

**STUDIUM, PRAXIS, PROBLEME**  
**der physik und anderer naturwissenschaften**

# impuls 68



*Herausgegeben  
zu Ehren des  
150. Geburtstages  
von Karl Marx*



1

**monatszeitschrift für schüler 1. jahrgang 1968**

impuls 68 Schülerzeitschrift für Naturwissenschaften

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

Redaktion: J. Herrmann, Dr. Jupe, Dr. Kretschmar, G. Bartholmös, U. Böttcher, F. Gellerich, D. Gröll, A. Köhler, J. Leppert, 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.

V-4-6 5 4015 M 167-68

---

Inhalt

	Seite
Geleitwort von Prof. Dr. M. Steenbeck	3
Vorwort der Redaktion	4
Die Newtonsche Abbildungsgleichung	6
Die Struktur der Moleküle und VSEPR-Theorie	11
Geheimnisvolle Wellen	14
Aufgaben	17
Lew Dawidowitsch Landau, Nobelpreisträger f. Physik	19

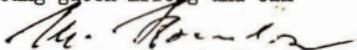
## Geleitwort

Das hier ist eine gute und eine neue Sache: - Studenten werben unter Schülern für ihr Studium. So etwas beweist, daß die Studenten von ihrer Wissenschaft wirklich gepackt wurden; es ist aber auch ein Zeichen für echtes gesellschaftliches Verantwortungsbewußtsein. Ich freue mich darüber, daß es angehende Physiker sind, die dies tun; denn ich selbst bin so sehr Physiker, daß ich in meinem ganzen Leben niemals gewünscht habe, etwas anderes zu sein. Und ich bin auch genügend Lokalpatriot, um zu begrüßen, daß gerade Jenenser Studenten diese Initiative ergriffen haben.

Obwohl die Physik unter den Naturwissenschaften eine Art Zentralstelle einnimmt und jedenfalls in alle hineinwirkt, obwohl sie sowohl dem philosophischen Kopf wie dem um nützliche Anwendung Bemühten ein wichtiges Fundament für seine Arbeit bedeutet, ist der Drang junger Menschen zur Physik nicht ausreichend; es widmen sich diesem Studium weniger, als wir es wünschen müßten. Das liegt sicher zum Teil daran, daß es sich herumgesprochen hat: Physik ist ein sehr anspruchsvolles Studium. Gerade in den ersten Semestern wird viel an Umdenken von den jungen Studenten gefordert - bis nämlich die wunderbare gedankliche Ordnung dieser Wissenschaft wirklich erfaßt wurde. Gerade darum ist es wichtig, daß Studenten selbst davon berichten. Ein anderer Grund mag sein, daß Physiker von unserer Industrie nicht so "gefragt" waren, wie sich das die Absolventen vielleicht vorgestellt hatten; aber das wird sich mit der Verwissenschaftlichung unserer ganzen Technik allerdings sehr gründlich ändern. Der Physiker muß lernen, nicht große Leistungen Einzelner als sein Ziel zu sehen, wie sie in der Vergangenheit das Bild der Physik bestimmten. Auch er muß bereit sein, sich in ein Kollektiv einzuordnen - und wenn er selbst es erst aufbauen muß.

Auf die Dauer wird diese Zeitung als reines Jenenser Unternehmen den gestellten Aufgaben wohl nicht genügen können. Von anderen Universitäten, Hochschulen, Forschungsinstituten und nicht zuletzt aus der Industrie werden Beiträge kommen müssen. Wichtig ist aber, daß hier ein guter Anfang dazu gemacht worden ist.

So wünsche ich dieser jungen Zeitung guten Erfolg und ein langes Leben.

  
(Professor Dr. Dr.e.h. Max Steenbeck)  
Vorsitzender des Forschungsrates

Jena, den 15. 1.1968

Lieber Leser!

