige Jahreshaupttagung der Physikalischen Gesellschaft der DDR statt. Ihr ging wie in den vergangenen Jahren unmittelbar die vom Fachverband Schulphysik der Gesellschaft organisierte Schultagung voraus. Diese Weiterbildungsveranstaltung war auch in diesem Jahr wieder Anziehungspunkt für einige hundert Physiklehrer, Lehrer- und Physikstudenten. Höhepunkt des ersten Tages bildete ein Experimentalvortrag "Versuche zum Licht", den K. Werner von der Sektion Physik der KMU Leipzig gestaltete. In weiteren interessanten Vorträgen wurden die Hörer in leicht verständlicher Form mit neuen Anwendungsgebieten physikalischer Erkenntnisse vertraut gemacht, so mit der Synergetik und der NMR-Tomographie.

Das deterministische Chaos als Mittel zur Beschreibung physikalischer Systeme wurde am zweiten Tag in einem Grundlagenvortrag vorgestellt. (impuls 68 veröffentlichte dazu bereits einen dreiteiligen Artikel mit dem Titel "Regiert das Chaos die Welt?" 5/84 und 1+2/85) Ein weiterer Schwerpunkt waren Vorträge zu Perspektiven der Informatikausbildung in der Schule und zu Einsatzmöglichkeiten für den Mikrocomputer im Physikunterricht, die unter den Teilnehmern der Tagung rege Diskussionen auslösten.

Die Jahreshaupttagung behandelte die Komplexthemen

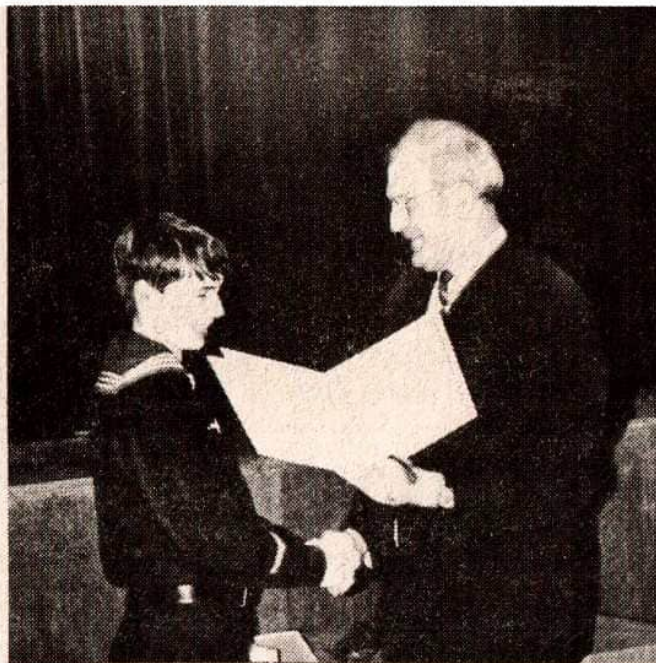
- Phasenumwandlung in Festkörperphysik und Werkstoffforschung,
- Mikromechanik und
- nichtkonventionelle Mikroskopie.

Desweiteren wurden interessante Einzelvorträge geboten, so zum Quanten-Hall-Effekt oder zu Berührungen zwischen Physik und Ökonomie.

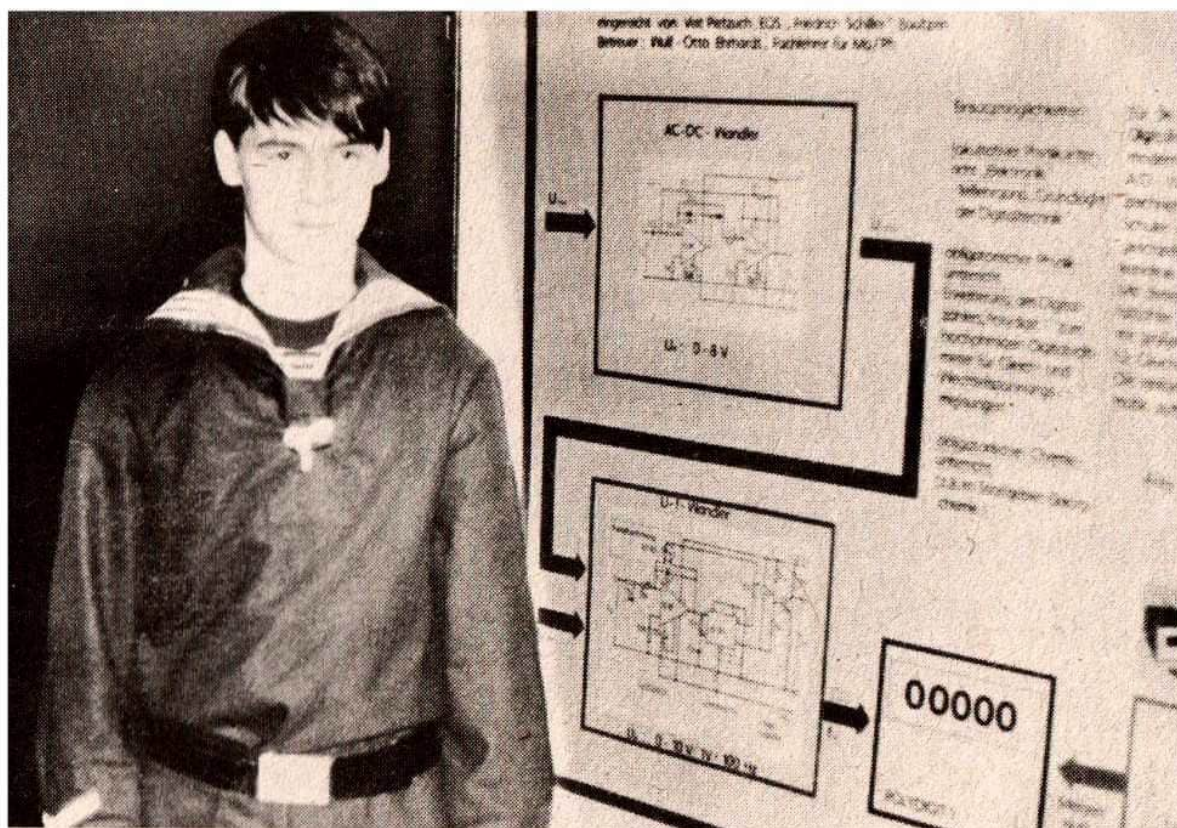
Höhepunkt der gemeinsamen Sitzung der Teilnehmer der Schul- und der Jahreshaupttagung bildete die Verleihung der Gustav-Hertz-Preise 1986 sowie die Auszeichnung mit dem Schülerpreis der Physikalischen Gesellschaft der DDR.

Mit dem Schülerpreis der Physikalischen Gesellschaft der DDR 1986 wurde

Veit Pietzuch
ausgezeichnet durch
Prof. Lechner, Vor-
sitzender des Fach-
verbandes Schulphy-
sik der Physikali-
schen Gesellschaft
der DDR.



Veit, der zur Zeit seinen dreijährigen Ehrendienst bei der NVA leistet, lernte an der EOS "Friedrich Schiller" in Bautzen. Dort nahm er am fakultativen Physikunterricht "Elektronik" teil, der von seinem Fachlehrer für Physik und Mathematik, Koll. Wulf-Otto Ehrhardt, geleitet wurde. Dieser beauftragte Veit zur experimentellen Absicherung des Teillehrganges "Grundlagen der Digitaltechnik" mit der Realisierung entsprechender Schaltungen. Veit baute verschiedene Schaltungen nach Plänen aus Fachzeitschriften zusammen (Funkamateure, RFT) und untersuchte mit großem Meßaufwand deren Eignung und Funktionstüchtigkeit. Die schließlich ausgewählten Schaltungen (ein A/D-Wandler, ein U-f-Wandler und eine Wiederholautomatik) wurden verbessert, teilweise zur Herstellung ihrer Funktionstüchtigkeit korrigiert und zu einem Spannungsmeßzusatz für das Schulgerät POLYDIGIT 1 kombiniert.

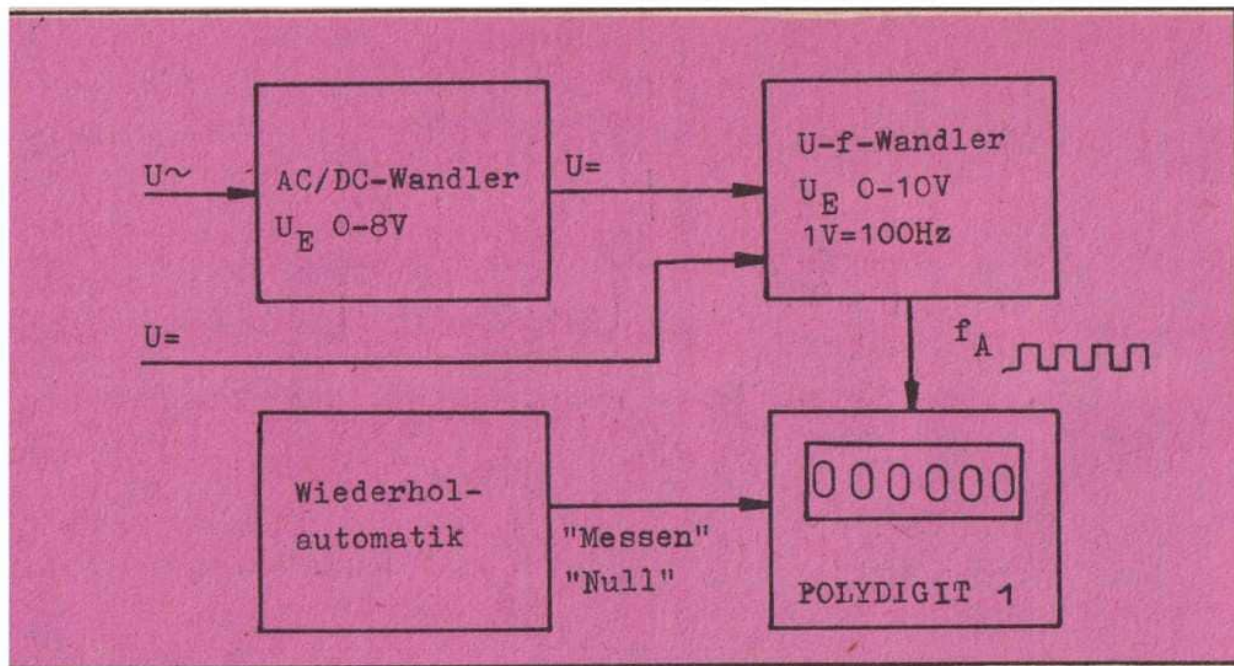


Die Arbeit wurde den Teilnehmern als Poster vorgestellt, welches reges Interesse fand.

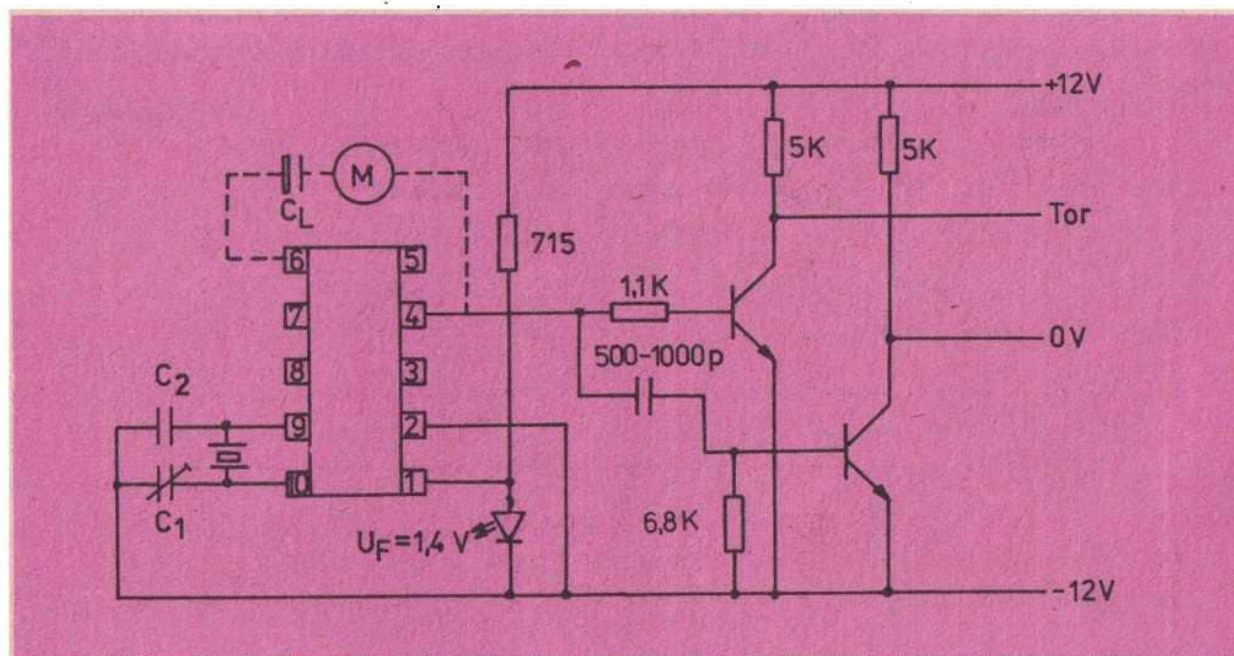
Alle Leser, die sich für die Teilnahmebedingungen des Wettbewerbs um den Schülerpreis der Physikalischen Gesellschaft der DDR interessieren, verweisen wir auf Heft 6/84 des "impuls 68"

Die einfache, quarzgesteuerte Wiederholautomatik entstand unter Verwendung der Leiterplatte eines Quarzweckers. Der Spannungs-Frequenz-Analog-Digital-Wandler zeichnet sich durch eine einfache und für Schüler verständliche Schaltungsstruktur bei gleichzeitiger hoher Linearität der Wandlerkennlinie aus. Dieser moderne Wandler ist daher für die experimentelle Demonstration bei gleichzeitiger theoretischer Durchdringung der Digitalisierung analoger Signale bestens geeignet.

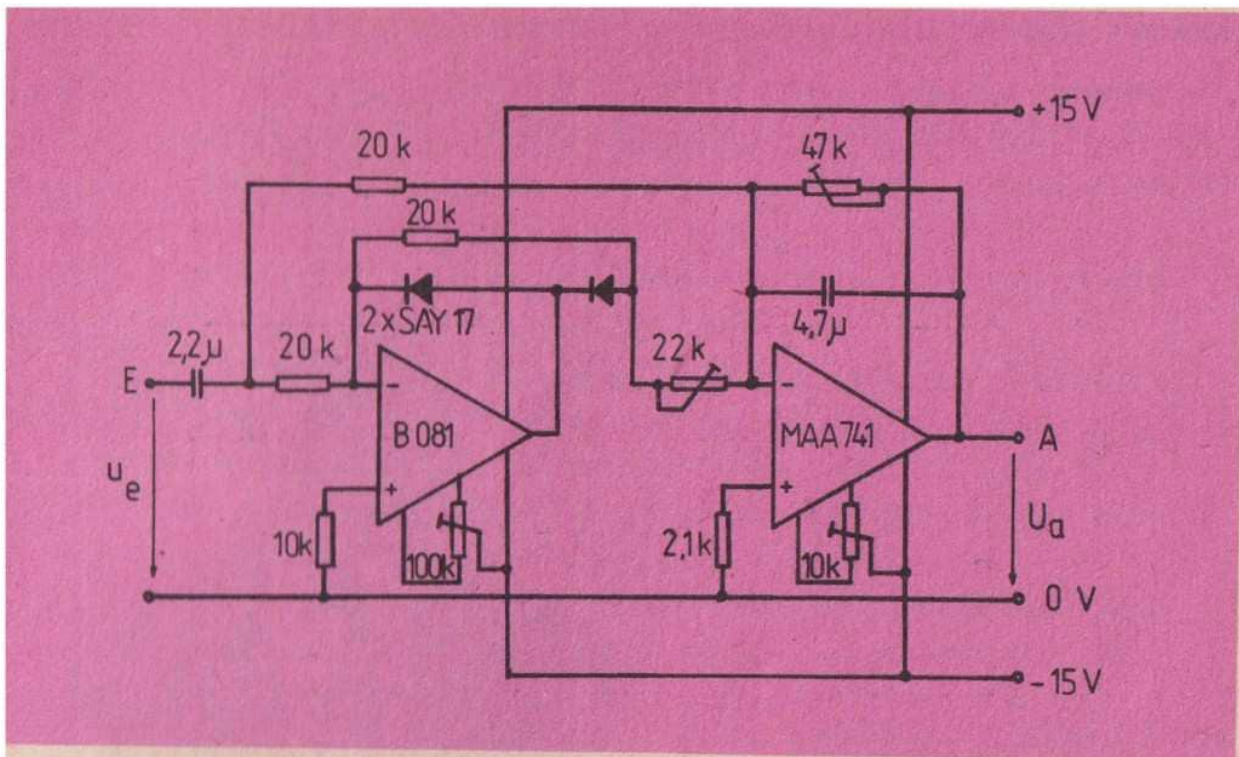
Als Digitalvoltmeter für Gleich- und Wechselspannungen mit dem hohen Eingangswiderstand $R_x = 500 \text{ k}\Omega$ kann das entstandene Gerät über den fakultativen Unterricht hinaus im obligatorischen Physikunterricht sowie im Fach Chemie, Stoffgebiet Elektrochemie, Verwendung finden. Für den interessierten Nachnutzer stellen wir auf den folgenden Seiten den Aufbau des Gerätes vor.



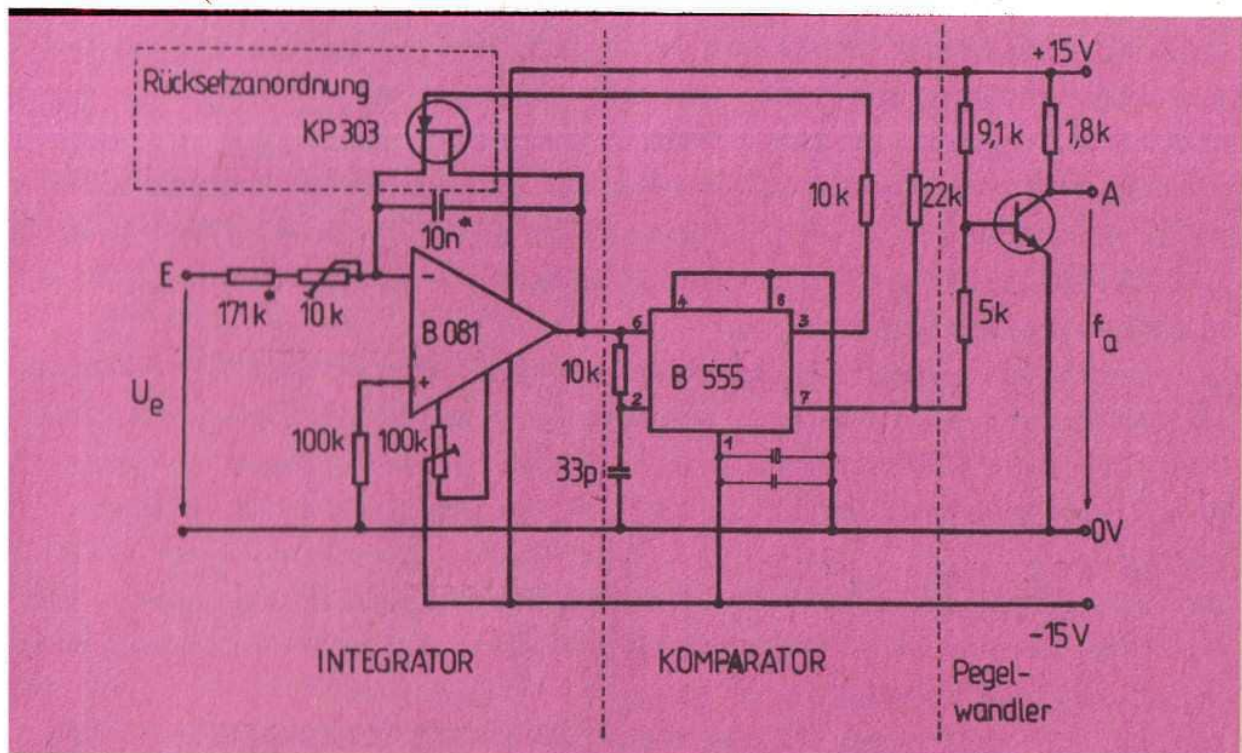
Blockschaltbild des Gerätes



Wiederholautomatik



AC/DC-Wandler



U-f-Wandler

Der Gustav - Hertz - Ehrenpreis für langjährige verdienstvolle Arbeit in der Physikalischen Gesellschaft der DDR 1986 wurde an

Prof. Dr. Werner Holzmüller



aus Leipzig verliehen.

Prof. Holzmüller gehört als Gründungsmitglied der Physikalischen Gesellschaft der DDR seit ihrer Geburtsstunde an.

Nach dem Studium der Physik und Mathematik in Leipzig 1932 - 37 promovierte er bei Peter Debye auf molekularphysikalischem Gebiet und habilitierte 1941 bei P. A. Thiessen.

Mit seinen grundlegenden Arbeiten zur Platzwechseltheorie bei molekularen Vorgängen, die er bis in die Gegenwart hinein vervollständigte und ausbaute, erwarb er sich zusammen mit den Ergebnissen seiner experimentellen Arbeiten weitreichende internationale Anerkennung.

Durch die Betreuung von ca. 550 Diplom- und Doktorarbeiten wurde er zum Lehrer einer ganzen Generation von Polymerphysikern der DDR. Für seine Forschungstätigkeit auf dem Gebiet der Polymere wurde Prof. Holzmüller 1959 mit dem Nationalpreis II. Klasse geehrt.

Seine Verdienste um die Entwicklung einer praxisbezogenen Lehre und Forschung wurden 1962 mit dem Vaterländischen Verdienstorden in Silber gewürdigt.

Innerhalb der Physikalischen Gesellschaft der DDR entstand aus seinen Aktivitäten die Tagungsreihe Polymerphysik und später die Eintageveranstaltungen "Rheologie". Bis 1983 war Prof. Holz-

müller Vorsitzender des Fachverbandes Polymerphysik und arbeitet auch noch heute in dessen Leitung sowie im Vorstand der Physikalischen Gesellschaft aktiv mit. Jahrelang war innerhalb der Kommission Schulphysik und ist er heute noch aktiv an der Vorbereitung und Durchführung der Schultagung beteiligt und bereichert die Arbeit der Leitung des Fachverbandes Schulphysik mit wertvollen Hinweisen.

Die Profilierung des Fachverbandes Polymerphysik und die weitreichende internationale Anerkennung der Leistungen Prof. Dr. Holzmüllers machten es der Leitung möglich, ihn von 1974 bis 1980 für das Board der Sektion Makromolekulare Physik der Europäischen Physikalischen Gesellschaft zu benennen.

Seine Mitarbeit in diesem Gremium und die Anerkennung der Leistungen der Polymerphysiker der DDR führten dazu, daß die Physikalische Gesellschaft der DDR mit der Ausrichtung der 12. Europäischen Konferenz "Makromolekulare Physik" im September 1981 beauftragt wurde.

"Nach wie vor widmet Prof. Dr. Holzmüller viel Zeit der Förderung des Gedankenaustausches im Rahmen der wissenschaftlichen Gesellschaften und der Hochschulen, der URANIA und des Kulturbundes.

Mit der ihm eigenen körperlichen und geistigen Vitalität und seiner heiteren Freundlichkeit ist er vielen jüngeren Wissenschaftlern noch heute Vorbild und genießt ein hohes Ansehen unter den Physikern und vielen Menschen, die mit ihm Kontakt hatten und haben.

Wir verbinden die Auszeichnung mit der Gustav - Hertz - Medallie für langjährige verdienstvolle Arbeit in der Physikalischen Gesellschaft mit den besten Wünschen für die weitere Schaffenskraft und persönliches Wohlergehen." (aus der Laudatio)

impuls 68 schließt sich diesen Wünschen an und möchte zum Schluß den Preisträger zitieren, der in seinen Schlußworten am Ende der diesjährigen Schultagung äußerte:

"Nicht nur die Förderung unserer musischen und sportlichen Talente, auch die Förderung und Forderung unserer naturwissenschaftlich begabten Schülerinnen und Schüler braucht ihre Zeit."

Sie braucht auch ihre materiellen Voraussetzungen und Fachlehrer, die bereit sind, diese Förderung in die Hand zu nehmen.

In diesem Sinne rufen wir die Lehrer und Schüler unter unseren

Lesern zur weiteren aktiven Teilnahme am Wettbewerb um den Schülerpreis der Physikalischen Gesellschaft der DDR als eine Form der Förderung von Begabungen und Talenten auf und legen unseren studentischen Lesern und Lehrern ans Herz, die vielfältigen Möglichkeiten zur Weiterbildung in Form der Schultagung oder einer Mitgliedschaft in der Physikalischen Gesellschaft zu nutzen.

Wissenswertes:

Im Jahr 1982 sorgten Resultate für Aufsehen, die der amerikanische Astronom Birch bei der Untersuchung extragalaktischer Radioquellen gefunden hatte. Er fand bei einer Reihe von Doppelquellen, daß der Winkel zwischen der Polarisationssebene der Radiostrahlung und der Verbindungslinie der Doppelquellen sowohl positiv als auch negativ sein kann. Erstaunlicherweise stellte sich jedoch heraus, daß an einer Hemisphäre des Himmels bevorzugt positive Winkel auftreten (Zentrum der Hemisphäre bei etwa 15^{h} Rektaszension und -35° Deklination), während in der anderen Hemisphäre negative Winkel besonders häufig sind. Eine ähnliche Anisotropie fand Birch ebenfalls für die S- oder Z-förmige Gestalt der Radioquellen. Eine Erklärung dieser Beobachtungen wäre dadurch gegeben, daß die Rotationsachsen der Radioquellen entsprechend der Achse einer universellen kosmischen Rotation ausgerichtet sind. Eine derartige Rotation des gesamten Universums würde eine Revision des allgemein akzeptierten kosmologischen Modells erfordern. Wegen der großen Bedeutung dieses Sachverhalts wurden in jüngster Zeit neue Untersuchungen durchgeführt. Die Astronomen Bietenholz und Kronberg von der Universität Toronto beobachteten 227 extragalaktische Radioquellen und ermittelten die oben erwähnten Winkel. Neben diesem umfangreichen Material verbesserten sie auch die statistische Analyse der Daten. Nach ihren Ergebnissen gibt es keinen Hinweis darauf, daß der Winkel zwischen der Polarisationssebene und dem Positionswinkel der Doppelquelle vom Ort am Himmel abhängt. Die Eigenschaften dieser Radioquellen deuten nicht auf eine universelle kosmische Rotation hin.

Manfried Schulze
Schwarzenberg
EOS „Bertolt Brecht“

Die Säure-Base-Theorien von Arrhenius, Brönsted, Lewis und Usanovič (Teil 2)

CHEMIE

Teil 1 in „impuls 68“ Heft 6/85 erschienen

3. Die Säure-Base-Theorie von Lewis

Die Grenzen der im vorigen Teil behandelten Brönsted-Theorie bestehen darin, daß sie sich ausnahmslos nur auf prototrope (wasserstoffhaltige) Substanzen oder Lösungsmittel anwenden läßt.

Es gibt jedoch zahlreiche Stoffe, die keine Wasserstoffverbindungen darstellen, aber beim Lösen in Wasser eine saure Reaktion hervorrufen. Das geschieht bei bestimmten Substanzen sogar im wasserfreien Zustand.

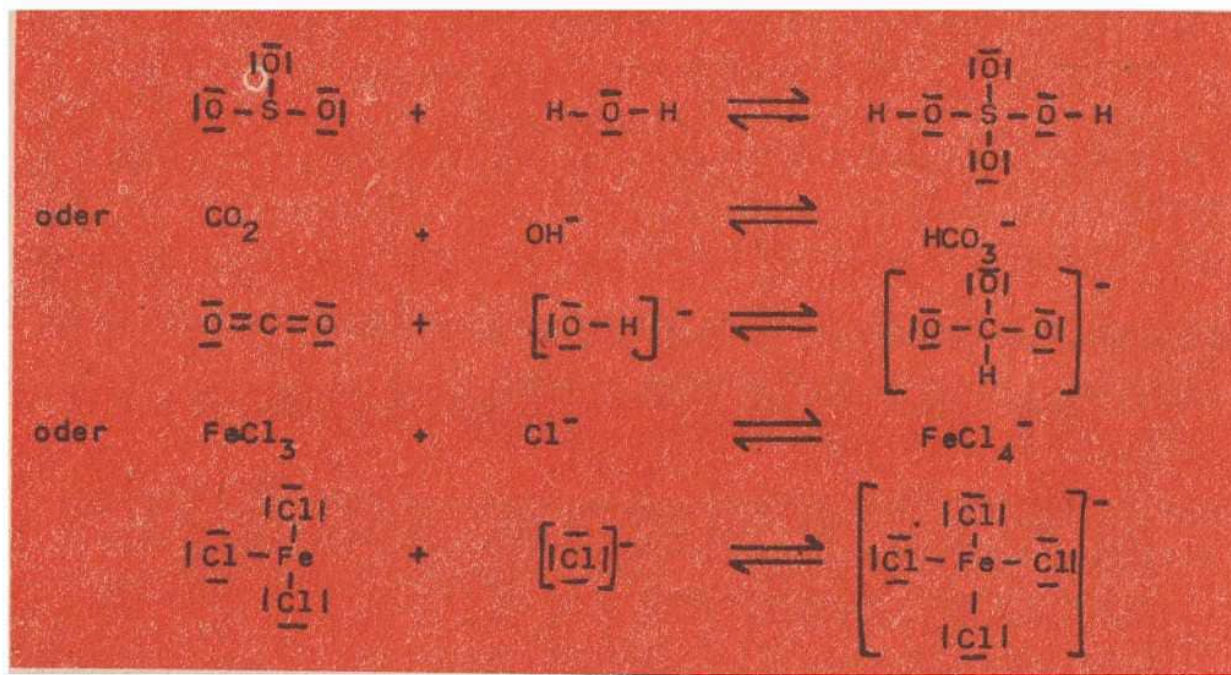
Lewis hat 1923 (als auch Brönsted und Lowry ihre Säure-Base-Konzeptionen entwickelten) eine Säure-Base-Theorie aufgestellt, in deren Mittelpunkt die Elektronenkonfiguration als konstitutionelles Merkmal steht.

Eine Säure ist nach Lewis ein Molekül oder Ion mit einem unvollständig besetzten Energieniveau (Vorhandensein einer sogenannten Elektronenlücke), die zur Bildung einer Kovalenzbindung (Atombindung) ein Elektronenpaar eines anderen Stoffes übernehmen kann. Solche Stoffe werden als Elektronenpaar-Akzeptoren bezeichnet.

In entsprechender Weise ist jedes Teilchen, daß als Elektronenpaar-Donator zur Ausbildung einer Kovalenzbindung ein Elektronenpaar zur Verfügung stellen kann, eine Base.

Eine Säure-Base-Reaktion nach Lewis zeigt sich damit in der Bildung einer Atombindung aus einer Säure und einer Base, wobei die entstehende Verbindung als Neutralisationsprodukt aufgefaßt wird.





Solche Reaktionsprodukte können sekundär (z.B. durch Dissoziation, Umlagerung) in einen stabileren Zustand übergehen. Unter diesen Gesichtspunkten sind auch die Komplexverbindungen als Ergebnis einer Säure-Base-Reaktion aufzufassen, wobei das Energieniveau des Zentralatoms (Lewis-Säure) durch Elektronenpaare der Liganden (Lewis-Basen) aufgefüllt wird. Als Beispiel kann gelten:



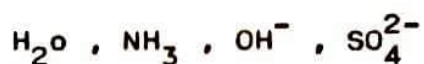
Das Zentralion (Fe^{2+}) bildet mit den sechs Liganden (CN^-) koordinative Bindungen (Atombindungen), deren Bindungselektronen nur von einem Reaktionspartner (Ligand) zur Verfügung gestellt werden.

Die üblicherweise als Brönsted-Säuren bezeichneten Stoffe (z.B. H_2SO_4 , HNO_3 , H_2S , NH_4^+ , H_3O^+ , HSO_4^-) stellen nach Lewis keine Säuren dar, da sie nicht als Elektronenakzeptoren wirken können.

Das Proton (H^+) selbst kann auch als Lewis-Säure aufgefaßt werden, so daß die Bildung der Brönsted-Säure eine Lewis-Säure-Base-Reaktion darstellt:



Hingegen ist jede Brönsted-Base gleich einer Lewis-Base, was sich an folgenden Beispielen zeigt:



So ist Ammoniak (NH_3) als Protonenakzeptor nach der Brönsted - schen Definition eine Base, und durch sein freies Elektronen- paar (NH_3) als Elektronenpaar-Donator im Sinne der Lewis- Theorie ebenfalls eine Base.

Die Lewis-Terminologie stellt eine Erweiterung des Säure-Base- Begriffes dar, zumal diese Konzeption im Gegensatz zur Brön- sted-Formulierung die Symmetrie solcher Vorgänge wieder heraus- hebt. Das bedeutet, daß Säuren und Basen nach der Lewis-Theorie gleichermaßen funktionell und konstitutionell charakterisiert sind:

	Säure	Base
konstitutionell	besitzt Elektronen- lücke	besitzt freies Elek- tronenpaar
funktionell	Elektronenakzeptor	Elektronendonator

Neben dem Mangel der Lewis-Konzeption, daß Protonensäuren nicht als Säuren angesehen werden, im Gegensatz zur Brönstedschen Theorie, kann die Lewis-Darstellung nur halbquantitative Aus- sagen zur Stärke von Säuren und Basen machen und kann deshalb auch nur bedingt Auskunft über das Säure-Base-Gleichgewicht geben.

Trotz dieser Einschränkung hat die Lewis-Theorie ihren beson- deren Vorteil darin, daß zahlreiche, auf den ersten Blick ver- schiedenartige Vorgänge von einem einheitlichen Standpunkt aus betrachtet werden können.

4. Die Säure-Base-Theorie von Usanovič

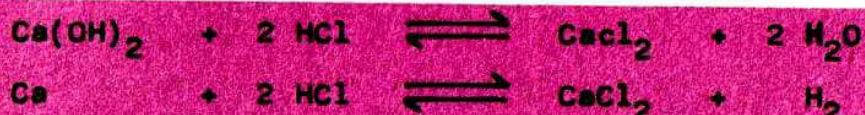
Ein weiterer Schritt in der Verallgemeinerung des Ablaufs von Säure-Base-Reaktionen besteht in der Berücksichtigung der Elek- tronentransfer, so daß Redoxreaktionen einbezogen werden können. Dieser Gedanke liegt der Definition von Usanovič (1939) zugrunde. Seine Säure-Base-Definition ist symmetrisch und schließt Aspekte der Konzeptionen von Brönsted und Lewis in sich ein.

Die Theorie von Usanovič stützt sich auf den heteropolaren Bin- dungstyp (Ionenbeziehung). Kovalente Bindungen (atombindungen) werden formal aus Ionen aufgebaut betrachtet.

Als Säuren werden Stoffe bezeichnet, die Kationen abspalten oder Anionen bzw. Elektronen aufnehmen können.

Basen sind Stoffe, die Anionen bzw. Elektronen abspalten oder Kationen aufnehmen können.

Das Vorhandensein eines einzigen der genannten Kriterien ist nach Usanovič ausreichend, um einen Stoff als Säure oder Base zu definieren. Weiterhin werden alle Redoxvorgänge zu Sonderfällen der Säure-Base-Reaktion. Dieser innere Zusammenhang kann beim Vergleich der Neutralisation einer Base und der Auflösung eines Metalls durch eine starke Säure deutlich hervortreten:



In beiden Fällen wird die Wirkung der Säure aufgehoben und es entsteht eine Salzlösung. Das Metall ist im Sinne der genannten Definition eine Base (Abspaltung von Elektronen). Diese basische Reaktion kann das Metall auch gegenüber Chlor ausüben. Das Nichtmetall übernimmt dabei die Funktion einer Säure (Elektronenakzeptor).

Zur Erklärung der Säure-Base-Natur einer Substanz wird dabei der koordinativ ungesättigte Charakter des Zentralatoms der Verbindung betrachtet: das in seinen Bindungen nicht abgesättigte Kation zeigt deshalb seine saure Funktion in der Anlagerung von Anionen. Das Anion zeigt hingegen seine basische Natur in der Anlagerung von Kationen. In vielen Stoffen treten sowohl koordinativ ungesättigte Kationen und Anionen auf, so daß solche Stoffe als Säure oder als Base fungieren können. Welche der beiden Reaktionen einer solchen amphoteren Verbindung wirksam wird, hängt von der Konstitution des Stoffes und vom Reaktionspartner ab. So übernimmt z.B. H_2PO_4^- (Dihydrogenphosphation) gegenüber OH^- die Funktion der Säure (Aufnahme des OH^- -Ions)



während der gleiche Stoff bei seiner Reaktion mit H^+ (Aufnahme eines Kations) die Basenfunktion zeigt:



Die Theorie von Usanovič gestattet eine quantitative Abschätzung der Säure- und Basenstärke auf Grund des Ionenpotentials

der Reaktionspartner. Das Ionenpotential ist das Verhältnis der Ladung zum Ionenradius. Wenn z.B. in einer Wasserstoffverbindung positive Zentralionen existieren, ist die Acidität (Säurefunktion) um so größer, je höher die Ionenladung und je kleiner der Ionenradius ist. Bei negativer Ionenladung wird mit wachsendem Ionenpotential dagegen die Acidität erniedrigt, d.h. die Basizität erhöht.

Als Beispiel der Zunahme der Säurestärke in Abhängigkeit vom Ionenpotential sei genannt:



Die Zentralionen besitzen hier steigende Oxydationsstufen.

Das Ionenpotential entscheidet auch darüber, ob ein amphoterer Stoff sauer oder basisch reagiert.

5. Beispiele von Säure-Base-Reaktionen von Usanović und Beziehungen zu Säure-Base-Reaktionen der Lewis- und Brönsted-Konzeption



Die folgenden beiden Beispiele zeigen die Beziehung zu anderen Säure-Base-Definitionen:

Auf Grund der Kationenabgabe zeigt HCl nach Usanovic eine Säurereaktion:



Gleichzeitig wird auch die Brönsted'sche Definition erfüllt, da HCl als Protonendonator fungiert.

Die Reaktion $\text{CO}_2 + \text{OH}^- \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-$ ist durch die Anionenaufnahme gekennzeichnet. Somit ist Kohlendioxid nach Usanović eine Säure, und gleichzeitig wird die Forderung der Lewis-Konzeption erfüllt, denn CO_2 als Stoff mit Elektronenlücke ist eine Lewis-Säure, während OH^- als Elektronendonator eine Lewis-Base darstellt.

6. Zusammenfassung

Alle genannten Säure-Base-Theorien sind dialektisch miteinander verknüpft. Andererseits sind die einzelnen Definitionen deutlich akzentuiert. Die Brönsted-Konzeption beruht ausschließlich auf prototropen Verbindungen, d.h., daß sie auf Wasserstoffverbindungen gestützt ist. Weiterhin ist diese Theorie durch das Protonenkonzept unsymmetrisch, hat aber den großen Vorteil, das Säure-Base-Gleichgewicht mathematisch einfach zu beschreiben. Die Säure-Base-Konzeption von Lewis und Usanovič unterscheiden sich in der Art des verwendeten Bindungsmodells. Die Säure-Base-Theorie von Lewis stützt sich vornehmlich auf die Verknüpfung oder Spaltung von kovalenten Bindungen (Atombindungen), und daraus resultiert die bevorzugte Anwendung dieser Konzeption in der organischen Chemie. Das Säure-Base-Verhalten heteropolarer Verbindungen, die in ihrer Mehrzahl in der organischen Chemie auftreten, wird besser durch die Usanovič-Theorie beschrieben. Da die meisten Verbindungen in Bezug auf ihren Bindungszustand einen Zwischencharakter tragen, ist zu erwarten, daß eine weitere Vereinheitlichung der Säure-Base-Theorie stattfinden wird. Gleichzeitig ist zu bemerken, daß die Arrheniussche Säure-Base-Theorie durch ihre Einfachheit besticht und durchaus ihren Platz bei der Erstvermittlung von Kenntnissen über das Wesen der Säuren und Basen rechtfertigt. Es ist jedoch notwendig, daß mit steigendem wissenschaftlichen Anspruchsniveau die Probleme der neueren Säure-Base-Theorien in das Allgemeinwissen Eingang finden.

**Wissenschaft ist Spektralanalyse.
Kunst ist Lichtsynthese.**

Karl Kraus

Der Wurzelkropf (crown-gall-disease) ist eine bei zweikeimblättrigen Pflanzen verbreitete tumorartige Krankheit, die sich im Auftreten unkontrollierter Gewebewucherungen besonders an Wurzeln und unterirdischen Stammteilen manifestiert.

Betroffen sind dabei vor allem Pflanzen mit erheblicher ökonomischer Bedeutung, wie z.B. Obstgehölze, Hopfen, Wein, Zuckerrübe, Tabak und Tomate aber auch verschiedene Zierpflanzen. Epidemischen Charakter nimmt der Befall oft in Baumschulen und Plantagen an.

Die Erforschung der Ursachen und Hintergründe dieser Pflanzenkrankheit führte besonders seit der Anwendung gentechnischer Methoden in den vergangenen zehn Jahren zu überraschenden Erkenntnissen mit noch nicht absehbaren Folgen für deren Anwendung auf den verschiedensten Gebieten der Pflanzenzüchtung.

Wurzelkropfforschung seit fast 100 Jahren

Schon seit der Jahrhundertwende ist bekannt, daß die Wurzelkropferkrankung von einem stäbchenförmigen, begeißelten, gramnegativen Bodenbakterium verursacht wird, das von seinen Entdeckern - italienischen und US-amerikanischen Wissenschaftlern - als *Agrobacterium tumefaciens* bezeichnet wurde.

Im Jahre 1947 gelang Braun erstmals die Züchtung einer Gewebekultur aus Wurzelkropfzellen, die erkrankten Pflanzenteilen entnommen wurden. Diese Zellen waren frei von krankheitsauslösenden Bakterien und vermehrten sich im Reagenzglas ohne Zusatz pflanzlicher Wachstumshormone, die normalerweise unentbehrlich für die Etablierung pflanzlicher Gewebekulturen sind. Braun schlußfolgerte aus dieser Tatsache, daß *Agrobacterium*

t u m e f a c i e n s in der Lage ist, normale Pflanzenzellen in sich unkontrolliert teilende Tumorzellen umzuwandeln und postulierte ein "tumorinduzierendes Prinzip", das von diesem Bakterium auf Pflanzenzellen übertragen wird.

Ein weiterer Schritt auf dem Wege der Klärung des "tumorinduzierenden Prinzips" war die Entdeckung einer französischen Arbeitsgruppe unter Morel, die feststellte, daß die Zellen des Wurzelkropfgewebes eine Reihe bis dahin unbekannter Verbindungen - die O p i n e - ausscheiden, die von normalen Zellen der gleichen Pflanze nicht gebildet werden. Morel untersuchte zwei Vertreter der Opine - O c t o p i n und N o p a l i n .

Dabei kam er zu der überraschenden Feststellung, daß infizierte Pflanzen entweder Octopin oder Nopalin ausscheiden und zwar in Abhängigkeit vom jeweiligen A g r o b a k t e r i e n s t a m m , der die Pflanze infiziert und das entstehende Wurzelkropfgewebe zur Opinbildung veranlaßt.

Darüber hinaus führten diese Untersuchungen zu der Erkenntnis, daß ein Agrobakterienstamm, der eine Pflanze z.B. zur Octopinbildung veranlaßt, in der Lage ist, das vom erkrankten Pflanzengewebe in die Rhizosphäre¹ ausgeschiedene Octopin exklusiv als Nährsubstrat zu nutzen.

Diese Befunde ließen nur einen Schluß zu: A g r o b a k t e r i u m schleust genetisches Material in die Pflanzenzelle ein, das dort vom genetischen Apparat dieser Zelle akzeptiert und exprimiert² abgelesen wird, was schließlich zur Tumorbildung und Opinsynthese durch das betroffene Gewebe führt.

Die Bestätigung dieser These ließ nicht lange auf sich warten. Dank der schnellen Entwicklung gentechnischer Methoden Anfang der siebziger Jahre wurden die Wissenschaftler Schell und Montagu in die Lage versetzt, in virulenten³ Agrobakterienstämmen Plasmide (zirkuläre DNA-Moleküle, die in vielen Bakterienzellen neben der DNA des Kernäquivalentes vorkommen) nachzuweisen, welche die genetische Information für die Umwandlung normaler Pflanzenzellen in Tumorzellen tragen, die Pflanzenzelle zur Opinsynthese veranlassen und außerdem die Bakterien befähigen, die von der Pflanzenzelle vorgeschriebenen Opine als Nährsubstrat zu nutzen.

1 - Rhizosphäre-Wurzelbereich

2 - exprimieren, Expression eines Gens - Ausprägung (Realisierung) der auf dem Gen codierten Information

3 - virulent - krankheitserregend

Die Interaktion zwischen Agrobakterium und Wirtspflanze

In den folgenden Jahren führte die intensive Untersuchung der Wechselbeziehung zwischen *Agrobacterium tumefaciens* und biochemischer Aspekte dieser Form des mikrobiellen Parasitismus, die Schell als "genetische Kolonisierung" bezeichnet. Wichtige Gesichtspunkte dieser Interaktion sollen im folgenden dargestellt werden.

Virulente Stämme von *Agrobacterium tumefaciens* besitzen ein tumorinduzierendes Plasmid (pTi), das neben "Virulenzgenen" (vir-Region) und "Tumorgenen" (onc-Region) auch die genetische Information für die zur Opinsynthese (durch die Pflanze) und zum Opinabbau (durch das Bakterium) notwendigen Enzyme kodiert (Abb. 1).

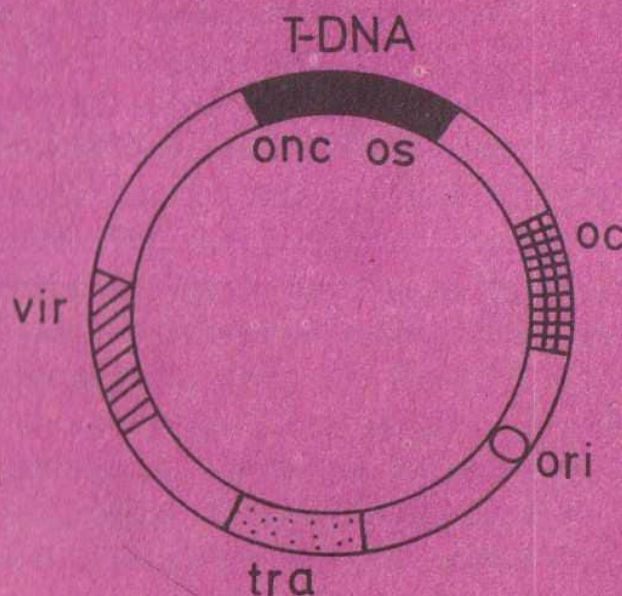


Abb. 1

Schematische Darstellung eines tumorinduzierenden Plasmids (Ti-Plasmids) von *Agrobacterium tumefaciens*

Das Plasmid hat eine Molekülgröße von etwa 210 Kilobasenpaaren (kb). Die T-DNA ist der Teil des Plasmids, der nach Einschleusung des gesamten Plasmids in die Pflanzenzelle in deren Genom

(in eines der pflanzlichen Chromosomen) eingebaut wird. Dort entfalten die Gene der T-DNA ihre Wirkung - sie werden exprimiert. Als "onc" sind die für das Tumorstadium der Pflanzenzelle verantwortlichen Gene und als "os" die für die Opinsynthese (z.B. Octopin oder Nopaline) zuständigen Gene bezeichnet. Die mit "vir" gekennzeichnete Region trägt Gene, deren Genprodukte für die Übertragung des Plasmids mit der T-DNA auf die Pflanzenzelle notwendig sind. Die Gene des "tra"-Bereiches zeichnen verantwortlich für den konjugativen Transfer der Plasmide von virulenten, plasmidtragenden Agrobakterium-Stämmen auf avirulente, plasmidfreie Agrobakterium-Stämme.

"oc" steht für Opinkatabolismus: die Gene dieses Bereiches kodieren für die Synthese opinabbauender Enzyme. "ori" bezeichnet schließlich den Startpunkt (Origin) der Replikation (Verdopplung) der Plasmide, die sowohl bei jeder Teilung einer Bakterienzelle, als auch bei der Übertragung des Plasmids auf die Pflanzenzelle stattfindet.

Die Gene der v i r - Region sind verantwortlich für den Infektionsprozeß, so u.a. für die Erkennungs- und Bindungsreaktion zwischen bestimmten Rezeptoren an der Oberfläche von Bakterien- und Pflanzenzellen. Nach der Infektion der Pflanze durch Agrobakterium wird das tumorinduzierende Plasmid in die Pflanzenzelle eingeführt und es findet dort ein Rekombinationsprozeß (Austauschprozeß) zwischen der Plasmid-DNA und der DNA eines pflanzlichen Chromosoms statt. Im Ergebnis dieses Rekombinationsprozesses wird ein Teilstück des bakteriellen Plasmids, die sogenannte T-DNA (s. Abb. 1), in den DNA-Strang des betreffenden Chromosoms der Pflanzenzelle eingebaut. Diese T-DNA trägt die Gene der o n c - Region, welche für die Entstehung des tumorartigen Wachstums der betroffenen Pflanzenzellen und die Opinsynthese durch die Pflanze verantwortlich sind.

Die o n c - Gene werden also vom Transkriptions- und Translationsapparat der Pflanzenzelle wie eigene Gene behandelt und exprimiert.

Die für den Abbau der vom erkrankten Pflanzengewebe gebildeten und ausgeschiedenen Opine notwendiger Enzyme werden von Genen kodiert, die außerhalb der T-DNA lokalisiert sind und deshalb nicht in das Genom der Pflanzenzelle integriert, sondern von der Pflanzenzelle exprimiert werden. Diese Gene unterliegen einer

gemeinsamen Kontrolle. Sie werden erst dann "abgeschaltet", wenn in der Umgebung einer Bakterienzelle Opine vorhanden sind und als Substrat genutzt werden können.

Neben ihrer Bedeutung als Nährsubstrat haben die Opine für *Agrobacterium tumefaciens* noch eine zweite, sehr wichtige Funktion: Ti-Plasmide sind konjugative Plasmide, d.h. sie können von virulenten Stämmen (Donoren) auf avirulente, plasmidfreie Stämme (rezipienten) übertragen werden, wobei in der Donorzelle eine Kopie des Plasmids verbleibt und die Rezipientenzelle nach erfolgter Plasmidübertragung die auf dem Plasmid kodierte genetische Information ausprägt und ihrerseits zur potentiellen Donorzelle wird. Unter "normalen" Bedingungen wird dieser Plasmidtransfer jedoch nur mit sehr geringer Wahrscheinlichkeit realisiert. In einer Population, die aus einer etwa gleichgroßen Zahl virulenter Donorzellen von *Agrobacterium tumefaciens* besteht, erhält nur eine unter einer Million plasmidfreier Zellen durch konjugative Übertragung das virulenzverleihende Plasmid. Sind jedoch Donor- und Rezipientenzellen in der Nähe eines durch die Donorzellen induzierten Tumors lokalisiert, so stimulieren die von erkrankten Pflanzengewebe ausgeschiedenen Opine den konjugativen Transfer der entsprechenden Ti-Plasmide so stark, daß die Häufigkeit der Plasmidübertragung bis auf ein Verhältnis von 1:100 bis 1:10 ansteigt. Auf diese Weise werden die Fähigkeiten zur Nutzung der Opine und zur Infektion neuer Pflanzen an jene Bakterienzellen weitergereicht, die vorher dazu nicht in der Lage waren.

Damit ergibt sich ein faszinierender Tatbestand.

Ein bakterieller Parasit manipuliert das genetische Material seines Wirts so, daß dieser gezwungen wird, Metabolite zu synthetisieren, die für die Wirtspflanze selbst wertlos sind, dem Parasiten jedoch als ganz spezifisches und nur von ihm verwertbares Nährsubstrat dienen. Darüber hinaus verschafft sich *Agrobacterium* einen weiteren Selektionsvorteil dadurch, daß diese Metabolite den konjugativen Transfer der Ti-Plasmide induzieren und somit innerhalb der Bakterienpopulation schnell und effizient die Eigenschaften des Abbaus von Opinen bzw. der Induktion neuer Tumoren und der damit verbundenen Opinbildung durch das betroffene Gewebe verbreiten.

Die natürliche Kontrolle der Wurzelkropferkrankung

Eine spezielle Eigenschaft der tumorinduzierenden Plasmide des Nopalin- und Octopin-Typs verdient wegen ihrer Bedeutung für die natürliche Bekämpfung des Wurzelkropfes Erwähnung.

Virulente Agrobakterium-Stämme, die solche tumorinduzierenden Plasmide besitzen, zeichnen sich durch eine starke Empfindlichkeit gegenüber Agrocin aus. Agrocin ist eine spezifisch wirksame antibakterielle Substanz, die von Agrobakterium-Stämmen ausgeschieden wird, die selbst keine Tumorerkrankung hervorrufen.

Die Wirkung von Agrocin beruht offenbar darauf, daß diese Substanz als "giftiges" Konkurrenzsubstrat gegenüber den durch die Ti-Plasmide des Nopalin- und Octopin-Typs abbaubaren Agrocinopinen auftritt. Diese kompetitive Wirkung einiger Agrobakterien-Stämme wird in der Praxis zur Bekämpfung des Wurzelkropfes genutzt, indem Stecklinge und Sämlinge gefährdeter Pflanzen in eine Suspension aus Zellen eines Agrocin-bildenden Agrobakterien-Stammes getaucht werden und somit weitgehend ein Befall der Pflanzen mit virulenten Agrobakterien-Stämmen des Nopalin- und Octopin-Typs verhindert werden kann.

Die Praxisrelevanz des Phänomens der „genetischen Kolonisierung“

Neben dem außerordentlich hohen erkenntnistheoretischen Wert, der der Entdeckung des Prinzips der "genetischen Kolonisierung" innewohnt - aus Platzgründen kann hier auf die Aufklärung ähnlicher Genübertragungsmechanismen bei *Agrobacterium tumefaciens* und *Rhizobium*, die weitreichende Konsequenzen für die Betrachtungsweise der Evolution von Interaktionsmustern zwischen Mikroorganismen und Pflanzen in sich bergen, nicht eingegangen werden - eröffnet das System der Übertragung genetischen Materials von Mikroorganismen auf höhere Pflanzen neue Perspektiven in der Pflanzenzüchtung.

Die gezielte genetische Manipulation von Nutzpflanzen rückt in den Bereich des Möglichen.

Mit Hilfe der Ti-Plasmide könnten z.B. Gene in das pflanzliche Genom inkorporiert werden, die der jeweiligen Pflanze eine ganz bestimmte, für den Menschen vorteilhafte Eigenschaft verleihen.

Eine Möglichkeit der experimentellen Übertragung von Fremdgenen

auf höhere Pflanzen zeigt Abb. 2 . Auf diese Weise konnten in das pflanzliche Genom z.B. Gene inkorporiert werden, die den Pflanzen Resistenz gegen bestimmte Schadinsekten oder Mikroorganismen verleihen. Nutzpflanzen könnten sogar selbst natürliche bakterizide oder insektizide Substanzen bilden und so unabhängiger vom Einsatz chemischer Mittel werden.

Ein weiterer Aspekt der Ertragssteigerung verschiedener Nutzpflanzen wäre die erfolgreiche Übertragung der Fähigkeit zur Luftstickstoffbindung von Bakterien auf Pflanzen. Die Lösung dieses allerdings sehr schwierigen Problems würde zu einer wesentlichen Einsparung von Düngemitteln führen und so auch direkt dem Umweltschutz dienlich sein.

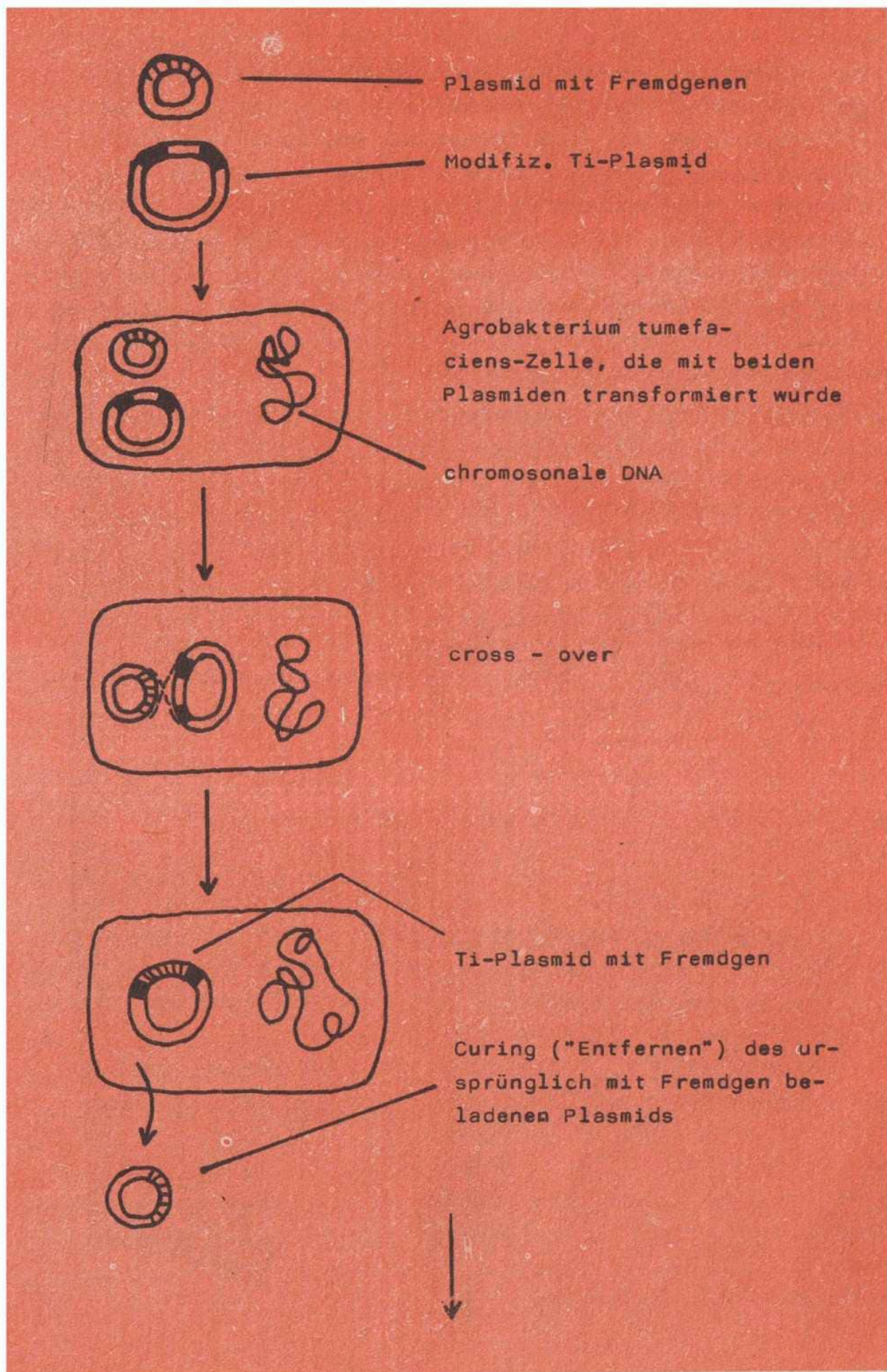
Die ersten Erfolge auf diesem Gebiet zeichnen sich bereits ab. So wurden einige bakterielle, pflanzliche und tierische Gene mit Hilfe modifizierter *Agrobacterien* - *Plasmide* in Pflanzen überführt und manche von ihnen dort exprimiert . Aus transformierten Einzelzellen (Gewebekultur) wurden z.B. Tabakpflanzen regeneriert, die ein natürliches Insektizid bilden. Andere Pflanzen bilden *Interferone*, welche tierische Peptide mit wichtigen Funktionen im Immunbereich sind.

