studium · praxis · probleme der physik und chemie

monatszeitschrift für schüler · 2. jg. (1968/69) heft 1

impuls 68 Schülerzeitschrift für Naturwissenschaften

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Sektion Physik für den Wissenschaftlichen Gerätebau an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Redaktion: H.D.Jähnig, Dr.Jupe, Dr.Kretschmar, G.Bartholmös, U.Böttcher, M.Funk, V.Lindich, G.Sommer, W.Reichardt, D.Gröll, A.Köhler, B.Reinhold, J.Schlichting

Anschrift: Redaktion impuls 68
Physikalisches Institut
69 Jena
Max-Wien-Platz 1

Erscheinen: monatlich zum Preis von 0,30 M

Bestellungen an die Redaktion

Aus technischen Gründen bitten wir möglichst um Sammelbestellungen der einzelnen Schulen

---

Inhalt

	Seite
Liebe Leser!	2
Albert Einstein	4
Was ist "Licht"?	8
Der Festkörper Glas (II)	10
Die Entstehung einer Fotografie	14
Laser und ihre Anwendungen	16
Die Struktur von Edelgasverbindungen	20
Neues auf dem Büchermarkt	22
Aufgaben	23
Lösungen	24

V-14-6 5 Lizenz-Nr. 1570 1968

Titelblatt Heft 1: „Elektronenmikroskopische Vergrößerung (V = 50 000) einer Bruchfläche von Glas"

Liebe Leser!

Als wir uns vor rund einem Jahr entschlossen, durch die Herausgabe einer Zeitschrift für das Physikstudium in Jena zu werben, ahnte noch keiner, daß schon nach wenigen Nummern dieser eng gefaßte Rahmen gesprengt werden würde. Heute beabsichtigen wir mit unserer Zeitung weit mehr, als nur für das naturwissenschaftliche Studium zu werben. Die immense Bedeutung von Physik, Chemie und Mathematik im Zeitalter der wissenschaftlich-technischen Revolution läßt es als notwendig erscheinen, bereits den Oberschüler mit Problemen vertraut zu machen, die ihm - egal, welches Fach er einmal studieren will - sicherlich öfter in seiner weiteren Ausbildung und dann im Beruf begegnen werden. Dazu gehört aber auch ein klarer politischer Standpunkt, der zwangsläufig durch die Frage: Für wen lerne und forsche ich? induziert wird.

Inzwischen sind auch viele neue Probleme hinzugekommen. Denken wir dabei nur einmal an die Hochschulreform. Sicher ist es nicht richtig zu glauben, die Hochschulreform wird erst mit dem Tage der Immatrikulation für den Betreffenden aktuell. Sie sollte im Gegenteil eigentlich schon in der Oberschule wirksam werden. Wir sehen einen kleinen Beitrag z.B. darin, verstärkt neue Lern- und Lehrmethoden zu propagieren, wie zahlreiche Artikel in den kommenden Heften beweisen werden. Außerdem suchen wir natürlich einen möglichst engen Kontakt mit unseren Lehrern. Deshalb sind wir auch stets gern bereit, auf Fragen zu naturwissenschaftlichen Problemen, zum Studium, zur FDJ-Arbeit an der Universität und an den Oberschulen einzugehen. Vielleicht verspüren Sie selbst einmal Lust, einen Artikel zu schreiben. Uns interessiert außerdem, was an der Zeitschrift nicht gefällt, was besser zu machen wäre oder was Sie außerdem gern lesen würden. In diesem Sinne möchten wir Sie auffordern, den beiliegenden Fragebogen zu beantworten, um uns damit zu helfen, eine Schülerzeitschrift herausgeben zu können, die allen Anforderungen gerecht wird.

"Impuls 68" erscheint im 2. Jahrgang in 10 Nummern von September 1968 bis Juni 1969. Ein Teil der Artikel wird in programmierter Form veröffentlicht. Wir sind stets bemüht, den Lesern mit den neuesten Erkenntnissen der Naturwissenschaften vertraut zu machen. Das wird besonders bei solchen Themenkomplexen wie Atom- und Kernphysik, Problemeder Informationsübertragung und Astrophysik deutlich. Die einzelnen Beiträge bauen oftmals aufeinander auf, so daß es dadurch möglich ist, das Niveau systematisch anzuheben. In jedem Heft werden einige Aufgaben unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades mit herausgegeben. Die Lösungen dazu können bis 4 Wochen nach Erscheinen des entsprechenden Heftes eingesandt werden. Am Schuljahresende werden dann die Leser mit der höchsten Punktzahl prämiiert.

Für das bereits begonnene Schuljahr wünschen wir all unseren Lesern noch große Erfolge in der Schule und viel Freude beim Lesen Ihrer

" Impuls 68 "

Ein Student, der sich allzu sehr über den leisen Vortrag von RÖNTGEN geärgert hatte, klappte hörbar sein Kollegheft zu und schritt langsam die Stufen zum Ausgang hinauf. Röntgen rief ihm mit lauter Stimme nach: "Was fällt Ihnen ein, Sie stören meinen Vortrag!" Der Schwabe drehte sich auf der letzten Stufe um, bevor er den Saal verließ: "Schau, schau, Männle, jetzt kannscht kreische! Jetzt ischt's z'spät!"

Gerald Sommer

Albert Einstein - Ein Leben für die Menschheit

"Der Mensch muß einen lebendigen Sinn dafür bekommen, was schön und was moralisch gut ist. Sonst gleicht er mit seiner spezialisierten Fachkenntnis mehr einem wohlabgerichteten Hund als einem harmonisch entwickelten Geschöpf". Dies ist ein Zitat des größten Physikers unseres Jahrhunderts, Albert Einstein. Es drückt die Maxime seines Lebens aus.

Die Erkenntnis, daß es keine Wissenschaft um der Wissenschaft Willen (besonders in unserem Jahrhundert) gibt, ist für einen Wissenschaftler, dessen Philosophie marxistisch ist, eine Selbstverständlichkeit. Die Wissenschaft beeinflußt unmittelbar unser tägliches Leben, und umgekehrt wirkt die menschliche Gesellschaft auf alle Wissenschaften ein. Daß besonders die Physik eine sehr starke Korrelation mit dem gesellschaftlichen Leben eingeht, versteht sich aus ihrer Bedeutung als Grundlagenwissenschaft sämtlicher technischer Disziplinen. Diese Einsicht ist aber für bürgerliche Wissenschaftler durchaus nicht selbstverständlich. Deshalb kann man sagen, daß Einstein in dieser Beziehung den meisten seiner Kollegen einiges voraus hatte, indem er sein Leben "zwischen Physik und Politik teilte".
Zu einer Zeit, als es so sehr auf die Stimme jedes einzelnen verantwortungsbewußten Menschen ankam, während des ersten Weltkrieges, mußte Einstein sogar von dem genialen Physiker Max Planck sagen, er verstünde so viel von der Politik wie die Katze vom Vaterunser.

Wenn wir Einsteins Lebenshaltung konkretisieren, wird seine hervorragende Stellung in der Reihe der bürgerlichen Wissenschaftler noch deutlicher. In seinem Glaubensbekenntnis schrieb er 1932: "Meine Leidenschaft für soziale Gerechtigkeit hat mich oft in Konflikt mit den Menschen gebracht, ... Ich achte stets das Individuum und hege unüberwindliche Abneigung gegen Gewalt und gegen Vereinsmeierei. Aus all diesen Motiven bin ich leidenschaftlicher Pazifist und Antimilitarist, lehne jeden Nationalismus ab, auch wenn er sich nur als Patriotismus gebärdet."
Hierin finden wir die Begründung für sein Auftreten gegen den Hurrapatriotismus, den viele Gelehrte Europas für die Aggressions-

handlungen der imperialistischen Mächte während des ersten Weltkrieges aufbrachten. Mit einem Manifest gegen die Barbarei des Völkermordens beantwortete er eine reaktionäre Stellungnahme von 93 deutschen Geistesschaffenden zu den Kriegshandlungen. 1914 begründete er an der Seite Rosa Luxemburgs und Karl Liebknechts den "Bund Neues Vaterland", dessen Programm unter anderem der Kampf um einen baldigen gerechten Frieden war.

Wie Einstein an anderer Stelle im Glaubensbekenntnis schrieb, sah er sozialen Ausgleich und wirtschaftlichen Schutz für das Individuum als wichtige Ziele der staatlichen Gemeinschaft an. Deshalb begrüßte er den Sieg der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution 1917 und erklärte sich in den folgenden Jahren stets als Freund der jungen Sowjetmacht, weil er durch sie diese Grundsätze erfüllt sah. 1921 unterzeichnete Einstein neben Clara Zetkin einen Aufruf des "Komitees Arbeiterhilfe Sowjetrußland", in welchem Hilfsaktionen für die hungernde Bevölkerung in dem von Intervention und Konterrevolution gepeinigten Land gefordert wurden. Zuvor wendete er sich entschieden gegen die Blockade der Entente und wurde Mitglied des Zentralkomitees der "Gesellschaft der Freunde des neuen Rußland".

Thomas Mann prägte das Wort: Der Antikommunismus ist die Grundtorheit unseres Jahrhunderts. Eben dieser Antikommunismus und der wiedererstehende Militarismus kennzeichneten die Jahre nach dem ersten Weltkrieg. Albert Einstein erkannte die Gefahr, die durch diese Konzeption besonders der deutschen Politik heraufbeschworen wurde und schwieg nicht. Seine zutiefst humanistische Gesinnung gebot ihm, seinen Einfluß als international geachtete Persönlichkeit wirksam zu machen und zur Völkerverständigung aufzurufen. Auch gegen den in Deutschland immer stärker werdenden Nationalismus und Antisemitismus trat er entschieden auf.

Wenn Einstein auch ein Leben lang den Antikommunismus verurteilte und besonders in den Jahren nach 1933 bis zu seinem Tode 1955 den einzigen Ausweg für die freie Entfaltung des Menschen in der Abschaffung des kapitalistischen Privateigentums, in der Schaffung einer sozialistischen Gesellschaft sah, erkannte er doch nicht die Konsequenz, sich der revolutionären Arbeiterbewegung anzuschließen.
Die Reaktion auf sein Engagement in der Zeit der Weimarer Republik blieb nicht aus. Blindwütige Verleumdungen und Hetzen

gegen seine physikalische Lehre und gegen seine Person steigerten sich ins Unerträgliche. Als sein enger Freund Rathenau ermordet wurde, drohte man bald auch ihm.
Eine unrühmliche Rolle spielte besonders der Physiker und Nobelpreisträger Lenard, der bestrebt war, eine "reine deutsche Physik" aufzubauen.
Einsteins jüdische Herkunft war der Anlaß zum Verbot der Relativitätstheorie und der Verbrennung seiner Werke in der Zeit der Naziherrschaft.

Ein wesentliches Merkmal der Lebensphilosophie Einsteins war die pazifistische Grundhaltung. Kriege fanden vor ihm keinerlei Rechtfertigung. So schrieb er: "Heldentum auf Kommando, sinnlose Gewalttat und die leidige Vaterländerei, wie glühend hasse ich sie, wie gemein und verächtlich erscheint mir der Krieg; ich möchte mich lieber in Stücke schlagen lassen, als mich an so einem elenden Tun zu beteiligen." Er wollte aber nach seinen eigenen Worten ein "Soldat im Kampf für den Frieden"sein.
In diesem Sinne muß aber verstanden werden, daß er trotz seiner pazifistischen Ideale dem amerikanischen Präsidenten Roosevelt den Bau einer Atombombe vorschlug, um damit den Deutschen zuvorzukommen. Die Abscheu vor den Gewalttaten der Nazis und die Furcht vor noch größerem Unheil bewogen ihn zu diesem verhängnisvollen Schritt. Der Einsatz der Atombombe über Hiroshima und Nagasaki, als politische Machtdemonstration der Amerikaner gedacht, rief bei Einstein tiefes Entsetzen hervor. Von nun an sah er seine Pflicht darin, die Menschheit vor der atomaren Erpressung durch die USA und später vor atomaren Auseinandersetzungen zu bewahren. Dieses Verantwortungsgefühl, aber auch seine Verzweiflung, kommen in der 1948 verfaßten Botschaft an die Intelligenz zum Ausdruck, in der er schrieb: "Da wir als Wissenschaftler die tragische Bestimmung haben, die schaurige Wirksamkeit der Vernichtungsmethoden noch zu steigern, muß es unsere vornehmste Pflicht sein, nach besten Kräften zu verhindern, daß diese Waffen zu dem brutalen Zwecke gebraucht werden, für die man sie erfand."

Ein Jahrzehnt nach Einsteins Tod konnten die ersten Erfolge im Kampf um die Bannung der atomaren Gefahr verzeichnet werden: 1962 wurde das "Atomteststoppabkommen" und in diesem Jahr der "Atomwaffensperrvertrag" realisiert.

Einige Lebensdaten:

1879 in Ulm geboren
1905 spezielle Relativitätstheorie
Photonentheorie des Lichtes
Brownsche Molekularbewegung
1915 allgemeine Relativitätstheorie
1922 Nobelpreis für Physik für die Photonentheorie des Lichtes
1933 Emigration nach den USA (Princetown)
Beginn der unvollendeten Arbeiten zur einheitlichen Feldtheorie
1955 in Princetown gestorben

Literatur für Interessenten:

Sammelband: Relativitätstheorie und Weltanschauung
(Zur philosophischen und wissenschaftspolitischen
Wirkung Albert Einsteins)
Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1967
Friedrich Herneck: Albert Einstein
Buchverlag der Morgen, Berlin 1967
Max Born, Leopold Infeld: Erinnerungen an Einstein
Union Verlag, Berlin 1967
Friedrich Herneck: Bahnbrecher des Atomzeitalters
Buchverlag der Morgen, Berlin 1965

Zu Hegel, der nicht nur Naturphilosoph zu sein glaubte, sagte ein Mitglied von der Naturwissenschaftlichen Fakultät: "Herr Kollege, die Tatsachen, die wir experimentell erforschen, widersprechen aber Ihren naturphilosophischen Ideen." Darauf antwortete Hegel: "Umso schlimmer für die Tatsachen."

H.-D. Jähnig

Was ist "Licht"?

Dem Leser werden in dieser Zeitschrift wiederholt Begriffe wie Höhenstrahlung, γ-Strahlung, Wechselstrom, sichtbares Licht u.ä. begegnen. Viele physikalische Erscheinungen und Anwendungen in der Technik sind damit verbunden, sei es auf dem Gebiet der Informationsübertragung durch Radiowellen, bei der Telefonie und Telegrafie oder bei der Werkstoffprüfung mit Röntgenstrahlen, um nur einige zu nennen. Es drängt sich zwangsläufig die Frage auf, um welche Erscheinungen es sich dabei handeln mag. Wir fassen sie zunächst einmal unter dem Oberbegriff "Wellen" zusammen. Das Charakteristische dieser Wellen ist die gleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Vakuum, in dem sie sich mit rund 300 000 km/sec (der Lichtgeschwindigkeit c) ausbereiten. Allen gemein ist auch, daß sie sich aus einer elektrischen und einer senkrecht dazu schwingenden magnetischen Welle (besser: ein sich periodisch änderndes elektrisches und magnetisches Feld) zusammensetzen. Wir sprechen deshalb von einer elektromagnetischen Welle.

Das gemeinsame Wesen aller oben angeführten Erscheinungen erklärt auch, warum für sie gleiche Gesetze der Reflexion und Brechung an Grenzflächen gelten. Um die verschiedenen Arten unterscheiden zu können, muß man ihre Wellenlänge λ messen.
Nach der Gleichung $c = \lambda \cdot \nu$
läßt sich daraus die Frequenz ν bestimmen, deren Maßeinheit das "Hertz" ist. Oftmals finden wir beide Angaben gleichzeitig, wie z.B. auf den Skalen der Rundfunkempfänger.

Der Übersicht halber ordnen wir die elektromagnetischen Wellen in ein kontinuierliches Spektrum ein.
Wir beginnen mit der Frequenz 0 und lassen das elektromagnetische Spektrum auf der anderen Seite im Unendlichen enden, was sich natürlich nicht grafisch darstellen läßt. Aber das Gebiet mit rund 10^{25} Schwingungen/Sekunde müssen wir noch mit erfassen. Mit einer solchen Frequenz schwingen die γ-Strahlen. Diese Strahlen können eine Wellenlänge von etwa 10^{-5} Å bis 10^{-1} Å (1Å=10^{-10}m) haben. An diesen Bereich schließen sich die Röntgenstrahlen an (siehe Abb.) Das Übergangsgebiet von γ-Strahlen zu Röntgenstrahlen ist sehr breit. Eine Unterscheidung hinsichtlich der 2 Strahlungsarten ist deshalb nur nach dem Ursprung ihrer Entstehung möglich (siehe nächstes Heft).

Das Gebiet des sichtbaren Lichtes ist auf unserer Skala ziemlich schmal. Es zeigt sich, daß den verschiedenen Wellenlängen dieses Bereiches verschiedene Farbempfindungen unseres Auges entsprechen. Rot hat etwa eine Wellenlänge von 790 nm bis 630 nm (1nm = 10^{-9}m), und Violett reicht bis 390 nm. Verfolgen wir unsere Skala weiter nach unten, kommen wir schließlich zu den Wärmestrahlen (etwa 10^{-1}m), den Mikro- und Radiowellen. Hier liegen die Wellenlängen schon in der Größenordnung von Metern bis zu einigen Kilometern. Es schließt sich das Gebiet des technischen Wechselstromes an, in dem auch die Frequenzen für die Telefonie liegen. Einem Wechselstrom mit der Frequenz von 16 Hz entspricht z.B. eine Wellenlänge von etwa 19 000 km.

Während das langwellige Gebiet besonders für die technische Anwendung interessant ist, kann man aus dem kurzwelligerem Rückschlüsse auf die Eigenschaften von Molekülen und Atomen ziehen. In dem Gebiet der Wärmestrahlung liegen solche Frequenzen, die die Moleküle infolge ihrer Wärmebewegung erzeugen. Im Bereich des sichtbaren Lichtes sind es bereits neben den Molekülen die Atome, in deren Elektronenhüllen diese Wellenlängen erzeugt werden.

Um zu noch höheren Frequenzen zu gelangen, reicht es schon nicht mehr aus, die Moleküle und Atome durch den bloßen Anstoß der Wärmebewegung zu erregen. Man muß sie mit schnellen Elektronen oder anderen Teilchen beschießen, damit sie diese Frequenzen abstrahlen. Um schließlich γ-Strahlen zu erzeugen, muß der Atomkern zum Zerfall gebracht werden.

Wir sehen, daß neben der Anwendung auch noch der Ursprung der elektromagnetischen Strahlung für den Physiker interessant ist. Er hat seine wesentlichsten Erkenntnisse vom Aufbau der Atome und Moleküle durch Erforschung der elektromagnetischen Strahlung bezogen.

Hatten wir anfangs erwähnt, daß besonders der langwellige Teil des Spektrums in der Technik eine große Rolle spielt, sei zum Schluß noch darauf hingewiesen, daß heute die elektromagnetischen Wellen mit hohen und höchsten Frequenzen immer mehr in ihrer Anwendung an Bedeutung gewinnen (siehe dazu die Laser-Artikel in diesem und dem nächsten Heft).

Der Zusammenhang zwischen Elektrizität und Magnetismus, deren dialektische Einheit, die sie in der Erscheinung der elektromagnetischen Welle bilden, wurde im vorigen Jahrhundert von dem englischen Physiker MAXWELL in genialer Weise gesetzmäßig erfaßt und von Heinrich HERTZ experimentell bestätigt.

Prof. Dr. W. Vogel
Dr. P. Eckardt

Der Festkörper Glas und seine Struktur (II)

Im letzten Artikel hatten wir festgestellt, daß Tamman als erster die Gläser mit Flüssigkeiten verglich und sie als "unterkühlte Flüssigkeiten" bezeichnete. Weitere Untersuchungen machten es notwendig, dieses einfache Modell zu verfeinern und neu zu deuten.

Bedeutende Fortschritte brachte der Glasstrukturforschung die Anschauung von Zachariasen und Warren. Ausgehend von den röntgenographischen Untersuchungen von Bragg, der in kristallisierten Silikaten SiO_4-Tetraeder als Grundbausteine eines geordneten und gleichmäßig verknüpften dreidimensionalen Raumnetzwerkes fand, nahmen Zachariasen (1932) und Warren (1933) eine ähnliche Struktur bei den Gläsern an, jedoch mit wesentlich geringerer Ordnung.

Abb.1 macht den Unterschied zwischen einem kristallisierten Silikat (z.B. Bergkristall) und einem Quarzglas deutlich. Der kristallisierte Bergkristall besteht aus reinem Siliciumdioxid und ist aus SiO_4-Tetraedern in völlig gesetzmäßiger Anordnung aufgebaut. Jedes SiO_4-Tetraeder ist über ein Sauerstoffatom als Brücke mit dem benachbarten Tetraeder verknüpft. Es kommt damit ein räumliches, aus völlig gleichartigen Sechsringen bestehendes Netzwerk zustande.

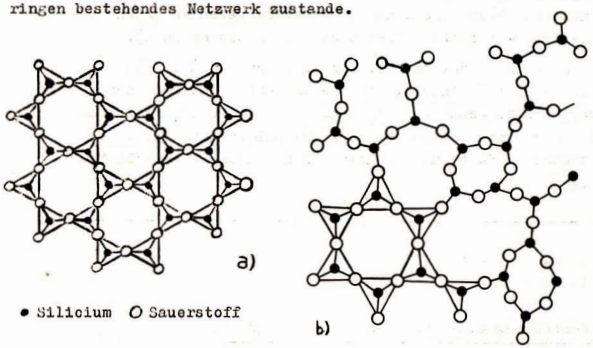


Abb.1 Vernetzung von Sio_4-Bausteinen im Bergkristall (a) und im Quarzglas (b). Von den SiO_4-Tetraedern sind nur drei Sauerstoffatome abgebildet, das vierte liegt je ober- bzw. unterhalb der Zeichenebene.

Bei Quarzglas, das ebenfalls reines Siliciumdioxid darstellt, erfolgt aber ebenfalls eine Verknüpfung aller SiO_4-Tetraeder, jedoch nicht in einer solchen gleichmäßigen Form wie beim Bergkristall. Die regelmäßigen Tetraeder-Sechsringe sind kaum vorhanden, es bilden sich unterschiedlich große Tetraederringe aus SiO_4- Grundbausteinen aus. Diese unregelmäßige

Struktur erklärt sich durch die Herstellung des Quarzglases aus Bergkristall, Quarzit oder Sand. Durch das Einschmelzen dieser Rohstoffe werden die gleichmäßigen Tetraeder-Sechsringe gesprengt, und die entstehenden Bruchstücke finden bei dem anschließenden Abkühlen durch Gießen keine Zeit, sich wieder regelmäßig wie im Bergkristall zu ordnen. In dem Maße, wie bei der Abkühlung einer Quarzschmelze durch Verknüpfen mehrerer SiO_4-Tetraeder größere zusammenhängende Gebilde entstehen, nimmt auch die Viskosität der Schmelze zu und wird unendlich groß, wenn das Glas völlig erstarrt ist, d.h. die SiO_4-Tetraeder werden durch das Viskositätsverhalten an einer weiteren Ordnung gehindert.

Noch viel wichtiger waren die Vorstellungen über Struktur und Eigenschaften komplizierter und aus mehreren Komponenten zusammengesetzter Gläser. Wird einer Quarzglasschmelze Natriumoxid zugesetzt, so bildet sich ein Natronsilikatglas. Wenden wir nun die Zachariasen-Warrensche Grundvorstellung an, dann geschieht der Einbau von Na_2O-Molekülen in der Weise, daß durch jedes dieser Moleküle eine Sauerstoffbrücke zwischen zwei SiO_4-Tetraedern gesprengt wird. Das von dem Na_2O-Molekül mitgebrachte Sauerstoffatom besetzt die freie Ecke des einen SiO_4-Tetraeders. Durch die Brückensprengung entstehen größere Hohlräume, in die die zwei Natriumionen eingelagert werden. Abb.2 zeigt einen ebenen Schnitt durch ein solches Glas.

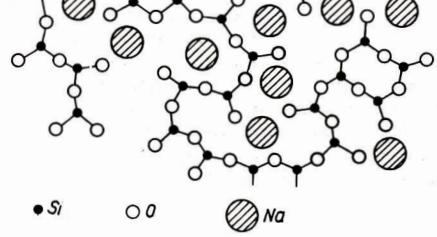


Abb.2

Bei Steigerung des Na_2O-Gehaltes werden immer mehr Brücken gesprengt, und die Schmelze wird beweglicher und weniger viskos. Dieser Vorgang ist mit einer Temperatursteigerung in einer reinen Quarzglasschmelze vergleichbar. Bei hohen Na_2O-Gehalten entstehen Natriumsilikatgläser, die wasserlöslich sind und deshalb als Wassergläser bezeichnet werden.

Nach den beschriebenen Überlegungen teilte Zachariasen die in Gläsern enthaltenen Ionen in drei Gruppen ein:

1. Glasnetzwerkbildner
   (z.B. SiO_2, P_2O_5, B_2O_3, BeF_2, GeO_2, As_2S_3).
   Die Netzwerkbildner sind bestimmend für die Glasbildung und den Netzwerkaufbau.

2. Glasnetzwerkänderer
   (z.B. Na_2O, K_2O, Li_2O, MgO, BaO, CaO und andere).
   Sie verändern die Struktur und die Eigenschaften des Glases. Die Netzwerkänderer bilden für sich allein jedoch kein Glas.

3. Zwischenoxide
   (z.B. Al_2O_3, PbO und in geringerem Maße MgO und ZnO).
   Die Zwischenoxide können sowohl als Netzwerkbildner als auch als Netzwerkänderer auftreten. Sie können aber wie die Netzwerkänderer allein kein Glas bilden. Die Zwischenoxide bezeichnet man auch als Ampholyte.

Zusammenfassend läßt sich über die Netzwerkhypothese von Zachariasen und Warren sagen, daß mit dieser Hypothese über den Glasaufbau die meisten Glaseigenschaften zwanglos gedeutet und in gewissen Grenzen vorausgesagt werden können. Sie brachte bisher den größten Fortschritt in der Glasstrukturforschung. Trotzdem sind auch mit dieser Strukturvorstellung eine Reihe von Eigenschaften der Gläser, insbesondere diskontinuierliche Änderungen in Eigenschaftskurven in Abhängigkeit von der Glaszusammensetzung, nicht zu erklären. Parallel zu der Netzwerkhypothese entwickelte der sowjetische Glaswissenschaftler Lebedew die Kristallhypothese, mit der wir uns im nächsten Artikel unter anderem beschäftigen werden.

E.-E. Schäfer

Die Entstehung einer Fotografie

(Physikalischer Teil)

Louis Daguerre gelang es im Jahre 1838 zum ersten Mal, ein "Lichtbild nach der Natur" herzustellen. Er wurde damit zum Erfinder der Fotografie. Der Aufwand aber, um ein Foto zu erhalten, war damals um ein Vielfaches größer als er es heute ist. Daguerre erzeugte seine Lichtbilder auf einer versilberten Kupferplatte, die er vorher mit Joddämpfen behandelt hatte. Als lichtempfindliche Substanz entstand dabei eine hauchdünne Jodsilberschicht auf der Metallplatte. Dieses Verfahren erhielt zu Ehren des Erfinders den Namen 'Daguerreotypie'.

Die Voraussetzung für diese Erfindung oder allgemeiner, die Vorausetzung jeder Fotografie, sind ein lichtaussendendes oder lichtreflektierendes Objekt, ein abbildendes System und das Wichtigste: eine lichtempfindliche Schicht, in der das Licht vom Objekt absorbiert und chemisch wirksam wird (Fotolyse).

Als "Licht" wird in der normalen Fotografie immer der sichtbare Teil des elektromagnetischen Spektrums (siehe auch: "Was ist Licht?" in diesem Heft) bezeichnet (Wellenlänge von 400 nm (violett) bis 700 nm (rot)). Fotografisch wirksam sind auch ebenso die Infrarot-, Ultraviolett-, Röntgen-, Elektronen- und Gammstrahlen. Auch sie können, wenn sie auf ein geeignet sensibilisiertes (empfindlich gemachtes) Fotomaterial eingewirkt haben, durch einen Prozeß (entwicklen und fixieren) sichtbar gemacht werden.

Als abbildendes System kann man im einfachsten Fall die Lochkamera (camera obscura) bezeichnen. Sie wurde schon von Leonardo da Vinci (1452 - 1517) ausführlich beschrieben und zum ersten Mal zu Beginn des 19. Jahrhunderts zu Aufnahmen verwendet. Die erste Metallkamera mit einem besonders berechneten Objektiv wurde im Jahre 1841 gebaut.

Die lichtempfindliche Schicht ist eine fotografische Emulsion (feine Verteilung einer Flüssigkeit innerhalb einer nicht mit ihr mischbaren anderen), die auf eine Unterlage (Glas, Film oder Papier) dünn aufgegossen wird. Die fotografische Emulsion ist eine Aufschlämmung (Suspension) feiner Silberhalogenidkristalle (meistens verwendet man Silberbromid AgBr) und Gelatine. Während die Gelatine bewirkt, daß sich das Silberbromid in sehr feiner kolloidaler Verteilung bildet, sind die Silberhalogenidkristalle die eigentlichen lichtempfindlichen Bestandteile der Emulsion. Silberbromid allein ist aber nur im kurzwelligen Bereich des sichtbaren Spektrums (blau, violett) empfindlich. Es ist gelb gefärbt, es reflekti ert also Grün und Rot (Gelb ist Mischfarbe aus Rot und Grün). Um auch andere Bereiche des Spektrums für die Emulsion empfindlich zu machen, muß sie durch Zusatz bestimmter Farbstoffe sensibilisiert werden. Die Aufgabe der Sensibilisierungsfarbstoffe besteht also darin, die Strahlung bei Belichtung zu absorbieren und die aufgenommene Strahlungsenergie auf das Korn zu übertragen. Diese, in bestimmter Weise sensibilisierten Schichten werden sie als orthochromatisch bezeichnet, wenn außer für Blau auch für Grün und Gelb empfindlich sind;
als panchromatisch, wenn sie auch noch bis Rot empfindlich sind. Die Grenze dieser Sensibilität liegt bei etwa 1300 nm im fernen Infrarot.

Was passiert nun bei der Belichtung einer Bromsilber-Emulsion? Während bei langer Belichtung (direkte Sonneneinstrahlung) eine Grauverfärbung eintritt, kann man nach kurzer Belichtung äußerlich an der Schicht nichts mehr erkennen. Trotzdem ist ein latentes (unsichtbares) Bild vorhanden. In einem Entwicklungsprozeß läßt sich dieses Bild aber sichtbar machen. In einem Lösungsmittel (Entwickler) wird das Bromsilber entsprechend dem Lichteindruck zu metallischem Silber reduziert, welches jetzt als Schwärzung erscheint. Nicht-belichtetes Bromsilber wird in einem anschließenden Fixierprozeß herausgelöst und ausgewaschen. Damit ist das Bild lichtunempfindlich geworden.

L a s e r und ihre A n w e n d u n g e n (Teil I)

von

J. Kleinschmidt und G. Staupendahl

I. Physikalische Grundlagen

In den letzten Jahren hat ein neues Gerät in fast allen Zweigen der Wissenschaft Einzug gehalten: Der Laser. Der Begriff "Laser" stammt aus dem Englischen und ist eine Abkürzung für "Light amplifier by stimulated emission of radiation". In der deutschen Literatur wird der Begriff Laser so gedeutet: "Lichtangeregter, Strahlung emittierender Resonator".

Vor der Behandlung der Wirkungsweise eines Lasers wollen wir einige wichtige Grundbegriffe erläutern.

1. Grundbegriffe

1.1 Besetzungsinversion

Aus dem Physik-Unterricht ist sicher schon das Bohrsche Atommodell bekannt. Dort wurde auch erklärt, daß im Atom verschiedene Energieniveaus für die Elektronen existieren. Wir betrachten jetzt die Gesamtheit einer riesigen Anzahl von Atomen (z.B. die Atome eines Rubinkristalls). Bei normalen Temperaturen stellt sich ein solcher Zustand ein, daß sich bei fast allen Atomen die Elektronen im Grundzustand befinden. Nur bei wenigen Atomen kommen angeregte Elektronen vor.

Bekanntlich wird Strahlung dann ausgesandt, wenn ein Elektron von einem höheren Energieniveau zu einem tieferen übergeht. Die Frequenz des abgestrahlten Lichtes hängt vom Energieunterschied der Niveaus ab:

$$h\nu = \Delta E \quad (h = \text{Plancksches Wirkungsquantum}).$$

Um eine hochintensive Strahlung zu erhalten, müssen in kurzer Zeit sehr viele Elektronen vom oberen zum unteren Niveau übergehen. Wir wissen aber bereits, daß nur sehr wenig Atome Elektronen in höheren Energieniveaus besitzen. Wir müssen also versuchen, möglichst viele Atome durch Energiezufuhr so anzuregen, daß sich ihre Elektronen ebenfalls im oberen Niveau befinden.

Wenn wir erreicht haben, daß mehr angeregte Atome existieren, als Atome, deren Elektronen im Grundzustand sind, sprechen wir vom einer BESETZUNGSVERSION. Die Methode der Energiezufuhr, die zur Besetzungsversion führt, nennt man das Pumpen.

1.2 Spontane Emission

Wir betrachten ein Atom, das ein Elektron in einem höheren Energiezustand besitzt. Außerdem soll dieses Atom nicht durch irgendwelche Störungen (z.B. elektromagnetische Strahlung ═══ Licht) beeinflußt werden, es soll also von der Umwelt isoliert sein. Man kann nun quantentheoretisch berechnen, daß das Elektron nicht ewig im oberen Niveau bleibt, sondern irgendwann in den Grundzustand übergeht und dabei Licht in der Frequenz $\nu = \frac{\Delta E}{h}$ emittiert. Diese Erscheinung nennt man SPONTANE EMISSION.

1.3 Übergangswahrscheinlichkeit

Man kann nicht sagen, wieviel Sekunden oder Minuten nach der Anregung eines bestimmten Atoms die spontane Emission erfolgt, sondern man kann nur angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit dieser Übergang vom oberen zum unteren Niveau während eines bestimmten Zeitintervalls vor sich geht. Dies ist die sogenannte EINSTEINSCHE ÜBERGANGSWAHRSCHEINLICHKEIT für spontane Emission A_{nm}. Dabei charakterisiert n das obere Niveau und m das untere Niveau, zwischen denen der Übergang vor sich geht. Die MITTLERE LEBENSDAUER, d.h. die Zeitdauer, die ein Elektron im Mittel im höheren Energieniveau bleibt, erhält man mittels der Übergangswahrscheinlichkeit auf folgende Weise:

$$\tau_{nm} = \frac{1}{A_{nm}}$$

Die daraus resultierende Tatsache, daß verschiedene Energieniveaus unterschiedliche Lebensdauer besitzen, ist für die Wirkungsweise des Lasers von großer Bedeutung.

1.4. Induzierte Emmission

Durch äußere Strahlung der Frequenz $\nu = \frac{\Delta E}{h}$ können die Elektronen in das obere Niveau gehoben werden. Durch elektromagnetische Wellen der gleichen Frequenz können aber auch Elektronen-

Übergänge vom oberen zum unteren Niveau induziert werden. Dabei wird eine Welle der entsprechenden Frequenz abgestrahlt. Diesen Vorgang nennt man INDUZIERTE EMISSION. Wir vergleichen die bei spontaner und induzierter Emission entstehende Strahlung:

Spontane Emission	Induzierte Emission
a) Abstrahlung erfolgt regellos in alle Richtungen des Raumes.	Die Ausbreitungsrichtung der induzierten Welle entspricht genau der Ausbreitungsrichtung der einlaufenden Welle.
b) Atome senden zu voneinander unabhängigen Zeiten Strahlung aus → zeitliche Inkohärenz.	Phase von einlaufender und induzierter Welle stimmen überein. Einlaufende und induzierte Welle bilden kohärente Bündel.

2. Wirkungsweise

Ein Laser besteht im wesentlichen aus einem aktiven Mittel, das sich zwischen zwei Spiegeln befindet, und einer Vorrichtung für die Energiezufuhr. Die zwei Spiegel bilden den sogenannten Resonator. In der Praxis werden zur Erzielung von Höchstleistungen kompliziert gestaltete Spiegel verwendet. Wir beschränken uns bei unseren folgenden Betrachtungen auf ebene Spiegel, die genau prarallel zueinander ausgerichtet sind. Das aktive Mittel kann aus verschiedenen Materialien bestehen, z.B. einem Rubinstab.

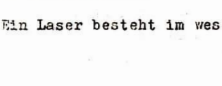
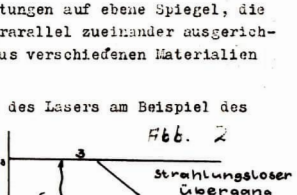


Abb. 1

Wir erklären nun die Wirkungsweise des Lasers am Beispiel des Rubinlasers. Für seine Funktion sind drei Energieniveaus von Bedeutung. Wir nennen sie E_1, E_2 und E_3. Die Pumpenergie wird dem Rubinstab durch das Licht einer Xenon-Blitzlampge zugeführt, das eine hohe Intensität bei der Frequenz $\nu = \frac{E_3 - E_1}{h}$ besitzt.



Dadurch erhalten wir zwischen E_1 und E_3 eine Besetzungsinversion. Die Übergangswahrscheinlichkeit vom Niveau E_3 zum Nivau E_2 ist bedeutend größer als von E_3 zu E_1. Durch den Lichtblitz der Xenonlampe werden also die Elektronen auf E_3 gepumpt und sammeln sich nach kurzer Zeit auf dem Niveau E_2. Der Übergang $E_3 \rightarrow E_2$ ist ein sogenannter strahlungsloser Übergang, d.h. die Energiedifferenz $E_3 - E_2$ wird nicht als Strahlung frei, sondern z.B. als Bewegungsenergie an die Gitterbausteine des Rubinkristalls abgegeben. Da die Lebensdauer von E_2 relativ groß ist, nennt man E_2 ein METASTABILES NIVEAU.

Aber auch die Lebensdauer τ_{21} des Niveaus E_2 ist begrenzt durch die spontane Emission. Es werden ständig Atome durch spontane Emission in den Grundzustand E_1 übergehen. Wird nun ein Photon zufällig so ausgesandt, daß es senkrecht auf eine Spiegeloberfläche trifft, so wird es reflektiert und läuft durch den Rubinstab hindurch zum anderen Spiegel. So kann der Strahl mehrmals durch den Rubinstab laufen. Dabei wird ein Teil der noch im Niveau E_2 verbliebenen Atome zur stimulierten Emission angeregt und geht in den Grundzustand über. Die induziert emittierten Strahlen regen natürlich auch wieder andere Atome zur induzierten Emission an. Auf diese Weise nimmt die Anzahl der Photonen lawinenartig zu. Alle die so entstandenen Strahlen sind zum ersten Strahl, der durch den Rubin gelaufen war, phasengleich. Der Laserstrahl ist also ein sehr kohärenter Lichtstrahl. Da nur solche Strahlen den Rubinstab mehrmals durchlaufen können, die die Spiegeloberfläche senkrecht treffen, erhalten wir ein fast ideal paralleles Strahlenbündel.

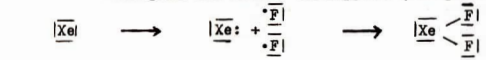
Das Licht kann den Resonator verlassen, weil einer der beiden Spiegel halbdurchlässig ist, d.h. bei diesem Spiegel wird ein relativ großer Teil des Lichtes nicht reflektiert, sondern durchgelassen.

A. Köhler

Die Struktur von Edelgasverbindungen

In diesem Artikel wollen wir die Struktur einiger aus Heft 3(1. Jahrgang)bekannter Edelgasverbindungen mit Hilfe der VSEPR-Theorie bestimmen. Wir greifen dazu die Verbindungen XeF_2, XeF_4, XeF_6 und $XeOF_4$ heraus.

Betrachten wir zuerst das XeF_2-Molekül. Um die Bindung zwischen Xenon und Fluor zu ermöglichen, müssen wir ein freies Elektronenpaar des Xenons entkoppeln (aufspalten):



Da das Bindungselektronenpaar der Atombindung ja beiden Atomen angehört, besitzt Xenon im XeF_2 10 Außenelektronen; die Edelgaskonfiguration ist damit zerstört worden. Diese Tatsache werden wir bei den meisten Edelgasverbindungen finden. Auch in verschiedenen Verbindungen der Halogene wird die Edelgaskonfiguration durchbrochen. Die Stabilität all dieser Verbindungen kann also nicht auf einer solchen Konfiguration beruhen. Mit diesem Problem werden wir uns in einem späteren Artikel beschäftigen.