Wenn man jung ist, muß man sich oft entscheiden. Entscheidungen, die das ganze Leben bestimmen. Eine der wichtigsten ist die der Berufswahl. Bevor man seine Wahl trifft, sollte man wissen, worauf man sich einläßt. Weiß ein Oberschüler immer, wie das Studium konkret aussieht, für das er sich bewerben möchte, was ihn erwartet, welche Anforderungen gestellt werden, wie seine spätere Arbeit nach dem Studium ist? Wir glauben nicht, aus eigener Erfahrung. Deshalb diese Zeitung. Wenn man jung ist, kann man noch geformt werden. Neigungen, Interessen, Wissen - das ganze geistige Gebäude eines Menschen wird erst ausgebildet. Nichts ist für immer vorausbestimmt oder ein für allemal angeboren. Jener, der da freudlos hinter seinem Bürotisch sitzt und mechanisch Zahlen abschreibt, hätte man ihm in seiner Kindheit ein Musikinstrument spielen gelehrt, vielleicht wäre er ein Komponist geworden. Um konkret zu werden, wir möchten der weitverbreiteten Ansicht widersprechen, daß Physik oder andere Naturwissenschaften reine Begabungssache sind, daß physikalisches Denken durch beständiges Training nicht erlernbar wäre. Wir hoffen, daß der eine oder der andere durch diese Zeitung dazu angeregt wird, sich mit physikalischen Denkaufgaben und naturwissenschaftlichen Problemen zu beschäftigen, daran Freude zu gewinnen. Und deshalb diese Zeitung. Unsere Zeit ist eine Zeit großartiger Umwälzungen. Die wissenschaftlich technische Revolution verändert unsere gewohnte Art zu arbeiten und zu leben in immer rascherer Zeitfolge.

Unser Wissen über Natur und Gesellschaft verdoppelt sich etwa alle sieben Jahre. Unser Land ist nur ein kleines Land, unsere Mittel sind im Vergleich zu denen anderer führender Industriestaaten beschränkt. Alle Anstrengungen müssen unternommen werden, damit wir den Anschluß nicht verpassen. Jedoch: auf einen Studienplatz der Physik bei uns kommt noch nicht einmal ein Bewerber. Darunter einige mit nur unzureichenden Vorkenntnissen. Dabei ist gerade die Physik einer der wichtigsten Motoren der wissenschaftlich technischen Revo-

lution. In den fortgeschrittensten Ländern Sowjetunion, USA, Japan kommen pro 10 000 Einwohner etwa zwei bis dreimal mehr Physiker als bei uns. In diesen Ländern drängen sich die begabtesten jungen Menschen um jeden Studienplatz. Wenn wir nicht zurückbleiben wollen, muß dies auch bei uns so werden.

Und deshalb diese Zeitung.

Wenn jemand eine neue Zeitschrift abonniert, so genügt ihm nicht die Schilderung der Absicht, das warum, sondern er möchte mehr über den Inhalt wissen, das was und das wie. Das ist eine Schülerzeitschrift für naturwissenschaftlich Interessierte, die von Studenten für Oberschüler geschrieben wird.

(Selbstverständlich werden auch Wissenschaftler der Institute und aus der Industrie Beiträge liefern.)

Einige Andeutungen über den Inhalt dieser Zeitung.

Wir werden Sie über die vielen Fragen des Studiums, der Studienanforderungen, der Prüfungen, über Arbeitsmethoden der Studenten, Struktur der Institute, Büchereiwesen, über kulturelle Freizeitgestaltung der Studenten in Jena u.ä. informieren. Wir werden interessante und möglichst aktuelle Probleme der Naturwissenschaften in allgemeinverständlicher Art abhandeln, wobei wir hoffen, bei Ihnen wissenschaftliche Neugier zu erwecken. Um nur ein paar Beispiele zu nennen: aus dem Gebiet der Relativitätstheorie solche Themen wie Zeitdehnung und Längenkontraktion bei bewegten Körpern, Krümmung des Raumes, die Frage der Endlichkeit unseres Weltalls, Gravitationswellen. Oder über Faseroptik, LASER, über neueste Entdeckungen der Spektroskopie wie z.B. induzierter Raman-Effekt. Probleme der modernen Quantentheorie, der Kernphysik und eine Vielzahl von Themen aus der modernen Chemie. Wir werden auch über das Berufsbild des Physikers und des Chemikers in der Praxis berichten, wobei wir auf eine enge Verbindung mit dem VEB Carl Zeiss zurückgreifen können, und die vielfachen philosophischen Probleme der Naturwissenschaften sowie die Verantwortung des Wissenschaftlers in unserer Gesellschaft erörtern. Zum anderen möchten wir Ihnen den Übergang von der Oberschule zur Universität, der nach unseren Erfahrungen die schwierigste Klippe des gesamten Studiums ist, ein wenig erleichtern, indem wir physikalische Denkaufgaben stellen, an denen sich ein künftiger Student schulen sollte. Darüberhinaus werden wir Probleme