Auch die Gene für die Resistenz gegen *Kanamycin* (Antibiotikaresistenz) aus dem Bakterium *Escherichia coli* und für das Enzym *Alkoholhydrogenase* aus Hefen wurden in pflanzliche Zellen überführt und dort exprimiert.

Die Schwierigkeiten, die sich der Realisierung solcher Strategien entgegenstellen, liegen vor allem an dem noch mangelnden Verständnis der Regulationsmechanismen, denen pflanzliche Gene unterworfen sind und an den Problemen, die das komplexe Objekt "Pflanze" selbst mit sich bringt.

Auch die Optimierung der aus den Agrobakterium-Plasmiden konstruierten Vektoren zur Übertragung von Genen in pflanzliche Zellen ist noch nicht abgeschlossen.

Die intensiven weltweiten Forschungen auf diesem Gebiet werden jedoch in naher Zukunft dazu beitragen, die Erbanlagen wichtiger Nutzpflanzen gezielt verändern zu können und damit einen vielleicht entscheidenden Schritt auf dem Wege der Sicherung der Welternährung zu vollziehen.



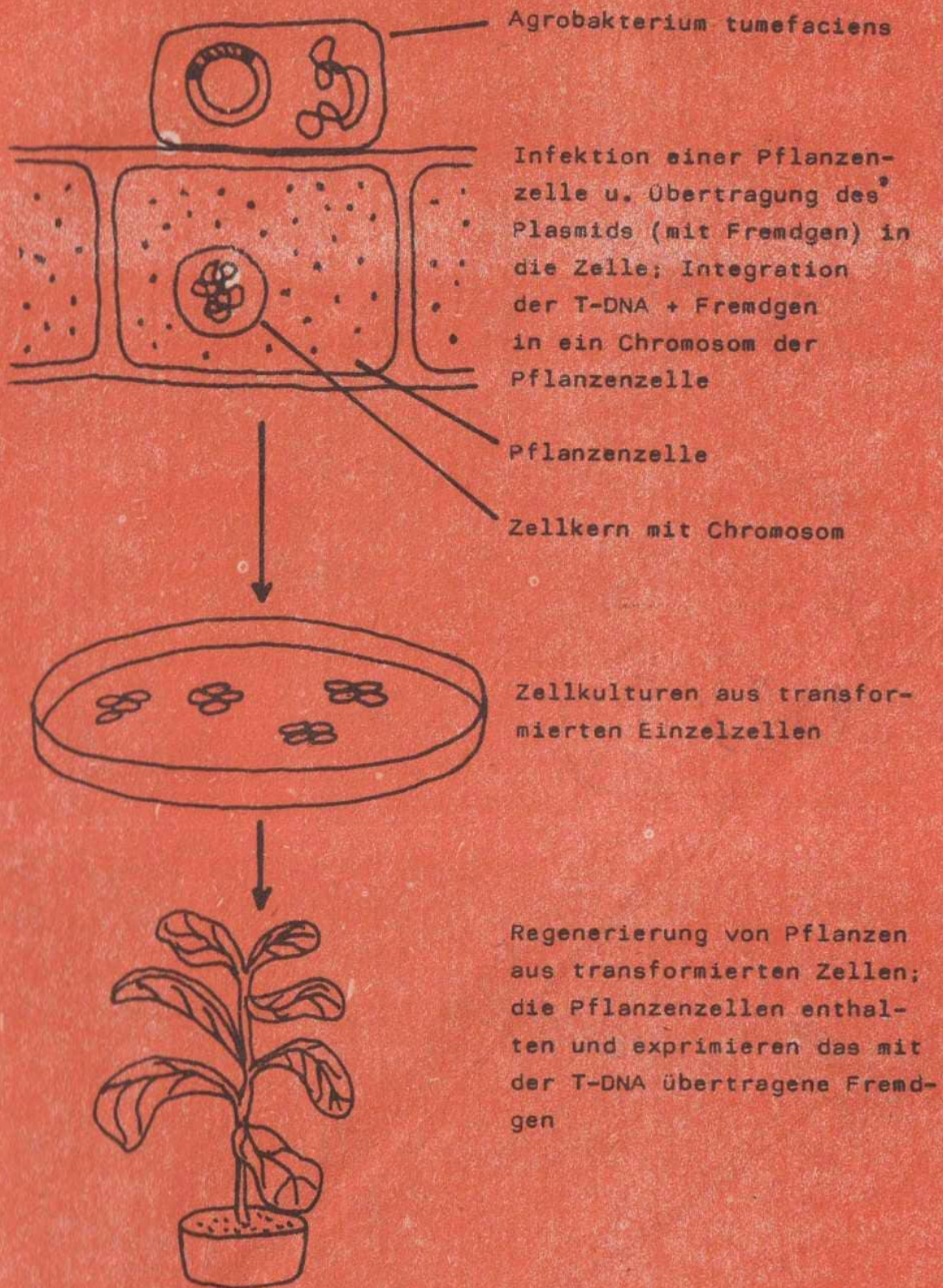
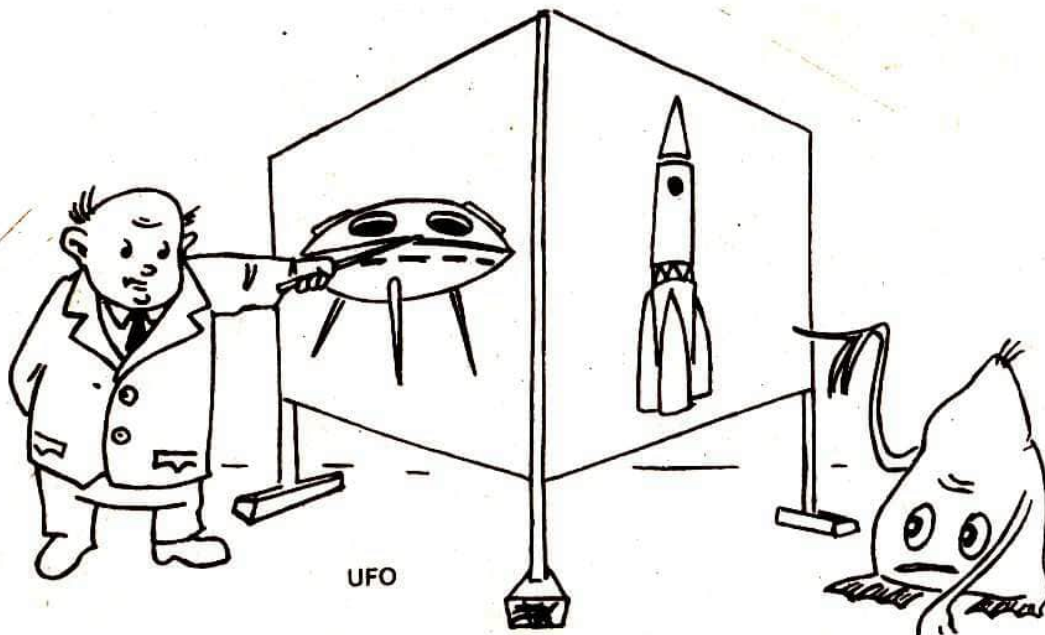


Abb. 2

Schematische Darstellung der Übertragung von Fremdgenen in das pflanzliche Genom



Karikaturen aus
„Wissenschaft
in der UdSSR“
Nr. 2/1982
Repros: Richter

impuls 68



68

Impuls

Schülerzeitschrift für

PHYSIK · CHEMIE · BIOLOGIE

4/86 INDEX 322004 ISSN 0232-9220 PREIS 60 Pf. 20. Jg.

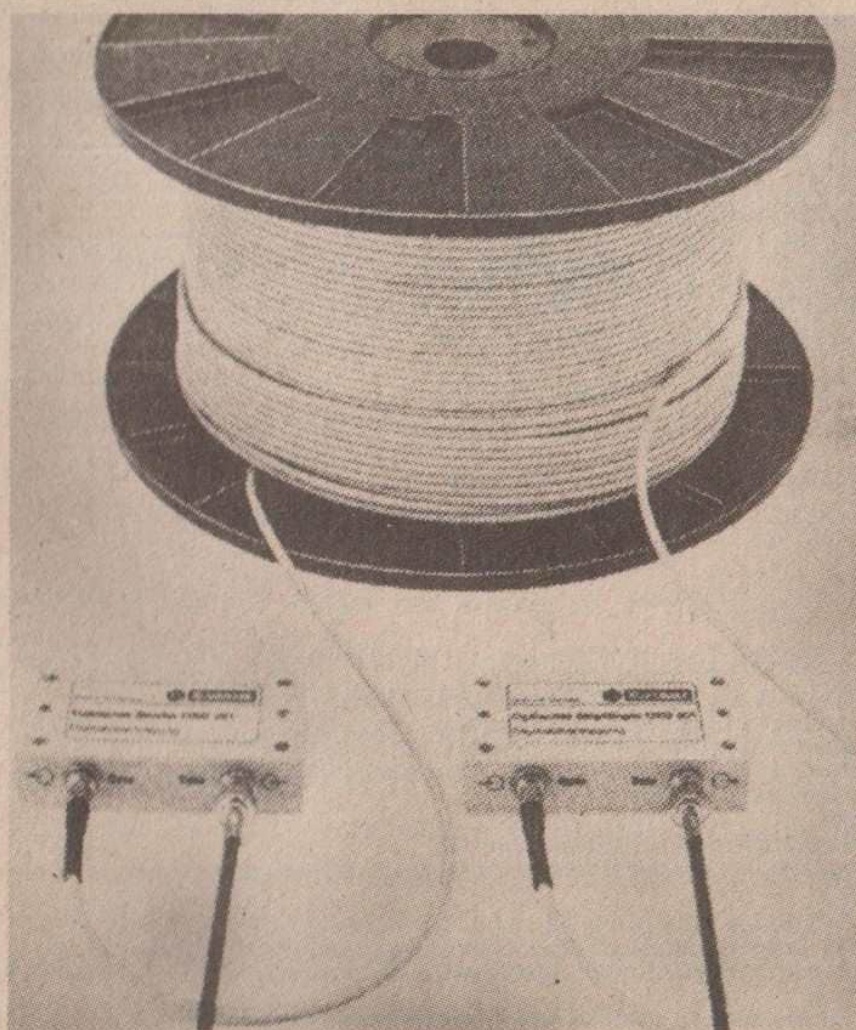
Saatgut-
bestrahlung



Holographie



BASIC IV



Nukleare
Winter



Titelfoto:
Nachrichten-
übertragung
über Licht-
leitkabel
links Sender,
rechts
Empfänger

Wie weit ist die Integrierte Optik?

von Dipl.-Phys. Matthias Rottschalk



Matthias Rottschalk	Wie weit ist die Integrierte Optik? Teil 1	PHY	3
Karsten König	Nuklearer Winter	PHY	10
Dr. Wolfgang Zimmermann	Wurmheer auf Wanderschaft	BIO	17
Jürgen Flegel, Mirco Schumann, Frank Andreas	Programmieren – leicht verständlich Farbe auf dem Bildschirm Teil 4	PHY	21
Susanne Taistra, Andre Schulz	Mehr Paprika – durch Saatgutbestrahlung	BIO	29
Elke und Michael Selle	Holographie – ein junger Wissenschaftszweig	PHY	37

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: Max-Wien-Platz 1, Jena, 6900, Telefon 27122/217

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

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

Redaktionsmitglieder: Dr. Roland Colditz, Elke Selle, Sylvia Kaschke, Antje Schlegel, Petra Richter, Peter Kroll, Alexander Niehardt

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

Gestaltung: S. Kaschke, Richter, Niehardt, M. Kaschke

Redaktionsschluß: 20. 5. 1986

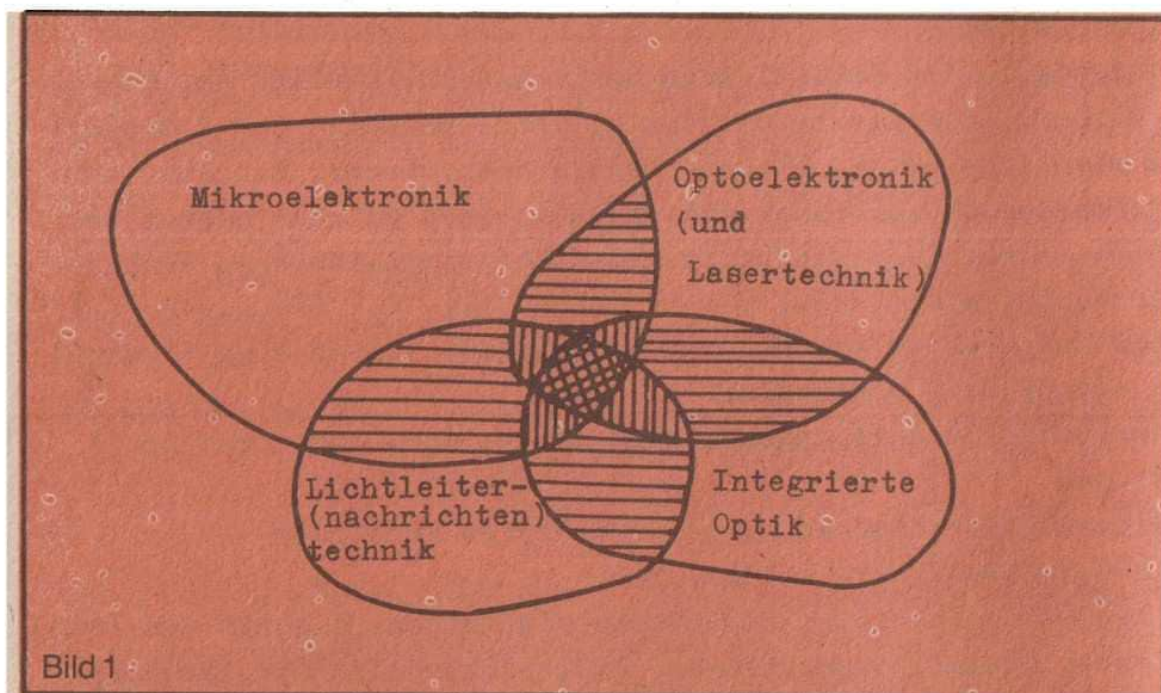
Den Begriff "Integrierte Optik" kennt man seit etwa 1969; mit ihm wurde damals ein neuentstandener Zweig der Optik etikettiert. Dem Nichtfachmann sagt der Begriff zunächst wenig oder nur soviel, als daß die "Integrierte Elektronik" (Mikroelektronik) in aller Munde ist und die Integrierte Optik demzufolge etwas ähnliches sein müsse. Tatsächlich hofft man, daß die Integrierte Optik für die Verarbeitung optischer Signale etwa jene Bedeutung erlangt, die integrierte elektronische Schaltungen auf dem Gebiet elektrischer Signalverarbeitung heute bereits besitzen.

Grundgedanke der Integrierten Optik ist es, ähnlich der Mikroelektronik, auf kleinstem Raum optische Bauteile und Komponenten wie Lichtleiter, Linsen, Modulatoren, Laser, Schalter usw. miteinander zu verbinden. So etwas optisch zu realisieren, hat einige prinzipielle Vorteile gegenüber vergleichbaren elektronischen Lösungen, z.B.:

- optisch geht es schneller (mehr Signale lassen sich in der gleichen Zeit verarbeiten)
- Unempfindlichkeit gegen äußere elektrische und magnetische Felder
- Widerstandsfähigkeit gegen radioaktive Strahlung
- in der Perspektive billiger.

Wollen wir noch einige Stichworte einstreuen, die mit der Integrierten Optik zusammenhängen. Mikroelektronik (ME) ist mehrfach genannt worden. Das heißt zunächst, daß die Integrierte Optik die Herstellungstechnologien übernimmt, die in der ME heute schon massenhaft angewandt werden. Das heißt weiter, daß integriert-optische Bauelemente, die irgendwie elektrisch angesteuert werden oder ein elektrisches Ausgangssignal haben, mit wenigen Volt Spannung auskommen müssen.

Nächstes Stichwort - auch in aller Munde - ist Optoelektronik. Dieses Gebiet umfaßt alle Bauelemente, die auf der Wechselwirkung zwischen Licht und Elektronen, oder allgemein elektrischen Ladungsträgern beruhen. Das ist auf der einen Seite z.B. der Halbleiterlaser als Sender (elektrischer Strom $\rightarrow$ Laserlicht) und auf der anderen Seite die Photodiode als Empfänger (Licht $\rightarrow$ elektrischer Strom). Auch damit muß die Integrierte Optik zusammenpassen, der Fachmann sagt "kompatibel" sein. Letztes Stichwort: Lichtleitertechnik. Dahinter steckt die Nachrichtenübertragung bzw. Signalverarbeitung mittels Lichtleitersystemen. Von der "Verkabelung" der Telefon- und Fernsehnetze hat bestimmt jeder schon einmal gehört. Auch in diesen Netzen werden integriert-optische Bauteile enthalten sein. So, nun fassen wir das alles zusammen und schauen uns in einem Schema (Bild 1) mal an, wie unsere technische Umwelt der Informationsübertragung und -verarbeitung im Jahr 2000 (oder 2010) aussehen könnte. Das heißt, die Grenzen werden fließend sein und es wird außerordentlich komplexe Systeme geben.



Bevor wir nun näher auf die Integrierte Optik eingehen, noch soviel, daß in den Jahren seit 1969 die Theoretiker und Praktiker eine Vielzahl von integriert-optischen Bauelementen durchgerechnet und in den Labors realisiert haben, aber erst (oder schon, wie man will) seit Januar diesen Jahres die ersten Ele-

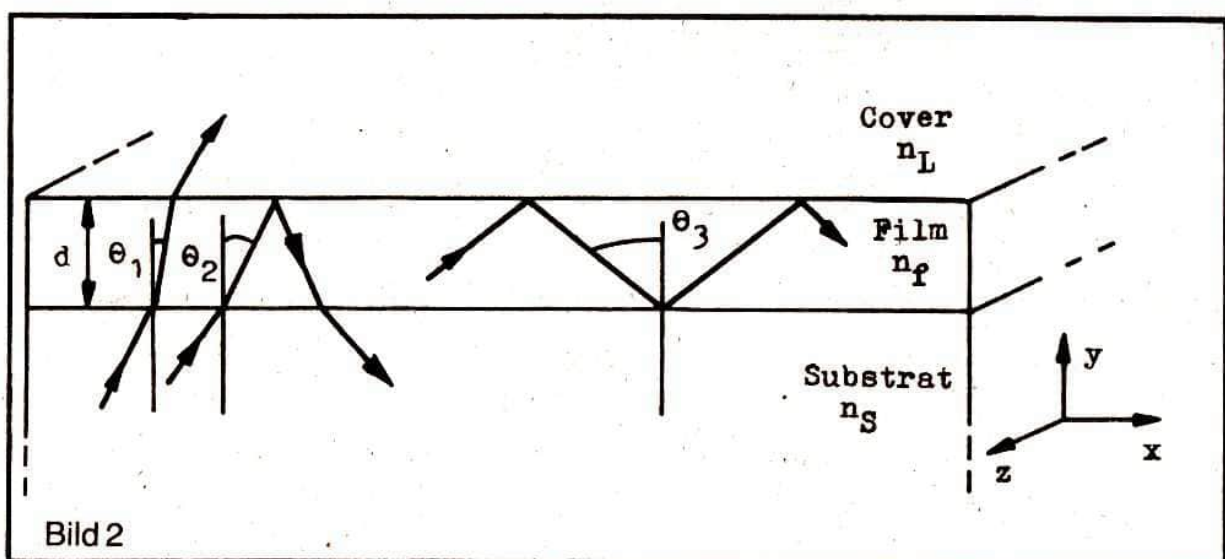
mente auf dem Weltmarkt angeboten werden. Wen es interessiert, die Verkäufer sind die amerikanischen Firmen Crystal Technology (eine Siemens-Tochtergesellschaft) und Amphenol Products, die integriert-optische Modulatoren zum Stückpreis um 2000 Dollar anbieten. Ein solcher Modulator wird übrigens in Teil 3 dieser Beitragsfolge in "Impuls 68" vorgestellt.

In der DDR beschäftigt man sich seit rund 5 Jahren an der FSU Jena mit integrierter Optik.

Es ist Zeit, auf einige einfachste physikalische Grundlagen der integrierten Optik einzugehen.

Das Untersuchungsfeld der integrierten Optik umfaßt alle Phänomene der Führung und Beeinflussung von Lichtwellen in Mikrostrukturen im Wellenlängenbereich zwischen $0,1$ und $10\text{ }\mu\text{m}$ (sichtbares Licht: $0,38\text{ }\mu\text{m}$ bis $0,78\text{ }\mu\text{m}$).

Befassen wir uns zunächst mit der Führung von Lichtwellen in Mikrostrukturen. Der einfachste Fall einer solchen Struktur ist der Schichtwellenleiter, der aus drei verschiedenen dielektrischen (nichtleitenden), transparenten (durchsichtigen) Medien besteht, wie im Bild 2 zu sehen ist. Da ist zunächst das Substrat bzw. Grundmaterial mit dem Brechungsindex n_s , dann die wellenleitende Schicht oder Film mit dem Brechungsindex n_f und schließlich das Cover mit dem Index n_c . Den Begriff "cover", zu deutsch Hülle, Deckel, kennen wir von Schallplatten. Die Dicke der well-



lenleitenden Schicht sei d , und in z -Richtung sei die Schicht unendlich ausgedehnt.

Die Lichtwellen sind als Strahlen veranschaulicht. Um eine Führung des Lichtes mittels fortlaufender Totalreflexion zu ermöglichen, muß gelten

$$n_f > n_s \text{ bzw. } n_c .$$

Daraus folgt sofort, daß der Winkel θ größer sein muß als die jeweiligen Grenzwinkel der Totalreflexion θ_G an den beiden Grenzflächen, also

$$\sin \theta > \sin \theta_{Gs} = n_s / n_f \text{ bzw. } \sin \theta > \sin \theta_{Gc} = n_c / n_f .$$

Im Bild 2 erfüllt nur θ_3 diese Bedingung. Für diesen Fall kann die Lichtwelle die wellenleitende Schicht nicht mehr verlassen, wir sprechen von einer geführten Welle. Ähnliches gilt für Lichtleitfasern, nur haben diese Zylindersymmetrie, während hier alles in einer Ebene passiert. Wichtig ist noch, daß nicht jeder Winkel $\theta > \theta_G$ für die Lichtausbreitung erlaubt ist, deshalb sprechen wir von diskreten Ausbreitungszuständen, den Moden. Wer wissen will, warum das so ist, liest sich den Informationskasten 1 durch.

info 1

Die Phase ϕ einer Lichtwelle zu einem festen Zeitpunkt setzt sich aus der Ausbreitungskonstanten K und dem zurückgelegten Weg x zusammen. Falls sich die Welle nicht im Vakuum ($n=1$) ausbreitet, geht noch der Brechungsindex n ein:

$$\phi = K \cdot n \cdot x = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot n \cdot x = \frac{2\pi f}{c} \cdot n \cdot x .$$

K wird auch als Wellenzahl bezeichnet, λ ist die Vakuumwellenlänge und f die Frequenz des Lichtes, c die Vakuumlichtgeschwindigkeit. Für eine geführte Mode wie im Bild 2 ergibt sich in Ausbreitungsrichtung x

$$\phi = K \cdot n_f \cdot \sin \theta \cdot x = K \cdot N \cdot x \quad \text{mit } n_s < N < n_f .$$

$N = n_f \cdot \sin \theta$ wird als effektiver Brechungsindex der Mode bezeichnet. Berücksichtigt man nun noch die Phasensprünge ϕ_s und ϕ_c bei den Reflexionen an den Grenzflächen, ergibt sich eine Grundgleichung der Integrierten Optik, die Eigenwertgleichung des Schichtwellenleiters im Bild 2:

$$K \cdot d \sqrt{n_f^2 - N^2} - \phi_s - \phi_o = m\pi \quad \text{mit } m = 0, 1, 2, \dots \text{ und}$$

$$\phi_s = \arctan \sqrt{(N^2 - n_s^2)/(n_f^2 - N^2)} \quad \text{bzw.}$$

$$\phi_o = \arctan \sqrt{(N^2 - n_o^2)/(n_f^2 - N^2)} .$$

Gebräuchliche Substratmaterialien sind Glas ($n_s \approx 1,5$) und der doppelbrechende Kristall LiNbO_3 (Lithiumniobat). LiNbO_3 hat für die Wellenlänge des Helium-Neon-Lasers ($\lambda = 0,633 \mu\text{m}$) je nach Ausbreitungsrichtung und Polarisationszustand des Lichtes entweder den Brechungsindex 2,203 oder 2,286. Die Schichtdicke d der wellenleitenden Schicht liegt zwischen $0,1 \mu\text{m}$ und höchstens $100 \mu\text{m}$, zum Vergleich, ein Menschenhaar ist minimal $70 \mu\text{m}$ dick. Will man nun bestimmte Funktionen in der wellenleitenden Schicht realisieren, muß man sie in bestimmter Weise verändern.

Zum einen kann man den Schichtwellenleiter seitlich begrenzen (Bild 2 $\rightarrow z$ - Richtung), dann spricht man von einem Streifenwellenleiter oder kurz Streifenleiter. Daraus kann man z.B. Verzweiger in Y-Form oder ringförmige Strukturen herstellen (Bild 3a und 3b). Solche Streifen haben in LiNbO_3 typische Abmessungen von $2 \mu\text{m}$ in der Tiefe und $4 \mu\text{m}$ in der Breite. Man kann auch den Schichtwellenleiter verändern und linsenförmige Strukturen oder Prismen in der Schicht herstellen (Bild 3c und 3d). Oder man macht die wellenleitende Schicht unterschiedlich dick und kann so Moden voneinander trennen (Bild 3e), indem sie unter verschiedenen Winkeln abgelenkt werden.

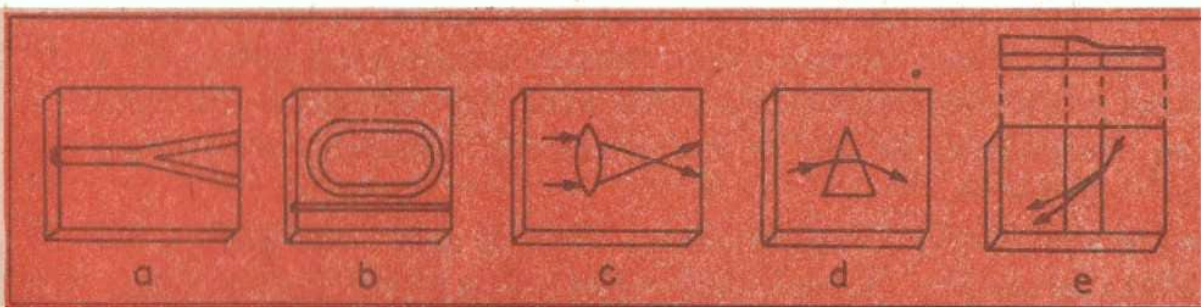
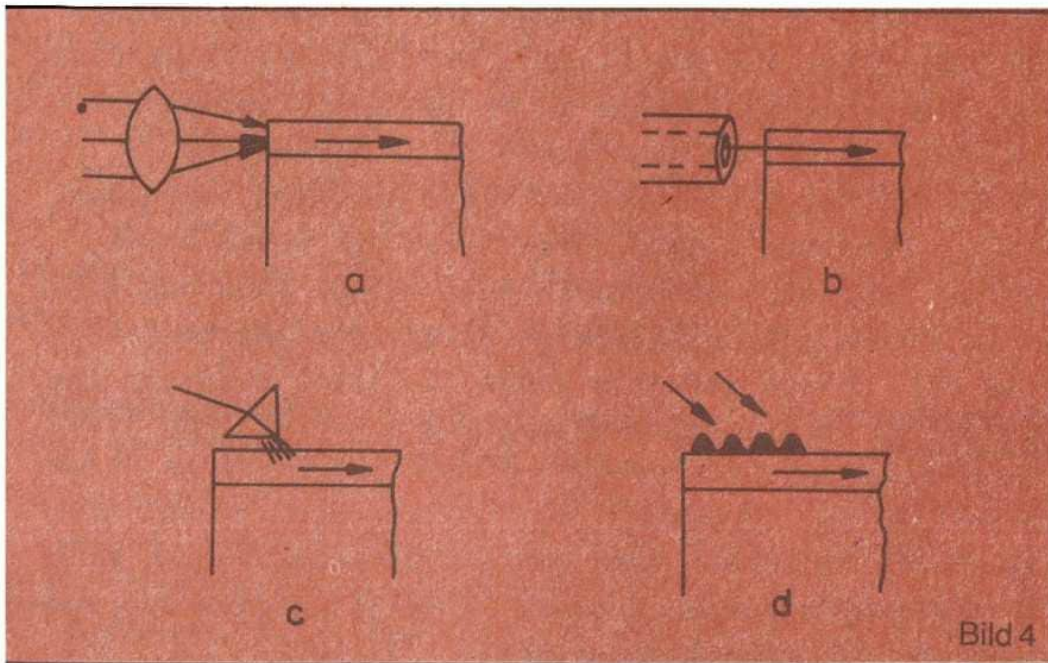


Bild 3

Die nächste Frage ist, wie wir das Licht in solche hauchdünnen Schichten oder Streifen hineinbekommen. Dieses Problem wird als Einkopplung bezeichnet. Die gebräuchlichsten Methoden seien kurz genannt. Zunächst kann man das Laserlicht mit einer sehr stark brechenden Linse auf die Stirnfläche des Wellenleiters fokussieren (Fokus-Brennpunkt), wie in Bild 4a zu sehen ist. Oder man nimmt eine sehr dünne Lichtleitfaser (Bild 4b). Schließlich kann man ein hochbrechendes Prisma auf die Oberfläche des Wellenleiters aufsetzen (Bild 4c) oder man erzeugt auf dem Wellenleiter eine gitterförmige Struktur zur Einkopplung (Bild 4d).



Damit haben wir die Führung einer Lichtwelle in einem Wellenleiter und erste Formen ihrer Beeinflussung kennengelernt, z.B. durch eine Linsenstruktur. Solch eine Beeinflussung bezeichnet man als passiv, da sie in der optischen Struktur selbst begründet ist.

Von einer aktiven Beeinflussung spricht man, wenn man an den Wellenleiter ein elektrisches, akustisches oder magnetisches Feld anlegt oder gezielt die Temperatur ändert. Wie ein integriert-optisches Bauelement aussehen kann, das verschiedene Funktionen vereint, soll anschließend ein aktuelles Beispiel von amerikanischen Wissenschaftlern aus dem Jahre 1985 andeuten (Bild 5).

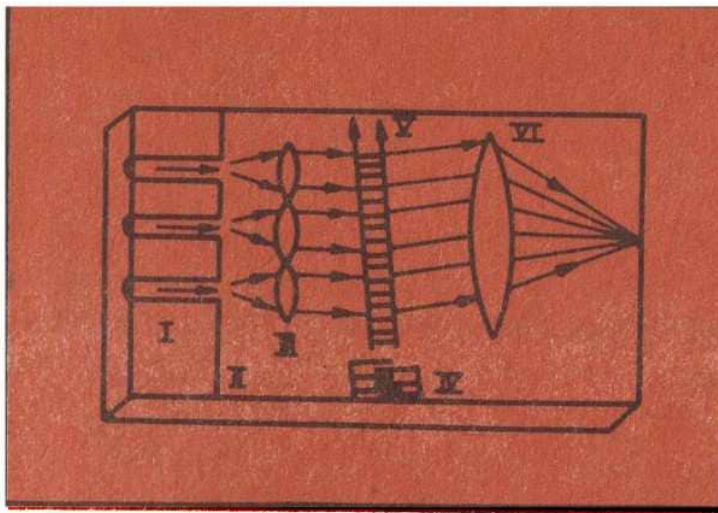


Bild 5

Dieser Chip hat Abmessungen von $(0,2 \times 1,0 \times 2,0) \text{ cm}^3$ und ist auf LiNbO_3 realisiert worden. Das Laserlicht wird in die Streifenwellenleiter I eingekoppelt und läuft im Schichtwellenleiter II zunächst auseinander. Eine Anordnung von mehreren Linsen III erzeugt paralleles Licht. Die Struktur IV besteht aus fingerförmig ineinander verschachtelte Metallstreifen auf der Oberfläche des Schichtwellenleiters, an die eine Wechselspannung sehr hoher Frequenz ($500 \text{ MHz} = 5 \cdot 10^8 \text{ Hz}$) angelegt wird. Diese Wechselspannung erzeugt eine sogenannte akustische Oberflächenwelle V. Eine solche Welle kann man sich ganz vereinfacht wie eine stehende Wasserwelle vorstellen. Diese wiederum ruft eine periodische Änderung des Brechungsindex an der Oberfläche hervor, ein Gitter. Daran wird, wie in Bild 5 zu sehen ist, das Licht abgelenkt und durch die Linse VI auf die Kante rechts fokussiert.

Von Bedeutung ist, daß es mit diesem Bauelement gelang, die Multiplikation und Addition optischer Signale nachzuweisen. Das aber sind die grundlegenden Operationen für die optische Informationsverarbeitung und damit letztlich für einen optischen Computer. Doch das ist Zukunftsmusik.

Das Verhältnis Mensch-natürliche Umwelt gestaltet sich in zunehmendem Maße kritisch. Die Einwirkungen der Menschheit haben insbesondere in den letzten Jahrzehnten durch eine teilweise irreversible Zerstörung ökologischer Systeme und Umweltverschmutzung zu einer Gefährdung der Biosphäre geführt.

Die zukünftige Entwicklung und Existenz der Tier- und Pflanzenwelt als auch des Menschen wird von der Fähigkeit determiniert, ein Gleichgewicht zwischen existentiell notwendigen gesellschaftlichen Prozessen (einschließlich technischer) und der natürlichen Umwelt zu gewährleisten.

Notwendige Voraussetzungen dafür sind die Erhaltung der Fähigkeit der biologischen (Selbst-)Reinigung von Wasser, Luft und Erde; ausreichend heterogene biologisch aktive Systeme und der Erhalt günstiger klimatischer Bedingungen.

Letzterer Punkt beinhaltet die Problematik der Änderung klimatischer Parameter infolge radioaktiver Systeme.

Die Schäden, die die Biosphäre infolge der direkten Einwirkung der radioaktiven Strahlung erleidet, stellen oft nur den geringeren Teil des Gesamtschadens dar. So ist infolge von Kernexplosionen und damit verbundener Generation von Stickoxiden (NO , NO_2) eine Zerstörung der Ozonschicht zu beobachten, die ein vermehrtes Eindringen schädigender UV-B-Strahlung (280-315nm) bedingt.

Intensive Untersuchungen und Mahnungen zu dieser Problematik trugen mit dazu bei, daß 1963 ein Teststoppabkommen unterzeichnet wurde.

Die Gefährdung der natürlichen Umwelt durch den Menschen in Friedenszeiten steht in keinem Verhältnis zu den katastrophalen Auswirkungen die Kriege heute durch die Akkumulation von Kernwaffen hervorrufen können.

Kernwaffenkriege führen zu Schädigungen von Menschheit und Umwelt, die mit bisherigen Erfahrungen nicht vergleichbar sind. Dabei besteht neben den direkten Auswirkungen von Druckwellen, hohen Temperaturen und radioaktiver Strahlung auch die schwerwiegende Gefahr der Auslösung starker atmosphärischer Störungen, die eine lokale Begrenzung der Kriegsfolgen unmöglich machen. Diese Störungen sind bekannt unter dem Namen: **Nuklearer Winter**. Unter diesem Begriff ist folgender Sachverhalt zu verstehen: Der Einsatz von größeren Mengen Kernwaffen führt auch zu einer Auslösung einer großen Anzahl von Eränden (Wald-, Gas-, Öl-, Stadtbrände), die zu einer gewaltigen Rauch- und Staubemission führen. Diese Aerosole bedingen eine vergrößerte Dichte D der Atmosphäre für den sichtbaren Spektralbereich. Nach ca. 2 - 3 Wochen tritt durch eine zonale Verteilung der Teilchen eine fast globale, längerfristige Verdunkelung der Erdoberfläche ein. Die hohe Transmission der Staubwolken für die von der Erde emittierten Wärmestrahlung führt zu einer Abkühlung der unteren Luftschichten bis unter den Gefrierpunkt. Die dabei entstehenden Temperaturgradienten, sowohl in vertikaler, als auch in horizontaler Richtung, rufen drastische Zirkulationsänderungen hervor. Diese Änderungen betreffen die Stärke der Luftbewegungen und auch die Entstehung völlig neuer Zirkulationssysteme. Insbesondere sind Küstenregionen betroffen, da die langsamere Abkühlung über dem Meer (höhere Wärmekapazität) zu Temperatursprüngen führt. Wirbelstürme, Überflutungen, Schneefälle sind die Folge.

Die genannten Effekte wurden qualitativ und quantitativ durch Computersimulation mittels dreidimensionaler Klimamodelle untersucht. In Abb.1. ist ein derart bestimmtes Temperaturprofil der Atmosphäre dargestellt.

Die ökologischen Auswirkungen dieser Klimaeinwirkungen sind demnach auch, in von den Kriegshandlungen entfernten, "neutralen" Gebieten zu erwarten. Ein rasches, massenhaftes Pflanzen- und Fischsterben würde eintreten, das auch akuter Nahrungsentzug für höherentwickeltes Leben bedeutet. Trinkwasser und Boden würden schon allein infolge resultierender Verwesung vergiftet werden.

Das genaue Ausmaß und die Vielfalt der Schädigungen entziehen sich jeglichen Abschätzungen. Ebenso wenig kann gesagt werden,

ob dann noch eine Relaxation in ein neues Gleichgewicht der
Ökosphäre möglich ist.

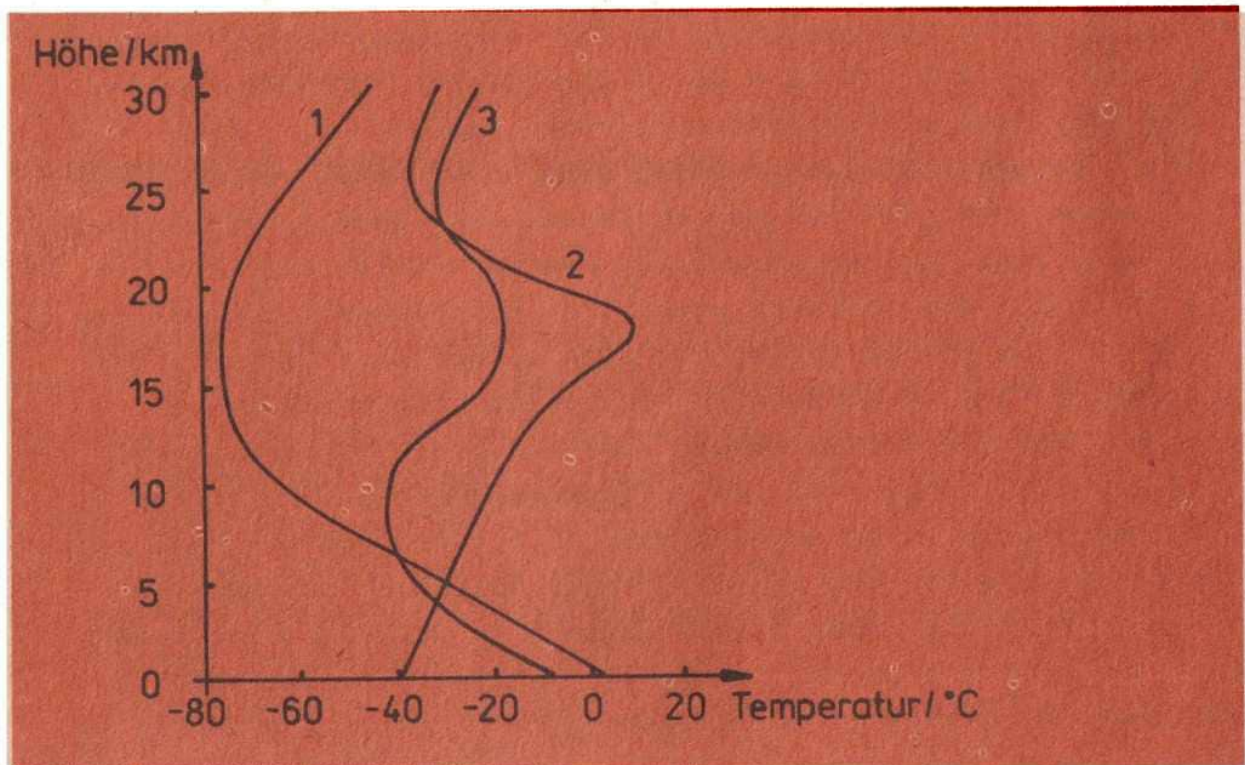


Abb. 1: Vertikales Temperaturprofil der Atmosphäre

- (1) Normalzustand
- (2) Induzierung einer Staub/Rußschicht
- (3) nach Wiederaufhellung der Atmosphäre

Es tritt eine Temperaturinversion auf (inverser Treibhauseffekt)

Die verwendeten Klimamodelle

Im folgenden werden zwei unterschiedliche dreidimensionale Klimamodelle vorgestellt. Eines wurde am Nationalen Zentrum für Atmosphärenforschung in den USA entwickelt -NCAR-Modell-, das andere im Rechenzentrum der AdW der UdSSR -CCAS-Modell-. Die Abkürzungen ergeben sich aus den Bezeichnungen der Institutionen.

Die Aussagefähigkeit der verwendeten Modelle beruht auf der Möglichkeit der Extrapolation bisher bekannter schwerer globaler atmosphärischer Störungen. Hierzu gehören die Schadstoffemissionen durch die Industrie, die Abgasverteilung von Überschallflugzeugen,

Aerosolemissionen infolge von Vulkanausbrüchen, Waldbränden, Kernwaffenexplosionen in der Atmosphäre (vor dem Teststoppvertrag), planetare Staubstürme auf dem Mars, Feuerstürme in den Städten Hamburg, Dresden, Hiroshima ...

Als Kriegsszenarien werden die Gebiete Nordamerika, West- und Mitteleuropa und die UdSSR angenommen.

Im NCAR-Modell wird von einem hypothetischen Kernwaffeneinsatz mit der Stärke von 6500 Mt-TNT-Äquivalent ausgegangen, der ca. 10^{11} kg Rauchaerosol freisetzen würde. Das CCAS-Modell rechnet mit 10.000 mt-TNT-Äquivalent.

Frühere Simulationen zeigten, daß (abgesehen von der Dauer) bei einem 100-Mt-TNT -Kernwaffenkrieg (100 Großstädte) die gleichen ersten klimatischen Auswirkungen wie bei einem 5000Mt-Schlagabtausch auftreten. 100 Mt verteilt auf 1000 Sprengköpfe können von 7 (sieben) U-Booten, Typ Trident, transportiert werden. In allen bisherigen Kriegen wurden insgesamt Sprengmittel mit der Kraft von 20Mt-TNT-Äquivalent eingesetzt.

In den Modellen wird das Verhalten der Atmosphäre zuerst unter Normalbedingungen simuliert. Hierbei werden Temperatur, Jahreszeit, Ort, Strahlung, Zirkulation, Niederschlag, Wolken und Luftfeuchtigkeit mittels geeigneter Parameter erfaßt. Am Tag 0 wird dann eine dichte Rauchwolke in der Modellatmosphäre angenommen. Die entscheidende zu berechnende Größe ist die optische Dichte D in Abhängigkeit von der Wellenlänge und den Raumkoordinaten, die folgendermaßen bestimmt werden kann:

$$I = I_0 e^{-D/\cos\beta}$$

I - Strahlungsintensität an der Erdoberfläche

I_0 - in die Atmosphäre eindringende Intensität

β - Zenitwinkel der Sonne

Die optische Dichte D ergibt sich durch Absorption und Streuung.

$$D = D_A + D_S$$

So liefert Staub den wesentlichen Beitrag durch Streuung, während Ruß ein hohes D_A bedingt.

Um die klimatischen Auswirkungen, insbesondere Temperaturänderungen, Unterschiede in den Zirkulationsmechanismen, sowie Veränderungen der Ozonschicht und des Konzentrationsverhältnisses Sauerstoff/Kohlendioxid (Atmungssystem reagiert sehr sensibel) zu

erfassen, müssen eine ganze Reihe von Parametern berücksichtigt werden, so z.B.:

- Anzahl, Zusammensetzung und Gestalt der Aerosole
(dadurch Streuart, Auftrieb, Aufenthaltsdauer ... bestimmt)
- Innere Dynamik
(Zusammenballungen, Mehrfachstreuungen ...)
- Transportprozesse
(Strahlungstransport, selbstinduzierte konvektive Aufwärtsbewegung, zonale Verteilung ...)
- Topographie der Erdoberfläche
(Höhe, Reflexionsverhalten: Schnee, Kohle ...)

Ergebnisse der Simulation

Ende 1983 wurden in Washington die Resultate der Berechnungen an den Klimamodellen (NCAR, CCAS) vorgestellt. In einem amerikanisch-sowjetischen Dialog per Satellit wurde die qualitative Überinstimmung der Ergebnisse bekannt gegeben:

Die optischen Dichten D erhöhen sich für den sichtbaren Spektralbereich um mehrere Größenordnungen (ungestört: $D \approx 0,01$, gestört: $D \approx 3$). Diese Werte bleiben mehrere Monate bestehen. Die Oberflächentemperatur der betroffenen Gebiete nimmt schnell ab und die Wärmestrahlung wird von der Rauchwolke absorbiert, so daß eine Erwärmung der oberen Atmosphäre erfolgt. Damit tritt eine Temperaturinversion auf. Unter dem Rauch liegt der mittlere Temperaturabfall bei 25K im Juli, bei 5K im Januar. Die Erwärmung der Atmosphäre führt zu einer Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit. Damit werden Wasserdampfkongregation und Niederschlag unterdrückt. Die Verweilzeit der Rauchteilchen nimmt dadurch zu. Die Schneekuppen hoher Berge schmelzen. Drastische Änderungen im Zirkulationsverhalten der Luft treten auf. Durch hohe Windgeschwindigkeiten finden schnelle Austauschprozesse statt, so daß z.B. auch in tropischen Regionen vorübergehend Temperaturstürze bis unter den Gefrierpunkt möglich sind. Allein ein dadurch bedingtes massenhaftes Pflanzensterben könnte ein kritisches O_2/CO_2 -Verhältnis induzieren. Die Schädigung der Ozonschicht durch Stickoxide kann zu letalen UV-B-Dosen führen. Abb.2., Abb.3.

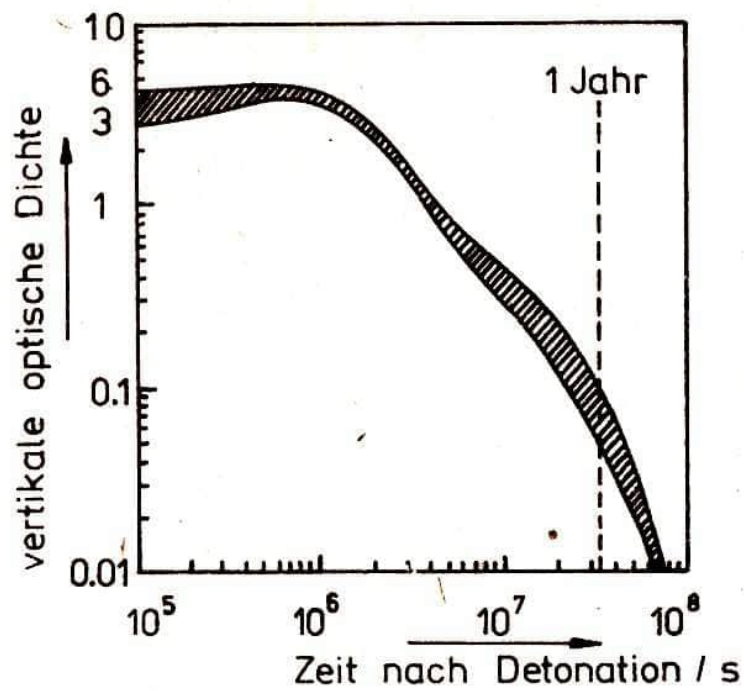


Abb.2: Zeitlicher Verlauf der vertikalen optischen Dichte der Atmosphäre nach Kernwaffeneinsatz, $\lambda = 550 \text{ nm}$

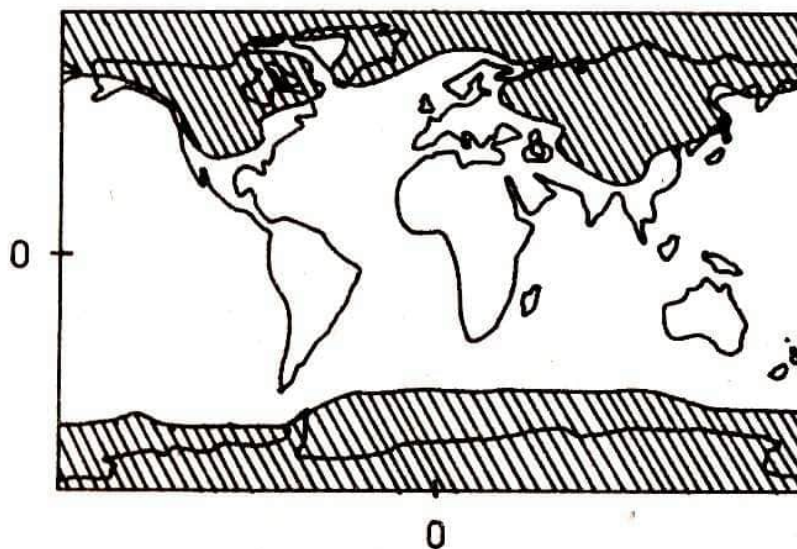


Abb. 3: Vordringen der Gefrierpunktgrenze nach dem NCAR-Modell für den Sommerfall am 1. Tag

Schraffierter Bereich: $T \geq 270 \text{ K}$

Die Ergebnisse dieser Simulationen zeigen, daß der heutige Stand der Kernwaffenarsenale von NATO und Warschauer Vertragsstaaten (1985: ca. 12800 Mt-TNT-Äquivalent) die Gefahr der globalen Existenzbedrohung beinhalten.

Sieht man ein Kernwaffenarsenal -unter Beachtung des Kräftegleichgewichtes- dann als "vernünftig" an, wenn eine Gefährdung der Existenz höheren Lebens "danach" ausgeschlossen werden kann, so hat nach Meinung von Experten bereits in den 50er Jahren die Unvernunft begonnen.

Literatur

- Klimatische Auswirkungen eines Kernwaffenkrieges und ihre Auswirkungen auf die Biosphäre. Statusreport der Physikalischen Gesellschaft der DDR, 1985
 - Wissenschaft und Fortschritt 35(1985)11
-
-

Hochqualitätsstahl

In naher Zukunft wird im Weltmaßstab die Hälfte des Stahls nach dem Stranggießverfahren produziert werden. Metallurgen vieler Länder arbeiten an der Vervollkommnung dieser Technologie.

Ein schwedischer Konzern hat gemeinsam mit einem japanischen Konzern ein Gießverfahren mit elektromagnetischer Bremsung entwickelt. Mittels Außenwicklungen wird im Kokilleninneren ein starkes Magnetfeld erzeugt, das dem flüssigen Stahlstrahl entgegengerichtet ist.

Der sich durchmischende Stahl ist so einer Bremsung ausgesetzt, während nichtmetallische Bestandteile wie Schlacke, nichtmetallische Einschlüsse und Gasblasen an der Metalloberfläche im Zentrum der Kokille ausgeschieden und dort durch pulverförmige Zusätze gebunden werden. Man erhält auf diese Weise Hochqualitätsstähle mit geringen Prozentsätzen an Verunreinigungen.

**Dr. Wolfgang
Zimmermann**

Wurmheer auf Wanderschaft – eine enträtselte Legende

Wir übernehmen für Euch diesen interessanten Artikel aus der Zeitschrift "URANIA", Nr. 9/85 .

Die Larven von Fliegen, landläufig als Maden bezeichnet, sind jedem hinlänglich bekannt. Wenn ich hier ganz bestimmte Larven, nämlich jene der Trauermücke *Lycoria militaris*, vorstelle, dann wegen ihres ungewöhnlichen Verhaltens. In regenreichen Sommern bieten sie – auf dem feuchten Grund moderndes Laubes, im Dämmerlicht schattiger Wälder unserer Mittelgebirge – ein eigenartiges Naturschauspiel:

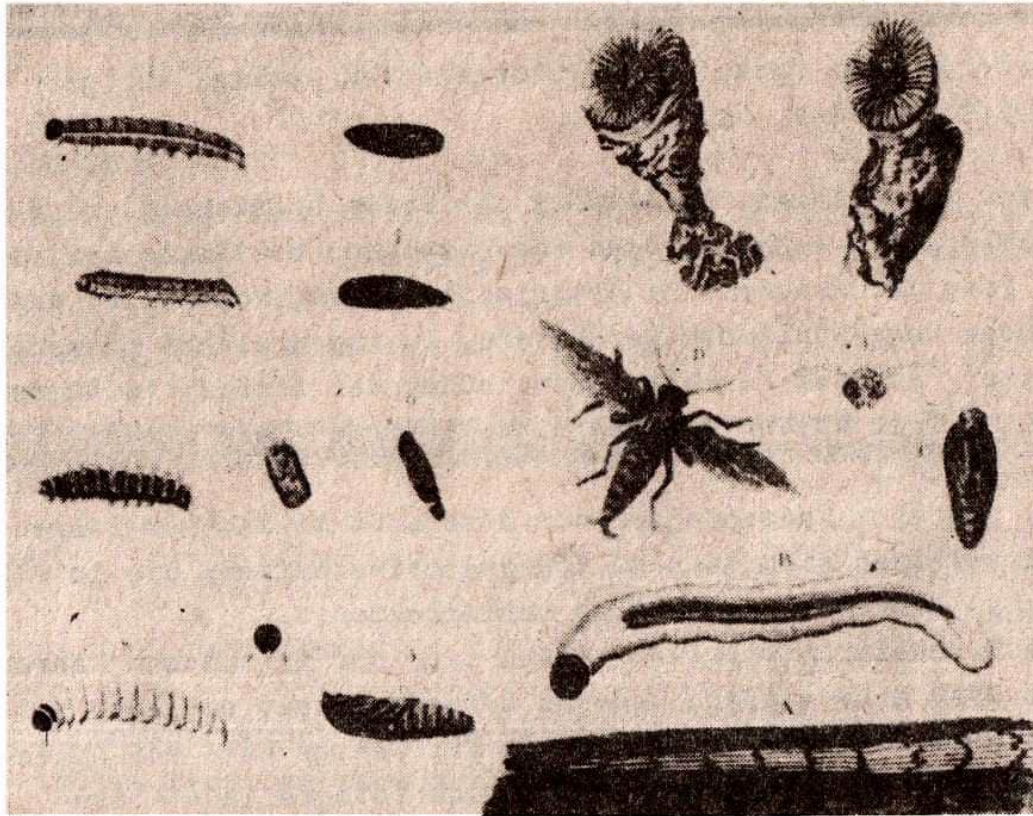
Tausende und aber Tausende der nur etwa acht Millimeter langen Tierchen vereinen sich dann zu Wandergemeinschaften, die in meterlangen Prozessionen lautlos dahingleiten.

Ob diese Erscheinung wirklich selten ist, nur in manchen Jahren auftritt oder aber einfach unserer Aufmerksamkeit entgeht, sei dahingestellt. Jedenfalls ist bisher nur wenige Male von Augenzeugen darüber berichtet worden und eine fotografische Dokumentation kann erst jetzt vorgelegt werden.

Als ein schmales weißliches Band – eng aneinander und umeinander kriechend – befindet sich die Gesellschaft in gerichteter Bewegung. Freilich täuscht die aus vielen Einzelbewegungen resultierende wogende Masse lediglich vor, als ob das gesamte Gebilde zügig dahinzöge. Während unseres zweistündigen Beobachtungszeitraumes wurde nur die Wegstrecke eines Meters zurückgelegt. Die Ursache derartiger Massenwanderungen ist noch nicht endgültig geklärt. Doch gilt es als wahrscheinlich, daß sie mit der Suche nach geeigneten Verpuppungsplätzen in Zusammenhang steht.