Die 10 Elektronenpaare am Xenonatom des XeF_2 bilden 3 freie und 2 bindende Paare. XeF_2 gehört also zum Molekültyp AX_2e_3. In der Tabelle in Heft 1 finden wir eine trigonal-bipyramidale Elektronen- bzw. eine lineare Molekülstruktur (Bild 1). Unter Elektronenstruktur verstehen wir auch hier wieder die räumliche Anordnung der Elektronenpaare, unter Molekülstruktur dagegen die räumliche Anordnung der Liganden am betrachteten Zentralatom.

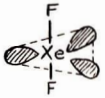


Bild 1: XeF_2

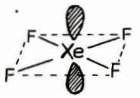


Bild 2: XeF_4

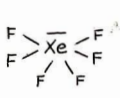
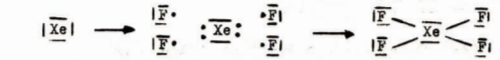


Bild 3: XeF_6

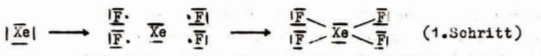
Beim XeF_4 finden wir 6 Elektronenpaare (davon 2 freie) am Xenonatom:



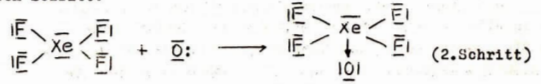
Aus unserer Tabelle entnehmen wir unter AX_4e_2 die in Bild 2 angegebene Struktur.

Im Fall des XeF_6-Moleküls erhalten wir die Strukturformel in Bild 3. Sie entspricht dem Molekültyp AX_6e mit 7 Elektronenpaaren. Diese 7 Paare ordnen sich nach der VSEPR-Theorie etwa pentagonal-bipyramidal an. Für das XeF_6-Molekül folgt daraus eine verzerrt-oktaedrische Struktur (Bild 5).

Auch die Struktur der sauerstoffhaltigen Verbindungen des Xenons läßt sich mit Hilfe der VSEPR-Theorie erklären. Bei der Aufstellung der Strukturformel gehen wir wie bisher vor:



Zwischen Xenon und Sauerstoff bildet sich eine koordinative Bindung aus, bei der das Bindungselektronenpaar allein vom Xenon geliefert wird. Das berücksichtigen wir in einem zweiten Schritt:



$XeOF_4$ gehört damit zum Molekültyp AX_5e und hat die in Bild 6 gezeigte Struktur.

Bild 4: AX_7-Typ

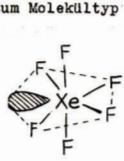


Bild 5: XeF_6

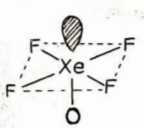


Bild 6: $XeOF_4$

Die Molekülstrukturen, die wir hier theoretisch ermittelt haben, wurden auch experimentell gefunden. Lediglich beim XeF_6 konnte die Struktur noch nicht genau ermittelt werden. Viele Daten sprechen jedoch für eine verzerrt-oktaedrische Molekülstruktur, wie wir sie vorausgesagt haben.
Wir sehen also, daß sich die VSEPR-Theorie auch auf Verbindungen anwenden läßt, die auf den ersten Blick sehr ungewöhnlich erscheinen.

Mit der VSEPR-Theorie haben wir ein Modell kennengelernt, das auf etwas anderen Grundlagen beruht als das in der Schule gelehrte Modell der chemischen Bindung. Ein späterer Artikel wird sich mit der Frage befassen, warum es verschiedene Modelle der chemischen Bindung gibt. Hier sei nur so viel gesagt: Beide erwähnten Modelle stellen selbständige Beschreibungsweisen des Phänomens "Chemische Bindung" dar, man muß sie daher streng auseinanderhalten.

Neues auf dem Büchermarkt - NEUES AUF DEM BÜCHERMARKT -

Von dem Jenaer Physikprofessor Dr. W. Schütz erscheint in der Teubner-Verlagsgesellschaft ein Büchlein über M. Faraday in der Reihe "Biographien hervorragender Physiker". Der Preis beträgt 4,-- M. Professor Schütz wird auch in unserer Zeitschrift einen Artikel über das Leben und Schaffen des großen englischen Physikers veröffentlichen.

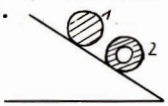
Von den tschechoslovakischen Astronomen J. Sadil, der bei uns durch sein Buch "Blickpunkt Mond" bekannt wurde, und L. Pesek erscheint im Artia-Verlag Prag in deutscher Sprache "Planet Erde", ein Buch über die Entwicklung des Weltalls.

Die Kapitel lauten: Das pulsierende Weltall, Die Entstehung und Entwicklung der Galaxis, Die Supergalaxis, Die Entstehung und Entwicklung der Sterne, Das kritische Alter eines Sternes, Die Geburt der Planeten, Die Entstehung des Planetensystems der Sonne.
Wer sich dieses leider recht teure Buch (192 Seiten - 34,5o M) nicht kaufen kann, den können wir schon jetzt auf einige sehr interessante astronomische Artikel unserer Zeitschrift verweisen. Es werden z.B. ein Artikel über Rotverschiebung, ein anderer, der sich mit dem Wärmetod des Weltalls befaßt und "Antiteilchen - Antiwelten" in diesem Jahrgang erscheinen.

In der Teubner-Verlagsgesellschaft erscheint in diesen Tagen die 15. Auflage von Band IV des Standardwerkes der Experimentalphysik E. Grimsehl: Lehrbuch der Physik. Dieser Band ist der Struktur der Materie gewidmet und behandelt folgende Komplexe: Kern-, Molekül- Festkörper-, Plasma- und Astrophysik. Das Buch ist als Fachbuch an den Hochschulen vorgesehen. Interessierte Schüler der 11. und 12. Klassen können es aber auch schon lesen. Es hat einen Umfang von 775 Seiten und kostet 25,2o M.

A u f g a b e n

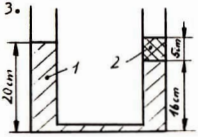
1. Für den Nachrichtenverkehr über große Strecken werden seit einiger Zeit von der SU und den USA Sputniks eingesetzt, die ihren Standpunkt über einem bestimmten Punkt der Erdoberfläche beibehalten. Das bedeutet, daß ihre Umlaufszeit 24 Stunden betragen muß. In welcher Höhe über der Erde muß sich ein solcher Sputnik befinden ?
   Rechnen Sie mit $\gamma = 6{,}67 \cdot 10^{-11} \frac{N\,m^2}{kg^2}$ (Grav.-Konst.)
   Masse der Erde $= 5{,}95 \cdot 10^{24}$ kg
   Erdradius $= 6370$ km

2. 

   Auf einer geneigten Ebene rollen 2 Körper mit gleicher Masse und gleichem Außendurchmesser abwärts.
   Walze 1 besteht aus Material mit einer geringeren Dichte als das Rohrstück 2.

Welcher der beiden Körper erreicht eine größere Geschwindigkeit ? Oder erreichen Sie beide die gleiche Geschwindigkeit ? Begründen Sie Ihre Behauptung !

3.



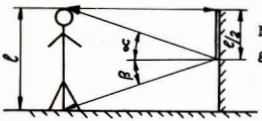
In einem U - Rohr befinden sich die Flüssigkeiten 1 und 2. Berechnen Sie die Wichte von Flüssigkeit 2, wenn

$\gamma_1 = 1 \frac{p}{cm^3}$!

L ö s u n g e n der Aufgaben 17 - 20 :

Aufgabe 17: Die Länge des Spiegels muß mindestens halb so groß wie die Körperlänge sein.
Dabei muß natürlich die Unterkante des Spiegels auf halber Körperhöhe stehen.

Beweis: siehe Strahlengang:



Nach dem Reflexionsgesetz ist $\alpha = \beta$

Aufgabe 18: (1) Federkonstante: $k = \frac{P}{\Delta l}$ (in $\frac{N}{m}$)

$$k = \frac{5000\ kg \cdot 9{,}81\ m}{0{,}2\ m \cdot s^2} = 25000 \cdot 9{,}81\ N \cdot m^{-1}$$

$$k = 24{,}5 \cdot 10^4\ \frac{N}{m}$$

==========

(2) Schwingungsdauer: $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ (in s)

Für die Masse m müssen wir jetzt die Gesamtmasse (gleich Leermasse + Last) einsetzen

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{6000\ kg \cdot s^2}{24{,}5 \cdot 10^4\ kg}} = 2\pi\sqrt{0{,}0245\ s^2} = \underline{0{,}98\ s}$$

Die Schwingungsdauer beträgt ≈ 1 sec.

Aufgabe 19: Diese Aufgabe enthielt das Problem der Massenanziehung zweier Massen (Erde und Bergsteiger).

Newton'sches Grundgesetz: $P = \gamma \frac{m \cdot M}{r^2}$

$G_1 = \gamma \frac{m \cdot M}{r_1^2}$ (1) G_1 — Gewicht bei NN

G_2 — Gewicht bei 8000 m Höhe

$G_2 = \gamma \frac{m \cdot M}{r_2^2}$ (2) r_1 — Erdradius = R = 6370 km

r_2 — Erdradius + 8000 m = 6378 km

Durch Division von Gleichung (1) durch Gleichung (2) und Kürzen erhalten wir:

$G_1 : G_2 = r_2^2 : r_1^2$

$G_1 : G_2 = 6378^2 : 6370^2$

$\frac{G_1}{G_2} = \frac{4068}{4058} = 1{,}0025$ — $G_1 = 1{,}0025\ G_2$

Das Gewicht der Bergsteiger verringert sich um rund 0,25 %.

Aufgabe 20: Geg.: $f = 50$ Hz ges.: U_{eff}

$C = 4$ uF

$J = 500$ mA

Lösung: $\hat{U} = \hat{J} \cdot R_C \qquad R_C = \frac{1}{\omega C} \qquad U_{eff} = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$

$$U_{eff} = \frac{\hat{J}}{\sqrt{2} \cdot \omega C}$$

$$U_{eff} = \frac{0{,}5 \cancel{A} \cdot 10^6 \cancel{\mu} \cdot V}{314 \cdot 4 \cdot 2 \cancel{\mu s}} = 280\ V$$

Ergebnis: Der Kondensator ist an eine effektive Wechselspannung von ≈ 280 V anzuschließen.

Liebe Leser!

Die Redaktion der Zeitschrift "impuls 68" wäre Ihnen dankbar, wenn Sie sich an der Gestaltung unserer Zeitschrift beteiligten. Aus diesem Grunde bitten wir Sie, die folgenden Fragen zu beantworten. Wir möchten daraus Anregungen für den Inhalt unserer Zeitschrift entnehmen. Falls der vorgesehene Platz nicht ausreicht, bitten wir um weitere Angaben auf einem besonderen Blatt.
Senden Sie bitte Ihre Antwort an: Redaktion "impuls 68"
69 J e n a
Max-Wien-Platz 1

1.1 Entspricht die bisherige Themenauswahl Ihren Vorstellungen über eine Schülerzeitschrift? .....
.....
.....

1.2 Äußern Sie bitte Wünsche für weitere Themen und Themenkomplexe! .....
.....
.....
.....
.....

2. Halten Sie eine zwanglose Artikelfolge oder über mehrere Hefte zusammenhängende Artikel für zweckmäßiger?
.....
.....
.....
.....

3. Äußern Sie sich bitte zur Verständlichkeit der bisher erschienenen Artikel! Geben Sie auch Artikel an, die nach Ihrer Meinung schwer verständlich oder auch zu einfach waren!
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

4. Welche Artikel haben Ihnen besonders gefallen? Geben Sie bitte auch den Grund an!

.....
.....
.....
.....

5. Wünschen Sie öfter Artikel in programmierter Form (wie z.B. Heft 2: Diff. und Integr. elektr. Impulse; Heft 5/6: Weshalb kann ein Flugzeug fliegen?) ?

.....
.....
.....

6. Sind Sie an Versuchsanleitungen interessiert (z.B. Heft 3: Diff. und Integr. elektr. Impulse) ?. Haben Sie Möglichkeiten, die Versuche durchzuführen?

.....
.....
.....

7. Welchen Wert messen Sie den in der Zeitschrift abgedruckten Aufgaben bei? Wie beurteilen Sie den Schwierigkeitsgrad? Wünschen Sie ausführlichere Lösungen?

.....
.....
.....
.....
.....
.....

8. Weitere Bemerkungen:

.....
.....
.....
.....

Name : .....
Anschrift : .....
Alter bzw. Beruf: .....

studium · praxis · probleme
der physik und chemie

monatszeitschrift für schüler · 2. jg. (1968/69) heft 2

impuls 68 Schülerzeitschrift für Physik und Chemie

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Sektion Physik für den wissenschaftlichen Gerätebau der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Redaktion: H.-D. Jähnig (Chefredakteur)
Dr. Jupe, Dr. Kretschmar, Dipl. Chem.I.Pfaff, D. Gröll, M.Funk, G.Sommer, V.Lindig, W. Reichardt, V.Hopfe,J.Schlichting

Verantwortlicher: Dipl.-Phys. S.Kessler

Anschrift: "impuls 68"
69 Jena
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich zum Preis von 0,30 M
Aus technischen Gründen bitten wir möglichst um Sammelbestellungen der einzelnen Schulen.

Inhalt

	Seite
Kann man die Lufthülle der Erde ionisieren?	3
Röntgenstrahlung	5
Was sind Vektoren (Teil I)	10
Wie viele Oxide des Kohlenstoffs gibt es?	15
Laser und ihre Anwendungen	18
Die Bestimmung der Gravitationskonstanten	23
Chemiestudium in Jena	27
Lösungen der Aufgaben	30
Aufgaben	31
Neues auf dem Büchermarkt	32

Titelblatt: Die Graphik zeigt einige mögliche Intensitätsverteilungen in einem Laserstrahlquerschnitt. Diese Intensitätsverteilungen hängen von der Beschaffenheit des Resonators ab und werden "Moden" genannt.

R. Becker

Kann man die Lufthansa demokratisieren?

Im Rahmen der Betrachtungen und Darlegungen zu Fragen der Hochschulreform ist es sicher nützlich, sich einmal anzuschauen, welche Ziele und Interessen sich mit diesem Begriff in Westdeutschland verbinden. Nun ist es allerdings unmöglich, auf wenigen Seiten ein umfassendes Bild vom Klassenkampf im westdeutschen Hochschulwesen zu zeichnen, so daß wir uns auf einige wesentliche Gesichtspunkte beschränken müssen. Es soll hier erwähnt werden, daß die westdeutschen Hochschulen nach 1945 nur schüchterne Versuche einer demokratischen Erneuerung erlebten und nicht einmal die faschistische Gesinnung von den Hochschulen vertrieben werden konnte. Man muß auch wissen, daß die westdeutschen Studenten automatisch dem Verband westdeutscher Studentenschaften (VDS) angehören, aber politisch sehr unterschiedliche Interessen vertreten. So sind etwa 40 % von ihnen in den Korporationen von altem Geist und alter Sitte organisiert, weniger als 1 % sind Mitglieder des SDS (Sozialistischer Deutscher Studentenbund). Aus der Vielfalt der Diskussionen, Ansichten und Kämpfe um eine Hochschulreform in Westdeutschland lassen sich zwei Wege sehr deutlich erkennen. Die Forderungen nach Reformen, die von westdeutschen Studentenvertretern vor wenigen Jahren erhoben wurden, bewegten sich vorwiegend im Rahmen des staatsmonopolistischen Interesses an einer Verbesserung der Hochschulausbildung. In der letzten Zeit allerdings erscheinen derartige Forderungen in Demonstrationszügen neben Plakaten gegen den Vietnamkrieg, gegen die Notstandsgesetze und verbinden sich mit der Kritik an der westdeutschen Hochschulpolitik überhaupt.

Die wichtigste Forderung lautet: Mitbestimmung der Studenten. Sie wird von einer wachsenden Zahl von Studenten als Ausdruck der Forderung nach echter Demokratisierung der westdeutschen Hochschulen verfochten. Die Erkenntnis setzt sich durch, daß auch die Studenten in den politischen Auseinandersetzungen Position beziehen müssen und sie wird zum Bestandteil des Programms. In einem Antrag an die 20. Mitgliederver-

sammlung des VDS im März 1968 in München wurde formuliert, daß eine studentische Interessenvertretung "das Unbehagen der Studenten am Wissenschaftsbetrieb ... artikulieren" "müsse", indem sie die autoritären Machtverhältnisse bewußt macht, die Kritik formuliert und demokratische Alternativen durchsetzt. Der Studentenschaft muß dabei bewußt sein, daß die sich immer weiter verschärfenden Machtstrukturen der Hochschulen durch gleichlaufende Strömungen in der Gesellschaft gestützt werden.

Nun wissen wir spätestens seit Marx, daß die Hochschulen ein Teil der bestehenden Gesellschaft sind und den Interessen der Herrschenden dienen, aber es ist von Bedeutung, daß solche Erkenntnisse in Westdeutschland mehr und mehr an Boden gewinnen, wenn auch der zitierte Antrag nicht behandelt wurde. Die Bonner Machthaber verbreiteten vor Jahren die Illusion von der angeblich freien Wissenschaft und der akademischen Freiheit mit großem Aufwand. Heute schlagen sie etwas andere Töne an. Natürlich brauchen sie die Wissenschaft und haben es bitter nötig, ihr zurückgebliebenes Bildungswesen zu reformieren. Aber eine Stärkung der imperialistischen Position können sie nur erreichen, wenn die Menschen von den Entscheidungen der Mächtigen ferngehalten werden. Während wir im Zuge der Hochschulreform die Mitgestaltung durch die Studenten und ihre Teilnahme an der Leitung dieser Prozesse verwirklichen und die westdeutschen Studenten einfach nur um Mitbestimmung kämpfen, wird in Westdeutschland ein Schriftstück veröffentlicht, in dem es u.a. heißt: "Die Universitäten kann man ebenso wenig demokratisieren wie z. B. die Lufthansa", denn eine "Demokratisierung der Universitäten "habe" die Beschränkung der Freiheit von Forschung und Lehre und damit eine Verkümmerung der Wissenschaft selbst zur Folge." - Demokratisierung führt zur Beschränkung der Freiheit. Eine seltsame Art von Freiheit hat sich in den westdeutschen Hochschulen eingenistet. Aber die Verfasser dieses "Marburger Manifest's" sind nicht dumm. Sie wollen mit solchen Ausflüchten einer Gefahr begegnen, die in Wahrheit den Imperialismus in seiner Freiheit beschränkt - der Demokratisierung im echten Sinne,

der Übernahme von Macht in die Hände des Volkes. Und diese "Gefahr" nimmt Gestalt an, sie wächst und sammelt Erfahrungen. Sie schafft ein Modell: die "Kritische Universität" in Westberlin. Die progressive Studentenvertretung schuf gemeinsam mit fortschrittlichen Professoren und bekannten Demokraten eine Einrichtung, an der versucht wird, die Wahrheit zu lehren und zu erkennen und danach zu handeln. Die "Kritische Universität" wird bekämpft, verleumdet und bespitzelt. Sie ist schon in ihren Anfängen dem Gegner gefährlich. Um wieviel gefährlicher ist demnach das Modell DDR, das nicht nur auf dem Gebiet des Hochschulwesens die Zukunft gestaltet.

Jürgen Kräußlich

R ö n t g e n s t r a h l u n g

W. C. Röntgen [1] entdeckte im Jahr 1895 bei Experimenten mit Kathodenstrahlen eine neue Art Strahlung, die X-Strahlung. Sie setzt sich aus elektromagnetischen Wellen gleich dem sichtbaren Licht zusammen, nur von weit kürzerer Wellenlänge. In das elektromagnetische Spektrum ordnet sie sich von $= 0{,}01$ Å – 100 Å und entsprechend dem Gesetz $\lambda \cdot \nu = c$ von $\nu = 3 \cdot 10^{20}$ Hz – $3 \cdot 10^{16}$ Hz ein (ν – Frequenz, c – Lichtgeschwindigkeit).

Nun erheben sich die Fragen: Erstens wie entsteht und zweitens welche Eigenschaften hat die X-Strahlung, die zu Ehren ihres Entdeckers in Deutschland Röntgenstrahlung genannt wird.

1. Erzeugung

Röntgenstrahlen sind das Ergebnis der Wechselwirkung starkbeschleunigter Teilchen, im allgemeinen Elektronen, mit Materie, wobei zwei Effekte ausgenutzt werden:

I. Abbremsen des Teilchens durch inneratomare Gegenfelder (Bremsstrahlung),

II. Absorption der Bewegungsenergie durch Anregen eines Atoms, d. h. Heben eines Atomelektrons auf eine energetisch höhere Schale bzw. Ionisation des Atoms.

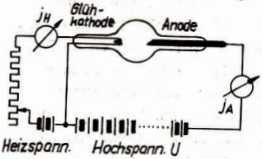


Abb. 1 Schaltung einer Röntgenröhre

Zum Beispiel werden in einer Hochvakuum-Röntgenröhre (Abb. 1) die aus der Glühkathode austretenden Elektronen zur Anode hin durch die Hochspannungsdifferenz ($\approx$ 30 kV) stark beschleunigt. Nach dem Aufprall der Elektronen auf die Anode wird ihre kinetische Energie E_{kin} durch die Wechselwirkung mit den Atomen des Anodenmaterials zum Teil (bis $\approx$ 5 %) in Strahlungsenergie $E = h\cdot\nu$ unter Ausnutzung oben erwähnter zwei Effekte umgewandelt. Entsprechend erhalten wir zwei Arten von Spektren, das Bremsspektrum (Abb. 2) und das für jede Atomart charakteristische Linienspektrum, die sich überlagern (Abb. 3). Das Bremsspektrum entsteht durch das kontinuierliche Abbremsen der Elektronen in der Anode, wobei alle Wellenlängen $\lambda \geq \lambda_{gr}$ auftreten können. Aus der Beziehung

$$E_{kin} = Ue = h\cdot\nu \qquad hc\,\frac{1}{\lambda_{gr}} \rightsquigarrow \lambda_{gr}\,[\text{Å}] = \frac{12{,}36}{U[kV]}$$

ist die kürzeste Wellenlänge λ_{gr} als Funktion der Anodenhochspannung U bestimmt. (h - Planksches Wirkungsquantum, e - Elementarladung)

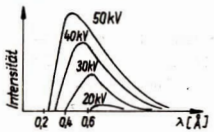


Abb. 2

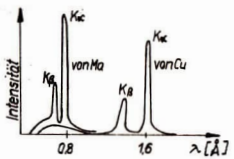


Abb. 3

Im charakteristischen Linienspektrum existieren nur diskrete Linien, als Ergebnis wohl bestimmter Quantenübergänge im angeregten Anodenatom, Quantenübergänge innerhalb der innersten K-, L- und M-Schalen. Zum Beispiel muß ein Eletron der normalerweise vollbesetzten K-Schale zunächst erst herausgeschlagen werden, d.h. auf eine unbesetzte obere Bahn der Peripherie gehoben werden, was ja beim Zusammenstoß starkbeschleunigter Elektronen mit den Anodenatomen geschehen kann, bevor ein Elektron aus der benachbarten L- oder M-Schale auf die energe-

tisch tiefere K-Schale springen kann unter Aussendung eines Röntgenquants $\Delta E = h\nu_{12} = hc\,\frac{1}{\lambda}$ der Wellenlänge $\lambda \geq \lambda_{gr}$. [2)]

2. Eigenschaften

2.1. Absorption

Jede Art Strahlung wird beim Durchgang durch Materie nach dem Absorptionsgesetz $I = I_0 e^{-\mu d}$ geschwächt (Abb. 4).

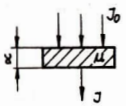


Abb. 4

I_0 - einfallende Intensität
I - durchdringende Intensität nach Durchstrahlung der Dicke d.
Die Größe des Absorptionskoeffizienten gibt den Grad der Schwächung an. Dieses hängt ab von der Wellenlänge der verwendeten Strahlung, von der chemischen Zusammensetzung und Dichte des absorbierenden Stoffes und beinhaltet außerdem die Gesamtheit aller Schwächungseffekte der jeweils verwendeten Strahlung. Für Röntgenstrahlung kämen in Betracht:

- Schwächung durch Photoeffekt
- Schwächung durch klassische Streuung an den Atomen
- Schwächung durch Compton-Effekt (quantenmechanische Streuung)

Da für die Röntgenwellen der Absorptionskoeffizient wesentlich kleiner als für elektromagnetische Wellen größerer Wellenlänge ist, kann Röntgenstrahlung Materie erheblicher Dicke noch durchdringen, während sie für sichtbares Licht ($\lambda \approx 5000$ Å) ein undurchdringbares Hindernis darstellt.

2.2. Brechung

Theoretische und experimentelle Untersuchungen ergaben für Röntgenwellen in Materie einen Brechindex, der erst in der sechsten Dezimale hinter dem Komma von 1 abweicht, d.h. $n - 1 \approx 10^{-6}$. Deswegen kann eine bewußte Beeinflussung des Strahlengangs der Röntgenwellen mit Hilfe brechender Medien zu Abbildungszwecken nicht gelingen, wie das mittels Glaslinsen ($n = 1{,}6$ für sichtbares Licht) z. B. in Photoapparaten geschieht.

Für Abbildungsvorgänge mit Röntgenstrahlen ist also eine spezielle Röntgenoptik nötig, die andere Eigenschaften ausnutzt als Änderung mittels brechender Substanzen.

2.3. Beugung

Allgemein werden Wellen an optischen Gittern (Gitterkonstante $a \approx \lambda$ der verwendeten Wellenlänge) gebeugt. Zur Röntgenwellenbeugung benötigt man Gitter mit einem Gitterabstand von ≈ 1 Å. Optische Gitter der geforderten Güte sind nicht produzierbar. Geeignet aber sind natürlich gewachsene Kristalle, deren regelmäßig räumlich angeordnete Atome ein Kristallgitter bilden, wobei der Abstand der einzelnen Atome zueinander in der Größenordnung von 1 Å liegt. Für die Röntgenbeugung an räumlichen Kristallgittern leiten wir die Grundgleichung, die Braggsche Gleichung ab.

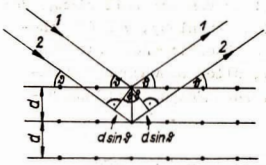


Abb. 5

Abb. 5 zeigt den Schnitt eines räumlichen Kristallgitters. Atome, die in einer Ebene liegen, bestimmen eine Netzebene. In einem räumlichen Kristallgitter existiert eine Vielzahl von Netzebenen. Wir konzentrieren uns auf bestimmte Netzebenen, die in einem Abstand d zueinander parallel liegen. Im abgebildeten senkrechten Schnitt ist nur ihre Spurgerade zu sehen.

Die zwei Röntgenstrahlen 1 und 2 fallen im Kristall unter dem Winkel ϑ auf die ausgewählten Netzebenen. An den Atomen dieser Netzebenen werden sie gebeugt. Strahl 2 hat einen um $2 \cdot (d \cdot \sin\vartheta)$ größeren Weg zurück zu legen als Strahl 1. Verstärkung beider Strahlen im Unendlichen tritt ein, wenn der Gangunterschied $2\,d \cdot \sin\vartheta$ gleich einem ganzzahlig Vielfachen von λ beträgt. Daraus folgt die berühmte Braggsche Gleichung

$$2d \cdot \sin\vartheta = n\lambda$$

(d – Netzebenenabstand, λ – Wellenlänge, n– Ordnung)

Man könnte denken, die einfallenden Strahlen werden an den Netzebenen reflektiert, tatsächlich werden sie aber in die neue Richtung abgebeugt.

Schon erwähnte spezielle Röntgenoptik und viele röntgenographische Untersuchungsmethoden machen weitgehend Gebrauch von dieser Grundgleichung.

2.4. Weitere Eigenschaften und Nachweis von Röntgenstrahlung

Röntgenstrahlen haben weiterhin die Fähigkeit, Atome anzuregen, d. h. Elektronen der Atomhülle auf energetisch höhere Bahnen zu heben, oder Atome zu ionisieren. Darauf beruhen Nachweisgeräte für Röntgenstrahlung:

- Floureszenzzählrohre und -Bildschirme (Röntgenstrahlen regen Atome an, die sichtbare Lichtquanten aussenden. Diese werden elektronisch bzw. mit dem Auge registriert)
- Ionisationsdurchflußzählrohre (von Röntgenstrahlen ionisierte Gasatome werden elektronisch registriert)
- photographische Registratur (Röntgenstrahlen regen zu chemischen Reaktionen an).

3. Anwendung

Unter Ausnutzung oben erwähnter Eigenschaften findet die Röntgenstrahlung vielfach Anwendung in Forschung, Industrie und Medizin. Doch jede Art der Anwendung läßt sich einordnen in eine der drei Grunduntersuchungsmethoden:

Grobstrukturanalyse:
Weitgehende Ausnutzung der Gesetze der Strahlenoptik (Hindernis groß gegen Wellenlänge) und des Absorptionsgesetzes für Materialprüfung in der Industrie und z. B. Schirmbilduntersuchungen in der Medizin.

Spektralanalyse:
Ausnutzung der Gesetzmäßigkeiten des Röntgenspektrums. Aus der Wellenlänge und der Intensität der einzelnen Spektrallinien kann quantitativ und qualitativ auf chemische Zusammensetzung von Verbindungen und Legierungen geschlossen werden.

Feinstrukturanalyse:
Die Methoden der Kleinwinkelstreuung und der Interferenz, die ausschließlich auf Beugung und Streuung von Röntgenstrahlen beruhen, untersuchen den strukturellen Aufbau der Moleküle und Kristalle. Hiermit befaßt sich eine Forschungsgruppe der Sektion Physik der Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Näheres dazu in einem weiteren Artikel von Impuls 68.

1) Wilhelm Conrad Röntgen (1845 - 1923) erhielt für diese Entdeckung 1900 als erster den Nobelpreis für Physik

2) Erläuterung der Quantenübergänge im Beitrag über das Bohrsche Atommodell im Impuls Heft I, 3 "Frank-Hertz-Versuch"

H.-G. Kraus

Was sind V E K T O R E N ? (Teil I)

Wir kennen in der Physik Größen, die sich durch einfache, mit Einheiten versehene Zahlen - die Skalare - beschreiben lassen, z.B. Masse, Volumen. Doch gibt es auch Größen, bei denen diese einfache Angabe nicht genügt, sondern es wird deren Richtung noch angegeben (die Kraft, Geschwindigkeit, Feldstärke). Solche Größen mit einer bestimmten Richtung werden Vektoren genannt. Sie werden oft als gotische Buchstaben geschrieben und als ein Pfeil gezeichnet, der von einem Punkt A zu einem Punkt B führt (Abb. 1)

Ein Vektor ist genau bestimmt durch seinen absoluten Betrag (Länge), durch seine Richtung und den Durchlaufsinn.
Kennt man einen Vektor, so kann man sagen, daß er eindeutig den Punkt A in den Punkt B überführt.

Abb1

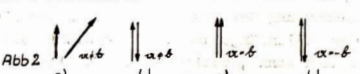


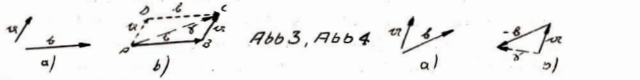
Abb2

Diese Tatsache läßt sich auch umkehren: Kennt man die Überführung des Punktes A in den wohlbestimmten Punkt B, so ist damit der Vektor festgelegt.

Wann sind nun zwei Vektoren gleich?

Zwei Vektoren sind dann gleich, wenn sie in Betrag, Richtung und Durchlaufsinn übereinstimmen (Abb. 2c). Sind zwei Vektoren in Betrag und Richtung gleich, aber im Durchlaufsinn entgegengesetzt, so ist der eine der negative des anderen (Abb.2d)

Wir können also einen Vektor parallel im Raum verschieben (Abb. 2c), ohne mathematisch etwas zu verändern. Es gibt demnach beliebig viele gleiche Vektoren, und ein gezeichneter Pfeil ist nur ein Repräsentant einer Klasse von unendlich vielen gleichen Vektoren. Das machen wir uns wie folgt zu nutze (Abb. 3): Nehmen wir an, in unserer Papierebene liegen zwei Vektoren. Für den Vektor α nehmen wir nun den Repräsentanten, der an der Pfeilspitze von β liegt (Parallelverschiebung).



Wir haben damit einen Punkt A über B nach C übertragen. Durch die Punkt A und C ist aber wiederum ein gewissen Vektor bestimmt, mit dem wir, wenn wir ihn vorher gekannt hätten, auch von A nach C gelangt wären. Damit haben wir bereits ein Verknüpfungsgesetz von Vektoren kennengelernt,

die Addition $\beta + \alpha = \gamma$

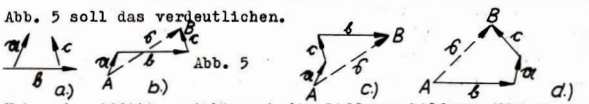
Wir hätten es aber auch anders anfangen können. Wenn wir β an die Spitze von α schieben, kommen wir ebenfalls nach C. Das ist das sogenannte Vertauschungs- oder

Kommutativgesetz: $\alpha + \beta = \beta + \alpha$

Gesetzt den Fall, wir haben mehrere Vektoren, z.B. α, β, τ, so ist es gleich, in welcher Reihenfolge wir sie zusammensetzen:

Assoziativgesetz: $\gamma = \alpha + \beta + \tau = (\alpha+\tau)+\beta = (\alpha+\beta)+\tau.$

Abb. 5 soll das verdeutlichen.



Neben der Addition steht auch die Differenzbildung, die so verstanden wird:

Differenz: $\alpha - \beta = \alpha + (-\beta)$

Es ist also die Summe der Vektoren $\vec{a}$ und $-\vec{b}$ (Abb. 4)

Wir wissen bereits, daß ein Vektor eine bestimmte Länge (Betrag) hat, geschrieben: $|\vec{a}|$ oder a . Einen Vektor mit dem Betrag 1 nennt man den Einheitsvektor. Ein Vektor ist demnach eine Vervielfachung des Einheitsvektors $\vec{a}^0$: $\vec{a} = m \cdot \vec{a}^0$, wobei m eine skalare Zahl ist. Für diese Vervielfachung oder Multiplikation mit einem Skalar kennt man auch bestimmte Gesetze, z.B. $(m + n)\vec{a} = m\vec{a} + n\vec{a}$,

$$m(\vec{a} + \vec{b}) = m\vec{a} + m\vec{b};$$

$\vec{a}$ und $\vec{b}$ sind jetzt nicht speziell Einheitsvektoren, sondern die Vervielfachung ist bereits verallgemeinert auf einen beliebigen Vektor.

Die Papierebene sei im folgenden durch die x- und y-Achse aufgespannt, und in Achsenrichtung sollen die beiden Einheitsvektoren $\vec{i}$ und $\vec{j}$ zeigen (Abb. 6). In diese Ebene legen wir einen beliebigen Vektor $\vec{a}$. Damit ginn die Lage dieses Vektors zum 2-dimensionalen Koordinatensystem festlegen kann, gehen wir umgekehrt wie in Abb. 3 vor. Wir teilen nämlich diesen Vektor durch Projektion auf die Achsen in 2 Anteile auf, die parallel zu $\vec{i}$ bzw. $\vec{j}$ stehen und Komponenten genannt werden. Der Vektor $\vec{a}$ läßt sich jetzt eindeutig schreiben als:

$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j}$, wobei die skalaren Größen a_x und a_y die sogenannten Koeffizienten sind.

Verlassen wir die Papierebene und deuten durch eine weitere Achse z mit dem Einheitsvektor $\vec{k}$ den 3-dimensionalen Raum an, so kann man den Vektor $\vec{b}$ auch wieder zerlegen und in Komponenten ausdrücken. $\vec{b} = b_x\vec{i} + b_y\vec{j} + b_z\vec{k}$

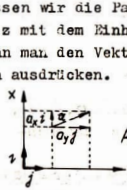
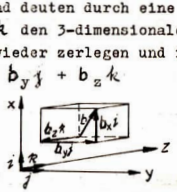


Abb.6

Abb.7



Kehren wir wieder zur Ebene zurück und zeichnen drei beliebige Vektoren $\vec{u}$, $\vec{v}$ und $\vec{w}$ ein und versuchen sie sowie zu addieren, daß der Nullvektor (Betrag = 0, Richtung beliebig) das Endergebnis ist. Dabei sei es erlaubt, die Vektoren nach Belieben zu strecken und zu stauchen (Multiplikation mit einem Skalar). Die Richtung soll sich aber nicht verändern. Wie man das am Beispiel der Abb. 8 sieht, ist das leicht möglich. Stehen jedoch statt der drei nur noch 2 Vektoren zur Verfü-

gung, so wird es nicht gelingen, die beiden Vektoren zu Null zu addieren (ausgenommen Abb. 2d). Diese Vektoren nennt man linear unabhängig. Lassen sie sich aber zu Null addieren (3 oder mehr), dann sind sie linear abhängig.

Wagen wir jetzt wieder den Sprung von der Ebene in den 3-dimensionalen Raum, dann wird man feststellen, daß man zur Nullvektoraddition minimal 4 Vektoren braucht; mit 3 Vektoren wäre es ein vergebliches Bemühen, wenn man wirklich den 3-dimensionalen Raum erfassen will und nicht nur die schon behandelte Ebene.
Es ist also zu merken, daß man 2 linear unabhängige Vektoren braucht, um eine Ebene (2 Dimensionen) aufzuspannen, ein dritter jedoch (natürlich auch in der Ebene) wäre überflüssig. Um 3 Dimensionen aufzuspannen, braucht man 3 linear unabhängige Vektoren (3 Vektoren in einer Ebene wären nicht linear unabhängig und würden auch nicht den 3-dimensionalen Raum erfassen).

Man kann nun diesen Faden weiterspinnen, auch wenn unser Vorstellungsvermögen uns verläßt. In der Physik kennt man z.B. ein Koordinatensystem, wo nach den Raumkoordinaten x, y, z als 4. Koordinate die Zeit auftritt. Das ist dann ein 4-dimensionaler Raum, und wir brauchen 4 linear unabhängige Vektoren, um ihn aufzuspannen. Es ist sinnlos, einen 4-dimensionalen Raum zu zeichnen, da in unserem 3-dimensionalen Raum der 4. Vektor sich linear kombinieren läßt.

Abb 8

Zum Schluß wollen wir nun die Frage stellen, was man unter einer Multiplikation von Vektoren untereinander versteht. Man kennt zwei Definitionen:

1. skalare Multiplikation,
   das skalare Produkt ist durch folgende Gleichung bestimmt: $\vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot b \cos \varphi$,
   wobei φ der von den Vektoren $\vec{a}$ und $\vec{b}$ bei gemeinsamem Anfangspunkt eingeschlossene Winkel ist (Abb.9)

2. vektorielle Multiplikation
Das Produkt von $\vec{a}$ und $\vec{b}$ (Operation $\vec{a} \times \vec{b}$) ist ein Vektor $\vec{z}$, der senkrecht auf den beiden Vektoren steht, dabei ein Rechtssystem mit $\vec{a}$ und $\vec{b}$ bildet und die Länge $ab \cdot \sin\varphi$ hat, d.h. einer Länge, die dem Flächeninhalt des Parallelogramms gleich ist (abb.10).

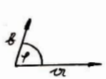


Abb 9 Abb 10

Zwei wissenschaftliche Großtaten der SU

Im Herbst 1967 konnte die UdSSR zwei große Erfolge auf dem Gebiet der Hochenergiephysik verbuchen. In der Nähe von Jerewan wurde ein 6 GeV Elektronensynchrotron in Betrieb genommen. Dies ist eine Apparatur, die Elektronen solange beschleunigt, bis sie die Energie von 6 Milliarden Elektronenvolt erreicht haben. (1 Elektronenvolt ist die Energie, die ein Elektron besitzt, wenn es die Spannung von 1 Volt durchlaufen hat.) Eine andere sowjetische Spitzenleistung ist der Bau eines Protonen-Beschleunigers, mit dem Maximalenergien von 76 GeV erreicht wurden. Diese gewaltigen Geräte ermöglichen Experimente auf dem Gebiet der Kern- und Elementarteilchenphysik.

Stereofotos vom Mond

Die von der Sowjetunion und den USA gestarteten Mondsonden lieferten eine große Menge ausgezeichneter Oberflächenbilder, die die Mondoberfläche teilweise in Abständen von weniger als einem Meter bis zum Horizont zeigen. Die amerikanische Sonde Surveyor 6 machte von ihrem Landeplatz aus 1500 Bilder. Dann hoben kleine Triebwerke die Sonde an und versetzten sie um etwa 2,5 m. Aus diesem neuen Blickwinkel wurden wieder 1500 Bilder gemacht. Auf diese Weise erhielt man räumliche Fotos der Mondoberfläche.