behandeln, die an den Oberschulstoff anknüpfen und eine Überleitung zum Studium schaffen sollen.

Wir würden uns freuen, wenn wir hiermit Ihr Interesse geweckt haben und sie als ständigen Leser begrüßen können.

Siegfried Kessler

### Die Newtonsche Abbildungsgleichung

Ausgehend von der bekannten Form der Abbildungsgleichung einer Linse,  $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ , soll durch eine Koordinatentransformation die Newton'sche Form der Abbildungsgleichung hergeleitet werden. Durch Betrachtung einer Kombination von zwei und drei Linsen soll der Vorteil der Newton'schen Abbildungsgleichung bei der Rechnung demonstriert werden.

Allgemein bekannt ist die folgende Form der Abbildungsgleichung:

$$(1) \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

a-Gegenstandsweite

b-Bildweite

f-Brennweite

Man erhält sie durch folgende Überlegungen. Aus den schraffierten Dreiecken der Abb. 1 folgt:

$$\frac{y}{y'} = \frac{a-f}{f} \quad \frac{y}{y'} = \frac{f}{b-f}$$

Demit ist

$$\frac{a-f}{f} = \frac{f}{b-f}$$

$$(a-f)(b-f) = f^2$$

$$ab - fb - fa + f^2 = f^2$$

$$ab = (a+b)f$$

$$\frac{ab}{a+b} = f$$

$$\rightarrow \boxed{\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}} \quad (1)$$

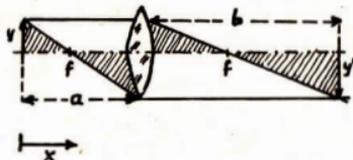


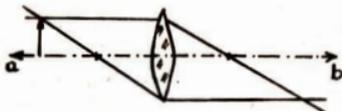
Abb. 1

Die Richtung der a-Achse und der b-Achse ist hier als gleich vorausgesetzt worden (siehe Pfeil  $\vec{x}$ ).

In der konstruktiven Optik setzt man die Richtung der a-Achse oft in umgekehrter Richtung fest (Abb. 2).

Dann schreibt sich Gl. (1):

$$(2) \quad \frac{1}{f} = -\frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$



Die Gleichung gilt nur für dünne Linsen. Darunter versteht man, daß die Dicke der Linse klein gegen den Radius der Kugelfläche ist.

Um zur Newton'schen Abbildungsgleichung zu kommen, führt man an Stelle von a und b neue Koordinaten r und r' ein. Die Transformationsgleichung lautet:

$$(3) \quad a - f = r \quad b - f = r'$$

Dabei fallen die Nullpunkte für Ding- und Bildraum auseinander. Sie liegen jetzt in den Brennpunkten, d.h. wir beziehen alle Abstände auf die Brennpunkte. Aus Gl. (3) erhält man:

$$(4) \quad a = r + f \quad b = r' + f$$

Einsetzen in Gl. (1) liefert:  $\frac{1}{r+f} + \frac{1}{r'+f} = \frac{1}{f}$

$$\text{Damit: } f(r'+f) + f(r+f) = (r+f)(r'+f)$$

$$f r' + f^2 + f r + f^2 = r r' + f r' + f r + f^2$$

also

$$\boxed{f^2 = r r'}$$

Durch Festlegung der Achsen wie in Abb. 2 erhalten wir durch eine analoge Rechnung:

$$(5) \quad -f^2 = r r' \quad (\text{Newton'sche Abbildungsgleichung})$$

Wir wollen die Gl. (5) nun auf die Kombination von zwei und drei Linsen anwenden. Nach Abb. 3 haben wir zwei Linsen mit den Brennweiten  $f_1$  und  $f_2$ ;  $\delta_{12}$  sei der Abstand der beiden