Unsere Aufnahmen entstanden im Thüringer Wald. In diesem Gebirge ist der sogenannte "Heerwurm" auch in der Vergangenheit häufiger als anderswo beobachtet worden. Die frühesten zuver-

lässigen, auf eigener Forschung basierenden Nachrichten darüber verdanken wir August Christian Kühn, "der Arzeneywissenschaft Doctors zu Eisenach", veröffentlicht in den Jahren zwischen 1774 und 1782 . Er gewann seine Beobachtungen bei der Hohen Sonne, offensichtlich in der Drachenschlucht, unweit der Wartburgstadt Eisenach. Kühn lieferte auch die erste bekannte Abbildung (Buchstaben A bis E).



Repro: Richter

Nahezu 70 Jahre später befaßte sich ein Landsmann Kühns, kein geringerer als der populäre thüringische Märchendichter Ludwig Bechstein (1801 - 1860) mit dem Phänomen. Er verfaßte darüber gar ein kleines Buch, das der im September des Jahres 1851 nach Gotha einberufenen 28. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte zugeeignet war. Auch hierin sind nach der Natur gezeichnete Darstellungen enthalten.

Bechstein gibt u.a. eine interessante Übersicht darüber, welche Rolle der Heerwurm einst im Aberglauben gespielt hat: Ein Heer von Würmern in der Gestalt eines einzigen, dahinschleichenden Wurmes führte zu den Vulgärnamen Heerwurm, Wurm-



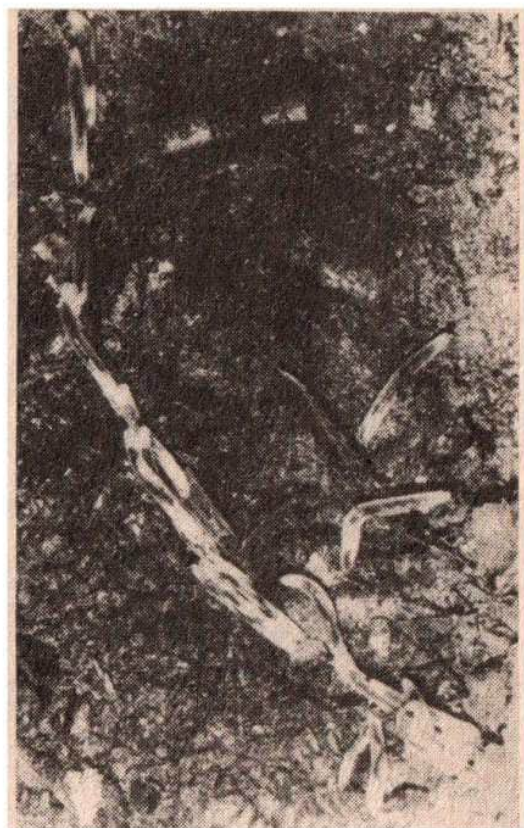
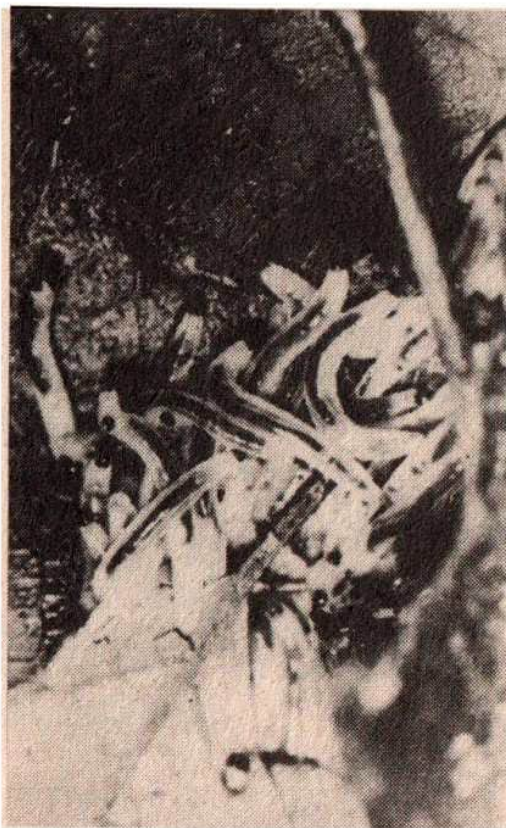
Repros: Richter

heer, Kriegswurm oder Heerschlange. Sein Erscheinen veranlaßte im abergläubigen, weil von der Bildung ausgeschlossenen Volk die absurdesten Prophezeiungen. So sollte sein Bergaufziehen von Krieg, sein Bergabziehen aber von Frieden künden. Weiter ist nach Bechstein überliefert, daß thüringische Wäldler "ihre Gewande, Jacken oder Schürzen, der Heerschlange in den Weg legten, auf daß sie darüber hinkrieche und daß es Glück bedeute und bringe, wenn sie dies thue, besonders aber den unfruchtbaren Frauen Fruchtbarkeit und den Gesegneten in Hoffnung leichte Geburt und Entbindung".

So ist der "Heerwurm" spätestens im 17. Jh. zum Fabelwesen geworden. Er blieb es bis ins 19. Jh., obwohl bereits Kühn (1774, 1781, 1782), J. M. Bechstein (1794) und auch L. Bechstein (1851) diesem Aberglauben energisch widersprochen haben.

Uns bleibt die endgültige wissenschaftliche Deutung dieser noch immer fesselnden Naturerscheinung. Dabei kann die Kamera eine wichtige Aufgabe erfüllen.

Die an der Spitze kriechenden Individuen führen mit der for-
deren Körperhälfte pendelnde Suchbewegungen aus.



Nach seinem Ende zu besteht der Zug nur aus der Folge einzel-
ner Tiere.

Heizöl aus Altreifen

Das Französische Ölinstitut hat eine Pilotanlage zur
"Depolymerisierung" von Altreifen errichtet. Dem Reaktor
werden jeweils 100..300 kg Altreifen und rund 600 l
schweres Heizöl zugeführt und auf eine Temperatur über
300 °C gebracht. Dabei verwandele sich der Gummi in
direkt verwendbares Heizöl, heißt es in einem Agentur-
bericht. Die übriggebliebenen Stahlrahmen werden ge-
sammelt und können in der Industrie wiederverwendet
werden.

Dieses Verfahren, dessen Grundlagen schon vor zehn
Jahren an der Universität von Compiègne gelegt wurden,
ist 1979 zum ersten Mal genutzt worden.

Jürgen Flegel
Mirco Schumann
Frank Andreas
FSU Jena/3. Studienjahr
Physik/Astronomie-
Lehrer

**Programmieren –
leicht verständlich
Farbe auf dem Bildschirm
Teil 4**

PHYSIK

Auflösung unserer Hausaufgabe – Die Umrechnung dezimal geteilter Winkelangaben in Grad, Minuten und Sekunden

Beschränken wir uns auf positive Winkel (Zahlen) wird das Programm sehr einfach. Es ist nichts weiter zu tun, als den Dezimalanteil des Grades (z.B. vom Winkel 12.2575 ist das 0.2575) mit 60 zu multiplizieren. Wir erhalten die Bogenminuten 15.45'. Der Dezimalanteil dieser Zahl ergibt, wiederum mit 60 multipliziert, die Anzahl der Sekunden (27.0''). Das Programm dazu lautet:

```
10 G= INT(A)           G - Grad
20 M= (A-G) 60
30 S= (M-INT(M)) 60     S - Sekunden
40 M= INT(M)           M - Minuten
```

A soll dabei die Zahl sein, die wir in Grad, Minuten und Sekunden zerlegen wollen. Wählen wir jetzt $A = -6.35271^\circ$, errechnet unser Programm folgendes Ergebnis: G= -7 M= 38 S= 50.244 . Das richtige Ergebnis müßte jedoch lauten: G= -6 M= 21 und S= 9.756 .

Wir sehen also, daß unser Programm nicht für jeden Fall das richtige Ergebnis liefert. Das folgende Programm berücksichtigt nun auch das Vorzeichen:

```
10 G= SGN(A) INT(ABS(A))
20 M= ABS(A-G) 60
30 S= (M-INT(M)) 60
40 M= INT(M)
```


Von der dezimal geteilten Zahl A wird zuerst der Absolutbetrag und davon der ganzzahlige Anteil gebildet. Die Operation ABS(A) ist nötig, weil die nachfolgende Operation INT von einer Zahl immer die nächstkleinere ganze Zahl bildet. Für eine negative Zahl wie z.B. -6.5 wäre das die -7. Wir sehen, daß das unseren Bemühungen, den ganzzahligen Anteil der negativen Zahl zu erhalten, nicht entgegenkommt. Deshalb bilden wir vorher den Absolutbetrag und multiplizieren das Vorzeichen der Zahl wieder dazu (zur Fkt. SGN(X) siehe Heft 2/86, Tabelle S.4).

Aber auch dieses Programm führt nicht für alle negativen Zahlen zum richtigen Ergebnis, sondern nur für solche, deren ganzzahliger Anteil ungleich Null ist. Das zu verbessern, soll wiederum Eure Aufgabe sein.

Bemerkungen zum Zeichnen schräger Balken auf dem Bildschirm -
Eine verbesserte Programmvariante

AZ - Anfangszeile des Balkens
AS - linke Spalte des Balkens
EZ - Endzeile des Balkens
ES - rechte Spalte des Balkens

```
10 FOR S=0 TO (EZ-AZ)           Bedingung: (EZ-AZ) > 0
20 PRINTAT (AZ+S,AS+S);" "
30 NEXT S
```

Die Vorzeichen von S ($\pm$) beeinflussen die Zeichenrichtung auf dem Bildschirm.

Bemerkungen zum Zeichnen von schrägen Balken mit beliebigem Anstieg

M - Anstieg
V - Verschiebung in Zeilenrichtung (y-Achse)

```
10 FOR S=LS TO RS
20 Z=M S+V
30 PRINTAT (Z,S);" "
40 NEXT S
```


Beispiel: $AZ=LS=10$ $RS=20$ $N=2$
Berechnung von V $Z = N \cdot S + V$ mit $Z=AZ$ und $S=LS$
 $AZ = N \cdot LS + V$
 $V = AZ - N \cdot LS = -10$

Eine Gerade mit positivem Anstieg verläuft mit steigendem x-Wert (Spaltenzahl) von links unten nach rechts oben (steigender y-Wert). Bei unseren Bildschirmkoordinaten müssen wir beachten, daß die y-Koordinate des Bildschirms von oben nach unten gezählt wird. Geraden mit positivem Anstieg verlaufen deshalb von links oben nach rechts unten und solche mit negativem Anstieg von links unten nach rechts oben, also umgekehrt zum mathematisch üblichen Anstieg. Darauf werden wir später nochmals zurückgreifen, wenn wir Funktionen (Geraden) mittels einer hochauflösenden Graphik auf dem Bildschirm darstellen wollen.

Programmiertip: Programmunterbrechung

Oft ergibt sich die Notwendigkeit, einen Programmablauf zu unterbrechen, um z.B. einen angezeigten Bildschirmtext so lange stehen zu lassen, bis dieser abgeschrieben ist oder bis ausgedruckte Ergebnisse notiert werden konnten.

Durch das Betätigen der BRK-Taste wird die Programmabarbeitung unterbrochen. Der Computer bestätigt dies durch seine Mitteilung BREAK IN ZN (ZN - Zeilennummer). Dasselbe geschieht, wenn wir im Programm ein STOP vereinbaren. Auf diese Möglichkeiten wollen wir an dieser Stelle jedoch nicht weiter eingehen.

Eine Anweisung, die die Eigenschaft hat, die Programmabarbeitung ebenfalls zu unterbrechen, ist die INPUT-Anweisung.

Kommt der Computer im Programm bei einer INPUT-Anweisung an, unterbricht er den Programmablauf und wartet auf eine Eingabe über die Tastatur. Das wollen wir im folgenden ausnutzen:

```
110 INPUT "X"
```

Ein Programm mit dieser Zeile wird an der entsprechenden Stelle angehalten und kann durch Betätigen der ENTER-Taste fortgesetzt werden.

Die Hochkommata hinter der INPUT-Anweisung dienen nur dazu, die Ausgabe eines Fragezeichens auf dem Bildschirm zu unterdrücken, denn es soll schließlich keine Eingabe irgendeines Wertes erfolgen.

In mancher Hinsicht günstiger läßt sich die INKEYS-Anweisung zu diesem Zweck verwenden. Durch diese Anweisung liest der Computer ohne das Programm zu unterbrechen, faktisch im Vorübergehen, ein Zeichen von der Tastatur in eine vorher festgelegte Variable ein, vorausgesetzt, daß irgendeine Taste gedrückt ist. Dies nutzen wir in folgender Weise zur Programmunterbrechung:

```
110 AS=INKEYS:IF AS="" THEN 110
```

Hier taucht eine neue Form von Variablen auf. Bisher hatten wir es nur mit Zahlen als Variablen zu tun. Solche Variablen wie AS, BS, AFS usw. sind in der Lage, Wörter und Zeichen (Buchstaben, Ziffernzeichen und die Sonderzeichen) zu speichern. Deshalb werden diese auch als Zeichenkettenvariablen oder Stringvariablen bezeichnet. Ihre Kennzeichnung erfolgt durch ein Dollar-Zeichen nach dem Variablennamen.

AS="" bedeutet, daß der Stringvariablen AS kein Zeichen zugeordnet wird. Man beachte: auch ein Leerzeichen wird als Zeichen interpretiert.

Ist keine Taste gedrückt, bleibt die Variable AS leer. Damit ist die Bedingung AS="" erfüllt und die Zeile 110 wird erneut abgearbeitet, und zwar so lange, bis irgendeine Taste gedrückt wurde und damit die Bedingung AS="" nicht mehr erfüllt ist. Das eingegebene Zeichen läßt sich nun auch auswerten, z.B. zur Organisation von Programmverzweigungen. Das Programm soll dabei in Abhängigkeit von dem der Stringvariablen zugeordneten Zeichen verschieden fortgesetzt werden..

```
120 IF AS="A" THEN GOTO 1000  
130 IF AS="B" THEN GOTO 500  
140 IF AS="E" THEN CLS:PRINTAT(15,18);"ENDE":END  
150 GOTO 110
```


Die ersten beiden Zeilen bewirken bei Eingabe der entsprechenden Zeichen eine Programmfortsetzung in der angegebenen Zeile. Die dritte Zeile löscht den Bildschirm, druckt etwa in der Mitte des Bildschirms die Information "ENDE" aus und beendet das Programm.

Die vierte Zeile unterdrückt etwaige Reaktionen des Computers auf ein nicht vereinbartes Zeichen an dieser Stelle, mit dem der Computer ja nichts anzufangen wüßte, indem bei Eingabe eines Zeichens ungleich A,B oder E das Programm in Zeile 110 zurückgeführt wird.

Programmiertip: Farbprogrammierung

Haben wir einen Farbfernseher zur Verfügung, können wir den Bildschirm auch farblich gestalten. (Beim Schwarz-Weiß-Monitor sind die programmierten Farben als verschiedene Grauwerte zu erkennen.) Es besteht die Möglichkeit, den Hintergrund (PAPER = Papier) und den Vordergrund (INK = Tinte) unabhängig voneinander einzufärben. In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Farbcodierungen aufgelistet:

** FARBEN **

VORDERGRUND	NUMMER	HINTERGRUND
SCHWARZ	0	SCHWARZ
BLAU	1	BLAU
ROT	2	ROT
PURPUR	3	PURPUR
GRUEN	4	GRUEN
TUERKIS	5	TUERKIS
GELB	6	GELB
WEISS	7	GRAU
SCHWARZ	8	
VIDLETT	9	
ORANGE	10	
PURPURROT	11	
GRUENBLAU	12	
BLAUGRUEN	13	
GELBGRUEN	14	
WEISS	15	

MERKE:

- DIE FARBE DES VORDERGRUNDES IST HELLER ALS DIE DES HINTERGRUNDES
- BEI ERHOEHUNG DES VORDERGRUNDFARBKODES UM 16 BLINKT DER VORDERGRUND

Uns stehen also 16 Vordergrundfarben und 8 Hintergrundfarben zur Verfügung. Realisiert werden kann der Papier- und Tinten-Farbwechsel durch verschiedene Anweisungen:

COLOR V,H	Einstellen von Vorder- und Hintergrund
PAPER H	Einstellen des Hintergrundes
INK V	Einstellen des Vordergrundes

Die festgelegten Farben wirken auf jede folgende Printanweisung und bleiben so lange erhalten, bis die nächste Farbanweisung folgt

Die festgelegten Farben wirken auf jede folgende Printanweisung und bleiben so lange erhalten, bis die nächste Farbanweisung folgt.

Programmiertip: Bildschirmfenster

Im dritten Teil unserer Serie haben wir begonnen, auf dem Bildschirm Graphiken anzufertigen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse können wir nutzen, wenn wir Teile des Bildschirms in Farbe und Form besonders gestalten wollen.

Bisher haben wir immer den gesamten Bildschirm genutzt, nun wollen wir ihn in seiner Größe begrenzen.

Die neue Anweisung lautet:

WINDOW ZA,ZE,SA,SE

mit ZA: erste Zeile des Fensters	Ø ZA 31
ZE: letzte Zeile des Fensters	ZA ZE 31
SA: erste Spalte des Fensters	Ø SA 39
SE: letzte Spalte des Fensters	SA SE 39

Geben wir die WINDOW-Anweisung ohne Parameter ein, wirkt sie wie WINDOW 1,3Ø,Ø,39 .

Schreiben wir WINDOW 1Ø,2Ø,1Ø,3Ø , dann wird der Inhalt der nächstfolgenden PRINT-Anweisung ab der Position Zeile 1Ø, Spalte 1Ø gedruckt.

Der Cursor kann sich jetzt nur noch in den Begrenzungen des Fensters bewegen.

Eine PRINTAT-Anweisung wird weiterhin unabhängig von der Fen-

stergröße entsprechend der in ihr festgelegten Bildschirmkoordinaten positioniert.

Zusammen mit einer Farbanweisung (PAPER) und CLS kann das Fenster eingefärbt werden. Kommen wir an dieser Stelle zu einem Beispiel:

Im Heft 3/86 haben wir mit Hilfe der FOR-NEXT-Schleife um den Mittelpunkt (Mitte-Kreuz) gezeichnet. Dieses Quadrat wollen wir nun durch ein farbiges Fenster ersetzen. Das Programm aus Heft 3/86 ändert sich dann wie folgt:

In Zeile Ø1 wird der gesamte Bildschirm rot eingefärbt.

```
Ø1 WINDOW:PAPER 2:CLS
```

```
Ø2 WINDOW 11,19,16,24:PAPER 6:INK Ø:CLS
```

Die Zeilen 4Ø bis 9Ø streichen wir aus dem Programm heraus. Jetzt erscheint das Mitte-Kreuz in schwarzer Farbe in einem gelben Fenster auf rotem Bildschirmhintergrund. Der Cursor steht im gelben Fenster auf der Position Zeile 11, Spalte 19. Da uns der Cursor dort stört, setzen wir ihn in die linke obere Bildschirmcke. Dies erreichen wir durch folgende Programmzeile:

```
9Ø WINDOW
```

Mit der Anweisung

```
PRINT COLOR V,H;AT(Zeile,Spalte);"..."
```

ist eine Möglichkeit der lokalen Farbgestaltung gegeben, d.h., die genannten Farben gelten dann nur für diese eine PRINT-Anweisung.

An dieser Stelle möchten wir noch einige Bemerkungen zur PRINT-Anweisung machen.

Neben der PRINT- und der PRINTAT-Anweisung gibt es noch zwei weitere Formen:

PRINTTAB (X)	druckt ab der x-ten Position mit Ø X 39
PRINTSPC (X)	erzeugt x Leerzeichen

Die PRINTTAB-Anweisung kann zum tabellenartigen Ergebnisausdruck genutzt werden.

Bei der Programmeingabe kann das PRINT auch durch ein Fragezeichen abgekürzt werden. Beispiel:

```
?TAB(0); "A"      entspricht PRINT "A"  
?TAB(8); "A"      druckt A auf der 8. Position  
?"A"; SPC(2); "B" entspricht PRINT "A  B"
```

Richtigstellung zu Heft 2/86

Wie dem versierten Programmierer sicherlich aufgefallen ist, sind uns im Heft 2/86 unter dem Zeitdruck der Fertigstellung dieser Ausgabe einige Fehler unterlaufen. Wir bitten unsere Leser um Entschuldigung und bringen hiermit die Auflösung des Computerrätsels, vor dem einige unserer Leser sicherlich gestanden haben:

Tabelle 4: Die Fallunterscheidung bei Funktion RND(X) muß richtig heißen:

$x > 0$	Es werden zufällige Zahlen angegeben
$x = 0$	Es wird die vorhergehende Zufallszahl noch einmal ausgegeben

Seite 7 unten: Statt "Dies wird vom Doppelpunkt in der PRINT-Anweisung bewirkt." muß es richtig heißen: "Jede neue PRINT-Anweisung bewirkt den Sprung in eine neue Zeile." .
Der Doppelpunkt dient nur zur Abtrennung der beiden Anweisungen.

Seite 11 unteres farbiges Kästchen: Im zweiten Beispiel muß es richtig heißen: IF X=2 THEN PRINT"RICHTIG":....

Susanne Taistra
Andre Schülz
EOS „Karl Liebknecht“
Frankfurt/Oder
Klasse 12

Mehr Paprika – durch Saatgutbestrahlung

Die Redaktion von impuls 68 freut sich immer sehr, wenn sich unsere Leser aktiv an der Gestaltung unserer Zeitschrift beteiligen. Der folgende Artikel entstand im Ergebnis der wissenschaftlich-praktischen Arbeit der Autoren in der elften und zwölften Klasse im vergangenen Jahr.

Ertragssteigerung durch Anwendung der Radioaktivität

Schon kurz nach Entdeckung der Röntgenstrahlen vor 90 Jahren als erste nachgewiesene ionisierende Strahlenart wurde deren biologische Wirkung aufgezeigt.

In späteren Untersuchungen zeigte sich, daß durch Bestrahlung von biologischen Substanzen unter bestimmten Voraussetzungen eine anregende Wirkung erzielt werden kann. Heute beschäftigt man sich unter anderem mit der praktischen Anwendung der biologischen Wirkung ionisierender Strahlung zur Erhöhung der Erträge von Nutzpflanzen und zur Verbesserung ihrer Qualität.

Dieser radiobiologische Effekt zeigt sich entweder in einer Steigerung des Ertrages landwirtschaftlicher Produkte oder in der Verbesserung ihrer für die Verarbeitung wichtigen Eigenschaften.

So konnte bei Behandlung von Saatgut mit Dosen von etwa ein bis zehn Gray Ertragssteigerungen erreicht werden. Besonders gut geeignet für eine Saatgutstimulierung durch eine Gamma-bestrahlung sind dabei Kulturen, die eigentlich unter günstigeren klimatischen Bedingungen beheimatet sind.

Wir führten unsere Untersuchungen mit Paprika durch.

Diese Pflanze hat sich in der heutigen Zeit eine große Beliebtheit als Gemüse, Gewürz und Arzneimittel erobert.

Paprika stammt ursprünglich aus dem tropischen Amerika, wird aber schon seit 160 Jahren in Südeuropa angebaut. Es wird als geschmacklich und gesundheitlich außerordentlich wertvolles Gemüse geschätzt.

Ionisierende Strahlung

Ionisierende Strahlung ist Strahlung beliebiger Herkunft, die direkt oder indirekt über Folgeprozesse imstande ist, Ionen zu erzeugen. Man unterscheidet nach ihrer Entstehung und ihrem Wesen verschiedene Arten ionisierender Strahlung:

1. Korpuskelstrahlung und
2. elektromagnetische Strahlung.

Ionisierende Strahlung kommt überall vor. Sie stammt im wesentlichen von Prozessen, die im Kosmos ablaufen und von den in der Natur vorkommenden radioaktiven Stoffen. Sie kann auch technisch erzeugt werden.

Wir wollen an dieser Stelle nur auf die elektromagnetische Strahlung eingehen. Die sogenannte Gamma-Strahlung ist eine dem Licht analoge und sich mit Lichtgeschwindigkeit fort-pflanzende Strahlung. Sie tritt in Photonen (Quanten) auf, wobei die Energie jedes Quants sehr viel größer ist als die eines Lichtquants.

Die Gamma-Strahlung ist ihrer Natur nach mit der Röntgenstrahlung identisch. Das Unterscheidende ist jedoch die Herkunft. Gamma-Strahlung stammt aus dem Atomkern, Röntgenstrahlung aus der Atomhülle.

Gamma-Strahlung entsteht, wenn ein infolge von Kernprozessen angeregter Kern unter Energieabgabe in Form von Strahlung in den Grundzustand zurückkehrt.

Gamma-Strahlung besitzt keine elektrische Ladung. In Abhängigkeit von ihrer Energie und der Kernladungszahl der Atome, mit welchen sie in Wechselwirkung tritt, kann sie ihre Energie in verschiedenen Wechselwirkungsprozessen abgeben.



Biologische Strahlenwirkung

Die Wirkung ionisierender Strahlung in biologischen Objekten läuft in zeitlich aufeinanderfolgenden Reaktionsketten ab.

Der erste Schritt in der Wirkungskette ist die Absorption der Strahlung innerhalb biologischer Objekte infolge von Anregung und Ionisation. Bei der Anregung gelangt ein Elektron auf ein höheres Energieniveau. Wenn ein Elektron den Atomverband verläßt, spricht man von Ionisation.

Die Folge von Anregung und Ionisation ist die Bildung von Ionen und freien Radikalen. Diese sind charakterisiert durch eine hohe chemische Aktivität. Sie geraten in chemische Wechselwirkung mit weiteren Molekülen oder untereinander. Dabei entstehen chemische Verbindungen, die ohne Strahleneinwirkung in der biologischen Zelle nicht hätten entstehen können. Diese Verbindungen können den interzellulären Stoffwechsel stören oder für die Zelle toxisch wirken.

Hierauf folgende morphologische Veränderungen der Zelle zeigen sich nicht sofort, sondern erst nach einer gewissen Zeit. Die Strahlung auf irgendeinen Teil der Zelle wirkt sich auf die Funktion der Zelle als ganzes aus. Diese Veränderung der Zellfunktion wiederum bewirkt eine über einzelne Organe führende Beeinflussung des ganzen Organismus.

Anlage von Feldversuchen

Bei landwirtschaftlichen Feldversuchen läßt sich die Inhomogenität der Versuchsfläche bezüglich standortbedingter Unterschiede nicht vermeiden.

Solche Unterschiede bestehen z.B. bei der Bodenstruktur, dem Wassergehalt, den Lichtbedingungen, Nährstoffvorkommen, der Lufttemperatur u.a.m..

Um die Aussage erzielter Ergebnisse bei Feldversuchen eindeutig den vorgenommenen Variationen (z.B. unterschiedliche Düngung oder Saatgutvorbereitung) zuschreiben zu können, muß mittels einer Versuchsplanung die Wirkung standortbedingter Wachstumsbedingungen auf Versuchsergebnisse ausgeglichen werden.

Jede der einzelnen Variationen wird in einem Versuchsglied zusammen mit einer Kontrollpflanze angebaut. Für die Versuchsauswertung werden die Durchschnittswerte aller in den einzelnen Versuchsgliedern erzielten Ergebnisse zusammengefaßt.

Bei unserm Versuch teilten wir die zur Verfügung stehende Anbaufläche in acht einzelne Blöcke, d.h., wir arbeiteten mit acht Versuchsgliedern.

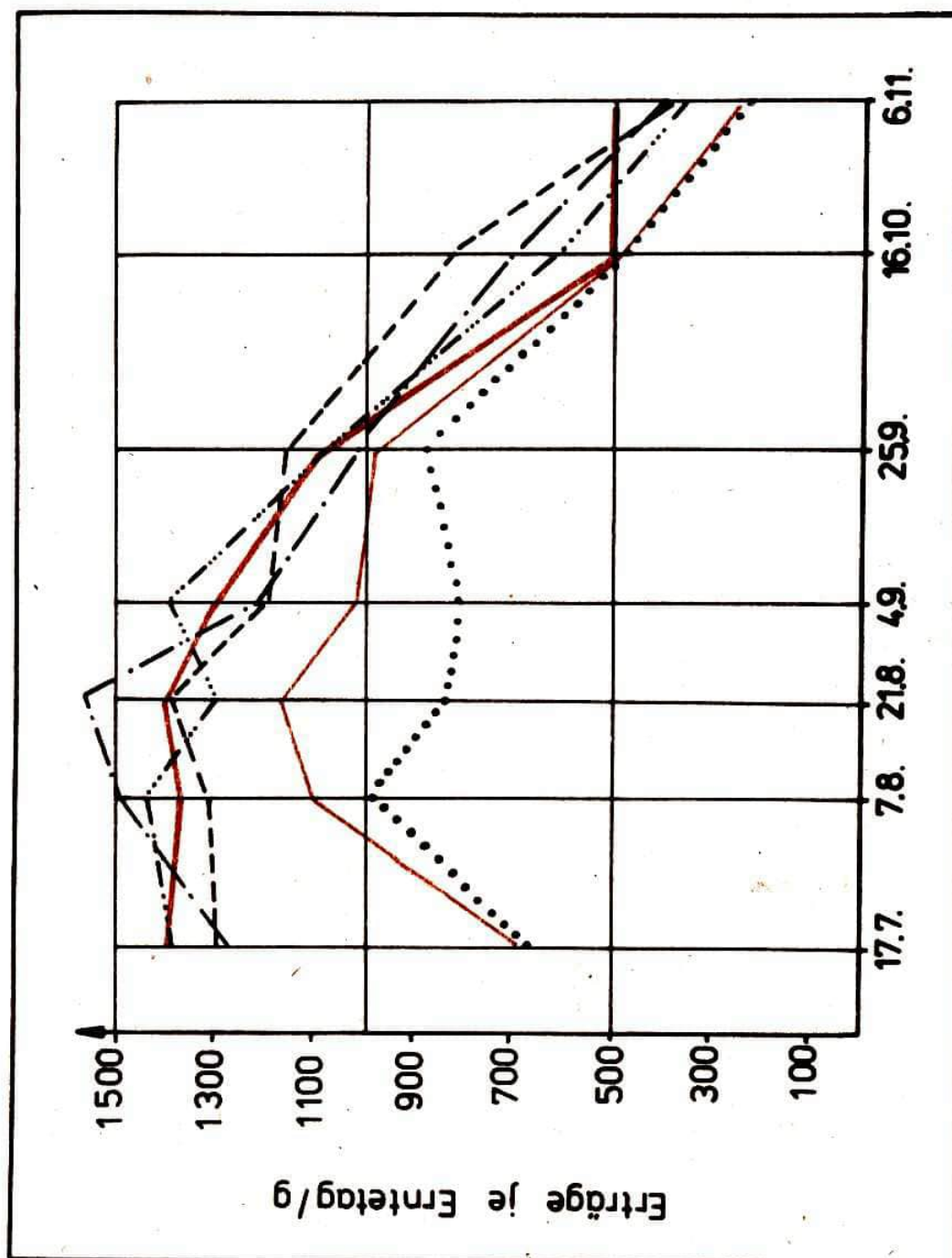


Abb. 1

Legende (gültig für alle Abbildungen) :

Kontrolle (0 Gray)	—	6 Gray	—
2 Gray	---	8 Gray	---
4 Gray	----	10 Gray	

Versuchsdurchführung

Das vorhandene Saatgut wurde am 15.3. mittels einer mit Cobalt-60 bestückten Bestrahlungsanlage der Geschwulstklinik der Charité bei einer Dosisleistung von 0,25 Gy/min mit den aus den Abbildungen ersichtlichen Energiedosen bestrahlt.

Zwei Tage später, am 17.3., erfolgte die Aussaat im Aufzuchthaus der GPG "Prohe Zukunft".

Im weiteren erfolgte die Behandlung der Pflanzen entsprechend der in der GPG für Paprika üblichen Technologie. Düngung, Unkrautbekämpfung und Bewässerung erfolgten mit dem Ziel, optimale Wachstumsbedingungen zu erreichen.

Versuchsauswertung

Die Saatgutvorbehandlung wirkt sich, je nach Energiedosis, unterschiedlich auf die Ertragsbildung der Paprikapflanzen aus. Dies ist sehr deutlich aus den Abbildungen 2 bis 5 ersichtlich. Die Unterschiede in den Ertragsmengen resultieren dabei aus Unterschieden in Größe, Gewicht und Anzahl der Schoten.

Die durch die Vorbehandlung des Saatgutes mit voneinander verschiedenen Energiedosen erzielten Schotengrößen wichen bei der ersten bis vierten Ernte besonders stark voneinander ab. Mit zunehmendem Pflanzenalter näherten sich diese Größen einem Durchschnittswert.

Der am ersten Erntetag sehr große Unterschied zwischen behandelten und unbehandelten Pflanzen weist auf eine mögliche Vorverlegung der Reifezeit durch eine Saatgutbestrahlung hin.

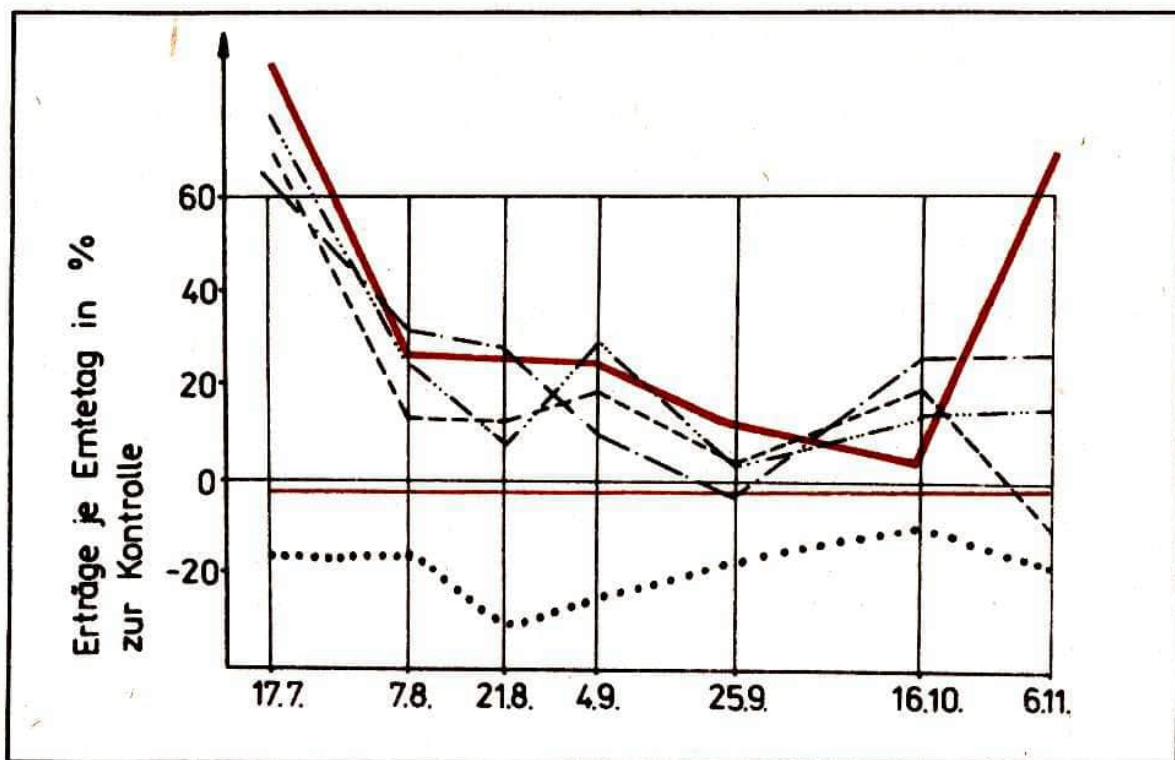


Abb. 2

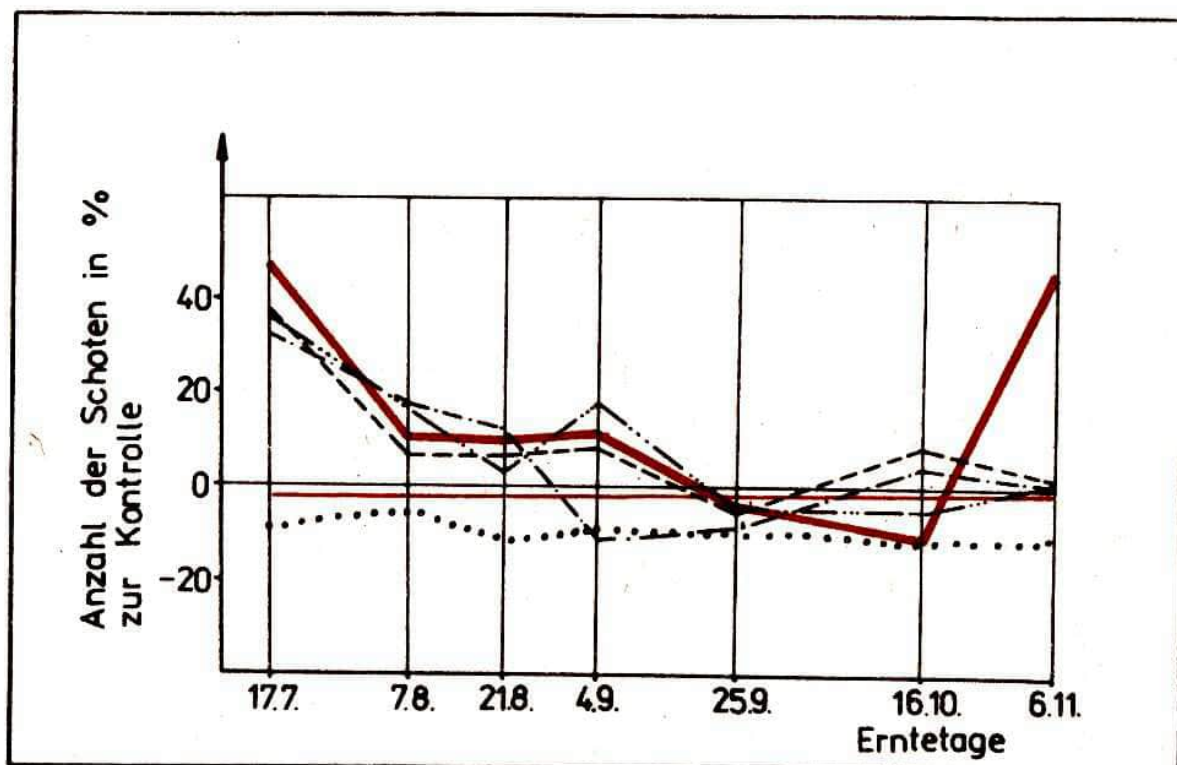


Abb. 3

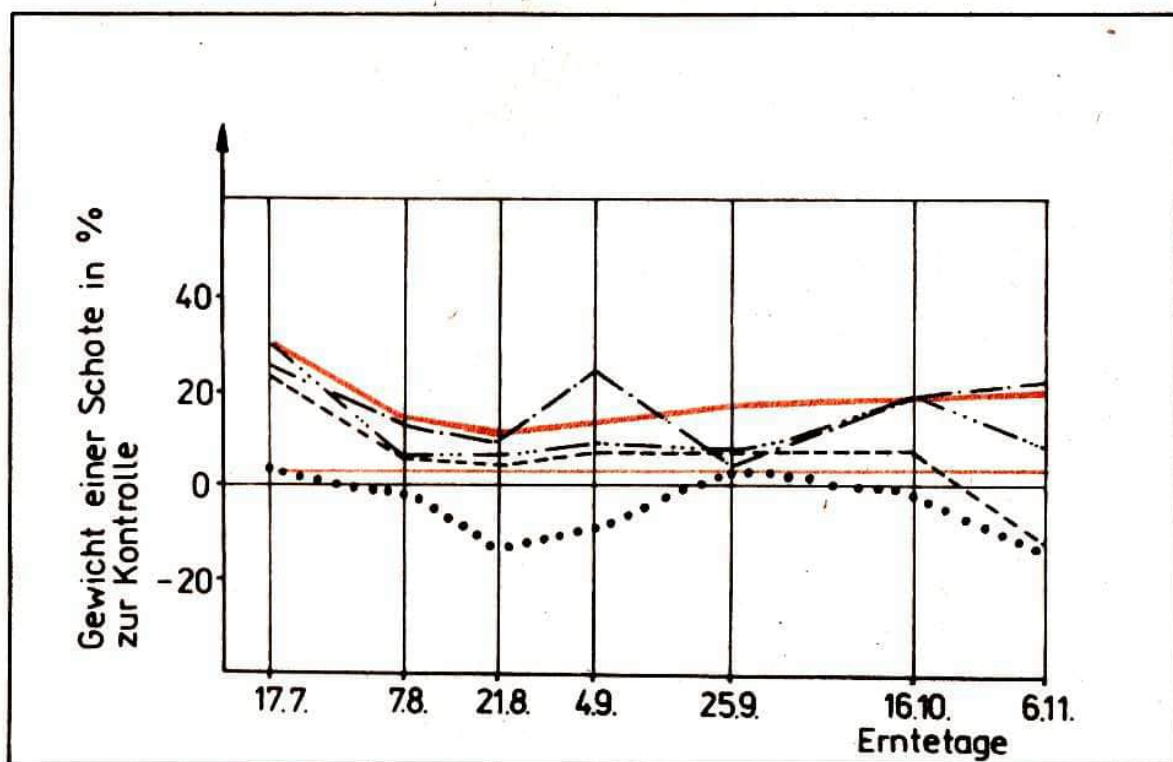


Abb. 4

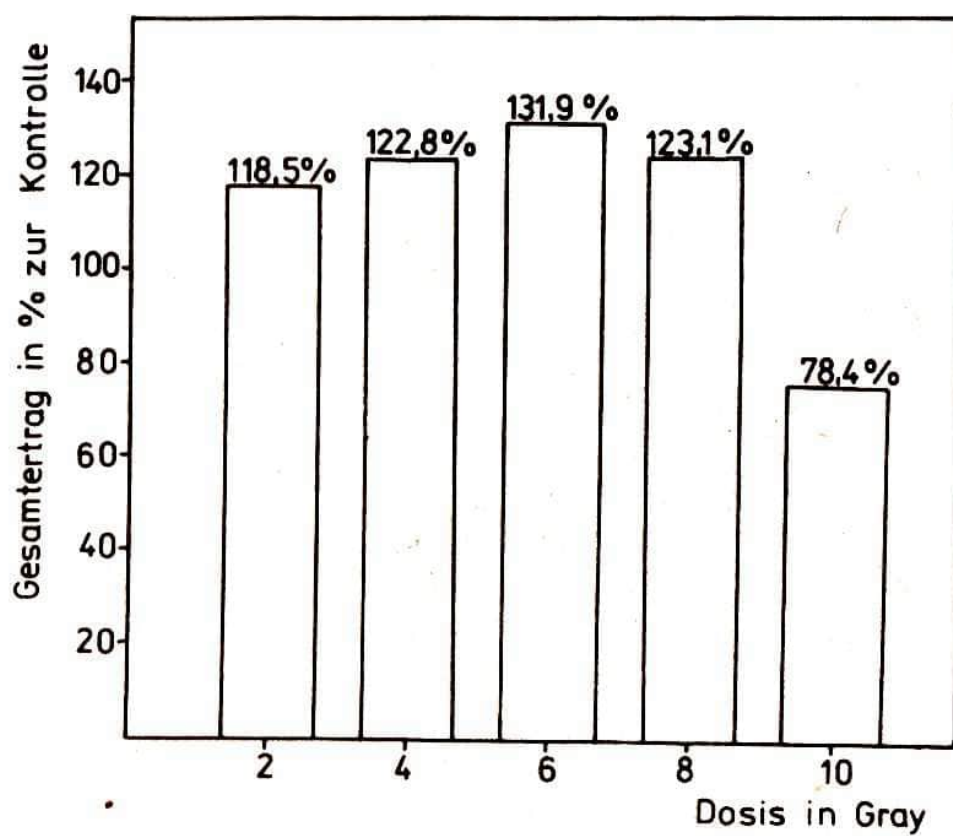


Abb. 5

Von allen verwendeten Dosiswerten erwies sich der von 6 Gray am geeignetsten, eine Ertragssteigerung herbeizuführen. Demgegenüber bewirkt eine Dosis von 10 Gray bereits eine Depression des Pflanzenwachstums.

Die wirtschaftliche Bedeutung einer Saatgutvorbehandlung mit ionisierender Strahlung liegt in der Möglichkeit, ohne weitere Aufwendungen eine 30 %-ige Ertragssteigerung mit einer in unserem Fall optimalen Dosis von 6 Gray zu erreichen.

Während die anderen Methoden der Ertragssteigerung (Beregnung, Temperaturerhöhung, Zusatzbeleuchtung usw.) relativ aufwendig sind, erweist sich die Saatgutvorbehandlung mittels Gamma-Strahlung als unkompliziert. Weitere Maßnahmen zur Ertragssteigerung sind danach nicht mehr notwendig.

Die Autoren danken Herrn Joachim Hiller aus dem Bereich 10 der Sektion Physik der Humboldt-Universität-Berlin für die fachliche Anleitung.



Zur Produktion von Naturkautschuk in der Welt

Nach der Analyse der in London ansässigen International Rubber Study Group ist die Produktion von Naturkautschuk in der Welt 1984 auf 4,33 Mill. t gestiegen. 1983 waren 4,02 Mill. t Naturkautschuk erzeugt worden.

Der Verbrauch von Naturkautschuk im Jahre 1984 wird mit 4,27 Mill.t angegeben, während dieser 1983 3,98 Mill.t betragen hat. Für das Jahr 1985 wird mit einem leichten Steigen des Verbrauches gerechnet, so daß sich Produktion und Verbrauch von Naturkautschuk etwa angleichen.

Das Preisniveau wird in engem Zusammenhang mit den sinkenden Erdölpreisen gesehen, da das Niveau der Erdölpreise stark die Kosten für die Herstellung von Synthetikautschuk beeinflusst. Durch eine finanzierte Zwischenlagerung von 270 000...400 000 t Naturkautschuk versuchen die internationalen Konzerne, eventuellen Preisrückgang bei Naturkautschuk aufzuhalten.

Schon häufig waren in der Geschichte hervorragende Wissenschaftler mit ihren Ideen und Erkenntnissen den technischen Möglichkeiten ihrer Zeit weit voraus. Oft wurden ihre theoretisch formulierten Entdeckungen erst viel später experimentell nachgewiesen und ausgenutzt. Einen ähnlichen Werdegang hat auch die Holographie – sie hat heute einen festen Platz in der modernen optischen Forschung – zu Beginn unseres Jahrhunderts genommen.

Theoretische Grundlagen für das holographische Aufzeichnungsprinzip erarbeiteten bereits A. Fresnel, T. Young und J. Fraunhofer im 19. Jh. sowie G. Kirchhoff, E. Abbe u. a. um die Jahrhundertwende zum 20. Jh. Dennoch wurde Dennis Gabor mit der Veröffentlichung einer Arbeit im Jahre 1948 zum Erfinder der Holographie. Er arbeitete an dem Problem der Verbesserung des Elektronenstrahl-Mikroskopes. Dabei entdeckte er die Möglichkeit, durch Überlagerung zweier Wellen Informationen über Amplitude und Phase von Lichtwellen zu speichern. (Amplitude und Phase sind die beiden wesentlichen Eigenschaften einer Welle. Die Phase beschreibt insbesondere ihre zeitliche und örtliche Veränderlichkeit).

Dennis Gabor prägte auch den Begriff "Holographie", der von den beiden griechischen Worten holos=ganz und graphein=schreiben abgeleitet ist. Er wollte damit zum Ausdruck bringen, daß die Holographie eine physikalische Methode ist, die die volle, in einer Welle enthaltene Information speichern kann.

Obwohl D. Gabor Hologramme gewinnen konnte, mangelte es zu dieser Zeit noch an einer Lichtquelle, die den Anforderungen an die Lichteigenschaften für das Aufnehmen von Hologrammen genügte, nämlich möglichst groß ausgedehnte Wellenfelder auszusenden, die feste Phasenbeziehungen untereinander haben. Diese Lichtquelle stand erst 12 Jahre später mit dem LASER zur Verfügung. D. Gabor konnte seine Aufnahmen nur unter

Komplexe Zahlenebene

Zu den reellen Zahlen, die auf einer Geraden liegen, wird eine zweite Zahlengerade für die sogenannten imaginären Zahlen senkrecht zur reellen eingeführt.

Alle Punkte der Ebene, **in der** diese beiden Zahlengeraden liegen, können durch einen Real- und Imaginärteil beschrieben werden. Aus diesen Teilen setzen sich die komplexen Zahlen zusammen. Eine komplexe Zahl hat die Gestalt

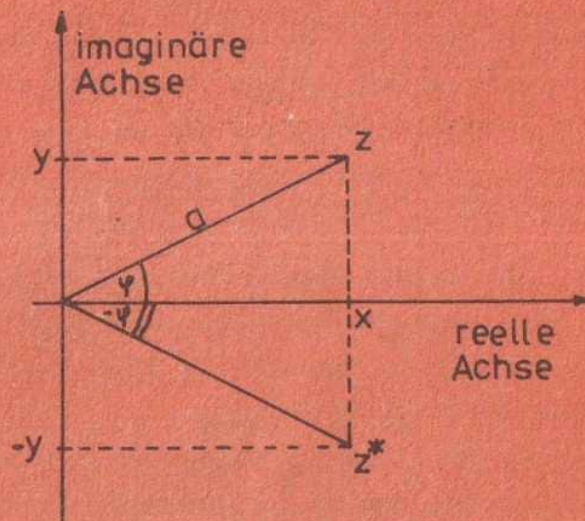
$$z = x+iy = a \cdot e^{i\varphi}.$$

Dabei ist i die imaginäre Einheit, definiert durch $i^2 = -1$.

a und φ sind Betrag und Winkel, die ebenfalls die Lage **dieses** Punktes in der Ebene eindeutig bestimmen. Zwischen (a, φ) und (x, y) besteht die Beziehung

$$|z| = a = \sqrt{x^2 + y^2} \quad \text{bzw.} \quad \varphi = \arctan y/x$$

Zum Verständnis des Artikels über Holographie muß hier noch die konjugiert komplexe Zahl zu einer komplexen Zahl erklärt werden.



Zu jeder komplexen Zahl z existiert die zu ihr eineindeutig bestimmte konjugiert komplexe Zahl z^* .

Sie wird durch Vorzeichenumkehr des Imaginärteils der Zahl z gebildet (bzw. Vorzeichenumkehr des Winkels φ)

$$\text{Bsp. } z = x+iy, \text{ dann gilt } z^* = x-iy$$

Reelle Zahlen haben den Imaginärteil 0, für sie gilt

$$z = z^*$$

In der Zahlenebene findet man z^* durch Spiegelung der Zahl z an der reellen Zahlengeraden. Es gilt weiterhin

$$|z| = |z^*| \quad \text{und} \quad z^2 = z \cdot z.$$

schwierigen experimentellen Bedingungen gewinnen.

Seitdem der LASER zur Verfügung steht, entwickelte sich die Holographie zu einem selbständigen Wissenschaftsgebiet. Sie ist in der Lage, den räumlichen Charakter eines Objektes zu speichern und wieder zu rekonstruieren, d. h. das "Bild" in gleicher plastischer Weise wie das ursprüngliche Objekt sichtbar zu machen. Im Gegensatz dazu steht die Photographie, die nur ein Wellenfeld aufzeichnet und dabei den 3-dimensionalen Raum in eine Ebene (2-dimensional) projiziert.

Was sind nun die Besonderheiten des LASER-Lichtes und warum sind diese Eigenschaften so wichtig, um Hologramme herzustellen?

Dazu wollen wir uns mit dem Wesen und der physikalischen Beschreibung des Lichtes etwas näher vertraut machen. Die wichtigsten Begriffe für die Beschreibung von Licht sind: Amplitude, Phase, Kohärenz und Monochromasie.

Licht ist die Bezeichnung für jene elektromagnetische Wellen, die dem menschlichen Auge sichtbar sind. Diese werden in der Physik mit Hilfe der komplexen Zahlen beschrieben (siehe Kurzerklärung der komplexen Zahlen). Ein Lichtsignal hat in der komplexen Zahlenebene folgende Beschreibung

$$\alpha = A \exp \{ i(\omega t + \vec{k} \cdot \vec{r} + \varphi) \}$$

Dabei beschreibt $A = |\alpha|$ die Amplitude, φ die Phase, ω die Frequenz und $\vec{k}$ den Wellenzahlvektor der Welle. Weißes Licht enthält Wellen aller Frequenzen, für die unser Auge empfindlich ist ($\lambda = 2\pi/k = 400-750 \text{ nm}$). Erzeugt man Licht, das nur eine Wellenlänge bzw. Frequenz enthält, so bezeichnet man es als monochromatisch (einfarbig). Überlagert man zwei Wellenzüge, können verschiedene Fälle eintreten (siehe Abb. 1). Bei Skizze 4 bestehen zwischen den beiden Wellen keine festen Phasenbeziehungen. Bei dieser Überlagerung kann keine neue Welle mit gleichen Eigenschaften entstehen. Das entspricht dem Fall, daß zwei Wellen unterschiedlicher Wellenlänge bzw. Frequenz (in unserem Empfinden entspricht das Licht unterschiedlicher Farbe) überlagert wurden. Die Skizzen 1-3 zeigen die Überlagerung monochromatischer Wellen. Bei unterschiedlicher Lage der Phasen zwischen Welle 1 und 2 variieren Amplitude und Phase der resultierenden Welle 1+2, deren Frequenz jedoch mit den Wellen 1 und 2 übereinstimmt.

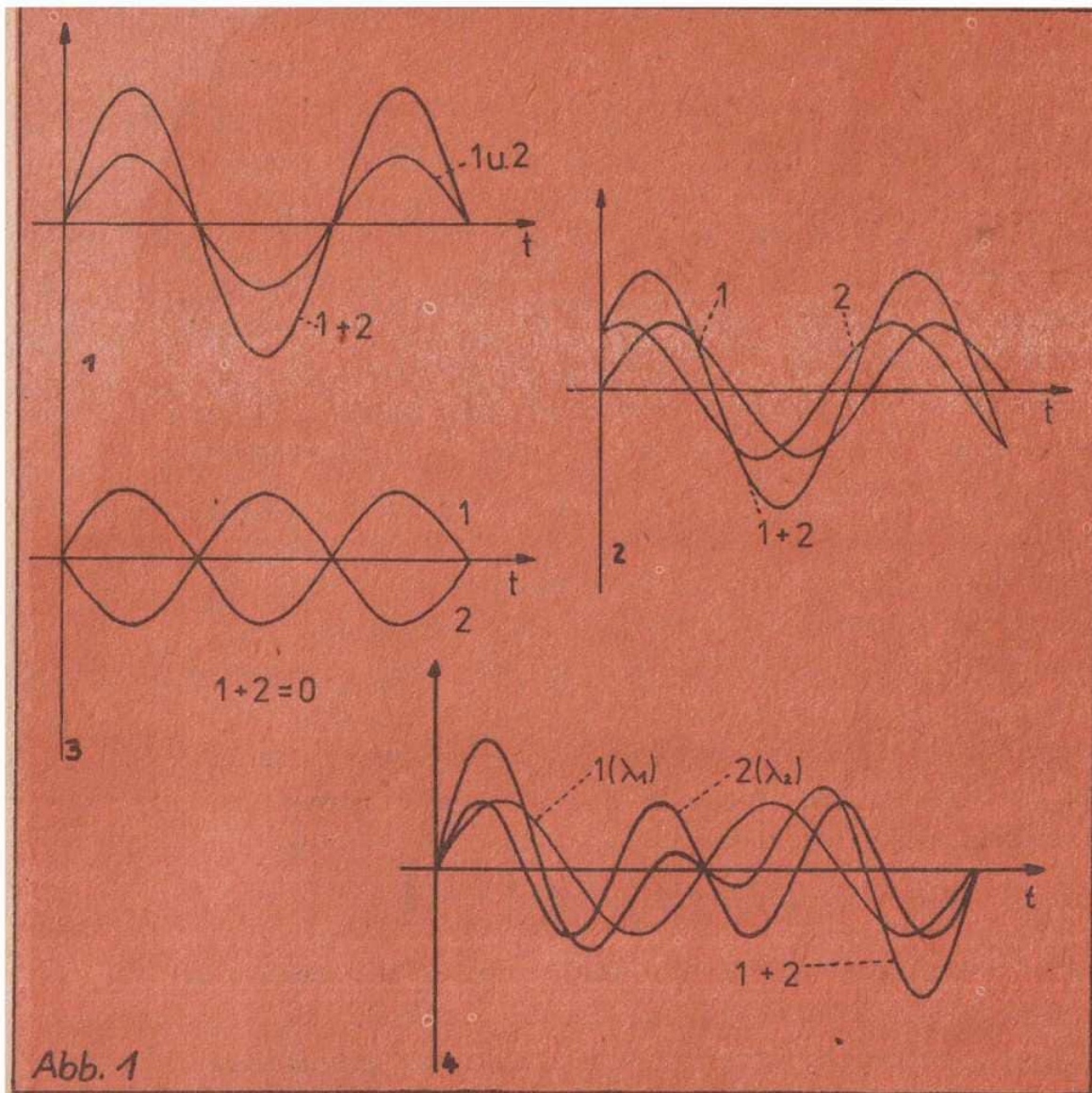


Abb. 1

Kohärenz heißt nun, daß zwischen zwei Wellenzügen oder -fronten immer konstante Phasenbeziehungen bestehen. Diese Eigenschaft beinhaltet also die Monochromasie (Licht einer Wellenlänge, siehe Skizzen) und die zeitliche Konstanz der Phasenbeziehungen zwischen Welle 1 und 2. Kohärenz besteht auch bei normalem, thermisch erzeugtem Licht, allerdings ist ihre Ausnutzung nur unter komplizierten Bedingungen möglich (Wegdifferenz der Wellenzüge muß sehr klein sein, die Lichtquelle beinahe punktförmig). Diese Bedingungen mußte D. Gabor erfüllen, da er seine Hologramme nur mit einer Quecksilberdampflampe in sehr genauer Justierung aufnehmen konnte. Die **räumliche** "Tiefe" seiner Objekte durfte auch nur sehr gering sein. Demgegenüber beträgt die Kohärenzlänge eines Helium-

Neon-Lasers HNA 188 etwa 30cm. (Diese endliche Länge der Kohärenz ist bedingt durch die endliche Länge der vom Laser ausgesandten Wellenzüge; das führt dazu, daß man niemals ideal monochromatisches Licht erzeugen kann. Exakt monochromatisches Licht besitzt eine unendliche Kohärenzlänge.)