A. Köhler

Wie viele Oxide des Kohlenstoffs gibt es?

Die zwei wichtigsten Oxide des Kohlenstoffs, Kohlenmonoxid (CO) und Kohlendioxid (CO_2), begegnen uns im täglichen Leben als Bestandteile des Leuchtgases bzw. der Luft. Sie sind schon sehr lange bekannt. Außer ihnen hat man aber noch andere Verbindungen entdeckt, die nur aus Kohlenstoff und Sauerstoff bestehen und somit Oxide des Kohlenstoffs darstellen. So unglaublich es klingt: Man kennt zur Zeit nicht weniger als 9 solcher Kohlenstoffoxide. Außer CO und CO_2 gehören dazu noch folgende Verbindungen:

(1) C_2O (ein Name wurde noch nicht angegeben):

Eine Verbindung dieser Zusammensetzung bildete sich bei der Reaktion von strahlenchemisch erzeugten Kohlenstoffatomen mit CO bei tiefen Temperaturen. Sie hat die Formel: C = C = O und ist nur wenig stabil.

(2) CO_3 (Kohlenstofftrioxid):

Diese Verbindung stellt nach den bisher angestellten Untersuchungen ein Peroxid dar mit der Formel

Dafür spricht auch die Herstellungsweise: Es entsteht z. B. bei der Bestrahlung von Ozon (O_3) mit sehr energiereichem Licht in Gegenwart von festem CO_2. Kohlenstofftrioxid ist wenig stabil und kann wie C_2O nur bei tiefen Temperaturen hergestellt und untersucht werden.

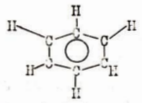
(3) C_3O_2 (Kohlensuboxid):

Dieses Oxid ist eigentlich das Anhydrid einer organischen Säure, der Malonsäure, und läßt sich aus dieser herstellen:

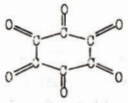
Kohlensuboxid ist ein Gas, das bei Normaltemperatur polymerisiert, bei tieferen Temperaturen aber beständig ist. Die Existenz der analogen Verbindung mit fünf C-Atomen (O=C=C=C=C=C=O) ist noch nicht völlig gesichert. Es sei erwähnt, daß das CO_2 als Vertreter mit einem C-Atom (O=C=O) ebenfalls in diese Reihe von Verbindungen gehört.

(4) C_6O_6 (Trichinon):

Bei dieser Verbindung - wie bei den folgenden - haben wir es mit einem Abkömmling des Benzols zu tun. Alle CH-Gruppen des Benzols sind hier formal durch C=O-Gruppen ersetzt:



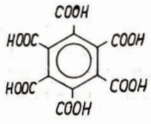
Benzol



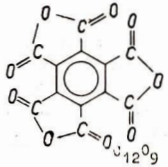
Trichinon

(5) $C_{12}O_9$ (Mellitsäuretrianhydrid):

Hier liegt wieder ein Anhydrid einer organischen Säure vor, und zwar der Benzolhexacarbonsäure (Mellitsäure):



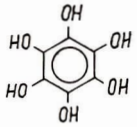
Mellitsäure

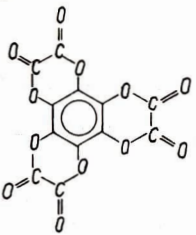


$C_{12}O_9$

(6) $C_{12}O_{12}$ (Hexahydroxybenzol-trisoxalat):

Dieses Kohlenstoffoxid läßt sich durch Veresterung von Hexahydroxybenzol mit drei Molekülen Oxalsäure gewinnen:





Hexahydroxybenzol $C_{12}O_{12}$

(7) Graphitoxid:

Bei der Oxidation des Graphits mit konzentrierter Salpetersäure und Kaliumchlorat oder -permanganat wird der Graphit nicht zu CO_2 oxydiert, sondern nimmt Sauerstoff auf und verliert dabei seine elektrische Leitfähigkeit. Man nimmt an, daß der Sauerstoff zwischen die Schichten des Grahpitgitters eindringt und dort ätherartige C-O-C-Brücken oder Ketogruppen ausbildet. Über die Struktur des Graphitoxids und die Bindungsverhältnisse des Sauerstoffs zwischen den Schichten ist noch relativ wenig bekannt. Aber auch diese Verbindung (und um eine solche handelt es sich ja, denn sie hat ganz andere Eigenschaften als Graphit) gehört zu den Kohlenstoffoxiden, wenn man davon absieht, daß Graphitoxid immer etwas Wasserstoff (höchstwahrscheinlich in Form von OH-Gruppen) enthält.

Auch das sind Folgen eines schmutzigen Krieges ...

Da die Ausgaben für den Aggressionskrieg in Vietnam ständig für die USA anwachsen, mußten die Mittel für die zivile Weltraumforschung von 5,9 auf 4,8 Milliarden Dollar herabgesetzt werden. Durch den dadurch bedingten Rückgang der Aufträge für die Industrie verloren schon 120 000 Amerikaner ihren Arbeitsplatz. Monatlich nimmt diese Zahl gegenwärtig um 4 000 zu.

G. Staupendahl
J. Kleinschmidt

Laser und ihre Anwendungen (2. Teil)

II. Betriebsformen und Typen von Lasern

1. Wiederholungsfragen

Vor der Beschäftigung mit den näheren Einzelheiten der Laser ist es ratsam, zur Wiederholung der physikalischen Grundlagen folgende Fragen zu durchdenken:

1.1. Erläutere die Begriffe spontane und induzierte Emission, Besetzungsinversion und Übergangswahrscheinlichkeit sowie die Zusammenhänge zwischen ihnen!

1.2. Warum muß beim Rubinlaser das Pumplicht kurzwelliger sein, als die Laserstrahlung?

1.3. Welche Aufgabe hat der Resonator beim Laser? Warum ist ein Spiegel des Resonators halbdurchlässig?

1.4. Was sind die besonderen Vorzüge der Laserstrahlung im Vergleich mit herkömmlichen Strahlungsquellen?

2. Betriebsarten

Je nach der Art der speziellen Aufgaben des Lasers und der spezifischen Eigenschaften des aktiven Mittels verwendet man verschiedene Formen der Energiezufuhr bzw. der Auskopplung des Laserstrahles.

2.1. Dauerbetrieb

Beim Dauerbetrieb wird in das aktive Mittel konstant Energie gepumpt. Gleichzeitig sind die Resonatorspiegel fest justiert, so daß der Laser arbeiten kann, wie es im vorigen Artikel beschrieben wurde. Man erhält hierbei eine kontinuierliche, kohärente Laserstrahlung. Die zugeführte Energie und damit die Ausgangsleistung kann im Dauerbetrieb allerdings nur in beschränktem Maße gesteigert werden. Ein großer Teil der Pumpenergie wird nämlich im aktiven Mittel

in Wärme umgewandelt. Kann diese nicht genügend schnell abgeleitet werden, führt dies zur Zerstörung des aktiven Mittels. Aus diesem Grunde werden Hochleistungslaser gekühlt. Man kann dann mehr Energie hineinpumpen und erhält eine entsprechend höhere Ausgangsleistung.

2.2. Impulsbetrieb

Die hohe Dauerbelastung des aktiven Mittels kann man umgehen, indem man die Pumpenergie in Form eines Impulses zuführt. Durch den Impuls wird schlagartig eine hohe Besetzungsinversion erreicht, die dann sehr rasch durch induzierte Emission abgebaut wird. Nach einer Pause, in der sich das Medium abkühlen kann, wird der nächste Impuls hineingeschickt usw. Man erhält hier keine kontinuierliche Strahlung, sondern einzelne Ausgangsimpulse. Deren Spitzenleistung liegt viel höher, als die konstante Leistung im Dauerbetrieb, denn das aktive Mittel kann hier kurzzeitig sehr stark belastet werden, weil ja nach dem Impuls eine genügend lange Erholungszeit zur Verfügung steht.

2.3. Gütesteuerung

Zur Erzielung von Höchstleistungen benutzt man die sogenannte "Gütesteuerung". Um sie zu verstehen, muß unbedingt die Funktion des Resonators klar sein! Wir wissen bereits, daß Höchstleistung dann erzielt wird, wenn die größtmögliche Zahl von Atomen in kürzester Zeit vom oberen in den unteren Zustand übergeht. Man muß also zunächst maximale Besetzungsinversionen erreichen! Wenn wir aber in das aktive Mittel Energie pumpen und der Resonator ist justiert, so wird bereits während der Energiezufuhr immer wieder ein Teil der Besetzungsinversion abgebaut. Deshalb machen wir folgendes:

Während der Energiezufuhr dejustieren wir den Resonator, so daß der Laser nicht arbeiten kann (Abbildung 1 a), d. h. die Besetzungsinversion bleibt erhalten, denn die Übergänge, die trotzdem stattfinden, fallen nicht ins Gewicht. Ist die maximale Besetzungsinversion erreicht,

wird der Resonator schlagartig justiert und die Besetzungsinversion blitzschnell abgebaut (Abbildung 1b). Man erhält einen sehr kurzen Impuls sehr hoher Leistung. Diese Methode ist die mechanische Gütesteuerung; sie kann z. B. durch einen Drehspiegel realisiert werden.

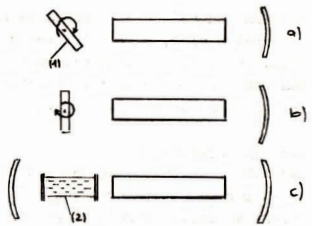


Abb. 1

Eine ähnliche Wirkung kann man aber noch einfacher durch Anwendung eines Effektes der "Nichtlinearen Optik" (siehe "Anwendungen" im nächsten Heft) erzielen. Bringt man in den Resonator ein Medium, das die Laserstrahlung absorbiert, so kann der Laser zunächst nicht arbeiten. Durch den erwähnten Effekt, den wir hier nicht näher erläutern können, wird das Medium aber nach kurzer Zeit für die Laserstrahlung schlagartig durchsichtig, die inzwischen maximal gewordene Besetzungsinversion wird abgebaut, und wir erhalten auch hier einen Ausgangsimpuls riesiger Leistung (Abbildung 1 c).

3. Aufbau verschiedener Lasertypen

Man unterscheidet nach der Beschaffenheit des aktiven Mittels zwei große Gruppen von Lasern: Festkörperlaser und Gaslaser.

3.1. Festkörperlaser

Die Festkörperlaser, deren bekanntester Vertreter der Rubin-Laser ist, besitzen als aktives Mittel ein festes Material, z. B. einen Rubinstab. Sie haben gegenüber den Gaslasern den Vorteil einer bedeutend höheren Spitzenleistung. Dies ist leicht verständlich, wenn man sich überlegt, daß sich die Zahlen der Moleküle bzw. Atome pro cm^3 von Gasen bei etwa 10 Torr und festen Stoffen ungefähr wie 1 : 10^5 verhalten. Im festen aktiven Mittel kann man also pro Volumeneinheit eine bedeutend höhere Besetzungsinversion erreichen,

woraus eine höhere Leistung folgt, obwohl die Gaslaser dadurch etwas Boden gutmachen, daß ihr aktives Volumen bedeutend größer gemacht werden kann als das der Festkörperlaser.

3.1.1. Rubinlaser

Die prinzipielle Wirkungsweise des Rubinlasers wurde schon ausführlich behandelt. Wir wollen hier nur kurz auf einige konstruktive Details eingehen. Ein Rubinlaser für Impulsbetrieb kann z. B. so aufgebaut sein:

Die Pumpenergie liefert eine Blitzlampe (1). Laserstab (2) und Blitzlampe sind längs der Brennlinien eines elliptischen Zylinders angeordnet. Dadurch wird eine optimale Ausnutzung der Lichtblitze, die ja voll den Rubin treffen sollen, gewährleistet. Bei Hochleistungslasern wird der Rubinstab gekühlt.

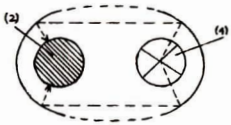


Abb. 2

In Verbindung mit der Methode der Gütesteuerung wurden schon Spitzenleistungen in der Größenordnung von Gigawatt erreicht!

3.2. Gaslaser

Ein wesentliches Merkmal der Gaslaser ist die Art der Anregung: Die Pumpenergie wird in Form von Strom, der eine Gasentladung speist, zugeführt. Wegen der Entladung beträgt der Gasdruck in der Laserröhre nur einige Torr. Da folglich relativ wenig Moleküle pro cm^3 zur Verfügung stehen, muß man die Gaslaser zur Erzielung hoher Leistungen sehr lang machen. Es gibt schon Geräte von ca. 100 m Länge. Sie werden meistens im Dauerbetrieb oder mit Gütesteuerung benutzt; man kann den Strom aber auch in Impulsen zuführen.

3.2.1. CO_2-Laser

Der gegenwärtig bei weitem leistungsfähigste Gaslaser ist der CO_2-Laser. Seine wichtigsten Gaskomponenten sind N_2 und CO_2. Durch die Zusammenstöße in der Gasentladung wird

das N_2 angeregt. Dieses überträgt dann durch sogenannte Resonanzübergänge seine Energie auf die CO_2-Moleküle und verursacht so eine Besetzungsinversion, da ein bestimmtes Niveau des CO_2 bevorzugt bevölkert wird. Diesem Niveau entspricht dann die Laserstrahlung von 10.6 μ.

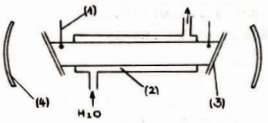


Abb. 3

In Abb. 3 sind (1) die Elektroden für die Stromzufuhr. (2) ist ein Kühlmantel, der die Gasentladungsröhre umgibt. (3) sind die für Gaslaser typischen sogenannten Brewsterfenster, das sind für die Strahlung durchlässige Platten, die unter dem Brewsterwinkel angebracht werden, um die Reflexionsverluste minimal zu halten. (4) sind die Resonatorspiegel.

Mit CO_2-Lasern wurden bereits Dauerleistungen von mehreren hundert Watt bei einem Wirkungsgrad von 10 - 15 % erreicht. Andere Gaslaser, z. B. He-Ne-Laser mit etwa 20 mW und Argon-Ionen-Laser mit ca. 2 - 5 W Dauerleistung bei sehr niedrigem Wirkungsgrad fallen demgegenüber erheblich ab.

Stickstoffmoleküle als Komplexliganden:

Man kennt seit langem Komplexe, die zwischen zwei Metallatomen Carbonylgruppen als Brücken enthalten (z. B. Abb. 1). Hier fungiert also das Kohlenmonoxidmolekül als Komplexligand. Neuerdings wurden aber auch Komplexe entdeckt (z. B. Abb. 2), in denen das sonst so reaktionsträge Stickstoffmolekül als Ligand fungiert.

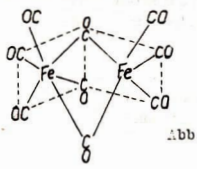


Abb. 1

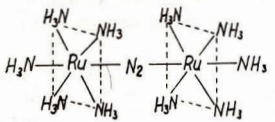


Abb. 2

Dr. K. Jupe

Die Bestimmung der Gravitationskonstanten

Die Massenanziehung oder Gravitation hat seit dem Altertum die Naturforscher beschäftigt und es hat wohl über keinen Gegenstand so viele Spekulationen gegeben wie über die Ursache der Schwerkraft. Ein wirklicher Fortschritt konnte aber erst erzielt werden, als die Frage nach der Ursache beiseite gelassen wurde und die Forschung auf die Frage "Wie wirkt die Schwerkraft?" konzentriert wurde. So nahm es Galilei einfach als gegeben hin, daß in der Nähe der Erdoberfläche ein Körper eine konstante Beschleunigung erhält, das genügte ihm zur Ableitung seiner Fallgesetze. Das bedeutete eine radikale Umstellung im Denken. Die Zeitgenossen Galileis mußten den Eindruck gewinnen, daß Galilei (und andere Forscher) am Kern des Problems vorbeiging, daß er sich nur mit nebensächlichen Randerscheinungen beschäftigte. Erst später zeigte sich, daß nur auf diese Weise wirklich Fortschritte erzielt werden konnten.

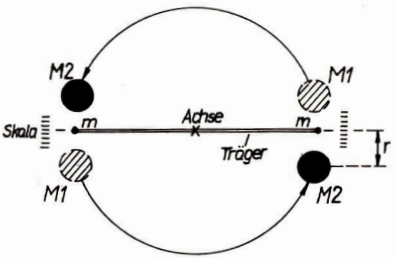
Das Gravitationsgesetz konnte von Galilei noch nicht gefunden werden. Es ist das Ergebnis der Arbeit von drei in ihrer Art ganz verschiedenen, in ihren Leistungen aber gleich bedeutenden Männern. Der Däne Tycho de Brahe (1546 - 1601) war der beste beobachtende Astronom seiner Zeit und hinterließ eine ungeheure Menge von sehr genauem Beobachtungsmaterial, das besonders den Planeten Mars betraf. Auf Grund dieser Beobachtungen gelang es dem Deutschen Johannes Kepler (1571 - 1630), der wohl der genialste Mathematiker seiner Zeit war und eine überaus schöpferische Phantasie besaß, die wesentlichen Gesetze der Planetenbewegung, die Keplerschen Gesetze, in mühevoller Arbeit abzuleiten. Schließlich konnte der Engländer Isaak Newton (1642 - 1727) aus diesen Keplerschen Gesetzen ein sehr allgemeines Gesetz, das Gravitationsgesetz, gewinnen. Es besagt, daß sich zwei Körper mit den Massen m und M, die sich im Abstand r befinden, mit einer Kraft F anziehen, die durch die Gleichung

$$F = k \cdot \frac{m \cdot M}{r^2}$$

gegeben ist. Dabei ist k eine Konstante, die sogenannte Gravitationskonstante, deren Größe Newton nicht angeben konnte. Sie läßt sich aus astronomischen Beobachtungen nicht gewinnen, sondern das ist nur im irdischen Laboratorium möglich.

Der Engländer Henry Cavendish (1731 - 1810) löste 1798 diese Aufgabe. Cavendish hatte sich nicht die Aufgabe gestellt, die Gravitationskonste zu messen, sondern er wollte die mittlere Dichte der Erde bestimmen. Das war eine wichtige Aufgabe und beides läuft praktisch auf die gleiche Messung hinaus.

Theoretisch ist die Aufgabe sehr einfach, es handelt sich einfach darum, die Anziehungskraft zwischen zwei kugelförmigen Körpern mit bekannter Masse und Mittelpunktsentfernung zu bestimmen. Experimentell ist das aber eine äußerst schwierige Aufgabe, denn die zu messende Kraft liegt in der Größenordnung von 10^{-7} N (10^{-8} kp = 10^{-5} p). Zur Messung benutzte Cavendish eine Apparatur, die er von dem Cambridger Geologen und Geistlichen John Michell (er gilt als Begründer der Seismologie) übernommen hatte. In diesem Gerät sind zwei kleine Kugeln an einem Träger befestigt, dieser Träger ist an einem dünnen Draht drehbar aufgehängt. Gegenüber den kleinen Kugeln stehen zwei größere Kugeln M (bei Cavendish war M = 158 kg). Die großen Kugeln befinden sich zunächst in der schraffiert gezeichneten Lage M 1. Bringt man sie nun in die Lage M 2, dann werden die kleinen Kugeln von ihnen angezogen (nochmals: die Kraft liegt in der Größenordnung 10^{-5} p!) und werden



sich beschleunigt in Bewegung setzen. Diese Beschleunigung a der kleinen Kugeln erhalten wir aus dem Gravitationsgesetz

$$F = k \cdot \frac{m \cdot M}{r^2} ,$$

indem wir durch m dividieren und berücksichtigen, daß $\frac{F}{m} = a$ ist.

Wir erhalten

$$a = k \cdot \frac{M}{r^2} .$$

Es ist also a zu messen und aus der angegebenen Gleichung kann man die Gravitationskonstante k berechnen. An den Enden des Trägers, der die Kugeln m trägt, befinden sich Ableseskalen (heute würde man, ähnlich wie beim Spiegelgalvanometer, einen Lichtzeiger verwenden). Man kann so die Bewegung der "Drehwaage" bequem beobachten. Wie ist es nun möglich, die auftretende sehr kleine Beschleunigung möglichst genau zu messen? Das ist nur möglich, wenn man die Schwingungen, die die Drehwaage (ähnlich wie eine Analysenwaage) ausführt, genau untersucht. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Verdrillung des Kupferdrahtes, an dem der Träger der kleinen Kugeln (m) befestigt ist. Mit diesem Problem mußte sich Cavendish vor Beginn der eigentlichen Messung intensiv beschäftigen. Erschwert wurde die Messung durch die Tatsache, daß der Träger sehr lang war (ca. 2 m) und die Schwingdauer daher etwa 7 Minuten betrug.

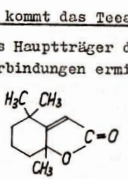
Es soll die sehr langwierige Auswertung der Messung hier nicht wiedergegeben werden. Cavendish ging sehr sorgfältig zu Werke. Er versuchte, alle Störungen von der Apparatur fernzuhalten bzw. zu berücksichtigen. So befand sich das Gerät in einem Gehäuse aus Holz, das wieder in einer größeren Kammer aufgestellt war. Sämtliche Manipulationen, wie das Verschieben der großen Kugeln, wurden von außen mittels Hebel oder Seilzügen ausgeführt. Außerdem wurde eine ganze Reihe möglicher Fehler untersucht und im Ergebnis zum Teil mit berücksichtigt, wie z. B. magnetische Wirkungen, Luftströmungen infolge von Temperaturdifferenzen, Gravitationswirkungen von den Holzwänden auf die kleinen Kugeln und von den großen Kugeln auf den Träger, Anziehung zwischen großen und kleinen Kugeln "über Kreuz".

Als Mittelwert aus 17 sehr umfangreichen Messungen fand Cavendish die Dichte der Erde zu 5,48 g/cm^3 und gibt es als sehr unwahrscheinlich an, daß sich der wirkliche Wert um mehr als 7 % von diesem Wert unterscheidet. Wir wissen heute, daß die Abweichung vom genauen Wert (5,514 g/cm^3) nur 0,6 % (!) beträgt. Aus den Messungen Cavendishs würde sich die Gravitationskonstante zu 6,71 (statt 6,68) $\cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$ ergeben.

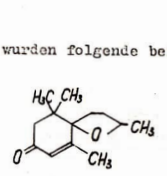
Die Leistung Cavendishs ist außerordentlich hoch einzuschätzen. Er hat damit unabhängig von Coulomb, der auf die gleiche Art 1785/86 elektrische und magnetische Kräfte gemessen hat, eine völlig neue Meßmethode, die Messung kleiner Kräfte durch Torsion dünner Drähte in die Präzisionsphysik eingeführt. Im Gegensatz zu Coulomb hat er diese Methode auch mit äußerster Präzision benutzt, indem er die meisten Fehlerquellen berücksichtigte. Das Fundamentale seines Ergebnisses schließlich liegt darin, daß man bei Kenntnis von Gravitationskonstanten, die sich ja aus Cavendishs Messungen sofort ergibt, nunmehr die Massen anderer Himmelskörper bestimmen kann.

Wo kommt das Teearoma her?

Als Hauptträger des Teegeruches wurden folgende beiden Verbindungen ermittelt:



und



Sie sollen Ihnen einen Eindruck vermitteln, wie so altbekannte Tatsachen wie der Geruch des Tees von der chemischen Seite her aussehen.

Frank Gellerich

Der Ablauf des Chemiestudiums an der Friedrich-Schiller-Universität in Jena

Wir möchten Ihnen in diesem Artikel einen Überblick über den Ablauf des Chemiestudiums geben. Sicher haben Sie schon verschiedentlich von der Studienreform an unseren Universitäten gehört. In Jena wurde die Studienreform in der chemischen Ausbildung bereits vor drei Jahren begonnen. Die Ausbildung wurde den gestiegenen Anforderungen der sozialistischen Praxis an einen Hochschulabsolventen entsprechend umorganisiert und neu gestaltet. Im März 1968 schlossen sich die einzelnen chemischen Institute der Universität Jena zur Sektion Chemie zusammen. Die Sektion ermöglicht infolge ihrer einheitlichen Leitungsstruktur eine straffere zentrale Ausbildung. Das Ziel der Ausbildung und Erziehung besteht in der Heranbildung sozialistischer Persönlichkeiten, die die Fähigkeit zu selbständiger und schöpferischer Arbeit im Kollektiv besitzen.

Sehen wir uns einmal die Gliederung des Studienablaufes an:

1. Grundstudium Chemie	1. - 3. Studienjahr
2. Fachstudium Chemie	4. Studienjahr
3. Spezialstudium	5. Studienjahr
4. Forschungsstudium	5. - 7. Studienjahr

1. Das Grundstudium

Das Grundstudium umfaßt die ersten drei Studienjahre und beinhaltet die Vermittlung von Kenntnissen in den Fächern Allgemeine Chemie, Anorganische Chemie, Physikalische Chemie, Organische Chemie, Technische Chemie, Theoretische Chemie, Marxismus-Leninismus, Mathematik, Physik, Russisch und Englisch. Der Student erhält so einen Überblick über das Gesamtgebiet der Chemie. Dadurch wird die Disponibilität des Absolventen gewährleistet. Die mathematische Ausbildung ermöglicht dem Studenten ein Verstehen und Bearbeiten spezieller Gebiete der physikalischen und theoretischen Chemie. Trotz der zuneh-

menden theoretischen Durchdringung chemischer Sachverhalte ist die Arbeit im Labor für den Chemiker von großer Wichtigkeit. Während des Grundstudiums nimmt darum das experimentelle Arbeiten einen breiten Raum ein. Der Student erlernt dabei die Arbeitsmethodik der einzelnen Teilgebiete und wird durch geeignet formulierte Aufgaben und kleinere Forschungsaufträge dazu angehalten, sein erworbenes theoretisches Wissen anzuwenden und zu erweitern.

Schon im ersten Semester werden die Studenten mit den Formen der kollektiven wissenschaftlichen Zusammenarbeit bekanntgemacht, so daß sie am Ende des Grundstudiums in der Lage sind, komplizierte Aufgaben gemeinsam zu lösen. Große Bedeutung für die politische und moralische Erziehung der Studenten besitzt ihre Arbeit in der FDJ-Gruppe und im FDJ-Kolloquium. Wesentlichste Aufgabe ist dabei die Weiterführung der Hochschulreform im Chemiestudium. Außerdem sollen die Studenten lernen, aus dem Marxismus-Leninismus Schlußfolgerungen für ihr eigenes Handeln zu ziehen. Schon im Grundstudium wird der Student seine Perspektive und die Übereinstimmung seiner persönlichen mit den gesellschaftlichen Interessen begreifen. Dadurch wird der Leistungswille und das Kollektivbewußtsein gefördert.

Fester Bestandteil des Grundstudiums ist weiterhin die Wehrerziehung in Form von Lehrgängen in GST-Lagern. Während des Grundstudiums werden die Fachabschlußprüfungen in den Fächern Allgemeine Chemie, Anorganische Chemie, Organische Chemie, Physikalische Chemie sowie in den Teilfächern des Marxismus-Leninismus absolviert. Die Ausbildung in Mathematik, Physik und in den beiden Fremdsprachen wird ebenfalls abgeschlossen.

2. Das Fachstudium

Nach Beendigung des Grundstudiums entscheiden sich die Studenten, in welchem Spezialgebiet sie ihr Fachstudium absolvieren wollen. Dies ist möglich in den Fachgebieten:

Anorganische Chemie, Physikalische Chemie, Organische Chemie, Theoretische Chemie und Glaschemie.

Das 7. Semester beginnt für die Studenten, die sich für Glaschemie und Theoretische Chemie entschieden haben, mit einem speziellen Praktikum. Alle anderen Studenten absolvieren ein längeres Betriebspraktikum im VEB Mineralölwerk Lützkendorf. Nach einem weiteren Praktikum über physikalisch-chemische Meßmethoden, in dem die Studenten mit den modernsten Meßgeräten vertraut gemacht werden, erfolgt die Eingliederung der Studenten in die einzelnen Arbeitsgruppen. Sie werden dadurch in die Forschungsaufgaben der Sektion direkt mit einbezogen. Spätestens im Fachstudium muß der Student es lernen, mit der chemischen Fachliteratur zu arbeiten. Die Tatsache, daß die meiste und wichtigste Literatur in englischer und russischer Sprache erscheint, unterstreicht die Wichtigkeit des Sprachunterrichtes an der Oberschule und an der Universität, wobei das Erlernen eines möglichst großen Wortschatzes besonders wichtig ist.

Im Fachstudium beginnt auch die Ausbildung in Kybernetik und Operationsforschung. Sie soll den Studenten befähigen, diese allgemeinen Methoden auf spezielle Probleme der Chemie anzuwenden, um mit Spezialisten dieser Gebiete zusammenarbeiten zu können.

Das Fachstudium endet mit zwei Diplomprüfungen in Fächern, in denen der Student nicht diplomiert.

3. Das Spezialstudium

Während des Spezialstudiums fertigt der Student seine Diplomarbeit an. Unter der Anleitung des Forschungsgruppenleiters bearbeitet er dabei selbständig ein wissenschaftliches Thema. Er besucht Spezialvorlesungen. Die Auswahl dieser Vorlesungen richtet sich nach dem Thema der Diplomarbeit und nach dem späteren beruflichen Einsatz. Das Spezialstudium schließt nach dem 10. Semester mit der Prüfung im Diplomfach und einem weiteren Fach ab. Der Student erhält damit den akademischen Grad "Diplom-Chemiker".

4. Das Forschungsstudium

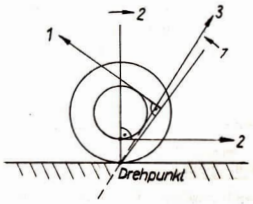
Die fachlich besten und gesellschaftlich aktivsten Studenten

erhalten die Möglichkeit, nach dem 8. Semester ein Forschungsstudium aufzunehmen. Sie bearbeiten ein größeres Thema selbständig und schließen nach dem 14. Semester mit der Promotion ab. Ihr akademischer Grad ist dann Doktor rer. nat.

Lösungen der Aufgaben 21, 22, 23:

Zu 21:

Bei der Erläuterung des Prinzips der "folgsamen bzw. unfolgsamen Zwirnrolle" benötigen wir nur elementare Kenntnisse aus der Mechanik. Wenn wir unsere Zwirnrolle genauer betrachten, so erkennen wir in ihr einen einarmigen Hebel, dessen Drehpunkt der Auflagepunkt der Zwirnrolle ist. Wirkt nun an diesem Hebel eine Kraft in Richtung 1, so entsteht natürlich ein Drehmoment in Richtung 1 (nach Momentsatz) und es erfolgt eine Drehung in dieser Richtung (desgl. für Richtung 2).
Bei einer Fadenstellung, bei der die Wirkungslinie der angreifenden Kraft genau durch den Drehpunkt des Hebels (3) geht, kann kein Drehmoment entstehen, es erfolgt eine Drehung!



Zu 22:

Da der Spannungsabfall an R_1 nur noch 160 V betragen soll, können wir sofort die Gleichung

$$R_1 : R_2 = 160\ V : 60\ V \qquad (1)$$

aufstellen (denn 160 V + 60 V = 220 V!) Aus Gleichung (1) folgt:

$$R_1 = \frac{160}{60} \cdot 30\,\Omega$$

$$\longrightarrow R_1 = 80\,\Omega$$

d.h.: Zu R_1 muß ein Widerstand parallel geschaltet werden, so daß $R_{ges1} = 80$ ist.

Daraus folgt $\frac{1}{R_x} = \frac{1}{80\Omega} - \frac{1}{400\Omega}$ (2)

$$\frac{1}{R_x} = \frac{4}{400\Omega} \longrightarrow R_x = 100\Omega$$

Ergebnis: Zu R_1 muß ein Widerstand mit 100Ω parallel geschaltet werden.

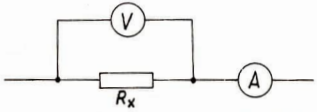
Zu 23:

Interferenzerscheinungen können nicht beobachtet werden, da die beiden Lichtquellen kein kohärentes Licht aussenden! Bekanntlich tritt bei Licht die Erscheinung der Interferenz nur dann auf, wenn die interferierenden Wellen kohärent sind, d.h. wenn sie durch den gleichen Elementarvorgang (z.B. in einer Lichtquelle) entstanden sind.

Aufgabe 1:

In welcher Entfernung vom Erdmittelpunkt sind die auf einen Körper zwischen Erde und Mond infolge deren Anziehung wirkenden Kräfte gleich groß?

Aufgabe 2:



Wie groß ist R_x, wenn von den Meßgeräten folgende Werte abgelesen werden?

I = 12 mA (Meßbereich 15 mA)
U =150 V (Meßbereich 300 V)

Beide Meßgeräte zeigen Vollausschlag bei 2 mA Strom in der Meßspule.

Aufgabe 3:

Wie kann man die Brennweite einer Zerstreuungslinse mit Hilfe einer stärkeren Sammellinse bestimmen?

Berichtigung:

Im Artikel von W. Reichardt über den "Abschirmeffekt" und seine Bedeutung für die Chemie" (Heft 5/6) muß der letzte Satz des zweiten Absatzes ersetzt werden durch:
" Die Ursache dafür ist in der unterschiedlichen Dichte der sogenannten s-Elektronen am Kern zu suchen. Die p-, d- und f-Elektronen beeinflussen das System nur indirekt, indem sie die s-Elektronen mehr oder weniger vom Kern abschirmen. Auf weitere Einzelheiten wird an dieser Stelle verzichtet."

Neues auf dem Büchermarkt - Neues auf dem Büchermarkt

Eine wahrscheinlich sehr interessant werdende Reihe naturwissenschaftlich-philosophischer Literatur wurde mit dem ersten Band eröffnet:

HERBERT HÖRZ: Physik und Weltanschauung
Standpunkte der marxistischen Philosophie zur Entwicklung der Physik

Urania-Verlag Leipzig, Jena, Berlin
132 Seiten; 3,80 M

Der erste Band dieser Reihe "Wissenschaft und Weltbild" behandelt in populärwissenschaftlicher Art folgende Kapitel:

Materialismus und moderne Physik
Der dialektische Determinismus als philosophische Theorie des Zusammenhangs
Philosophische Probleme der Elementarteilchentheorie
Anschaulichkeit und Abstraktion
Mensch und physikalische Erkenntnis

Dieses Buch ist jedem Oberschüler zu empfehlen, der sich über das Verhältnis der Physik als Einzelwissenschaft zur Philosophie informieren möchte. Leider wird das Problem Physik und Politik nicht berührt.

studium · praxis · probleme der physik und chemie

monatszeitschrift für schüler · 2. jg. (1968/69) heft 3

impuls 68 Schülerzeitschrift für Physik und Chemie

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Sektion Physik für den wissenschaftlichen Gerätebau der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Redaktion: H.-D. Jähnig (Chefredakteur)
Dr. Jupe, Dr. Kretschmar, Dipl. Chem. I. Pfaff, D. Gröll, M. Funk, G. Sommer, V. Lindig, W. Reichardt, V. Hopfe, J. Schlichting

Verantwortlicher: Dipl.-Phys. S. Kessler

Anschrift: "impuls 68"
69 Jena
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich zum Preis von 0,30 M
Aus technischen Gründen bitten wir möglichst um Sammelbestellungen der einzelnen Schulen.

Inhalt

	Seite
50. Jahrestag der Novemberrevolution	3
Röntgenfeinstrukturanalyse	5
Festkörper Glas	9
Der programmierte Krieg (I)	12
Zustandsänderungen der Gase	16
Vorgänge bei der Schwarz-Weiß-Fotografie	20
Laser III	24
Lösungen der Aufgaben	29
Aufgaben	32

Titelseite: Das Ergebnis einer Röntgenfeinstrukturanalyse: Die Elektronendichteverteilung von 4,4' Dichlorodiphenylsulfon (aus Acta cryst. 13 (1960) S. 40)

Dr. habil. M. Weißbecker

Gedankensplitter zum 50. Jahrestag der Novemberrevolution

Nicht nur in Jena, in vielen tausend deutschen Städten und Betrieben, an den Fronten und auf den Schiffen der kaiserlichen Marine wurde in der revolutionären Situation vom Herbst 1918 der Ruf der Spartakusgruppe an die deutsche Arbeiterklasse und ihre Verbündeten: "Übernehmt selbst die Macht im Staat!" gehört. Die Mehrheit des deutschen Volkes erkannte vor 50 Jahren, was ihr die 4 Jahre imperialistisches Völkermorden gebracht hatten und wer die Schuldigen am ersten Weltkrieg waren. Deutschland stand am Rande einer nationalen Katastrophe. Wer, wenn nicht die fortschrittlichsten Kräfte der Gesellschaft, die Arbeiterklasse, konnte es vor dem Abgrund bewahren und auf einen anderen Weg führen! Dazu waren ihr von der Reichskonferenz der Spartakusgruppe, die am 7. Oktober 1918 illegal in Berlin stattgefunden hatte, ein klares Ziel und ein realer Weg gewiesen worden. Weit über die organisatorischen Grenzen der Spartakusgruppe hinaus fand das historisch bedeutsame Programm der Volksrevolution ein wirksames Echo. Dieses war ein Programm

- für die sofortige Beendigung des Krieges,
- für den Kampf um demokratische Rechte und Freiheiten
- für die Vernichtung des Militarismus,
- für die Säuberung des Staatsapparates von antidemokratischen Kräften,
- für die Bestrafung und Enteigu ung der für den Krieg verantwortlichen und am Krieg verdienenden Kräfte des Monopolkapitals,
- für den Sturz des deutschen Imperialismus.

Damit hatte die revolutionäre deutsche Arbeiterbewegung das Grundproblem aufgeworfen, daß zu lösen seit der Jahrhundertwende - und heute noch in Westdeutschland - objektiv auf der Tagesordnung steht: die Beseitigung der monopolkapitalistischen Macht und die Schaffung eines wahrhaft friedlichen, demokratischen und schließlich sozialistischen Deutschlands. Im antiimperialistischen Kampf hätten die Kämpfer des Jahres 1918 die bürgerlich-demokratische Revolution von 1848/49 zu vollenden

und die sozialistische Revolution vorzubereiten gehabt. Es konnte ihnen nicht gelingen, weil die Bourgeoisie der Revolution mit der brutalen Gewalt gut entlohnter Freikorps und Bürgerwehren, vor allem aber mit einer großen, den neuen Verhältnissen angepaßten taktischen Raffinessen begegnete. Diese zu durchschauen und zu überwinden war damals die Mehrheit der deutschen Arbeiterklasse noch nicht in der Lage. Sie stand unter dem Einfluß von Opportunismus und Revisionismus; sie verfügte noch nicht über eine selbständige marxistisch-leninistische Partei, die den revolutionären Kampf zu organisieren und zu leiten verstand.

Es ist für uns eine große Freude, ein halbes Jahrhundert nach der Niederlage der Arbeiterklasse von 1918 feststellen zu können, daß wir in einem Teil Deutschlands, in unser beinahe 20 Jahre jungen DDR den Aufruf der revolutionären Kämpfer von 1918 verwirklicht und selbst die Macht "übernommen" haben. Wir blicken als Sieger der Geschichte auf die Novemberrevolution zurück, nicht zuletzt, weil wir ihre Lehren verwirklichen konnten. Im Prozeß der Bewältigung von Vermächtnis und Lehre des Novembers 1918 sind wir weit" in das Zeitalter des Sozialismus vorgestoßen", wie es in den Thesen des Instituts für Marxismus-Leninismus beim ZK der SED zum 50. Jahrestag heißt. Mit dem Blick auf die Erfolge der Vergangenheit werden wir auch künftig die neu heranreifenden Fragen unserer gesellschaftlichen Entwicklung lösen können. Die Beschäftigung mit den Lehren der Novemberrevolution ist daher niemals Selbstzweck oder Angelegenheit der Historiker allein.

Fotos aus dem Herzen

Mittels Glasfaseroptik ist es in letzter Zeit möglich geworden, Filmaufnahmen aus Tierherzen zu übertragen. Dabei konnten die rhythmischen Öffnungs- und Schließbewegungen der Aortenklappen des Herzens genau studiert werden.

Im sozialistischen Studentenwettstreit ausgezeichnet:

Einen festen Bestandteil in der Hochschulausbildung bilden die alljährlich durchgeführten Studentenwettstreite, in deren Rahmen die Studenten Zeugnis über ihr erworbenes Wissen ablegen. Das kann z.B. in Form von Belegarbeiten, Vorträgen oder in der Lösung von Forschungs- und Entwicklungsaufgaben geschehen. Dabei wird besonders Wert auf eine enge Verbindung mit unserer sozialistischen Industrie gelegt, um dadurch das Studium schon frühzeitig produktiv werden zu lassen.