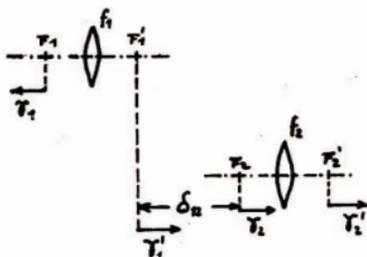


Abb. 3

Brennpunkte  $F_1, F_2$ . Es gilt nach Abb. 3

$$(7) \quad r_2 = r_1' - \delta_n$$

Allgemein gilt:  $r r' = -f^2$

Sämtliche Formeln gelten für Sammell- und Zerstreuungslinsen (positive und negative Brennweite) da die Brennweite in die Gl. (5) quadratisch eingeht und damit das Vorzeichen von  $f$  keine Rolle spielt.

Für die Linse eins in Abb. 3 gilt:

$$(8) \quad r_1' = -f_1^2 / r_1 \quad \text{nach Gl. (7) gilt: } r_2 = r_1' - \delta_n$$

Für die Linse zwei erhalten wir

$$(9) \quad r_2' = -\frac{f_2^2}{r_2}$$

Die Verwendung von Gl. (7) und Gl. (8) liefert:

$$(10) \quad r_2' = -\frac{f_2^2}{r_2} = -\frac{f_2^2}{r_1' - \delta_n} = \frac{f_2^2}{f_1^2/r_1 + \delta_n} = \frac{f_2^2 r_1}{f_1^2 + \delta_n r_1}$$

Gl. (10) gibt die Entfernung des Bildes nach der Linse zwei mit der Brennweite  $f_2$ , von  $F_2'$  an gerechnet, an.

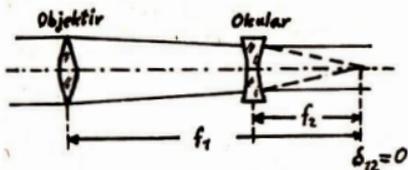
Wir wenden nun die Gl. (10) auf zwei wichtige Spezialfälle an.

#### A) Fernrohr

Beim Fernrohr liegt der Gegenstand in unendlicher ( ) Entfernung, deshalb ist  $r_1 = \infty$ . Das Bild wird mit auf  $\infty$  akkomodierten Auge betrachtet, daher ist auch  $r_2' = \infty$ . Diese Bedingungen in Gl. (10) eingesetzt, bedeutet, wenn  $r_2' = \infty$  sein soll, dann muß  $f_1^2 + \delta_n r_1 = 0$  werden. Daraus ergibt sich  $f_1^2 / r_1 + \delta_n = 0$  und da  $r_1 = \infty$  folgt die Fernrohrbedingung

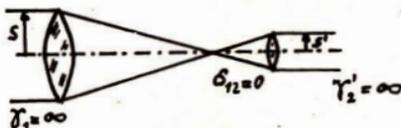
$$(11) \quad \delta_n = 0 \quad \text{(die Brennpunkte } F_1' \text{ und } F_2 \text{ fallen zusammen)}$$

Zwei Typen von Fernrohren sind möglich, um die Bedingung (11) zu erfüllen.



Galilei'sches Fernrohr

Abb. 4



Kepler'sches Fernrohr

Abb. 5

Die Vergrößerung ergibt sich leicht nach Abb. 5 zu

$$(12) \quad \frac{s}{f_1} = \frac{s'}{f_2} \rightarrow \frac{s}{s'} = v = \frac{f_1}{f_2}$$

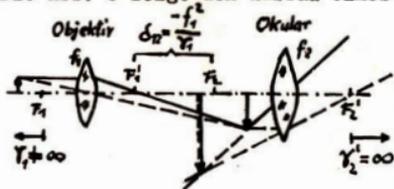
### B) Mikroskop

Beim Mikroskop ist  $\delta_2' = \infty$  (Bild wird im Unendlichen betrachtet) und  $\gamma_1$  ist endlich ( $\gamma_1 \neq \infty$ ). Damit ergibt sich aus Gl. (10).

$$(13) \quad \delta_{12} = -\frac{f_2^2}{\gamma_1} \quad (\text{Mikroskopbedingung})$$

Die Größe  $\delta_{12}$  heißt optische Tubuslänge.