Einen wichtigen Punkt im Aufzeichnungsprozeß von Lichtwellen stellt das Empfänger- b.z.w. Speichermedium - die photographische Schicht - dar. Sie kann nicht ein Wellenfeld sondern nur die Intensität dieses Wellenfeldes speichern:

$$I \sim |\alpha|^2 = A^2$$

Dabei gehen (z.B. beim Photographieren) die Phasenbeziehungen verloren, die die Information über den räumlichen Charakter des Objektes tragen.

Bei der Photographie wird nur ein Wellenfeld - b.z.w. dessen Intensität - aufgenommen. Im Gegensatz dazu benutzt man für die Aufzeichnung eines Hologrammes zwei Wellenfelder, die sich in der Ebene des Photomaterials überlagern. Für diese Überlagerung nun sind Kohärenz und Monochromasie von entscheidender Bedeutung. Durchdringen sich zwei kohärente Wellenfelder, so entstehen durch Verstärkung und Auslöschung (gemäß der Skizzen 1-3) räumliche Interferenzfiguren. Wenn diese Wellenfelder zeitlich konstant sind, werden auch die Interferenzen stabil im Raum stehen und können nun vom Photomaterial gespeichert werden. Abb. 2 zeigt ein solches räumliches Interferenzfeld für die Überlagerung zweier ebener Wellen. Betrachtet man sich das entwickelte Hologramm, so sieht man nur einen unregelmäßig geschwärzten Fleck. Mit einem Mikroskop kann man das feine Strichgitter erkennen, das die Information über die aufgezeichneten Wellen enthält.

Hier begegnet uns ein weiterer wesentlicher Unterschied zur Photographie, die man sich nach dem Entwickeln und Kopieren sofort ansehen kann. Der zweite Schritt bei der Holographie ist der sogenannte Rekonstruktionsprozeß. Wir stellen das Hologramm wieder an die Stelle, an der es bei der Aufnahme gestanden hat. und beleuchten es mit einer der Lichtwellen, die wir auch zur Aufnahme benutzt haben. Diese trifft auf das im Hologramm enthaltene Interferenzmuster und wird von diesem nach den Gesetzen der Lichtbeugung abgelenkt. Es entstehen die 0., -1. und +1.

Beugungsordnung. Das Licht der 0. Beugungsordnung enthält keine Information über die zweite Welle. Die Anteile jedoch, die in der $-1.$ und $+1.$ Beugungsordnung enthalten sind, entsprechen genau der jeweils anderen, bei der Rekonstruktion nicht verwendeten Welle b.z.w. deren konjugiert komplexen. Für die Aufnahme eines Hologramms benötigt man also eine Objektwelle (z.B. von einem gut diffus reflektierenden Objekt) und eine Referenzwelle beliebiger Gestalt. Meistens benutzt man dafür eine möglichst einfache Wellenfront, beispielsweise ebene Wellenfronten oder solche, die Ausschnitte einer Kugeloberfläche darstellen (Kugelwellen), damit man sie leicht für die Rekonstruktion wieder erzeugen kann. Beleuchtet man das Hologramm wieder mit dieser Referenzwelle, so entsteht in der Richtung der 1. Beugungsordnung eine Lichtwelle derselben Gestalt wie diejenige, die vom Objekt herrührte. Beim Betrachten glauben wir, daß sich dort der holographierte Gegenstand wieder befindet, obwohl wir ihn doch schon längst weggenommen haben.

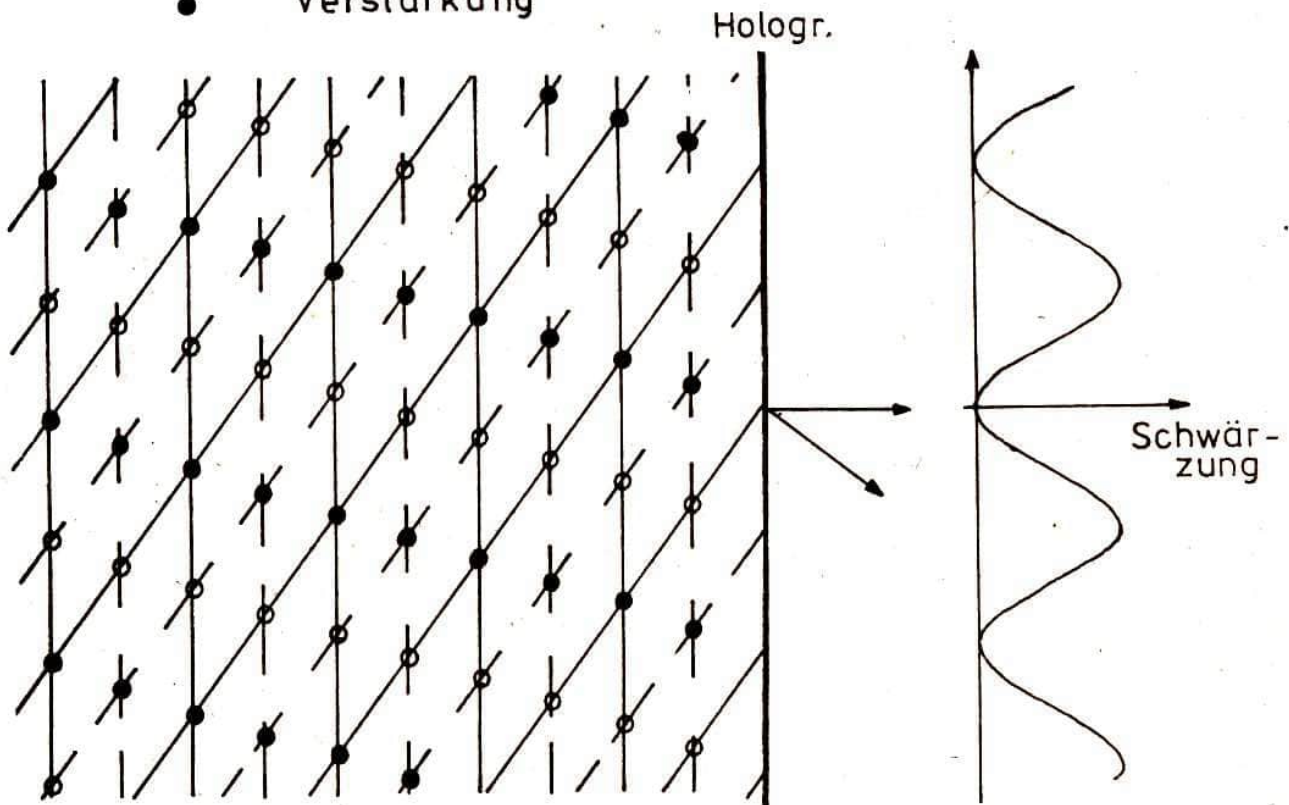
----- Wellenberg

———— Wellental

○ Auslöschung

● Verstärkung

Abb2



Läßt man eine ebene mit einer Kugelwelle interferieren, erhält man ein Muster, das einer Fresnel'schen Zonenplatte entspricht (Abb. 3). Die Rekonstruktion ergibt die in Abb. 4 dargestellte Situation:

1. Licht , das ungebeugt durch die Zonenplatte dringt (0. Beugungsordnung)
2. Lichtbündel, die zur optischen Achse hin gebeugt werden und sich im Punkt S' vereinigen. S' ist damit der Quellpunkt einer Kugelwelle, die in diesen Quellpunkt einläuft. (1. Beugungsordnung)
3. Lichtbündel, die von der optischen Achse weggebeugt werden. Die rückwärtigen Verlängerungen dieser Anteile lassen sich in einem Punkt S'' vereinigen. S'' ist Quellpunkt einer aus diesem herauslaufenden Kugelwelle. (-1. Beugungsordnung)

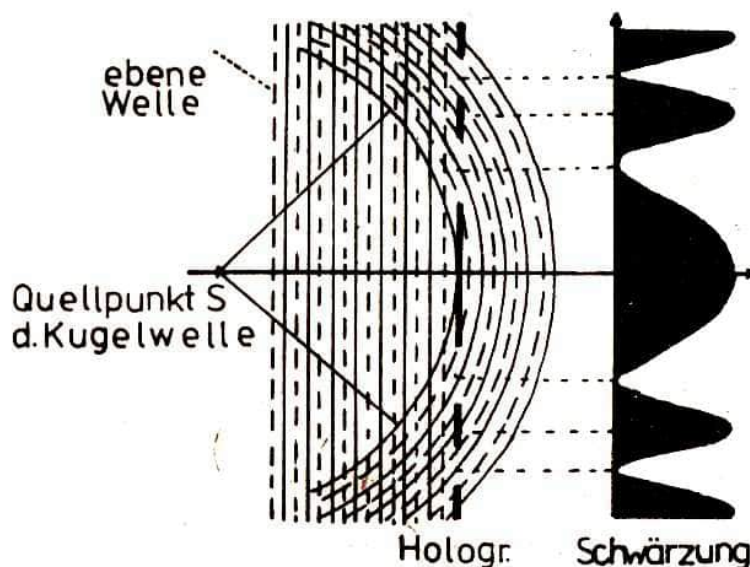


Abb. 3

Für das Holographieren von reflektierenden Objekten bedeutet das, daß bei der Rekonstruktion zwei Bilder des Objektes entstehen. dabei weist das sogenannte reelle Bild (+1. Beugungsordnung) ein umgekehrtes Oberflächenrelief zum tatsächlichen Objekt auf, das virtuelle Bild dagegen hat dieselbe Gestalt wie das Objekt.

Abb. 5 zeigt eine einfache Prinzipdarstellung einer Anordnung zum Holographieren. Die beiden kohärenten Lichtbündel werden durch Aufteilung des Lichtes am Strahlteiler (1) erzeugt.

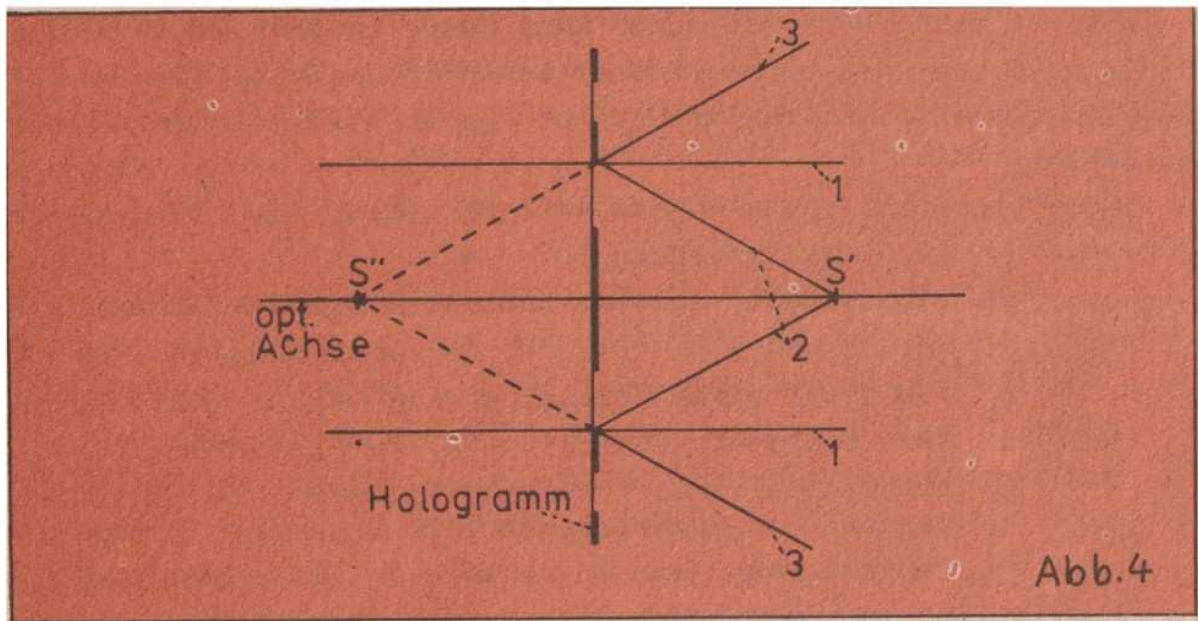


Abb. 4

2 und 3 sind Spiegel, die die Referenzwelle in die Hologrammebene (4) bringen. Mit einer Linse (6) wird das Objektbündel zur Beleuchtung des Objektes aufgeweitet. Bei **diffuser** Reflexion des Objektes (5) sieht man nun jeden Punkt der Oberfläche als Quellpunkt einer Kugelwelle an (Huygens'sches Prinzip). In der Hologrammebene überlagern sich also mehrere Zonenplatten wie sie Abb. 3 zeigt.

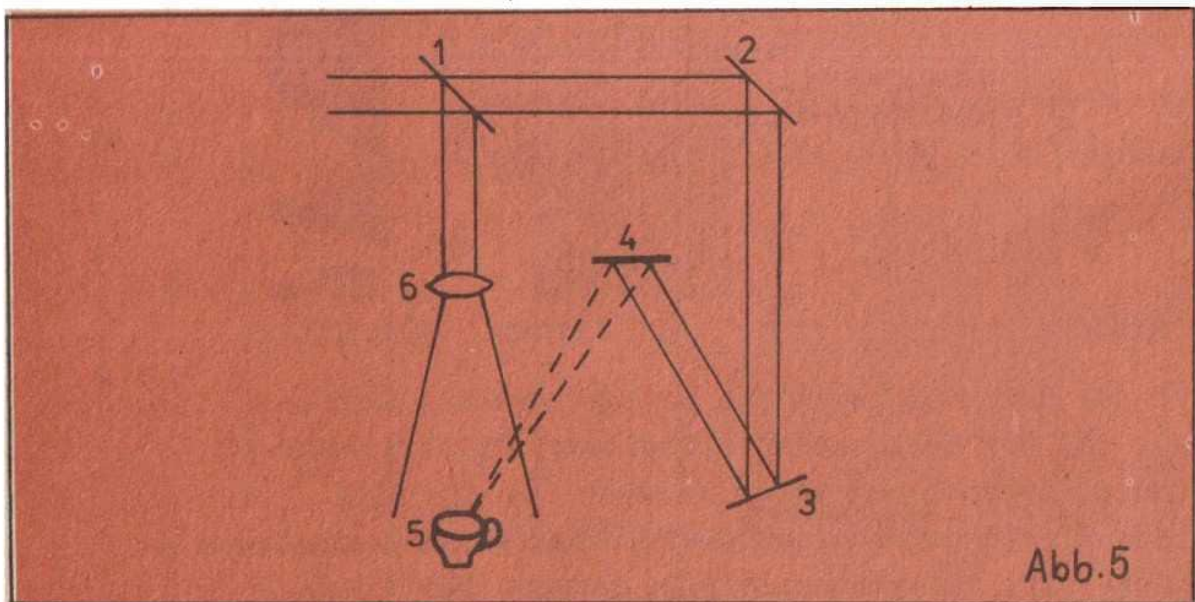


Abb. 5

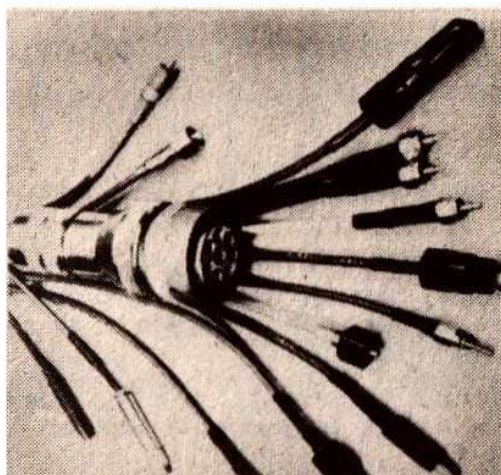
Seit dem Beginn der eigentlichen Entwicklung der Holographie durch das Vorhandensein von Lasern wurden bereits viele interessante Techniken für die effektvolle Aufnahme von Hologrammen, selbstverständlich aber auch für die Nutzung in Wissen-

schaft und Technik entwickelt. Z.B. können Deformationen von Gegenständen bei mechanischer oder thermischer Belastung sowie Schwingungen durch die Technik der Hologramminterferometrie sichtbar gemacht und ausgewertet werden. Dazu wird ein Hologramm zwei- oder mehrfach belichtet; das erste Mal zum Zeitpunkt t_1 im Zustand 1 des Objektes, eine zweite Belichtung führt man zu einem Zeitpunkt t_2 durch, nachdem das Objekt einer (geringfügigen) Veränderung seines Zustandes (Form der Oberfläche, Biegung, u.s.w.) ausgesetzt wurde. Das rekonstruierte Objekt ist in diesem Fall von Interferenzstreifen überzogen, die die Information über die Deformationen enthalten.

Hologramme, die in besonders dicken (μm -Bereich) photoempfindlichen Schichten gespeichert werden, erfüllen bestimmte physikalische Forderungen, die ein Rekonstruieren mit Sonnenlicht ermöglichen.

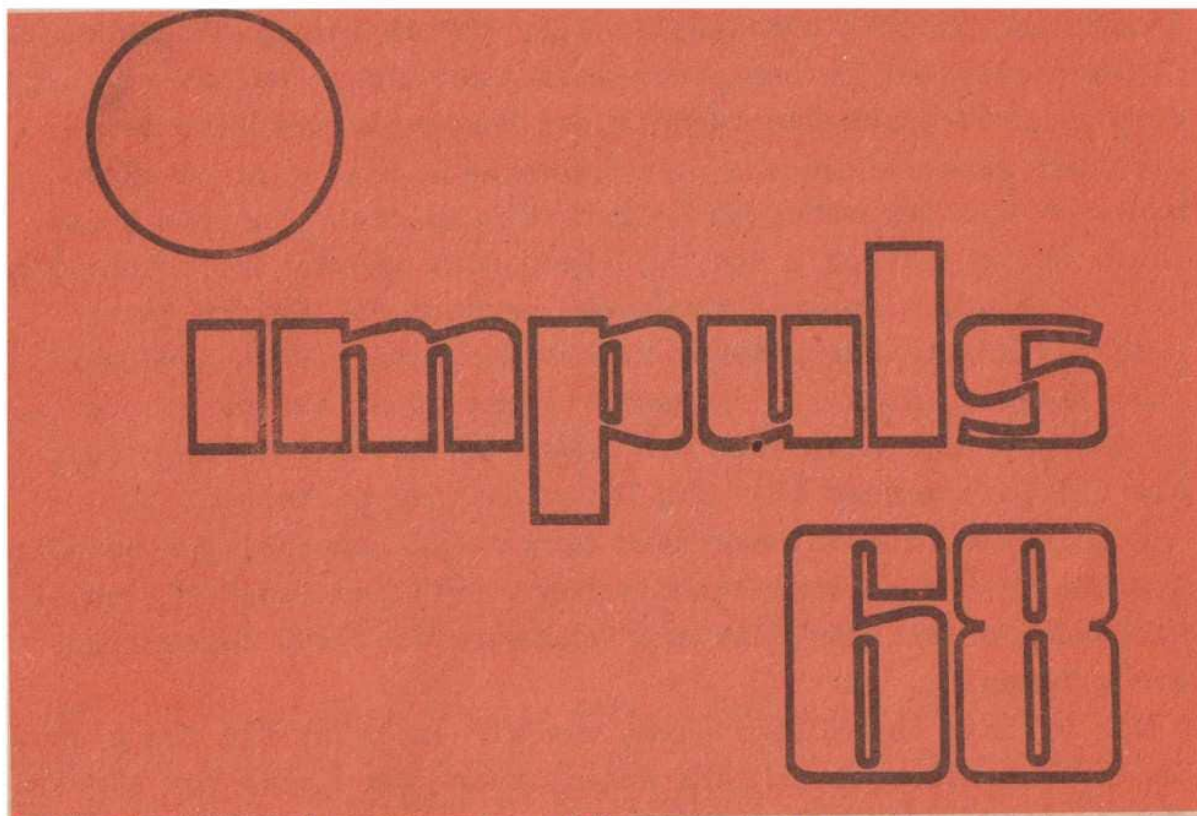
Das Prinzip der Holographie, wie wir es jetzt für den sichtbaren Wellenbereich erklärt haben, kann man ebenso auf kürzere Wellenlängen (ultraviolett, Röntgenstrahlung,...) wie auch auf längere Wellenlängenbereiche (infrarot, Mikrowellen,...) erweitern.

Im Jahre 1971 erhielt D.Gabor für seine Entdeckung und fundamentale theoretische Behandlung der Holographie den Nobelpreis für Physik - eine gebührende Anerkennung seiner hervorragenden Leistung.



Lichtleitkabel
verschiedener Ausführungen

(zu unserem Beitrag auf S. 3)



- ist die größte ehrenamtlich herausgegebene Schülerzeitschrift unserer Republik.
- wird von Studenten, jungen Wissenschaftlern und Mitarbeitern der Friedrich-Schiller-Universität Jena in deren Freizeit für Euch gestaltet.
- veröffentlicht Beiträge und Artikel von Wissenschaftlern, Lehrern, Studenten und auch von Schülern für Schüler der Klassen 8 bis 12, für Lehrer, Lehrlinge und überhaupt alle Menschen mit naturwissenschaftlichen Interesse.
- enthält Beiträge zu folgenden Themenkreisen:
PHYSIK CHEMIE BIOLOGIE ASTRONOMIE GESCHICHTE DER
NATURWISSENSCHAFTEN HUMOR MOSAIK-KURZARTIKEL PHYSIK-
AUFGABEN INTERVIEWS MIT WISSENSCHAFTLERN REPORTAGEN UND
BERICHTE ÜBERGREIFENDE ARTIKEL (MEDIZIN TECHNIK MIKRO-
ELEKTRONIK MIKRORECHENTECHNIK) BOCHERMARKT DOKUMENTA-
TIONEN FÜR DEN NATURWISSENSCHAFTLICHEN UND STAATSBÜRGERKUNDE-
UNTERRICHT
- wendet sich an **a l l e** Schüler, um Interesse für die Naturwissenschaften zu wecken.
- gestaltet seine Beiträge deshalb leicht verständlich und zu interessierenden Themen, die zum Teil nur in schwer zugänglicher und wenig verständlicher Fachliteratur behandelt werden.
- vermittelt zusätzliche Informationen zum Lehrplanstoff, aber auch zu Gebieten, die in der Schule nicht behandelt werden können

- bringt im Jahr für Euch 6 Hefte a 0,60 M mit einem Umfang von 48 Seiten heraus ...

$M_{1,1}$ bis zum 10. des Monats vor Beginn des Inkassozeitraumes beim Postzeitungsvertrieb vorliegen!

560-001

WGr/SGr

Bestellung einer Zeitung / Zeitschrift

zu den Bedingungen der Postzeitungsliste und der Postzeitungsvertriebsordnung

Bitte deutlich schreiben! Alle Haushaltangehörigen bestellen unter einer Kundennummer!

Name, Vorname		
Postleitzahl, Wohnort, Straße, Haus-Nr. usw. oder Postfach, Zustellfach		
ab (Datum)	Stück	Titel der Zeitung / Zeitschrift <i>impuls 68</i>

meine Kundennummer

Datum und Unterschrift

Diese Felder füllt die Post aus.

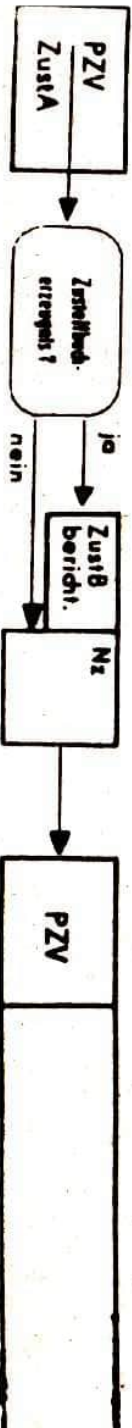
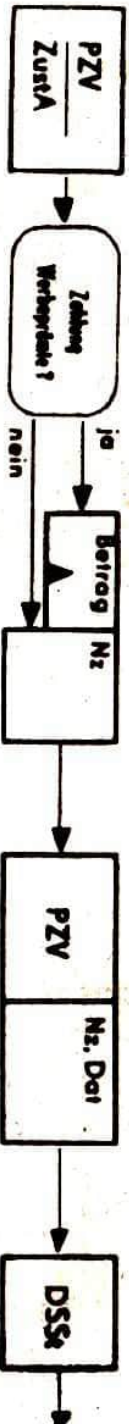
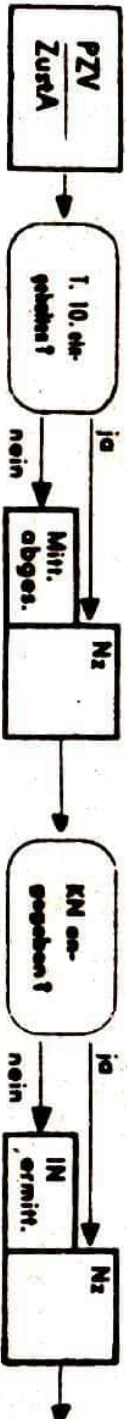
[illegible]

8 233 51
VV Spremberg Ag 310/83/DDR/4053 I-5-20'6539

ZustBz

Bearbeitungsvermerke der Post

Ich versichere, daß ich den Kunden geworben habe	Unterschrift des Werbers	Datum
---	--------------------------	-------



68

Impuls

Schülerzeitschrift für

PHYSIK · CHEMIE · BIOLOGIE

5/86

INDEX 322004

ISSN 0232-9220

PREIS 60 Pf. 20. Jg.

Quanten-
Hall-Effekt



Pro-
grammieren
leicht-
verständlich
(Teil 5)



Leserpost



Integrierte
Optik (Teil 2)



Krebs-
erregende
Stoffe in der
Natur



Unsere
Physik-
aufgabe

Amphibienschutz in Aktion

Repro: Huonker



Thomas Richter	Wie weit ist die integrierte Optik? (Teil 2)	PHY	3
Dr. Dieter Martinetz	Krebserregende Stoffe in der Natur	BIO	12
Matthias Mann	Physik-Nobelpreis 1985 für die Entdeckung des Quanten-Hall-Effekts	PHY	21
	UNSERE PHYSIKAUFGABE		33
	Amphibienschutz in Aktion	BIO	35
	Leserpost		38
Mirco Schumann, Jürgen Flegel, Frank Andreas	Programmieren leichtverständlich (Teil 5): Funktionen und Koordinatensysteme	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: Max-Wien-Platz 1, Jena, 6900, Telefon 2 71 22/217

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 (I DV) 13228

Chefredakteur: Dr. Bringfried Stecklum, stellv. Chefredakteur: Dr. Michael Kaschke

Redaktionsmitglieder: Dr. Roland Colditz, Elke Selle, Sylvia Kaschke, Antje Schlegel, Petra Richter, Peter Kroll, Alexander Niehardt

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

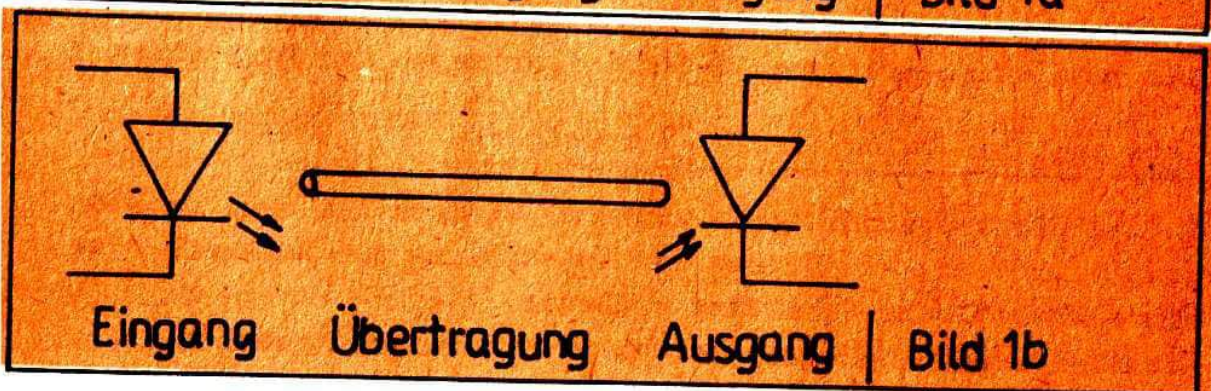
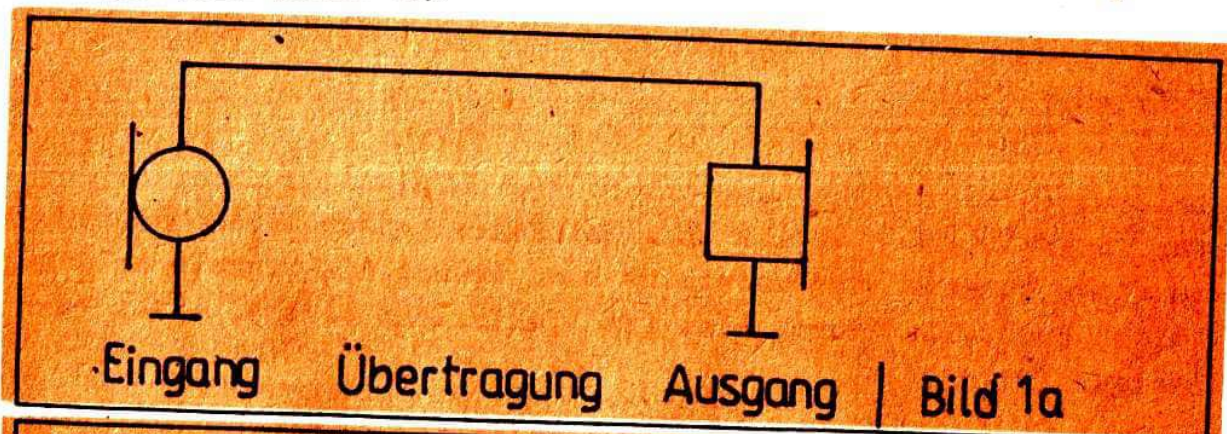
Gestaltung: Kaschke, König, Kroll, Richter

Redaktionsschluß: 18. 7. 1986

Im letzten Heft haben wir die prinzipiellen Mechanismen kennengelernt, wie ein Lichtwellenleiter aufgebaut ist und wie er funktioniert.

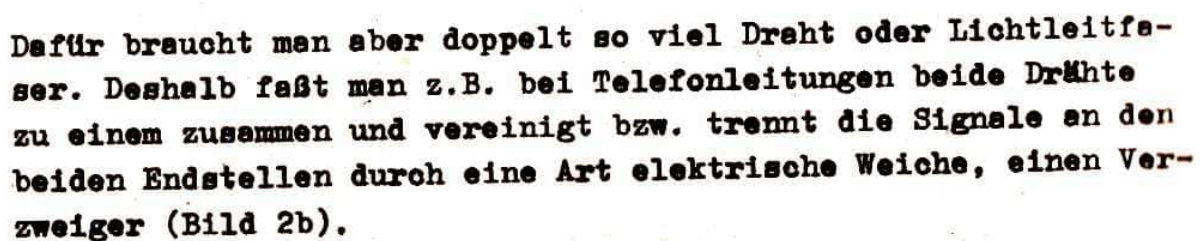
Nun wollen wir uns einmal an einem Beispiel ansehen, wie ein einfaches "Integriert optisches Bauelement" funktioniert, wozu es verwendet werden kann und wie man es herstellen kann.

Betrachten wir zuerst eine einfache elektrische Nachrichtenübertragungsstrecke, in der ein Signal in eine Richtung übertragen wird (Bild 1a).



Man braucht im einfachsten Falle ein Mikrofon, ein Kabel, einen Hörer und die Erde als Rückleiter. Natürlich kommt normalerweise eine Batterie und ein kleiner Verstärker dazu, aber das interessiert uns hier nicht.

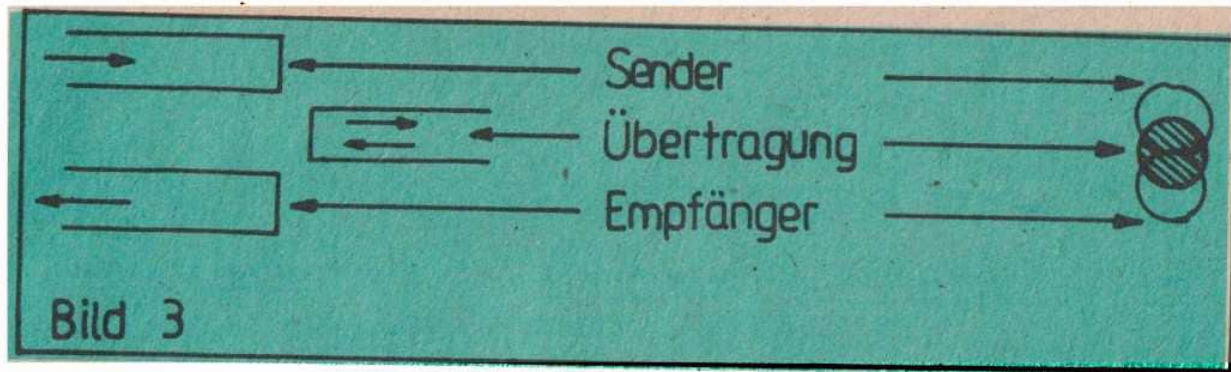
Soweit kommt man erst einmal ohne die integrierte Optik aus. Will man nun aber, wie z.B. beim Telefon, auf beiden Seiten senden und empfangen, kann man natürlich zwei Kabel oder Zweifachlichtleitfasern nehmen (Bild 2a).



Wie baut man solch einen Y-Verzweiger?

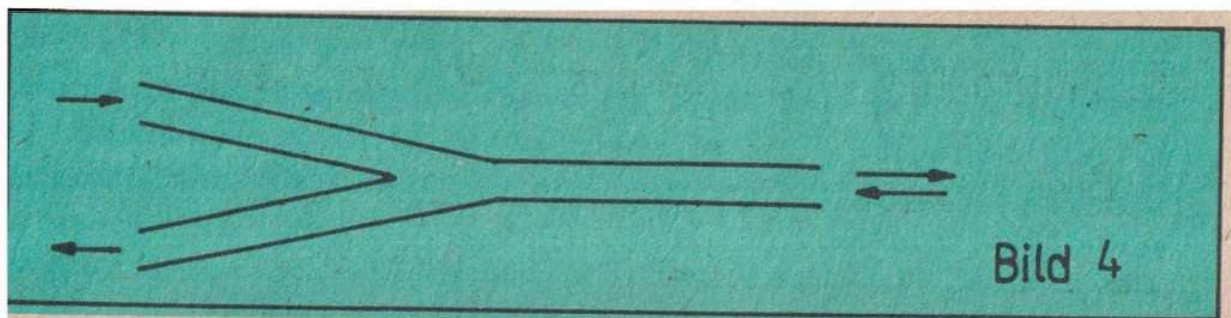
Lichtleitfasern kann man leider nicht einfach zusammenlöten. Wie macht man das also hier? Es gibt die verschiedensten Verfahren, die Fasern direkt miteinander zu koppeln, z.B. indem man die Faserenden von Sender und Empfänger nebeneinander legt

und die Übertragungsfasern gegenüber (Bild 3).



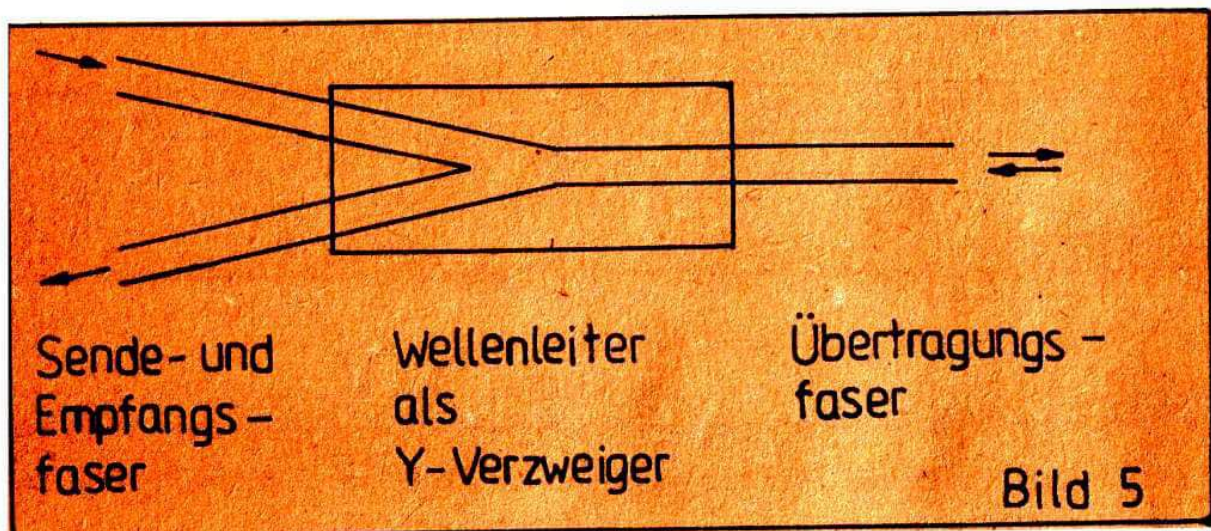
Diese und ähnliche Verfahren haben den großen Nachteil, daß an der Koppelstelle natürlich viel Licht verlorenght, da sich die Faserendflächen ja nur zum Teil überdecken (schraffiert) und das restliche Licht abgestrahlt wird.

Auch andere Verfahren, bei denen drei Fasern zusammengeschmolzen werden, ergeben große Verluste der Lichtleistung. Man benötigt also eine Faser, die die Form eines Y hat (Bild 4).



So etwas kann man aber nur sehr schwer mit ausreichenden optischen Eigenschaften herstellen. Ein Ausweg besteht darin, keine Faser zu nehmen, sondern diese Anordnung durch ein integriertes optisches Bauelement zu realisieren.

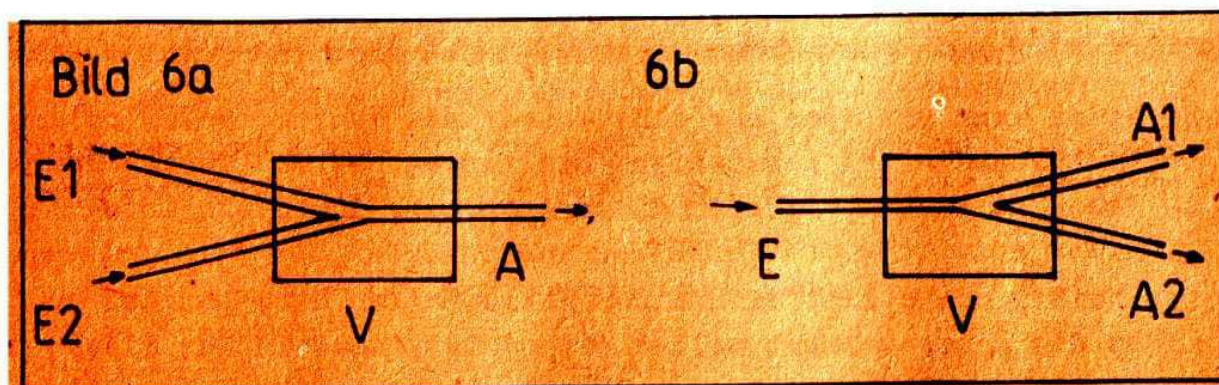
Das heißt, man stellt sich einen Wellenleiter her, bei dem nicht die ganze Schicht wellenleitend ist, sondern nur diese Y-förmige Struktur. An dieses Bauelement koppelt man dann die Sende- und Empfangslichtleitfasern (oder direkt die Sende- und Empfangsdioden) und auf der gegenüberliegenden Seite die Übertragungsfasern an (Bild 5). Das ist jedoch auch sehr kompliziert, da sich die Durchmesser der Fasern und Wellenleiterstruktur im Bereich von etwa 2-200 μm bewegen (je nach Art und Verwendungszweck), aber das ist ein rein mechanisches Problem.



Ein anderer Anwendungsfall für solch einen Y-Verzweiger ist das Zusammenfassen oder Verteilen von Signalen. Will man zwei elektrische Eingangssignale auf einem Draht zusammenfassen oder ein Signal von einem Draht auf zwei Drähte verteilen, lötet man die drei Drähte wieder einfach zusammen.

In der Lichtleiternachrichtenübertragung kann man auch hierfür einen Y-Verzweiger benutzen.

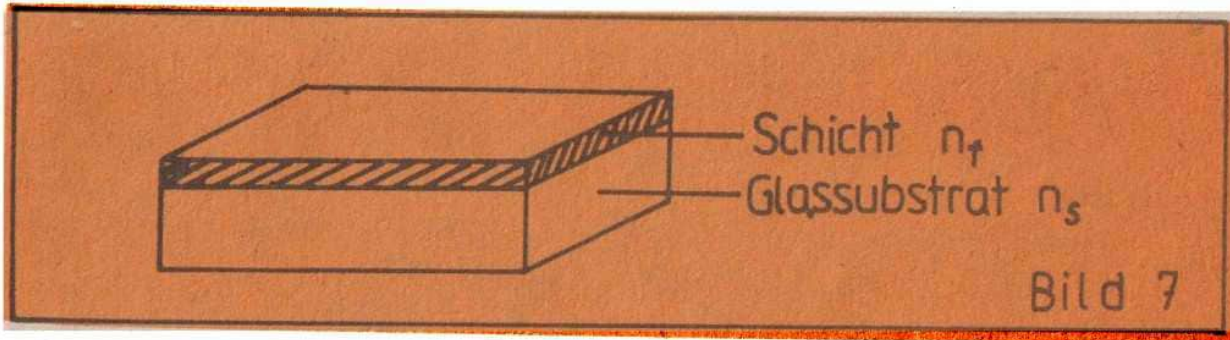
Man gibt auf die eine Seite die beiden Signale ein und bekommt sie auf der anderen Seite gemeinsam auf einer Faser heraus (Bild 6a). Umgekehrt kann man auch ein Signal auf zwei Fasern verteilen (Bild 6b).



Wir haben also gesehen, daß man mit einem integriert optischen Y-Verzweiger optische Signale zusammenfassen, verteilen und verzweigen kann. So ein Y-Verzweiger ist eigentlich das einfachste integriert optische Bauelement. Er beeinflusst das Licht nur passiv (nicht steuerbar). Man nennt ihn deshalb ein passives Bauelement.

Wie stellt man nun so ein Bauelement her?

Schauen wir uns erst einmal an, wie man einen ganz einfachen Schichtwellenleiter, der im letzten Heft erläutert wurde, herstellt. Man hat ein Substrat, z.B. auf Glas eine bestimmte Brechzahl n_s , auf dem sich ein Film oder eine Schicht einer höheren Brechzahl n_f befinden muß (Bild 7).



Wie stellt man diese Schicht nun her? Dazu gibt es viele Möglichkeiten. Man kann zum Beispiel die Oberfläche des Glases mit einem geeigneten Material der Brechzahl n_f beschichten (bedampfen o.ä.). Aber man kann auch einen Bereich an der Oberfläche des Glases so behandeln, daß sich die Brechzahl dieser Oberflächenschicht verändert. Eine Methode dazu ist der Ionenaustausch mittels Diffusion, z.B. der sogenannte $\text{Ag}^+ - \text{K}^+ / \text{Na}^+$ -Austausch in Glas.

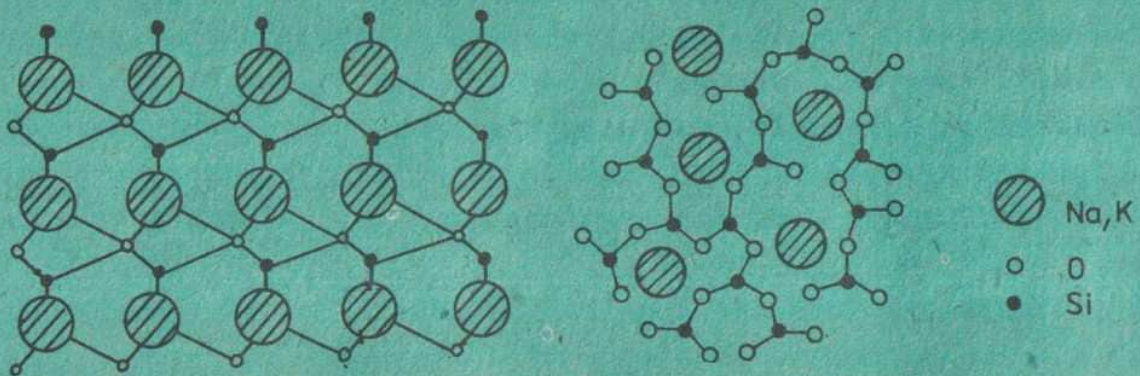
Wen interessiert, wie das physikalisch funktioniert, der kann sich das im Informationskasten 2 durchlesen.

info

Glas kann man sich als ein dreidimensionales Netzwerk vorstellen, so ähnlich wie einen Kristall. Im Kristall haben wir bestimmte Bausteine (Atome, Moleküle und deren Ionen), die in Form einer periodischen Struktur immer wieder auftreten, das Kristallgitter. Im Glas hingegen gibt es zwar auch immer wieder auftretende, fest verbundene Bausteine, Klein-Strukturen, die aber nicht regelmäßig angeordnet sind, sondern relativ ungeordnet, aber fest, miteinander verbunden sind (Bild 8).

Man sagt, im Glas liegt eine Nahordnung, aber keine Fernordnung vor. Im Glas haben wir zum Beispiel Klein-Strukturen, Bausteine aus SiO_4 -Ionen, die überall im Glas als SiO_4 -Tetraeder auftreten (Nahordnung). Die Tetraeder untereinander jedoch sind nicht geordnet, sondern bilden ein ungeordnetes Netzwerk, welches in sich jedoch auch stabil ist. Diese SiO_4 -Tetraeder nennt man deshalb Netzwerkbildner! Nun haben wir im Glas noch andere Ionen, z.B. K^+ und Na^+ (siehe Bild 8b), die sogenannten Netzwerkwandler. Diese sind nicht fest mit dem Netzwerk verbunden, sondern in diesem relativ frei beweglich. Und sie bestimmen im wesentlichen die optischen Eigenschaften des Glases, z.B. die Brechzahl. Das heißt also, wenn man eine Möglichkeit findet, sie gegen andere Ionen, z.B. Ag^+ auszutauschen, erhält man ein Glas mit veränderter, in diesem Falle erhöhter Brechzahl.

Bild 8



a) Kristall (Bsp.)

b) Glas

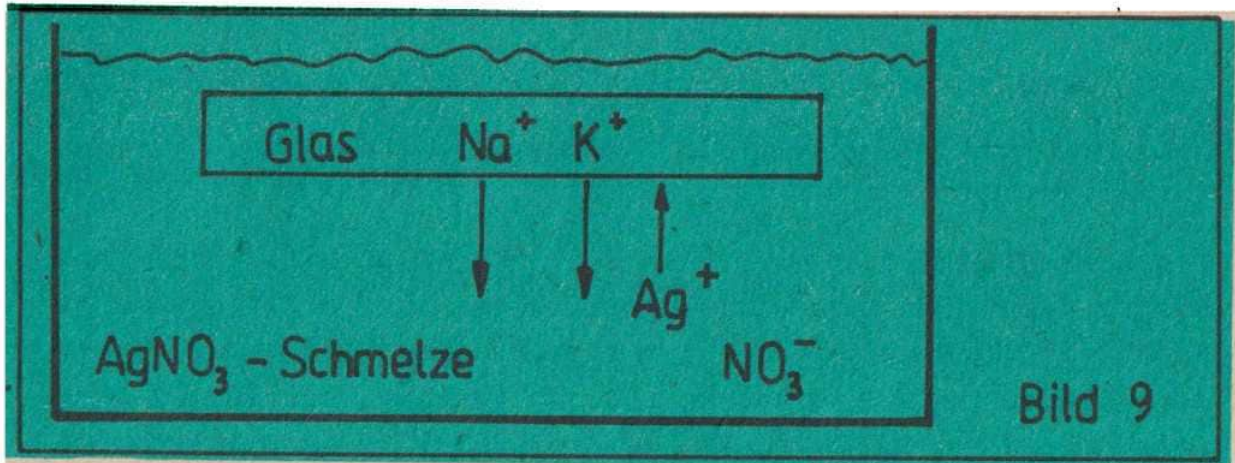
1 Baustein

1 Baustein

Nimmt man nun ein Glassubstrat und führt diesen Austausch nur in einer dünnen Schicht an der Oberfläche des Glases durch, so erhält man ein Glassubstrat mit erhöhter Brechzahl in der oberflächenschicht, also genau das, was man für einen Wellenleiter braucht.

Wie macht man das nun praktisch?

Man bringt ein Glassubstrat in eine Schmelze aus Silbernitrat AgNO_3 (Bild 9), welches dann in Form von Ionen Ag^+ und NO_3^- vorliegt. Auf Grund von Diffusionsprozessen diffundieren K^+ und Na^+ aus dem Glas in die Schmelze und Ag^+ -Ionen aus der Schmelze in die Oberfläche des Glases.



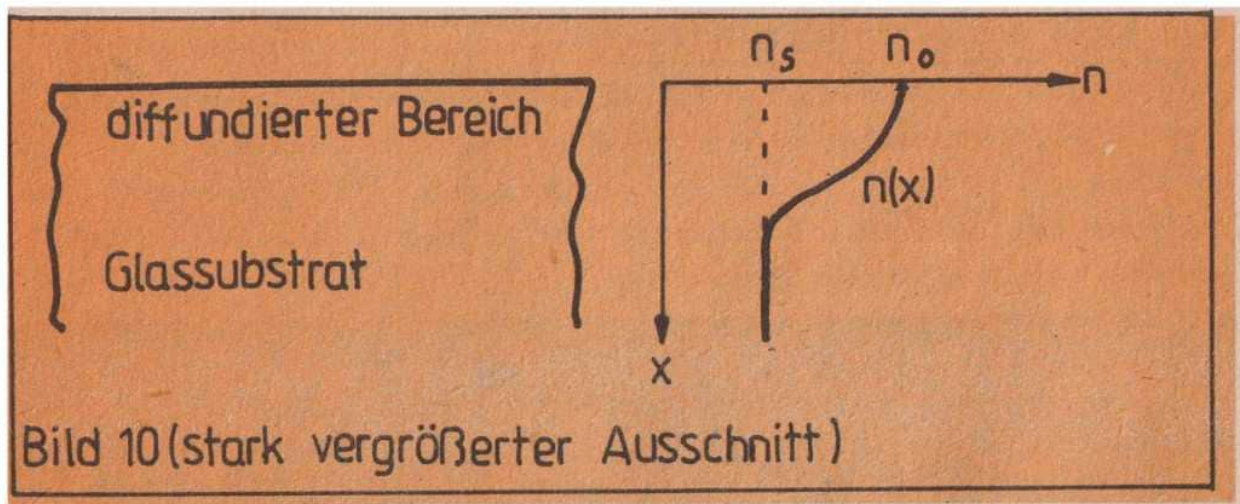
Man tauscht also einen Teil der K^+ und Na^+ -Ionen der Glasoberfläche gegen Ag^+ -Ionen mittels Diffusion aus, weshalb man das Verfahren Ionenaustausch mittels Diffusion aus der Schmelze nennt.

Je nachdem, wieviel K^+ , Na^+ und Ag^+ nun an einer bestimmten Stelle des Glases sind, erhält man eine bestimmte Brechzahl an dieser Stelle. Um so mehr Ag^+ relativ zu K^+ und Na^+ vorhanden ist, desto höher ist die Brechzahl.

Da es sich um einen Diffusionsprozeß handelt, schieben sich die Ag^+ -Ionen natürlich nur langsam in die Tiefe des Glases. Das heißt, an der Oberfläche werden mehr K^+ und Na^+ -Ionen entfernt und durch Ag^+ -Ionen ersetzt als in der Tiefe und dieser Prozeß schiebt sich mit steigender Diffusionszeit langsam in die Tiefe.

Das führt dazu, daß die Brechzahl an der Oberfläche der Probe am höchsten ist (n_0) und in der Tiefe langsam auf die Brechzahl des Substratmaterials abfällt (Bild 10).

Das Ergebnis ist, daß man keine Schicht einer bestimmten Brechzahl n_f sondern einen Bereich mit einem Brechzahlprofil $n(x)$ erhält. Aber auch in so einem Brechzahlprofil findet eine Wellenleitung statt, für viele Anwendungen ist die Herstellung einer bestimmten Form dieses Profils sogar sehr wichtig.



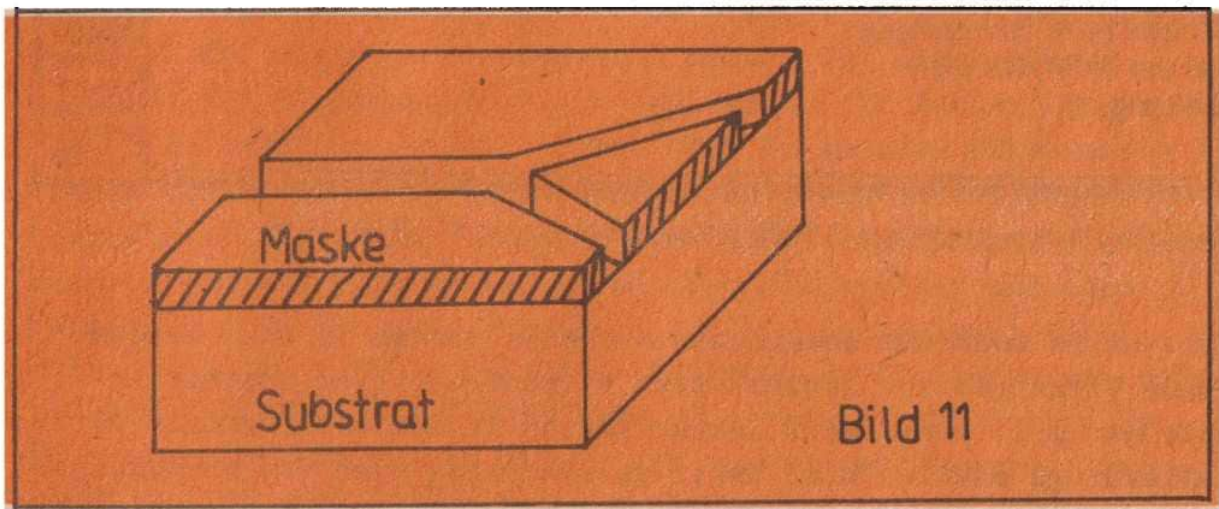
Diese Profilform und die Dicke der Schicht können durch Veränderung der Diffusionsbedingungen (Temperatur, Zeit) sowie durch ein von außen angelegtes elektrisches Feld verändert werden. Die maximale Brechzahl, also n_0 (an der Oberfläche) hängt davon ab, wieviel K^+ und Na^+ maximal durch Ag^+ ersetzt werden kann. Nimmt man z.B. eine Schmelze nicht aus reinem $AgNO_3$, sondern aus einem Gemisch von $AgNO_3$ und $NaNO_3$ oder KNO_3 , so kann natürlich nicht so stark ausgetauscht werden, wie bei reinem $AgNO_3$ (da die Diffusion immer einem Konzentrationsgleichgewicht zustrebt). Man erhält dann eine geringere Oberflächenbrechzahl n_0 und insgesamt ein niedriges Profil $n(x)$.

Schichtwellenleiter können zum Beispiel mittels Ag^+-K^+/Na^+ Ionenaustausch in Glas durch Diffusion aus der Schmelze hergestellt werden, wobei die Brechzahl in einer Schicht an der Oberfläche des Glases verändert wird.

Einen Schichtwellenleiter haben wir also hergestellt, wie stellt man nun aber Y-Verzweiger oder andere Strukturen her?

Genz einfach, indem man vor dem Austausch auf das Glassubstrat eine Maske aufbringt (z.B. aufdampft), die an den Stellen das Glas freilässt, wo die wellenleitende Struktur später sein soll (Bild 11).

Das Material dieser Maske muß man so wählen, daß es selbst nicht in das Glas eindiffundiert und von der Schmelze nicht zerstört wird.



Bringt man die Probe nun in das geschmolzene Salz, findet die Diffusion nur dort statt, wo die Glasoberfläche nicht durch die Maske verdeckt ist.

Die Brechzahl verändert sich also nur in diesen nicht abgedeckten Bereichen. Wir erhalten den Wellenleiter nur dort, wo kein Maskenmaterial war.

Y-Verzweiger und andere Strukturen erhält man durch Abdecken des Glassubstrates mit einer Maske vor der Diffusion, die nur die Bereiche freiläßt, wo Wellenleitung stattfinden soll.

Natürlich gibt es noch viele andere Verfahren zur Herstellung von Wellenleitern und viele andere komplizierte Bauelemente. Und zwar gibt es nicht nur solche hier am Beispiel des Y-Verzweigers erläuterten passiven Bauelemente, die das Licht passiv, d.h. ohne Möglichkeit einer Steuerung von außen beeinflussen.

Mit einem anderen Herstellungsverfahren und einem aktiven Bauelement, mit dem die spezifischen Signale von außen gesteuert beeinflusst werden können, wird sich der nächste Artikel beschäftigen.

bearbeitet: Karsten König, Sektion Physik, FSU Jena

Mit Hilfe moderner chemischer Methoden werden in zunehmendem Maße Wirkungen von Naturstoffen wissenschaftlich untermauert, die man z.T. schon seit Jahrhunderten in der Volksmedizin nutzt. Allerdings stellen sich dabei gelegentlich auch "Nebenwirkungen" heraus, die entweder ganz neue Einsatzgebiete in Aussicht stellen oder aber die weitere pharmakologische Nutzung fraglich erscheinen lassen. So bestätigt sich beim berechtigten Besinnen auf Natürliches oder Naturnahes auch die alte Erfahrung, daß nicht alles Natürliche zugleich unbedenklich ist.

Im folgenden werden verschiedene krebserregende (carcinogene) Verbindungen vorgestellt, die Bestandteil einiger Pflanzensorten sind. Die Aussagen wurden anhand statistischer Untersuchungen an bestimmten Bevölkerungsgruppen gewonnen, die sich z.B. durch spezielle Essgewohnheiten auszeichnen, sowie durch Tierversuche. Die Entstehung von Tumoren am Tier läßt jedoch nicht in jedem Fall Schlußfolgerungen für das Verhalten des menschlichen Organismus zu. Da man jedoch auf Versuche an Tieren angewiesen ist (glücklicherweise), muß von der Möglichkeit der Krebsentstehung beim Menschen durch Aufnahme der im folgenden beschriebenen pflanzlichen Verbindungen gesprochen werden.