Wir wollen Ihnen an dieser Stelle in jedem Heft eine dabei ausgezeichnete Arbeit vorstellen. Heute beginnen wir mit der Arbeit der Physikstudenten G. Sommer und R. Janka. Ihre Aufgabe bestand darin, einen Praktikumsversuch für Physikstudenten des 4. Studienjahres aufzubauen. In diesem Versuch sollen mit Hilfe von Röntgenstrahlen die Strukturen von verschiedenen fadenförmigen Eiweißmolekülen, speziell Kollagen und Keratin, untersucht werden. Der Student führt dann die Untersuchungen selbständig durch und berechnet an Hand der gewonnenen Aufnahmen die Größe bzw. die Abstände der verschiedenen Moleküle und Atomgruppen. Einige Probleme der Röntgenfeinstrukturanalyse erläutert G. Sommer im folgenden Artikel:

G. Sommer

Die Grundlagen der Röntgenfeinstrukturanalyse

Die Beugung von Röntgenstrahlen an Kristallgittern wird durch die Braggsche Gleichung

$$\boxed{n\lambda = 2d \cdot \sin\vartheta}$$

beschrieben, welche in "impuls" 2. Jahrg. Heft 2 hergeleitet wurde. Sie besagt, daß Beugungsmaxima nur dann auftreten, wenn der Wegunterschied zwischen zwei beliebig gewählten gebeugten Wellen ein ganzzahliges Vielfaches der Wellenlänge der verwendeten Röntgenstrahlung ist. Wie kann man das realisieren, wenn man auf eine kristalline Struktur Röntgenstrahlen auffallen läßt?

1. LAUE-VERFAHREN: Bestrahlt man einen Einkristall, das heißt einen Körper, der aus einem einzelnen Kristall besteht, aus

einer beliebigen aber festen Richtung, so ist die Braggsche Gleichung im allgemeinen nur dann erfüllbar, wenn man Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge (sogenannte weiße Röntgenstrahlung) verwendet. An diskreten Punkten wird der zur Registrierung verwendete Film Schwärzungen zeigen. (Abb. 1)

2. DREHKRISTALL-VERFAHREN: Man verwendet anstelle der Bremsstrahlung die charakteristische Strahlung einer bestimmten Wellenlänge, z.B. $\lambda_{Cu,K\alpha}$ = 1.5405 Å und einen Einkristall, der aber zur Erfüllung der Braggschen Gleichung um eine Achse rotieren muß. Registriert wird auf einem ruhenden, um den Kristall zylindrisch angeordneten Film. (Abb. 2)

3. DEBYE-SCHERRER-VERFAHREN: Untersucht man eine Anhäufung von regellos durcheinanderliegenden Kriställchen der gleichen Substanz, z.B. Pulver oder ein polykristallines Metall, so nehmen die Netzebenen der Kriställchen die verschiedensten Winkel zum einfallenden Primärstrahl ein. Man kann demzufolge monochromatische Röntgenstrahlung verwenden und die Einfallsrichtung braucht nicht durch Drehung geändert zu werden. Auf einem zylindrisch um die Kristallite angebrachten Film erhält man die sogenannten Debye-Scherrer-Ringe. (Abb. 3)

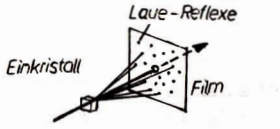


Abb. 1 Laue-Verfahren

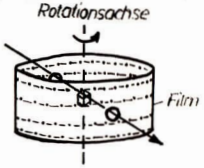


Abb. 2 Drehkristallverfahren

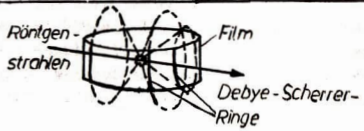


Abb. 3 Debye-Scherrer-Verfahren

Kennzeichnend für einen Kristall ist eine in allen Richtungen periodische Anordnung von Atomen oder Molekülen. Man kann eine kleinste mögliche Einheit definieren, die bei Fortsetzung oder Translation in alle Richtungen den gesamten Kristall ergibt. Die Einheit nennt man Elementarzelle. Beschrieben wird sie durch die drei Koordinaten a, b und c sowie die Winkel zwischen den Koordinaten α, β, γ

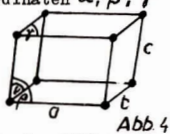


Abb. 4

Die Netzebenen der Elementarzelle erhält man, wenn durch je drei Atome oder Moleküle der Elementarzelle eine Ebene gelegt werden kann. Sie werden festgelegt mit Hilfe der Millerschen Indizes (hkl), wobei h, k, und l ganze Zahlen sind. Ihre reziproken Werte sind gleich den Strecken, welche die Netzebenen auf den drei Achsen abschneiden. Die Netzebene (210) ist parallel zu (420) und mit ihr kristallographisch gleichwertig. Netzebenen treten also immer scharweise auf. Eine Netzebenenschar beugt die Röntgenstrahlen in einen bestimmten Reflex. Aus der Lage der registrierten Reflexe kann man auf die Abmessungen der Elementarzelle schließen und aus der Intensität der Reflexe auf die Anordnung der Atome oder Moleküle in der Elementarzelle.

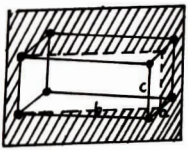


Abb. 5

Es ist wichtig zu erwähnen, daß die Beugungserscheinungen nur auftreten, wenn die Wellenlänge klein ist gegenüber dem Netzebenenabstand d_{hkl} oder höchstens von der gleichen Größenordnung. Bei einem Abstand der Atome von 1 bis 4 Å und der Wellenlänge der Röntgenstrahlung von ca. 1 Å ist dies jedoch gewährleistet. Ist die Wellenlänge groß gegenüber dem Netzebenenabstand, werden die Phasenunterschiede der gebeugten Wellen sehr klein. Sie geben dann keinen Aufschluß über die untersuchte Struktur.

Womit die Röntgenstrahlung in Wechselwirkung tritt, sind jedoch nicht die Atome oder Moleküle an sich, sondern die Elektronen. Diese Elektronen haben im Zentrum des Atoms, um den Kern herum ihre größte Aufenthaltswahrscheinlichkeit. Maßgebend für die Beugung ist also eine periodische Elektronendichteverteilung im Kristall.

Die Resultierende der an den Atomen einer Netzebenenschar (hkl) gebeugten Wellen läßt sich darstellen als

$$F_{hkl} = |F_{hkl}| \cdot e^{2\pi i \alpha_{hkl}} ,$$

wobei F_{hkl} den Betrag und α_{hkl} die Phase der Welle in Bezug auf einen willkürlichen Nullpunkt des Koordinatensystems angeben.

Wenn man den Betrag der an allen Netzebenen (hkl) gestreuten Wellen und deren Phasen kennt, erhält man die Elektronendichteverteilung des gesamten Kristalls, woraus man die Lage der Atome ermittelt.

$$\varrho(x,y,z) = \sum_{h=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} \sum_{l=-\infty}^{\infty} |F_{hkl}| \cos 2\pi (hx+ky+lz+\alpha_{hkl})$$

Aus den Reflexen erhält man aber ohne weiteres nur F_{hkl}, denn es gilt für die Intensität der Reflexe

$$I_{hkl} \sim |F_{hkl}|^2$$

Das Problem liegt also darin, die Phase zu bestimmen. Umfangreiche Rechnungen und bestimmte mathematische oder experimentelle Methoden helfen aber in den meisten Fällen auch dieses Problem zu lösen.

Gegenwärtig kennt man schon die Strukturen von einigen Tausend kristallinen Körpern. Immer größere Bedeutung erlangt aber die Aufklärung so komplizierter Strukturen wie die der Eiweiße oder anderer biologischer biologischer Makromoleküle.

In einem der nächsten Hefte werden wir uns eingehend mit dem Einsatz der Röntgenfeinstrukturanalyse in der Molekularbiophysik befassen.

Prof. Dr. W. Vogel
Dr. P. Eckardt

Der Festkörper Glas und seine Struktur (III)

Nach der im letzten Artikel beschriebenen Netzwerktheorie von Zachariasen und Warren soll der Einbau von großen Kationen (z.B. Na^+, K^+, Ca^{++}, Ba^{++} usw.) in das Tetraedernetzwerk eines Grundglases (wie beispielsweise SiO_2, B_2O_3, P_2O_5 u.a.) kontinuierlich und völlig gleichmäßig erfolgen, d.h. man nimmt eine statistische Verteilung der Kationen im Grundglas an. Aus diesem Grund müßten sich die Glaseigenschaften mit zunehmender Konzentration an Netzwerkänderern im Grundglasnetzwerk kontinuierlich verändern. Aber oft zeigen Meßkurven der Lichtbrechung, der Dichte, der elektrischen Leitfähigkeit und anderer Glaseigenschaften keinen gleichmäßigen Verlauf, sondern Knicke, Wendepunkte und andere Diskontinuitäten.
Parallel zur Entwicklung der Netzwerkhypothese entstand deshalb die Kristallittheorie von Lebedev, die die beschriebenen Diskontinuitäten besser deuten konnte.
Nach Lebedev kann die Struktur der Gläser als eine Anhäufung von mikrokristallinen Gebilden angesehen werden. Diese sogenannten Kristallite stellen einen Zustand beträchtlich hoher Ordnung dar, es wird keine Gleichverteilung der Kationen angenommen. Die Kristallite sind nach der Ansicht von Lebedev weder Kristalle noch Mikrobruchstücke von diesen, sondern eher Keimzellen für Kristalle, die sich unter günstigen Entglasungsbedingungen entwickeln können. Als Kristallitdurchmesser werden meist 10-20 Å (1 Ångström = 10^{-8}cm) angegeben. Die Struktur eines Kristallits soll im Zentrum am regelmäßigsten sein und praktisch einem Kristall gleichen. Nach der Peripherie des Kristallits hin nimmt der Ordnungszustand des Kristallgitters stark ab. Dadurch kommt eine stark amorphisierte Zwischenschicht zustande, die alle Kristallite miteinander gewissermaßen verkittet. Durch die geringe Größe der Kristallite erscheint das Glas völlig ungetrübt und klar.
Die Kristallittheorie kann man als gegensätzlichen Extremfall zur Netzwerkhypothese bezeichnen. Beide Theorien haben die Kenntnisse von der Glasstruktur beträchtlich erweitert, aber sie versagen in ihren ursprünglichen Aussagen bei der Lösung vieler

Probleme der Glasstrukturforschung. Sowohl die Netzwerktheorie als auch die Kristallittheorie haben durch zahlreiche Forschungsarbeiten, die in allen Teilen der Welt durchgeführt wurden, Weiterentwicklungen im Sinne einer Annäherung aneinander erfahren. Solche Forschungsarbeiten werden auch im Fachbereich Glaschemie der Sektion Chemie der Friedrich-Schiller-Universität durchgeführt.

In den letzten Jahren hat sich die Erkenntnis durchgesetzt, daß das Glas weder so gleichmäßig aufgebaut ist, wie es die Netzwerkhypothese fordert, noch eine so hohe Ordnung besitzt, sondern daß es strukturelle Inhomogenitäten besitzt, die hinsichtlich der Dimensionen um eine Zehnerpotenz (20-200 Å) höher liegen als die von der Kristallittheorie für die Kristallite verlangten (10-20 Å). Diese Feststellung wurde mit modernen Röntgenuntersuchungen und einer neu entstandenen Richtung in der Glasstrukturforschung, der Elektronenmikroskopie der Gläser, die vor allem in Jena entwickelt und genutzt wird, bestätigt und untermauert. Bei elektronenmikroskopischen Untersuchungen von W. Vogel und Mitarbeitern an "Modellgläsern" wurden in den meisten Fällen strukturelle Inhomogenitäten festgestellt, die als tröpfchenförmige Gebilde auf der elektronenmikroskopischen Aufnahme sichtbar waren, etwa vergleichbar mit den ungelösten Stärkekörnern in einer Sagosuppe oder mit der Bildung von Fetttröpfchen in Wasser (z.B. bei Milch).
Unter dem Begriff "Modellgläser" versteht man z.B. Berylliumfluoridgläser. Nach Goldschmidt stellen kristallisierte Fluoroberyllate Modelle zu kristallisierten Silikaten dar. Eine Modellstruktur kommt dann zustande, wenn zwei Stoffe im gleichen Gitter kristallisieren und ihre Ionen gleichen oder ähnlichen Radius besitzen. Modell und Original unterscheiden sich dann lediglich durch die Gitterkräfte, die die Ionen im Gitterverband zusammenhalten.
Auf Grund des Ladungsunterschiedes zwischen Sauerstoff- und Fluorionen einerseits und Silizium- und Berylliumionen andererseits sind die bindenden Kräfte im BeF_2 nur noch 1/4 so groß wie im zugehörigen Original SiO_2. Man kann erwarten, daß wegen dieser Abschwächung der Bindungskräfte in BeF_2-Gläsern Vorgänge

bei der Strukturbildung eindeutiger und besser erkennbar ablaufen. Gegenüber Silikatgläsern bedeutet dies, daß in BeF_2-Gläsern eine wesentliche größere Ionenbeweglichkeit als in den hochviskosen Silikatschmelzen vorhanden ist. Es war zu erwarten, daß in Schmelzen der genannten Modellgläser Vorgänge, die in den viel zäheren Silikatgläsern früher zum Stehen kommen, beträchtlich weiter fortschreiten und somit modellmäßig klarer erkannt, gemessen und nachgewiesen werden können. Dies ist tatsächlich eingetreten.

Leider ist in dieser Zeitschrift durch drucktechnische Schwierigkeiten keine Abbildung einer elektronenmikroskopischen Aufnahme möglich. In diesen Aufnahmen über den strukturellen Aufbau von Gläsern sind deutlich tröpfchenförmige Ausscheidungen zu sehen, die auf stattfindende Entmischungsvorgänge der Ionen in der Glasschmelze hinweisen. Aber nicht nur in Modellgläsern sind diese Entmischungsvorgänge festzustellen, sondern auch bei den technisch wichtigen Silikat- und Boratgläsern, wie elektronenmikroskopische Aufnahmen eindeutig beweisen.
Eine Deutung der Ausscheidung sogenannter Mikrophasen (Tröpfchen) ergeben folgende Überlegungen:

So wie in jeder Salzschmelze, so ist auch beim Abkühlen einer Glasschmelze das Bestreben bestimmter Ionen und Atome vorhanden, sich zu sammeln und zu Kristallen zu ordnen. Im Falle der Glasschmelzen wird dieses Ordnungsbestreben lediglich dadurch gebremst, daß Schmelzkomponenten vorhanden sind, welche das Bestreben zeigen, weitverzweigte räumliche Netzwerke oder lange kettenähnliche Gebilde aufzubauen, wodurch gleichzeitig die Viskosität sehr stark ansteigt und somit das Ordnungsbestreben und die Freiheit der anderen Ionen beschränkt wird. Im Falle der glasigen Erstarrung ist diese Wanderung der Ionen sozusagen auf halbem Wege zu einer neuen Ordnung zwangsläufig eingefroren. Haben sich schon genügend gleichartige Ionen in einem Schwarm gesammelt, dann wird bei der Erstarrung ein Tröpfchen mit einer deutlichen Abgrenzung gegenüber der Umgebung gebildet. Gibt man den Ionen innerhalb der Tröpfchen die Möglichkeit einer größeren Beweglichkeit zurück, etwa durch genügend hohes Aufheizen des betreffenden Glasstückes, dann erfolgt sofort eine Vereinigung einzelner oder mehrerer gleichartiger Tröpfchen zu kugelförmigen größeren Gebilden. Reicht

die Beweglichkeit zur Vereinigung nicht aus, dann bildet sich eine Ordnung innerhalb der tröpfchenförmigen Bezirke heraus. Für jede Tröpfchenart gelten dabei eigene Gesetze. Da eine Kristallisation der Glasphasen (Tröpfchen) erst beim Tempern erfolgt, könnte man also das Zustandekommen der in zahlreichen Gläsern nachgewiesenen Mikrophasen als einen vorkristallinen Zustand der Gläser bezeichnen. Es ist ein Zwangszustand und eine Notlösung im Ordnungsvorgang der Ionen bei der Abkühlung der Glasschmelze. Da man solche Tröpfchen mitunter als Mizellen bezeichnet, sprechen wir heute von der "Zellularstruktur" des Glases.
Die meisten technischen und optischen Gläser entsprechen in ihrem Aufbau der hier geschilderten Strukturvorstellung einer Mikrophasentrennung bzw. "Zellularstruktur" des Glases. Im nächsten Artikel werden wir über die mechanische Festigkeit des Glases und die Anwendung der Gläser in Wissenschaft und Technik berichten.

H.-D. Jähnig, Student im 5. Stdj., (Diplomand an der Sektion Physik)

Der programmierte Krieg

Gegenwärtig sind auf der Welt mehr Wissenschaftler tätig als zusammengenommen in der ganzen Menschheitsgeschichte zuvor. Eine Flut von Erkenntnissen stürzt auf uns ein, täglich, stündlich. Ein großer Teil der neu gewonnenen Forschungsergebnisse wird sofort in der Praxis wirksam, führt zu einer Steigerung des Industriepotentials und des Lebensstandards. Aber gilt das uneingeschränkt? Garantiert in jedem Fall eine hoch entwickelte Wissenschaft den Fortschritt der gesamten Menschheit? Die bürgerlichen Idologen sagen, die Wissenschaft sei unpolitisch, sie diene deshalb von vornherein in ihrer Zielstellung dem Fortschritt. Nur einige "Unvernünftige" würden sie mißbrauchen. Die Marxisten erwidern, die Wissenschaft ist ein integrierter Bestandteil der Gesellschaft, folglich von ihr abhängig und nicht lostrennbar von den gesellschaftlichen Verhältnissen, besonders denn Produktionsverhältnissen. Sie steht ganz im Dienste der Klasse, welche

die Produktionsmittel besitzen und ist deshalb nicht "unpolitisch."

Wie läßt sich das zunächst theoretisch aufgeworfene Problem lösen und entscheiden? Wir wollen dazu einige markante Tatsachen untersuchen. Ein Beispiel von vielen wäre z. B. die Möglichkeiten der Ausnutzung der Atomenergie. Als bekannt wurde, welch riesigen Energiemengen man durch die Kernspaltung gewinnen kann, wurde besonders in den USA die Forderung gestellt, die gewonnenen Erkenntisse für den Bau einer Superbombe auszunutzen. Jahrelange Forschungen hatten nur das eine Ziel, eine schreckliche Massenvernichtungswaffe zu entwickeln, die so schnell wie möglich einsatzbereit ist. Heute arbeiten die fähigsten Physiker der USA daran, eine viel heimtückischere Waffe zu entwickeln, eine Atombombe in Miniaturausgabe. Die kleinste soll nur 35 kg wiegen, sie läßt sich also durchaus von einer Person transportieren. Das birgt die große Gefahr in sich, daß diese Waffe von Diversanten oder in "kleinen lokalen Kriegen, wie z. B. in Vietnam, eingesetzt werden. Besonders in der letzten Zeit sind Stimmen aus dem Pentagon laut geworden, die den Einsatz von Kernwaffen in Vietnam fordern. Es ist deshalb nicht verwunderlich, wenn besonders heiktisch an der Weiterentwicklung solcher Sprengkörper gearbeitet wird.

Die zu Beginn angeführten Behauptungen bürgerlicher Ideologen läßt sich an Hand des Vietnamkrieges ganz klar widerlegen. Hier enthüllt das kapitalistische Gesellschaftssystem seinen wahren Charakter. Die Aggression war von Anfang an eingeplant. Am 21. Juli 1954 wurde auf der Genfer Konferenz festgelegt, daß die verschiedenen Zonen Vietnams kein Bestandteil einer Militärallianz werden dürfen, aber bereits am 8. 9. 1954 wurde Südvietnam in den Geltungsbereich des aggressiven SEATO-Militärpakt einbezogen. Von jenem Zeipunkt an wurde Südvietnam zu einem Militärstützpunkt der USA ausgebaut. Waren 1954 nur 20 Amerikaner in Südvietnam stationiert, betrug ihre Zahl 1955 schon 2000, 1962 - 100 000, 1966 - 400 000, 1967 - 500 000, und jetzt sind es über 550 000. Mit der Eskalation des Krieges stiegen auch laufend die Rüstungsausgaben. Immer mehr Wissenschaftler, besonders Physiker und Chemiker, werden in die Kriegmaschinerie eingespannt. Neue und grausame Waffen wurden in Vietnam getestet oder extra für Vietnam entwickelt.

Seit etwa 1962 wird an der Entwicklung und Weiterentwicklung der Kugelbomben gearbeitet, welche seit 1966 in der DRV angewandt werden. In der Wandung dieser Bombe sind etwa 300 kleine Kugeln eingebaut. 560 bis 640 solcher Kugelbomben befinden sich zunächst in einer Mutterbombe, die in einer Höhe von 50-1000 m explodieren kann. Dabei erhalten die Kugelbomben einen Drall. Die dabei auftretenden Zentriefugalkräfte schärfen den exzentrisch gelagerten Zünder. Nach der Explosion bestreuen etwa 200 000 Kugeln eine Fläche von 200 . 800 m. Diese Bombe ist also eindeutig eine Waffe zum Einsatz gegen die Zivilbevölkerung. Von 1961 bis jetzt wurden vor allem durch die Kugelbomben über 70 000 Kinder getötet.

Daneben arbeiten besonders die Chemiker der USA und anderer kapitalistischer Länder (hier hat sich besonders Westdeutschland hervorgetan) an der Weiter- bzw. Neuentwicklung von Gifgasen, Napalm und Brandbomben. Zahlreiche neuentwickelte Brandbomben, besonders Magnesiumbrandkörper, sind schon in Vietnam zum Einsatz gekommen. Eine besonders verbrecherische Waffe ist die Napalmbombe. Die USA gaben allein 1967 40 Millionen Dollar für deren Weiterentwicklung aus. Napalmbomben geben eine Verbrennungswärme von etwa 5000 C^{o} ab. Sie sind selbstzündend, Napalm haftet auf Kleidungsstücken fest, schwimmt und brennt auf dem Wasser, läßt sich also nicht damit löschen. Es verbrennt sehr langsam (kleinste Spritzer bis zu 30 min) und scheidet dabei giftige erstickende Gase ab. Die USA haben solches Napalm entwickelt, das bei der Verbrennung Gase abgibt, die schwerer als Luft sind und sich folglich in Bodenvertiefungen, Laufgräben und Deckungslöchern festsetzen. Seit 1961 kommen auch noch andere Chemiekalien zum Einsatz gegen Menschen, Tier und Pflanzen. Ein Teil der Stoffe führt zu vorübergehenden Lähmungen, Bewußtlosigkeit, Blindheit, Halluzinationen und schließlich zum Tod. Der Einsatz anderer Chemikalien führte z. B. zum Entblättern ganzer Landstriche und zur Vernichtung der Reisernte.

Jährlich werden Milliarden ausgegeben, um den Mord zu perfektionieren. Eine riesige Anzahl von Wissenschaftlern ist für militärische Forschungen tätig. Besonders in der letzten Zeit sinkt die Zahl der Beschäftigen im zivilen Teil der For-

schung sehr schnell. 1966 waren noch über 420 000 auf dem Gebiet der Raumfahrt beschäftigt, jetzt sind es schon nicht mehr als 300 000. Schuld daran sind auch die Streichungen von Ausgaben für die Weltraumforschung zugunsten des Aggressionskrieges in Vietnam. Betrugen z. B. die Ausgaben dafür im Haushaltjahr 1966/67 5,9 Milliarden Dollar, so sind sie jetzt auf 4,8 Milliarden gesunken. Dafür steigen aber die Ausgaben für das militärische Raumforschungsprogramm von 1,9 Milliarden im letzten auf 2,2 Milliarden Dollar im laufenden Haushaltsjahr. Bekannt ist, daß die USA einen militärischen Nachrichtensatelliten gestartet hat, der eine ständige Verbindung zwischen dem Kriegsschauplatz Vietnam und dem Pentagon herstellen soll. Der erste Spionagesatellit wurde bereits am 28. 2. 1959 gestartet.

An Hand dieser wenigen Beispiele wird deutlich, daß die Ursachen dieser Verbrechen im Charakter der kapitalistischen Gesellschaftsordnung begründet liegen. Im nächsten Heft wollen wir diese Feststellung durch einige Tatsachen aus dem Gebiet der Physik erhärten.

NEUES AUF DEM BÜCHERMARKT - NEUES AUF DEM BÜCHERMARKT

In einer sehr interessanten populärwissenschaftlichen Reihe des Urania-Verlages erschien "Zwischen absolutem Nullpunkt und Sonnentemperatur", von einem Kollektiv erfahrener Wissenschaftler verfaßt. Es werden neue interessante Richtungen der technischen Physik beschrieben. So finden wir z. B. die Physik und Technik extrem hoher Drücke und Vakua behandelt. Tiefe Temperaturen, Mikroelektronik, Maser und Laser, sowie die Physik des Plasmazustandes sind weitere Themen, die den Leser staunen lassen über die modernsten Erkenntisse und Schöpfungen der Wissenschaftler.

Dr. K. Jupe

Zustandsänderungen der Gase

In weiten Bereichen unserer Volkswirtschaft spielen Wärmekraftmaschinen eine wichtige Rolle. In diesen Maschinen wird unter Verwendung gasförmiger Stoffe Wärmeenergie in mechanische Energie verwandelt, wobei das Gas seinen Zustand ändert. Letzterer wird durch sogenannte Zustandsgrößen beschrieben. Die wesentlichen Zustandsgrößen kennen Sie bereits, man kann sie jederzeit messen, es sind das der Druck p, das Volumen V und die Temperatur (absol. Temp., gemessen in ^{o}K) T. Wir nennen diese einfache thermische Zustandsgrößen. Sie sind durch die sogenannte thermische Zustandsgleichung miteinander verknüpft. Für ideale Gase ist diese Gleichung besonders einfach, wir wollen sie zunächst in der Form

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} \quad \text{oder} \quad \frac{p \cdot V}{T} = \text{const.}$$

schreiben, das heißt, der Ausdruck $\frac{p \cdot V}{T}$ bleibt bei allen Zustandsänderungen erhalten, mit nur einer Einschränkung:

Die chemische Zusammensetzung und der Aggregatzustand dürfen sich dabei nicht ändern. Wir wollen den Wert dieser Konstanten, die wir R nennen berechnen. Nehmen wir 1 mol eines Gases, dann beträgt das Volumen bei einem Druck von 760 Torr = 1,033 at = 10 330 $\frac{kp}{m^2}$ und 273 ^{o}K für alle Gase o,0224 m^3. Dieser Wert ist deswegen für alle Gase gleich, weil 1 mol stets die gleiche Teilchenzahl (6,023 . 10^{23} Teilchen, Loschmidt - oder Avogadrozahl) enthält. Berechnen Sie R! . . . . . x)

Unsere Gleichung können wir dann in folgender Form angeben (ν = Zahl der mole)

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$$

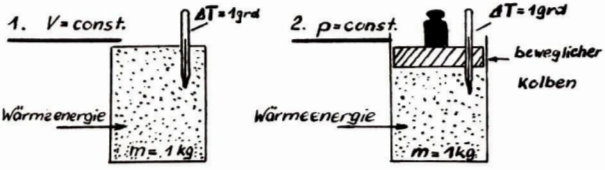
x) Vgl. letzte Seite des Heftes

Neben den einfachen Zustandsgrößen gibt es auch abgeleitete, von denen als Beispiele die innere Energie U und die Entropie S genannt sein sollen.

Als innere Energie spielt hier lediglich die Wärmeenergie eine Rolle, das Gas kann sich z.B. bei einer Zustandsänderung erwärmen und erhöht damit seinen Energieinhalt um den Betrag U. Für diesen Inhalt an Wärmeenergie gilt der Ausdruck

$$U = c \cdot m \cdot T$$

(m= Masse, c= spezifische Wärme). Dabei muß aber noch eine Besonderheit der spezifischen Wärme bei Gasen beachtet werden. Die spezifische Wärme entsprioht ja der Wärmemenge, die man einem kg eines Stoffes zuführen muß, um seine Temp. um 1grd zu erhöhen. Bei Wasser beträgt diese Wärmemenge 1 kcal, Wasser hat also die spezifische Wärme c= 1 $\frac{\text{kcal}}{\text{kg.grd}}$. Wenn man die spezifische Wärme bei Gasen messen will, dann sind zwei Versuchsanordnungen möglich:



Dabei ist die im 2. Fall zugeführte Energie größer als die im 1. Fall, weil _ _ _

beträgt. Für die innere Energie der Gase müssen wir dann schreiben

$$U = c_V \cdot m \cdot T \quad \text{bzw. (für deren Änderung)} \quad \Delta U = c_V \cdot m \cdot \Delta T$$

Eine weitere wichtige Grundlage ist der 1. Hauptsatz der Wärmelehre oder Satz von der Erhaltung der Energie, den Sie in der Form kennen:

> Energie kann nicht aus dem Nichts gewonnen werden, sie kann auch nicht verlorengehen. Es können stets nur die einzelnen Arten der Energie ineinander umgeformt werden.

Wir wollen diesen Satz formelmäßig niederschreiben und uns dabei auf Wärmeenergie und mechanische Energie beschränken, da andere Energiearten bei Zustandsänderungen in Gasen keine Rolle spielen. Wenn man einem Gas Wärmeenergie W zuführt, so kann damit zweierlei geschehen: Die innere Energie des Gases U kann sich um den Betrag ΔU erhöhen und es kann weiter die mechanische Arbeit A vom Gas nach außen abgegeben werden. Es muß gelten:

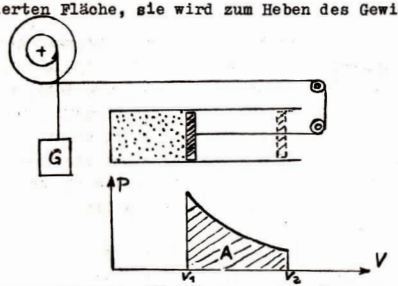
W	$=$	ΔU	$+$	A	(3)
in Wärmeform zugeführte Energie		Zunahme der inneren Energie		nach außen abgeführte mechanische Energie	
	$=$		$+$		Bei negativen Vorz.

Alle drei Größen können auch mit negativem Vorzeichen auftreten. Ergänzen Sie, welche Bedeutung sie dann haben. x) Vergleichen Sie Ihre Aussagen mit den auf der letzten Seite abgegebenen.

Eine Bemerkung müssen wir noch über die vom Gas beim Ausdehnen nach außen abgegebene mechanische Arbeit A machen. Unter Arbeit verstehen wir das Produkt aus Kraft in der Richtung des Weges und dem Weg: A = F . s oder bei örtlich veränderlicher Kraft: $A = \int F \cdot ds$. Bei Gasen kann man schreiben F = p . a (Druck mal Fläche).
Wir erhalten: $A = \int p \cdot a \cdot ds$, wobei $a \cdot ds$ die Änderung des Volumens dV ist. Das ergibt

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV \quad (4)$$

Diese nach außen abgegebene Arbeit entspricht der in der Abb. schraffierten Fläche, sie wird zum Heben des Gewichtes G verwendet.



Wir stellen die wichtigsten Gleichungen nochmals zusammen:

Zustandsgleichung für ideale Gase: $p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$ (1)

Innere Energie: $U = c_v \cdot m \cdot T$ bzw.

$$\Delta U = c_v \cdot m \cdot \Delta T \quad (2)$$

1. Hauptsatz: $Q = \Delta U + A$ (3)

Arbeit eines Gases: $A = \int_{V_1}^{V_2} p \cdot dV$ (4)

(Fortsetzung im nächsten Heft)

Volkmar Hopfe

Physikalisch-chemische Vorgänge bei der Schwarz-Weiß-Fotografie

Die Erzeugung von fotografischen Abbildungen beruht auf der Ausnutzung einer Vielzahl physikalisch-chemischer Prozesse. Die intensive Forschungsarbeit, die gerade auf diesem Gebiet bisher geleistet wurde, führte zu einer immer detaillierten Kenntnis dieser Prozesse und war daher die unmittelbare Grundlage für die enormen Verbesserungen der technischen Parameter der Fotomaterialien während der vergangenen hundert Jahre.

In diesem Artikel wollen wir uns aus der Vielzahl der physikochemischen Vorgänge beim Schwarz-Weiß-Verfahren zwei besondess wichtige herausgreifen. Das sind die Entstehung des latenten (unsichtbaren) Bildes und der Entwicklungsprozeß.

1. Das latente Bild

Der humoristische Gehalt der beliebten Scherzfrage: "Wolln wir doch mal sehen, was auf dem Film drauf ist", beruht auf der bekannten Tatsache, daß unmittelbar nach dem Fotografieren auf dem Film kein Bild zu sehen ist. Aber irgendwie muß das Bild schon auf dem Film vorhanden sein, sonst könnte es ja bei dem anschließenden Entwicklungsvorgang nicht sichtbar gemacht werden. Diese Aufspeicherung der Helligkeitsinformationen des fotografierten Objektes auf dem Film wollen wir als latentes Bild bezeichnen.

Als lichtempfindlicher Bestandteil der fotografischen Schicht fungiert eine große Zahl kleiner Silberbromidkristalle. Bekanntlich kristallisiert AgBr im gleichen Gittertyp wie NaCl, d.h. jedes Br^- Ion ist von sechs Ag^+ Ionen in nächster Nachbarschaft umgeben und umgekehrt. Für die Erklärung der lichtempfindlichen Eigenschaften des Silberbromids ist es wichtig zu wissen, daß der Kristall über größere Distanzen (in atomaren Dimensionen) keineswegs ideal aufgebaut ist. Er ist sowohl im Innern als auch an der Oberfläche mit einer Vielzahl von Ecken, Kanten, Versetzungen und Fehlstellen versehen, die durch Störungen beim Kristallwachstum und durch Einbau von Fremdatomen (besonders aus der Gelatine herrührend) entstehen. Trifft nun ein Licht-

quant geeigneter Energie auf einen AgBr-Kristall, so wird es ein Elektron von einem Br^- Ion ablösen.

$$Br^- \xrightarrow{\text{Licht}} Br + \ominus$$

Das abgelöste Elektron wandert mit großer Geschwindigkeit (etwa 10^7cm/s) durch das Kristallgitter, bis es in eine Anionenleerstelle an der Oberfläche des Kristalls gerät, in der es besonders fest gebunden wird. Diese Anordnung des Elektrons bezeichnen wir in Anlehnung an einen ähnlichen Effekt an Ionenkristallen als F-Zentrum (Bild 1). Das zurückbleibende neutrale Bromatom ist im Gitter umgeben von sechs Ag^+ Ionen, aber jedes Silberion ist an dieser Stelle nur von fünf Br^- Ionen und einem neutralen Bromatom umgeben. Daraus resultiert eine positive Ladung für die Stelle, an der sich das Bromatom befindet. Es wird daher auch "Defektelektron" genannt. Dieses ist ebenfalls leichtbeweglich, aber nicht indem es selbst im Gitter herumwandert, sondern indem es vom jeweils benachbartem Br^- Ion die Ladung übernimmt. Beweglich ist also nicht das Teilchen, sondern nur die "besondere" Eigenschaft des Teilchens; in diesem Falle die Nichtexistenz einer negativen Ladung. Das folgende Schema verdeutlicht noochmals den Wanderungsmechanismus entlang einer Anionenreihe.

$$Br^- \; Br^- \; \boxed{Br} \; Br^{\ominus} \; Br^- \longrightarrow Br^- \; Br^- \; Br^- \; \boxed{Br} \; Br^-$$

Wenn das Defektelektron auf diese Weise an die Oberfläche gelangt ist, tritt es aus dem Kristall aus und wird in der angrenzenden Gelatineschicht gebunden.

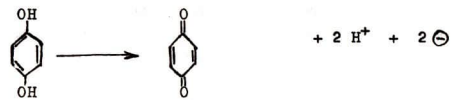
Die F-Zentren sind nun als die eigentlichen Träger des latenten Bildes anzusehen. An diesen Stellen der Oberfläche wird beim Entwicklungsprozeß der Entwickler bevorzugt angreifen, so daß die betreffenden Kristalle schneller reduziert werden als diejenigen, die keine F-Zentren tragen. Bei starker Lichteinwirkung ist die Zahl der F-Zentren an der Kristalloberfläche so groß, daß die Elektronen sich mit benachbarten Ag^+ Ionen vereinigen unter Abscheidung von atomarem Silber.

$$Ag^+ + \ominus \longrightarrow Ag$$

Als Folge davon färbt sich das Filmmaterial schwarz. Um diesen Vorgang beobachten zu können, sind allerdings Lichtmengen erforderlich, die weit über denen liegen, die zu einer normalen Belichtung des Filmes benötigt werden.

2. Der Entwicklungsprozeß

Bei der Entwicklung werden die belichteten AgBr-Kristallchen von einem geeigneten Reduktionsmittel bevorzugt zu metallischem Silber reduziert. Diese Silberkörner erscheinen im durchscheinendem Licht schwarz und ergeben somit in ihrer Gesamtheit das Negativ des abzubildenden Gegenstandes. In der Praxis werden hauptsächlich organische Reduktionsmittel als Entwickler verwendet. Sie besitzen im allgemeinen elektrophile Gruppierungen (-OH, $-NH_2$, $-SO_3H$) und lagern sich damit an die F-Zentren bevorzugt an. Die Reduktion der Ag^+-Ionen verläuft beispielsweise nach folgendem Schema



Hydrochinon Benzochinon

Nach der Entwicklung muß das nichtreduzierte Silberbromid noch aus der Schicht herausgelöst werden, um den Film lichtunempfindlich und somit haltbar zu machen.

In einem weiteren Artikel soll über die praktischen Konsequenzen berichtet werden, die sich aus der Anwendung der besprochenen Vorgänge ergeben.

Anhang (Bild 1)

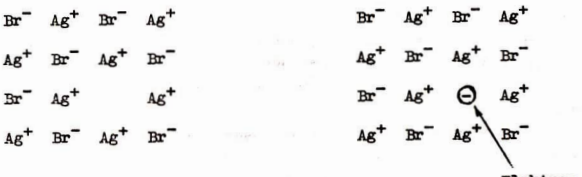


Bild 1

Bildung eines F-Zentrums in einem KBr-Kristall durch Einfang eines Elektrons in einer Anionenleerstelle

---

Wissenswertes aus der Chemie

Wasser als Füllstoff in Plasten:

Nach einem amerikanischen Verfahren kann Wasser als Füllstoff in Polyesterharzen verwendet werden. Man emulgiert das Harz mit Wasser und läßt es dann aushärten. Das Wasser liegt im Plast in Form kleiner Tröpfchen von 2 bis 5 µm Durchmesser vor. Auf diese Weise können bis zu 90 % Wasser in das Harz eingebaut werden, ohne daß es seine Härte verliert.

J. Kleinschmidt, G. Staupendahl
Studenten des 5. Stdj.
(Diplomanden an der Sektion
Physik)

Laser und ihre Anwendungen

III. Anwendung von Lasern

Im Jahre 1960 wurden die ersten Laser entwickelt. Trotz des kurzen Zeitraumes von 1960 bis heute hat der Laser bereits in vielen Zweigen der Wissenschaft Einzug gehalten. Dabei werden folgende uns schon bekannte Lasereigenschaften ausgenutzt:

1) Die große Bündelfähigkeit mit der damit verbundenen großen Energiedichte im Brennpunkt
2) Die hohe Kohärenz des Laserlichtes
3) Die sehr geringe Divergenz eines Laserstrehlenbündels

A. Ausnutzung der großen Energiedichten

Werden die Laserblitze eines Riesenimpulslasers mit einer Linse gebündelt, so können sehr große Energiedichten im Brennpunkt erzielt werden. Bei sehr großer Energiedichte ist die elektrische Feldstärke einer elektromagnetischen Welle sehr hoch. Mit leistungsfähigen Impulslasern können so hohe Feldstärken erzielt werden, daß sie mit den Feldstärken, die im Innern der Atome herrschen, verglichen werden können. Wir wollen uns die Feldstärke im Atom einmal auf einfache Weise berechnen. Aus dem Physikunterricht kennen Sie das Coulombsche Gesetz:

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}$$

Q_1 und Q_2 sind die zwei aufeinanderwirkenden Ladungen. Als Beispiel nehmen wir das einfachste Atom, das Wasserstoffatom. Die sich anziehenden Teilchen sind der Wasserstoffkern mit der Ladung $+e$ und das in der Entfernung r um den Kern kreisende Elektron mit der Ladung $-e$. Die Kraft ist dann also:

$$K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{(+e)\cdot(-e)}{r^2}$$

Das Elektron bewegt sich im elektrischen Feld des Kerns. Die Feldstärke am Ort des Elektrons ist der Quotient aus der Kraft, die auf das Elektron wirkt, und der Ladung des Elektrons:

$$\underline{E} = \frac{K}{-e} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{+e}{r^2}$$

$$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{As}{Vm}, \quad e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}\,As \qquad r = 0{,}5 \cdot 10^{-8}\,cm$$

Mit diesen Größen erhalten wir für die Feldstärke E = $6.10^{+11} \frac{V}{m}$.