Die Abb. 6 zeigt den Aufbau eines Mikroskops. Es soll nun noch eine Kombination von drei Linsen betrachtet werden.



Man erhält durch analoge Rechnung wie oben mit den Transformationsgleichungen

$$(14) \quad \begin{aligned} \delta_2 &= \gamma_1' - \delta_{12} \\ \delta_3 &= \delta_2' - \delta_{23} \end{aligned}$$

für den Abstand des Bildes hinter der Linse drei.

Abb. 6

$$(15) \quad \gamma_3' = \frac{-f_2^2 (f_1^2 + \delta_{12} \gamma_1)}{f_2^2 \gamma_1 - \delta_{23} (f_1^2 + \delta_{12} \gamma_1)}$$

Die Abb. 7 zeigt die einzelnen Größen.

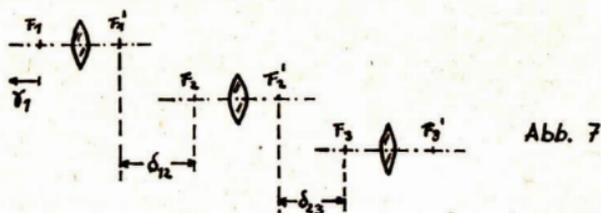


Abb. 7

Will man mit drei Linsen ein Fernrohr bauen, so ist  $y_2' = \infty, y_1 = \infty$  zu setzen und man erhält aus Gl. (15) als Bedingung:  $f_1^2 - \delta_{23} \delta_{12} = 0$  oder umgeformt

$$(16) \quad f_1^2 = \delta_{12} \delta_{23}$$

In einem Artikel der folgenden Hefte sollen die Gleichungen für drei Linsen weiter angewendet werden.

#### Der Unterschied

Eines Tages besuchte die Frau Einsteins einen bekannten Astronomen in seinem Observatorium.

Dieser zeigte der Frau all seine Geräte und Apparaturen und erklärte ihren Sinn und Funktionsmechanismus.

Der Astronom erklärte: "Wir untersuchen hier das Weltall und erforschen seine Gesetze."

Daraufhin sieht ihn Elsa Einstein etwas verwundert an und sagt:

"Ach, das macht doch mein Mann auch. Ihm genügt aber ein Bleistift und ein weißer Fleck auf einem Briefumschlag."

A, Köhler

Die Struktur der Moleküle und die VSEPR-Theorie

Um uns die Eigenschaften von Molekülen klarzumachen, müssen wir im allgemeinen die räumliche Struktur dieser Moleküle kennen. Aber wer kann sich einige Tausend solcher Strukturen merken? In diesem Artikel wollen wir eine Theorie behandeln, die es gestattet, mit wenigen Voraussetzungen die Struktur sehr vieler Moleküle vorauszusagen. Der Name "VSEPR-Theorie" stammt aus dem Englischen und bedeutet "Theorie der Abstoßung von Elektronenpaaren der Valenzschale". Wir wollen diese Theorie an einigen Beispielen erläutern.

- (1) Betrachten wir das Methanmolekül  $\text{CH}_4$ . Das Zentralatom C ist mit den vier "Liganden" H durch Atombindungen verbunden (Bild 1). In der Valenzschale des Kohlenstoffatoms befinden sich also 4 Elektronenpaare. Die VSEPR-Theorie nimmt nun an, daß sich die Liganden um ein Zentralatom so anordnen, daß die Abstoßung zwischen den Bindungselektronenpaaren am geringsten wird. Für 4 Elektronenpaare ist die gegenseitige Abstoßung bei tetraedrischer Anordnung am geringsten. Das  $\text{CH}_4$ -Molekül sollte also tetraedrisch gebaut sein (Bild 2), was auch experimentell gefunden wurde.
- (2) Das Ammoniakmolekül  $\text{NH}_3$  hat die in Bild 3 gezeigte Elektronenformel: 3 bindende und ein freies Elektronenpaar. In der VSEPR-Theorie werden aber freie Elektronenpaare wie bindende behandelt. Somit sind die Elektronenpaare am Stickstoffatom wieder tetraedrisch angeordnet (Bild 4). Da bei der Strukturangabe die freien Elektronenpaare weggelassen werden, spricht man von einer pyramidalen Struktur des Ammoniakmoleküls (Bild 5).