Krebserregende Pflanzenalkaloide

Viele Arten vom Kreuzkraut (Gattung Senecio, Familie der Korbblütler) sind nicht nur akut toxisch, sondern auch krebserregend. Bereits 1920 vermutete man, daß die in Südafrika gehäuft auftretenden Leberschäden auf den Genuß von Brot zurückzuführen wären, dessen Mehl mit Senecio-Samen verunreinigt war. In den 50er und 60er Jahren wurde dann nachgewiesen, daß Senecio-Alkaloide Krebse an verschiedenen Organen hervorrufen können.

Alkaloide sind vornehmlich in Pflanzen auftretende basische Naturstoffe, die heterozyklisch eingebaute Stickstoffatome enthalten. Die meisten der ca. 2000 bekannten Alkaloide sind stark toxisch. Beim Kreuzkraut handelt es sich um Pyrrolizin-Alkaloide (Bild 2), die auch in anderen - allerdings nicht allen - Korbblütlern vorkommen (z.B. im Huflattich, im Echten Lungenkraut, im Gemeinen Beinwell sowie auch in anderen Pflanzenfamilien (z.B. Heliotrop (Borretschgewächs) und im Goldregen (Schmetterlingsblütler)). Wesentliches Strukturmerkmal für die krebserzeugende Wirkung ist eine 1,2-Doppelbindung und eine Veresterung der Hydroxymethylgruppe (Allylesterstruktur). Soweit man heute weiß, spielen Alkylierungsmechanismen bei der Krebsentstehung durch Chemikalien eine wesentliche Rolle. Pyrrolizin-Alkaloide wirken jedoch nur schwach alkylierend. Daher nimmt man an, daß in der Leber zunächst die aktiveren Pyrrolverbindungen entstehen, die dann in bifunktionell alkylierende Verbindungen umgewandelt werden (Bild 1). Die akute lebertoxische sowie die mutagene und carcinogene Wirkung der Pyrrolizin-Alkaloide ist schon länger bekannt. 1950 wurde nachgewiesen, daß Kreuzkrautextrakte bei der Ratte Tumoren erzeugen können, und seit 1975 weiß man aus Experimenten mit dem Darmbakterium *Escherichia coli* und mit Lebermikrosomen, daß diese Alkaloide die DNA angreifen. Daraus erklärt sich die mutagene und carcinogene Wirkung. Vermutlich ist speziell das Senecionin für die Lebercarcinogene Wirkung des Fuchsschen Kreuzkrautes verantwortlich. Dennoch werden Tee-Zubereitungen und Extrakte dieser Droge in einigen Ländern noch zur Behandlung von Diabetes und gynäkologischen Blutungen verwendet.

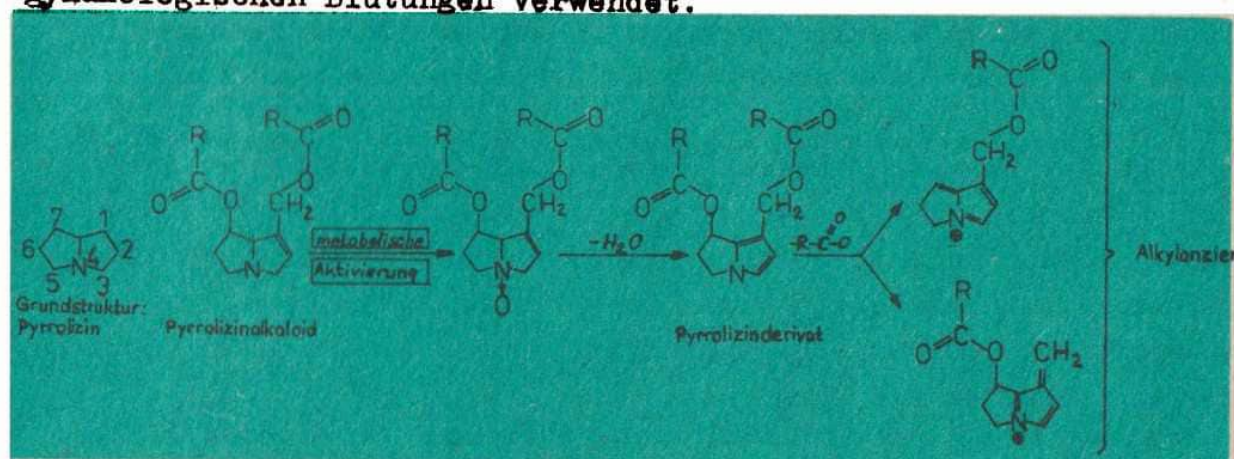


Bild 1: In einigen Korbblütengewächsen kommen Pyrrolizin-Alkaloide vor. Im Stoffwechsel der Säuger werden sie in Alkylanzien umgewandelt, die bei der Krebsentstehung eine Rolle spielen dürften.

In Südostasien ist das Betelkauen als Stimulans weit verbreitet. Dabei werden Betelnüsse (die Früchte der Betelpalme *Area catechu*) zusammen mit den Blättern des Betelpfeffers, gebranntem Kalk und oft auch Tabakblättern gekaut. Da Betelkauer relativ häufig an Krebs der Mundhöhle erkranken, hat man die Wirkung von Arecasamen-Extrakten an Hamstern geprüft. Sie erzeugten Tumoren an der Backentasche. Der Zusatz von Tabak-Extrakten begünstigte diesen Effekt. Vermutlich geht die carcinogene Wirkung von dem Hauptalkaloid Arecolin aus.

Amerikanische und indische Argemone-Arten, aber auch mitteleuropäische Mohngewächse - wie Schöllkraut, Lerchensporn und einige Mohn-Arten - enthalten das Alkaloid Sanguinarin, das ebenfalls krebserregend wirkt. Schöllkrautwurzeln werden z.T. noch als Leber-, Gallen- und Schmerzmittel sowie von der Volksmedizin gegen Warzen verwendet, und in Indien fand man trotz Verbots mehrfach Zusätze von Argemone-Öl im Speiseöl.

Krebserregende Pflanzen-Glycoside

Hahnenfußgewächse, wie Hahnenfuß, Windröschen, Küchenschelle, Leberblümchen, Waldrebe, Nieswurz und Mäuseschwänzchen enthalten einen Diether, aus dem durch pflanzeneigene Enzyme das Protoanemonin freigesetzt wird - ein fünfgliedriges cyclisches Lacton. Lactone sind Ester von Säuren, bei denen anstelle von Wasserstoffatomen Hydroxylgruppen -OH vorhanden sind.

Nahe verwandt mit dieser Verbindung ist die Parasorbinsäure - ein sechsgliedriges cyclisches Lacton, das aus der Vogelbeere oder Eberesche (*Sorbus aucuparia*) isoliert wurde (Bild 2). Im Tierversuch erwiesen sich sowohl Protoanemonin als auch Parasorbinsäure als krebserregend. Hierfür dürfte im wesentlichen eine endo- oder exocyclische Doppelbindung verantwortlich sein.

Einige der Hahnenfußgewächse wurden früher vom Menschen genutzt. Die Küchenschelle z.B. verwendete man wegen der Schärfe ihres Geschmacks häufig als Gewürz. Den Saft der aufrechten Waldrebe nutzte die Volksmedizin gegen Durchblutungsstörungen; die Homöopathie verwendet ihn gegen Lymphknotenschwellung, juckende Hautkrankheiten und Gonorrhoe.

In einer Reihe von Kreuzblütlern, aber auch in anderen Pflanzenfamilien, kommen Glucosinolate vor (früher als Senfölglycoside bezeichnet). Zerstört man den Zellverband, so werden die Aglycone durch pflanzeneigene Enzyme freigesetzt. Durch weite-

re chemische Umwandlung entsteht bei Raps- und Kohlerten auf diese Weise Progoitrin, das zum Goitrin cyclisiert (Bild 3). Diese Verbindungen haben nicht nur chronische Wirkungen - z.B. auf die Schilddrüsenfunktion; man vermutet auch, daß sie Krebs erzeugen können.

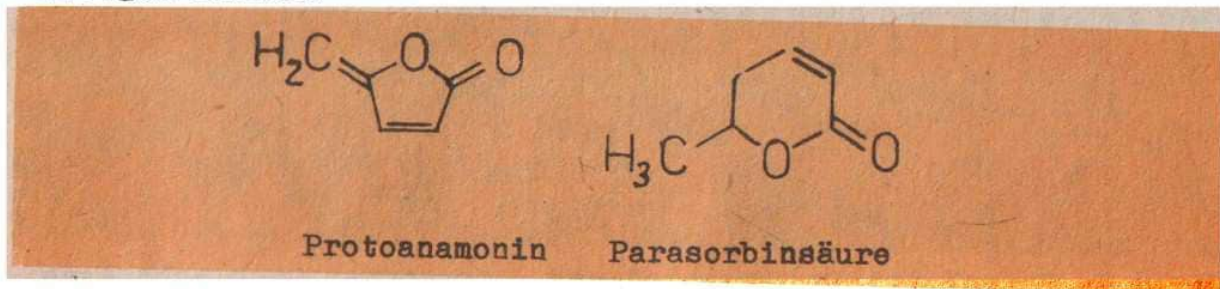


Bild 2: Viele Hahnenfußgewächse enthalten einen Diether, aus dem Protoanemonin freigesetzt wird. Im Tierversuch erwiesen sich diese Stoffe ebenso wie die chemisch verwandte Parasorbinsäure als krebserregend.

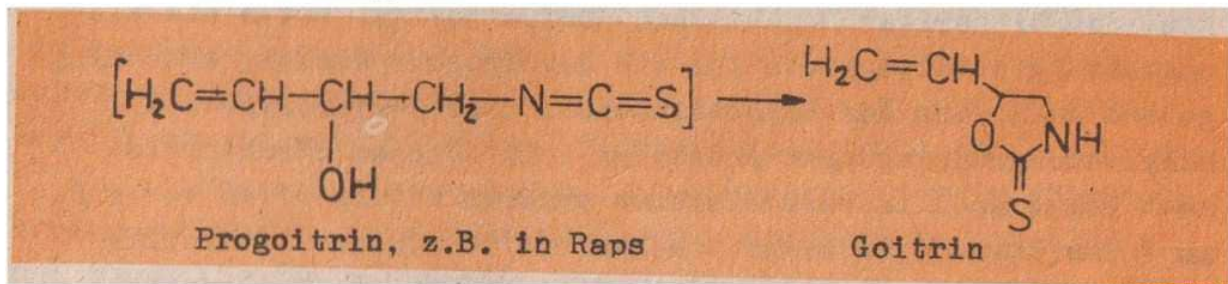


Bild 3: Einige Kreuzblütengewächse und andere Pflanzen enthalten Glucosinolate, die bei Zerstörung der Zellen über mehrere Schritte in cyclische Verbindungen umgewandelt werden, die wahrscheinlich Krebs erzeugen können. Beim Raps z.B. entsteht Progoitrin, das zum Goitrin cyclisiert.

Pflanzliche Phenylpropanstrukturen als Krebserreger

In der kosmetischen und in der Lebensmittelindustrie wird relativ häufig Safrol verwendet. Dieser Stoff ist Bestandteil verschiedener Ätherischer Öle (z.B. Zimt-, Sternanis-, Campher-, und Sassafrasöl) aus Lorbeer-, Pfeffer-, Muskatnuß- und Sternanisgewächsen. Isosafrol ist u.a. in einigen Reutengewächsen enthalten. Bei Rattenexperimenten fand man in den 50er bis 70er Jahren, daß Safrol Leberkrebs und Isosafrol Speiseröhrenkrebs erzeugen kann. Es zeigte sich auch, daß diese Stoffe wiederum nicht selbst krebserregend sind, sondern daß die Carcinogene erst im Stoffwechsel gebildet werden (Bild 4). Beim Menschen verläuft aber die Metabolisierung vermutlich anders

als bei der Ratte, so daß das Krebsrisiko beim Menschen nicht erwiesen ist.

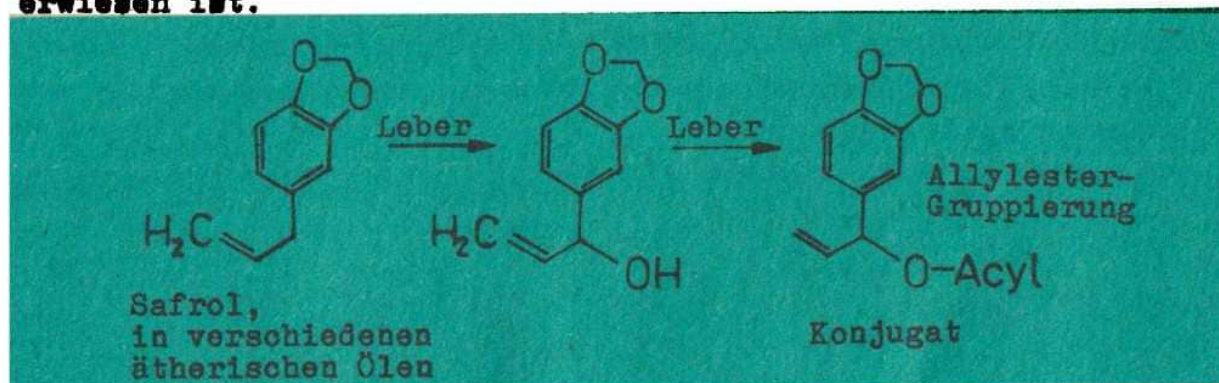


Bild 4: Safrol ist in verschiedenen ätherischen Ölen enthalten und wird in der kosmetischen und Lebensmittelindustrie häufig verwendet. Bei Ratten ist die Substanz krebserzeugend. Für den Menschen scheint das nicht zuzutreffen.

Nach den bisherigen Ergebnissen dürfte bei der Ratte die 2,3-ungesättigte Seitenkette für die carcinogene Wirkung ausschlaggebend sein, aus der im Stoffwechsel über 1-Hydroxysafrol Allylestergruppierungen entstehen. Ein solches Strukturelement kommt auch in verschiedenen anderen Naturstoffen vor, z.B. im Basilikumöl, im französischen und deutschen Petersilienöl. Über eine carcinogene Wirkung dieser Stoffe ist jedoch nichts bekannt.

Der Trimethoxyzimaldehyd als Inhaltsstoff einiger Nutzhölzer soll dafür verantwortlich sein, daß bei Holzerbeitern relativ häufig Nasenkrebs auftritt.

Mit Kalmus, dem Rhizom von *Acorus calamus*, werden hauptsächlich funktionelle Verdauungsstörungen behandelt; in den USA wurde seine Verwendung 1974 verboten, nachdem man bei der Ratte die krebserzeugende Wirkung im Kalmus enthaltenen Phenylpropanderivats Isoasarons nachgewiesen hatte. Später stellte sich allerdings heraus, daß manche Kalmus-Varietäten kein oder fast kein Isoasaron enthalten. Diese kann man ohne Bedenken therapeutisch verwenden, zumal sehr wahrscheinlich im Stoffwechsel des Menschen - im Unterschied zur Ratte - aus dem Isoasarons kein carcinogener Metabolit gebildet wird (vgl. Bild 4). In einigen Korbblütengewächsen kommen Pyrrolizin-Alkaloide vor. Im Stoffwechsel der Säuger werden sie in Alkylanzien umgewandelt, die bei der Krebsentstehung eine Rolle spielen dürften.

Derivate des Cumarins sind im Pflanzenbereich weit verbreitet. Einige von ihnen können bei gleichzeitigem Einwirken von UV-Licht mutagen wirken. Deshalb dürfen z.B. keine Waldmeister-Erzeugnisse mehr gehandelt werden. Solche und andere toxische Effekte sind vor allem von den Furocumarinen bekannt, die bei Dolden- und Rautengewächsen vorkommen. Auch eine carcinogene Wirkung ist nicht auszuschließen (Wirkung noch umstritten). Eins der wirksamsten Furocumarin-Derivate ist das 8-Methoxypsoralen (8-MoP) oder Xanthotoxin (z.B. aus der Knorpelmöhre und Bärenklauarten.) Es kann auch ohne Beteiligung von UV-Licht (z.B. in Bakterien) mutagene Effekte hervorrufen. Die Aufnahme solcher Stoffe über den Magen-Darm-Trakt scheint jedoch weniger gefährlich zu sein als ihre lokale Applikation. Bei der Maus konnten nur bei lokaler Anwendung und zusätzlicher UV-Bestrahlung Tumoren erzeugt werden.

Cumarinhaltige Pflanzen werden für sehr verschiedenartige Arzneimitteln Zubereitungen und Tees genutzt - so die Wurzeln von Engelwurz und von Bibernelle sowie Wiesenbärenklaus und Haarstrang. Angelikawurzel wird auch zur Likörbereitung sowie als Zusatz zu Tabak und Schnupftabak verwendet. Bergamotteöl ist im Kölnischwasser enthalten, wird aber auch zum Aromatisieren von Likören und schwarzem Tee verwendet. Die Pastinake wird in einigen Gegenden als Gemüse verzehrt.

Außer den genannten sind noch andere Gruppen pflanzlicher Stoffe in den Verdacht geraten, mutagen und/oder carcinogen zu wirken. Zu ihnen gehören die Tannine (Glucose-Gallussäure-Ester), die in zahlreichen Pflanzen vorkommen und zu den carcinogenen Komponenten des Adlerfarns gehören dürften, sowie auch die Bestandteile der Baldrianwurzel.

Cocarcinogene Pflanzenstoffe

Heute nimmt man an, daß es Faktoren gibt, die zwar nicht unmittelbar Krebs verursachen, die aber die genetische Information dahingehend verändern, daß die Zelle eine Disposition für eine Krebserkrankung erhält. Trifft ein Cocarcinogen auf eine solche vorgeschädigte Zelle, dann beginnt das Tumorstadium. Da nach verbreiteter Ansicht die meisten Menschen solche vorgeschädigten Zellen in sich tragen, gelten Cocarcinogene als ebenso gefährlich wie Carcinogene.

Hinsichtlich ihrer Beteiligung an der Krebsentstehung wurden die Wolfsmilchgewächse (Euphorbiaceae) besonders intensiv untersucht. Zu dieser umfangreichen Familie (ca. 300 Gattungen) gehören so bekannte Pflanzen wie der Maniok, der Ricinusbaum und die Arten der Gattung Hevea, aus denen der Naturkautschuk gewonnen wird. Die Inhaltsstoffe der Wolfsmilchgewächse sind sehr vielfältig. Die Krebsforschung interessierte sich hauptsächlich für Diterpene, die in Euphorbia- und Croton-Arten vorkommen. Die Diterpene gliedern sich in drei Gruppen: die Tigliane, die Daphnane und die Ingenane (Bild 5).

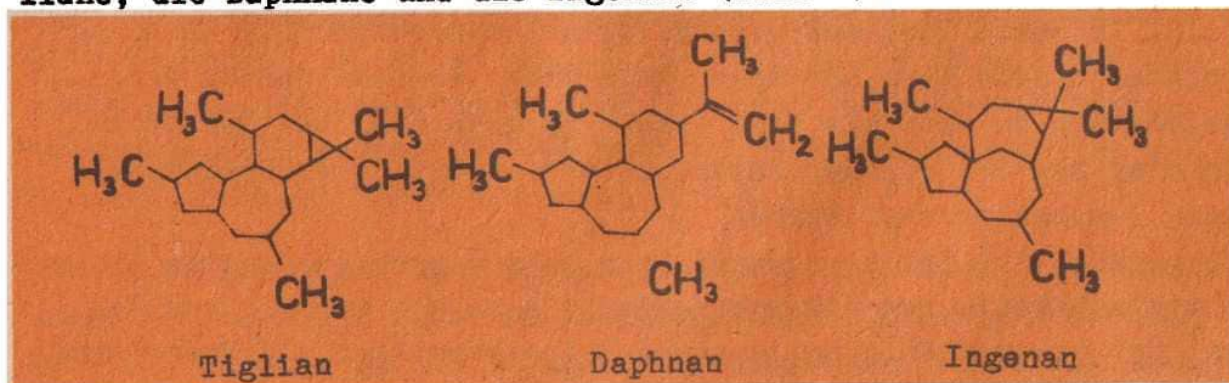


Bild 5: In Wolfsmilchgewächsen kommen Diterpene vor, die cocarcinogen wirken. Das gilt vor allem für die Tigliane, Daphnane und die Ingenane.

Adam Lonitzer beschrieb in seinem Kräuterbuch von 1582 (Frankfurt) *Euphorbia resinifera* als Mittel gegen Schorf und Warzen sowie (je nach Verdünnung) als mehr oder weniger drastisch wirkendes Abführmittel, will aber "die Leute auch im treuen gewarnt haben", Euphorbien ohne ärztlichen Rat anzuwenden. Die Eingeborenen einiger südafrikanischer Gebiete umgeben ihre Siedlungen mit Hecken von *Euphorbia tirucalli*. Angreifer werden mit dem stark reizenden Saft dieses sog. Bleistiftbaumes bespritzt, weil seine dünnen Triebe leicht abbrechen.

Als man 1941 an Mäusen mit verschiedenen carcinogenen Substanzen experimentierte, um die subcarcinogene Einzeldosis zu finden (die Grenzdosis, die noch keinen Krebs verursacht), entdeckte man zufällig die cocarcinogene Wirkung des Croton-Öls. Man ging nämlich seinerzeit von der Hypothese aus, einem Krebs müsse stets ein entzündlicher Prozeß vorausgehen, und man wußte, daß das Samenöl von *Croton tiglium* Entzündungen verursacht.

Später wurden verschiedenste Wolfsmilchgewächse untersucht - vor allem solche, die als Viehfutter oder zur Nahrungs- und Arzneimitteldzubereitung genutzt wurden. Man fand weitere cocarcinogene Pflanzen und auch solche, die keine derartige Wirkung hatten. Der bei den Bewohnern der Karibikinsel Curacao gehäuft auftretende Speiseröhrenkrebs dürfte durch die Teebereitung aus *Croton flavens* verursacht sein, dessen Inhaltsstoffe hochaktive Cocarcinogene sind. So fand man in den Samen der Springwolfsmilch die häufig zur Bekämpfung von Wühlmäusen angepflanzt wird, cocarcinogene Ingenolester. Seidelbastarten enthalten cocarcinogene Verbindungen mit dem Daphnangerüst - der mitteleuropäische Seidelbast z.B. das stark reizende Mecerein. Die Perser nutzten Seidelbast gegen Wassersucht, die hippokratische Medizin kannte ihn als Abführmittel. Heute verwenden die Volksmedizin wie auch die Homöopathie die kurz vor der Blüte gesammelte Rinde des Seidelbastes gegen Entzündungen (der Haut, Augen, Ohren, Atmungs-, Verdauungs- und Harnorgane), Grippe, Rheuma und Gicht. Dennoch wirkt Seidelbast auch akut sehr toxisch; 30 % aller Vergiftungen enden tödlich.

Derzeit untersucht man bestimmte Herkünfte von Bienenhonig, da südafrikanischer und südamerikanischer Honig zu beträchtlichen Teilen aus Wolfsmilchgewächsen stammen dürfte.

Die Haltung von Zierpflanzen aus der Familie der Wolfsmilchgewächse ist ungefährlich. Allerdings sollte man intensiven Hautkontakt mit dem Milchsaft dieser Gewächse meiden und darauf achten, daß Kinder keine Pflanzenteile in den Mund nehmen (was übrigens für alle Pflanzen gilt).

Krebstherapie mit carcinogenen und anderen Naturstoffen

Obwohl es paradox erscheint, hat sich erwiesen, daß manche Carcinogene und Cocarcinogene auch zur Krebstherapie genutzt werden können. Schon in den dreißiger Jahren hatte man bemerkt, daß man durch Strahlung einerseits Tumoren erzeugen, andererseits aber auch bekämpfen kann ("Haddow-Paradoxon"). Ähnliches fand man später auch für chemische Carcinogene.

Bei einem Phorbolester aus Crotonöl und einem Ingenolester aus *Euphorbia esula* fand man z.B. antileukämische Aktivität. Und in der Volksmedizin aller Kontinente werden die Diterpene der Wolfsmilchgewächse seit langem gegen bestimmte Krebse und Warzen verwendet.

In den vergangenen Jahren wurden auch synthetische, nicht co-carcinogene Phorbolderivate ebenso wie verschiedenste Naturstoffe auf eine evtl. Antikrebswirkung getestet. Beispielsweise wird den Pflanzenstoffen Coffein und Theophyllin wie auch dem Cumarin, den α -Angelicalacton und verschiedenen Indolderivaten aus Kreuzblütlern eine tumorhemmende Wirkung zugeschrieben. Gültige Beweise hierfür stehen aber noch aus.

Das Colchicin, das Gift der Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*) hat eine zellteilungshemmende Wirkung. Die Alkaloide des tropischen Immergrün (*Catharanthus roseus*) sind wirksam gegen einige Leukämieformen, gegen Mammacarcinome, kleinzellige Bronchialcarcinome u.a. Auch einige Pilze wirkten im Tierversuch krebshemmend, z.B. der in Japan kultivierte Shitake (*Lentinus edodes*).

Aus dem Tierbereich ist ebenfalls ein krebshemmendes Gift bekannt, und zwar das Holothurin der Seegurke.

Furocumarine, die in der Wurzel von *Angelica officinalis*, *Heraclium sphondylium* u.a. enthalten sind, werden zusammen mit UV-Strahlung gegen bösartige Hautveränderungen eingesetzt. So wird in Verbindung mit dem langwelligen Anteil der UV-Strahlung (UV A) zur Behandlung der Schuppenflechte (Psoriasis) 8-MoP verwendet. Man spricht hier von der sogenannten PUVA-Therapie (Psoralen + UV A). Aber auch eine Reihe von Porphyrinen, die z.B. aus Chlorophyll gewonnen werden können, werden in der Tumorphototherapie eingesetzt. Hierbei erfolgt eine Aktivierung dieser sich an tumorösem Gewebe anlagernden, sogenannten Photosensibilisatoren und eine nachfolgende Auslösung cytotoxischer Reaktionen. Infolge hoher Gewebetransmission sollte die Bestrahlung bevorzugt im roten Spektralbereich erfolgen. Mit der Entwicklung der Laser- und Lichtleittechnik eröffnen sich hierbei neue Möglichkeiten der Photochemotherapie.

Bisher werden bereits etwa vierzehn Naturstoffe beim Menschen gegen bestimmte Krebsformen eingesetzt; acht weitere befinden sich in der vorklinischen und klinischen Prüfung. Sicherlich wird sich im Ergebnis weiterer Forschungen zeigen, daß noch viele weitere Naturstoffe therapeutisch verwendbar sind - auch gegen Krebs. Falsche Hoffnungen auf ein universelles Krebsheilmittel sollte man aber damit nicht verbinden.

Die Königliche Schwedische Akademie der Wissenschaften gab am 16.10.1985 bekannt, daß der Nobelpreis für Physik 1985 an Professor Klaus von Klitzing vom Max-Planck-Institut für Festkörperforschung der BRD für die Entdeckung des quantisierten Halleffektes verliehen wird.

Wir wollen versuchen uns vorzustellen, was man darunter zu verstehen hat. Dazu ist es zuerst nötig, sich mit dem "klassischen" Halleffekt bekannt zu machen.

Ein elektrischer Strom längs einer leitenden Platte ist mit einer Spannung U_L längs dieser Platte verknüpft. (Bild 1). Quer zur Stromrichtung ist keine Spannung vorhanden. Sobald diese Platte jedoch in ein senkrecht zum Stromfluß stehendes Magnetfeld gebracht wird, entsteht eine zusätzliche Spannung. Dies ist die sogenannte Hall-Spannung, die nach ihrem Entdecker, dem englischen Physiker Edwin Hall, so benannt wurde.

Für diese Spannung ist charakteristisch, daß sie ihrerseits senkrecht zum Strom I und zum Magnetfeld B steht. Im Magnetfeld wirkt nämlich auf die elektrischen Ladungsträger die Lorentzkraft. Diese Ablenkung der Elektronen im Magnetfeld führt dazu, daß sich die Ladungen an den Seiten der Platte ansammeln. Hierdurch entsteht das elektrische Querfeld, das die Elektronen wieder auf ihre unabgelenkten Bahnen zwingt.

Im Experiment mißt man den Strom I und das Magnetfeld B . Die Hall-Spannung beträgt dann $U_H = R_H \cdot B \cdot j \cdot w$. (1)

Dabei ist $j = I/(w \cdot d)$ die Stromdichte und $R_H = 1/(ze \cdot n)$ die Hall-Konstante. Mit dem Halleffekt kann man also experimentell die Ladungsträgerkonzentration n und das Vorzeichen der Ladungen exakt bestimmen. Der Halleffekt ist heute aus der Meßtechnik der Mikroelektronik nicht mehr wegzudenken.

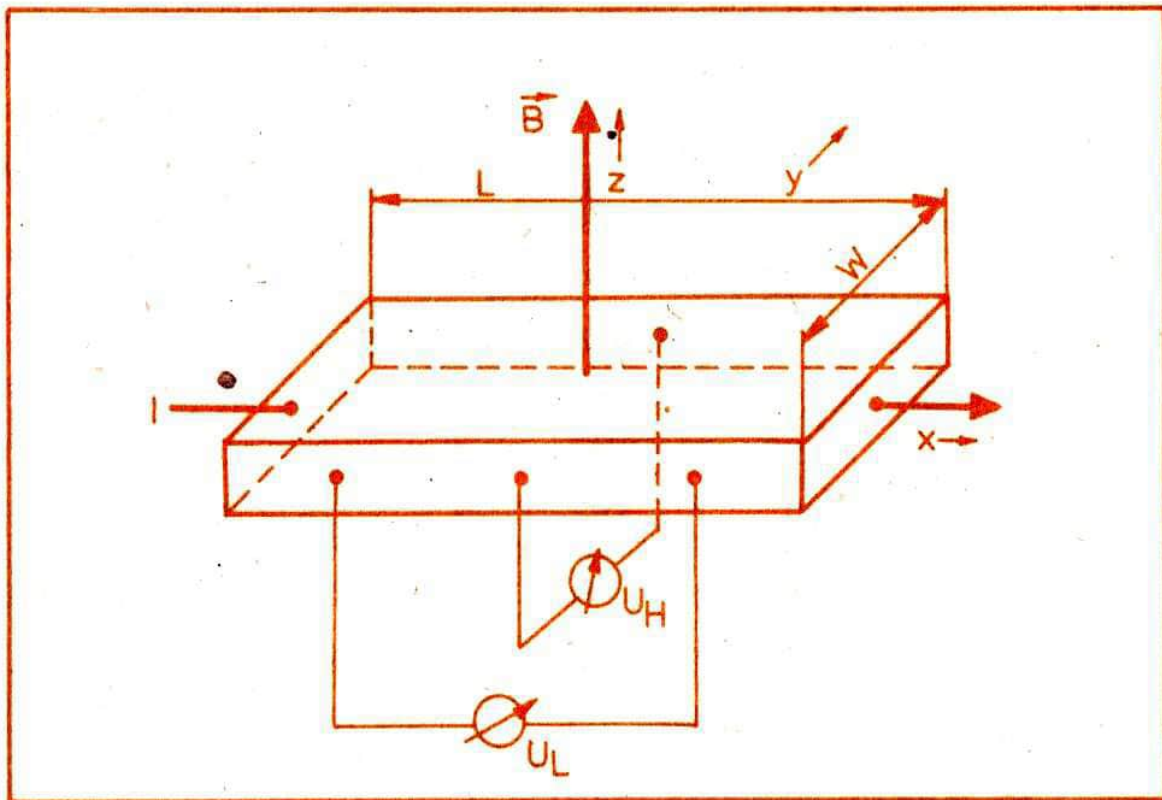


Bild 1: Klassischer Hall-Effekt

Die Quotienten U_H/I und U_L/I ergeben Hall- und Probenwiderstand.

Nun können wir den quantisierten Halleffekt näher betrachten. Er wurde an einem Silizium-Feldeffekt-Transistor (Si-MOSFET) entdeckt. An solchen Bauelementen treten praktisch zweidimensionale Elektronenschichten auf. Klaus von Klitzing fand nun, daß der (zweidimensionale) Hall-Widerstand ρ_{xy} in starken Magnetfeldern und bei tiefen Temperaturen stufenförmig in einer Folge von Plateaus nach der Formel

$$\rho_{xy} = \frac{1}{i} \cdot \frac{h}{e^2} \quad (2)$$

ansteigt. Dabei bedeuten $i=1,2,3,\dots$ der Stufenindex, h das Plancksche Wirkungsquantum und e die Elementarladung.

Der Wert h/e^2 läßt sich mit Hilfe dieses Effektes genau ermitteln.

Der japanische Physiker Tsuneya Ando errechnete vorher, daß der Kehrwert des Hallwiderstandes Werte annehmen kann, die ganzzahlige Vielfache von e^2/h sind; es war jedoch nicht zu vermuten, daß diese Werte besonders genau sind. Die erreichbare hohe Genauigkeit der Messung von h/e^2 ermöglicht jetzt einen Standard für den elektrischen Widerstand, der nur noch von Naturkonstanten sowie der Genauigkeit der Meßapparatur abhängt.

Noch weitreichender ist die Tatsache, daß mit Hilfe des Quanten-Halleffektes eine neue Möglichkeit gegeben ist, die Sommerfeldsche Feinstrukturkonstante $\alpha = 1/137$ zu bestimmen, die ein Maß für die Kopplung zwischen Elementarteilchen und elektromagnetischem Feld ist. (Es gilt $\alpha^{-1} = (h/e^2) \cdot (\mu_0 \cdot c/2)$, wobei μ_0 die Induktionskonstante des magnetischen Feldes und c die Vakuumlichtgeschwindigkeit sind.) α ist eine sehr wichtige Größe in der Spektroskopie. Der Quanten-Halleffekt wird heute an vielen Schichtstrukturen untersucht. Bild 2 zeigt die Stufenfolge von Hall-Plateaus und die Abhängigkeit des Schichtwiderstandes vom Magnetfeld. Auffällig ist, daß der Schichtwiderstand im Bereich der Hall-Plateaus gegen Null geht. Woher rührt nun dieses merkwürdige Verhalten des Hall-Widerstandes bei tiefen Temperaturen und starken Magnetfeldern?

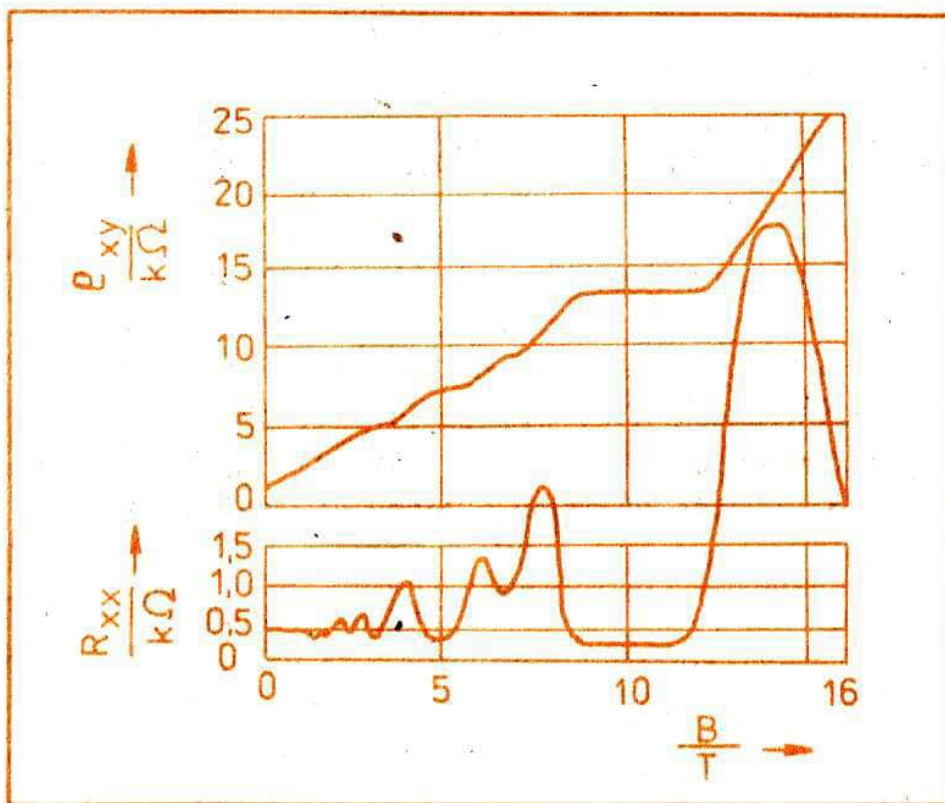


Bild 2: QHE an einer Halbleiterheterostruktur, $T = 1,3 \text{ K}$, Plateaus mit $i = 2, 3, 4, 5, 6$; R_{xx} -Probenwiderstand

Dazu müssen wir uns vorher noch einige für das Verständnis wichtige Begriffe klar machen.

Um das Verhalten der Elektronen zu verstehen, benötigen wir Kenntnisse über das sogenannte Bändermodell. In diesem Zusammenhang wird uns der wichtige Begriff der Fermi-Energie beschäftigen. Bei weit voneinander entfernten, getrennten Atomen wissen wir, daß sich ihre Elektronen in einer Folge scharf voneinander getrennter Energieniveaus aufhalten. Diese Energieniveaus werden beim Annähern vieler Atome zum Festkörper durch Austauschwechselwirkung zunehmend in so viele Unterniveaus aufgespalten, wie Atome im Kristallgitter miteinander in Wechselwirkung treten (vgl. Bild 3). Klassisch kann man sich diese Erscheinung folgendermaßen veranschaulichen: Wenn zwei Pendel gleicher Frequenz

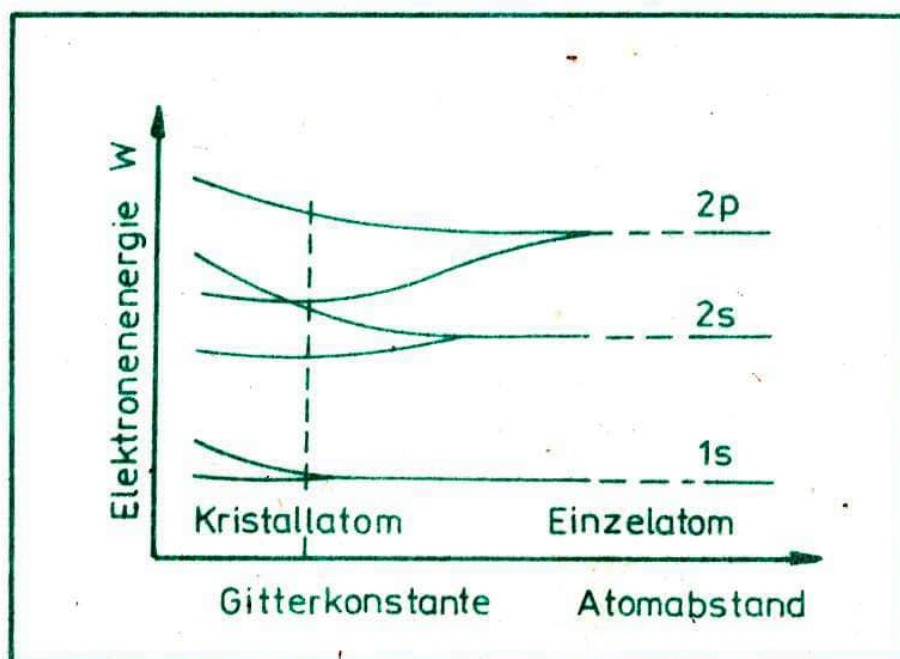


Bild 3: Aufspaltung der diskreten Energieniveaus isolierter Atome zu quasikontinuierlichen Energiebändern in Festkörpern.

gekoppelt werden, so weist das entstandene System zwei Pendelfrequenzen auf, eine aus gleichsinniger Schwingung der Pendel resultierend und eine aus gegensinniger Schwingung. Bei Kopplung von N Pendeln wird analog dieselbe Frequenz in N Frequenzen aufgespalten. Die zu den aufgespaltenen Energieniveaus gehörigen Energiewerte gelten an jedem Ort des Festkörpers. Da

die Zahl der Atome im Festkörper sehr groß ist, spalten die diskreten Energieniveaus der isolierten Atome in eine entsprechend große Zahl eng beieinander liegender Einzelterme auf und bilden so quasikontinuierliche Energiebänder (vgl. Bild 4).



Bild 4: Zum Bändermodell

Die Breite der entstehenden Bänder hängt von der Lage der Niveaus in der Atomhülle ab. Die Entstehung der Energiebänder folgt auch aus dem Pauli-Prinzip, welches besagt, daß die Energiezustände aller Atome des Kristalls sich irgendwie unterscheiden müssen. Befinden sich also im Kristall N Atome, so gibt es in jedem Energieband N Einzelterme, von denen jeder maximal von zwei Elektronen mit entgegengesetzt gerichtetem Spin (Eigendrehimpuls) besetzt werden kann. Hieraus resultieren ungewöhnliche Eigenschaften für das Elektronengas. Während bei einem normalen Gas die Energie aller Teilchen am absoluten Nullpunkt der Temperatur gleich Null ist, können im Elektronengas den Energiewert Null höchstens zwei Elektronen einnehmen. Allen übrigen Elektronen werden innerhalb des gegebenen Energiebandes durch das Pauli-Prinzip Plätze höherer Energie zugewiesen. Die kinetische Energie, welche die freien Elektronen am absoluten Nullpunkt maximal einnehmen können, bezeichnet man als Nullpunkts- oder Fermi-Energie. Bild 5 zeigt die energetische Verteilung

der Elektronen gemäß der für sie auf Grund des Pauli-Prinzips gültigen sogenannten Fermi-Dirac-Verteilung.

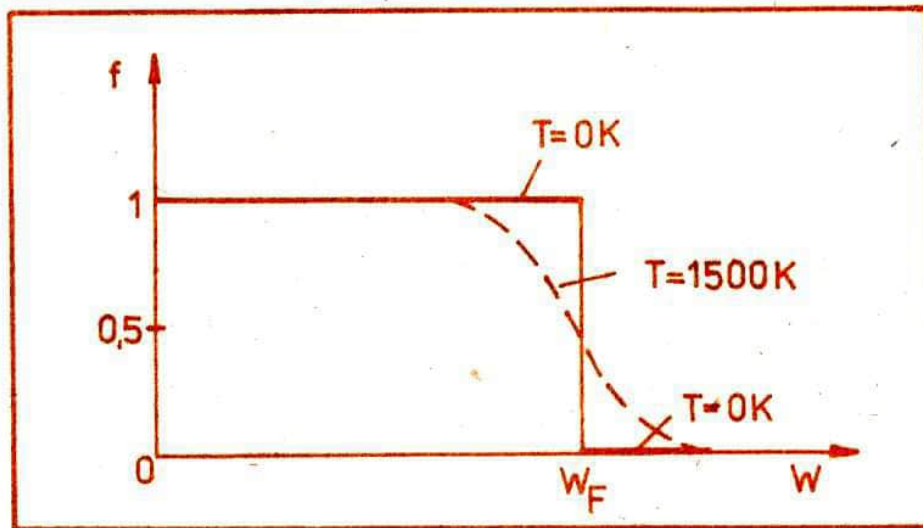


Bild 5: Fermi-Dirac-Verteilung

Nach den Besetzungsverhältnissen der Energiebänder unterteilt man die Festkörper in Metalle, Halbleiter und Isolatoren. Ein vollständig besetztes Band kann zur Stromleitung nicht beitragen, da jedes im elektrischen Feld beschleunigte Elektron ein höheres, aber schon besetztes Energieniveau einnehmen müsste, was aber auf Grund des Pauli-Prinzips verboten ist.

Das höchste Energieband, welches selbst bei tiefen Temperaturen vollständig gefüllt ist, wird Valenzband genannt. Das darauf folgende, nur teilweise gefüllte oder leere Band, heißt Leitungsband. Die Lücken zwischen den Bändern sind für Elektronen "verboten".

Ist das höchste besetzte Band nur teilweise gefüllt oder wird es von einem darüberliegenden leeren Band überlappt, so können die Elektronen ohne weiteres beschleunigt werden, d.h. höhere Plätze im Band einnehmen. Es liegt ein Metall vor. Folgt auf das letzte gefüllte Band erst nach einer Lücke ein leeres, so können die Elektronen diese Lücke nur überwinden, wenn ihnen Energie in Form von Wärme oder Licht zugeführt wird. Bei genügend schmaler Energielücke spricht man von einem Halbleiter, bei sehr großer Energielücke von einem Isolator.

Nach dieser Abschweifung kehren wir zu unserem eigentlichen Thema, dem Quanten-Halleffekt zurück. Wie bereits erwähnt, wurde er an einem Si-MOSFET mit einem zweidimensionalen Elektronengas entdeckt. Was ist darunter zu verstehen?

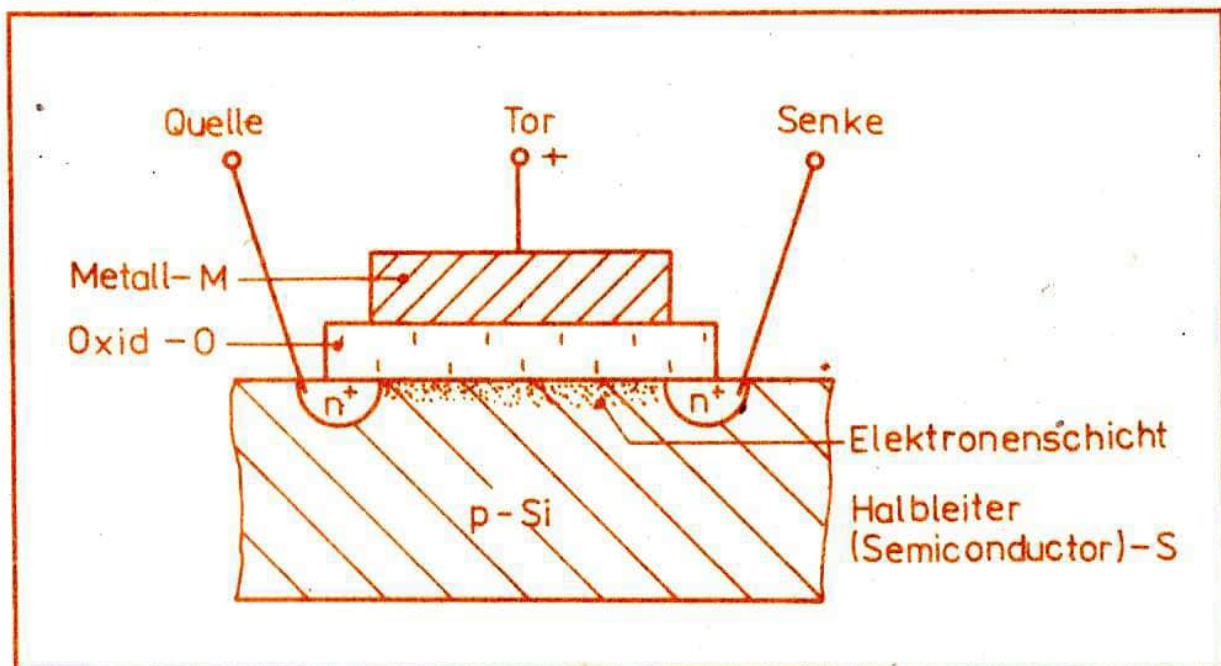


Bild 6: Si-M(etall)-Q(xid)-S(emiconductor)-E(ield)-E(ffect)-I(ransistor) auf p-Si

Im Bild 6 ist ein MOSFET dargestellt. In der Scheibe (p-Si: Löcherleitung) eines solchen MOSFETs befinden sich an der Oberfläche zwei Bereiche mit metallischer Leitfähigkeit (Quelle und Senke). Die Oberfläche wird oxidiert und darauf eine metallische Platte aufgebracht, die diese Bereiche teilweise überdeckt (Tor). Wenn Quelle, Senke und Tor mit Kontakten versehen werden, kann das Schaltelement arbeiten. Eine positive Spannung an der Feldplatte verdrängt die Löcher aus der Silizium-Oberfläche und zieht Elektronen heran. Diese Elektronen bilden jetzt eine nahezu zweidimensionale Schicht der Dicke ≈ 3 nm. Gegenüber Länge und Breite kann diese Dicke fast vernachlässigt werden. Nun haben wir alle Voraussetzungen gesammelt, um uns der Erklärung des Quanten-Halleffektes zuwenden zu können.

Bei der Vorstellung des Effektes war die Rede von sehr tiefen Temperaturen. Wozu werden diese benötigt? Dazu betrachten wir wieder den MOSFET. Bild 7 zeigt die Energie der Elektronen. Die Oxidschicht isoliert das Metall vom Halbleiter Silizium. Die po-

positive Spannung an der Feldplatte verdrängt die positiven Ladungsträger aus der Oberfläche und zieht Elektronen in die Oberfläche des Halbleiters. Dadurch werden Leitungs- und Valenzband derart "verbogen", daß bei genügend hoher Spannung die Leitungsbandkante unter die Fermienergie gelangt. Es entsteht ein Potentialtopf (bildhafter Ausdruck für das Gebiet, in welchem die potentielle Energie der Elektronen am geringsten ist, sie sich also bevorzugt aufhalten) mit einem zweidimensionalen Elektronengas. Die Ausbildung des Elektronengases hängt also direkt von der an die Feldplatte angelegten Spannung ab. Ist keine Spannung vorhanden, dann sind auch keine Elektronen im Potentialtopf. Nimmt die Spannung zu, so beginnen sich Elektronen im Potentialtopf zu sammeln. Entsprechend wächst auch die Energie, bis zu der der Potentialtopf gefüllt ist – die Fermienergie. Wie schon erwähnt hat die nahezu zweidimensionale Schicht eine Dicke von nur 3 nm.

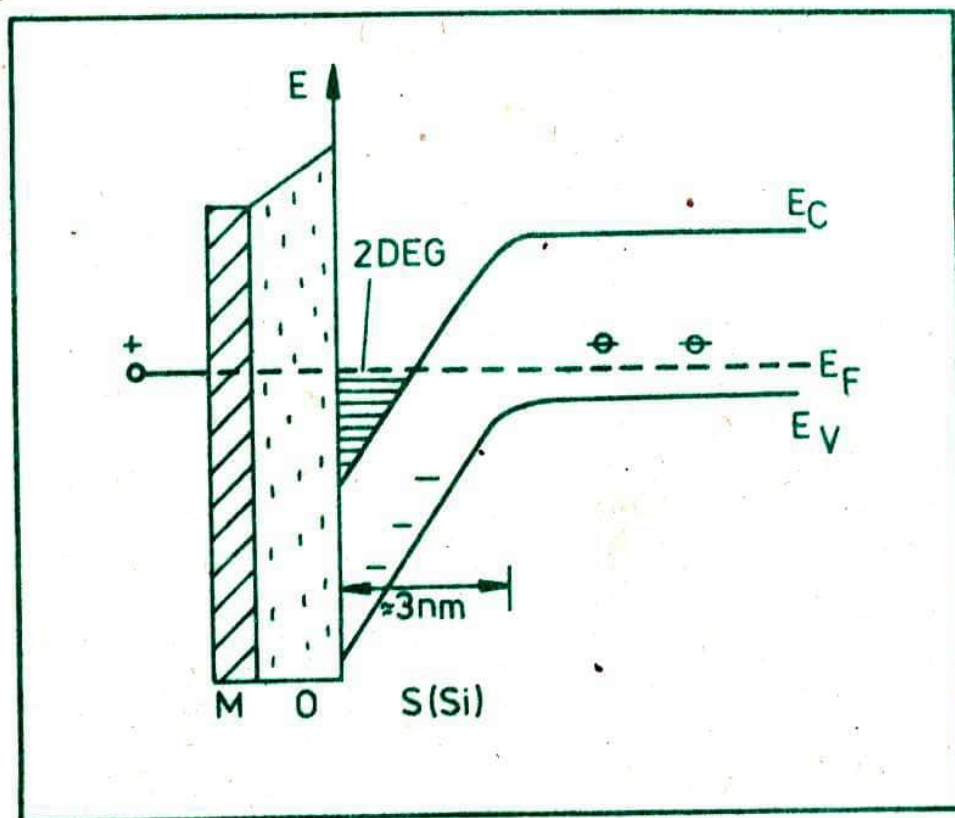


Bild 7: Verlauf der Energiebandstrukturen an der Oxid-HL-Grenzfläche, Verbiegung der Bänder durch Anlegen des elektrischen Feldes

E_F ...Fermi-Energie

E_C ...Leitungsband

E_V ...Valenzband

E_0 ...diskretes Energieniveau

2DEG...zweidimensionales Elektronengas im Potentialtopf(3nm)

a...bei Zimmertemperatur

b...bei sehr tiefen Temperaturen

Dadurch ist eine Bewegung der Elektronen senkrecht zur Oberfläche nicht mehr möglich. Es ist so, als ob die Dickenbegrenzung den Elektronen einen Zwang auferlegen. Die Bewegungsenergie der Elektronen senkrecht zur Oberfläche ist in einzelne Niveaus aufgeteilt, d.h. sie kann nur diskrete Werte annehmen. Die Physiker sagen sie ist gequantelt.

Diese Quantelung wird aber erst bei tiefen Temperaturen voll wirksam. Bei vergleichsweise hohen Temperaturen (viel größer als die Zimmertemperatur) erhalten die Elektronen von den Wärmeschwingungen des Gitters ständig Energie, wodurch diese diskreten Energieniveaus verwischt werden. Man beachte, daß die eben erwähnten Energieniveaus nicht identisch sind mit den zuvor besprochenen aufgespalteten Energiebändern. Diese betrafen die Bindungsenergie der Elektronen im Kristallgitter, während hier die Bewegungsenergie der Elektronen senkrecht zur Oberfläche gequantelt ist. Diese Quantelung geschieht innerhalb eines Bindungsenergiebandes.

Nach dem bisher Gesagten ist die Bewegung der Elektronen parallel zur Oberfläche noch nicht quantisiert. Nun treten jedoch die erwähnten starken Magnetfelder in Aktion.

Ein senkrecht zur Oberfläche gerichtetes starkes Magnetfeld zwingt die parallel zur Oberfläche frei beweglichen Elektronen Kreisbahnen zu durchlaufen. Der Radius der Kreisbahn ist dem Feld indirekt, die Umlauffrequenz dem Feld direkt proportional.

Die Energie der Elektronen auf den Kreisbahnen kann wiederum nur bestimmte Beträge haben, so daß die Gesamtenergie nun die Werte $E = E_0 + (N+1/2) \cdot \hbar \cdot \omega_c$ annimmt. (ω_c ist die Umlauffrequenz der Elektronen.) Durch das Magnetfeld wird also jetzt eine zusätzliche Quantelung der Bewegung der Elektronen parallel zur Oberfläche verwirklicht. Die diskreten Energieniveaus des zweidimensionalen Elektronengases (elektrische Subbänder) spalten jetzt zusätzlich noch in Serien von magnetischen Energieniveaus auf.

Kommen wir nun zur Erklärung des Quanten-Halleffektes.

Beim Anlegen eines Magnetfeldes senkrecht zur Oberfläche zeigt auch das zweidimensionale Elektronengas den Halleffekt. Es besteht jedoch ein wesentlicher Unterschied zum Halleffekt im dreidimensionalen Elektronengas. Dort verteilt sich der Elektronenstrom gleichmäßig über den ganzen Querschnitt $d \cdot w$ der Probe. Jetzt kann er sich nur noch gleichmäßig über die Probenbreite w verteilen. Die Stromdichte lautet jetzt $j = I/w$. Setzt man diese in Formel (1) ein, so erhält man für die Hallspannung $U_H = B \cdot I / (e \cdot n)$. Der Hallwiderstand

$$\rho_{xy} = U_H / I = B / (e \cdot n) \quad (3)$$

ist unabhängig von der Probenbreite. Die Elektronendichte im zweidimensionalen Elektronengas beträgt $n = e \cdot B / h$, woraus sich ergibt:

$$\rho_{xy} = h / e^2. \quad (4)$$

Es gibt zwei Wege, den Quanten-Halleffekt zu messen.

Im ersten Fall wird an das Tor des MOSFETs eine Spannung angelegt und damit Ladungsträgerdichte und Fermienergie eingestellt. Nun wird das Magnetfeld eingeschaltet und langsam erhöht. Dadurch entstehen magnetische Energieniveaus (s. Bild 8). Diese wandern mit zunehmendem Magnetfeld immer weiter zu höheren

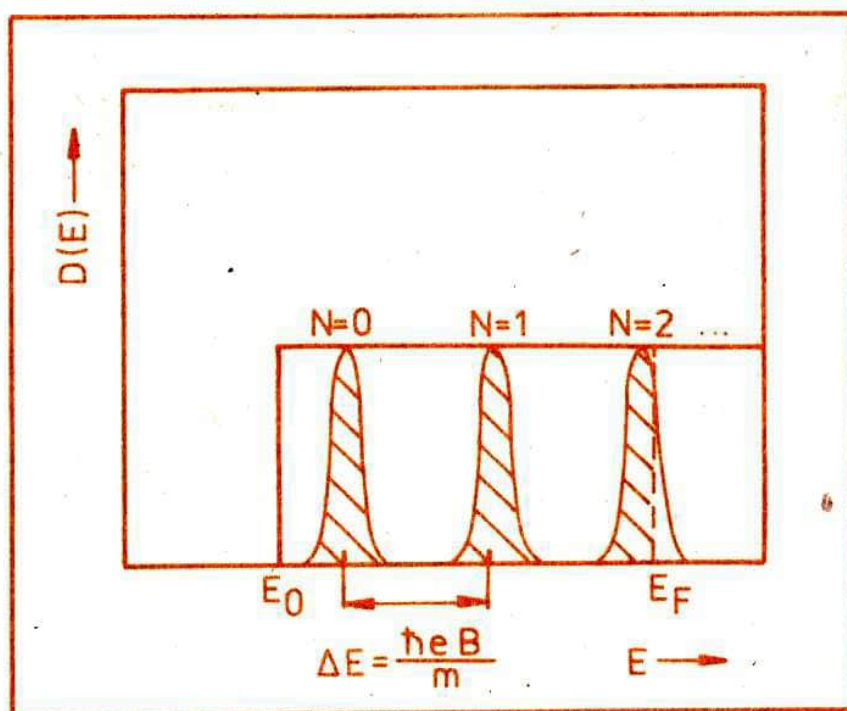


Bild 8: Energetische Verteilung $D(E)$ der Elektronen bei der

- Quantelung der Bewegung durch das Magnetfeld

Die Quantenniveaus besitzen die Energie $E = E_0 + (N + 1/2) \hbar \omega_c$. Aufgrund der WW der Elektronen mit den Gitterschwingungen und Störstellen, besitzen die Niveaus eine endliche Breite. (energetisch). Die Niveaus $N=0$ und $N=1$ sind mit Elektronen gefüllt. Das Niveau $N=2$ ist bis zur Fermienergie gefüllt.