Bestrahlt man eine Probe mit solchen energiereichen Laserblitzen, so treten wegen dieser hohen Feldstärken völlig neue Effekte auf. Diese Effekte werden von einem neuen Zweig der Physik, der sogenannten "Nichtlinearen Optik" untersucht. Dieses Forschungsgebiet konnte erst entstehen, nachdem die Wissenschaft Lichtquellen großer Energiedichten zur Verfügung stehen hatte.

Die hohe Temperatur im Brennpunkt von Laserstrahlen führte zu neuen Methoden der Materialbearbeitung. Es wurden mit dieser Methode bereits feine Bleche zusammengeschweißt. Mit einem Riesenimpulslaser der Impulsenergie von 1 Ws wurden schon Löcher von I - 2 mm Tiefe und einem Durchmesser von $5 \cdot 10^{-5}$ m in Stahl und Rubin gebohrt.

Bei Bestrahlung mit Laserstrahlen können sehr kleine räumliche Bereiche erhitzt werden. Das wird neuerdings auch in der Zell- und Molekularbiologie ausgenutzt. Man untersucht die Hitzbeständigkeit von Zellen. Weiterhin werden so die Probleme der Wärmeleitung zwischen den Zellen untersucht.

In der Augenheilkunde werden heute Laser zum Beseitigen von Netzhautfehlern benutzt.

B. Ausnutzung der hohen Kohärenz

Die hohe Kohärenz des Laserlichtes macht die Laser zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel der sogenannten "Kohärenzoptik". Aus diesem Zweig der Optik wäre insbesondere die "Holographie"

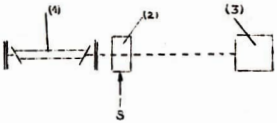
hervorzuheben. Als hochkohärente Lichtquelle eignet sich der Laser ideal als Lichtquelle für Interferometer. Interferometer sind ein wichtiges Hilfsmittel der modernen Meßtechnik. Mit ihnen können sehr geringe Längenunterschiede genau vermessen werden.
Aus dem Physikunterricht wissen Sie daß Röntgenstrahlen an Kristallgittern gebeugt werden. Die entstehenden Beugungsbilder sind die sogenannten Lauediagramme. Aus den Lauediagrammen ziehen die Wissenschaftler Rückschlüsse auf den Kristallaufbau. Oft wird das folgendermaßen gemacht. Man stellt sich Masken her mit Löchern in einer bestimmten Anordnung. Beleuchtet man die Masken mit einem Laserstrahl, so entstehen auch hier Beugungsbilder. Die Laserbeugungsbilder werden mit den Lauediagrammen verglichen. Sind beide gleich, so haben die Gitterbausteine die gleiche Anordnung wie die Löcher in den Masken. Bei allen diesen Anwendungen eignen sich die kontinuierlichen Gaslaser besonders gut.

C. Anwendung in der Nachrichtenübertragung

Ein weiteres Anwendungsgebiet der Laser wird in naher Zukunft die Nachrichtentechnik sein. Die Laserwelle dient hier als Trägerwelle für die aufmodulierten Signale. Je höher die Frequenz der elektromagnetischen Trägerwelle ist, desto größer kann man den Frequenzbereich der aufzumodulierenden Wellen wählen. Man kann dann eine viel größere Menge von Information übertragen. Die Frequenz unseres Laserstrahles liegt im Frequenzbereich des sichtbaren Lichtes. Lichtwellen haben eine 10^5mal größere Frequenz als die Radiowellen. Es wäre darum möglich, die Programme aller auf der Erde existierenden Fernsehstationen gleichzeitig mit einem einzigen Laserstrahl zu übertragen. Die Modulation kann man sich folgendermaßen vorstellen. Der Laserstrahl wird durch einen sogenannten elektrooptischen Wandler geschickt. Der elektrooptische Wandler kann eine Kerrzelle sein, wie sie bei der Tonfilmtechnik verwandt wird. Im Takt des aufzumodulierenden Signals wird das Material in der Kerrzelle durchsichtiger oder weniger

durchlässig für den Laserstrahl. Hinter diesem Wandler schwankt also die Intensität des Laserstrahls im Takt des Signals. Als Empfänger kann ein Photoelement dienen, dessen Photostrom wegen der schwankenden Intensität des einfallenden Lichtes sich im Rythmus des aufmodulierten Signals ändert.

(1) = Laser
(2) = elektrooptischer Wandler
(3) = Empfänger
S = aufzumodulierendes Signal



Mit einem Laserblitz ist es möglich, große Entfernungen exakt auszumessen. Man benutzt hierbei das Echoprinzip. Aus der Zeit zwischen dem Aussenden des Laserblitzes und dem Wiedereintreffen des reflektierten Blitzes kann die Entfernung bestimmt werden. So wurde 1960 die Entfernung Erde - Mond gemessen. Wegen der geringen Divergenz des Laserstrahles betrug der Leuchtfleckdurchmesser auf der Mondoberfläche nur 150 Meter. Es sind Entfernungsmeßgeräte entwickelt worden, die eine Entfernung von 45 km auf $\pm$ 7 m genau angeben.
Auf die gleiche Weise sind Laser erfolgreich in der Radartechnik eingesetzt worden. Da die Öffnungswinkel der Laserstrahlen sehr klein gehalten werden können, ist es möglich, mit einem Laserradargerät Objekte von 3 m Ausdehnung in 10 km Entfernung noch zu unterscheiden.

D. Militärische Anwendungen

Bezeichnenderweise sind es die aggressiven Kräfte in den USA, die seit der Entwicklung der ersten Laser deren Anwendung in der Militärtechnik forcieren. Pressemeldungen zeigen, daß schon im Jahre 1961 konkrete Maßnahmen in dieser Richtung ergriffen wurden. So kann man in einem Korrespondentenbericht der "Associated Press" vom 9. 12. 61 lesen: "Amerikanische Wissenschaftler entwickeln Waffen, bei denen Kernenergie zur Erzeugung von Laserstrahlen einer Temperatur von 100 000°C benutzt wird. Die Reichweite der Strahlen beträgt im Kosmos 90 bis 320 km." Die Zeitschrift "Electronics" schrieb am 13. 10. 61, daß die

Militärs der USA die Anwendung von gerichteten Ultrarotstrahlen zur Raketenvernichtung erörtern. In den letzten Jahren begann eine USA-Firma, einen solchen Laser für militärische Zwecke zu entwickeln. Mit diesem Gerät soll es möglich sein, Raketen in Entfernungen von 64 bis 320 km zu vernichten. Außerdem planen die USA, ihre U-Boot-Flotte mit Radargeräten auf Laserbasis auszurüsten.
Nach den verbrecherischen Atombombenabwürfen auf Hiroshima und Nagasaki haben sich viele Wissenschaftler geweigert, ihre Forschungsergebnisse imperialistischem Großmachtstreben zur Verfügung zu stellen. Um so verwerflicher ist es, daß es immer noch Forscher gibt, die sich für solche Ziele ausnutzen lassen. Unter ihren Händen kann sich der Laser zu einer großen Gefahr für die gesamte Menschheit entwickeln. Wir müssen darum alles tun, damit solche Waffen niemals zum Einsatz kommen.

E. Anwendung in der Rechentechnik

Zum Schluß möchten wir noch eine höchst interessante Anwendung erwähnen. Es ist möglich, superschnelle Rechenmaschinen zu bauen. Als Speicher dienen hierbei die Atome selbst. Das obere Niveau kann als Speicher für "Ja", das untere als Speicher für "Nein" verwendet werden. Durch Bestrahlung zwingt man die Elektronen in das obere oder untere Niveau und kann so Information speichern.

Antworten zum Artikel "Zustandsänderungen der Gase"

1. $R = \frac{p \cdot V}{T} = \frac{10330 \cdot 0{,}0224}{273} \frac{kp \cdot m^3}{m \cdot mol. {}^{o}K} = 0{,}847 \frac{kp \cdot m}{mol \cdot {}^{o}K}$

2. Dabei ist die im 2. Fall zugeführte Energie größer als die im 1. Fall, weil sich dann das Gas ausdehnt und damit Energie in Form von mechanischer Arbeit wieder abgibt.

3. $-W = -\Delta U + (-A)$

Nach außen abgeführte Wärmeenergie	Abnahme der inneren Energie	Von außen zugeführte mechanische Energie

Lösungen:

Zu Aufgabe 1

In dieser Aufgabe handelt es sich um ein Problem der Gravitation. Die Gleichung für die Gravitationskraft lautet

$$F = \gamma \frac{m_1 \, m_2}{r^2} \qquad (1)$$

Wenden wir nun diese Gleichung einmal auf den Körper und die Erde an und zum anderen auf den Körper und den Mond.
So berechnet sich die Gravitationskraft für den 1. Fall

$$F_E = \gamma \frac{m_o \cdot m_E}{r_E^2} \qquad (1')$$

Hierbei ist m_o die Körpermasse, m_E die Masse der Erde und r_E der Schwerpunktsabstand zwischen dem Körper und der Erde. γ ist die bekannte Gravitationskonstante.

$$\gamma = 6{,}670 \cdot 10^{-11} \; m^3 \cdot s^{-2} \cdot kg^{-1}$$

Wenden wir nun die Gleichung auf Fall 2 an, so ergibt sich:

$$F_M = \gamma \frac{m_o \cdot m_M}{r_M^2} \qquad (1'')$$

Hierbei ist m_M die Mondmasse und r_M der Abstand Mond - Körper.
Laut Aufgabentext soll $F_E = F_M$ sein. Daraus ergibt sich durch einsetzen folgende Gleichung:

$$F_E = F_M$$

$$\gamma \frac{m_o \cdot m_E}{r_E^2} = \gamma \frac{m_o \cdot m_M}{r_M^2}$$

Durch Kürzen fallen die Gravitationskonstante und die Masse des Körpers m_o heraus. Daraus ergibt sich folgende Gleichung:

$$\frac{m_E}{r_e^2} = \frac{m_M}{r_M^2}$$

Nun wird die Gleichung nach r_E umgestellt.

$$r_E^2 = \frac{r_M^2 \cdot m_E}{m_M}$$

$$r_E = r_M \sqrt{\frac{m_E}{m_M}} \qquad (2)$$

Jetzt hätten wir die Gleichung für die Lösung der Aufgabe. In ihr sind aber 2 Unbekannte. Deshalb brauchen wir noch eine 2. Gleichung.

$$r_E + r_M = R \qquad (3)$$

R ist der mittlere Abstand Mond - Erde (R = 384400 km). Sellen wir Gleichung (3) nach r_M um und setzen es in Gleichung (2) ein, so ergibt sich

$$r_E = (R - r_E) \sqrt{\frac{m_E}{m_M}}$$

Nach r_E umgestellt:

$$r_E = \frac{R}{\sqrt{\frac{m_M}{m_E}} + 1}$$

In diese Gleichung können wir dann unsere Werte umsetzen ($m_M = 7{,}35 \cdot 10^{22}$ kg, $m_E = 5{,}997 \cdot 10^{24}$ kg) und wir erhalten:

$$r_E = \frac{384400 \text{ km}}{\sqrt{\frac{7{,}35 \cdot 10^{22} \text{ kg}}{5{,}997 \cdot 10^{24} \text{ kg}}} + 1} \approx 3{,}43 \cdot 10^5 \text{ km}$$

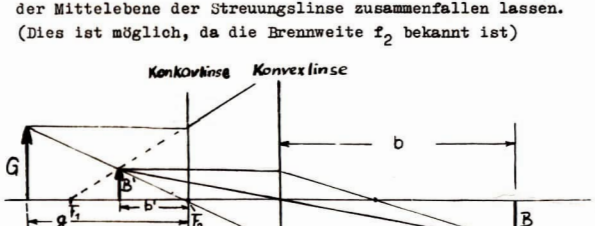
Der Körper befindet sich in $3{,}43 \cdot 10^5$ km Enfernung vom Erdmittelpunkt.

Zu Aufgabe 2

Durch R_x fließt ein Strom von (12 m A - 1 m A) = 11 m A!!
(Denn 1 m A fließt durch den Spannungsmesser)
An R_x liegt eine Spannung von 150 V an $\longrightarrow$ $R_x = \frac{150\ V}{11\ m\ A} =$ 13,65 KΩ wird der durch den Spannungsmesser fließende Strom nicht berücksichtigt, dann erhielte man für $R_x = \frac{150\ V}{12\ m\ A} =$ 12,5 kΩ.

Zu Aufgabe 3

Die Zerstreuungsweite der Konkavlinse läßt sich berechnen, indem wir Gegenstands- bzw. Bildweite bestimmen. Die Rechnung wird am einfachsten, wenn wir den Brennpunkt der Konvexlinse mit der Mittelebene der Streuungslinse zusammenfallen lassen.
(Dies ist möglich, da die Brennweite f_2 bekannt ist)



Nach der Linsengleichung ist:

$$-\frac{1}{f_1} = \frac{1}{g} - \frac{1}{b'} \qquad \text{für die Konkavlinse} \quad (1)$$

und

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{f_2 + b'} + \frac{1}{b} \qquad \text{für die Konvexlinse} \quad (2)$$

aus (2) folgt:

$$\frac{1}{f_2} = \frac{b + b' + f_2}{f_2 b + bb'}$$

$$f_2 b - bb' = f_2 b + b' f_2 + f_2^2 \quad \Big| : b' f_2^2$$

$$\longrightarrow \quad \frac{b}{f_2^2} - \frac{1}{f_2} = \frac{1}{b'}$$

Dieser Wert wird in Gleichung (1) eingesetzt und wir erhalten:

$$\frac{1}{f_1} = \frac{b}{f_2^2} - \frac{1}{f_2} - \frac{1}{g}$$

Nach dieser Formel läßt sich also die Zerstreuungsweite f_1 bestimmen, indem nur Gegenstands(g)- und Bildweite (b) dieses Linsensystems abgemessen werden und die bekannte Brennweite f_2 eingesetzt wird.

Aufgabe 4

Ein Geschoß (m = 50 g) verläßt den 60 cm langen Lauf eines Gewehres mit einer Geschwindigkeit von 700 m/s.
Welche Beschleunigungskraft ist erforderlich, wenn das Geschoß während der Bewegung im Lauf gleichmäßig beschleunigt wird? Mit welcher Kraft wird das Gewehr in entgegengesetzter Richtung gedrückt?
Wie lange bleibt das Geschoß im Lauf?
Weshalb wird der Schütze nicht umgeworfen?

Aufgabe 5

Welchen Durchmesser müßten die kreisförmigen Platten eines Plattenkondensators haben, wenn diese einen Abstand von 10 cm haben und die Anlage eine Kapazität von 1pF besitzen soll? ($\varepsilon_r = 1$)

Aufgabe 6

Auf der Wasseroberfläche bilden sich an den Stellen bunte Flecken, wo diese mit Rohöl oder Schmierfette verunreinigt ist.
Wie läßt sich diese Erscheinung erklären?

studium - praxis - probleme
der physik und chemie

monatszeitschrift für schüler · 2. jg. (1968/69) heft 4

impuls 68 Schülerzeitschrift für Physik und Chemie

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Sektion Physik für den wissenschaftlichen Gerätebau der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Redaktion: H.-D. Jähnig (Chefredakteur)
Dr. Jupe, Dr. Kretschmar, Dipl. Chem.I.Pfaff, D. Gröll, M.Funk, G.Sommer, V.Lindig, W. Reichardt, V.Hopfe,J.Schlichting

Verantwortlicher: Dipl.-Phys. S.Kessler

Anschrift: "impuls 68"
69 Jena
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich zum Preis von 0,30 M
Aus technischen Gründen bitten wir möglichst um Sammelbestellungen der einzelnen Schulen.

Inhalt

	Seite
Partei und Wissenschaft	3
Bestimmung der Astronomischen Einheit	7
Der programmierte Krieg (II)	10
Sensibilisierung	12
Holografie	14
Zustandsänderung der Gase (II)	17
Lösungen und Aufgaben	22

Lizenz-Nr. 1570

Titelblatt:

Hologramm der nebenstehenden Abb.
(siehe auch S.14)

H. Reinhardt und R. Gade
4. Studienjahr Physik

Anläßlich des 50. Jahrestages der Gründung der KPD:

MARXISTISCH-LENINISTISCHE PARTEI UND WISSENSCHAFT IM SOZIALISMUS

Am 31. 12. 1918, also vor 50 Jahren, wurde von klassenbewußten Arbeitern und Soldaten unter der Führung von Karl Liebknecht und Rosa Luxemburg die Kommunistische Partei Deutschlands gegründet. Mit der Gründung dieser marxistisch-leninistischen Kampfpartei wurde die wichtigste Lehre aus dem Scheitern der Novemberrevolution gezogen und die mit der Gründung der USPD und des Spartakusbundes begonnene Linie konsequent fortgesetzt. In den folgenden Jahrzehnten war die KPD, die stets auf dem Boden des Marxismus-Leninismus stand, die Führerin der deutschen Arbeiterklasse. Zu allen Zeiten war sie in der Lage, auf der Grundlage exakter Analysen der gesellschaftlichen Situation und der ausgezeichneten Kenntnis der für die Gesellschaft geltenden Gesetze, richtige Prognosen zu stellen. Als das "Tausendjährige Reich" bereits nach 12 Jahren unter den Schlägen der Roten Armee zerbrach, war es die KPD, die den Weg aus dem Chaos wies. Gemeinsam mit bewußten Genossen der SPD wurde 1946 durch die Vereinigung beider Parteien zur Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands die Spaltung der Arbeiterklasse überwunden, die ebenso verhängnis- wie grauenvolle Folgen gehabt hatte.

So begann die geeinte Arbeiterklasse, geführt von ihrer marxistisch-leninistischen Kampfpartei und unterstützt durch die Sowjetunion mit der Umordnung der gesellschaftlichen Verhältnisse, mit der Errichtung der Diktatur des Proletariats in einem Teil Deutschlands. Bei der Überwindung der Folgen des 2. Weltkrieges, beim Wiederaufbau der zerstörten Produktionsanlagen und besonders bei der durch die Spaltung Deutschlands notwendig gewordenen Schaffung einer eigenen Industrie auf dem Gebiet der DDR wurden nicht nur Menschen, die mit Selbstlosigkeit und Elan den Trümmern zu Leibe rückten sondern auch solche, die die theoretischen Grundlagen dafür lieferten, dringend gebraucht. Die geistig arbeitenden Menschen, die Wissenschaftler, für die aktive Mitarbeit am Aufbau eines neuartigen Gesellschaftssystems

zugewinnen, war jedoch wesentlich schwieriger, als Arbeiter davon zu überzeugen, daß der neue Staat ihr Staat und sein Aufbau ihre ureigenste Sache ist. Um das zu verstehen, müssen wir berücksichtigen, daß die Wissenschaftler im Kapitalismus ein ganz anderes Verhältnis zur herrschenden Bourgeoisie hatten, als die Arbeiterklasse. Die Intelligenz, d. h. die Gesamtheit der geistig arbeitenden Menschen, war in allen Ausbeutergesellschaften mit der die Macht besitzenden Klasse ein Zweckbündnis eingegangen, das folgenden Charakter trug:

1. Die herrschende Klasse war an der Arbeit der Intelligenz interessiert, weil die Ergebnisse dieser geistigen Arbeit es ihr ermöglichten, ihre Macht zu vergrößern und zu sichern.
2. Die Intelligenz wiederum, die Ideen , aber keine materiellen Güter produzierte, mußte ein Bündnis mit der herrschenden Klasse eingehen, welche die Produktionsmittel in ihren Händen konzentrierte, um ihre Existenz zu sichern.

Wenn Karl Marx und Friedrich Engels im Kommunistischen Manifest schreiben: "Sie (gemeint ist die Bourgeoisie) hat den Arzt, den Juristen, den Pfaffen, den Poeten, den Mann der Wissenschaft in ihre bezahlten Lohnarbeiter verwandelt", so charakterisieren die beiden Klassiker des Marxismus dieses Zweckbündnis und das in ihm innewohnende wechselseitige Mißtrauen sehr gut.

Es ist leicht einzusehen, daß ein solches Zweckbündnis der eigentlichen und höchst humanen Funktion der Wissenschaft, nämlich als Mittel des gesellschaftlichen Fortschritts zu fungieren, vollkommen widerspricht. Dieser Widerspruch, der unter staatsmonopolistischen Verhältnissen durch die rücksichtslose Unterordnung der Wissenschaft unter die Profitinteressen der Monopole auf die Spitze getrieben wird, löst sich unter sozialistischen Produktionsverhältnissen in harmonischer Art und Weise auf, weil jetzt die Interessen der Gesamtgesellschaft es geradezu erfordern, daß die Wissenschaft allseitig entwickelt und angewendet wird. Wir betrachten die Formulierung des ökonomischen Grundgesetzes des Sozialismus, wo es heißt: "Ständige Entwicklung und Vervollkommnung der Produktion auf der Grundlage der fortgeschrittensten Wissenschaft und Technik und der Steigerung der Arbeitsproduktivität mit dem Ziel der immer besseren Befriedigung der materiellen und geistigen Bedürfnisse der Werktätigen und der allseitigen Entwicklung des

Menschen der sozialistischen Gesellschaft."

Wir sehen, daß erst im Sozialismus die eigentliche soziale Funktion der Wissenschaft, uneingeschränkt dem Menschen zu dienen, voll verwirklicht wird. Diese neue Stellung im gesamtgesellschaftlichen System des Sozialismus findet natürlich auch seinen Niederschlag in dem völlig neuen Charakter des Bündnisses zwischen Wissenschaftlern und der Arbeiterklasse, die ja im Sozialismus die Klasse ist, welche die politische und ökonomische Macht besitzt.

Im Sozialismus ist das Bündnis zwischen Intelligenz und Arbeiterklasse und dementsprechend auch das Wechselverhältnis zwischen Intelligenz und marxistischer Partei, ein Bündnis ganz neuer Qualität. Die Wechselbeziehung zwischen sozialistischer Politik und Wissenschaft bestehen hier darin, daß die Wissenschaft ohne die progressive Entwicklung des Gesamtsystems, die von der Partei der Arbeiterklasse inspiriert und geleitet wird, nicht planmäßig und rasch fortschreiten und ihr humanistisches Anliegen erfüllen kann. Umgekehrt wird ohne das planmäßige und rasche Fortschreiten der Wissenschaften die Gestaltung des Gesamtsystems des Sozialismus gehemmt. Das heißt, Sozialismus und Wissenschaft bedingen einander, bereichern sich in diesem Wechselverhältnis. Die Partei der Arbeiterklasse, die führende und leitende Kraft in der sozialistischen Gesellschaft, benötigt dringend die Resultate bestimmter Wissenschaften, wie Ökonomie, Soziologie, Philosophie, Staats- und Rechtswissenschaften, Kybernetik, elektronische Datenverarbeitung und Operationsforschung, die zur unmittelbaren theoretischen Grundlage der gesellschaftlichen Führungstätigkeit werden, wie umgekehrt deren Entwicklung gerade durch die Führungstätigkeit der Partei stimuliert wird. So hat z. B. die Ausarbeitung und Einführung des neuen ökonomischen Systems der Planung und Leitung und seine Weiterentwicklung zum ökonomischen System des Sozialismus den engen Zusammenhang von ökonomischer Entwicklung und Entwicklung der Ökonomie als Wissenschaft deutlich sichtbar gemacht.

Aus dem bisher Gesagten läßt sich ableiten, daß die Planung und Leitung der Wissenschaften in der sozialistischen Gesellschaft nur durch die Partei der Arbeiterklasse erfolgen kann und erfolgen muß. Jede Entscheidung innerhalb des Gesamtbe-

reiches Wissenschaft ist von solch hervorragender Bedeutung für die Entwicklung der sozialistischen Gesellschaft in den nächsten Jahren und von solcher Komplexität (auch unter dem Gesichtspunkt der wissenschaftlich-technischen Revolution), daß sie nur getroffen werden kann, wenn der Gesamtüberblick über die gesellschaftliche Entwicklung vorhanden ist. Es ist heute eine unbedingte Notwendigkeit, die wissenschaftlichen Disziplinen zu planen, strukturbestimmende Zweige optimal zu entwickeln und exakte Kriterien für die wissenschaftliche Arbeit zu ermitteln. Aus diesen Gründen hat die Partei auf der Grundlage ihrer Theorie eine umfassende Wissenschaftspolitik ausgearbeitet und kontinuierlich verwirklicht. Die wesentliche Begründung für die Kontinuität dieser Politik liegt in der richtigen Handhabung der Theorie des Marxismus-Leninismus. Als Ergebnis dieser Theorie existiert bei uns eine echte Einheit zwischen Geist und Macht, die eine wesentliche Grundlage für die weitere kontinuierliche Entwicklung unserer sozialistischen Gesellschaft ist.

Vor beinahe 400 Jahren entdeckte der berühmte italienische Gelehrte Galileo Galilei mit einem selbstgebauten Fernrohr die Jupitermonde. Damit war ein Beweis für die kopernikanische Lehre erbracht worden, daß im Universum die kleinen Körper die größeren auf Ellipsenbahnen umkreisen und sich also auch die Erde um die Sonne bewegt. Diese Tatsache stand der Lehre der katholischen Kirche entgegen, und so mußte Galilei 1633 seine Entdeckung verleugnen. Der wissenschaftsfeindliche Geist der kirchlichen Macht, der stets gegen den Fortschritt ankämpfte, um seinen Einfluß auf die Menschheit zu behaupten, hielt dieses Inquisitionsurteil gegen Galilei bis zum heutigen Tage aufrecht. Erst auf der diesjährigen Nobelpreisträgertagung in Lindau kündigte der Wiener Kardinal Dr. König die Bereitschaft des Papstes an, das 300 Jahre alte Urteil gegen Galilei zu überprüfen. Eine Kommission sei mit der Aufgabe betraut, den Prozeß neu aufzurollen.

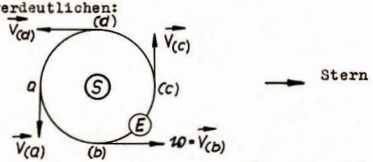
A. Posern

Bestimmung der Größe der Astronomischen Einheit mit Hilfe des Doppler-Effektes

(Astronomische Einheit = Erdbahnradius)

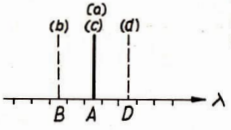
In einem in "impuls 68" Heft 1,5/6 erschienenen Beitrag wurden Sie mit dem Doppler-Effekt und der Doppler-Formel bekannt gemacht. In der Astronomie können durch Beobachtungen dieses Effektes interessante Informationen gewonnen werden, wie ich an einem Beispiel zu zeigen versuche.

Wir beobachten einen ruhenden Stern, der in der Erdbahnebene liegen sollte, um den Rechengang möglichst einfach zu gestalten. Dieser Stern sendet Licht charakteristischer Wellenlängen aus, sein Spektrum. Es genügt, wenn wir uns auf eine einzige Spektrallinie beschränken, deren Wellenlänge wir entweder genau kennen oder messen. Wenn wir diese eine Spektrallinie ein Jahr beobachten und ihre Wellenlänge messen, können wir eine periodische Verschiebung dieser Wellenlänge feststellen. Die Ursachen dieser Verschiebung wollen wir uns an Skizze (1) verdeutlichen:



Beginnen wir unsere Betrachtungen bei (a). Die Erde bewegt sich rechtwinklig zur Richtung Erde-Stern, d.h. beide bewegen sich nicht aufeinander zu und nicht voneinander weg. Läuft die Erde auf ihrer Bahn weiter, nähert sie sich dem Stern, im Punkt (b) bewegt sie sich gerade auf ihn zu. Das führt nach dem Doppler-Effekt dazu, daß sich die Wellenlänge vom Wert (a) in Skizze (2) zum Wert (B) verschiebt, also in Richtung Violett. Im Punkt (c) besteht wieder keine Relativgeschwindigkeit, die Linie kehrt zum Wert (A) zurück.

Von nun an bewegt sich die Erde vom Stern weg, das führt, wie in nebenstehender Skizze (2) zu sehen, zur erwarteten Rotverschiebung, die ihr Maximum im Punkt (d) (D) hat, weil dort, wie erwartet, die Entfernungsgeschwindigkeit der Erde vom Stern am größten ist.



Nehmen wir an, wir haben in Punkt (b) eine Verschiebung der Linie bei 515,364 nm zu - 0,051 nm gemessen. Daraus können wir nach der Doppler-Formel

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c}$$

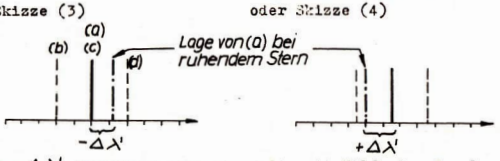
die Geschwindigkeit der Erde bestimmen:

$$v_E = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \cdot c = \frac{0{,}051}{515{,}364} \; 3 \cdot 10^5 \text{ km s}^{-1}$$

$$v_E = 30 \text{ km s}^{-1}$$

Bisher hatten wir angenommen, daß der Stern ruht, also selbst keine radiale Bewegung (auf die Erde zu oder von der Erde weg) ausführt. Es ist aber wahrscheinlich, daß der Stern eine solche Bewegung ausführt. Wir werden jetzt sehen, daß diese Bewegung für unser Problem keine Bedeutung hat. Die beobachtete Wellenlänge in Position (a) bzw. (c) fällt jetzt nur nicht mehr mit einer z.B. auf der Erde erzeugten Linie dieser Wellenlänge zusammen. Es wird folgendes Bild auftreten:

Skizze (3) oder Skizze (4)



Das $\Delta\lambda'$ berechnet sich ebenfalls mit Hilfe der Doppler-Formel $\Delta\lambda' = \frac{\Delta\lambda_{Stern}}{c}$

Im Punkt (b) erscheint die Linie also nun bei der Wellenlänge $\lambda - \Delta\lambda_{(-)}^{+} \Delta\lambda'$

und im Punkt (d) bei der Wellenlänge

$$\lambda + \Delta\lambda_{(-)}^{+} \Delta\lambda'$$

Sowie in den Punkten (a) und (c) bei der Wellenlänge

$$\lambda \pm \Delta\lambda'$$

Daraus geht eindeutig hervor, daß man in diesem Fall die Bahngeschwindigkeit der Erde auf die gleiche Weise berechnen kann.

Ist die Bahngeschwindigkeit bekannt, so bereitet es keine Schwierigkeit, mit Hilfe der bekannten Umlaufzeit (1 Jahr = $3{,}15 \cdot 10^7$ s) den Umfang der Erdbahn zu berechnen:

$$s = v \cdot t$$
$$s = 30 \cdot 3{,}15 \cdot 10^7 \text{ km}$$
$$s = 9{,}4 \cdot 10^8 \text{ km}$$

Wir haben eine gleichförmige Geschwindigkeit angenommen; wollen wir nicht gegen das 2. Kepler'sche Gesetz verstoßen, dann muß die Bahn als Kreis angenommen werden. Aus dem Kreisbahnumfang berechnet sich die Astronomische Einheit leicht zu $1{,}5 \cdot 10^8$ km.

Natürlich ist es bekannt, daß die Erdbahn eine Ellipse mit allerdings recht geringer Exzentrizität ist. Um die Berechnung zu vereinfachen und den Weg möglichst übersichtlich zu gestalten, haben wir eine Kreisbahn angenommen.

Als eine Sonnenfinsternis in Aussicht war, lud der Astronom Cassini die Stadtväter und Finanzleute, denen er etwas bieten wollte, zur Beobachtung ins Pariser Observatorium ein. Leider kamen die hohen Gäste zu spät. Doch der Bürgermeister tröstete sie, als man die Treppe hinaufstieg: "Das tut nichts, ich kenne Herrn Cassini gut. Er will Geld von uns, da wird er schon so gefällig sein und uns die Angelegenheit noch einmal von vorn vorführen."

H.-D. Jähnig, Student im 5. Stdj., (Diplomand an der Sektion Physik)

Der programmierte Krieg (2. Teil)

Während die Beschäftigungszahl im zivilen Bereich der Forschung in den USA laufend zurückging, werden die freiwerdenden Arbeitskräfte teilweise sofort in Rüstungsbetrieben wieder aufgenommen. Das ist aber das Grausame am kapitalistischen Gesellschaftssystem - der Arbeiter bzw. Wissenschaftler muß, ob er will oder nicht, ein Interesse daran haben, daß in Vietnam weiterhin Bomben fallen und Frauen und Kinder getötet werden. Entweder er lehnt diesen Krieg ab, verliert dadurch seinen Job und wird arbeitslos, oder er fügt sich und verdient dadurch am Tod unschuldiger Menschen. Die Großverdiener sind aber die mächtigen Monopolgruppen. Betrug die durchschnittliche Gewinnzuwachsrate der führenden USA-Konzerne 1967 5,2%, so stieg sie nach der Eskalation des Vietnamkrieges im 1. Quartal 1968 auf über 15%. Um diese hohen Gewinne zu sichern, wurden über 6 Milliarden Dollar an Zivilausgaben einfach gestrichen. Gleichzeitig steigen die Preise und Lebenshaltungskosten unaufhörlich, im Juni 1968 stiegen z. B. die Einzelhandelspreise um 6%.

Ein großer Teil der von der Rüstung verschlungenen Beträge stecken z. B. in der F 111, einem Flugzeug, das so teuer ist wie der Wert seines eigenen Gewichtes in Gold aufgewogen. Vor seinem Start wurde es als das größte und ungewöhnlichste Kampfflugzeug der Welt gepriesen. Um der gegnerischen Radarüberwachung aus dem Wege zu gehen, soll es nur wenige Meter über der Erdoberfläche fliegen. Meßgeräte tasten schon Kilometer voraus die Landschaft ab, führen die Daten einem bordeigenen Computer (einem Digitalrechner) zu, der daraus den günstigsten Kurs berechnen soll. Fällt ein Teil der Elektronik aus, geht das Flugzeug sofort in den Steigflug über. Ein besonders ausgeklügeltes Abwehrsystem soll die F 111 vor allen anfliegenden Flugzeugen und Raketen schützen. Die FB 111, eine Variante der F 111, wird mit einer Luft-Boden-Lenkrakete bestückt. Diese Rakete soll nach dem Start vom Flugzeug aus auf unterschiedlich programmierten Flugbahnen ihr Ziel erreichen, damit es nicht möglich ist, ihre Flugbahn schon im Voraus zu berechnen. Eine

riesige Anzahl der besten Wissenschaftler der USA haben ihr Wissen in dieses Flugzeug investiert. Es sollte die entscheidende Wende im Vietnamkrieg bringen. Anfang 1968 trafen die ersten sechs F 111-A in Thailand ein. Doch der eingeplante große Erfolg endete mit einem Debakel. Drei der sechs teuersten Flugzeuge der Welt zerschellten, durch das Abwehrfeuer der Luftabwehr der DRV getroffen, am Boden. Die restlichen drei erhielten sofort Startverbot. Konstruktion und Bau dieses "Wundervogels" kosteten 1,1 Milliarden Dollar. Mit dieser Riesensumme hätte der längst verlorengegangene "Feldzug gegen die Armut" erfolgreicher geführt werden können.

In der letzten Zeit wird auch verstärkt auf eine "Mathematisierung" der Kriegsführung Wert gelegt. So sollen sich z. B. in der US-Armee über 1500 elektronische Rechenmaschinen im Einsatz befinden. Die kleinsten wiegen weniger als 40 kp. Sie können deshalb bequem von zwei Mann transportiert werden. Der Großrechner MOBIDIC-B wird von drei Sattelschleppern transportiert. Wozu dienen nun hauptsächlich diese Computer? Mit ihnen werden z. B. unbemannte Spionageflugzeuge und andere Aufklärungsflugkörper programmgesteuert und ferngelenkt. Außerdem werden mit ihnen Flugbahnen von Geschossen und Raketen berechnet.

Wir haben in diesem zweiteiligen Bericht gesehen, wie eng friedliche Forschung und Mißbrauch ihrer Ergebnisse im Kapitalismus zusammenliegen. Ein Großteil der Universitäten sind direkt in den Rüstungsprozeß einbezogen. Sie erhalten zu diesem Zweck vom Staat Riesensummen. Aber immer mehr macht sich ein Unbehagen unter den Studenten und Hochschulwissenschaftlern breit. So sind besonders in letzter Zeit Stimmen laut geworden, die dagegen protestieren, daß einzelne Universitäten gezwungen werden, Giftgase und andere giftige Chemikalien für Vietnam herzustellen. Noch reicht der Protest im eigenen Lande nicht aus, aber unter dem Druck der Weltmeinung und der Erfolge des vietnamesischen Volkes im Kampf gegen die amerikanischen Aggressoren werden die USA eines Tages einsehen müssen, daß dieser Krieg für sie nicht zu gewinnen ist.

Liebigs Praktikanten kamen einmal sehr spät ins Laboratorium. Schuldbewußt und verlegen betraten sie einer nach dem anderen den Raum. Liebig sah sich das von seinem Arbeitsplatz eine Zeit lang an, dann sagte er: "Ah, endlich kommen die Herren! Genau wie beim Filtrieren: Tropf auf Tropf!"

V. Hopfe, Sektion Chemie,
Diplomand im Fachbereich Physikalische Chemie

Physikalisch-chemische Vorgänge bei der Schwarz-Weiß-Photographie

Teil 2: Sensibilisierung

Der wichtigste Parameter einer photographischen Schicht ist ihre Empfindlichkeit. Die größten Anstrengungen auf dem Gebiet der Erforschung und Entwicklung neuer photographischer Materialien waren deshalb auf die Verbesserung dieses Parameters gerichtet.

Alle Vorgänge bei der Herstellung der photographischen Schicht, welche die Empfindlichkeit steigern, wollen wir im folgenden als Sensibilisierung bezeichnen. Das Ziel dieses Teilgebietes der photochemischen Forschung ist also die möglichst vollständige Ausnutzung des einfallenden Lichtes zum Aufbau des latenten Bildes. Dabei kann man zwei verschiedene Möglichkeiten unterscheiden: die optische und die chemische Sensibilisierung.

1. Optische Sensibilisierung

In Abb. 1 ist die Schwärzung einer reinen AgBr-Schicht in Abhängigkeit von der Wellenlänge des eingestrahlten Lichtes dargestellt. Man erkennt daraus, daß nur Licht in einem recht engen Wellenlängenintervall (blaues und violettes Licht) photografisch wirksam ist. Der eigentliche photographische Elementarakt, nämlich die Dissoziation des Br^- (s. voriges Heft) erfolgt aber schon mit wesentlich geringerer Energie als der, die dem Maximum der Kurve in Abb. 1 äquivalent ist. Er kann aber bei der Wellenlänge, die dieser Energie entspricht, nicht erfolgen, da nur solches Licht photochemisch wirksam werden kann, welches mit dem betreffenden Stoff auch in Wechselwirkung tritt, also absorbiert wird. Um

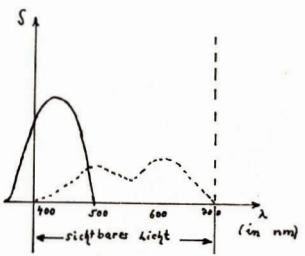
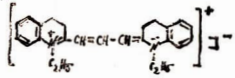


Abb. 1

das Silberbromid der photographischen Schicht außer für blaues Licht auch noch für andere Wellenlängen empfindlich zu machen, müßte an der Oberfläche der AgBr-Kristalle ein Stoff adsorbiert werden, der das Licht der betreffenden Wellenlänge aufnimmt und die Energie an den Kristall weiterleitet. Derartige Stoffe wurden tatsächlich aufgefunden und dank der irtensiven Bemühungen der Photochemiker stehen uns heute eine große Zahl solcher Sensibilisatoren zur Verfügung, mit Hilfe derer das Silberbromid nicht nur für sichtbares, sondern auch für IR- und UV-Licht sensibilisiert werden kann. Chemisch gesehen handelt es sich bei diesen Stoffen meist um komplizierte Verbindungen, die ein System von konjugierten Doppelbindungen enthalten.

z. B.  Rubrocyanin (sensibilisiert bis Infrarot)

Das Doppelbindungssystem bewirkt dabei die Lichtabsorption des Moleküls und seine Adsorptionsfähigkeit an der Kristalloberfläche. Der Mechanismus der Energieübertragung vom Sensibilisatormolekül zum AgBr-Kristall ist noch nicht restlos aufgeklärt.