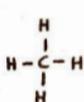


Bild 1



Bild 2



Bild 3



Bild 4



Bild 5

- (3) Die VSEPR-Theorie lässt sich auch auf Moleküllionen wie das Ammoniumion  $\text{NH}_4^+$  (Bild 6) anwenden. Diese Ionen werden genau wie neutrale Moleküle behandelt. Nach dem bisher Gesagten folgt für  $\text{NH}_4^+$  die in Bild 7 gezeigte Struktur.
- (4) Im Formaldehydmolekül  $\text{HCHO}$  geht vom Kohlenstoffatom eine Doppelbindung aus (Bild 8). Doppel- und Dreifachbindungen werden in der VSEPR-Theorie behandelt, als wären sie Einfachbindungen. Danach besitzt das C-Atom im  $\text{HCHO}$  formal nur drei Elektronenpaare in seiner Valenzschale. Die Abstoßung zwischen drei Elektronenpaaren ist am geringsten, wenn diese in die Ecken eines gleichseitigen Dreiecks gerichtet sind. Das bedeutet, daß das  $\text{HCHO}$ -Molekül die in Bild 9 gezeigte Struktur besitzt.

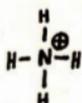


Bild 6



Bild 7



Bild 8



Bild 9

Im folgenden sollen für die wichtigsten Verbindungstypen die räumlichen Strukturen angegeben werden. Dabei bedeutet A das Zentralatom, X einen Liganden und e ein freies Elektronenpaar (in den Zeichnungen durch schraffierte Schleifen dargestellt).



$\text{AX}_2$   
linear



$\text{AX}_3$   
trigonal eben



$\text{AX}_2\text{e}$   
gewinkelt



$\text{AX}_4$   
tetraedrisch



$\text{AX}_3\text{e}$   
pyramidal



$\text{AX}_2\text{e}_2$   
gewinkelt



$\text{AX}_5$   
trigonal  
bipyramidal



$\text{AX}_4\text{e}$   
verzerrt  
tetraedrisch



$AX_5e_2$   
T-förmig



$AX_2e_3$   
linear



$AX_6$   
oktaedrisch



$AX_4e_2$   
quadratisch eben

Suchen wir nun die Anordnung der Liganden um ein bestimmtes Atom eines Moleküls, so brauchen wir nur die Elektronenformel des Moleküls aufzustellen, und den Verbindungstyp durch Abzählen der Liganden und freien Elektronenpaare am fraglichen Atom zu bestimmen. Die Struktur können wir dann aus der obigen Übersicht entnehmen. Wir müssen nur beachten, daß Ionenbindungen nicht durch bindende Elektronenpaare (Valenzstriche) dargestellt werden dürfen. Das gilt aber nicht für polare Atombindungen (z.B. Cl-Hg-Cl, nicht  $Hg^{++}2Cl^-$ , jedoch muß es heißen  $Na^+Cl^-$ , nicht Na-Cl).

In dieser Form läßt sich die VSEPR-Theorie also auf anorganische und organische Moleküle anwenden. Abweichungen von den Voraussagen können allerdings bei Zentralatomen mit nichtaufgefüllten inneren Schalen (d-Elektronen) auftreten.

In einem weiteren Artikel werden wir Verfeinerungen dieser Theorie kennenlernen.

#### Einstein:

"Die Mathematik ist die einzig perfekte Methode, sich selber an der Nase herumzuführen."

#### C. F. Gauß

Der Mangel an mathematischer Bildung gibt sich durch nichts so auffallend zu erkennen, wie durch maßlose Schärfe im Zahlenrechnen.