Energiewerten hin auseinander. In starken Magnetfeldern befinden sich nur noch wenige Energieniveaus unterhalb der Fermienergie. Wenn sich ein Niveau über die Fermienergie schiebt, so ändert sich die Elektronenzahl in ihm. Die Hallspannung nimmt zu. Ist ein Niveau vollständig über die Fermienergie hinweggewandert, so liegt diese dann zwischen den Niveaus. Die Hallspannung bleibt dabei konstant und damit nach der Beziehung $\rho_{xy} = U_H/I = 1/i \cdot (h/e^2)$ auch der Hall-Widerstand. Der Stufenindex i gibt die Zahl der gefüllten magnetischen Energieniveaus an. Der Widerstand längs der Probe wird dabei sehr klein (s. hierzu auch Bild 2).

Beim zweiten Meßverfahren legt man senkrecht zur Oberfläche ein hohes Magnetfeld an. Damit ist die magnetische Quantelung und der Abstand der magnetischen Energieniveaus festgelegt. Klaus v. Klitzing stellte damit die Niveaus in einem Si-MOSFET experimentell ein. Danach wird die Spannung allmählich erhöht. Die Elektronen füllen nacheinander die magnetischen Energieniveaus aus. Das unterste Niveau wird gefüllt; Hall- und Längsspannung der Probe verändern sich. Nach der Füllung des untersten Niveaus bildet sich bei weiterer Spannungserhöhung das erste Hall-Plateau aus. ($\rho_{xy} = h/e^2$). Diese bleibt solange fest, bis die Fermienergie in das nächste magnetische Energieniveau gelangt. Diese Meßmethode führte zur Entdeckung des quantisierten Halleffektes. Wodurch werden aber nun die Hallplateaus gebildet? Woher rührt die hohe Genauigkeit dieser Plateaus?

Diese Fragen sind heute noch nicht vollständig geklärt.

Man geht davon aus, daß neben beweglichen Elektronen im zweidimensionalen Elektronengas auch noch unbewegliche, sogenannte lokalisierte Elektronen vorhanden sind, deren Energie zwischen den magnetischen Niveaus liegt und diese teilweise erfaßt (siehe Bild 9). Liegt die Fermienergie zwischen den magnetischen Niveaus, bleibt der Hall-Widerstand konstant. Liegt sie im Bereich der beweglichen Zustände (in den Niveaus), verändern sich Hall-

und Probenwiderstand. Um das Auftreten der Plateaus zu erklären, muß man einen engen Zusammenhang zwischen den beweglichen und lokalisierten Elektronen annehmen, denn ohne daß die lokalisierten Elektronen am Strom teilhaben, sorgen sie dafür, daß der Hall-Widerstand konstant bleibt und der Probenwiderstand klein wird.

Was passiert, wenn das Magnetfeld noch weiter erhöht wird, sobald das letzte Hallplateau erreicht ist und sich nur noch ein Niveau unter der Fermienergie befindet, soll hier nicht betrachtet werden. Man gelangt dann zur Erscheinung des gebrochenen Quanten-Halleffektes, der noch weniger erforscht ist als der normale Quanten-Halleffekt.

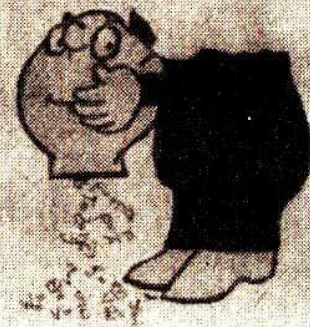
Zusammenfassung:

Der von Klaus von Klitzing entdeckte Quanten-Halleffekt beruht auf der magnetischen Quantelung eines zweidimensionalen Elektronengases. Er wurde an Si-MOSFETen entdeckt und auch in natürlichen Halbleiterkristallen nachgewiesen. Die Entdeckung des Quanten-Halleffektes wurde durch die schnelle Entwicklung der Mikroelektronik vorbereitet. Sie erfordert ein gründliches Studium von zweidimensionalen Elektronengasen an der Oberfläche von Halbleiterkristallen aber auch an inneren Halbleitergrenzflächen.

Der Quanten-Halleffekt ist in seinen physikalischen Ursachen noch nicht vollständig aufgeklärt. Deshalb sind auch weitere neue physikalische Erscheinungen im zweidimensionalen Elektronengas mikroelektronischer Strukturen unter extremen physikalischen Bedingungen nicht auszuschließen.

(nach einem Artikel von Prof.Dr.R.Herrmann in: Wissenschaft und Fortschritt, Heft 2/1986, Seiten 43-46)

UNSERE PHYSIKAUFGABE



Wie auch in den vergangenen Jahren veröffentlichen wir für Euch die Aufgaben der Abschlußklausur der diesjährigen Jenaer Physikertage. Nachfolgend findet Ihr die Aufgaben für die Klassen 8,9 und 10. Die Klausuraufgaben der Klassen 11 und 12 erscheinen im Heft 6/86 .

1. Zwei Fahrzeuge starten unter einem rechten Winkel mit gleichbleibender Beschleunigung und sind 15 Sekunden später genau 200 Meter voneinander entfernt, das eine jedoch doppelt so weit von der Kreuzung wie das andere.

Welche Geschwindigkeiten haben sie in diesem Augenblick ?

2. Gegeben sei folgende Schaltung aus einer Spannungsquelle und vier Widerständen:

$$U = 6,0 \text{ V}$$

$$R_1 = 2,0 \text{ Ohm}$$

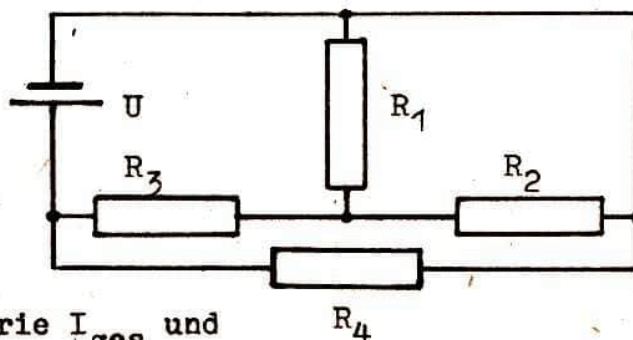
$$R_2 = 6,0 \text{ Ohm}$$

$$R_3 = 1,5 \text{ Ohm}$$

$$R_4 = 3,0 \text{ Ohm}.$$

Zu ermitteln sind

- a) der Strom der Batterie I_{ges} und
- b) der Strom durch den Widerstand R_2 , bezeichnet I_2 .



3. Zur Bestimmung der Brennweite wird eine Sammellinse, deren Durchmesser sechs Zentimeter beträgt, so in das Sonnenlicht gehalten, daß das Bündel die Linse senkrecht durchstrahlt. Es entsteht auf dem acht Zentimeter entfernten Schirm ein kreisförmiger Lichtfleck von vier Zentimeter Durchmesser. Wie groß ist die Brennweite der Linse ?

4. In ein Messinggefäß von 1,5 kg Masse , das 4,2 kg Wasser mit der Temperatur von 333 K enthält, werden 1,5 kg Eis der Temperatur 233 K gegeben. Zu bestimmen ist die Endtemperatur des

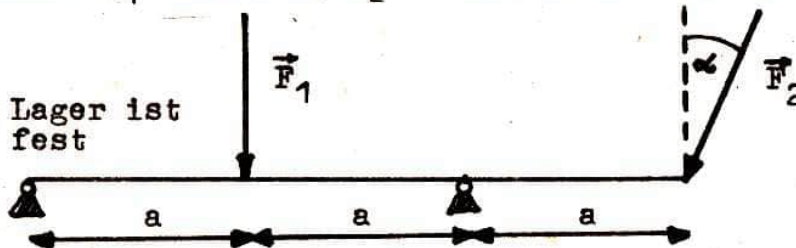
Wassers !

$$c_{\text{Eis}} = 0,460 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \quad c_{\text{W}} = 4,187 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$c_{\text{Messing}} = 0,386 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}, \quad Q_{\text{S(Eis)}} = 335 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

4. Für den skizzierten Belastungsfall ist die Auflagerreaktion zu ermitteln, d.h. die Stützkkräfte in A und B sind zu berechnen.

gegeben: $F_1 = 2000 \text{ N}$, $F_2 = 1000 \text{ N}$, $a = 0,5 \text{ m}$, $\alpha = 30^\circ$



5. Wenn sich bei dem dargestellten Flaschenzug die Rollen gleichmäßig drehen, dann besteht wegen der Reibung zwischen den Spannkraften des vorangegangenen und des nachfolgenden Seilzuges in jedem Falle das Verhältnis 2 : 3.

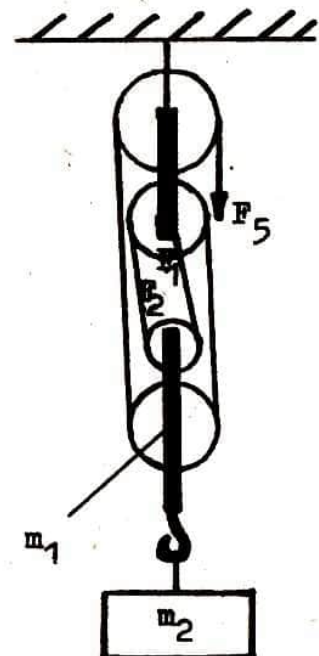
Die Masse des unteren Teils des Flaschenzuges ist m_1 , die der Last m_2 .

Alle Seilstücke sind vertikal gespannt, die Masse des Seiles wird vernachlässigt.

- a) Bestimmen Sie den Wirkungsgrad der Anlage in Abhängigkeit von

$$m_2 \cdot m_1 = \text{const.}$$

Welchem Höchstwert strebt der Wirkungsgrad zu, wenn m_2 sehr groß wird ?



6. Zwei miteinander verbundene Gefäße sind mit Wasser gefüllt. Wie verändert sich der Wasserstand in den Gefäßen, wenn die Wassermenge in dem linken bzw. rechten Behälter erwärmt wird ?



7. Ein Angler beschloß, die Zerreißspannung (d.h. das Verhältnis von zerreißender Kraft und Querschnittsfläche) des Mate-

Fortsetzung S.40

Amphibienschutz in Aktion

Nach URANIA 4/86

Neben vielen anderen Tier- und Pflanzenarten unserer Heimat werden in der neuen Artenschutzbestimmung der DDR - sie gilt seit dem 1. Dezember 1984 - auch alle heimischen Amphibienarten (Lurche) unter Schutz gestellt. Die Ursache dafür ist der bedrohliche Rückgang der Bestände in den letzten Jahrzehnten. So findet man beispielsweise in der Umgebung von Berlin kaum noch Laubfrösche, und im Bezirk Leipzig haben die Rotbauchunkenbestände stark abgenommen. Doch nicht nur in der Nähe großer Städte und Industriegebiete, auch in land- und forstwirtschaftlich genutzten Arealen lassen sich ähnliche Erscheinungen beobachten.

Das Verschwinden von Salamandern, Molchen, Kröten, Fröschen und Unken signalisiert Veränderungen in unserer natürlichen Umwelt und läßt Folgen für das biologische Gleichgewicht erwarten, sofern wir nicht für das Regenerieren der Population sorgen. Für zahlreiche Arten - von den Kriechtieren über Vögel bis hin zu den Säugetieren - sind Lurche wichtige Nahrungstiere, während diese wiederum durch die Aufnahme von Insekten, Schnecken und Würmern ihren Beitrag für die Ausgewogenheit des Naturhaushaltes leisten.

Die Gründe für den Rückgang der Amphibienbestände sind vielfältig. Als Hauptursache ist das Verschwinden geeigneter Lebensräume, besonders der Laichgewässer, anzusehen. Alle Lurche hängen in ihrem Lebensablauf stark vom Wasser ab. Hier durchlaufen sie ihr Larvenstadium. In dieser Zeit atmen sie mit Kiemen und bewegen sich mit einem Ruderschwanz fort. Außerhalb der Paarungszeit leben einige Amphibienarten, wie die Erdkröte oder der Springfrosch, als ausgesprochene Landtiere, oft mehrere Kilometer vom nächsten Gewässer entfernt. Zur Fortpflanzungs-

zeit aber suchen alle Amphibien geeignete Klein- und Kleinstgewässer auf, um sich zu paaren und ihren Laich oder - wie die Geburtshelferkröte und der Feuersalamander - ihre Larven abzusetzen.

Die Beseitigung der Laichgewässer u.a. durch Trockenlegung oder Verfüllung, durch Beeinträchtigung der Wasserqualität, durch Begradigung von Bachläufen, hat in der Vergangenheit in allen Industriestaaten Europas verheerende Auswirkungen auf die Amphibienbestände gehabt.

In Erkenntnis der Tatsache, daß es um den Fortbestand von Populationen und ihrer Lebensräume geht, wurde in die neue Artenschutzbestimmung der DDR der Schutz der Lebensräume mit einbezogen. Die Räte der Bezirke und die Räte der Kreise werden ausdrücklich verpflichtet, die Brut- und Wohnstätten der geschützten Tierarten zu sichern. Die DDR verfügt damit über eine besonders vorbildliche und wirksame Artenschutzbestimmung. Nun aber kommt es darauf an, daß sie von möglichst vielen Menschen verstanden und durchgesetzt wird. Im Falle des Schutzes von Amphibien (und den mit Amphibien oft in einem Atemzug genannten Reptilien) ist diese Voraussetzung leider noch nicht in dem Umfang erfüllt, wie es wünschenswert wäre. Da es sich um unscheinbare Tiere handelt, die zudem vielfach nicht dem landläufigen Schönheitsempfinden entsprechen, verhindert Desinteresse oft wirksame Maßnahmen.

Daher gehört es zu den vordringlichen Aufgaben der Fachgruppe für Feldherpetologie der Gesellschaft für Natur und Umwelt im Kulturbund der DDR, den Amphibienschutz ins öffentliche Bewußtsein zu rücken. In diesen Fachgruppen beschäftigen sich zahlreiche ehrenamtliche Mitarbeiter mit der Pflege und Erhaltung der Lebensräume, mit der Bestandserfassung und -kartierung sowie dem Studium der Verhaltensweisen von Amphibien und Reptilien. Ihre Tätigkeit ist für wissenschaftliche Institutionen unseres Landes und die staatlichen Naturschutzorgane unentbehrlich geworden. Hier gilt es auch Möglichkeiten einer sinnvollen Tätigkeit für die Schülerarbeitsgemeinschaften Biologie und Umweltschutz zu schaffen. Durch die Tätigkeit der Fachgruppen konnten schon zahlreiche Amphibienlaichgewässer erhalten oder neu geschaffen werden. Bekannt sind auch Aktivitäten, bei

denen im Frühjahr während der Wanderung der Amphibien - vor allem der Erdkröten - zu den Laichplätzen, Krötenfengzäune und ähnliche Maßnahmen den Tod der Tiere auf verkehrsreichen Straßen verhindern helfen. Solche Aktionen, bei denen die Tiere gefangen und von Helfern über die Straße getragen werden, bieten außerdem die Möglichkeit der Bestandserfassung. Über Jahre festgehalten, sind solche Daten gute Gradmesser für die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen, für die Entwicklung der betreffenden Population. An regelmäßig überwachten und betreuten Amphibienbeständen lassen sich schädigende Umwelteinflüsse in den Laichgewässern oft noch rechtzeitig erkennen und beseitigen. Die Amphibienbestände wirken als Bioindikator für die Beurteilung der Qualität eines Lebensraumes.

Die Lebensäußerungen und Verhaltensweisen von Amphibien sind ein interessantes Gebiet. Obwohl ihre Sinnesleistungen bei weitem nicht an die der Vögel oder Säugetiere heranreichen und sie dadurch zu relativ leicht zu beobachtenden Tieren werden (ihre Fluchtdistanz ist gering), kann ihr gesamtes Verhaltensrepertoire noch lange nicht als bekannt gelten. Paarungs- und Wanderungsaktivitäten, Nahrungsspektren und Feinde, Anforderungen an Laichgewässer, an Sommerquartiere und Überwinterungsplätze sind, um nur einiges zu nennen, Themenkreise, innerhalb derer noch so manches Problem seiner Lösung harret. Hier ist die Arbeit des Freizeitforschers sehr gefragt. Möglichkeiten, zum Amphibienschutz beizutragen, gibt es viele - denken wir nur an die zahlreichen Kleingärten, die sich für die Anlage eines Kleinteiches eignen.

Gartenteiche sind für Amphibien oft die letzte Möglichkeit zum Absetzen des Laiches in einer vom Menschen intensiv genutzten Landschaft. Voraussetzung ist natürlich, daß den Tieren durch geeignete Bepflanzung des Teiches und seiner Umgebung (blühende, Insekten anlockende Pflanzen!) genügend Nahrung und Unterschlupfmöglichkeiten geboten werden und der Rand des Gewässers so gestaltet wird, daß Jung- und Alttiere das Wasser ohne Schwierigkeiten verlassen können. Wissen muß man, daß Fische, auch Friedfische, als Laichräuber nachteilig auf Amphibienbestände einwirken können. Zu beachten ist ferner, daß es falsch wäre, Amphibien oder ihre Larven aus anderen Laichgewässern in

den Gartenteich einzusetzen. Nur in den seltensten Fällen kann man mit einer erfolgreichen Entwicklung oder bleibenden Ansiedlung in der Umgebung rechnen. Erstrebenswert aber ist es in jedem Falle, daß der Teich in unserem Garten von selbst zuwandernden Amphibien als Laichgewässer gewählt wird.

Populationen zu erhalten, gelingt allerdings auf lange Sicht nur, wenn Amphibienbeständen großräumige Möglichkeiten zur Entwicklung geboten werden. Nur dann ist bei entsprechend großer Individuenzahl die für die Anpassung einer Art an sich verändernde Umweltbedingungen notwendige Vielzahl von Ausprägungsformen der Gene gewährleistet.

Von den 18 in der DDR vorkommenden Amphibienarten leben 6 an ihrer Verbreitungsgrenze in Mitteleuropa: Feuersalamander, Bergmolch, Fadenmolch, Geburtshelferkröte, Gelbbauchunke und - von kleinen Vorkommen in Südschweden und Dänemark abgesehen - auch der Springfrosch. Für die Erhaltung dieser Arten tragen wir besondere Verantwortung. Die genannte Artenschutzbestimmung ordnet die Gelbbauchunke in die der vom Aussterben bedrohten und die Geburtshelferkröte sowie den Springfrosch in die der seltenen Arten ein. Bei diesen Arten sind erhöhte Anstrengungen erforderlich, um die oft ohnehin recht kleinen Bestände zu erhalten, aber auch relativ häufige Arten wie Erdkröte und Teichmolch verdienen unsere ganze Aufmerksamkeit.

Schreibt uns, ob an Eurer Schule Arbeitsgemeinschaften Biologie und Umweltschutz existieren und wie diese zum Schutz unserer Umwelt beitragen.

Leserpost

Eure BASIC-Serien sind hervorragend, sie sind didaktisch aufgebaut und sehr gute Hilfen zur Erlernung der Programmsprache und zur Arbeit mit dem Computer. Wenn ihr einverstanden seid, könnte man doch diese Thematik als ständige Rubrik einführen. Es bieten sich doch wirklich genügend Themen an (von den Grundlagen über Spielprogramme, Computergraphik, Computermusik bis zu Anwenderprogrammen). Denkbar wären auch Beiträge zum Erfahrungsaustausch, geschrieben von Lesern, z.B. zu eigenen Programmwürfen.

Frank Görner, Berlin

Ich habe durch Zufall eure Zeitschrift bekommen und will eurem Aufruf nach selbstgemachten Programmen nachkommen. Bis vor ein paar Tagen war ich Schüler der EOS Schwerin, die seit Ende letzten Jahres einen KC 85/2 besitzt. Da ich Informatik studieren will habe ich mit damit eingehend beschäftigt. Ich schicke euch ein Programm zur Darstellung dreidimensionaler Funktionen und habe noch eine Reihe von anderen auf Kassette. Wenn ihr die Programme nachnutzen wollt, so wendet euch an das Applikationszentrum Mikroelektronik Schwerin, die Goethe-EOS oder an mich selbst. Übrigens finde ich gut, daß sich endlich Schülerzeitschriften (wie auch die "Wurzel") mit dem Thema Computer intensiver beschäftigen. Wie sollten wir sonst die kommenden Aufgaben lösen, wenn wir das notwendige Rüstzeug nicht in genügendem Maße und früh genug erhalten.

Steffen Ullrich, Schwerin

Redaktion: Dies sind zwei aus einer Anzahl von Leserbriefen, die uns bislang zu unserer BASIC-Serie erreichten. Natürlich freuen wir uns über die Resonanz, die diese Artikel bei Euch finden. Um diesem Interesse Platz zu geben möchten wir, ganz im Sinne von Frank's Vorschlag, eine Art Computer-Forum einrichten, in dem Ihr Eure Programme vorstellen und Programmiertips weitergeben könnt. Sicher wäre es auch interessant zu erfahren, wie und wozu Ihr die Programme erarbeitet habt. Als erstes Beispiel ein Programm von Steffen Ullrich, dessen Adresse in Zeile 0 zu finden ist.

```

0 ! 3D-PKT.4, STEFFEN ULLRICH, MAKARENKOSTR.24, SCHWERIN, 2792
1 GOTO 100
2 Z=
3 RETURN
4 RETURN
5 RETURN
6 RETURN
7 RETURN
8 RETURN : ! EINGABE BEENDEN
9 RETURN : ! SONST PROGRAMMSTÖRUNG
10 X1=X(X,Y):Y1=Y(X,Y):DX=X1-X0:DY=Y1-Y0:IF DX=0 AND DY=0 THEN
    RETURN
11 IF ABS(DX)>ABS(DY) THEN 15 ELSE DX=ABS(DX/DY)*SGN(DX):FOR
    Y0=Y0 TO Y1 STEP SGN(DY)
12 IF Y0>MA(X0) THEN MA(X0)=Y0:IF Y0<MA THEN PSET X0+XK,Y0+YK,F1
13 IF Y0<MI(X0) THEN MI(X0)=Y0:IF Y0>MI THEN PSET X0+XK,Y0+YK,F2
14 X0=X0+DX:NEXT:RETURN
15 DY=ABS(DY/DX)*SGN(DY):FOR X0=X0 TO X1 STEP SGN(DX)
16 IF X0>MA(Y0) THEN MA(Y0)=X0:IF X0<MA THEN PSET X0+XK,Y0+YK,F1
17 IF X0<MI(Y0) THEN MI(Y0)=X0:IF X0>MI THEN PSET X0+XK,Y0+YK,F2

```



```

18 Y0=Y0+DY:NEXT:RETURN
20 DIM X(N,N),Y(N,N):P=PI/180:SA=SIN(WA*P)*KA:SB=SIN(WB*P)*KB
21 CA=COS(WA*P)*KA:CB=COS(WB*P)*KB
22 AX=(XA-XI)/AL:AY=(YA-YI)/AL:AZ=AL/(ZA-ZI):XJ=0:D=AL/N
23 FOR I=N TO 0 STEP -1:YJ=0:FOR J=0 TO N:X=AX*XJ+XI:Y=AY*YJ+YI
24 GOSUB 2:Y(I,J)=XJ*SA+YJ*SB+AZ*(Z-ZI):X(I,J)=XJ*CA+YJ*CB
25 YJ=YJ+D:NEXT:XJ=XJ+D:NEXT
26 C=AL*(CA+CB):DIM MI(L),MA(L):FOR B=0 TO INT(L):MI(B)=MA:MA(B)
=MI:NEXT
27 FOR J=1 TO N:X0=X(J,0):Y0=Y(J,0):X=X:Y=Y:FOR I=1 TO J:X=X-1:
GOSUB 10
28 Y=Y+1:GOSUB 10:NEXT I,J:FOR J=0 TO N-1:X0=X(N,J):Y0=Y(N,J):X=N
29 Y=J:FOR I=1 TO N-J:Y=Y+1:GOSUB 10:X=X-1:GOSUB 10:NEXT I,J:
RETURN
100 WINDOW 0,31,0,39:COLOR 2,0:CLS:WINDOW 1,30,1,38:IF PEEK>0
THEN 105
101 PRINT "DARSTELLUNG VON 3D-FUNKTIONEN":PRINT:INK 6
102 PRINT "BITTE FUNKTION Z=F(X,Y) EINGEBEN"
103 PRINT "EINGABE MIT <ENTER><BRK> ABSCHLIESSEN"
104 PRINT "DANACH NEUSTART MIT RUN":INK 4:EDIT 2
105 XK=20:YK=32:AL=100:N=8:MN=20:MX=134:WA=-7:WB=42:KA=1:KB=.5
106 MI=MN-YK:MA=MX-YK:POKE 0,0:INK 2
107 INPUT "X<MIN, MAX>":XI,XA:IF XA<=XI THEN 107
108 INPUT "Y<MIN, MAX>":YI,YA:IF YA<=YI THEN 108
109 INPUT "Z<MIN, MAX>":ZI,ZA:IF ZA<=ZI THEN 109
110 INPUT "OK ??(Y)":AZ:IF AZ<>"Y"THEN 107 ELSE GOSUB 20

```

Das eigentliche Programm umfaßt die Zeilen 10-29. In die Zeilen 2-9 wird die Funktion eingegeben (als UP). Die Zeilen 100-110 dienen zur Programmsteuerung sowie zur Definition der Konstanten. Sie bedeuten: XK,YK-Koordinatenursprung(das Koordinatensystem besteht nur aus positiven Achsen)
 AL-Achsenlänge, N-Anzahl der Streifen(Maß für die Genauigkeit der Darstellung)
 MN,MX-kleinster bzw. größter Wert der Y-Koordinate (aus Sicht des Computers), zwischen welchen gezeichnet wird
 WA,WB,KA,KB-von der Darstellungsart abhängige Konstanten,
 Isometrische Darstellung:WA=30:WB=30:KA=1:KB=1
 Dimetrische Darstellung: WA=7:WB=42:KA=1:KB=.5
 Trimetrische Darstellung:WA=5:WB=18:KA=.9:KB=.5

Fortsetzung der Physikaufgaben von S.34

rials zu bestimmen, aus dem die Angelschnur besteht.

Dafür stand ihm ein Stück Angelschnur bekannter Länge und bekanntem Querschnitts zur Verfügung, desweiteren eine Stoppuhr und ein Wägestück. Wie mußte er das Experiment zur Bestimmung der ihn interessierenden Größe durchführen ?

8. Ein Stein befindet sich auf dem höchsten Punkt eines halbkugelförmigen glatten Körpers mit dem Radius r . Ihm wird in horizontaler Richtung eine Anfangsgeschwindigkeit v_0 verliehen. Es ist zu ermitteln, von welchem Punkt aus der Stein die Oberfläche des Körpers verläßt.

Cursorposition im Fenster

Bei Verwendung der INPUT-Anweisung erscheint der Cursor immer unter der Bildschirmzeile in der der Inhalt der letzten PRINT-Anweisung steht. (PRINTAT beeinflusst die Cursorposition nicht). Wurde vorher ein Bildschirmfenster gelöscht und erfolgte danach kein PRINT, dann wird der Cursor in der linken oberen Ecke des Fensters positioniert. Die Cursorposition können wir mit Hilfe der LOCATE-Anweisung unseren Wünschen entsprechend verändern. Die Anweisung besitzt folgende Schreibweise:

LOCATE Z,S; Z = Zeile, S = Spalte

Dabei ist zu beachten, daß für die linke obere Ecke des jeweils gültigen Fensters die Position $Z = 0$, $S = 0$ festgelegt ist. Im allgemeinen können wir den Cursor innerhalb folgender Intervalle positionieren:

$0 \leq Z \leq ZE - ZA$	ZE, ZA - Endzeile bzw. Anfangszeile des Fensters
$0 \leq S \leq SE - SA$	SE, SA - Endspalte bzw. Anfangsspalte des Fensters

LOCATE besitzt sozusagen ein eigenes Koordinatensystem, das nur dann mit dem uns schon bekannten übereinstimmt, wenn die Anweisung WINDOW 0, 31, 0, 39 davor gegeben wurde.

Grafik

In diesem Abschnitt möchten wir nun eine weitere Fähigkeit des Computers, die Arbeit mit einer hochauflösenden Grafik, kennenlernen, die es uns ermöglicht, 81920 Bildpunkte einzeln zu programmieren.

An dieser Stelle müssen wir aber gleich eine Einschränkung machen, denn der Z 90001 besitzt diese Form der Grafik nicht. Wir werden uns deshalb nur mit dem KC-85/2 beschäftigen. Der Bildschirm wird dazu in 320 x 256 Bildpunkte (Pixel) eingeteilt.

Wir können jeden Bildpunkt durch seine x- und y-Koordinate sowie seine Vordergrundfarbe (Tinte) ansprechen. Dies erfolgt über die Anweisung

PSET X,Y,F
PRESET X,Y

F - Farbe

Mit Hilfe der zweiten Anweisung wird der Bildpunkt mit den Koordinaten X, Y wieder gelöscht. Die Festlegung der Koordinaten für diese beiden Anweisungen ist in der Abbildung ersichtlich. Wie diese Anweisungen einzusetzen sind, werden wir in nachfolgenden Beispielen zeigen.

Funktionen und Koordinatensysteme

Hier wird die PSET-Anweisung zur graphischen Darstellung von Funktionen genutzt. Dabei soll eine Bildschirmgröße von 240 x 300 Pixeln für die optimale Darstellung jeder beliebigen Funktion nutzbar sein.

Daraus ergeben sich folgende Anforderungen an die Programmierung:

- 1) Funktionsdefinition
- 2) Eingabe des Definitionsbereiches
- 3) Extremaberechnung
- 4) Koordinatenursprungsberechnung
- 5) Zeichnung des Koordinatensystems
- 6) Achsenbezeichnungen
- 7) Funktionszeichnung

1) Funktionsdefinition

Zuerst definieren wir für den Rechner die darzustellende Funktion (Zeile 30).

2) Eingabe des Definitionsbereiches

Der Nutzer wird über den Bildschirm in Kenntnis gesetzt, daß nachfolgend die Eingabe des Definitionsbereiches erfolgen muß (Zeile 40 und 50).

Der Computer fordert nun zur Eingabe der Zahlenwerte für den Definitionsbereich auf (Zeile 60). Die Werte werden hinter dem auf dem Bildschirm erscheinenden $X1$ = (kleinster Wert) und XN = (größter Wert) einzeln eingegeben.

3) Extremaberechnung

Da die Extremaberechnung eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt, denn der Computer muß für jeden im Definitionsbereich festgelegten Wert den dazugehörigen Funktionswert berechnen und diese Funktionswerte miteinander vergleichen, machen wir den Nutzer über den Bildschirm darauf aufmerksam (Zeile 70).

Jeder beliebige Definitionsbereich wird durch 300 Pixel bestimmt, da die Gesamtlänge der x-Achse des Koordinatensystems 300 Pixel betragen soll.

Um die zum Definitionsbereich dazugehörigen 300 Funktionswerte zu berechnen, schreiben wir eine Laufanweisung, die den Definitionsbereich umfaßt und zerlegen den Definitionsbereich mittels Schrittfolgenanweisung in 300 Teile (Zeile 80).

Mit der so konstruierten Laufanweisung errechnet der Computer den ersten Funktionswert für $I = X1$ welcher der Variablen B zugeordnet wird. Der anschließende Vergleich mit der Variablen M bewirkt bei Erfüllung der gestellten Bedingungen ($M \leq B$) eine Zuordnung des unter B abgespeicherten Funktionswertes zur Variablen M (Zeile 100).

Nachdem eine ähnliche Prozedur zur Ermittlung des Minimums durchgeführt wurde (Zeile 120), wird in Zeile 130 die Laufvariable um die Größe, die hinter STEP steht, vergrößert. Der nun zu berechnende Funktionswert wird wiederum mit M verglichen. Ist der zuletzt berechnete Funktionswert größer als der unter M abgespeicherte, wird er laut Bedingung in Zeile 100 wieder der Variablen M zugeordnet. So berechnet und vergleicht der Computer durch die Erhöhung der Laufvariablen alle 300 Funktionswerte, und wir erhalten den größten Funktionswert, also das Maximum, das unter der Variablen M abgespeichert ist. Analoges gilt für das Minimum, welches unter dem Variablennamen C abgespeichert wird.

4) Koordinatenursprungsberechnung

Nachdem der Computer die Extrema berechnet hat, wird der Bildschirm gelöscht (Zeile 140) und der Rechner beginnt mit der Ermittlung des Koordinatenursprungs, der zur Zeichnung des Koordinatensystems notwendig ist.

Zuerst überlegen wir, wieviel Pixel (Gesamtlänge der x-Achse: 300 Pixel) eine Einheit (E) für den vorgegebenen Definitionsbereich entsprechen:

$$1 \text{ E} = \frac{300}{|X1| + |XN|} \text{ Pixel.}$$

Der Abstand von X1 zum Koordinatenursprung gibt uns an, wieviel Einheiten X1 vom Koordinatenursprung entfernt sind. Um den Abszissenwert des Pixels für den Koordinatenursprung zu erhalten, multiplizieren wir X1 mit 1 Einheit (E).

Es wird festgelegt, daß der kleinste Wert des Definitionsbereiches (X1) die Pixelkoordinate $x = 10$ und der größte Wert (XN) die Pixelkoordinate $x = 310$ erhält. Deshalb addieren wir zum vorher berechneten Produkt 10 Pixel dazu und erhalten die Pixelkoordinate für den Nullpunkt der x-Achse, die unter XØ abgespeichert ist (Zeile 160).

Die Pixelkoordinate für den Nullpunkt der y-Achse wird nach dem gleichen Prinzip berechnet und ist unter YØ abgespeichert (Zeile 170).

Diese Methode hat allerdings den Nachteil, daß für die Fälle, wo die x- und/oder y-Achse nicht im Definitions- oder Wertebereich eingeschlossen sind, also für $X1 > 0$ und $C > 0$, falsche Werte für XØ und YØ berechnet werden. Dieser Fall müßte im Programm z.B. so berücksichtigt werden, daß die Achsen an den unteren Rand bzw. an den linken Rand des Bildschirms gezeichnet werden, dann aber nicht mehr die Koordinaten $y = 0$ für die x-Achse und $x = 0$ für die y-Achse gilt.

5) Zeichnung des Koordinatensystems

Jetzt kann das Koordinatensystem gezeichnet werden. Dabei werden mittels Lauf- und PSET-Anweisung alle x-Koordinatenpixel von 10 bis 310 auf die Höhe von YØ gezeichnet (Zeile 190).

Bei der Zeichnung der y-Achse werden alle y-Koordinatenpixel von 8 bis 248 auf der Höhe von X_0 gesetzt (Zeile 210).

Um gegebenenfalls Funktionswerte abzulesen, teilen wir x-Achse und y-Achse in 20 gleiche Abschnitte ein. Für die x-Achse wird das mit zwei ineinander geschachtelten Laufanweisungen realisiert. Die innere Laufanweisung (Laufvariable J) zeichnet uns mittels der PSET-Anweisung nacheinander, für die aus der äußeren Laufanweisung (Laufvariable X) kommende Pixelkoordinate, den entsprechenden Strich von 5 Pixeln Länge. Die Schrittweisenanweisung STEP 15 in Zeile 230 sorgt dafür, daß die Striche im Abstand von 15 Pixel gesetzt werden und wir somit über die gesamte x-Achse 20 Striche erhalten. Die 20-fache Teilung der y-Achse erfolgt nach dem gleichen Prinzip (Zeile 260 und 270).

6) Achsenbezeichnung

Um die Achsen mit den Werten des Definitionsbereiches und der Extrema zu versehen, müssen wir folgende PRINT AT-Koordinaten festlegen:

1. Für die Extrema: Maximum: Zeile: 0 (Z_0)
Spalte: $(X_0/8) + 1 \rightarrow S$
Minimum: Zeile: 30 (Z_U)
Spalte: $(X_0/8) + 1 \rightarrow S$

Die Spaltenberechnung ergibt sich aus der Tatsache, daß ein Zeichenfeld für Buchstaben und Zahlen aus 8x8 Pixel gebildet wird.

Die Verrückung der Extrema um eine Spalte nach rechts (Addition mit 1) machte sich notwendig, da die Extrema sonst einen Teil des Koordinatensystems überschreiben (Zeile 290).

2. Für den Definitionsbereich: X_1 : Zeile: 30 INT ($Y_0/8$) $\rightarrow Z$
Spalte: 0 SL
 X_N : Zeile: 30 INT ($Y_0/8$) $\rightarrow Z$
Spalte: 35 SR

(siehe Zeile 310).

In den Zeilen 300 und 320 werden die Achsenbezeichnungen an die vorher berechnete Stelle im PRINTAT-Koordinatensystem gedruckt.

Hat X_N mehr als 4 Stellen, reicht der vorhandene Platz am Bildschirm nicht aus und die überzähligen Stellen werden

auf die nächste Zeile am linken Bildschirmrand geschrieben. Aber auch dieser Schönheitsfehler läßt sich mit etwas Geschick beseitigen.

7. Zeichnen der Funktion

Auch die zu zeichnende Funktion muß dem Koordinatensystem angepaßt werden, d.h. wir müssen sie entsprechend der Achsen-
teilung normieren.

In x-Richtung haben wir für den gesamten Definitionsbereich (X1 bis XN) 300 Bildpunkte zur Verfügung. Wir müssen diese 300 Punkte auf (XN - X1) aufteilen, was mittels der STEP-Anweisung in Zeile 340 geschieht.

Die Funktionswerte Y liegen zwischen C und M und der Bildschirm bietet uns dafür 240 Pixel.

Folgende Proportion hilft uns den Normierungsfaktor zu berechnen:

$$\frac{\text{Pixelkoordinate Y}}{N_y} = \frac{\text{FNS (I)}}{M - C}$$

$$N_y = 240 \text{ (Gesamtzahl der Pixel der Y-Achse)}$$

In Zeile 350 steht die Proportion umgestellt nach der gesuchten Variable Y. Die Zuweisung $x = 10$ in Zeile 340 berücksichtigt, daß die x-Achse erst bei Pixelkoordinate 10 beginnt und die Addition von Y_0 in Zeile 350 verschiebt die Funktion so entlang der y-Achse, daß diese zum Koordinatenursprung die richtige Lage hat.

Damit haben wir ein recht einfaches und relativ komfortables Programm, Funktionen darzustellen. Wie schon angedeutet, gibt es an einigen Stellen noch Möglichkeiten, das Programm nutzerfreundlicher und laufsicherer zu gestalten.

Aber dazu sind wieder Eure Ideen gefragt.

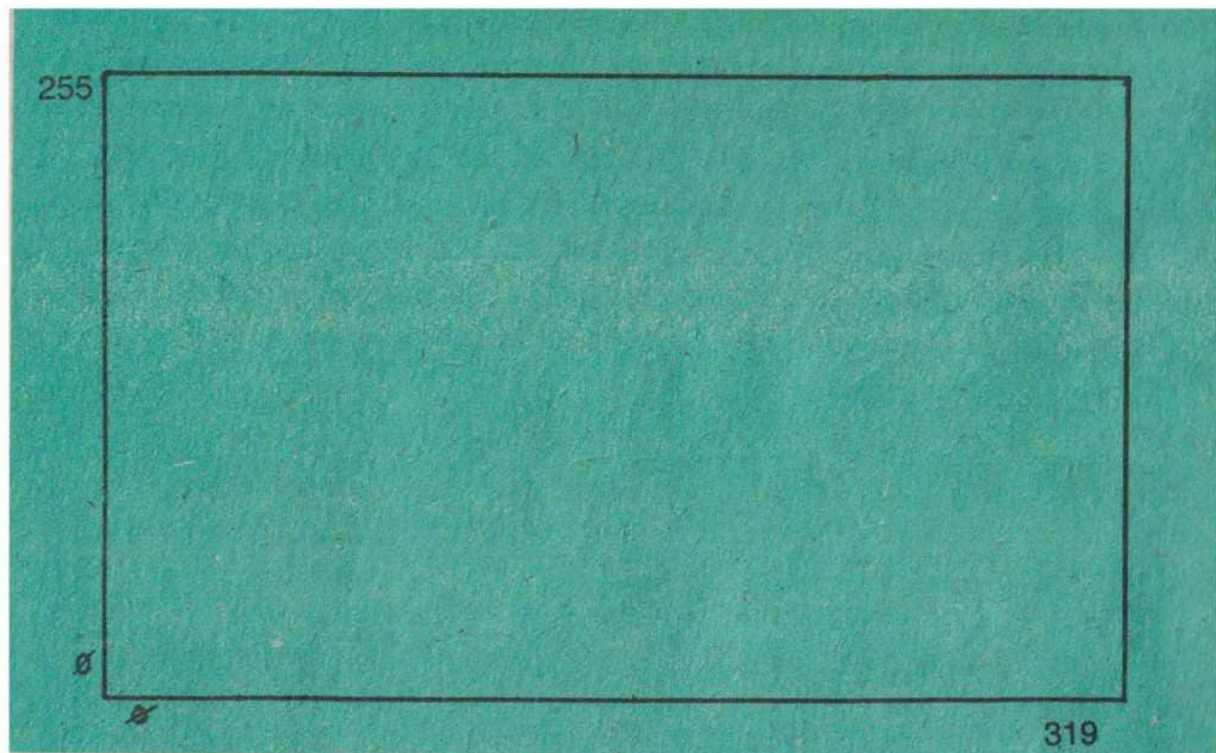


Die Anweisung REM, die mehrmals im nachfolgenden Programm auftaucht, hat nur für den Programmierer Bedeutung. REM steht für Remark (engl. Bemerkung) und dient nur zum Einfügen von Bemerkungen in das Programm, um z.B. Programmteile sichtbar voneinander zu trennen und den Inhalt zu kennzeichnen. Der Computer ignoriert die Zeilen eines Programms, die mit der Anweisung REM beginnen. Hinter REM und dem dazugehörigen Text darf also auch keine weitere, durch Doppelpunkt abgetrennte, für den Computer zu bearbeitende Anweisung stehen. Statt REM ist es auch möglich, ein Ausrufezeichen (!) als Abkürzung zu schreiben.

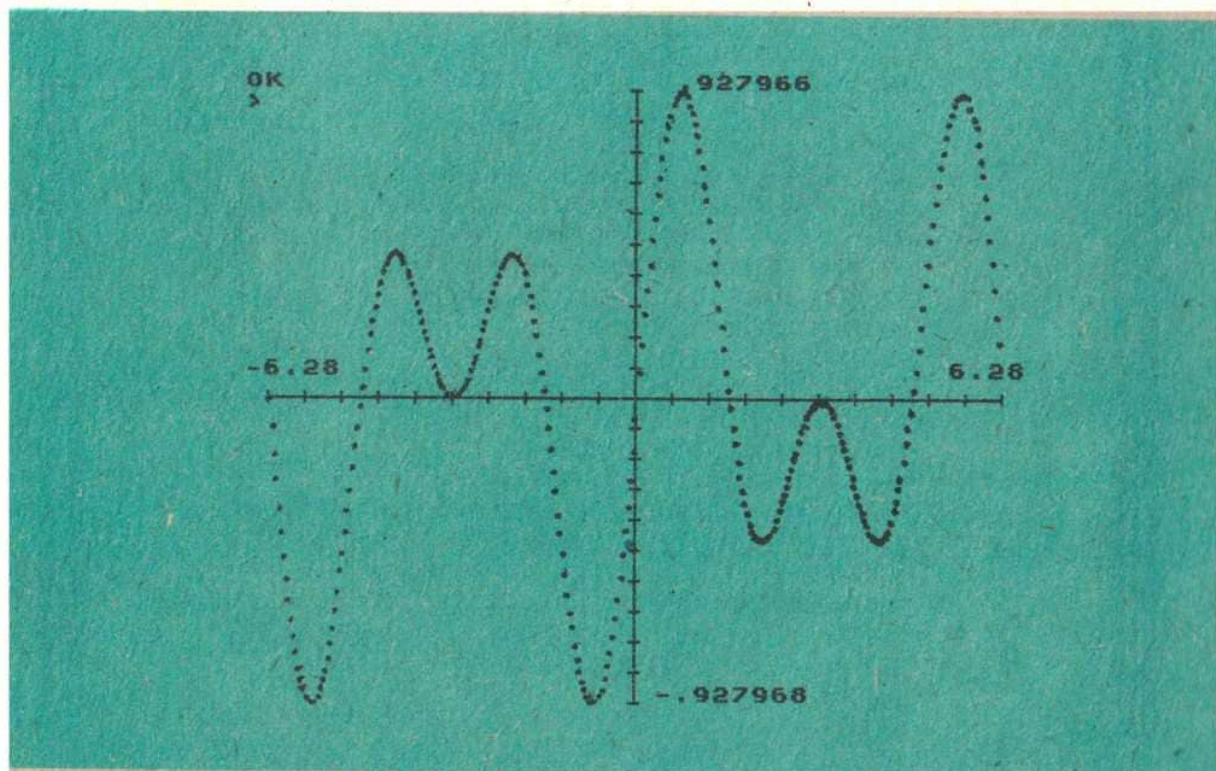
```

10 REM FUNKTIONEN UND KOORDINATENSYSTEM
20 WINDOW 0,31,0,39:CLS
30 DEF FNS(X)=2*X*X+4*X-5
40 PRINT "EINGABE DES DEFINITIONSBEREICHES"
50 PRINT "X1<=X<=XN"
60 INPUT "X1=";X1:INPUT "XN=";XN
70 PRINT:PRINT "COMPUTER BERECHNET EXTREMA"
80 FOR I=X1 TO XN STEP (XN-X1)/300
90 REM MAXIMUM ERMITTELN
100 B=FNS(I):IF M<=B THEN M=B
110 REM MINIMUM ERMITTELN
120 B=FNS(I):IF B<=C THEN C=B
130 NEXT I
140 CLS
150 REM KOORDINATENURSPRUNG ERMITTELN
160 X0=(ABS(X1)*300/(ABS(X1)+ABS(XN)))+10
170 Y0=(ABS(C)*240/(ABS(C)+ABS(M)))+B
180 REM X-ACHSE ZEICHNEN
190 FOR X=10 TO 310:PSET X,Y0,7:NEXT X
200 REM Y-ACHSE ZEICHNEN
210 FOR Y=8 TO 248:PSET X0,Y,7:NEXT Y
220 REM TEILUNG X-ACHSE
230 FOR X=10 TO 310 STEP 15:FOR J=-2 TO 2
240 PSET X,Y0+J,7:NEXT J,X
250 REM TEILUNG Y-ACHSE
260 FOR Y=8 TO 248 STEP 12:FOR J=-2 TO 2
270 PSET X0+J,Y,7:NEXT J,Y
280 REM Achsenbezeichnung
290 ZU=30:ZO=0:S=INT(X0/8)+1
300 PRINTAT(ZO,S);M:PRINTAT(ZU,S);C
310 Z=30-INT(Y0/8):SL=0:SR=35
320 PRINTAT(Z,SL);X1:PRINTAT(Z,SR);XN
330 REM FUNKTION ZEICHNEN
340 X=10:FOR I=X1 TO XN STEP (XN-X1)/300
350 X=X+1:Y=FNS(I)/(M-C)*240+Y0
360 PSET X,Y
370 IF X=310 THEN END
380 NEXT I

```

Einteilung des Bildschirm in Pixel



Beispiel für eine mit dem in diesem Teil vorgestellten Programm gezeichnete Funktion.

68

Impuls

Schülerzeitschrift für

PHYSIK · CHEMIE · BIOLOGIE

6/86

INDEX 322004

ISSN 0232-9220

PREIS 60 Pf. 20. Jg.

Wie weit ist
die integrier-
te Optik?
(Teil 3)

★

Unsere
Physik-
aufgabe

★

Jahres-
inhalts-
verzeichnis



Pro-
grammieren
leicht-
verständlich
(Teil 6)

★

Das wellen-
mechani-
sche Atom
modell
(Teil 1)

**Johann Wilhelm Ritter – ein außergewöhnlicher
Wissenschaftler**

von Karsten König



Matthias Rottschalk	Wie weit ist die Integrierte Optik? (Teil 3)	PHY	3
Karsten König	Johann Wilhelm Ritter – ein außer- gewöhnlicher Wissenschaftler	GE	13
Siegfried Oertel	Das wellenmechanische Atommodell (Teil 1)	PHY	26
	Jahresinhaltsverzeichnis		34
Mirco Schumann, Jürgen Flegel, Frank Andreas	Programmieren leichtverständlich (Teil 6): Dauerhafte Daten Wissenswertes UNSERE PHYSIKAUFGABE	PHY	36 42, 43

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: Max-Wien-Platz 1, Jena, 6900, Telefon 27122/217

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

Chefredakteur: Dr. Bringfried Stecklum, stellv. Chefredakteur: Dr. Michael Kaschke, Karsten König

Redaktionsmitglieder: Dr. Roland Colditz, Sylvia Kaschke, Antje Schlegel, Petra Richter, Peter Kroll,
Alexander Niehardt, Ralph Huonker

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

Gestaltung: Richter, Stecklum

Redaktionsschluß: 10. 10. 1986

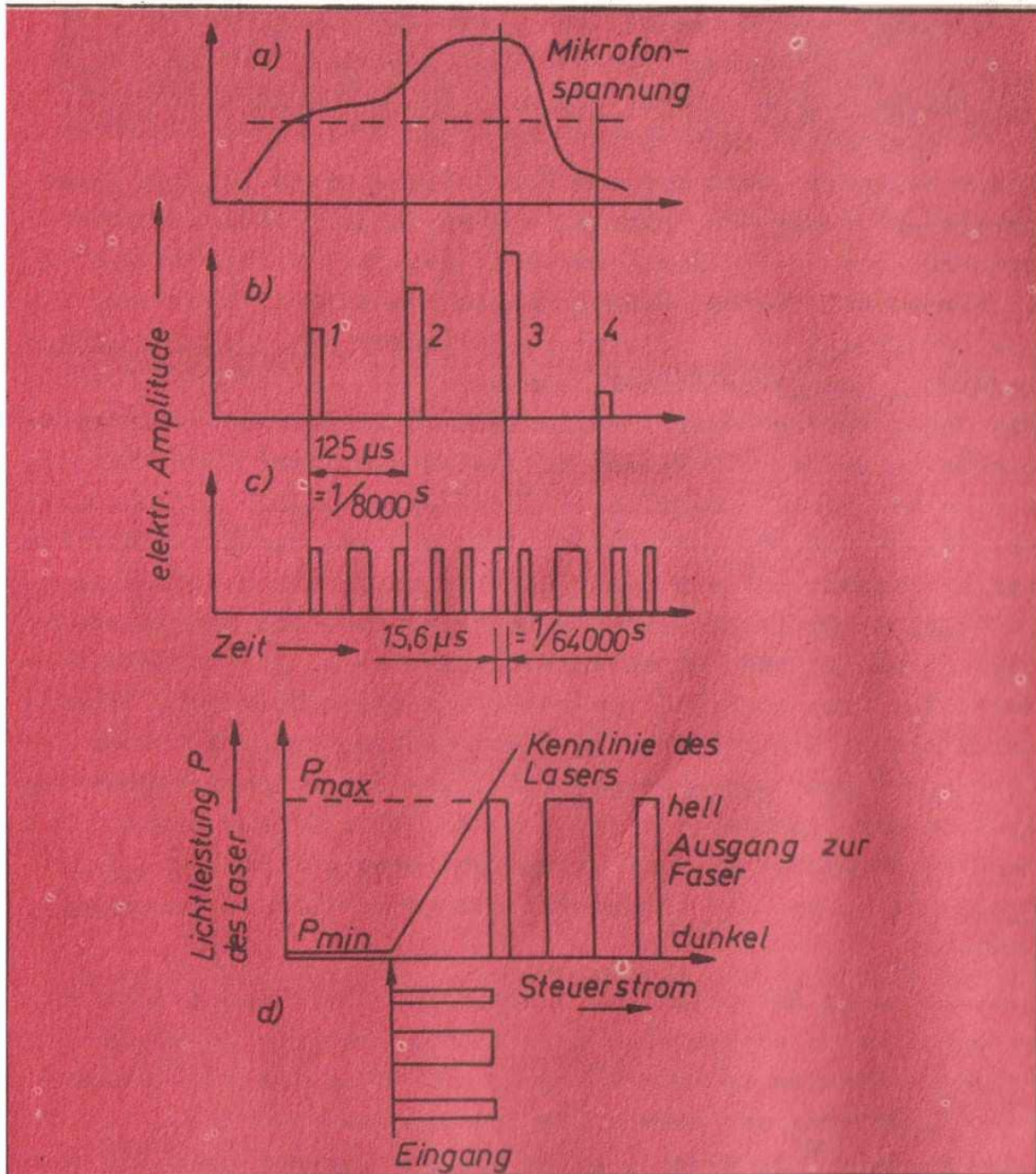
In den ersten beiden Teilen der Beitragsfolge zur Integrierten Optik hatten wir etwas von ihren möglichen Perspektiven erfahren, einige grundlegende Phänomene wie Wellenleitung und Einkopplung kennengelernt und gesehen, wozu ein passiver Y-Verzweiger auf Glasbasis gut sein kann.

Heute weiter im Text mit der Vorstellung eines aktiven integriert-optischen Bauelements, wie es an der Sektion Physik der FSU Jena seit 1984 labormäßig getestet wird, und wie es US-Firmen seit Januar diesen Jahres kommerziell anbieten. Dieses Bauelement heißt integriert-optischer Mach-Zehnder-Interferometer-Modulator (MZI-Modulator).

Wie das Interferometer funktioniert, soll uns später interessieren. Zunächst die Frage, wozu wird moduliert. Das Prinzip, z.B. einer hohen Trägerfrequenz ein Sprachsignal aufzumodulieren, zu übertragen, zu demodulieren und das Signal wieder hörbar zu machen, ist aus der elektrischen Nachrichtentechnik lange bekannt. Optisch sieht das heute so aus, daß man Telefon- oder Fernsehsignale in eine sehr schnelle Folge von Hell/Dunkelwerten (Impulsfolge) umwandelt und diese über eine Glasfaser schickt. Ein Maß für die Übertragungs-Kapazität einer Glasfaser (oder eines Bauelements) ist die Zeichengeschwindigkeit in der Sekunde (bit pro Sekunde, bit: binary digit). Diese Zeichengeschwindigkeit entspricht etwa der Frequenzbandbreite in Hz und dem Reziproken der kürzest möglichen Schaltzeit.

Also an einem Beispiel. Mit einem Halbleiterlaser möchte ich eine Milliarde elektrische Impulse pro Sekunde (1G bit/s) in optische Impulse verwandeln. Dann muß dieser Halbleiterlaser eine Bandbreite von etwa 1 GHz haben und in $1/1 \text{ GHz} = 1/10^9 \text{ Hz} = 10^{-9} \text{ s}$, also in einer Nanosekunde von Hell auf Dun-

kel schalten können. In Bild 1 ist im Prinzip zu sehen, wie heute ein Sprachsignal elektrisch-optisch umgewandelt und vom Halbleiterlaser auf eine Lichtleitfaser übertragen wird. Ein Sprechsignal in Bild 1a) hat einen Frequenzumfang von etwa 3,4 KHz und muß 8000 mal in der Sekunde abgetastet werden, um es sauber zu übertragen (Bild 1b). Die gefundenen Amplitudenwerte werden nun in binäre Signale (binär heißt 1 oder 0 bzw. High oder Low) umgewandelt, von denen jeweils 8 in Form einer Dualzahl den ursprünglichen Amplitudenwert darstellen (Bild 1c).



Den Vorgang a) bis c) nennt man Analog/Digital-Wandlung und das Signal in Bild 1c) PCM-Signal (puls code moduliert). Mit diesem PCM-Signal wird nun der Steuerstrom eines Halbleiterlasers moduliert und so das ausgesandte Laserlicht hell/dunkelgetastet. Man sagt dazu Intensitätsmodulation des Lichtes. Aus dieser kurzen Darstellung folgt, daß für eine Telefongesprächsübertragung eine Bandbreite von 64 kHz benötigt wird (zum Vergleich für ein Fernsehbild etwa 80 MHz). Umgekehrt heißt das, hat ein Bauelement eine Bandbreite von 1 GHz, könnte ich rund 16000 Telefongespräche oder 16 Farbfernsehkäle übertragen.

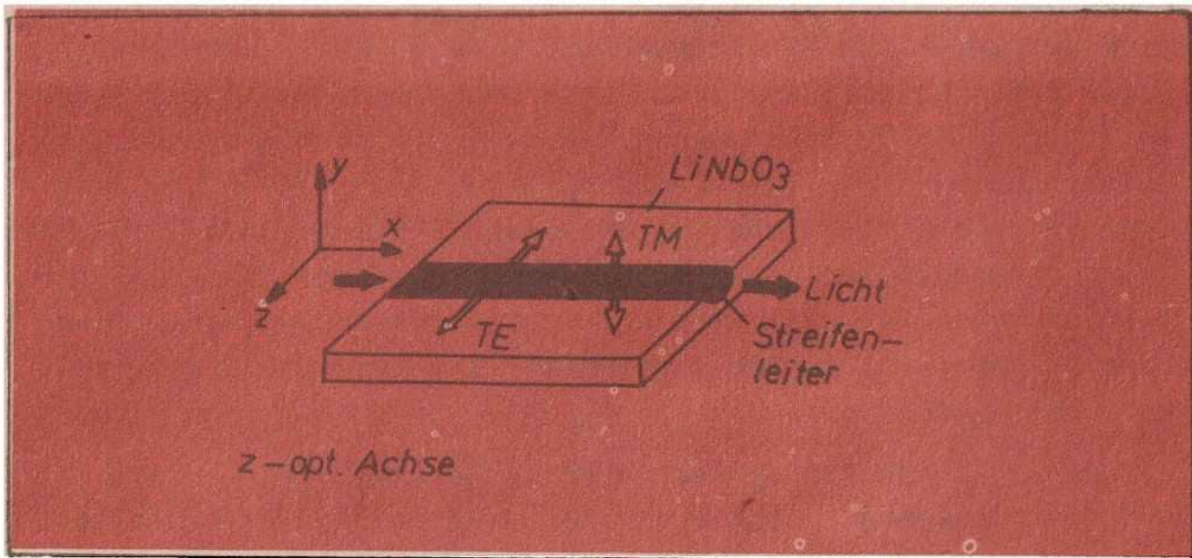
Wenn es jedoch nicht möglich ist, den Halbleiterlaser schnell genug zu modulieren oder ich das Licht irgendwo in der Lichtleitfaserstrecke modulieren will, also extern, außerhalb des Lasers, dann brauche ich Bauelemente wie den integriert-optischen MZI-Modulator!