2. Chemische Sensibilisierung

Bei der Entstehung des latenten Bildes (s. voriges Heft) ist der Einfang eines Elektrons in einer Elektronenfalle ein wichtiger Vorgang. Bei einer niedrigen Fehlstellenkonzentration im Kristall ist aber nun auch der umgekehrte Vorgang möglich, nämlich der Zusammentritt des Elektrons mit einem Bromatom unter Bildung eines Br^- Ions (Rekombinationsvorgang). Da hierbei der gleiche Zustand erreicht wird wie vor dem Eintritt des Lichtquants in den Kristall, stellt die Rekombinationsreaktion praktisch einen Empfindlichkeitsverlust dar. In der Praxis ist man daher bestrebt, durch Einbau von Fremdatomen im AgBr-Gitter noch zusätzliche Fehlstellen zu schaffen und damit die Rekombination einzuschränken. Als besonders geeignet haben sich dabei Sulfid- und Jodidionen erwiesen.

3. Technische Konsequenzen der Sensibilisierung

Die sehr breite Anwendung der Photographie in Wissenschaft und Technik beruht im wesentlichen auf der Erweiterung des Wellenlängenbereiches, in dem die Materialien einsetzbar sind, und auf der Erhöhung der Empfindlichkeit. Die Tatsache, daß man auf der photographischen Schicht sehr kleine Lichtmengen nachweisen kann, wenn man nur lange genug belichtet, machen den Film auf einigen Gebieten fast unersetzlich, z. B. in der Radiographie, Astronomie, Röntgenstrukturanalyse und einigen speziellen Richtungen der Spektroskopie. Ein Anwendungsbereich, der in neuerer Zeit auch dem Amateur zugänglich gemacht wurde, ist die Infrarotphotographie. Gegenwärtig lassen sich Filme bis etwa 1200 nm sensibilisieren, und man kann mit derartigen Materialien interessante Aufnahmen machen, da das Reflexions- und Emissionsvermögen der Stoffe für sichtbares und IR-Licht verschieden ist. Auch ist die Streuung von IR-Strahlung an kleinen Teilchen, z. B. Nebel oder Staub, geringer als die von sichtbarem Licht. Deshalb "sieht" der IR-Film bei schlechten Sichtverhältnissen weiter als ein für sichtbares Licht sensibilisierter Film.

Experten haben geschätzt, daß die Filmempfindlichkeit nicht mehr wesentlich gesteigert werden kann. Trotzdem sind noch bedeutende Leistungen in Forschung und Entwicklung nötig, um die Photomaterialien an ihre Leistungsgrenze heranzuführen und die Fertigungstechnologien sicher zu beherrschen.

W. Tschoppe

Ebene Fotos - H o l o g r a f i e - räumliches Sehen

Die Holografie ist ein neuartiges Verfahren der Bildaufzeichnung, das sich wesentlich von der traditionellen Fotografie unterscheidet. Sie stellt eine der faszinierendsten Anwendungen des Lasers dar. Obwohl schon 1948 von D. G a b o r erfunden, verlangte das Verfahren erst praktische Bedeutung, als mit den Lasern k o h ä r e n t e Strahlungsquellen von ausreichender I n t e n s i t ä t zur Verfügung standen.
Der wesentliche Unterschied des Verfahrens gegenüber der traditionellen Fotografie und damit seine grundsätzliche Bedeutung liegt darin, daß es weit mehr Information über die abgebildeten Objekte liefert.

Wir wollen uns das an einem Gedankenexperiment klarmachen, das von E. Spiller stammt. Wir stellen uns vor, wir hätten noch Ferien und befänden uns in unserem Hotelzimmer. Durch einen Blick aus dem Fenster überzeugen wir uns, ob die Aussicht unseren Erwartungen entspricht. Dabei stellen wir fest, daß vom Bett aus die Bergspitze gerade von einem Baum vor dem Hotel verdeckt wird. Vom Sessel aus ist sie aber sehr schön zu sehen, nur ist von hier aus das Segelboot auf dem See von einer Blume auf dem Balkon verdeckt. Wenn wir uns ein wenig zur Seite beugen, ist auch dieses völlig zu sehen. Wir wollen mit unserer Kamera die schöne Landschaft festhalten. Aber je nach ihrem Standort erhalten wir ein anderes Bild und keines ist vollkommen. Wir müssten sehr viele Fotos machen.

Diesen Sachverhalt wollen wir überdenken. Alle Information, die in den vielen unterschiedlichen Bildern steckt, die wir aus dem Zimmer heraus aufnehmen können, kommt als Licht durch das Fenster. Die gesamte Information muß also auch durch die Ebene, in der sich das Fenster befindet, hindurch. Könnten wir sie nicht schon dort festhalten? Aus einer Momentaufnahme des elektromagnetischen Strahlungsfeldes in der Ebene des Fensters müßte sich jedes Bild von der Landschaft rekonstruieren lassen, das sich aus dem Zimmer heraus überhaupt fotografieren läßt. Wir werden sehen, daß es tatsächlich möglich ist, ein optisches Strahlungsfeld in einer E b e n e, dem sogenannten Hologramm, festzuhalten und daraus später die gesamte r ä u m l i c h e Anordnung der Landschaft zu rekonstruieren. Das geschieht so, daß die von dem Hologramm als Streulicht in unser Auge gelangenden Wellenfronten die g l e i c h e Struktur haben wie die von den ursprünglichen Gegenständen ausgehenden Wellenfronten und somit praktisch von diesen nicht mehr unterschieden werden können. Das ist das Neue! Das Wellenfeld, das von einer üblichen Fotoplatte in unser Auge gelangt, hat eine andere Struktur und einen geringeren Informationsgehalt, was sich so auswirkt, daß das Foto kein räumliches Bild liefert. Die auf ihm verdeckte Bergspitze bleibt verdeckt, von welcher Seite wir das Foto auch betrachten. Bei einem Blick auf unser Hologramm sehen wir die Landschaft dagegen so, als ob das Hologramm das Fenster wäre, hinter dem unsere Landschaft wirklich liegt. Je nach unserer Position zu dem Hologramm, sind die Bergspitze oder das Segel-

boot verdeckt. Wir sehen ein räumliches Bild der Landschaft. Ein einziges Hologramm [1] enthält also sämtliche Information, die in der großen Zahl von üblich hergestellten Fotos festgehalten ist. Wie ist so etwas möglich und worin besteht der Mangel der konventionellen Fotografie? Würde das als Streulicht von einem Foto ausgehende Wellen f e l d mit dem von dem Hologramm ausgehenden indentisch sein, so müssten in jedem Punkt des Feldes z w e i Größen übereinstimmen: Amplitude und Phase. (Wie wir aus dem Physikunterricht wissen, ist eine Welle eben durch diese zwei Größen festgelegt.) Das ist aber nicht der Fall. Im Streufeld der Fotoplatte existieren überhaupt keine festen Phasenbeziehungen. Eine Fotoplatte registriert nur Lichtintensitäten, sie ist nicht phasenempfindlich. Da die Ausbreitungsrichtung der Lichtwellen senkrecht auf den Flächen konstanter Phase, den Phasenflächen, z.B. den Wellenbergen, steht, kann man auch sagen, eine Fotoplatte ist nicht richtungsempfindlich. Von jedem ihrer Bildpunkte fällt nämlich Streulicht in den gesamten vor dem Foto liegenden Halbraum und nicht vorzugsweise in irgendeine ausgezeichnete Richtung, so wie es bei einem Hologramm der Fall ist. Das von einer konventionell gefertigten Fotoplatte ausgehende Streulicht enthält also im Gegensatz zu dem von einem Hologramm kommenden keine Phaseninformation. Die räumliche Struktur der Landschaft kann deshalb nicht mehr wiedergegeben werden. Dieser Mangel ist durch die übliche inkohärente Beleuchtung (Sonnenlicht, Lampenlicht usw.) unvermeidlich. In einem inkohärenten Lichtbündel existieren von vornherein keine festen Phasenbeziehungen, weswegen auch keine Phaseninformationen übertragen werden können. Das ist nur bei kohärenter Beleuchtung der Landschaft möglich. Daraus ergibt sich die Bedeutung des Lasers!

Das Problem besteht nach dem Gesagten nun darin, die Fotoplatte auch phasenempfindlich zu machen. Wie das geschieht und wie aus dem dann vorliegenden Hologramm die Rekonstruktion des Bildes erfolgt, soll im nächsten Heft besprochen werden.

---

1) Holos (griech.) = ganz

Dr. K. Jupe, wiss. Mitarb. an der Sektion Physik, Abt. Methodik

Zustandsänderungen der Gase (2. Teil)

Wir wollen nun von den vielen Zustandsänderungen, die bei Gasen möglich sind, die wichtigsten in programmierter Form erarbeiten und die Ergebnisse in folgende Tabelle bzw. in das untenstehende Diagramm eintragen.

Bezeichn.der Zustandsänd.	charakterist. Gleichung	Arbeit	aus Q = U + A folgt:
1. Isotherme T = const.			
2. Isobare p = const.			
3. Isochore V = const.			
4. Adiabate Q = 0 (kein Wärmeaustausch m. Umgebung)			

Zunächst sollen die Zeilen 1 - 3 ausgefüllt werden. Schreiben Sie für diese Fälle zunächst die charakteristischen Gleichungen in die Tabelle, die sich aus der allgemeinen Gasgleichung ergeben. Wir beziehen uns jetzt stets auf ein mol Gas, schreiben also die Gasgleichung in der Form

$$p\,V = R\,T\,.$$

Versuchen Sie weiter, aus der Gleichung $A = \int_{V_1}^{V_2} p\,dV$ für die Fälle 1 - 3 die Arbeit zu berechnen. Gelingt Ihnen das, beginnen Sie mit Programmstufe 3, wenn nicht, mit Stufe 1. Arbeiten Sie die Programmstufen sorgfältig in der Reihenfolge der Bezifferung durch und übertragen Sie die zweifach unterstrichenen Ergebnisse in die Tabelle bzw. das Diagramm. Decken Sie beim Durcharbeiten jeweils die links neben der nächsten Stufe stehende Lösung zu!

$p \cdot V = R \cdot T$

T = const. $p\ V$=const.

p = const. V/T=const.

V = const. p/T=const.

Haben Sie diese Formeln in die Tabelle eingetragen?
Zeichnen Sie dann die Kurven in das Diagramm ein!

1. Für die Arbeit eines Gases gilt

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p\, dV \qquad (1)$$

Errechnen Sie aus der allgem. Gasgleichung p, setzen Sie in die Gleichung (1) ein und integrieren Sie für den Fall, daß T = const. ist. (Isotherme)!

— — — — — —

— — — — — — —

Gehen Sie zu Stufe 2, vergleichen Sie mit der dort links stehenden Lösung!

$\Delta U = c_v\, m \cdot \Delta T$

T = const. heißt $\Delta T = 0$, also $\Delta U = 0$

$\curvearrowright Q = A$

d. h., die zugeführte Wärme wird vollständig als mechan. Arbeit wieder nach außen abgeführt.

5. Versuchen Sie, aus der Arbeit für den isochoren Fall (V=const.) eine ähnliche Spezialisierung anzugeben!

— — — — — — —

Formulieren Sie das Ergebnis auch in Worten!

— — — — — — —

— — — — — — —

$A = - c_v\, m \cdot \Delta T$

9. Wir wollen nun noch die charakteristische Gleichung (Zustandsgleichung) für die Adiabate berechnen. Es gilt natürlich (wie stets für ideale Gase) die Gleichung $p \cdot V = R \cdot T$ (für 1 mol!). Wir wollen die Gleichung aber so schreiben, daß T nicht mehr vorkommt.
Lesen Sie bei Stufe 10 weiter!

$R \ln V_2/V_1$

$= -c_v\, m\, (\ln T_2 - \ln T_1)$

$= c_v\, m\, (\ln T_1 - \ln T_2)$

$= c_v\, m \ln T_1/T_2$

13. Ersetzen Sie R durch den Ausdruck, den wir in Stufe 3 erhalten haben, vereinfachen Sie und gehen Sie von der Logarithmusform zur Exponentialform über!

— — — — — — —

— — — — — — —

$p = \frac{R\,T}{V}$

$A = R\,T \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V}$

$A = R\,T \ln(V_2 - V_1)$

$= R\,T \ln V_2/V_1$

2. a) Für die Isobare gilt $p = \text{const.}$, also

$A = \ldots \int_{V_1}^{V_2} dV = \ldots\ldots\ldots$

b) Im Falle $V = \text{const.}$ (Isochore) ist

$V = dV = \ldots\ldots$, also

$A = \ldots\ldots\ldots$

$A = 0$, also

$Q = U = c_v\, m\, T$

Im Falle der Isochore wird die zugeführte Wärmeenergie völlig zur Zunahme der inneren Energie (Erwärmung) des Gases verbraucht.

6. Geben Sie nun die Form des 1. Hauptsatzes für die Adiabate ($Q = 0$, d. h. kein Austausch von Wärmeenergie zwischen Gas und Umgebung) an! (2 Formen, die sich durch das Vorzeichen unterscheiden!)

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

10. Wir schreiben die Gleichung

$-U = A$

in der differentiellen Form

$-dU = dA$ oder

$-c_v\, m\, dT = p\, dV$

Ersetzen Sie p durch den Ausdruck, der sich aus der allgemeinen Gasgleichung für 1 mol ergibt:

$m\, c_v \ln \frac{T_1}{T_2}$

$= m\,(c_p - c_v) \ln \frac{V_2}{V_1}$

$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{c_v} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{c_p - c_v}$

14. Wir wollen nun beide Exponenten durch c_v dividieren und den Ausdruck

$\varkappa = \frac{c_p}{c_v}$ einführen:

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

_ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _ _

a) $A = p \int_{V_1}^{V_2} dV$

$A = p\,(V_2 - V_1)$

$= R\,(T_2 - T_1)$

b) $\Delta V = dV = 0$

$A = 0$

3. Die Ausdehnunggsarbeit bei konstantem Druck ist aber genau die Wärmemenge, die man bei isobarer Erwärmung mehr zuführen muß als bei isochorer Erwärmung (vgl. Teil 1 dieses Artikels). Daraus ergibt sich:

$c_p \cdot m \cdot \Delta T - \ldots m \cdot \Delta T = R \cdot \Delta T$

Vereinfachen Sie!

$Q = 0$ ⌒

$-\Delta U = A$ oder

$\Delta U = -A$

7. Formulieren Sie dieses Ergebnis für beide Fälle in Worten. Über die Bedeutung der Vorzeichen vgl. Teil 1 dieses Artikels!

$p = \frac{R \cdot T}{V}$

$- c_v \cdot m \cdot dT = \frac{R \cdot T \cdot dV}{V}$

11. Diese Gleichung enthält noch 2 Veränderliche, nämlich

..... und .....

Stellen Sie die Gleichung so um, daß auf jede Seite des Gleichheitszeichens nur eine Veränderliche steht (Trennung der Veränderlichen):

$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\varkappa - 1}$

15. In unserer Gleichung soll p und V vorkommen statt T und V. Wir verwenden wieder die allgemeine Gasgleichung und schreiben

$T_1 = \frac{p_1 \; V_1}{R}$

$T_2 =$ ———

$\left.\begin{array}{l} \\ \\ \end{array}\right\} \; \frac{T_1}{T_2} =$ ———

$c_p \cdot m \cdot \Delta T - c_v \cdot m \cdot T = R \cdot \Delta T$

$m (c_p - c_v) = R$

4. Es soll nun die 4. Spalte unserer Tabelle ausgefüllt werden. Hier spielt der 1. Hauptsatz in der Form $Q = \Delta U + A$ eine Rolle (vgl. 1. Teil dieses Artikels).

Wie groß ist im Fall der Isotherme (T = const.) die Änderung der inneren Energie ΔU?

Welche spezielle Form erhält dann der 1. Hauptsatz?

← Stufe 5

Abnahme (Zunahme) der inneren Energie ist gleich der nach außen abgeführten (von außen zugeführten) mechanischen Arbeit.

8. Da wir eine Gleichung für U kennen, können wir jetzt auch eine Gleichung für die Arbeit bei der adiabatischen Zustandsänderung angeben:

← Stufe 9

$R \frac{dV}{V} = - c_v \cdot m \cdot \frac{dT}{T}$

(T, V veränderlich)

12. Integrieren Sie auf beiden Seiten zwischen den Grenzen T_1 und T_2 bzw. V_1 und V_2 !

← Stufe 13

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\varkappa - 1}$

$\frac{p_1}{p_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\varkappa}$

$p_1 V_1^{\varkappa} = p_2 V_2^{\varkappa}$ oder

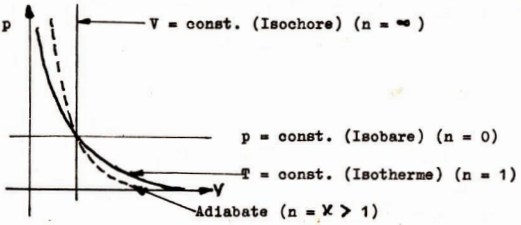
$\underline{p \cdot V^{\varkappa} = \text{const.}}$

16. Nachdem Sie die letzte Gleichung in die Tabelle eingetragen haben, versuchen Sie jetzt, die Adiabate in das Diagramm einzuzeichnen. Überlegen Sie, wodurch Sie sich von der Isotherme unterscheidet!

Beachten Sie: $\varkappa$ ist <u>größer</u> als 1 (je nach Gasart zwischen 1,33 und 1,67)!

Lesen Sie auf der nächsten Seite oben weiter!

Hier sind die Zustandsänderungen im p-V-Diagramm nochmals dargestellt.



Die Adiabate verläuft steiler als die Isotherme. Man kann die Zustandsgleichungen dieser Kurven (und auch der dazwischen liegenden) in einheitlicher Form angeben:

$$p \; V^n = \text{const.}$$

Diese Gleichung heißt Polytropen-Gleichung. In obigem Diagramm sind die Exponenten n für die hier betrachteten Fälle angegeben.

Bei der Anwendung dieser Ergebnisse in Wärmekraftmaschinen ist nun noch zu berücksichtigen, daß dort periodische Zustandsänderungen erfolgen müssen, d. h. der gleiche Vorgang (z. B. die 4 Takte einer Verbrennungsmaschine) wiederholt sich ständig. Derartige "Kreisprozesse" wollen wir in einem der nächsten Hefte kennen lernen.

Lösungen:

Zu Aufgabe 4

Geg.: $m = 50\ g$, $s = 60\ cm$, $v = 700\ m/s$
Ges.: $t = ?$, $a = ?$, $F = ?$

Für die gleichmäßig beschleunigte Bewegung gilt:

$$s = \frac{a}{2} t^2 + v_o \, t + s_o$$

Da $s_o = 0$ und $v_o = 0$: $s = \frac{a}{2} t^2$

Weiterhin gilt: $v = a \, t$ $\qquad a = \frac{v}{t}$

Einsetzen in $s = \frac{a}{2} t^2$ $\quad s = \frac{v}{2t} t^2$ $\quad s = \frac{v\,t}{2}$

Daraus folgt für t: $t = \frac{2\,s}{v}$

Berechnung von t: $t = \frac{1{,}2\ m\ s}{700\ m} = \underline{1{,}7\ 10^{-3}\ s}$

Einsetzen in $a = \frac{v}{t}$: $a = \frac{700\ m}{1{,}7\ 10^{-3}\ s\ s} = \underline{4{,}1\ 10^{5}\ \frac{m}{s^2}}$

Nach dem II. Newtonschen Axiom gilt:

$F = m\ a$

$F = 50\ g\ \ 4{,}1\ 10^{5}\ \frac{m}{s^2}$

$F = 2{,}05\ 10^{4}\ \frac{kg\ m}{s^2} = \underline{2{,}05\ 10^{4}\ N}$

Nach dem III. Newtonschen Axiom wird der Schütze mit der gleichen Kraft (2,05 10^4 N) in die entgegengesetzte Richtung gedrückt! (Gegenwirkungsprinzip: '"actio = reactio") Trotz dieser verhältnismäßig großen Kraft wird der Schütze nicht umgeworfen, weil der Kraftstoß (= Impuls) $J = F\,t$ (J 34,9 Ns) klein ist, so daß die träge Masse des Schützen diesem Kraftstoß "stand hält"!

Zu Aufgabe 5

Geg.: $d = 10\ cm = 10^{-1}\ m$, $\quad C = 1\ pF = 10^{-12}\ F$,

$\varepsilon_o = 1$, $\quad \varepsilon_o = 8{,}85\ 10^{-12}\ \frac{As}{Vm}$

Ges.: $D = ?$ (D ... Durchmesser)

Lösung: $C = \varepsilon_o\ \varepsilon_r \frac{A}{d}$ $\quad A = \frac{C\,d}{\varepsilon_o\ \varepsilon_r} = \frac{10^{-12}\ 10^{-1}}{8{,}85\ 10^{-12}}\ \frac{As\ m\ Vm}{V\ A\ s}$

$= \frac{1}{88{,}5}\ m^2$

andererseits ist $A = \frac{D^2}{4}$ (Formel für Kreisfläche!)

$D^2 = \frac{4\,A}{}$

$D^2 = \frac{4}{88{,}5}\ m^2 = 1{,}44\ 10^{-2}\ m^2$

$D = 1{,}2\ 10^{-1}\ m = 12\ cm$

Ergebnis: Die Kondensatorplatten müßten einen Durchmesser von 12 cm haben.

Zu Aufgabe 6

An dünnen Schichten (in Aufgabe: Ölfilm) treten Interferenzerscheinungen auf, die sich durch zweimalige Reflexion desselben Lichtstrahls (an der oberen und an der unteren Fläche des Films) erklären lassen. Es tritt entsprechend der Dicke des Ölfilms ein Gangunterschied der interferierenden Strahlen auf, der bei monochromatischem Licht (Licht einer Wellenlänge) dunkle (Auslöschung) und helle (Verstärkung) Stellen hervorruft. Bei Verwendung von weißem Licht (in Aufgabe: Sonnenlicht) treten farbige Interferenzerscheinungen auf. Die Farben rühren davon her, daß an jeder Stelle bestimmte Wellenlängen durch Interferenz ausgelöscht werden, so daß durch Ausfall der betreffenden Farben an Stelle von Weiß die zugehörige Komplementärfarbe entsteht.

Aufgabe 7

Das Volumen von 1 mol eines idealen Gases beträgt 12,65 l, der Druck 2 at und die Temperatur 300°K. Das Gas wird zuerst bei konstantem Druck auf das doppelte Volumen ausgedehnt, dann isotherm auf sein ursprüngliches Volumen komprimiert und schließlich bei konstantem Volumen soweit abgekühlt, bis der Anfangsdruck wieder erreicht ist.

a) Stellen Sie diesen Prozeß im p-V-Diagramm dar!
b) Berechnen Sie die Temperatur, die während der isothermen Kompression herrscht!
c) Berechnen Sie den Maximaldruck!
d) Wie groß ist die effektive Arbeit, die das Gas bei diesem Prozeß verrichtet?

Hinweis: Studieren Sie bitte den im gleichen Heft von Dr. Jupe veröffentlichten Artikel "Zustandsänderung der Gase" gründlich - es wird Ihnen bei der Lösung helfen.

Aufgabe 8

Ein 30 Mp schwerer Güterwagen ist entgleist. Welche Kraft ist notwendig, um sein vorderes Räderpaar wieder in die Schienen zu heben, wenn der Wagen 15 m lang ist und sein Achsabstand 12 m beträgt?

39 38 37 36 35 34 33 32

impuls 68

29 28 26

25 24 23

studium - praxis - probleme der physik und chemie

monatszeitschrift für schüler · 2. jg. (1968/69) heft 5

impuls 68 Schülerzeitschrift für Physik und Chemie

Herausgeber : FDJ-Aktiv der Sektion Physik für den Wissenschaftlichen Gerätebau der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Redaktion : H.-D. Jähnig (Chefredakteur)
Dr. Jupe, Dr. Kretschmar, Dipl.-Chem.I.Pfaff, D. Gröll, M. Funk, G. Sommer, V. Lindig, W. Reichardt, V. Hopfe, M. Seifert, N. Summa

Verantwortlicher : Dipl.-Phys. S. Kessler

Anschrift : "impuls 68"
69 Jena
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich zum Preis von 0,30 M

Lizenz-Nr. 1570

Inhalt :

	Seite
Zu Gast an der Lenin-Universität	3
Holographie (2. Teil)	5
Neues auf dem Büchermarkt	8
Warum sind Pflanzen grün ?	9
Geschichte der Atomistik	12
Stereochemie	16
Mathematik in der Chemie	20
Lösungen	22
Aufgaben	24

Titelblatt : Funkenspektren zum Einführungsartikel Atomphysik.

U. Burghoff, Diplomand
an der Sektion Physik

Zu Gast an der Lenin-Universität in Minsk

In den letzten Jahren hat die Friedrich-Schiller-Universität ihre internationalen Verbindungen wesentlich erweitert, wobei die Staatliche Belorussische Lenin-Universität in Minsk einen bedeutenden Platz einnimmt. Die Kontakte zwischen beiden Universitäten sind äußerst vielschichtig, sie betreffen sowohl den Austausch von Wissenschaftlern als auch von Aspiranten und Studenten. So weilten im September Gruppen von Studenten und Aspiranten der Physik und der Chemie aus Jena in Minsk und umgekehrt. Die Aufgabe eines solchen Studentenaustausches besteht sowohl darin, das fachliche Wissen der Studenten zu bereichern, als auch gleichzeitig die Menschen, das Leben und die Kultur des befreundeten Landes kennenzulernen.

In zwei der drei Wochen unseres Aufenthaltes in Minsk führten wir an der Physikalischen Fakultät ein Praktikum durch, wobei die Aufgaben den Einsatzgebieten der Studenten und Aspiranten in Jena angepaßt waren. Auf diese Art und Weise konnten wir uns einen Überblick über den Entwicklungsstand des betreffenden Spezialgebietes in der Sowjetunion verschaffen. Die restliche Zeit unseres Aufenhaltes in Minsk war mit einem umfangreichen Programm ausgefüllt, das uns mit Land und Leuten bekannt machen sollte. Insbesondere beschäftigten wir uns natürlich mit Fragen des Hochschulwesens in der UdSSR, das sich im Wesentlichen nur wenig von unserem unterscheidet. Allerdings setzt in der SU die Spezialisierung der Studenten auf ein bestimmtes Gebiet der Physik schon nach dem 5. Semester ein (bei uns nach dem 7.). Die Diplomarbeit wird im letzten Semester geschrieben und zwar in dem Betrieb, in dem der Absolvent später arbeiten wird. Der gesamte Problemkreis der sozialen Fragen der Studenten (Stipendium, Wohnheime usw.) ist ähnlich gelagert wie bei uns. Zu bemerken wäre noch die Tatsache, daß in der Sowjetunion eine wesentlich höhere Zahl von Studienbewerbern pro Studienplatz kommt, als in der DDR.

Minsk, die Hauptstadt der Belorussischen SSR, ist eine große (800000 Einwohner) und moderne Stadt, die im 2. Weltkrieg zu 80 % zerstört wurde; das brachte es mit sich, daß die Stadt heute praktisch keinerlei historische Bauten besitzt, sondern überall Neubauten stehen. Die Hauptstraße, der Leninprospekt, die sich von einem Ende der Stadt zum anderen zieht, hat eine Länge von 10 km. Das Stadtzentrum ist von zahlreichen superrodernen Mikrorajonen (kleine Trabantenstädte) umgeben. Die für das alte Rußland so charakteristischen Holzbauten sind in Minsk kaum noch zu sehen.

Unser besonderes Interesse galt den kulturellen und sportlichen Einrichtungen. Im riesigen Dynamo-Stadion der Stadt waren wir begeisterte Zuschauer einiger Fußballspiele.

Weiterhin haben wir sehr interessante Ausflüge nach Vilnjus (Litauen), Brest und in den Urwald von Bjelowesh gemacht. Brest liegt 500 km westlich von Minsk an der polnischen Grenze. Die Autobusfahrt dorthin war für unsere Verhältnisse ungewohnt: schnurgerade zog sich die Europastraße 5 hunderte Kilometer weit.

Von der weißrussischen Bevölkerung wurden wir überall herzlich begrüßt, ganz egal, wo wir uns gerade aufhielten, in Gaststätten, im Fußballstadion und natürlich besonders in der Universität. Sobald man gemerkt hatte, daß wir Deutsche waren, kam man näher und es begann eine der vielen freundschaftlichen Diskussionen.

Beschämt waren wir von den sehr guten deutschen Sprachkenntnissen unserer Minsker Betreuer, verglichen mit unserem Wissensstand in der russischen Sprache, der sich in diesen drei Wochen allerdings wesentlich verbessert hat.

Leider war die Zeit bei unseren Freunden in Minsk viel zu schnell vorbei. Als wir in den Moskva-Express in Richtung Berlin einstiegen, nahmen wir von guten Freunden Abschied, von denen wir hoffentlich einige bald in Jena begrüßen können!

Wußten Sie schon, daß es in der UdSSR zur Zeit 767 Hochschulen gibt, an denen etwa 4123000 Studenten immatrikuliert sind;

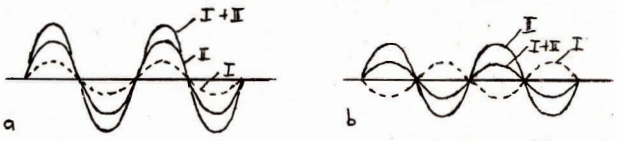
... daß in der Volkswirtschaft der Sowjetunion 1789000 Diplom-Ingenieure tätig sind (in den USA sind es nur 750000).

W. Tzschoppe
Sektion Physik, Diplomand

Ebene Photos - Holographie - räumliches Sehen (2. Teil)

Wir erinnern uns an das Problem, das am Schluß des ersten Artikels in Heft 3, 2. Jahrgang auftauchte. Es ging darum, die Photoplatte auch phasenempfindlich zu machen. Dazu dient ein schon sehr lange bekanntes Verfahren, das die Phasen durch Überlagerung einer bekannten und möglichst einfachen kohärenten Welle, der Referenzwelle, über das Interferenzbild in Intensitäten umwandelt. Die Phasen gehen also in Phasendifferenzen über und diese dann in Intensitäten, wenn beide Wellen k o h ä r e n t sind, weil nur dann Interferenz möglich ist. Die Phasen würden sich dort durch Vergrößerung der Intensität offenbaren, wo sie mit der Phase des kohärenten Hintergrundes übereinstimmen und durch Verminderung, wo sie entgegengesetzt sind (Abb. 1a, b).

Abb. 1, Überlagerung zweier Wellen unterschiedlicher Amplitude

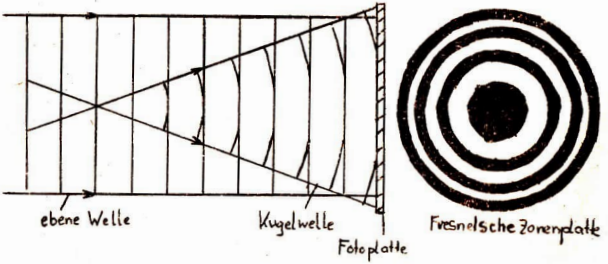


Gangunterschied z.B. 0°
Vergrößerung

Gangunterschied z.B. 180°
Verringerung

Um übersichtliche Ergebnisse zu erhalten, soll unsere Landschaft zunächst nur aus einem leuchtenden Punkt bestehen, von dem eine Kugelwelle mit nur einer einzigen Wellenlänge ausgesandt wird. Die Referenzwelle soll der Einfachheit halber eine ebene Welle sein. Beide Wellen, die vom "Objekt" stammende Kugelwelle und die als Vergleichswelle dienende ebene Welle werden überlagert, zur Interferenz gebracht. Dabei entsteht als Interferenzfigur auf der Photoplatte ein System konzentrischer Kreise, deren Abstände nach außen immer kleiner werden (Abb. 2). Dieses

Abb. 2, Herstellung eines Hologramms durch Überlagerung der Objektwelle mit einer Vergleichswelle



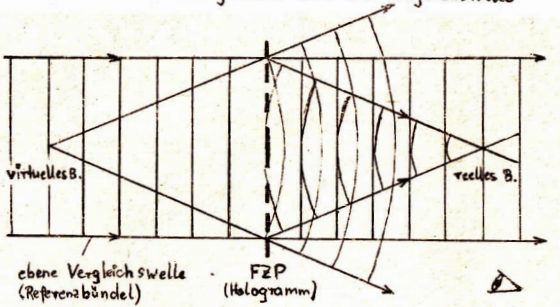
Hologramm ist unter dem Namen Fresnelsche Zonenplatte (FZP) seit langem bekannt. Da sie auch die Phasen der einfallenden Kugelwelle enthält, müssen wir die gesamte Kugelwelle aus ihr rekonstruieren können. Die FZP ist das Hologramm einer Kugelwelle.

Wir wollen uns noch klarmachen, in welcher Form ein Hologramm die Amplituden- und Phaseninformation enthält. Sind die Amplituden beider Wellen verschieden, so ergibt sich bei entsprechendem Phasenunterschied keine völlige Auslöschung und keine Verdopplung der Amplituden, d. h. der K o n t r a s t ist geringer als im Fall gleicher Amplituden. Der Kontrast zwischen den Interferenzstreifen auf dem Hologramm enthält also die Amplitudeninformation (s. a. Abb. 1). Die Phaseninformation steckt dagegen in der F o r m des Streifensystems. Bei der Überlagerung einer ebenen Welle mit einer Kugelwelle ist es, wie wir sahen, ein System konzentrischer Kreise. Würde man aber zwei ebene Wellen überlagern, so wäre das Ergebnis ein System gerader, paralleler Streifen, ein Gitter.

Wie erfolgt nun aus dem Hologramm, das etwa dem Negativ in der klassischen Photographie entspricht, aber im Gegensatz zu diesem nur wenig Ähnlichkeit mit dem Objekt hat, die Rekonstruktion des Bildes, des Positivs? Zu diesem Zweck wird das Hologramm mit dem als Vergleichswelle dienenden Lichtbündel (hier der

ebenen Welle) d u r c h l e u c h t e t (Abb. 3). Durch B e u g u n g an der Interferenzfigur (hier der FZP) entsteht gerade wieder dasselbe Wellenfeld (die Kugelwelle), das zur

Abb. 3, Rekonstruktion des Bildes durch Bestrahlung des Hologramms mit der Vergleichswelle



Herstellung des Hologramms diente. Die FZP hat, wie man aus Abb. 3 erkennt, die Eigenschaft einer Sammellinse: Auffallendes paralleles Licht wird hinter ihr in einem Punkt vereinigt. An der äußeren feineren Struktur der FZP wird das Licht stärker abgebeugt als an der inneren groben und zwar so, daß es, unabhängig von welcher Stelle der Zonenplatte es auch kommt, in einem Punkt vereinigt wird.

Die vereinfachenden Annahmen oben, daß das Objekt nur ein leuchtender Punkt sein soll, von dem eine Kugelwelle ausgeht und daß die Referenzwelle eine ebene Welle ist, können verallgemeinert werden. Nach dem Huygensschen Prinzip läßt sich ein kompliziertes, für unsere Landschaft charakteristisch "verbeultes" Wellenfeld entstanden denken durch Überlagerung von zahlreichen Kugelwellen. Wir erhalten eine kompliziertere Interferenzfigur, die durch Überlagerung sämtlicher Kugelwellen mit der ebenen Welle entsteht. Durchstrahlen wir die Photographie dieser Interferenzfigur wieder mit der ebenen Welle, so entspricht das abgebeugte Licht dem ursprünglichen Wellenfeld. Als weitere Verallgemeinerung können wir davon abgehen, eine ebene Welle als Referenzbündel zu benutzen. Wenn das Referenzbündel

eine kompliziertere Struktur hat, verändert sich auch die Interferenzfigur. Wenn man jedoch für die Rekonstruktion das gleiche Referenzbündel benutzt wie bei der Aufnahme, erhält man durch Beugung wieder das gleiche Wellenfeld. Referenzbündel und Objektbündel werden bei dieser Betrachtung völlig gleichberechtigt. Bestrahlen wir das Hologramm mit dem Referenzbündel (ebene Welle), erhalten wir das Objektbündel (Kugelwelle). Bestrahlen wir es jedoch mit dem Objektbündel, erhalten wir das Referenzbündel.

In einem abschließenden Teil sollen die interessanten, teilweise noch im Stadium der Spekulation oder der ersten Laboratoriumsversuche befindlichen Anwendungen der Holographie besprochen werden.

NEUES AUF DEM BUECHERMARKT - NEUES AUF DEM BUECHERMARKT

Alljährlich erscheint im November das Jahrbuch der Wissenschaft, welches in Zusammenarbeit mit der UNESCO herausgegeben wird. In ihm machen prominente Wissenschaftler (unter ihnen Nobelpreisträger) aus aller Welt einen breiten Leserkreis mit den modernsten Ergebnissen ihrer Arbeitsgebiete bekannt. Durch die hohe Aktualität ist dieses Buch besonders interessant. Dieses Jahr erscheint:

WISSENSCHAFT UND MENSCHHEIT Band IV

400 Seiten, 18.-M, Urania-Verlag Leipzig, Jena, Berlin

Einige Artikel aus dem Inhalt des diesjährigen Bandes:

W.A. Woronzow-Weljaminow:	In der Welt der fernen Galaxien
Z. Svestka:	Der Einfluß der Sonne auf die Erde und den interplanetaren Raum
M. Perutz, Nobelpreisträger:	Der molekulare Mechanismus der Atmung
E. Segré, Nobelpreisträger:	Das Antiproton und andere Antiteilchen
M. v. Ardenne:	Medizinische Elektronik, heute und morgen

K.-H. Mann, Sektion Chemie, 3. Studienjahr

Warum sind Pflanzen grün?

Diese Frage hat man sich bestimmt schon einmal gestellt. Ist sie aber auch beantwortet worden? Es soll hier versucht werden, eine nicht zu komplizierte Antwort zu finden.
Es ist bekannt, daß die grünen Pflanzen einen Farbstoff, nämlich das grüne Chlorophyll enthalten. Dieser Farbstoff erscheint grün, weil er das rote Licht absorbiert. Es gilt der Satz, daß die Farbe eines Stoffes erscheint, von der die Komplementärfarbe absorbiert wird. Das sichtbare weiße Licht der Sonne setzt sich aus verschiedenen Farben zusammen, deren Wellenlängen zwischen 400 und 720 nm liegen. Die Blätter absorbieren also besonders stark das Licht aus dem langwelligen sichtbaren Bereich, das Rot, denn dieses ist die Komplementärfarbe zum Grün. Außerdem verfügt die Pflanze aber noch über rote Farbstoffe, die Karotine, und über gelbe Farbstoffe, die Xanthophylle. Die Blätter können also das Licht des gesamten sichtbaren Spektrums absorbieren.

Für jede chemische Reaktion ist ein bestimmter Energieumsatz charakteristisch. Ob nun Energie aufgenommen oder abgegeben wird, ist von verschiedenen hier nicht näher erläuterten Faktoren abhängig. Die Photosynthese der Pflanze ist ein Vorgang, der Energie verbraucht. Diese Energie wird dem Licht entzogen. Eine solche Energieaufnahme erfolgt nicht kontinuierlich, sondern in bestimmten kleinen Beträgen, den Energiequanten.

Diese Vorstellung stammt von Albert Einstein und wird folgendermaßen formuliert

$$W = h\nu$$

W = Energie
h = Planck'sches Wirkungsquantum
ν = Frequenz des eingestrahlten Lichtes

Die Energie ist also abhängig von einer Konstanten und der Frequenz des Lichtes. Daraus folgt, daß bei einer Veränderung der Frequenz auch eine Änderung des Energiebetrages auftritt.

Um die Photosynthese durchzuführen, genügt die Energie des roten Lichtquants. Damit die Pflanze das ganze sichtbare Spektrum für die Photosynthese ausnutzen kann, absorbieren die Karotine und Xanthophylle das Licht aus dem kurzwelligeren Bereich und leiten aber die Energie an das Chlorophyll weiter.

Man kann folgende Bruttogleichung für die Photosynthese formulieren:

$$n\,CO_2 + n\,H_2O \xrightarrow[\text{Chlorophyll}]{\text{Energie}} (CH_2O)_n + n\,O_2$$

Dieses Phänomen, aus Kohlendioxid und Wasser Kohlenhydrate unter Energieaufnahme zu bilden, tritt nur bei Pflanzen auf.

Der Chloroplast, das ist das Chlorophyllkörperchen, ist der primäre Empfänger der Lichtquanten. Um maximal wirksam zu werden, ist er lamellenartig gebaut und stellt einen großen Komplex vieler kleiner Photobatterien dar.