J. Herrmann

### Geheimnisvolle Wellen

#### Gravitationsstrahlen - Spekulation oder Realität?

Du gehst durch die Straßen, und sie sind da. In Deinem Zimmer, im tiefen Keller, auf hoher See; fast überall. Du kannst sie nicht hören, nicht sehen, nicht fühlen; doch wir kennen ihre Sprache. Physiker haben Ohren gebaut, um sie zu hören und Stimmbänder, um ihre Sprache zu sprechen. Du hast es erraten - elektromagnetische Wellen. Ihre Rätsel sind gelöst, ihre Anwendungen prägen heute das Bild unserer technischen Welt mit; nicht darüber wollen wir sprechen.

Du gehst durch die Straßen, und wir wissen nicht genau, ob sie da sind. Man kann sie nicht hören, nicht sehen, nicht fühlen; und wir kennen ihre Sprache nicht. Wir haben keine Instrumente, um sie nachzuweisen, keine Geräte, um sie zu erzeugen. Ihre Rätsel sind nicht gelöst und doch glauben die Physiker, daß es sie gibt. Gravitationswellen. Was sind Gravitationswellen und warum nehmen Physiker ihre Existenz an?

Die Gravitationsstrahlung ist ein Spezialgebiet in einer der schwierigsten physikalischen Theorien überhaupt, der allgemeinen Relativitätstheorie von Einstein. Um verständlich darüber zu sprechen, wollen wir uns weitgehend der Analogie zu den elektromagnetischen Wellen bedienen, da vielfältige Parallelen zwischen ihnen bestehen.

Im Jahre 1862 gelang es dem Engländer Maxwell, eine allumfassende physikalische Theorie der elektrodynamischen Erscheinungen zu schaffen.

Die vielfältigen elektrodynamischen Entdeckungen der damaligen Zeit, von den Ohmschen Gesetzen bis zum Faradayschen Induktionseffekt, sind in den sogenannten Maxwell'schen Gleichungen in kompakter Form zusammengefaßt, die ganze Elektrodynamik läßt sich daraus herleiten. Maxwell fand bald Lösungen zu diesen Gleichungen, deren physikalische Interpretation, die von energieübertragenden elektromagnetischen Wellen war; er sagte

ihre Existenz und ihre Eigenschaften voraus. Diese Voraussagen wurden lange bezweifelt, bis es 25 Jahre später Heinrich Hertz in seinen berühmten Versuchen gelang, elektromagnetische Wellen herzustellen und ihre Existenz und ihre Eigenschaften nachzuweisen, wodurch er ein breites Feld technischer Anwendungsmöglichkeiten eröffnete.

Die Erscheinungen der Gravitation sind schon lange vor den Entdeckungen Maxwells von Newton theoretisch erfaßt worden. Die sogenannten Newtonschen Gravitationsgleichungen standen in guter Übereinstimmung mit den Erfahrungen und den Beobachtungen der Astronomen. Das Newtonsche Kraftgesetz ist Ihnen sicherlich gut aus der Oberschule bekannt:

$$K = -k \frac{mM}{r^2}$$

Dies ist allerdings nur ein Spezialfall: Die allgemeine Newtonsche Feldgleichung für das Gravitationspotential  $\varphi$  möchten wir Ihnen nicht erläutern, schreiben sie aber der optischen Sicht halber einmal auf.

$$\Delta \varphi = 4k\mu$$

( $\mu$  = Massendichte  
k = Gravitationskonstante)

Die Newtonsche Gravitationsgleichung beantwortet die Frage nach der Existenz von Gravitationsstrahlung eindeutig mit Nein, sie enthält keine Lösung mit Wellencharakter.