Auf das Phänomen der optischen Wellenleitung wurde in Teil 1 bereits eingegangen. Die Frage ist, wie ich ein wellenleitendes Gebiet mit höherem Brechungsindex als in der Umgebung erzeuge. In Glas geht das mittels Ionenaustausch. Es ist jedoch nicht möglich, eine geführte optische Welle im Glas durch ein elektrisches Feld zu beeinflussen, dazu benötigt man elektro-optisch aktive Kristalle, wie Lithiumniobat (LiNbO_3). LiNbO_3 ist ein optisch einachsiger Kristall und negativ doppelbrechend. Was heißt das? Je nachdem in welcher Richtung ich das Licht durch den Kristall schicke und wie es polarisiert ist, wirkt ein anderer Brechungsindex. Aus der Schulphysik kennen wir diese Eigenschaft vom Nicolschen Prisma, das aus dem Material Kalkspat besteht.

Ein LiNbO_3 -Grundkristall, wie ihn Kristallzüchter herstellen, hat die Form einer langgestreckten Birne. Aus dieser muß man nun in genau definierter Richtung Plättchen, die Chips, heraussägen. Auf einem solchen Chip wird auch unser Modulator realisiert. Bild 2 zeigt das Beispiel eines LiNbO_3 -Substrats mit einem Streifenwellenleiter entlang der x-Richtung des Kristalls. Die z-Achse ist die optische Achse des Kristalls. Da die Y-Achse senkrecht aus der Oberfläche des Chips zeigt, sprechen wir auch von einem Y-Schnitt. Schicken wir nun Licht durch den Streifenleiter, sind nur zwei Ausbreitungszustände möglich, entweder ist das Licht parallel zur Oberfläche po-

larisiert (TE-Polarisation) oder senkrecht zur Oberfläche (TM-Polarisation). Damit wirken aber unterschiedliche Brechzahlen, wie in Tabelle 1 für rotes Licht ($\lambda = 0,633 \mu\text{m}$) des Helium-Neon-Lasers bzw. infrarotes Licht ($\lambda = 0,85 \mu\text{m}$) eines Halbleiterlasers zu sehen ist.

Bild 2



Polarisation	wirkender Brechungsindex	$n(\lambda = 0,633 \mu\text{m})$	$n(\lambda = 0,85 \mu\text{m})$
senkrecht zur optischen Achse, TM-Polarisation	ordentlich (engl.: ordinary) n_o	$n_o = 2.2865$	$n_o = 2.2493$
parallel zur optischen Achse TE-Polarisation	außerordentlich (engl.: extraordinary) n_e	$n_e = 2.2027$	$n_e = 2.1708$

TABELLE 1

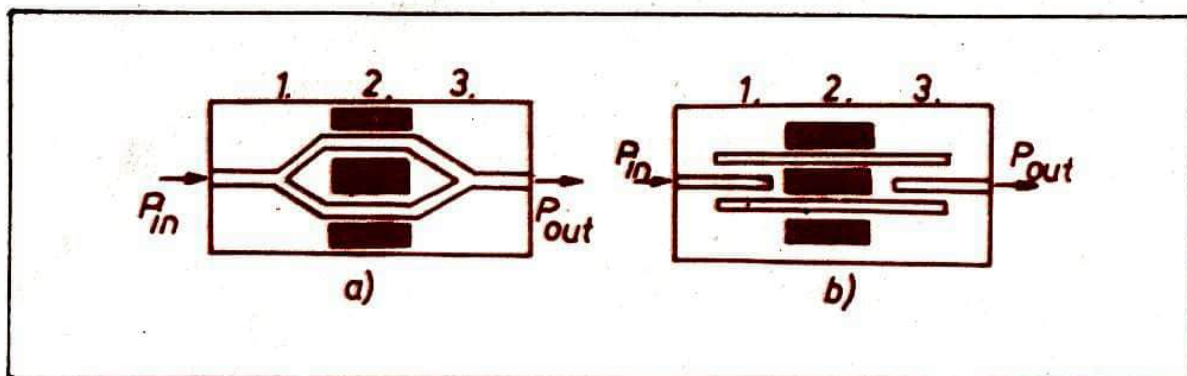
Wenn man das im Streifenwellenleiter geführte Licht nun elektrisch beeinflussen will, muß man parallel zum Wellenleiter, also links und rechts, Metallelektroden auf die Kristalloberfläche aufbringen. Ein elektrisches Feld zwischen den Elektroden ruft eine Brechungsindexänderung im Wellenleitergebiet hervor, diese wiederum eine Phasenänderung der Lichtwelle. Eine solche Phasenänderung läßt sich dann relativ leicht in eine Intensitätsänderung des Lichtes (hell/dunkel) umwandeln. Je höher nun die elektrooptische Aktivität des Kristalls ist, desto niedriger kann die Spannung an den Elektroden sein, um einen Effekt zu erzielen. Wenn es genauer interessiert, für den ist der Informationskasten 3 gedacht.

Die Frage zusammengefaßt, ist also, wie kann ich bei geringer Spannung U und nicht zu großer Länge l der Elektroden, bei möglichst geringem Abstand d der Elektroden eine hohe Phasenänderung $\Delta\varphi$ erreichen. Dabei benötige ich mindestens eine Phasenverschiebung von π , denn zwei Lichtwellen, die um diesen Wert phasenverschoben sind, löschen sich aus. Die charakteristische Spannung dazu heißt π - oder Halbwellenspannung U_π . Damit haben wir alles, um einen MZI-Modulator zu konstruieren. Intensitätsmodulatoren nach dem Mach-Zehnder Prinzip setzen sich aus drei Funktionen zusammen:

1. Symmetrische Aufteilung des Lichtes in zwei Teilwellen,
2. Verschiebung der relativen Phasenlage zwischen den beiden Teilwellen (Erzeugen einer Phasendifferenz),
3. Vereinigung der beiden Teilwellen durch Interferenz.

Die Lichtaufteilung kann dabei auf zweierlei Art geschehen, wie Bild 3 darstellt (Draufsichten).

Bild 3



Die elektrooptischen Eigenschaften von LiNbO_3 lassen sich z.B. mit Hilfe einer 6,3-Matrix beschreiben, also 6 Zeilen und 3 Spalten. Die r-Werte sind die

INFO 3

$$\begin{bmatrix} 0 & -r_{22} & r_{13} \\ 0 & r_{22} & r_{13} \\ 0 & 0 & r_{33} \\ 0 & r_{51} & 0 \\ r_{51} & 0 & 0 \\ -r_{22} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

elektrooptischen Koeffizienten. Man sieht, für LiNbO_3 sind einige Null, andere wiederholen sich. Der größte Koeffizient ist $r_{33} = 3 \cdot 10^{-12} \text{ m/V}$ und nur der soll uns auch interessieren.

$$m = 1 \dots 6$$

$$k = 1 \dots 3$$

Die elektrooptischen Koeffizienten verbinden ein angelegtes elektrisches Feld mit einer Brechungsindexänderung Δn . Ist also z.B. $m = 3$, bedeutet dies, daß das Licht parallel zur z-Achse polarisiert sein muß, und $K = 3$ heißt, daß der elektrische Feldvektor auch in z-Richtung zeigen muß. Wir können dann schreiben:

$$\Delta n_e = -\frac{1}{2} n_e^3 r_{33} E_z \quad (1)$$

Wie wir uns erinnern, setzt sich die Phase φ einer Lichtwelle aus der Wellenlänge λ , dem Brechungsindex n und einem Weg l zusammen. Hier soll l die Länge der Elektroden längs des Wellenleiters sein.

$$\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} n \cdot l \quad (2)$$

Eine Änderung der Phase läßt sich also mit (1) schreiben

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta n_e l = -\frac{\pi}{\lambda} n_e^3 r_{33} E_z l \quad (3)$$

Für E_z kann man in guter Näherung schreiben

$$E_z = \frac{2U}{\pi d} \quad (4)$$

wobei U die angelegte Spannung und d der Abstand der Elektroden voneinander ist. Setzt man (4) in (3) ein, ergibt sich

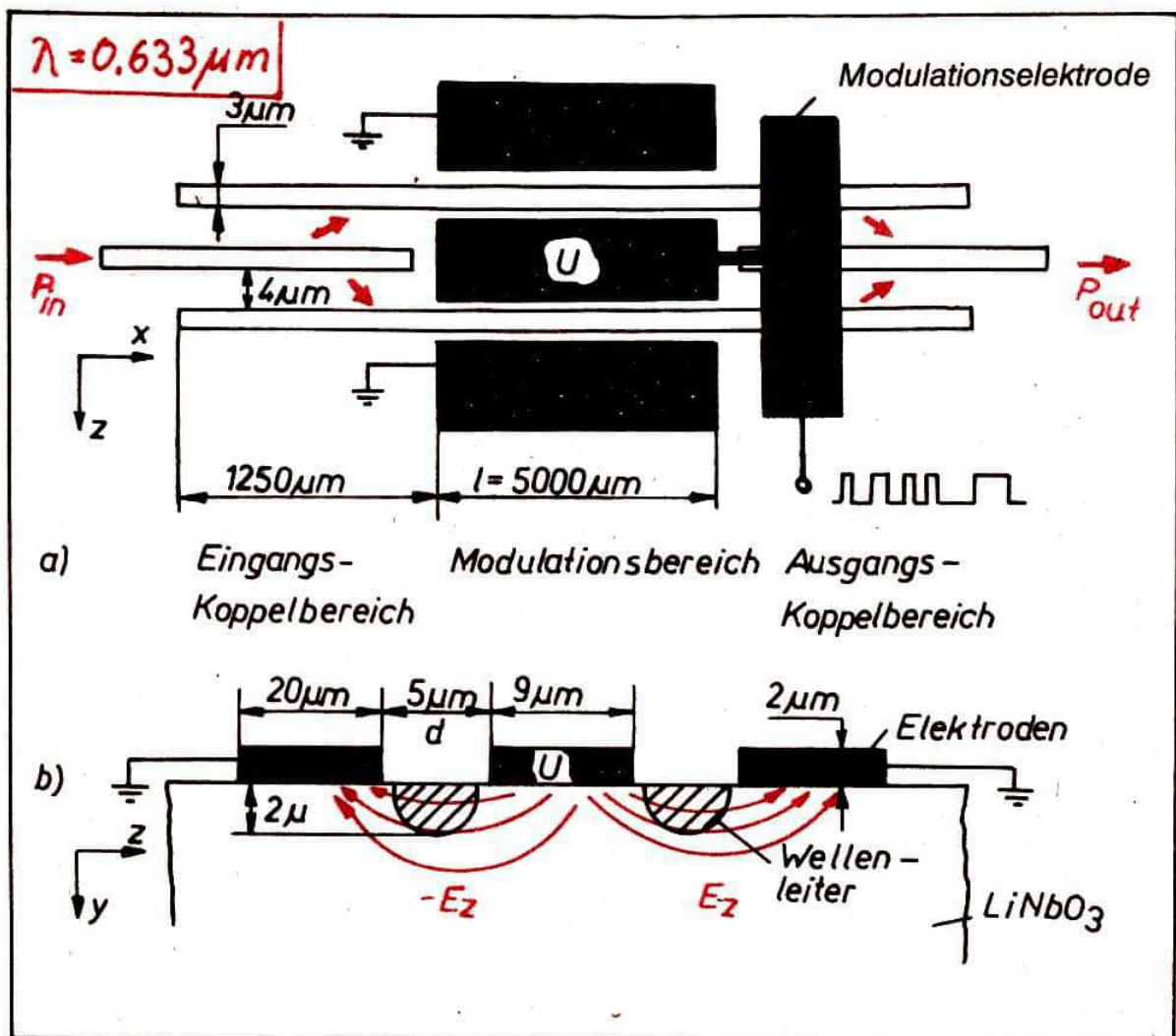
$$\Delta\varphi = \frac{2 n_e^3 r_{33} U l}{\lambda d} \quad (5)$$

INFO 3

Die dunklen Gebiete sind jeweils die Elektroden, die hellen, die Streifenweller. In Bild 3a) erfolgen die Aufteilung des Lichtes in zwei Teilwellen und die Vereinigung der Teilwellen mit den bekannten Y-Verzweignern. So funktionieren z.B. die amerikanischen Modulatoren. Die in Bild 3b) dargestellte Ausführung entspricht den Jensei Modulatoren. Hier erfolgen Aufteilung und Vereinigung der Teilwellen mittels Parallelkoppelung von drei Streifenwellenleitern. Wenn man die Abstände der Streifen und die Länge des Koppelbereiches geeignet wählt, kann man erreichen, daß das Licht aus dem mittleren Wellenleiter genau im Verhältnis 50:50 auf die äußeren Wellenleiter überkoppelt.

Warum das geht, soll hier nicht interessieren.

Eine konkrete Ausführung des Modulators ist in Bild 4 als Draufsicht a) und im Schnitt b) dargestellt.



Zu bedenken ist dabei noch einmal, wie dick ein Menschenhaar ist, nämlich etwa $70\text{ }\mu\text{m}$. Man kann sich vorstellen, wie groß der Aufwand sein muß, diese wesentlich kleineren Strukturen exakt herzustellen. Vor allem über eine Länge von etwa einem Zentimeter!

Wenn wir auf die Schnittdarstellung in Bild 4b schauen, sehen wir, daß in den beiden äußeren Wellenleitern das elektrische Feld entgegengesetzt gerichtet ist. Das heißt, daß man zwischen den beiden Wellenleitern sofort eine doppelt so große Phasenverschiebung erreicht, als hätte man nur einen Wellenleiter (In Gleichung (5) im Infokasten wäre also die 2 durch eine 4 zu ersetzen). Oder umgekehrt, ich benötige nur die halbe Spannung, um eine Phasenverschiebung von $\Delta\varphi$ zu erreichen.

Im Ausgang Koppelbereich wurden die beiden Teilwellen wie erwähnt durch Interferenz überlagert. Das ergibt die folgende Kennlinie des MZT-Modulators

$$P_{\text{out}} = \frac{P_{\text{in}}}{2} \left\{ 1 + \cos [\Delta\varphi(t)] \right\} \quad \text{mit } \Delta\varphi(t) \sim U(t) \quad t\text{-Zeit}$$

Für eine Phasenverschiebung von $\Delta\varphi = \pi$ zwischen den beiden Teilwellen ($U(t) = U_{\pi}$) ergibt sich also $P_{\text{out}} = 0$. Auf diese Weise wird also die Phasenmodulation in eine Intensitätsmodulation umgewandelt. Die Jenaer Modulatoren gewährleisten eine Milliarde Hell-Dunkel-Umschaltungen in der Sekunde, was einer Bandbreite von 1 GHz entspricht. Damit genügen sie prinzipiell den Anforderungen moderner optischer Nachrichtentechnik. In Tabelle 2 sind für zwei Modulatoren noch einige Daten zusammengestellt.

Abschließend sei noch kurz angedeutet, wie Wellenleiter und Elektroden hergestellt werden. Für die Wellenleitererzeugung werden zunächst dünne Streifen aus metallischem Titan auf die LiNbO_3 -Oberfläche gebracht. Danach läßt man das Titan bei sehr hohen Temperaturen ($1000\text{ }^{\circ}\text{C}$) einige Stunden lang in den Kristall eindiffundieren, wodurch der Brechungsindex erhöht wird und der Wellenleiter entsteht. Die Elektroden bestehen aus Goldstreifen von $2\text{ }\mu\text{m}$ Dicke, die galvanisch hergestellt werden. Die Elektroden werden über hauchdünne Aluminiumdrähte ($\varnothing 25\text{ }\mu\text{m}$) elektrisch angesteuert.

Lasertyp	He-Ne-Laser	Halbleiterlaser
Wellenlänge	= 0,633 μm	= 0,85 μm
Elektrodenlänge l	5000 μm	5000 μm
Elektrodenabstand d	5 μm	7 μm
Wellenleiterbreite	3 μm	5 μm
Wellenleiterabstand	4 μm	4 μm
Halbwellenspannung	2,0 V	3,0 V
Bandbreite	1 GHz	1 GHz

TABELLE 2

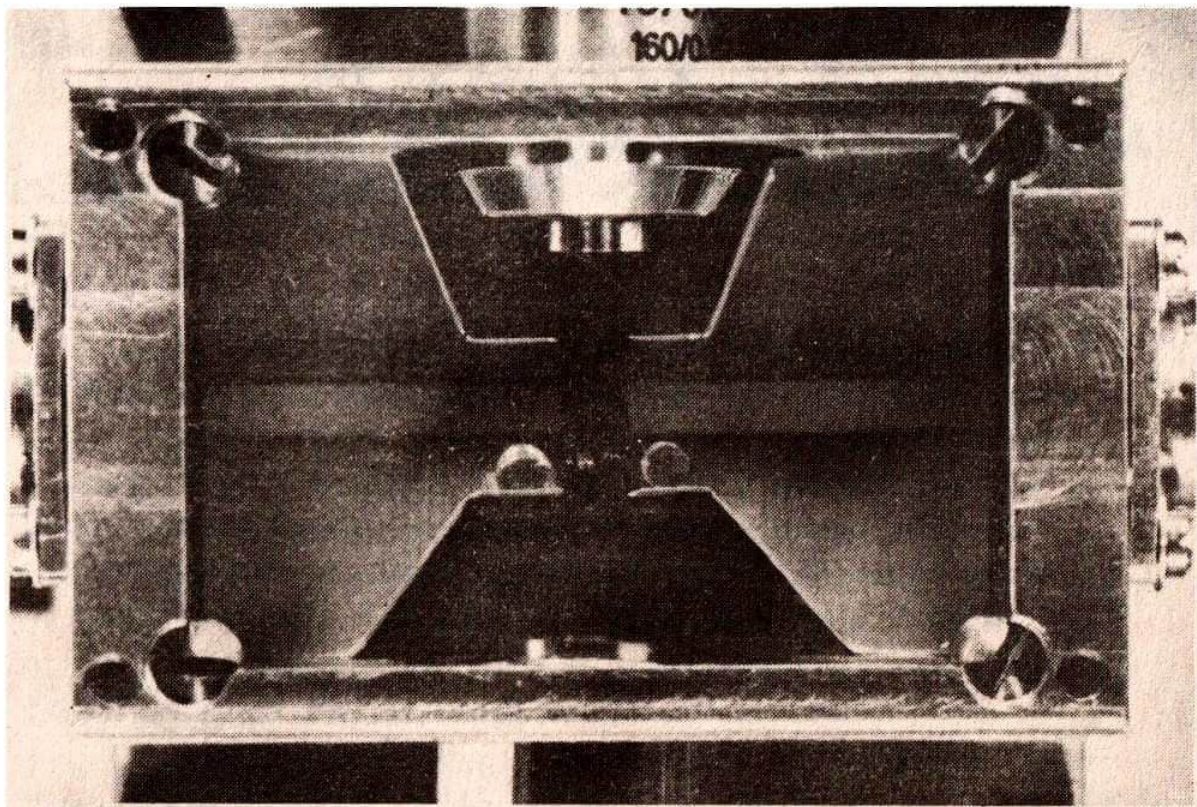


Foto 1: Modulatoreinheit in der Draufsicht. Oben und unten Ein- bzw. Auskoppelobjektiv. Zentral ist in einem abschirmenden Gehäuse der Modulatorchip zu erkennen.

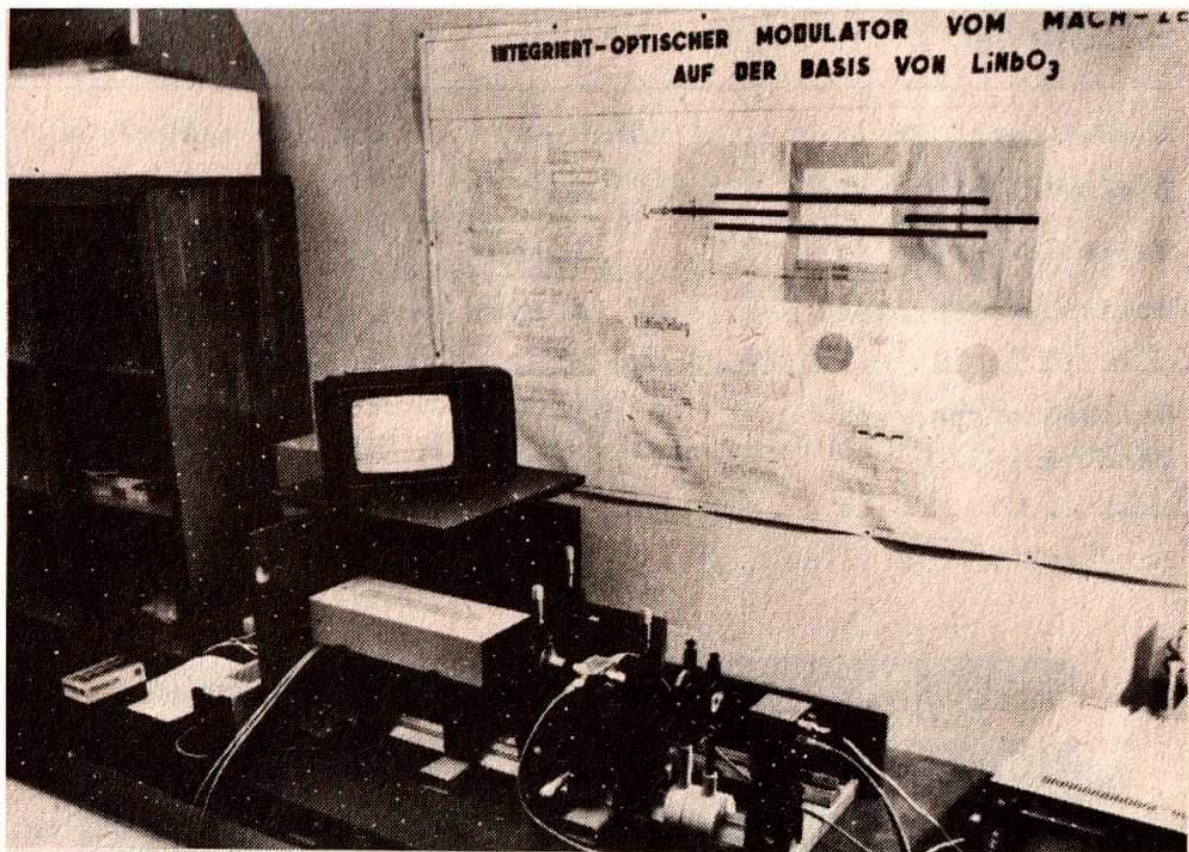


Foto 2: Modulatorteststrecke zur Fernsehübertragung im Labor. Auf der optischen Bank von links nach rechts zu erkennen: Helium-Neon-Laser, Einkoppelobjektiv, Modulatoreinheit mit elektrischer Ansteuerung von einer Fernsehkamera, Auskoppelobjektiv, Blende, fokussierende Linse, schnelle Fotodiode als Empfänger. Die Fernseh-Kamera steht im Rücken des Betrachters.

So, das wär's. - Ein kleiner Ausflug in die Integrierte Optik. Man darf erwarten, daß sich in den nächsten 10 Jahren hier noch einiges tun wird. Den Begriff "Integrierte Optik" sollte man sich jedenfalls merken, auch wenn "Integriert" noch Zukunftsmusik ist.

Ritter ist Ritter,
wir sind nur
Knappen.

Novalis

"Er hatte schon in früherer Zeit ... in Jena ... sich mit dem Gelde nicht zu benehmen gewußt. Das Silber und selbst das Gold schienen für ihn nur dieselbe Bedeutung zu haben wie die Zink- und Kupferplatten, aus denen seine großen Voltaischen Säulen gebaut waren, er sah gleichgültig zu, wie die Metalle unter den Experimenten seiner wissenschaftlichen Forschung sowie seines unregelmäßigen Haushaltes sich abnutzten und zersetzten ... Er konnte viele Tage lang, wenn es sein mußte, mit Wasser und Brot sich begnügen und dabei ganze Nächte lang schlaflos auf dem Sofa sitzend, bei seinen unseligen Experimenten ausdauern ..."

So urteilten Freunde über den jungen, von Forschergeist getriebenen Apotheker, Studenten und Privatgelehrten, der seine bescheidenen Einkünfte in Apparaturen und Metalle steckte und damit experimentierte; an Froschschenkeln, Pflanzen, aber auch in zahlreichen Eigenversuchen, die seine Gesundheit ruinierten.

Goethe, Humboldt, Oerstedt, Frommann, Brentano, Novalis, Herder, der Herzog von Sachsen-Gotha gehörten zu seinem Bekannten- und Freundeskreis.

Seine Forschungen in Jena zogen zahlreiche Studenten und Gelehrte in die thüringische Universitätsstadt, obwohl die Alma Mater ihm eine Anstellung verweigerte. Er gehörte dem Kreis der deutschen Frühromantiker an und war als origineller Vertreter der Weimerer und Jenenser Bohemien bekannt. Sein guter Ruf als glanzvoller Forscher auf dem Gebiet der Elektrizität geriet jedoch in späteren Jahren zunehmend in

des Kreuzfeuer der Kritik. Ursache dafür waren einerseits die teilweise krampfhaften Versuche, alles in ein "einheitliches" Schema zwängen zu wollen. Was zu fehlerhaften Aussagen führte, zum anderen seine skandalumwitterten späteren "Forschungen" über die Funktionsweise der Wünschelruten, Wasserfühler und über magnetische Kräfte. Seine früheren Leistungen blieben nach seinem Tode im Alter von nur 33 Jahren kaum beachtet oder wurden gar falsch interpretiert, nahezu 100 Jahre lang. Heute gilt er - wenn auch noch immer kaum bekannt - als Begründer der Elektrochemie, als Entdecker der UV-Strahlung, als Erfinder des Akkumulators ... die Reihe läßt sich fortsetzen.

Studentenzeit

Die Apothekerlehre hatte er beendet, aber er fühlte sich zur Wissenschaft berufen. Er verließ seinen schlesischen Heimatort, in dem er 1776 als Sohn eines evangelischen Pfarrers geboren wurde. Der junge "Apotheker und Astronom", wie er sich selbst bezeichnete, ging dem Ruf der alma mater jenensis folgend nach Thüringen und ließ sich 1796 immatrikulieren. Noch im gleichen Jahr erschien seine erste Abhandlung. Ritter war ungewöhnlich begabt, rasch eignete er sich ein umfangreiches Wissen an, experimentierte selbständig und widmete sich insbesondere den Problemen des Galvanismus. Bald war er der Fachwelt bekannt.

So wurde er - noch zwanzigjährig - von Alexander v. Humboldt gebeten, eine neue Veröffentlichung zu Aspekten der galvanischen Erscheinungen "mit kritischer Strenge durchzugehen und mir aufzuzeichnen, wo ich gefehlt". 1797 folgte sein erster Vortrag vor der Naturforschenden Gesellschaft in Jena, ein Jahr später erschien sein erstes Buch: "Beweis, daß ein beständiger Galvanismus den Lebensprozeß in dem Tierreich begleitet". Ritter gab hier die richtige Erklärung für das galvanische Phänomen. Im gleichen Jahr brach er sein Studium ab. Er wurde aber noch sechs Jahre später in den Akten der Universität als Student geführt.

Galvanisches Phänomen

Der italienische Anatom und Geburtshelfer Galvani hatte 1789 eine fundamentale Entdeckung gemacht, die Naturwissenschaftler, Philosophen, ja die gesamte Öffentlichkeit sensibilisierte und

in den nun folgenden Jahren die Anzahl der Frösche spürbar dezimierte (heute unter Naturschutz stehend). Beim Zubereiten einer Froschschenkelbrühe für die kranke Gattin hatte ein versehentlich elektrostatisch aufgeladenes Messer bei Berührung zu Zuckungen eines toten Frosches geführt. Mit Froschpräparaten nun weiter experimentierend, konnte der Anatom dann feststellen, daß es bereits zu einer Muskelreizung kommt, wenn Nerv und Muskel mit zwei verschiedenen Metallen zu einer bestimmten Kette zusammengeschlossen werden. Wieder hatte ihm der Zufall dabei geholfen. Von Galvani waren die an einem Kupferhaken befestigten Frösche an einem Eisengeländer aufgehängt worden. Galvani begründete das Phänomen mit einer tierischen Elektrizität, die neben der Reibungselektrizität existieren würde. Der elektrische Schlag, den Zitterrochen ¹⁾ und Zitteraale auslösen, sollte so erklärt werden können. Viele sahen sogar in den zuckenden Froschschenkeln die Entdeckung der allen Lebewesen innewohnenden "Lebenskraft".

Der Physiker Graf Volte widersprach (von Napoleon zum Grafen ernannt). Der Schenkel sei lediglich Anzeigeinstrument, die Elektrizität entstehe bereits an der Kontaktstelle der sich berührenden, untersch. Metalle; also keine Lebenskraft. Aber woher sollte die Volte'sche Elektrizität kommen, sollten die Kontakte ein perpetuum mobile sein?



¹⁾ Der im Meer lebende große Zitterrochen besitzt ein elektrisches Organ, das Stromstärken bis zu 120 A und Schlagleistungen bis zu 5 kW erzeugen kann.

Auch der Student Ritter teilte Galvanis Behauptungen nicht. Seine Erklärung in diesem Grundlagenstreit um die Theorie der Elektrizität war die richtige. Ritter beschrieb den Galvanismus als Erscheinung, die weder "eine Lebenskraft" noch ein "Kontakt-Perpetuum mobile" darstellt, sondern infolge chemischer Vorgänge resultiert.

Der Frosch, auf zwei Metallbügeln unterschiedlichen Materials aufgehängt, war praktisch das erste Galvanische Element. Der Schenkel war zugleich Galvanometer und notwendiger Elektrolyt.

In den abschließenden Sätzen seines Buches heißt es:

"Und da im totalen dynamischen Prozeß, dem sogenannten chemischen auch der partielle, der elektrische enthalten ist, wie im ganzen Teil, darf dann die Ankündigung befremden, daß das System der Elektrizität, nicht wie es jetzt ist, sondern wie es einst sein wird, zugleich das System der Chemie und umgekehrt werden wird?"

Ritter als Privatgelehrter

Ritter wurde durch seine Veröffentlichungen zu Problemen des Galvanismus über die Grenzen der alma mater jenensis weit hinaus bekannt. Doch die Leitung der Universität verwehrte ihm die Anstellung. Lediglich durch eine Petition der Studenten, unterstützt durch den Weimerer Hof, wurde ihm gestattet, für die Dauer eines Semesters eine Vorlesung über den Galvanismus zu halten.

Ritter wurde Privatgelehrter und forschte weiter auf dem jungen Gebiet der neuen Elektrizität, beschäftigte sich aber auch mit anderen naturwissenschaftlichen Problemen. Das Streben nach Erkenntnis wurde sein erklärtes Lebensziel, ihm ordnete er alles unter. Alltägliches wurde nebensächlich, selbst das Geld. Wenn welches da war - er erhielt es von Gönnern oder durch Publikationen - wurde es in Büchern, Instrumenten, Edelmetallen angelegt, Sparen konnte Ritter nicht, immer stand er am Rande der bürgerlichen Katastrophe, mußte gar zeitweise vor seinen Schuldnern aus Jena fliehen. Sein Leben wurde skandalumwittert, aber man warb um ihn als interessanten Gesprächspartner und besonders sein guter Ruf als genialer Physiker zog Studenten und Gelehrte in die thüringische Universitätsstadt.

So z.B. den Dänen Hans Christian Oerstedt. Ihn verband eine jahrelange Freundschaft mit Ritter. Sie experimentierten gemeinsam, und Oerstedts große Entdeckung der Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom, -die Geburtsstunde des Elektromagnetismus - kann auch als Weiterführung der Arbeit von Ritter angesehen werden. Ritter hatte bereits 12 Jahre vor dieser Entdeckung eine Abhandlung konzipiert: "Über den Zusammenhang des Magnetismus mit der Elektrizität", die leider nie erschien. Im Jahre 1800 lernten sich Goethe und Ritter kennen, nachdem von Goethe bereits zwei Jahre zuvor auf den jungen Naturwissenschaftler aufmerksam gemacht worden war. Ritter half dem Minister bei der Einrichtung seines physikalischen Kabinetts, und beide experimentierten auch gemeinsam. Die Zusammenarbeit dauerte jedoch nur ein Jahr. Goethe schrieb demals an Schiller: "Eine Erscheinung zum Erstaunen, ein wahrer Wissenshimmel auf Erden".

Besondere Freundschaft verband Ritter aber mit Novalis und Herder, die ihm große Vorbilder wurden und ihm über manche Krisensituation hinweghalfen. Denn Aufgeschlossenheit, "Sucht" nach Menschen und Scheffensfreude, die sich in wochenlangem Experimentieren und zahlreichen Publikationen (einschließlich Versuchen im Dichten und Märchenschreiben) ausdrückten, wechselten sich ab mit Depressionen, Isolierung. Todessehnsüchten. "Ich bin ganz unglücklich! Hilf mir! Gestern haben wir das erste Gewitter gehabt. Ich ging hinaus, damit es mich erschlage ...".

Dennoch war diese Zeit in Jena Ritters produktivste und glücklichste Phase in seinem kurzen Leben. Seine Experimente zu den Voltaschen Entdeckungen bereicherten den Erkenntnisstand auf dem Gebiet des Galvanismus wesentlich.



Abb.2: Ritters Wohnung in der Zwätzengasse/ Jena.

Ritters Beiträge zur Elektrochemie, sowie der Reiz- und Sinnesphysiologie

Volta's Experimente in einem aus mehreren verschiedenen metallischen Leitern bestehenden geschlossenen Kreis führten zur Aufstellung der Spannungsreihe der Metalle. Ritter entdeckte 1788-1798 die Übereinstimmung zwischen der Volta'schen Spannungsreihe und der Reihe der chemischen Verwandtschaft der Elemente zum Sauerstoff. Diese Entdeckung gilt als Beginn der wissenschaftlichen Elektrochemie.

Volta hatte den Zusammenhang nicht gesehen und wollte von der Ritterschen Theorie nichts wissen, ja stellte die gefundene Korrelation in Abrede.

In den folgenden Jahren widmete sich Ritter verstärkt elektrolitischen Untersuchungen. Einer seiner Hauptversuche ist folgender:

"Auf eine Glasplatte werden zwei Stück Zink und Kupfer gebracht, so daß jedes Paar der ungleichen Metalle gleichzeitig in einen auf der Platte vorhandenen Wassertropfen taucht. Eines der Metallpaare ist durch einen darübergelegten Leiter der Elektrizität verbunden, der andere nicht. Wenn der Versuch etwa 4 Stunden gestanden hat, so findet man das Zink, welches mit dem anderen Metalle verbunden war, stark oxydiert, das andere, das im übrigen unter ganz gleichen Bedingungen sich befunden hatte, ist dagegen kaum merklich angegriffen". Es gelang ihm, mittels der Elektrolyse, metallisches Kupfer aus Kupfervitriollösung zu gewinnen. Zudem erkannte er die Identität von statischer und galvanischer Elektrizität.

Im Jahre 1800 lag die Geburtsstunde der ersten leistungsfähigen Stromquelle. Volta konstruierte seine bekannte Ladungssäule, eine Reihenschaltung von $\text{Cu}/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Zn}$ -Elementen. Er zeigte, daß die elektromotorische Kraft einer Kette von galvanischen Elementen Metall/Elektrolyt/Metall sich durch den Aufbau zur Säule ins Unbegrenzbare steigern läßt. Bisher konnte mit der einfachen Kette nur eine Spannung von etwa 1 Volt erhalten werden.

Ritter hatte schon früher das Prinzip der Addition ausgesprochen, aber die praktische Ausführung versäumt. Aber er war bestens vorbereitet und stürzte sich auf die Experimente mit der Volta'schen Säule. Glücklicherweise stellte der Her-

zog Ernst II zu Sachsen-Gotha die finanziellen Mittel zur Verfügung, war er doch selbst an dem Besitz der wunderlichen Säule interessiert. Aus 600 Paaren bestand die Rittersche Ausführung, Ritter experimentierte an der Säule bis zum baldigen Tode des Herzogs. Er konnte die getrennte Gasabsonderung bei der Elektrolyse des Wassers, die Ausscheidung von Silber an der Katode und die polare Zersetzung der Elektrolyte zeigen.¹⁾

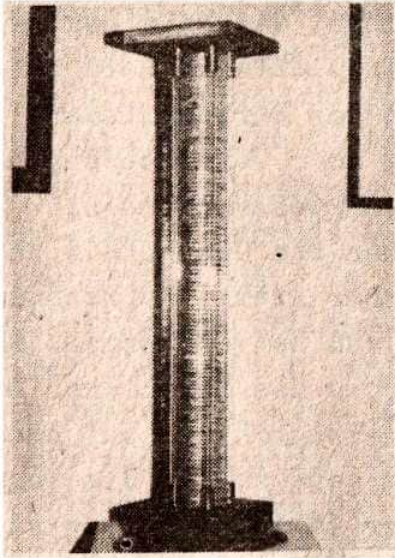


Abb.3: Säule Ritters im Romantikerhaus in Jena, dem ehemaligen Wohnhaus Fichtes.

Wesentliche Forschungen Ritters bezogen sich alsdann mit der Wirkung des galvanischen Stromes auf den Organismus. Anfangs untersuchte er das Verhalten des Froschpräparates bei langdauernden Reizimpulsen und wies Unterschiede in der Reizphysiologie bei unterschiedlicher Durchstromrichtung nach. Bei Reizexperimenten an Froschherzen stellte er zudem eine Abhängigkeit der Wirkung von der Phase des Herzrhythmus fest. Die Schlußfolgerungen A. von Humboldts, daß einige chemische Flüssigkeiten, z.B. alkalische Lösungen, die Reizbarkeit erhöhen oder herabsetzen können, widerlegte er. Ritter zeigte, daß keine physiologisch bedingte Erregbarkeitserhöhung, sondern nur eine physikalische Verstärkung der galvanischen Kette vorlag.

Dann ging Ritter zu Selbstversuchen über. Er reizte Augen,

¹⁾ Um in diesem Zusammenhang noch einmal auf den großen Zitterrochen zurückzukommen. Sein elektrisches Organ besteht aus rund 500 parallel geschalteten Säulen zu je etwa 375 Platten. Übrigens erzeugen elektrische Fische, die in Süßwasser leben, höhere Spannungen als jene, die in Meerwasser leben (Anpassung an unterschiedliche Leitfähigkeit des Wassers).

Ohren, Nase, setzte die empfindliche Züge den galvanischen Strömen aus, wiederholte die Experimente mehrmals. Ja, untersuchte auch Körperpartien, "die man sonst nicht zu Experimenten in Anspruch nimmt".

So schreibt er über seine Versuche zur Wirkung galvanischer Ströme auf das Sehvermögen:

"Ich brachte dazu einen durch Draht mit einer der Batterie verbundenen Metallknopf in das offene Auge und einen feuchten Finger, unmittelbar oder die Zunge, die Nase usw. ebenfalls durch Draht mit der anderen Endplatte in Berührung".

Ritter beobachtete dabei Änderungen des Farbempfindens, der Konturenschärfe, eine Verkleinerung oder Vergrößerung der Bilder, zudem eine Änderung des Geschmacksempfindens.

Die langwierigen Versuche untergraben die Gesundheit des Physikers. Ritter klagt zunehmend über starke Kopfschmerzen, Augenentzündungen, Schwindelgefühl und Zahnschmerzen. Nach einem Versuch, mit dem er die Änderung des farblichen Sehvermögens infolge intensiver Sonneneinstrahlung auf das Auge - er hat eigens dazu eine Vorrichtung gebaut, die die Augenlider offenhält - erfassen will, leidet er 26 Tage lang an starken Sehstörungen.

Ritter zog aus seinen Versuchen weitreichende Schlußfolgerungen.

Aus der Erkenntnis, daß geringe Unterschiede in der Beschaffenheit der Stoffe genügen, um an einem Frosch Zuckungen hervorzurufen, und da der Organismus, indem überall verschiedene Stoffe aneinandergrenzen, der Sitz zahlreicher Ströme sein müsse, formulierte er:

"Gesundheit ist also zweckmäßige Harmonie der Aktionen dieser Kette". Krankheit mußte also Disharmonie der Körperströme sein! Tatsächlich versuchte man in den folgenden Jahren mit äußeren galvanischen Strömen therapeutisch wirksam zu werden. Es gab wehrscheinlich keine Krankheit, die man nicht irgendwie mit galvanischen Strömen heilen wollte. Zumindest aber half die "Elektrotherapie" bei der Genesung von Patienten mit Rheumabeschwerden, Lähmungen und Entzündungen. Auch die ersten Wiederbelebungsversuche mittels Elektroschock fanden statt.

So heißt es etwa 40 Jahre nach Ritters Versuchen in einem "Volks-Naturlehrbuche":

"Die Versuche über die Zuckungen an Leichnamen von Menschen und auch großen, warmblütigen Thieren sind überhaupt ungemein merkwürdig. So beobachtete man einst an einem seit einer Stunde Gehängten, bei dem die Pole der Kette auf sehr empfindliche Stellen gebracht worden waren, eine furchtbare Thätigkeit der Muskeln, so daß sich im Gesicht nacheinander Angst, Wuth, Verzweiflung und ein schreckliches Lächeln ausdrückten; ja es trat sogar ein tiefes und angestrenktes Athmen ein".

1796, das Ankunfts-jahr Ritters in Jena, gilt als das Gründungsjahr der deutschen Frühromantik. Drei Jahre später hatte sich der gesamte Freundeskreis in der thüringischen Universitätsstadt zusammengefunden. Zu ihm gehörten die Philosophieprofessoren Schelling und Schlegel, die Frauen Veit und Schlegel, der Literat Novalis und zahlreiche junge Leute im Alter von 20 bis 30 Jahren, darunter auch Ritter. Die Frühromantiker lehnten die überkommene Beständigkeit bürgerlicher Konventionen ab, insbesondere war der Kreis von der Naturphilosophie Schellings geprägt, der sich an Fichtes Wissenschaftslehre, an den politischen Idealen der französischen Revolution und künstlerisch an den Werken Goethes (Schiller weniger) orientierte. Schelling (nach dem unfreiwilligen Ausscheiden Fichtes aus der Jenenser Universität zweifellos der bedeutendste Gelehrte der alma mater) vertrat philosophische Auffassungen, die teilweise spekulativen Charakter trugen und auf der Grundlage von sehr allgemeinen Gesetzmäßigkeiten und Postulaten deduzierten, stand der Physiker Ritter mit seinem empirischen Herangehen oft der Schellingschen "Spekulationstheorie" kontrovers gegenüber, so wurde er dennoch, besonders in den späteren Jahren stark von ihr beeinflusst.

Eines der Schlagworte des Romantikerkreises war die "Theorie von der Polarität". Ritter war ein eifriger Verfechter von der Hypothese des polaren und symmetrischen Aufbaus der Natur. In seinen Versuchen, eine Einheit zwischen den verschiedensten Polaritäten zu erzielen, zog er oft falsche Schlüsse. Aber er wurde dadurch auch befähigt, kühne Theorien aufzustellen, die ihn zur Entdeckung des Akkumulators und der UV-Strahlung führten.

Entdeckung der UV-Strahlung

Goethe hatte 1786 von seiner Italienreise den Bologneser Leuchtstein mitgebracht (um 1600 von einem Schuhmacher entdeckt). Dieser gehört zu den Sulfidphosphoren - Vertreter dieser Gruppe sind heute Hauptbestandteil der Leuchtzifferblätter und Leuchtschirme.

Phosphore selbst sind organische und anorganische Stoffe, die bei geeigneter Anregung phosphoreszieren. Phosphor gehört nicht zu den Phosphoren, der Name wurde fälschlicherweise von der Leuchterscheinung dieses Elementes abgeleitet. Lumineszenz von Phosphor wird lediglich durch einen Oxydationsprozeß abgegebener Dämpfe (Photonen anstelle von Wärme) bewirkt. Goethe unternahm nach seiner Rückkehr zusammen mit dem Deutschen Thomas Seebeck Versuche zur Lichtzerlegung. Dabei stellten sie fest, daß Strahlung, die benachbart zum Violett liegen mußte, den Leuchtstein am stärksten zur Phosphoreszenz aktivierte. Der Dichter verschob die Veröffentlichung bis zum Jahre 1810. Inzwischen (1801) hatte aber Ritter den klaren Beweis der Existenz der unsichtbaren UV-Strahlung erbracht. Nach der Entdeckung der infraroten Strahlung durch den Astronomen Herschel u.a. - auch Entdecker des Uranus - der das Sonnenspektrum mit einem Thermometer untersuchte und das Maximum der Wärmestrahlen jenseits des roten sichtbaren Lichtes fand, schlußfolgerte Ritter gemäß seiner Polaritätstheorie auf das Vorhandensein einer weiteren unsichtbaren Strahlung jenseits des blauen Bereiches. Für den Nachweis benutzte er das alte System von Scheele. Bereits im 16. Jahrhundert war beobachtet worden, daß Mineralien, die Silberchlorid enthalten (Hornblende), sich unter Einwirkung von Licht schwarz färben. Scheele tauchte Papier in Silberchlorid und stellte die Abhängigkeit des Schwärungsgrades von der Farbe des Lichtes fest und zeigte, daß blaues Licht i.G. zum gelben aktiv war. Ritter konnte sehr leicht zeigen, daß eine maximale Schwärzung für einen Bereich noch jenseits des Violetten auftrat und beschrieb die ablaufenden chemischen Vorgänge.

Ritter in München

Ritters Abschied von Jena fiel in die Zeit des Niederganges der Universität. Viele Gelehrte verließen die Universität, die

meisten gingen nach Bayern, das weitaus bessere Arbeitsmöglichkeiten bot. Ritter litt in Jena an zunehmender Vereinsamung. Novalis und Herder waren gestorben, Schelling hatte die alma mater verlassen, der Romantikerkreis war zerfallen - auch die Heirat mit der schwangeren Hausangestellten seines Wirtes ¹⁾ änderte nichts an seinen Depressionen.

1804 zieht Ritter nach München und wird zum Mitglied der Bayrischen Akademie der Wissenschaften ernannt. Jetzt erhält der inzwischen Dreißigjährige das erste Mal eine feste Besoldung. Die Jenenser Schulden kann er jedoch auch damit nicht bezahlen. In den vier Münchener Jahren beschäftigt sich Ritter mit der Akustik, den Alkalimetallen und Überlegungen zur "schnellen Fortleitung des Schalls durch feste Körper... . Das wäre also eine Fernsprache", sowie mit der Elektrophysiologie der Mimosen. Doch es fällt ihm schwer, in München Fuß zu fassen und die Affaire um einen italienischen Bauern verstärkt die Isolierung: Ritters Vorliebe für mystische Erscheinungen und seine Versuche, die Rbdomentie (Wünschelrutengängerei) mit der Erscheinung des Galvanismus zu erklären, werden durch die Nachricht belebt, am Gardasee würde ein Mann wohnen, der durch das bloße Gefühl allein in der Lage sei, versteckte Metall aufzufinden. Ritter war von der Realität dieser Fähigkeiten vollkommen überzeugt und veranlaßte den Minister, ihm die finanziellen Mittel für eine Untersuchung zur Verfügung zu stellen. Eine Akademiekommission wurde gebildet; aber der gute Campetti versagte bei den stattfindenden Experimenten. Ritter verlor zusehends an Ansehen.

Die Entfremdung, Bitterkeit und Melancholie des Naturwissenschaftlers nahmen zu, Krankheit fesselte ihn zunehmend an das Bett und seine finanzielle Lage nahm katastrophale Verhältnisse an. Im August 1809 bringt er seine Frau und seine vier Kinder in die Obhut seines Freundes und schreibt ihm: "Wäre ich nur erst völlig bei der Natur! - Aber erst vom Grabe kann ich dies erhoffen!" -

Ein halbes Jahr später, am 23. Januar 1810, starb der Dreiund-

¹⁾ Goethe vertraut er seine werdende Vaterschaft an:
"Indeß war ich in der letzten Zeit, in Stunden, wo die Natur freylich sich bloß an ihr eigenes System erinnert, und nicht ohne Neigung, in ein sogenannt näheres Verhältniß mit ihr gekommen; möglichste Naivität und Unverdorbenheit mit 18 Jahren und einiger Schönheit gepaart, gab Gelegenheit dazu".

dreißigjährige in seinem Münchner "wüsten, düsteren Zimmer, in welchem alles Mögliche, Bücher, Instrumente, Weinflaschen durcheinanderlag". Im Todesjahr erscheint seine anonyme Schrift: "Fragmente aus dem Nachlaß eines jungen Physikers", in dem mehr als 700 Aphorismen, Ideen, Vorschläge zu Versuchen unterbreitet werden. Bezeichnenderweise heißt es darin im letzten Satz:

"Unsere irdische Hülle ist nur eine Anmerkung, die der Schöpfer zum geistigen Text gemacht hat. Man liest sie zuletzt, überschlägt sie auch wohl".

Ritters Lebenssinn bestand in der Suche nach der Wahrheit. Daß ihm auf dieser Suche Irrtümer in Form falscher Schlußfolgerungen unterlaufen sind, darf seine naturwissenschaftlichen Leistungen nicht in Vergessenheit geraten lassen.

Tabelle 1. Rittersches Schema

Ritters Polaritätstheorie führte ihn zur Entdeckung der UV-Strahlung. Sein Drang nach Einordnung in ein universelles Schema aber auch zu falschen Schlußfolgerungen.

Lichtzerlegung		
Ultraviolett	sichtbar	ultrarot
kalt Reduktionsseite an negativer Katode: Wasserstoff blaues Licht Bildverkleinerung tiefer g-Ton Geruchsabnahme sauer Versteifung Nordpol	Elektrolyse Auge Ohr Nase Zunge Hand Magnet	warm Oxydationsseite an positiver Anode: Sauerstoff rotes Licht Bildvergrößerung hoher g-Ton Niesreiz alkalisch Lockerung Südpol

Auszüge aus den Fragmenten Ritters

Was beim Tiere Gestalt und im Menschen Schönheit ist, ist beim Metall der Glanz.

Kenne die Frau, so fällt das übrige dir alles zu.

Das Weib ist das Oxygenierbare und der Mann das Oxygenierende. Darum nimmt auch das Weib in der Liebe an Gewicht zu, wie alle sich oxydierbaren Körper. Gegeben sind damit weiter: leichteres spezifisches Gewicht, größere Wärmekapazität, schwächere Lichtbrechung, höhere Durchsichtigkeit etc., alles wie anderwärts.

Die beiden großen Dinge, der Hydrogenprozeß der Erde, und der Oxydationsprozeß derselben, scheinen das Gute und das Böse derselben auszumachen. Oxygenation ist die Quelle alles Irrtums, aller Hemmung, alles Stillstands, aller Angst und Qual. Das organische Treiben des Hydrogens dagegen ist freies Kunstgefühl Gottes, die Quelle des Guten. Nur das Organische ist gut, nur Liebe ist schön und herrlich.

INFO zum nachfolgenden Beitrag

Elektronenspin

Durch die Beschreibung der räumlich-zeitlichen Eigenschaften des Elektrons ist dieses noch nicht vollständig charakterisiert. Experimente haben nämlich gezeigt, daß Elektronen, die in ihrer räumlichen Aufenthaltswahrscheinlichkeit übereinstimmen, im Magnetfeld unterschiedliches Verhalten zeigen (Stern-Gerlach-Versuch).

Wir können daher dem Elektron eine weitere Eigenschaft zuordnen, die den Eigendrehimpuls des Elektrons, den sogenannten S P I N, charakterisiert. Die Eigenschaft des Spins kennt nur zwei Zustände. Je nachdem ob das Elektron in dem genannten Versuch nach oben oder unten abgelenkt wird, hat es den Spin UP (Symbol $\uparrow$) bzw. den Spin DOWN (Symbol $\downarrow$).

Damit wird verständlich, warum ein Elektronenorbital maximal zwei Elektronen aufnehmen kann.

OL
Siegfried Oertel
EOS „Karl Marx“
Leipzig

Das wellenmechanische Atommodell Teil 1: Grundlagen

"Erkenntnis ist die ewige, unendliche Annäherung des Gedankens an das Objekt", heißt es im philosophischen Nachlaß Lenins. Auf diesem Annäherungswege spielen Modellvorstellungen eine bedeutende Rolle. Ein Modell ist die Abbildung komplizierterer Systeme durch einfachere und übersichtlichere Systeme; es gibt nur bestimmte, für die Betrachtung wesentliche Seiten der Wirklichkeit des Originals (Gegenstand oder Vorgang) richtig wieder; es verschafft uns eine Ersatzvorstellung oder ein vereinfachtes Bild der Wirklichkeit. Jedes der in Abb. 1 durch Symbole bzw. Zeichnungen dargestellten Modelle gibt ausgewählte, wesentliche Eigenschaften der real existierenden, aber den menschlichen Sinnesorganen nicht ohne weiteres zugänglichen Kohlenstoffatome wieder. Auf die Bedeutung der Modellmethode für die Förderung des wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses - am Beispiel der Entwicklung der Modellvorstellungen vom Bau der Atome und Moleküle wird das besonders deutlich - sei an dieser Stelle nur verwiesen.

Die Modelle 1, 2 und 3 lernt der Schüler der allgemeinbildenden Schule der DDR im 8., die Darstellung 4 im 11. Schuljahr kennen; die Modelle 5 und 6 werden nach der vor einigen Jahren erfolgten Überarbeitung der Chemielehrpläne der Klasse 8 und vor allem der Abiturstufe nicht mehr vermittelt, werden aber im Hochschulstudium oft benutzt.

Schwerpunkt im Chemieunterricht der Klasse 8 ist die Behandlung des Rutherford-Bohrschen Atommodells (am Beispiel von Hauptgruppenelementen kleiner Ordnungszahl) und die Darstellung in Form von Energieniveauschemata.

Für die Weiterentwicklung des "Schalenmodells" nach Rutherford-Bohr waren im wesentlichen zwei neue wissenschaftliche Erkenntnisse entscheidend:

- Das Auffinden der sogenannten Unbestimmtheitsbeziehung oder auch Unschärferelation (Heisenberg, 1927).

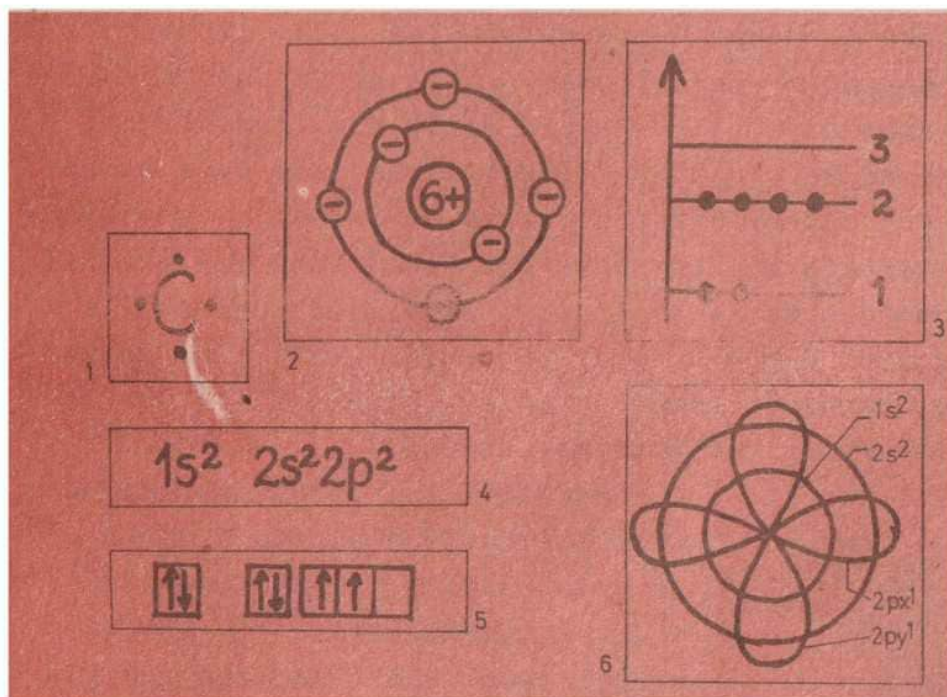


Abb. 1:
Darstellung von
Atommodellen

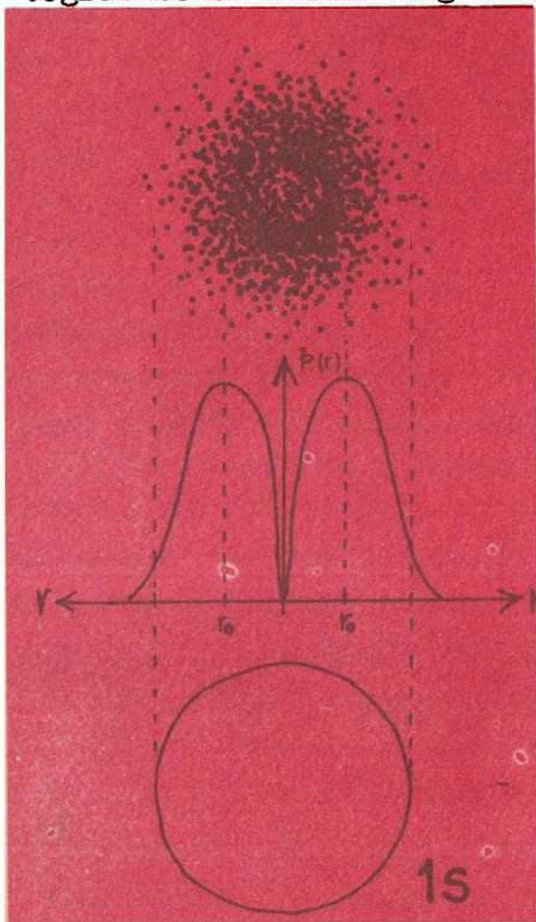
Im atomaren Bereich können Ort und Impuls eines Teilchens nicht gleichzeitig beliebig genau erfaßt werden; für ein Mikroobjekt kann nicht gleichzeitig eine genau bestimmte Raum-Koordinate und eine exakt bestimmte Geschwindigkeit angegeben werden. Die Entdeckung des Welle-Teilchen-Dualismus des Elektrons (de Broglie, 1924): Demnach haben Elektronen - ebenso wie das Licht- "Doppelcharakter", d.h. sie sind sowohl als Korpuskel als auch als Welle aufzufassen. Einem im Raum sich bewegendem Elektron entspricht eine "Materiewelle" mit der Wellenlänge

$$\lambda = \frac{h}{m \cdot v} \quad \left(\begin{array}{l} h = \text{Plancksches Wirkungsquantum,} \\ m = \text{Masse des Elektrons,} \\ v = \text{dessen Geschwindigkeit} \end{array} \right)$$

Wellenvorgänge werden mathematisch allgemein durch Differentialgleichungen beschrieben, die für den besonderen Fall der Elektronen von Schrödinger (1925/26), erstmals formuliert wurden. (Auf die mathematische Behandlung des Atombaus wird hier verzichtet).