Die aufgenommene Energie wird zur Photolyse des Wassers verwendet.

$$2\,H_2O \longrightarrow 2[H] + 2[OH]\,; \quad 2\,OH \longrightarrow H_2O + 1/2\,O_2$$

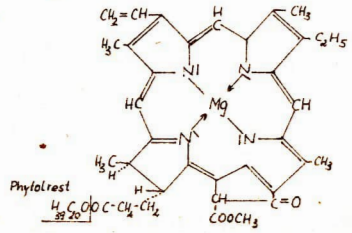
Durch die Photolyse entsteht ein reduzierend wirkendes Agens, H , welches an ein reduzierendes Ferment gebunden ist.

Mit dem aktivierten Wasserstoff werden die aus dem CO_2 entstandenen Carboxylgruppen der Carbonsäuren reduziert.

Soweit nun zu den Wirkungen des Chlorophylls und jetzt zum Chlorophyll selbst. Das Chlorophyll ist an ein lichtbeständiges Chromoproteid gebunden, an das Chloroplastin. Schon bei nicht zu starkem Erhitzen grüner Pflanzenteile findet ein Zerfall des Chloroplastins in Chlorophyll und Protein statt.

Das Chlorophyll besteht aus zwei Komponenten. Das sogenannte Chlorophyll a hat eine blaue Farbe, und das Chlorophyll b ist gelbgrün. Die beiden reinen Komponenten haben eine wachsartige Beschaffenheit. Diese wird durch das Phytol, einen ungesättigten Alkohol $C_{20}H_{39}OH$, hervorgerufen, der esterartig an die Chlorophyllmolekel gebunden ist.

Bei der Hydrolyse im alkalischen Medium entsteht außer dem Phytol noch ein Mol Methanol. Man kann also daraus schließen, daß das Chlorophyll als Diester vorliegt.



Es ist jetzt festgestellt worden, daß die Energie des Lichtes vom Chlorophyll aufgenommen und zur Durchführung der Photosynthese weitergeleitet wird. Was machen aber nun die Meeresalgen, die wesentlich weniger Licht abbekommen, als die grünen Pflanzen auf der Erde? Auch sie können Licht aufnehmen. Nur ist es bei den Meerespflanzen gerade umgekehrt wie bei den Pflanzen auf der Erde. Das relativ langwellige rote Licht wird vom Wasser absorbiert und nicht sehr weit hindurchgelassen. Es gelingt nur den energiereicheren grünen und blauen Strahlen, bis zu den Algen vorzudringen. Die roten Meeresalgen enthalten deshalb noch Farbstoffe aus der Reihe der Gallenfarbstoffe, die als Sensibilisatoren für den grünen Spektralbereich wirken. Diese bedingen, daß auch außerhalb des sonst verwerteten Spektralbereiches noch Licht aufgenommen werden kann. Solche Sensibilisatoren verwendet man zum Beispiel auch in der Photographie, um die Bromsilberschicht für die Farben noch lichtempfindlich zu machen, die das Bromsilber nicht absorbiert. Es ist also auch den Meeresalgen möglich, Energie aus dem Licht aufzunehmen und für den Stoffwechsel zu verwenden.

Wie nach Redaktionsschluß bekannt wurde, ist am Imstitut für Biochemie der Universität Tübingen die Photosynthese durchgeführt worden. Als Chlorophyllspender diente die Chlorella, die Grünalge.

Bunsen war einmal zu einer Abendgesellschaft eingeladen. Zu später Stunde ging ein heftiges Gewitter nieder, und man drang in den Gelehrten, doch über Nacht dazubleiben. Es mache gar keine Umstände, er könne doch bei dem Wolkenbruch unmöglich nach Hause. Bunsen lehnte zunächst ab, gab aber später den Widerstand auf. Man achtete bei dem allgemeinen Aufbruch nicht weiter auf ihn und war sehr überrascht, als es einige Zeit später läutete. Man öffnete und draußen stand, völlig durchnäßt, Bunsen, mit einem großen Paket im Arm. Die Bestürzung bei den wohlmeinenden Gastgebern war groß. Bunsen blickte jedoch seelenruhig in die Runde und erklärte: "Aber ich mußte doch von zu Hause einiges Nachtzeug holen!"

A. Kobe
Lehrerstudentin für
Mathematik-Physik, 3. Studienjahr

Die Geschichte der Atomistik

Es ist sehr interessant, die Geschichte der Atomistik zu verfolgen. Vom Altertum bis zur Gegenwart sind die Wissenschaftler auf die vielfältigste Art und Weise an die Erforschung des Atoms herangegangen, so daß die Geschichte der Atomistik uns heute einen großen Stoffumfang bietet. Es soll in diesem Rahmen nur eine Seite beleuchtet werden, die uns Aufschluß über die Struktur des Atoms geben soll, welche sich nach den gegenwärtigen Erkenntnissen bereits als äußerst differenziert erweist.

Versetzen wir uns zunächst zurück in das Altertum, wo uns die ersten Atomisten begegnen. Es sind Leukippos aus Milet (ca. 440 v. d. Z.) und Demokritos aus Abdera (ca. 420 v. d. Z.). Sie behaupteten,das All bestünde aus nichts anderem als unwandelbaren Atomen und dem Raum zwischen diesen. Die Atome seien nicht nur, wie schon ihr Name sagt, unteilbar, sondern auch gleichförmig, fest, hart und nicht zusammendrückbar.

Ich möchte hier gleich darauf hinweisen, daß man den Begriff des Atoms im Denken Demokrits und seiner unmittelbaren Nachfolger keinesfalls überbewerten sollte, denn er ist mehr philosophischer als naturwissenschaftlicher Art.

Bis zu Beginn des 19. Jhs. trat eine gewisse Stagnation bzgl. der Erforschung des Atoms ein. 1802 entwickelte der Engländer John Dalton eine Theorie, die besonders für die Chemie von großer Bedeutung war. Die Daltonsche Vorstellung besagte, daß es verschiedene Arten von Atomen gibt, wobei die Atome eines Elementes gleich sind, während sich diejenigen verschiedener Elemente in bezug auf Größe, Gewicht und Anzahl pro Volumeneinheit unterscheiden. In der Folgezeit beschäftigten sich viele Wissenschaftler mit den Eigenschaften der Gasmoleküle, so daß zu Beginn des 20. Jhs. die Grundzüge der kinetischen Gastheorie geschaffen waren. Fast parallel, aber völlig unabhängig von der Gastheorie, griff die Atomistik auch in die Elektrizitätslehre ein. Michael Faraday entdeckte 1834, daß ein Mol einwertiger Ionen, gleichgültig welcher Art, eine bestimmte elektrische

Ladung mit sich führt, und Johnstone Stoney hat bereits 1890 für den Träger der negativen Elementarladung den Namen "Elektron" eingeführt. Zu diesem Zeitpunkt hatte man aber immer noch keine konkrete Vorstellung vom inneren Aufbau des Atoms.

Die Voraussetzungen für eine genaue Strukturuntersuchung brachte eigentlich erst die Entdeckung der radioaktiven Strahlung mit sich. Sie lieferte nämlich auch das Alphateilchen, welches ein überaus schnellfliegendes Geschoß von der Größenordnung eines Atoms darstellte. Ernest Rutherford erkannte, daß es dazu gebraucht werden konnte, das Innere des Atoms zu erforschen.

Im Jahre 1911 schlug er seinen Mitarbeitern Geiger und Marsden vor, Alphateilchen durch eine Gasschicht zu schießen. Man erwartete, daß eine angemessene Anzahl der Geschosse wahrscheinlich ein Atom treffen müßte. Was aber brachte das Versuchsergebnis? - Die meisten Teilchen flogen einfach durch das Gas hindurch, ohne irgendetwas zu treffen. Damit wurde mit einem Male die jahrhundertealte Vorstellung vom Atom als ein dichtes, festes Stück Materie zerstört. Das Atom besteht hauptsächlich aus leerem Raum! Nur sehr wenige Alphateilchen wurden aus ihrer Bahn abgelenkt.

Rutherford schrieb darüber: "Es war beinahe so unglaublich, wie wenn eine 38 cm-Granate, die man gegen ein Stück Seidenpapier abgefeuert hatte, zurückkäme und einen selbst träfe."

Jetzt ließ sich leicht die Struktur des Atoms ableiten. Man fand, daß jedes Atom einen Kern von winziger Größe haben müsse, den man "Nucleus" nannte. Er trägt beinahe die gesamte Masse des Atoms und besitzt eine positive elektrische Ladung, welche die beobachtete Ablenkung des Geschosses herbeiführte. Aus der Tatsache, daß die Gesamtladung des Atoms gleich Null ist, ließ sich die Anzahl der Elektronen berechnen.

Diese und weitere Folgerungen führten schließlich zu einer planetarischen Vorstellung vom Atom. Der Kern ist zu vergleichen mit der Sonne; um ihn bewegen sich die Elektronen wie Planeten.

1913 fanden Moseley und andere, daß die Anzahl der Elektronen mit zunehmendem Atomgewicht die Reihe der ganzen Zahlen durchläuft und somit die Elemente ordnet. Diese ganzen Zahlen heißen die "Atomzahlen" der betreffenden Elemente. Damit schien

die Frage der Struktur des Atoms beinahe gelöst. Dies erwies sich aber erneut als ein großer Irrtum. Eine Zeitlang glaubte man, jedes Atom bestehe nur aus Protonen und Elektronen, selbstverständlich in gleicher Anzahl, da die Gesamtladung jedes Atoms Null ist. Bald darauf entdeckte man noch andere Teilchen neben dem Proton und dem Elektron.

Im Jahre 1931 beschossen Bothe und Becker das leichte Element Beryllium und fanden, daß es eine sehr stark durchdringende Strahlung aussandte. Ein Jahr später bewies Sir James Chadwick, daß diese Strahlung aus ungeladenen materiellen Teilchen bestand. Diese Teilchen nannte er "Neutronen". Sie bilden wirksamere Geschosse als die Alphateilchen, da sie ungeladen sind und deswegen von den Atomkernen nicht abgestoßen werden. Man vermutete, daß sie gewöhnliche Bestandteile der Atomkerne seien. Die Vermutung wurde rasch durch Versuche von Chadwick, Goldhaber und Szilard belegt.

Anderson wies darauf hin, daß das Neutron wahrscheinlich kein Elementarteilchen sei, sondern die Verbindung eines Protons und eines Elektrons darstellt, eine Art zusammengefallenes Wasserstoffatom also.

Zum Abschluß sei noch auf Teilchen hingewiesen, die aus dem Atomkern hervorzugehen scheinen, von denen man aber nicht weiß, wie weit diese Teilchen dauernd und unabhängig bestehen. Damit sind das "Positron" und das "Meson" gemeint. Man könnte diese Teilchen als die Trümmer des Atomkernes charakterisieren, die bei der Einwirkung einer Strahlung entstehen, die eine sehr hohe Zerstörungskraft besitzt. Man nennt diese Strahlung "Kosmische Strahlung".

Karl Anderson fand zunächst 1932 durch Untersuchung von Überresten der zertrümmerten Atomkerne in einer Wilsonschen Kondensationskammer Teilchen, welche die positive Ladung eines Protons, aber bloß die Masse eines Elektrons enthielten. Er nannte sie daraufhin "Positronen". Sie sind nur von kurzer Lebensdauer, da sie sich sofort nach ihrer Entstehung mit gewöhnlichen Elektronen vereinigen und in einem plötzlichen Aufblitzen der Strahlung verschwinden.

Erst 1937 entdeckte Anderson das "Meson". Es hat die gleiche Ladung wie das Elektron, seine Masse aber ist 40-500 mal größer als die des Elektrons, so daß man es zwischen das Elektron und das Proton einordnen kann.

Soweit man auch bei der Untersuchung dieses winzigen, für das menschliche Auge gar nicht sichtbaren Atoms heute bereits gekommen ist, kann man dennoch nicht behaupten, daß es vollkommen erforscht ist. Jede neue Entdeckung wirft eine große Anzahl von Problemen auf, deren Lösung eine dankbare Aufgabe für die Wissenschaftler und Forscher der Zukunft sein wird.

Ionenmotor für Raumfahrzeuge

Das Forschungslabor der Elliot-Automation (England) entwickelte einen Ionenantrieb mit großer Lebensdauer. Dieser Motor ist nur wenige Zentimeter lang und hat einen sehr kleinen Durchmesser. Seine Energie erhält er aus Sonnenzellen. In einem Behälter befindet sich Quecksilber, das als Treibstoff dient. Das Quecksilber wird in Dampf umgewandelt, der dann von Elektronen ionisiert wird, die man an einer Spezialkathode erzeugt. Die so entstandenen Ionen werden beschleunigt und durch zwei perforierte Platten ausgestoßen, an denen eine hohe Spannung anliegt.

Sonnenlaser für Kosmosfunk

Für Richtfunkverbindungen im kosmischen Raum werden in der SU Laser erprobt, die mit Sonnenenergie gespeist werden. Der in den Kosmos beförderte Laser wird mit einem System aus Parabol- und Kugelspiegeln ausgerüstet, mit dem die Sonnenenergie auf den Resonatorkristall konzentriert wird. Ein Nachführsystem aus Fotoelementen richtet die Optik auf die Sonne aus.

Achtung!

Ab 1. April 1969 neue Kontonummer:

4472-39-2981

Gottschaldt, Student im 5. Stdj.
(Diplomand im Institut für organische Chemie)

S T E R E O C H E M I E

Die Überschrift deutet darauf hin, daß sich dieses Teilgebiet der Chemie mit der räumlichen Anordnung von Atomen oder Atomgruppierungen in Molekülen beschäftigt. Das Hauptuntersuchungsgebiet ist die Stereoisomerie, ein Sonderfall der Isomerie. Durch unterschiedliche Stellung analoger Gruppen in gleichen Molekülen ergeben sich verschiedenartige chemische und physikalische Eigenschaften. Exakte Vorstellungen zur Geometrie der Moleküle gründen sich auf Arbeiten der Chemiker Le Bel und van't Hoff, die dem vierbindigen Kohlenstoff tetraedrische Anordnung seiner Valenzen zuschrieben. So entstand z. B. das Tetraedermodell des Methans. Die 4 Wasserstoffatome besetzen die Ecken eines Tetraeders, in dessen Mittelpunkt sich das C-Atom befindet (Abb. 1).

Abb. 1 Methanmolekül

Substituiert man die 4 H-Atome durch 4 unterschiedliche Atomgruppen, so resultieren daraus zwei mögliche geometrische Anordnungen mit gleicher Summenformel, jedoch ungleichen optischen Eigenschaften. Die Verbindung wird dadurch optisch aktiv, d. h., je nach räumlicher Anordnung wird die Ebene des polarisierten Lichtes in verschiedenen Richtungen gedreht. Man nennt solche Verbindungen optische Isomere. Nach Le Bel und van't Hoff ist die Voraussetzung für optische Aktivität ein unsymmetrischer Molekülbau, der hier durch 4 verschiedene Substituenten zustande kommt. Als Beispiele sollen der Glycerinaldehyd und die Aminosäure Alanin betrachtet werden, die als Bezugssubstanzen für die Einordnung in die Konfigurationsklassen "D" und "L" dienen. Unter Konfiguration versteht man den räumlichen Aufbau. Der Drehsinn wird bezeichnet durch die Symbole

(+) für rechts- und (-) für linksdrehend in bezug auf die Ebene des polarisierten Lichtes. Gezeichnet in Raumformeln, erhält man die Darstellungen von Abb. 2 und Abb. 3.

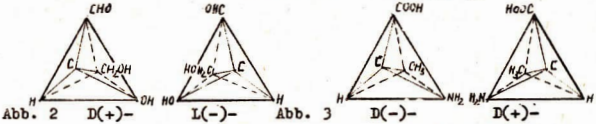
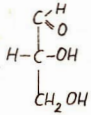


Abb. 2 D(+)- Glycerinaldehyd L(-)- Abb. 3 D(-)- Alanin D(+)-

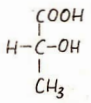
Emil Fischer ordnete willkürlich der rechtsdrehenden Form des Glycerinaldehyds die D-Konfiguration, der linksdrehenden die L-Konfiguration zu. Zufällig stimmte diese Zuordnung mit der absoluten Konfiguration des Glyderinaldehyds überein, die durch Röntgenstrahlbeugung ermittelt werden kann.

Die Einordnung anderer optisch aktiver Verbindungen kann aber auch durch chemische Reaktionen erfolgen. Der Stoff unbekannter Konfiguration wird in eine Bezugssubstanz umgewandelt. Dabei dürfen selbstverständlich nur Reaktionen verwendet werden, deren sterischer Verlauf bekannt ist, von denen man weiß, ob sie unter Konfigurationsumkehr verlaufen oder nicht.

Als Beispiel soll die Bestimmung der Konfiguration der linksdrehenden Milchsäure dienen. In der angewendeten Schreibweise (Fischer-Projektionen) sind die Raumformeln in die Ebene gebracht worden.



D(+)-Glycerinaldehyd

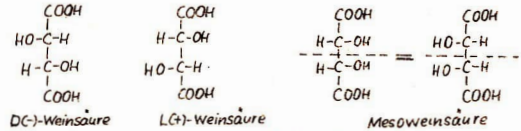


D(-)-Milchsäure

Die linksdrehende Milchsäure gehört also ihre Konfiguration nach in die D-Reihe.

Interessant ist in diesem Zusammenhang noch das Beispiel der Weinsäure, die 2 optisch aktive C-Atome besitzt. Damit sind

folgende 3 Isomere möglich: Die optischen Antipoden D(-)- und L(+)-Weinsäure und die sogenannte meso-Weinsäure, die optisch inaktiv ist, da sich die optisch aktive Wirkung der beiden im gleichen Molekül befindlichen C-Atome kompensiert.



Die meso-Form verhält sich zur D(-)- oder L(+)-Form isomer, aber nicht wie Bild und Spiegelbild. Man nennt solche Isomeren Diastereomere.

Im folgenden Abschnitt sollen nun als weiterer Gegenstand der Stereochemie mögliche Isomere betrachtet werden, die durch Drehung einer C-C-Bindung zustande kommen, sogenannte Rotationsisomere. Betrachtet man das Homologe des Methans, das Äthan, so sind die beiden C-Atome durch eine Einfachbindung miteinander verknüpft, die eine gewisse freie Drehbarkeit zuläßt. Infolge der Raumerfüllung der Wasserstoffatome sind bestimmte Stellungen (Konformationen möglich bzw. bevorzugt.

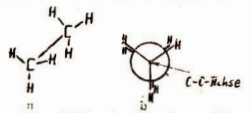


Abb. 4 Geklipste Konformation des Äthans

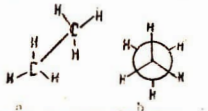
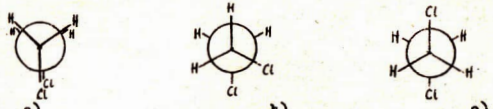


Abb. 5 Gestaffelte Konformation des Äthans

Die Anordnungen des Äthans in Abb. 4 und Abb. 5 sind zueinander rotationsisomer. In Abb. 4 ist die energetisch ungünstige Konformation des Äthans dargestellt, da sich bei dieser Stellung die H-Atome am meisten behindern, und in Abb. 5 die energetisch günstigste, also stabilste, da hier alle H-Atome auf Lücke stehen. Die Abbildungen 4 b und 5 b zeigen diese Konformationen in sogenannten Newman-Projektionen. Durch Drehung um die Einfachbindung sind die

Lagen ineinander überführbar. Werden die H-Atome durch andere Substituenten ersetzt, so tritt eine weitere mögliche Konformation auf. Das Beispiel des 1.2-Dichloräthans in Newman-Projektion in Abb. 6a, b, c, soll das zeigen.



a) geklipst b) Schief gestaffelt c) Voll gestaffelt

Man erhält also 3 Rotationsisomere. Die stabilste Anordnung ist wieder die voll gestaffelte Konformation in Abb. 6c. Die Cl-Substituenten befinden sich hier auf Lücke gestellt.

Ähnliche Isomeriemöglichkeiten beobachtet man an C-C-Doppelbindungen. Durch den starren Bau der Doppelbindung sind die Gruppen jedoch nicht mehr frei drehbar und es gibt nur noch zwei Anordnungsmöglichkeiten für die Substituenten, die trans- und die cis-Stellung. (s. a. Abb. 7).

cis-Form trans-Form

Abb. 7 cis-trans-Isomere des 1.2-Dialkyl-Äthans mit R = Alkylrest

Diese Isomeren sind im Gegensatz zu den Rotationsisomeren um die C-C-Einfachbindung nicht nur physikalisch nachweisbar, sondern auch mit chemischen Methoden trennbar.

Diese hier angeführte einfachen stereochemischen Betrachtungen können jetzt erweitert werden auf kompliziertere Verbindungen. Darüber hinaus beschäftigt sich die Stereochemie noch mit den Beziehungen von Atomgruppen im Molekül im Verlaufe chemischer Reaktionen. So ist es oft möglich, aus der Kenntnis der stereochemischen Besonderheiten einer Reaktion deren Mechanismus aufzuklären und damit die Reaktion besser zu lenken. Ein interessantes Anwendungsgebiet der Stereochemie liegt im

Bereich der Polymerchemie.

Darüber soll in einem der nächsten Hefte berichtet werden.

K. Fischer, Diplomand an der Sektion Chemie

Mathematik in der Chemie

Zu wissenschaftlichen Erkenntnissen gelangt man auf zwei Wegen: induktiv und deduktiv. Bei der induktiven Methode geht man von einer Vielzahl von Einzelergebnissen aus und leitet daraus allgemeine Gesetzmäßigkeiten ab, denen sie gehorchen. Im Gegensatz dazu versucht man bei der deduktiven Methode, Einzelergebnisse theoretisch vorherzusagen. Je weiter sich eine Wissenschaft entwickelt, desto mehr gewinnt die deduktive Erkenntnismethode an Bedeutung. Entscheidend dafür ist, daß sich die Wissenschaft immer mehr mathematischer Begriffsbildung bedient.

Die Anfänge der Mathematisierung der Chemie liegen schon in der Stöchiometrie des 18. Jahrhunderts, die das Rechnen mit Proportionen und Prozenten für die Umsatzberechnung bei chemischen Reaktionen heranzog. Die moderne Stöchiometrie bedient sich zur Berechnung von pH-Werten, Titrationen, Fällungs- und Redoxreaktionen und für elektrochemische Berechnungen mit Hilfe der Faraday'schen Gesetze und der Nernst'schen Gleichung außer den oben genannten Rechnungsarten der Logarithmenrechnung und verwendet lineare Funktionen. Die zur Auswertung notwendigen Daten erhält man durch physikalische Messungen, auf die die mathematischen Methoden dann angewandt werden.

Um Messungen auszuführen, soll der Chemiker natürlich mit der Theorie des jeweiligen Meßvorganges vertraut sein, was im allgemeinen schon mathematische Kenntnisse erfordert. Zum anderen muß er aber auch die Meßergebnisse auswerten, welche meist in Form von Tabellen oder graphischen Darstellungen anfallen. Die Ergebnisse des Meßvorganges sind in einen funktionellen Zusammenhang zweier oder mehrerer Größen zu bringen, die sich mathematisch als Funktion einer oder mehrerer Variablen darstellen. Zur Ver-

vollständigung der Auswertung sind z. B. Kurvendiskussionen oder Linearisierungsverfahren (z. B. Logarithmieren) erforderlich. Die Genauigkeit der Ergebnisse ist noch mit Hilfe der Fehlerrechnung zu bestimmen. Aber nicht immer ist eine Größe direkt meßbar. Sie muß dann aus Meßwerten errechnet werden und dabei sind Gleichungen zu integrieren, zu differenzieren oder durch Näherungsverfahren zu lösen (z. B. regula falsi, Newton'sches oder Iterationsverfahren).

Zum Verständnis allgemeiner theoretischer Grundlagen, von denen jeder Chemiker soviel Kenntnisse haben sollte, daß er einfachere Probleme aus diesen Gebieten selbst lösen kann, gehört z. B. die Berechnung chemischer Gleichgewichte mit Hilfe der Gesetzmäßigkeiten der Thermodynamik. Erforderlich sind hierfür Kenntnisse u. a. im Differenzieren und Integrieren, über Funktionen mit mehreren Veränderlichen und die e-Funktion. Die Reaktionskinetik befaßt sich insbesondere mit Reaktionsgeschwindigkeiten, wobei ebenfalls wie in der Thermodynamik Differentialgleichungen eine zentrale Rolle spielen, d. h. Gleichungen der Form

$$\frac{dy}{dx} = - ky$$

und ähnliche.

Mathematische Kenntnisse erfordert auch die Auswertung von Spektren, die Aussagen über die Art und Struktur von Molekülen bzw. die Zusammensetzung von Gemischen liefert. Hierbei stützt man sich neben umfangreichem Tabellenmaterial auf die klassische Mechanik (wie sie auch schon in der Schule gelehrt wird) und die Gruppentheorie, die eine mathematische Behandlung von Symmetrieeigenschaften beinhaltet.

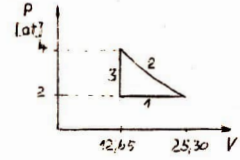
Besondere mathematische Hilfsmittel benötigt die Quantenchemie, deren Ergebnisse das ganze Chemiestudium durchziehen. Wer sich mit der theoretischen Seite der Chemie befassen will, bracht weitergehende Kenntnisse über die mathematischen Hilfsmittel auf diesem Gebiet. Die Quantenchemie befaßt sich u. a. mit der theoretischen Erklärung und Voraussage von Bindungsverhältnissen, von Eigenschaften der Moleküle, Ionen und Festkörper und mit dem Ablauf von Reaktionen.

Die Fortschritte in der chemischen Forschung sind in vielen Fällen auf eine stärkere mathematische Darstellung der Vorgänge zurückzuführen. Gediegene mathematische Grundlagenkenntnisse müssen deshalb bereits bei dem Bewerber für ein Chemiestudium vorausgesetzt werden.

Lösungen:

Zu Aufgabe 7

a) p-V-Diagramm:



1 p = const.
2 T = const.
3 V = const.

b) Das Gas wird zuerst bei konstantem Druck auf das doppelte Volumen ausgedehnt

$p = \text{const.}$ $\quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$ (1)

$V_2 = 12{,}65$ l
$V_1 = 2\ V_2 = 25{,}3$ l
$T_2 = 300^{\circ}$K

Gleichung (1) nach T_1 umgestellt:

$T_1 = \frac{V_1 \cdot T_2}{V_2}$ Werte einsetzen

$T_1 = \frac{2\ V_2 \cdot T_2}{V_2} = 2\ T_2 = 600^{\circ}$K

Die Temperatur steigt bei der isobaren Zustandsänderung auf 600°K an. Diese Temperatur bleibt natürlich während der anschließenden isothermen Kompression konstant.

c) $T = \text{const.} \longrightarrow p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ (2)

$V_1 = 25{,}3$ l
$V_2 = 12{,}65$ l
$p_1 = 2$ at

aus (2) folgt: $p_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{V_2}$

Werte einsetzen:

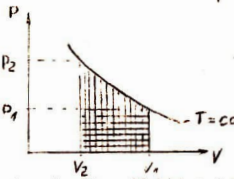
$p_2 = \frac{p_1 \cdot 2 \cdot V_2}{V_2} = 2\ p_1$

$p_2 = 4$ at

Der Maximaldruck beträgt nach der isothermen Kompression 4 at.

d) Die isotherme Volumenarbeit wird nach der Formel

$$A_1 = p_2 \cdot V_2 \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} \qquad (3)$$



berechnet.
Diese Arbeit (A_1) entspricht dem Flächeninhalt der senkrecht schraffierten Fläche!

Da wir die effektive Arbeit berechnen wollen, die das Gas in diesem Prozeß verrichtet, müssen wir von dieser Arbeit A_1 noch die Arbeit A_2 (entspricht dem Flächeninhalt der waagrechten Fläche) abziehen.

$V_1 = 25{,}3\ 10^{-3}\ m^3$
$V_2 = 12{,}65\ 10^{-3}\ m^3$
$p_2 = 4\ 10^4\ kp\ m^{-2}$

Diese Werte werden in Gleichung (3) eingesetzt und wir erhalten:

$$A_1 = 4 \cdot 12{,}65 \cdot 10 \cdot \ln \tfrac{1}{2}\ \text{kpm}$$

$$A_1 = -\ 506 \cdot 0{,}6931\ \text{kpm} \approx \underline{-\ 351\ \text{kpm}}$$

Das Minuszeichen bedeutet, daß Arbeit zugeführt wird.

$$A_2 = p_1 \cdot (V_2 - V_1) = -\ 20 \cdot 12{,}65\ \text{kpm} = \underline{-\ 253\ \text{kpm}}$$

$$A_{eff} = A_1 - A_2 = -\ 351\ \text{kpm} + 253\ \text{kpm} = \underline{-\ 98\ \text{kpm}}$$

Bei diesem Prozeß muß dem Gas eine effektive Arbeit von 98 kpm zugeführt werden!

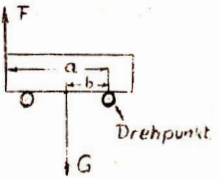
Zu Aufgabe 8

In dieser Aufgabe handelt es sich um eine Anwendung des Hebelgesetzes:
"An einem Hebel herrscht Gleichgewicht, wenn das Produkt aus Kraft und Kraftarm gleich dem Produkt aus Last und Lastarm ist."
Der Drehpunkt unseres "Hebels" ist das hintere Räderpaar des Güterwagens.

Hebelgesetz:

$F \cdot a = G \cdot b$

G Gewicht (G = 30 Mp)
a Kraftarm
a = 12 m + 1,5 m = 13,5 m
b Lastarm
$b = \frac{12}{2}$ m = 6 m



Das Hebelgesetz wird nach F umgestellt:

$$F = \frac{G \cdot b}{a}$$

Werte einsetzen: $F = \frac{30 \text{ Mp} \cdot 6 \text{ m}}{13{,}5 \text{ m}} = 13{,}3\overline{3} \text{ Mp}$

Um den Güterwagen wieder in die Schienen zu bringen, ist eine Kraft von $\approx$ 13,3 Mp erforderlich.

Aufgabe 9 (9. - 10. Klasse)

An einem Federkraftmesser hängt eine Masse von 1 kg Blei, an einem anderen die gleiche Masse Bettfedern. Welcher Kraftmesser zeigt ein größeres Gewicht an? (Bitte exakte Begründung!!)

Aufgabe 10 (11. - 12. Klasse)

In einem Heißluftmotor soll der Carnot-Prozeß durchgeführt werden. Die Luft steht am Anfang unter einem Druck von p_1 = 12 at , ihre Temperatur ist T_1 = 800°K. Zunächst wird isotherm Wärme bis zu einem Druck von p_2 = 6 at zugeführt. Dann erfolgt die adiabatische Expansion auf p_3 = 1,5 at .

Zu bestimmen sind:

a) die Temperatur T_2 und der Druck p_4 ($\varkappa$ = 1,4)
b) der Wirkungsgrad des Prozesses und
c) die gewonnene Arbeit für 1 mol Gas.

impuls 68

studium - praxis - probleme der physik und chemie

monatszeitschrift für schüler · 2. jg. (1968/69) heft 6

impuls 68 Schülerzeitschrift für Physik und Chemie

Herausgeber : FDJ-Aktiv der Sektion Physik für den Wissenschaftlichen Gerätebau der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Redaktion : H.-D. Jähnig (Chefredakteur)
Dr. Jupe, Dr. Kretschmar, Dipl.-Chem. I. Pfaff, D. Gröll, E. Funk, G. Sommer, V. Lindig, W. Reichardt, V. Hopfe, M. Seifert, N. Summa

Verantwortlicher : Dipl.-Phys. S. Kessler

Anschrift : "impuls 68"
69 Jena
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich zum Preis von 0,30 M

Lizenz-Nr. 1570

Inhalt:

Rotverschiebung	Seite 1
Energieerhaltungssatz	" 6
Holografie (III)	" 9
Diamantsynthese (1)	" 12
Kreisprozesse	" 14
Lösungen	" 20
Aufgaben	" 22

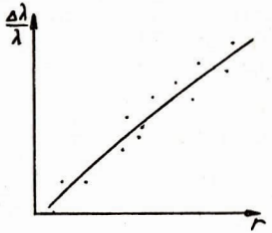
Titelblatt: Wellenmechanisches Modell der Elektronenhülle von Wasserstoff im angeregten Zustand (siehe Artikel in den nächsten Heften)

G. Sommer, G. Staupendahl
Diplomanden im 5. Studienjahr Physik

Rotverschiebung und Kosmologie

1. Beobachtungsmaterial:

Bei Entfernungsbestimmungen an extragalaktischen Sternsystemen fand HUBBLE den nach ihm benannten Effekt, der große Bedeutung für die Kosmologie besitzt. Wenn man nämlich die Spektren dieser Objekte untersucht, so stellt man fest, daß die Spektrallinien nicht an der erwarteten Stelle des Spektrums auftreten, sondern zu längeren Wellenlängen hin verschoben sind. Man spricht von einer ROTVERSCHIEBUNG. Hubble fand nun, daß diese Rotverschiebung umso größer ist, je weiter die Sternsysteme von uns entfernt sind (siehe Abb.). Zur Ermittlung einer einigermaßen genauen Beziehung zwischen der Rotverschiebung und der Entfernung extragalaktischer Objekte muß man diese zwei Größen gut kennen.



Die Rotverschiebung kann man relativ einfach bestimmen, indem man charakteristische Liniengruppen, z. B. die Absorptionslinien H und K des Kalziums, in den Spektren der Nebel sucht und dann deren Verschiebung gegenüber unter Laborbedingungen aufgenommenen Spektren ermittelt. Als Bezugspunkte für die Wellenlängenskala der Spektralplatte dienen die Linien eines gleichzeitig aufgenommenen Vergleichsspektrums.

Sehr schwierig ist es, zuverlässige Daten über die Entfernungen extragalaktischer Sternsysteme zu erhalten. Die genauesten Werte erhält man für relativ nahe Nebel. In diesen Objekten kann man die hellsten Einzelsterne auflösen. Man bestimmt den Typ dieser Sterne und kennt dann ungefähr deren absolute Helligkeit M durch Vergleich mit entsprechenden Typen des Milchstraßensystems. Da man außerdem die scheinbare Helligkeit m messen kann, kann man die Entfernung berechnen, da

die scheinbare Helligkeit von der wahren (absoluten) Helligkeit und der Entfernung abhängt. Die besten Resultate erhält man durch Beobachtung von δ-Cephei-Veränderlichen, da man deren Lichtwechsel genau beobachten kann und eine feste Perioden-Leuchtkraft-Beziehung besteht. Weniger genau sind Abschätzungen mit Hilfe von O- und B-Sternen (Blaue Riesen) sowie Novae und Supernovae. Mit der geschilderten Methode kann man aber nur den Entfernungsbereich bis etwa $50 \cdot 10^6$ Lichtjahre erfassen. Da außerdem bei Nebeln mit Entfernungen unter $30 \cdot 10^6$ Lichtjahre die systematische Rotverschiebung durch die statistischen Bewegungen (v bis 300 km/s) infolge des Dopplereffektes (siehe Heft 5/6, 1968) überdeckt wird, ist nur der schmale Bereich $30 \cdot 10^6$ Lichtjahre $< r < 50 \cdot 10^6$ Lichtjahre für unsere gesuchte Beziehung nutzbar. Größere Entfernungen müssen dann noch gröber dadurch abgeschätzt werden, daß man die scheinbare Helligkeit des gesamten Sternsystems mißt und seine absolute Helligkeit durch Vergleich mit bekannten Galaxien abschätzt. Nach obiger Methode folgt dann wieder die Entfernung.

2. Physikalische Deutung:

Wir haben in der Abbildung nicht einfach $\Delta\lambda$ über der Entfernung aufgetragen, sondern $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$, d. h. für eine bestimmte Entfernung hat $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}$ einen festen Wert, was wiederum bedeutet, daß in den Spektren $\Delta\lambda \sim \lambda$ ist. Bietet sich bei einer Rotverschiebung sowieso schon der Dopplereffekt als physikalische Deutung an, so wird dies durch obige Tatsache noch bekräftigt, denn es gilt ja

$$\nu = \nu_0 \left(1 \pm \frac{v}{c}\right) \qquad (1) \qquad \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} \qquad (2)$$

d. h. im Spektrum einer bewegten Strahlungsquelle ist nicht $\Delta\lambda$ für alle λ konstant, sondern $\Delta\lambda/\lambda$. Wir wollen also die Rotverschiebung durch den Dopplereffekt deuten, folglich ist ihre Ursache eine Fluchtbewegung der Spiralnebel. Aus den Beobachtungen folgt dann wegen $\Delta\lambda/\lambda \sim v$ und $\Delta\lambda/\lambda \sim r$ die außerordentlich wichtige Beziehung

$$\boxed{v = H \cdot r}, \quad r \text{ in Lichtjahren.} \qquad (3)$$

Dabei ist der Proportionalitätsfaktor die HUBBLE-KONSTANTE,

deren Wert man heute allgemein mit H = 23 km/(s Lichtjahr) annimmt. Gestützt wird diese Deutung noch besonders durch die in den letzten Jahren durchgeführten radioastronomischen Untersuchungen der 21 cm-Linie des neutralen Wasserstoffs. Durch sie konnte die Proportionalität von λ und $\Delta\lambda$ aufs beste bestätigt werden.

Wir wollen noch eine erst vor wenigen Jahren entdeckte Erscheinung erwähnen, für deren Deutung die Hubblesche Beziehung eine große Bedeutung besitzt.
Die quasistellaren Radioquellen oder "Quasare" sind Objekte, die auf Photoplatten sternförmig erscheinen, aber eine starke Radiostrahlung besitzen. In ihren Spektren findet man eine sehr große Rotverschiebung. Mit Hilfe von (2) und (3) kann man daraus ihre Entfernung berechnen. Mißt man nun noch ihre scheinbare Helligkeit m, so kann man ihre absolute Helligkeit M ermitteln. Dabei ergibt sich das überraschende Resultat, daß die Leuchtkraft der bisher untersuchten Quasare etwa 100 mal größer ist als die der hellsten bekannten Galaxien!

3. Zur kosmologischen Deutung der Rotverschiebung

Die einzige Deutung der Rotverschiebung der extragalaktischen Sternsysteme mit Hilfe der uns bekannten physikalischen Gesetze gestattet also nur der Dopplereffekt. Aus der HUBBLEschen Geschwindigkeits-Entfernungs-Beziehung folgt unmittelbar ein Auseinanderstreben der Sternsysteme und damit eine Expansion des Weltalls. Darf man diese Schlußfolgerung wirklich in solcher Konsequenz ziehen? Gewiß nicht, denn wer sagt uns, wie groß der Teil des Universums, den wir beobachten, im Vergleich zum gesamten Weltall ist. Ist die Fluchtbewegung typisch für das Weltall als Ganzes? Existieren in anderen Bereichen der Welt ganz andere Bewegungsabläufe? Das sind Probleme, mit denen sich die moderne Kosmologie beschäftigt. Die Kosmologie, die Lehre von dem dynamischen Verhalten der Materie in den größten überschaubaren Raumgebieten und in der Welt als Ganzem, erreichte ihre heutige Bedeutung für Philosophie und Physik erst nach Entdeckung der Rotverschiebung. Aber auch die Aufstellung der allgemeinen Relativitätstheorie, welche ganz neue Zusammenhänge zwischen Raum, Zeit und Materie aufdeckte, erforderte es, die Frage nach der Gestalt der Welt neu zu stellen.

Die Newtonsche Vorstellung einer unendlich in Raum und Zeit existierenden Welt mit euklidischer Geometrie, mußte ersetzt werden durch neue Weltmodelle, welche die Bedingung von Raum und Zeit durch die Materie widerspiegelten. Es ist nun interessant, daß einige dieser Universa, wie die "dynamische Welt" von De Sitter und die "dynamische unendliche Welt" von Friedmann den Effekt der Rotverschiebung direkt forderten (dabei wurde die Expansion auf das ganze Universum extrapoliert).

Wenn das Weltall sich heute im Zustand der Expansion befindet, so muß diese doch einmal begonnen haben. Was war aber vor diesem recht eigenartigen Zeitpunkt, und wie sah die Welt zur Zeit $t = 0$ aus? Alle diese Probleme sind heute noch nicht in einer eindeutigen Weise gelöst. Noch eine letzte Frage: Wenn man die Linearität der HUBBLEschen Beziehung für alle Entfernungen, sowie die Endlichkeit der Geschwindigkeit, mit der sich materielle Körper bewegen können, voraussetzt, muß es doch eine "Grenze der Welt" geben.

Es ist unmöglich, in diesem Rahmen eine Antwort auf all diese Fragen zu geben. Dies soll in einem anderen Artikel versucht werden. Ihnen wird aber sicher schon jetzt klar, wie eng bei der Beantwortung kosmologischer Fragen Physik, Astronomie und vor allem auch Philosophie zusammenarbeiten müssen. Es erwies sich, daß allein der dialektische Materialismus progressiv an der Behandlung solcher Probleme wie Endlichkeit - Unendlichkeit und Erkennbarkeit der Welt mitwirken konnte. Andererseits beeinflußte die Analyse kosmologischer Modelle auch die philosophische Denkweise. So wurde bemerkt, daß man bei der Lösung des Endlichkeit-Unendlichkeit-Problems bisher Unbegrenztheit mit Unendlichkeit schlechthin identifizierte. Dies ist aber unzulässig und führte zu falschen philosophischen Schlußfolgerungen.

Sie sehen, welch eminente weltanschauliche Bedeutung eine Beobachtung im Bereich der Makrowelt haben kann, so wie Erkenntnisse aus der Mikrowelt der Elementarteilchen unsere philosophische Vorstellung von der Natur bereichern.

Leser, die durch diesen Artikel angeregt, Näheres über den modernsten Stand der kosmologischen Forschung erfahren

wollen, möchten wir auf folgende Bücher verweisen:

1. Weigert, Zimmermann: ABC der Astronomie
   Brockhaus Verlag Leipzig

2. Kannegießer: Raum - Zeit - Unendlichkeit
   (Taschenbuch: Unser Weltbild 39)
   Deutscher Verlag der Wissenschaften

3. Artikelsammlung: Philosophische Probleme der
   modernen Kosmologie
   Deutscher Verlag der Wissenschaften

Freie Studienplätze 1969 für das Lehrerstudium Mathematik/Physik in Jena!

Für das am 1. 9. 1969 beginnende erste Studienjahr sind noch Studienplätze für das Lehrerstudium in der Fachkombination Mathematik/Physik frei. Das Studium, das in Jena mit modernen Lehr- und Lernmethoden durchgeführt wird, dauert 4 Jahre und schließt mit dem Diplom für Lehrer in den entsprechenden Fächern ab. Die Absolventen können als Lehrer in den Polytechnischen und Erweiterten Oberschulen eingesetzt werden, bei sehr guter Leistung auch als Lehrer im Hochschuldienst an der Sektion Mathematik oder an der Sektion Physik unserer Universität.

Interessenten mit mindestens befriedigenden Leistungen in Physik und Mathematik richten ihre Bewerbungen bitte umgehend an

Friedrich-Schiller-Universität Jena
Prorektorat für Erziehung u. Ausbildung
(Fakultätsbereich Math.-Nat.)
69 J e n a

H. Dintner, Diplomand
an der Sektion Physik

Der Satz von der Erhaltung der Energie

1. Teil: Physikalische Bedeutung des Energieerhaltungssatzes

Wenn wir den Satz von der Erhaltung der Energie, der Ihnen sicher schon irgendwann im Physik- oder Chemieunterricht begegnet ist, näher betrachten wollen, so gilt es zunächst festzulegen, was wir unter "Energie" verstehen. Das ist nicht etwa trivial, in der modernen Physik wird unter den theoretischen Physikern beispielsweise diskutiert, wie der Energiebegriff in der Allgemeinen Relativitätstheorie gefaßt werden kann. In diesem abstrakten und komplizierten Bereich der Physik ist nämlich der anschauliche Energiebegriff der klassischen Physik, die die Energie als gespeicherte Arbeit oder Arbeitsfähigkeit eines Systems definiert, nicht mehr anwendbar. Wir wollen in diesem Artikel jedoch die klassische Interpretation der Energie benutzen un den Begriff "Energie" im oben angeführten Sinne verstehen.

Das Energieprinzip lautet: "In einem physikalischen System, dem Energie in irgendeiner Form weder entnommen noch zugeführt wird (abgeschlossenes System), bleibt die Energie im Laufe der Zeit konstant, d. h., Energie kann weder aus nichts erzeugt werden noch in nichts vergehen. Es existiert also kein 'perpetuum mobile', also keine Maschine, die dauernd Arbeit verrichten kann, ohne daß ihr Energie zugeführt wird."

In der Zeit, als für mechanische Systeme dieses Prinzip von GALILEI (1638), HUYGENS (1673), LEIBNIZ, Johann BERNOULLI (1748) und EULER formuliert wurde, schuf NEWTON seine berühmten drei Axiome der Bewegung. Wir wollen jetzt zeigen, daß diese Axiome, welche die mechanische Bewegung eines Körpers beschreiben, mit dem Energieprinzip eng verflochten sind.

Zu diesem Zweck multiplizieren wir die NEWTONsche Bewegungsgleichung eines Körpers

$$\boxed{m \frac{d^2 r}{dt^2} = F} \qquad \frac{d^2 r}{dt^2} = a \qquad (1)$$

mit der Geschwindigkeit des Körpers $\frac{dr}{dt}$ durch und erhalten die Beziehung

$$\boxed{\frac{d}{dt} \frac{m}{2} \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 = F \frac{dr}{dt}} \qquad \frac{dr}{dt} = v \qquad (2)$$

(Durch Anwenden der Kettenregel ist die Richtigkeit der linken Seite der Gleichung unmittelbar zu verifizieren.) Führen wir nun die kinetische Energie W_{kin} eines Körpers ein mit

$$W_{kin} = \frac{m}{2} \left(\frac{dr}{dt}\right)^2 , \qquad (3)$$

so erhalten wir, wenn keine Kraft auf den Körper wirkt ($F = 0$)

$$\frac{dW_{kin}}{dt} = 0 \quad \text{bzw.} \quad W_{kin} = \text{konstant}, \qquad (4)$$

was bedeutet, daß die kinetische Energie des Körpers erhalten bleibt, falls keine Kraft auf diesen ausgeübt wird. Wenn die Kraft F sich aus einer potentiellen Energie W_{pot} herleiten läßt, d. h., wenn gilt

$$\boxed{F \frac{dr}{dt} = - \frac{dW_{pot}}{dt}} , \qquad (5)$$

so bekommen wir für die Beziehung (2) die Gleichung

$$\boxed{\frac{d(W_{kin} + W_{pot})}{dt} = 0} \qquad \text{bzw.}$$

$$W_{mech} = W_{kin} + W_{pot} = \text{const.} \qquad (6)$$

Ein System, das die Gleichung (6) befriedigt, in dem also die gesamte mechanische Energie W_{mech} zeitlich konstant bleibt, wird als konservatives System bezeichnet.

Wir können demnach aus der Ableitung des Erhaltungssatzes der mechanischen Energie diese Schlußfolgerungen ziehen:

1. Die kinetische Energie eines Körpers bleibt nur dann erhalten, wenn keine Kraft auf den Körper wirkt.
2. Falls eine Kraft F auftritt, die konservativ ist, d. h., die gemäß Gleichung (5) aus einer potentiellen Energie herleitbar ist, wird die gesamte mechanische Energie

erhalten. Dabei wandeln sich kinetische und potentielle Energie während der Bewegung ständig ineinander um.

3. Ist die wirkende Kraft F nicht konservativ (z. B. Reibungskräfte), so wird die mechanische Energie im allgemeinen nicht erhalten.

Es ist nun das große Verdienst Robert MAYERs (1842), erkannt zu haben, daß dieses bis hierher nur in der Mechanik gültige Prinzip erweiterungsfähig ist. Er stellte fest, daß die Wärmemenge Q, die bei thermodynamischen Prozessen auftritt, eine Energieform darstellt und die Gesamtenergie bei mechanisch-thermodynamischen Prozessen $W_{mech} + Q$ beträgt. Für derartige Prozesse gilt nun stets, falls nicht noch weitere Prozesse anderer Natur beteiligt sind, der Erhaltungssatz

$$\boxed{\frac{d(W_{mech} + Q)}{dt} = 0} \quad \text{bzw.} \quad W_{mech} + Q = \text{konstant.} \qquad (7)$$

Später hat MAYER sein Energieprinzip auch auf die übrigen naturwissenschaftlichen Bereiche ausgedehnt. Er wird heute als Entdecker des Energiesatzes bezeichnet, wenngleich unabhängig von ihm auch JOULE (1843) und HELMHOLTZ (1847) zu ähnlichen Ergebnissen kamen.

Wir müssen also unser oben formuliertes Energieprinzip erweitern um die Erkenntnis, daß die Energie des Systems in verschiedenen Formen (mechanische, thermische, chemische, elektrische Energie, Kernenergie usw.) auftreten kann, die sich ineinander verwandeln können.

Nach diesen vorbereitenden Betrachtungen über den physikalischen Inhalt des Energieerhaltungssatzes wollen wir uns im 2. Teil des Artikels mit den philosophischen Konsequenzen dieses Gesetzes beschäftigen.

Einst standen die Physikerin Lise Meitner und der Chemiker Otto Hahn diskutierend im Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Dahlem, und Hahn hatte gerade eine Ansicht geäußert, die Frau Meitner nicht zusagte. Ein Beobachter im Treppenhaus hörte daraufhin aus dem Munde von Frau Meitner folgenden klassischen Ausspruch: "Hähnchen, von Physik verstehst Du nichts, geh nach oben."

Tzschoppe, Student im
5. Studienjahr Physik

Anwendungen der Holographie (3. Teil)

In den letzten Heften hatten wir die physikalischen Grundlagen der Holographie kennengelernt. Sie bestehen darin, daß die Information, die ein Lichtbündel überträgt, bei diesem neuen optischen Abbildungsverfahren als Interferenzfigur (Hologramm) photographisch festgehalten wird; durch Beugung kann dann aus der Interferenzfigur das ursprüngliche Bündel rekonstruiert werden. Im vorliegenden letzten Teil wollen wir die interessanten Anwendungen besprechen.

Es sind vor allem zwei Eigenschaften, die die Holographie für die Anwendung reizvoll machen:

1. Es können räumliche Strukturen wiedergegeben werden.
2. Das Verfahren benötigt keine Linsen.

Weil die Holographie frei von fokussierenden Elementen ist, erspart man sich die gesamte Problematik der Linsenfehlerkorrektur. Außerdem gibt es keine Linse, die die Informationskapazität moderner Feinkornplatten ausnutzen könnte (wegen der Linsenfehler).

Man könnte zunächst glauben, daß die räumliche Wiedergabe von Landschaften, Gebäuden oder Personen (z. B. im Film und im Fernsehen) durch die Holographie möglich geworden ist. Das ist aber (vorläufig) nicht der Fall, denn eine Einschränkung für die Anwendbarkeit der Holographie ist durch die Intensität der verfügbaren Laser gegeben. Wie wir inzwischen wissen, müssen die Objekte kohärent beleuchtet werden. Will man immer größere Objekte holographieren, so muß man die zur Verfügung stehende Laserenergie auf immer größere Flächen verteilen, die Ausleuchtung wird zunehmend schwieriger. Mit den heutigen Lasern lassen sich bei vernünftigen Belichtungszeiten "nur" Flächen von etwa $1 m^2$ kohärent ausleuchten. Eine Folge des Intensitätsproblems ist auch, daß keine Ereignisse kürzer als 10^{-8}s holographiert werden können, weil es gegenwärtig nur Laser mit hinreichender Intensität bei Impulsdauern (= Belichtungszeit) von etwa 10^{-8}s gibt. Trotz dieser

Einschränkung wird die Holographie im Bereich der Wissenschaft und Technik erfolgreich eingesetzt, wie wir gleich sehen werden.

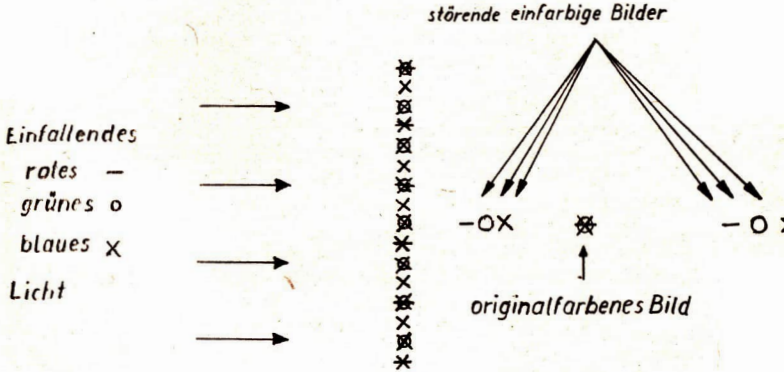
Die Tatsache, daß durch die Holographie räumliche Strukturen wiedergegeben werden können, macht man sich bei der mikroskopischen Beobachtung b e w e g t e r Objekte zunutze. Mit den üblichen Mikroskopen ist die Beobachtung nur begrenzt möglich, weil man im voraus nicht genau weiß, in welcher Ebene das bewegte Objekt erscheinen wird. Stellt man sich ein Hologramm des Objektes her, ohne Rücksicht darauf, wo es sich gerade befindet, kann die Scharfeinstellung im zweiten Schritt, bei der Rekonstruktion erfolgen. (Es werden Belichtungszeiten, s. o., von 10^{-8}s erreicht, man kann also sehr schnell bewegte Objekte mikroskopieren.) Die Scharfeinstellung erfolgt wie bei einem wirklichen Objekt, indem man das Mikroskop auf das nunmehr unbewegte (virtuelle) Bild des Hologramms akkommodiert.

Eine weitere Anwendung der Holographie beruht auf der Möglichkeit, v e r g r ö ß e r t e Bilder des Gegenstandes zu gewinnen. Diese linsenlose sog. "Zwei-Wellenlängen-Mikroskopie" benutzt zwei getrennte Anordnungen, die zeitlich nacheinander verwendet werden. Zunächst wird mit einer Wellenlänge λ_1 in der ersten Anordnung das Hologramm des Objekts erzeugt. Bei der Rekonstruktion in der zweiten Anlage wird das Hologramm mit der größeren Wellenlänge λ_2 beleuchtet. Dabei erscheint das Bild um den Faktor λ_2/λ_1 vergrößert, weil die "Brennweite" der als Linse wirkenden Zonenplatte kleiner wird, weil Licht größerer Wellenlänge an ihr stärker abgebeugt wird.

Da das holographische Verfahren ohne Linsen auskommt, läßt es sich auch in Spektralbereichen anwenden, in denen keine fokussierenden Elemente verfügbar sind, z. B. im Röntgengebiet, wo der Brechungsindex der Materie $n \approx 1$ ist. Es sind also Röntgenstrahlenmikroskope denkbar, an denen man ja auch sehr interessiert ist, weil das Auflösungsvermögen eines Mikroskopes mit kleinerer Wellenlänge zunimmt. Die Vergrößerung wird nach dem obigen Zwei-Wellenlängen-Verfahren erreicht, indem man zur Rekonstruktion sichtbares Licht benutzt ($\lambda_1 = 0{,}1$nm, $\lambda_2 = 600$nm, $V = 6000$). Das Röntgenstrahlenmikroskop scheitert derzeit daran, daß es keine

Röntgenlaser oder allgemeiner, keine hinreichend intensiven kohärenten Strahlungsquellen im Röntgengebiet gibt. Außerdem müßte die Photoplatte, die das Hologramm festhält, Feinheiten von der Größe $\lambda_1 = 0{,}1\text{nm}$ registrieren. Die bisherigen AgBr-Emulsionen reichen nur bis 10^3nm.

Erstaunlich sind die f a r b i g e n Bilder, die holographisch aus Schwarzweißfilmen(!) gewonnen wurden. Enthält das zur Herstellung des Hologramms dienende Licht drei verschiedene Wellenlängen (es gibt Laser, die rotes, grünes und blaues Licht aussenden), so läßt sich die Information für alle drei Wellenlängen gleichzeitig auf ein und demselben Schwarzweißfilm als komplizierte Interferenzfigur festhalten. Rekonstruiert man mit nur einer Wellenlänge, z. B. der roten, erhält man durch Beugung an den drei aufeinanderliegenden Hologrammen drei räumlich getrennte rote Bilder. Ebenso würde man je drei grüne und blaue erhalten, wenn mit grünem und blauem Licht rekonstruiert würde. Beleuchtet man das Hologramm mit allen drei Wellenlängen gleichzeitig, so überlagern sich die drei



farbigen Bilder an einer Stelle, wie es die Abbildung zeigt. Wenn die störenden einfarbigen Bilder unterdrückt werden, erhalten wir eine originalgetreue räumliche Rekonstruktion, bei

der auch die Farben ebenso wie bei einem Dreischichtenfarbfilm wiedergegeben sind.

Aus der Fülle weiterer Anwendungen der Holographie seien zum Schluß nur noch zwei erwähnt. Die Hologramminterferometrie ermittelt die dreidimensionalen Veränderungen eines durchsichtigen Objetes nach einer bestimmten Zeit. Weiterhin scheint mit Hilfe sog. Klartextlaser das Problem, daß Rechenmaschinen nur mit Mühe geschriebene oder gedruckte Schriftzeichen lesen können, lösbar zu sein. Dabei sind die Bearbeitungsgeschwindigkeiten und Lesesicherheit größer als bei visuell - manueller Umsetzung der Daten in Lochkarten. Nicht zuletzt arbeiten moderne Lesehilfen für Blinde nach dem gleichen Prinzip.

K. Fischer, Diplomand
im Fachbereich Anorganische Chemie
der Sektion Chemie, Jena

Diamantsynthese (1. Teil)

Bekanntlich gibt es vom Kohlenstoff zwei verschiedene Modifikationen, Graphit und Diamant, von denen die eine, der Diamant, sich durch seine besondere Härte auszeichnet. Nach der MOHRschen Härteskala besitzt er die Härte 10 . Diese Härte erlangt eine umfangreiche industrielle Anwendung (z. B. zum Bohren, Schleifen, Glasschneiden, Herstellung von Ziehdüsen, Achslager etc.). Auf Grund des großen Lichtbrechungsvermögens wird er geschliffen gern als Schmuckstein verwendet. Diamanten findet man in der Natur selten (z. B. im Kimberlit oder in Edelsteinseifen). Diese Funde decken jedoch nicht den Bedarf an Industriediamanten, obwohl der weitaus größte Teil auf Grund der Reinheit und des Aussehens (man findet nur selten klare Diamanten) als solche Verwendung finden. Deshalb wurde eine künstliche Erzeugung von Diamanten angestrebt.

Zweckmäßig wird man bei der Diamantsynthese von einer Kohlenstoffmodifikation (Graphit) ausgehen und sie in Diamant umzuwandeln zu versuchen. Grundlage für diese Umwandlung bildet natürlich die Kenntnis der physikalischen

und chemischen Eigenschaften der beiden Modifikationen. Einige davon, die mit der Umwandlung in Zusammenhang stehen, sollen hier erläutert werden. Der Kohlenstoff zeigt die Erscheinung der Allotropie, d. h. es gibt zwei physikalisch und chemisch verschiedene Formen des Auftretens. Dabei ist der Kohlenstoff monotrop. Das bedeutet, daß die Umwandlung der einen Modifikation leicht vonstatten geht (beim Erhitzen von Diamant im Vakuum auf 1000 bis 2000°C entsteht Graphit), während der rückläufige Vorgang, also die Umwandlung von Graphit in Diamant, mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist.

Betrachtet man die Gitterstrukturen der beiden Modifikationen, so kann man hieraus schon ableiten, daß auf Grund der größeren Atomabstände im Graphitgitter (0,335nm Abstand zwischen den Schichten) gegenüber dem Diamantgitter (0,205nm) große Drücke die Umwandlung begünstigen. Auch die größere Dichte des Diamanten von 3,513g/cm^3 gegenüber dem Graphit mit 2,260g/cm^3, woraus eine Differenz der Molvolumina von 1,896cm^3 errechnet wird, weist darauf hin. Bei der Umwandlung des Graphits in Diamant wird eine geringe Wärmemenge verbraucht (+0,46kcal/Mol). Der Vorgang läuft also andotherm ab. Demnach müßte sich eine Temperaturerhöhung günstig auf das Umwandlungsgleichgewicht auswirken. Wir werden noch sehen, daß beide Folgerungen zutreffen.

Aus diesen und anderen Eigenschaften, deren Erläuterung hier zu weit führen würde, folgt, daß der Graphit gegenüber dem Diamanten unter Normalbedingungen die thermodynamisch ein wenig stabilere Modifikation darstellt. Eine wichtige Rolle spielt auch die Umwandlungsgeschwindigkeit. Unter normalen Bedingungen ist sie sehr klein. Ganz allgemein wird die Reaktionsgeschwindigkeit durch Erhöhung von Druck und Temperatur vergrößert. Man ist also auch aus diesem Grunde gezwungen, bei höheren Temperaturen und Drücken zu arbeiten. Die Steiferung von Temperatur und Druck wirkt sich also in doppelter Hinsicht günstig auf die Umwandlung aus.

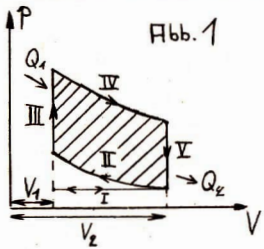
In einem weiteren Artiekl werden wir uns mit der technischen Durchführung der Umwandlung von Graphit in Diamant beschäftigen.

Dr. K. Jupe
Wiss. Mitarbeiter
an der Sektion Physik,
Abteilung Methodik

Kreisprozesse in der Wärmelehre

In den letzten beiden Heften von "Impuls 68" haben Sie die wichtigsten Zustandsänderungen bei idealen Gasen kennengelernt. Sie haben (Heft 4) die entsprechenden Gleichungen und die Darstellungen im p-V-Diagramm untersucht. Bei den Zustandsänderungen in Wärmekraftmaschinen wiederholen sich nun die gleichen Vorgänge ständig, d. h. das Gas kehrt immer wieder in den gleichen Zustand zurück. Die Darstellung solcher Vorgänge in einem beliebigen Diagramm (wir wählen wieder das p-V-Diagramm) ergibt dann geschlossene Kurven. Daher nennt man solche Vorgänge "Kreisprozesse". Wir wollen solche Kreisprozesse im folgenden näher betrachten. Dabei erinnern Sie sich bitte an die im Artikel "Zustandsänderungen der Gase" (Heft 4) gefundenen Formeln und Kurven oder legen zweckmäßigerweise die dort ausgefüllte Tabelle neben sich.

Als erstes betrachten wir den sogenannten Otto-Prozeß, das ist in idealisierter Form der Prozeß, der bei Ottomotoren abläuft (Abb. 1). Er besteht im wesentlichen aus 2 Adiabaten (II und IV) und aus 2 Isochoren (III und V). Wir wollen diese Darstellung mit den 4 Takten des 4-Takt-Ottomotores vergleichen.



1. Takt (Ansaugen): Das Einlaßventil ist geöffnet, das Volumen vergrößert sich bei gleichbleibendem Druck (Außendruck) von V_2 auf V_1 (Teil I im Diagramm).

2. Takt (Verdichten): Das Volumen verkleinert sich wieder auf V_2. Da die Ventile geschlossen sind, erhöht sich der Druck. Dieser Vorgang läuft so schnell ab, daß kein Wärmeaustausch mit der Umgebung erfolgen kann (Adiabate II).

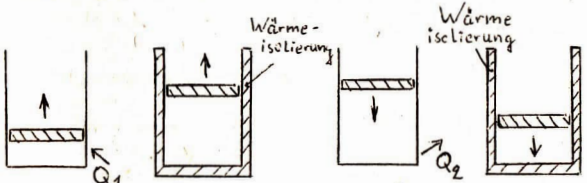
3. Takt (Explosion und Entspannung): Jetzt verbrennt schlagartig das Gemisch. Dieser Vorgang erfordert so kurze Zeit, daß

bei fast konstantem Volumen der Druck stark ansteigt (Isochore III). Anschließend vergrößert sich durch entsprechende Kolbenbewegung bei gleichzeitigem Druckabfall das Volumen wieder auf den Wert V_1 (Adiabate IV).

4. Takt (Ausstoßen): Das Auslaßventil öffnet sich, der Druck fällt sofort ab (Isochore V), wobei Wärmeenergie abgeführt wird. Anschließend wird bei konstantem Druck das verbrannte Gemisch vom Kolben aus dem Zylinder herausgeschoben (I). Jetzt kann der gleiche Vorgang wieder beginnen.

Die von der Maschine effektiv verrichtete Arbeit entspricht der schraffiert gezeichneten Fläche, die von den Kurven II, III, IV und V umschlossen wird.

Man könnte so für verschiedene Maschinen die entsprechenden Vorgänge darstellen. Wir wollen uns aber einem Kreisprozeß von fundamentaler Bedeutung zuwenden, den der französische Physiker S a d i C a r n o t 1824 aufgestellt und untersucht hat. Er wird daher Carnot'scher Kreisprozeß oder kurz Carnot-Prozeß genannt. Es handelt sich um eine ideale (reibungsfreie) Heißluftmaschine, die nach folgendem Prinzip arbeitet:



1.Takt: Das Gas dehnt sich isotherm vom Vol. V_1 auf das Vol. V_2 aus, wobei der Druck sinkt	2.Takt: Das Gas dehnt sich weiter auf das Volumen V_3 aus, diesmal aber adiabatisch, d. h. ohne Wärmeaustausch mit der Umgebung.	3.Takt: Das Gas wird isotherm auf V_4 komprimiert, wobei der Druck steigt.	4.Takt: Weitere Kompression, diesmal aber adiabatisch, auf das ursprüngliche Volumen V_1 und den ursprünglichen Druck.

Wenn man den Wärmeaustausch mit der Umgebung betrachtet, dann wird im 1. Takt die Wärmemenge Q_1 aus der Umgebung aufgenommen, im 3. Takt die Wärmemenge Q_2 abgegeben. Die Differenz $Q_1 - Q_2$

wird dann in mechanische Arbeit umgewandelt. Das ist, wenn wir von technischen Einzelheiten absehen, das Grundprinzip aller Wärmekraftmaschinen:

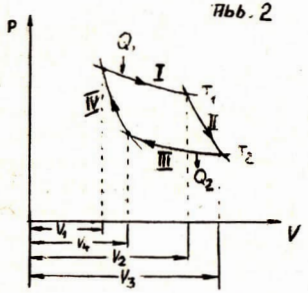
- Aus einem Energievorrat (z. B. Dampfkessel, explodierendes Gemisch) wird bei der höheren Temperatur T_1 die Wärmemenge Q_1 aufgenommen.
- Die Wärmemenge Q_2 wird bei der tieferen Temperatur T_2 abgegeben (z. B. an das Kühlwasser).
- Die Differenz $Q_1 - Q_2$ wird in mechanische Energie (Arbeit) umgewandelt.

Der Wirkungsgrad η ist dann das Verhältnis der mechanischen Arbeit ($W = Q_1 - Q_2$) zur zugeführten Wärmeenergie (Q_1), also

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \qquad (1)$$

Man erkennt, daß der Wirkungsgrad nur dann 1 wird, wenn $Q_2 = 0$ ist, d. h. wenn keine Wärmeenergie wieder abgeführt wird. Das ist aber prinzipiell nicht möglich. Wie groß der Wirkungsgrad sein kann, wollen wir jetzt am Carnot-Prozeß berechnen. Seine Darstellung im p-V-Diagramm zeigt Abb. 2 .

Abb. 2



Die Untersuchung dieses Kreisprozesses soll wieder in programmierter Form erfolgen. Arbeiten Sie jede Stufe sorgfältig durch und beantworten Sie die Fragen. Die richtige Antwort finden Sie zum Vergleich links neben der darunter stehenden nächsten Stufe. Decken Sie mit einem Blatt Papier die nächste Stufe zunächst zu!

1. Geben Sie zunächst noch einmal in Worten an, welche Form der Energieerhaltungssatz für Adiabate und Isotherme annimmt! (Die entsprechenden Gleichungen finden Sie in Heft 4 in der Tabelle in Spalte 4):

_____

_____

_____

Adiabate ($Q = 0$)
Zunahme (Abnahme) der inneren Energie gleich von außen zugeführter (abgegebener) Arbeit.
Isotherme
($\Delta T = \Delta U = 0$)
Zugeführte (abgeg.) Wärmeenergie gleich abgeg. (zugeführter) mechanischer Arbeit.

2. Wir wollen nun die Arbeit (bzw. Änderung der inneren Energie) für die Adiabaten berechnen (vergl. H. 4). Geben Sie diese Arbeit für den 2. und 4. Takt an und vergleichen Sie! Begründen Sie das Ergebnis!

$A_2 =$ _____ _____

_____

$A_4 =$ _____ _____

_____

_____

$A_2 = c_v\ m\ (T_1 - T_2)$
$A_4 = c_v\ m\ (T_1 - T_2)$

Im 2. Takt abgeg. und im 4. Takt aufgen. Arbeit sind gleich. Das war zu erwarten, da ja nach Durchlaufen eines Zyklus die innere Energie unverändert ist, Änderungen der inneren Energie aber nur auf den Adiabaten erfolgen.

3. Uns interessieren also nur noch die Isothermen. Auf der Isotherme I (1. Takt) wird die Wärmemenge Q_1 _____ , auf III (3. Takt) die Wärmemenge Q_2 _____ . Der Betrag _____ wird in mechanische Arbeit umgewandelt und abgegeben. Geben Sie Q_1 und Q_2 an (Tabelle in Heft 4, Spalte 3) und berechnen Sie die Arbeit A.

$Q_1 =$ _____

$A =$ _____

$Q_2 =$ _____

$Q_1 = R\,T_1 \ln V_2/V_1$ aufgenommen

$Q_2 = R\,T_2 \ln V_3/V_4$ abgegeben

$A = Q_1 - Q_2$

$A = R\,T_1 \ln V_2/V_1 - R\,T_2 \ln V_3/V_4$

4. Wir wollen diese Gleichung vereinfachen und benötigen dazu eine Beziehung zwischen V_1, V_2, V_3 und V_4. Wenden Sie die Gleichung $T/T' = (V'/V)^{\varkappa-1}$ auf beide Adiabaten an und beseitigen Sie die Temperaturen aus diesen Gleichungen!

II) $T_1/T_2 = (V_3/V_2)^{\varkappa-1}$

IV) $T_1/T_2 = (V_4/V_1)^{\varkappa-1}$

$(\frac{V_3}{V_2})^{-1} = (\frac{V_4}{V_1})^{\varkappa-1}$

oder $\frac{V_3}{V_2} = \frac{V_4}{V_1}$

und $\frac{V_3}{V_4} = \frac{V_2}{V_1}$

5. Setzen Sie die zuletzt gefundene Gleichung in die Formel für A (Stufe 3, Antwort neben Stufe 4) ein und vereinfachen Sie!

$A = R(T_1 - T_2) \ln \frac{V_2}{V_1}$

6. Das ist die Differenz zwischen bei hoher Temperatur T_1 zugeführter (Q_1) und bei niedriger Temperatur T_2 abgegebener (Q_2) Wärmemenge, die als mechanische Arbeit nutzbar wird. Als Wirkungsgrad hatten wir $\eta = A/Q_1$ definiert. Berechnen Sie unter Verwendung der nebenstehenden Formel η !

$\eta = A/Q_1 = \frac{R(T_1 - T_2)\ln V_2/V_1}{R\,T_1 \ln V_2/V_1}$

$= \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$

7. Es läßt sich zeigen, daß der Wirkungsgrad einer Maschine nie größer sein kann als der des Carnot-Prozesses, d. h. Wärmeenergie läßt sich prinzipiell nicht vollständig in mechanische Energie umwandeln (II. Hauptsatz der Wärmelehre). Geben Sie an, für welchen Grenzfall $\eta = 1$ wird!

$\eta = 1$ für $T_2 = 0$, d. h. die tiefere Temperatur (z. B. Kühlwasser) muß der absolute Nullpunkt sein. Das ist praktisch (d. h. für technische Belange) auch nicht annähernd zu realisieren!!

8. Nehmen wir an, wir hätten in Form einer heißen Quelle unbegrenzt Wasser von 100°C zur Verfügung und könnten zur Kühlung das Wasser eines flusses von 10°C verwenden. Welchen Wirkungsgrad hätte unter diesen Bedingungen eine Carnot-Maschine?

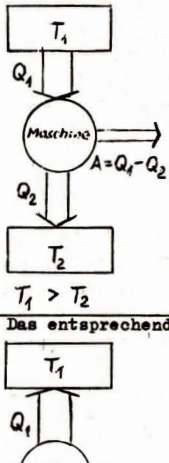
$\eta = 1 - \frac{283^\circ K}{373^\circ K} =$

$1 - 0{,}76$

$\eta = 0{,}24 = 24\%$.

Würde man die Maschine wirklich bauen, dann würde wegen der Reibung u. a. der Wirkungsgrad noch niedriger als dieser theoretische Maximalwert liegen!

9. Wir können das Schema einer Wärmekraftmaschine folgendermaßen darstellen, wobei die Rückführung der Wärmemenge Q_2 unvermeidlich ist (außer für $T_2 = 0^\circ K$).



Überlegen Sie, wie die Maschine läuft, wenn der Carnot-Prozeß (Abb. 2) rückwärts durchlaufen wird (Streichen Sie falsche Aussagen!).

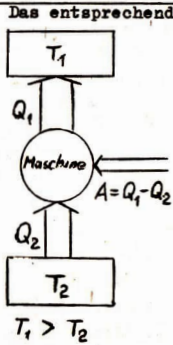
Q_1 wird abgegeben/aufgenommen, Q_2 wird _____.

Es ist $Q_1 = Q_2$.

Deutung: _____

Q_1 wird von der Maschine abgegeben, Q_2 aufgenommen. Da $Q_1 > Q_2$ und da sich die innere Energie nicht ändert, muß die Differenz $Q_1 - Q_2$ als mechanische Arbeit zugeführt werden!

10. Das entsprechende Schema sieht so aus:



Überlegen Sie, zu welchem Zweck eine solche Maschine dienen könnte!

Das untere Wärmereservoir (T_2) kann der Innenraum eines Kühlschrankes sein, T_1 die Umgebung desselben. Die Energiedifferenz $Q_1 - Q_2$ wird hier als elektrische Energie zugeführt. Man kann sich aber auch vorstellen, daß T_1 das Innere eines Hauses bedeutet, T_2 etwa die Außenluft. Dann wird der Außenluft Wärme entzogen, um damit das Gebäude zu beheizen (Wärmepumpe). Leider sind solche Anlagen sehr teuer und daher wenig verbreitet.

Überlegen Sie noch folgendes Problem: Die Tür eines eingeschalteten Kühlschrankes sei geöffnet. Wird sich die Temperatur im Raum ändern, wenn ja, in welchem Sinne?

Als wichtige Ergebnisse wollen wir uns merken, daß der Carnot-Prozeß völlig umkehrbar (reversibel) ist und daß sich Wärmeenergie nie vollständig in mechanische Energie umwandeln läßt (II. Hauptsatz). Die Begründung für diese wichtige Tatsache werden Sie in einem der folgenden Hefte kennenlernen. Dabei wird sich herausstellen, daß wirkliche Vorgänge nicht vollständig umkehrbar (irreversibel) sind.

Lösungen:

Zu Aufgabe 9

Scherzhafterweise wird oft die Frage gestellt: "Was ist schwerer, 1kg Blei oder 1kg Bettfedern?" Die meisten Menschen antworten, daß beide Massen gleichschwer seien oder 1kg Blei sei schwerer als 1kg Bettfedern, ohne es aber begründen zu können. Wir wollen uns die wahre Aussage einmal überlegen:
Zwei gleichgroße Massen werden an je einen Federkraftmesser gehängt. Mit einem Federkraftmesser - das wissen Sie - kann man nur das Gewicht eines Körpers bestimmen. Da nicht ausdrücklich gesagt wurde, daß die Messung im Vakuum erfolgt, müssen wir noch die unterschiedlichen Auftriebskräfte in Luft berücksichtigen. Die zwei Massen wurden so gewählt, daß ihr Dichteunterschied sehr offensichtlich ist. Die größere Dichte von Blei hat auch ein kleineres Volumen zur Folge (da gleiche Massen), kleineres Volumen bedeutet wiederum kleinere Auftriebskraft. Vermöge dieser kleineren Auftriebskraft bei Blei ist die Resultierende aus Gewicht und Auf-

triebskraft bei Blei auch größer als bei den Bettfedern. Der Federkraftmesser, an dem das Blei hängt, zeigt also einen größeren Wert an als der, an dem die Bettfedern hängen.

Zu Aufgabe 10

a) Zur Bestimmung der Temperatur T_2 und des Druckes p_4 benötigen wir eine Gleichung für Adiabate, in der das Volumen V nicht vorkommt, denn V ist uns nicht bekannt. Wir müssen also aus den Gleichungen (1) $p\,V^{\varkappa} = \text{const.}$ und (2) $T_1/T_2 = (V_2/V_1)^{\varkappa-1}$ (siehe Heft 4: "Zustandsänderungen der Gase, 2. Teil") das Volumen V eliminieren. Gleichung (1) lautet für den 2. Takt (adiabatische Entspannung):

(1') $p_2\,V_2^{\varkappa} = p_3\,V_3^{\varkappa}$ oder $p_2/p_3 = (V_3/V_2)^{\varkappa}$ (1')

Gleichung (2) für den 2. Takt:

(2') $T_1/T_2 = (V_3/V_2)^{\varkappa-1}$ (2')

Beide Gleichungen (1' und 2') werden nach V_3/V_2 umgestellt und gleichgesetzt, wir erhalten:

$$(p_2/p_3)^{\frac{1}{\varkappa}} = (T_1/T_2)^{\frac{1}{\varkappa-1}} \qquad (3)$$

Gleichung (3) nach T_2 umgestellt:

$$T_2 = \frac{T_1}{(p_2/p_3)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}}}$$

Nach Einsetzen der Werte erhalten wir für T_2 :

$$T_2 = \frac{800^{\circ}K}{4^{2/7}} = \frac{800^{\circ}K}{4^{0,286}} = \frac{800^{\circ}K}{1,486} \qquad 540^{\circ}K$$

Zur Berechnung des Druckes p_4 benutzen wir wieder die Gleichung (3), allerdings mit anderen Indices (entsprechend Takt 4: adiabatische Kompression)

(3') $(p_1/p_4)^{\frac{1}{\varkappa}} = (T_1/T_2)^{\frac{1}{\varkappa-1}}$ (3')

Aus Gleichung (3') folgt:

$$p_4 = \frac{p_1}{(T_1/T_2)^{\frac{\varkappa}{\varkappa-1}}}$$

Werte einsetzen:

$$p_4 = \frac{12\text{at}}{1{,}485^{7/2}} \qquad \frac{12\text{ at}}{4} = 3\text{ at}$$

Die Temperatur T_2 beträgt 540°K, der Druck p_4 3 at.

b) Den Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses können wir nach der Gleichung $= 1 - (T_2/T_1)$ bestimmen (siehe Programm, Stufe 6).
Als Wirkungsgrad ergibt sich dann:

$$= 1 - \frac{540^\circ\text{K}}{800^\circ\text{K}} = 1 - 0{,}675 = 0{,}325$$

Der Wirkungsgrad dieses Kreisprozesses beträgt 32,5%.

c) Für die bei diesem Prozeß entstandene mechanische Arbeit gilt die Formel $A = R\,(T_1 - T_2)\,\ln\,(V_2/V_1)$ (siehe Programm, Stufe 5). Da die Volumina unbekannt sind, müssen wir über die isotherme Zustandsänderung $(p_1/p_2 = V_2/V_1)$ zu den entsprechenden Drücken übergehen:

$$A = R\,(T_1 - T_2)\,\ln\,(p_1/p_2)$$

$$A = 0{,}847\,\frac{\text{kp m}}{\text{mol grd}} \quad 260\text{ grd} \quad \ln 2 = 154\,\frac{\text{kp m}}{\text{mol}}$$

Ein mol Gas verrichtet demnach eine mechanische Arbeit von 154 kpm .

Aufgabe 11 (9. - 10. Klasse)

Um wieviel mm müßte die äußere Schiene einer Eisenbahnlinie (Normalspur 1435mm) höher als die innere liegen, wenn beim Durchfahren einer Kurve von 800m Radius mit einer Geschwindigkeit von 110km/h beide Schienen gleichmäßig belastet werden sollen?

Aufgabe 12 (11. - 12. Klasse)

Wie lange muß ein Strom von 1A fließen, bis 1g Elektronenmasse durch den Querschnitt der Leitung geflossen ist?

Aufgabe 13 (10. - 11. Klasse)

Ein Winkelspiegel besteht aus zwei unter 60° gegeneinander geneigten ebenen Spiegeln. Welcher Winkel bildet ein in den Spiegel einfallender Lichtstrahl mit dem austretenden Strahl? (Bitte mit Beweis!)