Nach der Unbestimmtheitsbeziehung kann also die Bahn eines Elektrons um den Kern nicht exakt verfolgt werden. Ein Gedankenexperiment kann das Verständnis für die nachfolgenden Darlegungen erschließen: Wir stellen uns vor, daß wir von dem sich bewegendem Elektron in gleichen Zeitabständen eine große Anzahl fiktiver Aufnahmen machen. Der Abstand vom Kern wird damit jeweils durch einen Punkt wiedergegeben. Es entsteht eine

Vielzahl von Einzelfotos, die das Elektron in verschiedener Entfernung vom Atomkern in der Ebene darstellen. Alle Einzelbilder werden übereinander kopiert; man erhält so für das Wasserstoffatom im Grundzustand Abb. 2a und damit die Vorstellung einer "Elektronenwolke", ein kugelförmiges Gebilde ohne scharfe Abgrenzung nach außen. Sie stellt die Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons im Raum dar; die Schwärzung ist ein Maß für die Elektronendichte. (Wem Analoge lieb sind, der stelle sich eine Mücke vor, die mit hoher Geschwindigkeit eine ganze Nacht lang eine brennende Lampe umkreist. Hinsichtlich der fotografischen Auswertung verfährt man ebenso.)



Zeichnet man die Aufenthaltswahrscheinlichkeit $P(r)$ des Elektrons im Grundzustand des Wasserstoffatoms in Abhängigkeit vom Kernabstand, dann erhält man die radiale Wahrscheinlichkeitsdichte (Abb. 2b). Sie muß im Kern gleich Null sein, hat im Abstand $r_0 = 53 \text{ pm}$ ($1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$) ihr Maximum und nähert sich mit wachsender Entfernung vom Kern wieder dem Wert Null. Zur vereinfachten Darstellung wird als Grenze der "Elektronenwolke" der Abstand angenommen, der 90% der Wahrscheinlichkeitsdichte einschließt (das ist für das Wasserstoffatom der Radius $r = 140 \text{ pm}$). Der so eingeschlossene Raum wird als Orbital bezeichnet. Dieser Begriff ist eigentlich gerade falsch gewählt worden, denn er bedeutet im Engli-

schen "Bahn, bahnartiger Zustand". (Vergleiche: Verwendung in der Weltraumterminologie, z.B. Orbitalstation).

In vereinfachender Weise wird das Orbital des Wasserstoffatoms als Kreis dargestellt (Abb. 2c). Der Atomkern wird aufgrund seiner bekannten Kleinheit als punktförmig angenommen und in der Regel nicht mit dargestellt. Er spielt bekanntlich ohnehin für die Betrachtung chemischer Sachverhalte keine Rolle. Das Elektron ist also nach der Wellenmechanik als räumlich ausgedehntes Gebilde aufzufassen. Im Atom umgibt es den Kern

als räumlich stehende Welle. Die Aufenthaltsräume der Elektronen sind Orbitale, die in verschiedenen Energiezuständen - wie wir gleich sehen werden - unterschiedliche Formen haben. Es wird deutlich, daß Begriffe wie "Elektronenschale" oder "-bahn" ihren Sinn verloren haben.

In jedem Orbital können sich maximal zwei Elektronen aufhalten. (siehe Informationskasten Elektronenspin). Zur Darstellung der Besetzung der Orbitale wird die Symbolik der "Pfeilkästchen" verwendet: In den Kästchen stellt jeder Pfeil ein Elektron dar; für doppelt und damit maximal besetzte Orbitale werden entgegengesetzte Pfeile benutzt.

So wird also gekennzeichnet:



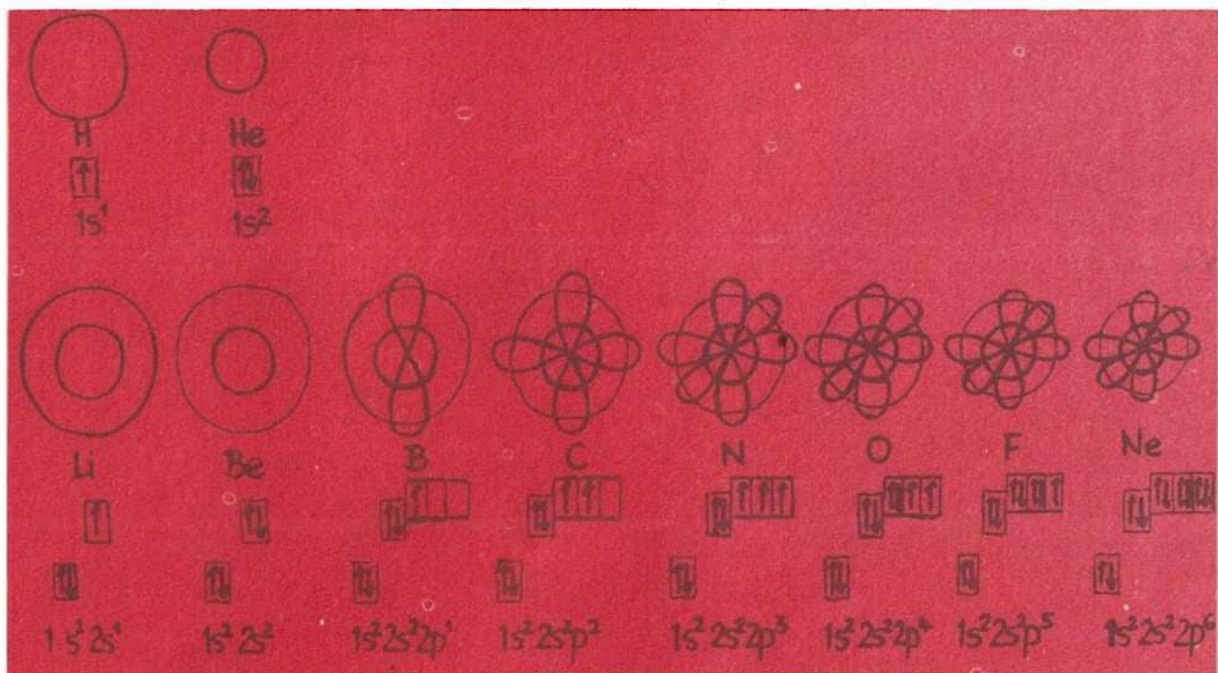
ein Orbital mit zwei Elektronen (vollbesetzt)



ein Orbital mit einem (ungepaarten) Elektron (einfach- oder halbbesetzt)



ein Orbital ohne Elektron (unbesetzt)

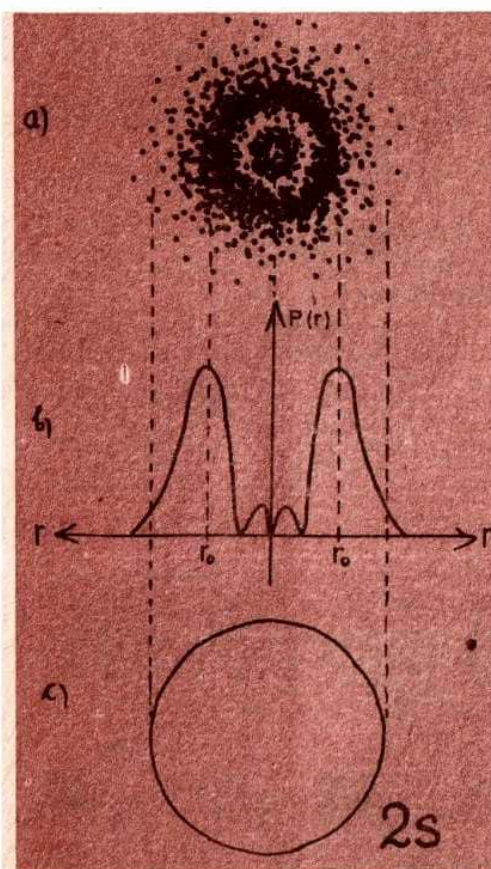


Das $1s^{(1)}$ -Elektron (s von engl. sharp) *) des Wasserstoffatoms (vgl. Abb. 3) bildet also ein kugelsymmetrisches Orbital. Im Heliumatom haben die beiden Elektronen ($2s^2$) denselben Aufenthaltsbereich. Wegen der größeren Kernladung und der damit

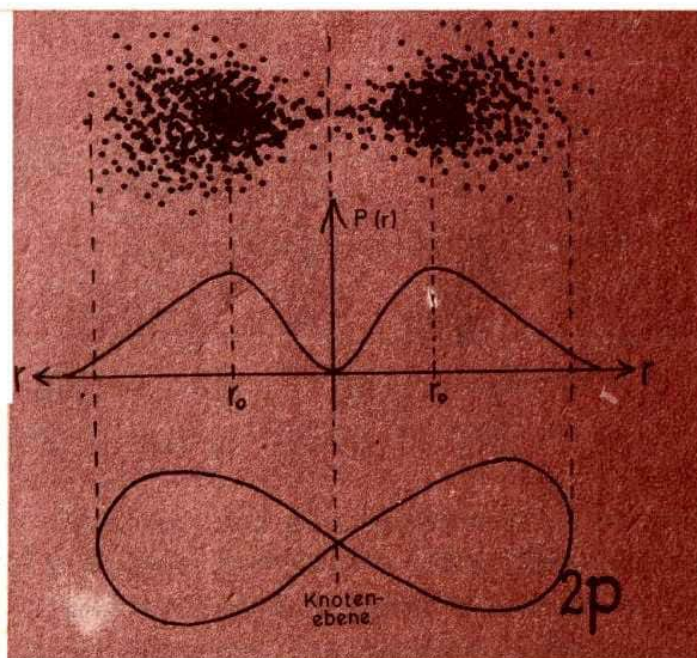
*) Die Bezeichnungen sharp, principal usw. stammen aus der Spektroskopie.

verbundenen größeren Anziehungskraft zwischen Kern und Elektronen ist die Elektronendichte größer; das Atom ist kleiner; das Orbital muß also im Vergleich zum Wasserstoffatom als kleinerer Kreis dargestellt werden.

Beim Lithiumatom gesellt sich zu den $1s^2$ - ein $2s$ -Elektron hinzu. Es erfolgt eine teilweise Überlagerung zweier kugelsymmetrischer Orbitale. (In Abb. 4 ist der besseren Übersicht wegen nur das $2s$ -Orbital dargestellt). Im Berylliumatom kommt es durch die Auffüllung eines zweiten $2s$ -Elektrons zu einer ähnlichen Erscheinung wie schon beim Helium: Es ist kleiner als das Lithiumatom.



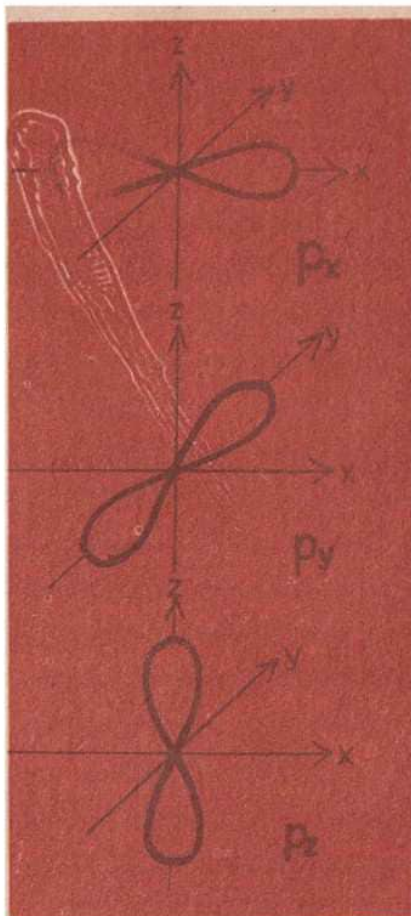
Im Atom des Elements Bor tritt erstmals ein p-Elektron (p von engl. principal) auf. Dessen Orbital ist rotationssymmetrisch (axialsymmetrisch) und man kann es sich in Gestalt zweier deformierter Kugeln zu beiden Seiten einer Knotenebene vorstellen (Hantelform); das Elektron hält sich mit gleicher Wahrscheinlichkeit zu beiden Seiten der Knotenebene auf (Abb. 5).



Für das folgende empfiehlt es sich, ein Periodensystem der Elemente zur Hand zu nehmen.

Die bis zum Element Neon hinzukommenden insgesamt

sechs p-Elektronen können sich in drei p-Orbitalen aufhalten, die sich lediglich durch ihre Lage im Raum unterscheiden (Abb.6).

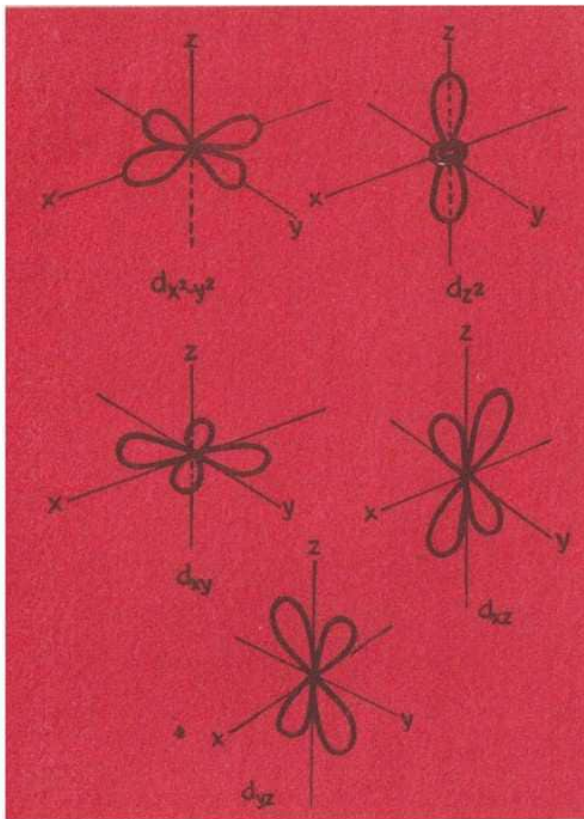


Entsprechend der Richtung der Koordinaten erfolgt ihre Bezeichnung mit p_x -, p_y - und p_z -Orbital. Energetisch betrachtet sind sie alle völlig gleichartig.⁺⁺) Das $2p_x$ -Orbital des Boratoms überlagert sich nun wieder teilweise mit den schon vorhandenen $1s$ - sowie $2s$ -Orbitalen. Das zweite p -Elektron des Kohlenstoffatoms füllt nun nicht - wie vielleicht zu erwarten wäre - das $2p$ -Orbital auf, sondern liegt als $2p_y$ -Orbital vor. Dasselbe gilt für das Stickstoffatom, in dem das nächste p -Elektron als $2p_z$ -Orbital auftritt. Nach der Hundschen Regel werden die Orbitale desselben Energieniveaus zunächst immer einzeln besetzt. Erst im Sauerstoff-, Fluor- und Neonatom werden in dieser Reihenfolge die $2p_x$ -, $2p_y$ - und $2p_z$ -Orbitale doppelt besetzt (vergl. Abb. 3). Die Folge ist wegen der ständig wachsenden Anziehungskräfte zwischen Kern und Atom-

hülle eine kontinuierliche Verkleinerung des Atomdurchmessers. Im Natriumatom setzt sich hinsichtlich des $3s$ -Elektrons die Erscheinung fort, die wir beim Lithiumatom kennengelernt haben; desgleichen wiederholen sich die Analogien für die Atome der übrigen Elemente der 3. Periode zu denen im zweiten Energieniveau.

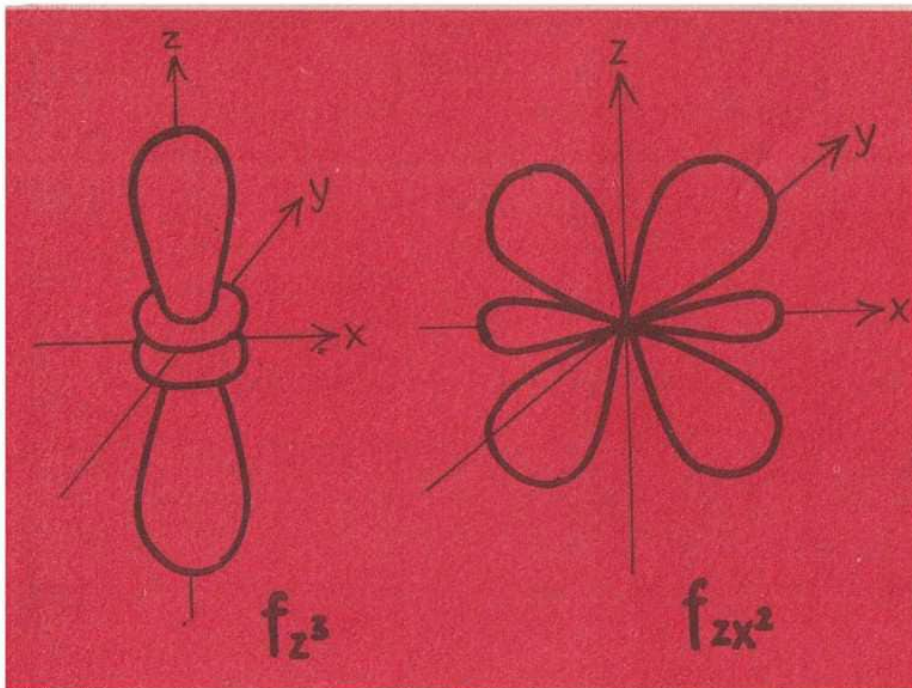
Die in den Atomen der Nebengruppenelemente der 4. Periode zum ersten Male auftretenden d -Elektronen (d von engl. diffuse) halten sich in fünf energetisch wiederum gleichartigen, aber räumlich unterschiedlich angeordneten Orbitalen auf. Ihre charakteristische Form ist in Abb. 7 wiedergegeben. Vier von ihnen sind rosettenförmig. Die "Keulen" der Rosette können zwischen den drei Achsen (d_{xy} , d_{xz}) bzw. längs der x - bzw. y -Achse ($d_{x^2-y^2}$) liegen; das fünfte Orbital ist nicht rosettenförmig, sondern in komplizierterer Weise längs der z -Achse angesiedelt

⁺⁺) In unserer Orbitalvorstellung ist zunächst keine Zuordnung Orbital - Energie des Elektrons vorhanden. Eine exakte mathematische Behandlung mittels Differentialgleichungen würde aber neben der Orbitalform die Energie des jeweiligen Elektrons liefern.



(d_z²). Auch hier gilt natürlich, daß jedes Orbital maximal zwei Elektronen fassen kann, und daß (in der Reihenfolge ihrer Anordnung im PSE) vom Scandium bis Mangan die Orbitale zunächst einfach und dann erst (vom Eisen bis zum Zink) doppelt besetzt werden. Es ist also kein Zufall, daß es jeweils 10 Nebengruppenelemente pro Periode gibt. Daß schließlich jeweils 14 Lanthanoide und Actinoide existieren, braucht nunmehr ebensowenig zu verwundern: Die je vierzehn f-Elektronen (f von engl. fundamental) bilden 7 Orbitale, die ebenfalls energetisch gleich-

wertig, aber wiederum verschieden im Raum ausgerichtet sind.



Die Abbildung 8 zeigt zwei Möglichkeiten der räumlichen Ausrichtung von f-Elektronen.

In den soeben beschriebenen anschaulichen Ergebnissen des wellenmechanischen Atommodells - manchmal wird dafür auch synonym der Begriff "quantenmechanisches Atommodell" verwendet manifestiert sich ein grundlegender dialektischer Widerspruch zwischen Wissenschaftlichkeit und Anschaulichkeit. Wissenschaftlich exakt kann man atomare Strukturen nur mathematisch beschreiben; das entbehrt aber jeder Anschaulichkeit. Umgekehrt laufen gute anschauliche Modelle Gefahr, sich von der Wissenschaftlichkeit immer mehr zu entfernen. Mit Hilfe der Orbitalmodelle gewinnen die Atome geometrische, modellierbare Strukturen, so daß sich viele der aus der Chemie bekannte Struktureigenschaften der Moleküle ohne weiteres erklären lassen. Das soll in den folgenden Heften am Beispiel ausgewählter chemischer Verbindungen dargestellt werden. Aufgrund ihrer Anschaulichkeit (Form, räumliche Anordnung und Größe der Orbitale) sind diese Modellvorstellungen gut geeignet, das Verständnis für das Zustandekommen der chemischen Bindung und bestimmte Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften zu entwickeln.

In unserer anschaulichen Betrachtung der wellenmechanischen berechenbaren Aufenthaltswahrscheinlichkeiten blieb die Größe Energie unberücksichtigt. Der Aspekt der Energie eines Elektrons wird hingegen deutlich im Modell des Energieniveauschemas. Dieses liefert aber keine Aussagen über die räumliche Anordnung der Elektronen in der Atomhülle, ebensowenig (diesen Fehler machen viele unserer Schüler!) über den Abstand der Elektronen vom Atomkern. Es gibt "nur" - das ist aber wichtig genug - Auskunft über den Energieinhalt der Elektronen. Wir haben es also bei den Modellen Orbital und Energieniveauschema mit zwei Seiten ein- und derselben exakten mathematischen Behandlung zu tun. Daraus ergibt sich ebenso, daß die Verwendung des Begriffs "AußenElektronen" höchst diskussionswürdig ist. Er ist nur sinnvoll zu gebrauchen, wenn man darunter eindeutig die Elektronen des Äußersten (d.h. höchsten) Energieniveaus versteht. Entscheidend für die Interpretation chemischer Sachverhalte sind einzig und allein die "Valenzelektronen", d.h. die beim Eingehen einer chemischen Bindung bzw. deren Umwandlung zu betätigenden Elektronen; und das sind sehr oft nicht die sogenannten AußenElektronen.

(Fortsetzung Heft 1/87)

Titel	Autor	Heft	Seite
PHYSIK			
Mikroelektronik leichtverständ- lich: U 880	(4) Bläsche	1	20
Programmieren leichtverständ- lich: Einführung in BASIC	(1) Andreas, Schumann, Niehardt	1	34
Zahlen, Funktionen, Programmverzweigungen	(2) Flegel, Schumann, Andreas	2	3
Unterprogramm und Graphik	(3) Flegel, Schumann, Andreas	3	3
Farbe auf dem Bild- schirm	(4) Flegel, Schumann, Andreas	4	21
Funktionen und Koordi- natensysteme	(5) Flegel, Schumann, Andreas	5	41
Dauerhafte Daten	(6) Flegel, Schumann, Andreas	6	36
Lichtsignale aus dem Reagenz- glas - wider dem II. Hauptsatz der Thermodynamik ?	Weigt	1	41
Die Entstehung des Windes	Masurat	2	41
Wie weit ist die Integrierte Optik ?	(1) Rottschalk	4	3
	(2) Richter	5	3
	(3) Rottschalk	6	3
Nuklearer Winter	König	4	10
Holographie - ein junger Wissenschaftszweig	Selle	5	21
Physik-Nobelpreis 1985 für die Entdeckung des Quanten-Hall- Effekts	Mann	5	21
Das wellenmechanische Atom- modell: Grundlagen	(1) Oertel	6	26
BIOLOGIE			
So weiß wie Blut - PFC-Emul- sionen als Blutersatz	(2) Meinert	1	3

Titel	Autor	Heft	Seite
Eine Pflanzenkrankheit und ihre Folgen für die Gentechnik	Laplace	3	39
Wurmheer auf Wanderschaft	Zimmermann	4	10
Mehr Paprika durch Saatgutbe- strahlung	Taistra, Schulz	4	17
Krebserregende Stoffe in der Natur	Martinetz	5	12
Amphibienschutz in Aktion		5	35
CHEMIE			
Alfred Werner - Begründer der (2) klassischen Koordinationschemie	Fischer	1	26
Wein - von der Traube bis zum Kater (1)	Hüller	2	28
(2)	Hüller	3	18
Ein künstlicher Leuchtkäfer - Neue Möglichkeiten der Unter- suchung dynamischer Systeme	Ritschel	2	36
Kristalle selbst gezüchtet	Botschen	3	12
Die Säure-Base-Theorie von Arrhenius, Brönstedt, Lewis und Usanovic	Schulze	3	33
ASTRONOMIE Astronomische Temperaturen	Schmidt	2	13
Übergreifende Artikel, Geschichte, Interviews			
Naturkatastrophen	Niehardt	1	9
Niels Bohr und die moderne Atom- theorie	Hoffmann	1	16
Tagung der Physikalischen Ge- sellschaft der DDR	Niehardt	3	25
Johann Wilhelm Ritter	König	6	13
Wissenswertes		3	32
		6	43
Leserpost		5	38
MOSAİK		1	30
Büchermarkt	König	2	26
Unsere Physikaufgabe		1	8
		3	23
		5	33
		6	44

Alle Daten, die in Form von Variablen vorliegen, wie z.B. Zahlenvariablen A, B, C ... oder Text (String) -variablen A\$, B\$, C\$.. werden beim Abspeichern eines Programms auf Kassette nicht mit übernommen. Ebenso werden bei jedem Start des Programms mit RUN diese Daten vollständig gelöscht.

Sollen nun gewisse Daten immer erhalten bleiben und gleich nach dem Laden des Programms verfügbar sein, so übernehmen wir diese direkt ins Programm. Die Anweisung DATA in einem Programm signalisiert dem Computer, daß nachfolgend Daten abgespeichert werden.

```
10 DATA 5, 7, 3.5, COMPUTER
```

Dabei müssen die einzelnen Daten durch Kommas abgetrennt sein. Textvariable müssen nur dann in Hochkommas geschrieben werden, wenn darin Kommas vorkommen oder das erste Zeichen ein Leerzeichen ist.

Wie können wir nun mit diesen Daten operieren ? Der Computer verfügt intern über einen sogenannten DATA-Zeiger, der zu Beginn immer auf das erste Element der am weitesten vorn im Programm stehenden Programmzeile mit einer DATA-Anweisung zeigt.

Mit der Anweisung READ läßt sich nun das Element aus der DATA-Liste lesen, auf welches der DATA-Zeiger gerade hinweist.

```
20 READ A
```

In Zeile 20 wird der Variablen A der Wert 5 (erstes Element der DATA-Liste) zugewiesen. Der DATA-Zeiger wird dabei auf das folgende Element gerückt. Wir können mit einer READ-Anweisung auch mehrere durch Komma abgetrennte Variablen lesen, wobei der DATA-Zeiger entsprechend der Anzahl der Variablen weitergerückt wird.

```
30 READ B, C, A$
```

Ein weiteres READ nach Zeile 30 würde die Fehlermeldung "OD ERROR" hervorrufen, d.h. es sind keine weiteren Daten zum Lesen vorhanden. Die Anzahl der Daten in DATA-Zeilen muß also mit der

Anzahl der zu lesenden Daten übereinstimmen. Wir sind aber auch in der Lage, den DATA-Zeiger mit der Anweisung RESTORE zu beeinflussen. RESTORE setzt den DATA-Zeiger wieder an den Anfang der DATA-Liste, und die Daten stehen wieder zum Lesen bereit. Folgt nach RESTORE eine Zeilennummer, z.B. RESTORE 100, so wird der DATA-Zeiger auf die angegebene Programmzeile gesetzt, in der eine DATA-Anweisung steht. Die nächste READ-Anweisung liest das erste Element der DATA-Liste dieser Zeile.

Numerierte Variable (Indexvariable)

Aus der Schule sind uns durchnummerierte Variablen (z.B. x_0 , x_1 , x_2 ...) bekannt. Der Computer bietet uns dieselbe Möglichkeit, nur die Schreibweise ist folgendes: $X(0)$, $X(1)$, $X(2)$...

Allerdings müssen wir vor der Benutzung solcher Variablen den dafür notwendigen Speicherplatz vereinbaren. Dazu dient die Anweisung DIM. Wir legen jetzt den Speicherplatz für die Variablen $X(0)$ bis $X(9)$ fest. Es ist zu beachten, daß bei jeder Dimensionierung die Nummerierung bei Null beginnt.

10 DIM X(9)

In Zeile 10 reserviert der Computer durch die DIM-Anweisung Speicherplatz für zehn Variablen und setzt diese zunächst auf den Wert Null. Vorteilhaft kurz fällt - vor allem für sehr viele durchnummerierte (indizierte) Variablen - der Programmabschnitt für die Eingabe der Variablen aus:

20 FOR K=0 TO 9 : INPUT X(K) : NEXT K

Der Index (Nummer) der durchnummerierten Variablen kann wiederum auch eine Variable sein (siehe Zeile 20). Weiterhin kann man mit den Variablen so arbeiten, daß durch die Kürze dieses Programmabschnitts Speicherplatz gespart wird. Im nächsten Beispiel sehen wir, daß der in der Klammer stehende Index sogar ein arithmetischer Ausdruck (z.B. $J+1$) sein kann.

```
30 FOR I=0 TO 9
40 FOR J=0 TO 8
50 X1=X(J):X2=X(J+1)
60 IF X1<X2 THEN 80
70 X(J)=X2:X(J+1)=X1
80 NEXT J
90 NEXT I
100 PRINT "ZAHLEN GEORNET:"
110 FOR K=0 TO 9: PRINT X(K):NEXT K
```


Das aufgelistete Programm ordnet die Variablen der Größe nach, beginnend mit der kleinsten Zahl. Versucht den Ablauf des Programms zu ergründen und schreibt euch dazu ein Beispiel mit wenigen Variablen Schritt für Schritt auf.

Es würde uns sicherlich schwerfallen, dieses Programm mit einfachen Variablen (also keine indizierten Variablen) in dieser Kürze aufzustellen. Allerdings werden wir für größere Anzahlen von zu ordnenden Zahlen bemerken, daß die Rechenzeit rapide ansteigt. Überlegt euch, wie die Rechenzeit in einigen Fällen (z.B. wenn die Zahlen am Anfang schon geordnet vorliegen) reduziert werden kann, denn das dargestellte Programm bemerkt nicht, ob die Zahlen schon geordnet sind.

Neben den bisher vorgestellten eindimensionalen indizierten Variablen lassen sich mit dem Computer auch zwei-, drei- und mehrdimensionale Variablen vereinbaren. Die DIM-Anweisung für zwei- und dreidimensionale Variablen zeigt das Beispiel.

```
DIM(3,2) : DIM(2,2,2)
```

Eine anschauliche Vorstellung von diesen Variablen (anlehnend an das Bild der eindimensionalen Variablen auch Variablenfelder genannt) zeigt die Abbildung auf der Hefrückseite. Zweidimensionale Variablenfelder sind beispielsweise mit einer Tabelle vergleichbar, deren Zeilen und Spalten durchnummeriert sind. Wenn wir mit einer einzelnen Variablen aus dem Variablenfeld arbeiten, so müssen wir diese bei ihrem vollständigen Namen nennen, d.h. Spalten- und Zeilennummer müssen angegeben werden.

```
PRINT X(1,1)
```

Um alle Variablen eingeben bzw. ausdrucken zu lassen, müssen wir natürlich nicht jede Variable einzeln aufrufen, sondern können auch hier die Indizes (das sind die Zahlen in Klammern) durch Variable ersetzen. Die tabellarische Ausgabe des gesamten Variablenfeldes wird mit dem Programmbeispiel organisiert.

```
10 FOR Z=0 TO 3
20 FOR S=0 TO 2
30 PRINT X(Z,S),
40 NEXT S
50 PRINT
60 NEXT Z
```

```
  0  1  2
  0  0  1  2
  1  0  1  2
  2  0  1  2
  3  0  1  2
OK
>
```


Es entsteht eine Tabelle mit vier Zeilen und drei Spalten. Wenn wir aus diesem Programm ein Eingabeprogramm machen wollen, kann das PRINT in Zeile 50 entfallen, und statt PRINT in Zeile 30 muß ein INPUT eingesetzt werden. Prinzipiell ist es auch gleichgültig, welcher der beiden Indizes die Zeilen- bzw. Spaltennummer darstellt. Wer dieses Schema verstanden hat, dem wird es nicht schwerfallen, das aufgeführte Programm so umzuschreiben, daß eine Tabelle mit drei Zeilen und vier Spalten daraus wird.

In analoger Weise läßt sich auch ein dreidimensionales Variablenfeld aufbauen. In der Abbildung ist es in Form eines Würfels, dessen Seitenflächen jeweils in neun gleichgroße Quadrate geteilt wurden, dargestellt. Der große Würfel ist dadurch in 27 kleinere Würfel aufgeteilt, einer in der Mitte und 26 an den Außenflächen. Stellt euch beispielsweise den bekannten Zauberwürfel vor, bei dem jeder kleine Würfel einen Speicherplatz für eine Variable darstellt. Numeriert man die Würfel in alle drei Raumrichtungen durch, kann die Position jedes kleinen Würfels im großen Würfel durch drei Zahlen (Indizes) angegeben werden. Das im Beispiel angegebene Variablenfeld mit den Dimensionen (2,2,2) ist in der Lage 27 Zahlen zu speichern.

In einem solchen Feld ließe sich beispielsweise die Temperatur- oder Dichteverteilung eines Körpers abspeichern. Dazu wird der Körper in möglichst viele gleichgroße Quadrate geteilt, die wie oben beschrieben durchnumeriert werden. Jeder dieser kleinen Würfel hat eine bestimmte Temperatur, deren Wert in die entsprechende Variable des Feldes mit den dazugehörigen Indizes, die den Ort im Körper kennzeichnen, gespeichert wird. Das Variablenfeld enthält dann die ortsabhängige Temperaturverteilung des Körpers, und zwar um so genauer, je feiner man den Körper in kleinere Würfel aufteilt. Irgendwann wird man bei diesem Vorgehen natürlich an eine Grenze des Sinnvollen und des Speicherplatzes stoßen. Die gespeicherten Daten können beispielsweise als Ausgangssituation für die Berechnung der Wärmeleitung in dem Körper sein.

Auch das Ausdrucken eines dreidimensionalen Feldes geschieht analog den zweidimensionalen Variablenfeldern, nur daß eine FOR-NEXT-Schleife mehr benötigt wird.

Oftmals ist es nötig, größere Datenmengen, die bei Programmstart immer wieder verfügbar sein sollen (z.B. feste Anfangswerte zur Simulation eines physikalischen Vorgangs oder gewisse

Tabellenwerte), fest ins Programm einzubinden. Das folgende Beispielprogramm zeigt, wie dauerhafte Daten aus DATA-Listen in Variablenfelder eingelesen werden können, wobei auch Variablenfelder für Stringvariable Anwendung finden. Die Stringvariablenfelder werden analog zu Zahlenvariablen gehandhabt. Für die Kennzeichnung dieser Variablen ist wiederum das Zeichen "\$" zu gebrauchen.

In der Zeile 30 sind die Kurzzeichen der Einheiten eingetragen, die in Zeile 130 bis 140 in zwei Stringvariablenfelder eingelesen werden (V\$(4) und Z\$(4)). Die Umrechnungsfaktoren zwischen den Einheiten sind in den Zeilen 50 bis 90 gespeichert und werden in den Zeilen 150 bis 170 tabellenförmig in das Variablenfeld übernommen.

Der zweite Programmteil (ab Zeile 180) zeigt eine Möglichkeit der Nutzung des Variablenfeldes. In den Zeilen 240 bis 270 wird aus den eingegebenen Stringvariablen V\$ (alte Einheit) und Z\$ (neue Einheit) die Position des zugehörigen Umrechnungsfaktors im Variablenfeld U(4,4) (Tabelle) bestimmt. Diese Position wird durch die Variablen Z und S festgelegt.

```

10 REM UMRECHNUNG VON ENERGIEEINHEITEN
20 REM KURZZEICHEN DER EINHEITEN
30 DATA J,kWh,kcal,kPa,MeV
40 REM LISTE DER UMRECHNUNGSFAKTOREN
50 DATA 1,2.778E-7,2.388E-4,0.10197,6.242E12
60 DATA 3.6E6,1.859.8,3.671E5,2.247E19
70 DATA 4.1868E3,1.163E-3,1.426.9,2.614E16
80 DATA 9.80665,2.724E-6,2.342E-3,1.6.122E13
90 DATA 1.602E-13,4.45E-20,3.626E-17,1.634E-14,1
100 REM DIMENSIONIEREN DER VARIABLENFELDER
110 DIM V$(4),Z$(4),U(4,4)
120 REM UEBERTRAGEN DER DATEN INS VARIABLENFELD
130 FOR K=0 TO 4:READ V$:V$(K)=V$:NEXT K
140 RESTORE:FOR K=0 TO 4:READ Z$:Z$(K)=Z$:NEXT K
150 FOR Z=0 TO 4:FOR S=0 TO 4
160 READ U:U(Z,S)=U
170 NEXT S,Z
180 REM WERTEEINGABE
190 CLS:PRINTAT(3,8);_alt":PRINTAT(3,28);_neu"
200 PRINTAT(5,3);_Wert":PRINTAT(5,12);_Einheit"
210 PRINTAT(5,23);_Wert":PRINTAT(5,32);_Einheit"
220 LOCATE I+7,0:INPUT":W:LOCATE I+7,13:INPUT":V$
230 LOCATE I+7,33:INPUT":Z$
240 REM SUCHE DES UMRECHNUNGSFAKTORES
250 FOR K=0 TO 4:IF V$=V$(K) THEN Z=K
260 IF Z$=Z$(K) THEN S=K
270 NEXT K
280 REM BERECHNUNG DES NEUEN WERTES
290 N=W*U(Z,S):PRINTCOLOR 3,1:AT(I+8,20):N
300 REM REAKTION BEI LETZTER BILDSCHIRMZEILE
310 IF I=21 THEN WINDOW 7,31,0,39:INPUT X$:CLS:WINDOW:1=0:GOTO 220
320 I=I+1:GOTO 220

```


alt		neu	
Wert	Einheit	Wert	Einheit
5.24	J	.534323	kPa
1.23E12	MeV	.197046	J
200	kcal	.2326	kWh
12.65	kWh	4.554E+07	J

Eine andere Art, Daten dauerhaft aufzubewahren, stellt das Abspeichern der Variablenfelder auf Band dar. Die entsprechenden Anweisungen lauten:

```
CLOAD "Feldname" ; Variablenname    Kassette - Speicher
CSAVE "Feldname" ; Variablenname    Speicher - Kassette
```

Für das Variablenfeld mit den Umrechnungsfaktoren würde das dann so aussehen:

```
CSAVE "DATEN" ; U
analog für CLOAD
```

Man sollte nicht vergessen, vor der Benutzung dieser Anweisungen die Variablenfelder zu dimensionieren. Es ist weiterhin darauf zu achten, daß die Dimensionierung des auf Band gespeicherten Variablenfeldes mit der im Programm vorgenommenen Dimensionierung übereinstimmt. Wir haben damit ein Mittel in der Hand, eigene Datenbibliotheken auf Kassette anzulegen.

Speicherplatzberechnung für Zahlenvariablenfelder

Für größere Datenmengen kann der Speicherplatzbedarf für die Variablenfelder weit über den für das eigentliche Programm hinausgehen. Um den Speicherplatzbedarf etwa abschätzen zu können, geben wir eine einfache Berechnungsmöglichkeit an:

```
eindimensionales Feld DIM(I)    S (I+1) · 4 Byte
zweidimensionales Feld DIM(I,J) S (I+1) · (J+1) · 4 Byte
dreidimensionales Feld DIM(I,J,K) S (I+1) · (J+1) · (K+1) · 4 Byte
                                S-Speicherplatzbedarf in Byte
```

Abschließend noch einige Hinweise zur Arbeit mit Feldvariablen. Obwohl man sich angewöhnen sollte, alle Variablenfelder zu dimensionieren, verarbeitet der Computer auch Feldvariablen mit maximalen Indizes von 10 ohne vorherige Dimensionierung. Jeder Aufruf einer Feldvariablen außerhalb des dimensionierten Bereichs ruft

die Fehlermeldung BS ERROR hervor. Variablenfelder dürfen während des Programmablaufs grundsätzlich nur einmal dimensioniert werden. Wir empfehlen deshalb, die DIM-Anweisungen am Beginn eines Programms zu sammeln, und nicht erst an der Stelle vorzunehmen, wo das Variablenfeld benötigt wird. Damit vermeiden wir, daß bei einer Sprunganweisung im Programm Variablenfelder mehrmals dimensioniert werden, was mit der Fehlermeldung DD ERROR quittiert würde.

Wissenswertes:

Natur auf Galapagos erholt sich

Nicht ganz so schlimm wie befürchtet, haben sich die Schäden an der Natur durch den verheerenden Flächenbrand vom Februar 1985 auf den Galapagos-Inseln erwiesen. Nach Angaben des Direktors der Darwin-Forschungsstation auf den Galapagos, G. Reck, wurden insgesamt 200 km² bis 300 km² Landschaft durch das Feuer zerstört oder schwer beschädigt. Die größten Verluste gab es in der Vogelwelt. So kamen zahlreiche für die Galapagos-Inseln typische Finken, Tauben und Rallen um. Große Schäden gab es auch an den Böden und der Vegetation. In einem Gebiet wurden alle dort wachsenden, bis zu 20 m hohen Seifenbäume vernichtet. Entgegen der Befürchtungen der Wissenschaftler sind offensichtlich aber keine Schildkröten und Leguane umgekommen. Die einzigartigen Elefantenschildkröten waren zwar früher in dem vom Feuer verwüsteten Gebiet ansässig, haben sich jedoch seit längerer Zeit an dessen Rand, vor allem in den Kratern der fünf großen Vulkane, angesiedelt.

Die Leguane verdanken ihr Überleben der Tatsache, daß sich der Brand in ihrem Lebensraum, der Kakteensteppen an der Küste, nicht ausbreiten konnte.

Zum Schutz vom Aussterben bedrohter Tierarten, besonders von Vögeln, die sich von Fisch ernähren, wurde inzwischen das Naturschutzgebiet der Galapagos erweitert. Jetzt sind auch die Meeresgründe des Archipels mit einbezogen. Das Naturschutzgebiet erstreckt sich nun auf ein Vieleck bis in 15 Seemeilen Entfernung von den äußersten Spitzen der Insel.

Neues Radioteleskop auf dem Aragaz

Ein neues Radioteleskop für die Radioastronomie im Millimeterwellenbereich ist in 1800 m Höhe auf dem Berg Aragaz in der Armenischen SSR installiert worden. Der Antennenspiegel von 54 m Durchmesser liegt fest in einer Talmulde und besteht aus 3800 mit höchster Präzision bearbeiteter Duralplatten. Das Gerät arbeitet als Durchgangsinstrument und ermöglicht die Beobachtung kosmischer Objekte im Bereich der kurzwelligen Radiostrahlung, in dem sich viele Linien interstellarer Moleküle befinden. Damit steht den Astronomen des Observatoriums Bjurakan neben dem optischen 2,6m-Teleskop ein Radioteleskop für kombinierte Messungen in beiden Spektralbereichen zur Verfügung.

Elementarteilchenphysiker wollen Quarks direkt nachweisen

Ende vergangenen Jahres trafen sich in Genf Physiker verschiedener Länder, um den Stand der Vorbereitungen für ein großes Hochenergiephysik-Experiment zu diskutieren. Es soll an dem noch im Bau befindlichen Beschleuniger LEP des westeuropäischen Kernforschungszentrums CERN durchgeführt werden. Ein Ziel des Versuchs ist es, einzelne Quarks, die jeweils zu dritt in Protonen und Neutronen zu finden sind, nachzuweisen. Der Koordinator des Experiments, Prof. Samuel Ting vom Polytechnischen Institut Massachusetts (USA), wies auf die fundamentale Bedeutung des direkten Nachweises dieser Elementarteilchen hin.

Bei dem geplanten Experiment mit der Bezeichnung L-3 sollen im 26,6 km langen Speicherring des LEP auf jeweils 50 GeV beschleunigte Elektronen und Positronen kollidieren. Dabei kommt es zum Auftreten kleinerer Elementarteilchen, die mit Hilfe eines speziellen Detektors nachgewiesen und untersucht werden sollen. Bei dem Detektor handelt es sich um ein hochpräzises Großgerät, das in Kooperation mit der UdSSR und den USA errichtet werden soll. Die UdSSR wird für den Magneten dieses Detektors 700 t Spezialmetalle liefern und für weitere Komponenten 300 t Uranplatten sowie hochempfindliche Kernteilchennachweisgeräte zur Verfügung stellen. Prof. Ting hob hervor, daß die gemeinsame Bereitschaft sowjetischer und amerikanischer Forschungszentren zur Lieferung wesentlicher materieller und methodologischer Beiträge entscheidend für das Gelingen des Experiments sei. Der Versuch soll im Jahr 1988 stattfinden.

UNSERE **PHYSIKAUFGABE**



Wir setzen in diesem Heft die Veröffentlichung der Klausuraufgaben der diesjährigen Jenaer Physikertage fort. Ihr findet nachfolgend die Aufgaben der Klassenstufe 11/12 und daran anschließend die Lösungen der ersten Aufgaben der Klassen 8, 9 und 10.

1. An einer Gummischnur ist ein Körper aufgehängt. Die Gewichtskraft des Körpers und die Elastizität der Schnur verursachen für den Fall des Gleichgewichts eine Längenänderung c . Unter den Körper wird eine horizontale Plattform geschoben, die in der Vertikalen harmonisch schwingt (Frequenz f , Amplitude a). Für den Fall, daß der Körper ständig in Kontakt mit der Plattform und die Schnur ständig gespannt bleibt, gelten folgende Ungleichungen:
 - 1.: $a < b < c$
 - 2.: $a + b - c < 4\pi^2 f^2 ac / g < a + c - b$
 Dabei ist b die Längenänderung für den Fall, daß die Plattform gerade durch die Nullage ihrer harmonischen Bewegung schwingt. Zeigen Sie, daß beide Beziehungen gelten ! Ermitteln Sie das mögliche Frequenzintervall für $a = 2\text{cm}$, $b = 2,5\text{cm}$ und $c = 3\text{cm}$!
2. Ein Ring der Masse 1kg gleitet an einem vertikalen Stab reibungslos und ist an einem leichten nicht dehnbaren Faden befestigt. Der Faden führt über eine feste Rolle R und wird bei B durch einen zweiten Ring der Masse $2,5\text{kg}$ gezogen. Anschließend ist der Faden an der Drehachse der Rolle R befestigt. Bestimmen Sie die Tiefe a unterhalb des Niveaus von R , in der A im Gleichgewicht ist ! A wird bis zum Niveau von R angehoben und dann freigelassen.

Ermitteln Sie die maximale Tiefe, die dabei erreicht wird !
In welcher Tiefe erlangt der Ring A seine maximale Geschwindigkeit ?

3. Um ein Ziel Z in der horizontalen Entfernung r zu treffen, muß eine Granate der Masse m mit der Mündungsgeschwindigkeit v_0 vom Punkt O abgefeuert werden. Bei starr befestigtem Geschütz wäre der Wurfwinkel α ($\alpha < \pi/4$). Das Geschütz ruht auf einer Lafette, deren Gesamtmasse (einschließlich des Geschützes, aber ausschließlich der Granate) M beträgt, und die in der Horizontalen frei beweglich ist.

Um auch unter dieser Bedingung das Ziel zu erreichen, muß der Wurfwinkel α um einen kleinen Winkel δ vergrößert werden.

1.: Zeigen Sie, daß gilt: $\sin 2(\alpha + \delta) = \sin 2\alpha \cdot (M + m)/M$!

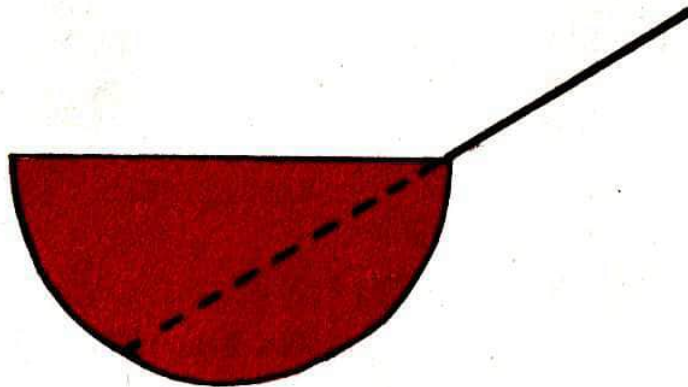
2.: Berechnen Sie δ für $\alpha = 30^\circ$, $M = 500\text{kg}$, $m = 10\text{kg}$!

4. Ein Wagen rollt reibungslos einer geneigten Ebene herab ($\alpha = 30^\circ$). Im Augenblick der Abfahrt wird vom Wagen ein kleines Geschoß abgefeuert. Welche Richtung muß der Gewehrlauf haben, damit das Geschoß wieder den Wagen trifft ?

Durch das Abfeuern des Geschosses erfolge kein Kraftstoß auf den Wagen !

5. In einer Halbkugelschale (Durchmesser 20cm) steht ein 30cm langer Stab (Siehe Abb.). Wird er freigelassen, gleitet er in die Schale hinein.

Bestimmen Sie die Gleichgewichtslage, wenn keine Reibung vorhanden ist !



zu 1: Aus der Skizze ist ersichtlich, daß gilt,

$$e = \sqrt{s_1^2 + s_2^2} \text{ bzw.}$$

$$e = \sqrt{s_1^2 + (2s_1)^2}$$

$$e = \sqrt{5} s_1$$

Daraus folgt für s_1 und s_2

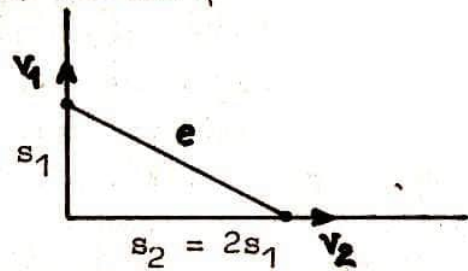
$$s_1 = e/\sqrt{5}, \quad s_2 = 2e/\sqrt{5}$$

Für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung mit $v_0 = 0$ gilt

$$v = 2s/t, \text{ also}$$

$$v_1 = 2s_1/t$$

$$v_1 = \frac{2e}{\sqrt{5} t} = \frac{400 \text{ m}}{\sqrt{5} \cdot 15 \text{ s}} = 11,9 \text{ m/s}, \quad v_2 = 2v_1 = 23,8 \text{ m/s}.$$



zu 2: Gesamtwiderstand von R_1 und R_2 (Parallelschaltung)

$$R_{1/2} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad R_{1/2} = 1,5 \Omega$$

Spannungsabfall über R_2 (gleich Spannungsabfall über R_1)

$$U_{R_2} = \frac{R_{1/2}}{R_{1/2} + R_3} \cdot U \quad U_{R_2} = 3 \text{ V}$$

Strom, der durch R_2 fließt

$$I_{R_2} = U_{R_2}/R_2 \quad I_{R_2} = 0,5 \text{ A}$$

Gesamtwiderstand der Schaltung ($R_{1/2}$ mit R_3 in Reihe, R_4

$$R_{\text{ges}} = \frac{(R_{1/2} + R_3) R_4}{R_{1/2} + R_3 + R_4} \quad R_{\text{ges}} = 1,5 \Omega \text{ (parallel)}$$

$$I_{\text{ges}} = U/R_{\text{ges}} \quad I_{\text{ges}} = 4 \text{ A}$$

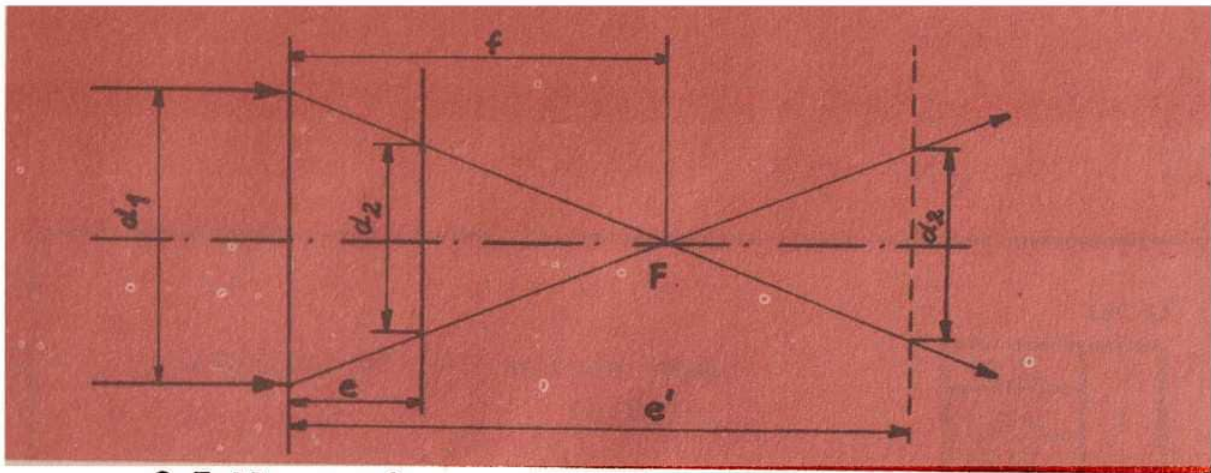
zu 3: Diese Aufgabe hat, wie aus der Skizze ersichtlich ist, genau zwei Lösungen.

1. Fall: $e < f$

$$\text{Es gilt } \frac{d_1/2}{f} = \frac{d_2/2}{f - e} \quad (\text{Ähnlichkeit entsprechender Dreiecke})$$

Umstellen nach f liefert

$$f = d_1 e / (d_1 - d_2) \quad f = 6 \text{ cm} \cdot 8 \text{ cm} / (6 \text{ cm} - 4 \text{ cm}) = 24 \text{ cm}$$



2. Fall: $e > f$

Es gilt
$$\frac{d_1/2}{f} = \frac{d_2/2}{e - f}$$

somit $f = d_1 e / (d_1 + d_2) \quad f = 4,8 \text{ cm}$

zu 4: Es wird angenommen, daß die vom Eis aufgenommene Schmelzwärme sowie die vom Schmelzwasser aufgenommene Wärme zur Temperaturerhöhung gleich der Wärme ist, die vom Messinggefäß und dem darin befindlichen Wasser abgegeben wird.

Energiebilanz:

$$m_M c_M (T_1 - T_e) + m_W c_W (T_1 - T_e) = m_E c_E (T_S - T_2) + Q_S + m_E c_W (T_e - T_S)$$

Umstellen nach T_e liefert

$$T_e = \frac{(m_M c_M + m_W c_W) T_1 - Q_S - m_E c_E (T_S - T_2) + m_E c_W T_S}{m_M c_M + (m_W + m_E) c_W}$$

Mit den gegebenen Werten

$$T_1 = 333 \text{ K}$$

$$T_2 = 233 \text{ K}$$

$$T_S = 273 \text{ K}$$

$$m_M = 1,5 \text{ kg}$$

$$m_W = 4,2 \text{ kg}$$

$$m_E = 1,5 \text{ kg}$$

$$Q_S = 335 \text{ kJ/kg}$$

$$c_E = 2,093 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$c_M = 0,390 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$c_W = 4,187 \text{ kJ/(kg K)}$$

berechnet man die Endtemperatur des Wassers zu

$$T_e = 291,9 \text{ K}$$

(Wir bitten den falschen Wert für c_E in Heft 5/86 zu entschuldigen.)

Index

0	X(0)
1	X(1)
2	X(2)
3	X(3)
4	X(4)
5	X(5)
6	X(6)
7	X(7)
8	X(8)
9	X(9)

eindimensionales Variablenfeld
DIM X(9)

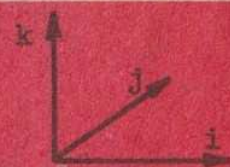
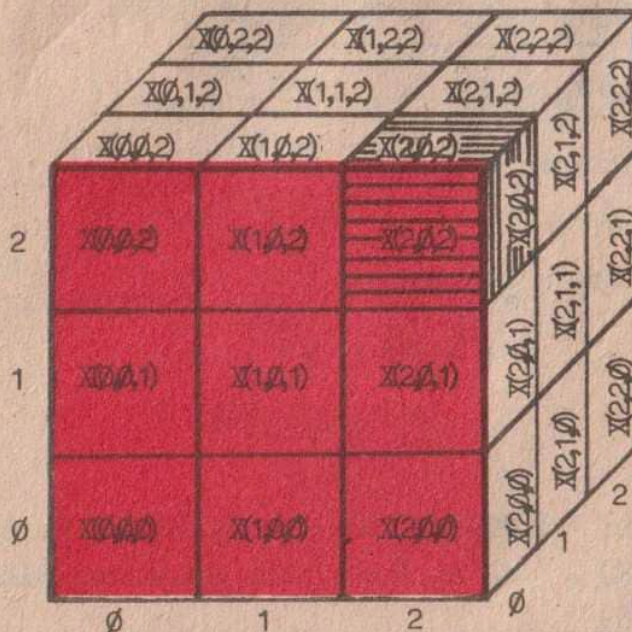
	0	1	2
0	X(0,0)	X(0,1)	X(0,2)
1	X(1,0)	X(1,1)	X(1,2)
2	X(2,0)	X(2,1)	X(2,2)
3	X(3,0)	X(3,1)	X(3,2)

Spaltenindex

zweidimensionales Variablenfeld

DIM X(3,2)

Zeilenindex



dreidimensionales Variablenfeld

DIM X(2,2,2)

Der hervorgehobene Würfel stellt den Speicherplatz für eine Zahl dar.