Erst in unserem Jahrhundert begann einer der größten und genialsten Physiker aller Zeiten, Albert Einstein, die Frage der Gravitation neu zu überdenken. Nachdem er schon 1905 mit seiner speziellen Relativitätstheorie das klassische Gebäude der Physik erschütterte, stellte er 1915 die allgemeine Relativitätstheorie auf. Einstein hatte einige Mängel der Newtonschen Gravitationstheorie entdeckt: sie genügt dem nach Einstein benannten Relativitätsprinzip nicht, das im wesentlichen besagt, daß die Lichtgeschwindigkeit die höchste Signalgeschwindigkeit ist und daß alle Bezugssysteme gleichberechtigt sind. Einstein fand 1915 die sogenannten Einsteinschen Feldgleichungen, die von den Newtonschen Gravitationsgleichungen für den Fall großer Massen und Geschwindigkeiten abweichen. Wir möchten es uns nicht versagen, sie einmal ohne Erläuterung aufzuschreiben, obwohl Sie sie gewiß nicht verstehen können.

$$R_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} R = \frac{8\pi k}{c^4} T_{ik}$$

Die linke Seite dieser Gleichungen werden durch die Geometrie unseres Raumes bestimmt, während die rechte Seite, der Energie - Impuls - Tensor  $T_{ik}$ , die physikalischen Eigenschaften des Systems charakterisiert. Trotz der scheinbaren Einfachheit dieser Gleichungen, haben sie eine sehr komplizierte mathematische Struktur, an ihrer Lösung werden Physiker sicherlich noch viele Jahrzehntelang beschäftigt sein. Schon Einstein fand Lösungen, die Wellencharakter haben (Zylinderwellen), und andere Forscher fanden später auch solche, die den ebenen Wellen entsprechen. Wenn wir also mit der Elektrodynamik vergleichen, so haben wir die Stufe der theoretischen Voraussage, wie es Maxwell tat, fast erreicht.

Bisher ist es allerdings noch nicht gelungen, die Lösung einer isolierten Strahlungsquelle zu finden (also ein "Nahfeld"), wie sie in der Elektrodynamik für den schwingenden Dipol existiert. Solange wir solche Lösungen noch nicht gefunden haben, ist die theoretische Existenz nicht völlig geklärt.

Die endgültige Entscheidung über diese Frage kann aber selbstverständlich wie überall in der Physik nur das Experiment liefern. Und damit sind wir bei der praktischen Seite der Angelegenheit angelangt. Phänomene der Gravitation beherrschen wir bei weitem nicht in dem Maße wie elektromagnetische Erscheinungen. Künstliche Gravitationsfelder könnte man sich durch rotierende Bezugssysteme erzeugen. Gravitationsstrahlung kann man sich so entstanden denken, daß ähnlich wie beschleunigte Elektronen umeinander kreisende Himmelskörper strahlen sollten (man muß so große Massen betrachten, um genügend große Intensitäten zu erhalten). Über die möglichen technischen Anwendungsmöglichkeiten der Gravitationsstrahlung möchten wir hier nicht spekulieren. In der Vergangenheit hat es sich oft erwiesen, daß die Phantasie der Physiker über die mögliche Verwendung ihrer Entdeckungen weit hinter der Realität zurückblieben. Wer wollte heute sagen, ob Gravitationsstrahlen einmal ebenso revolutionierend in das Leben der Menschen eingreifen werden, wie es die elektromagnetischen Strahlen getan haben?

Der Nachweis von kosmischen Gravitationsstrahlen liegt an der Grenze der heutigen Nachweisbarkeit, auf internationalen Symposien haben sich verschiedene Wissenschaftler recht optimistisch geäußert, daß es in unmittelbarer Zukunft möglich sein würde, Gravitationsstrahlen experimentell zu messen. In diesem Jahr erreichte uns eine Nachricht über eine physikalische Fachzeitschrift. Der amerikanische Physiker Prof. Weber hat zwei Jahre lang versucht, Gravitationsstrahlen zu messen. Er hat mit seiner Apparatur Ereignisse registriert, von denen er glaubt, daß sie von Gravitationsstrahlen herrühren. Eine Bestätigung durch andere Forscher steht noch aus. Vielleicht hat das Zeitalter der Beherrschung der Gravitation durch den Menschen schon begonnen.

### Aufgaben

An dieser Stelle werden wir in Zukunft immer einige Aufgaben veröffentlichen. Wir möchten Sie bitten, sich mit diesen Aufgaben zu beschäftigen und die Lösungen an uns einzusenden. Für die eingesandten Lösungen werden Punkte vergeben, die im Laufe eines Jahres addiert werden. Die Besten der einzelnen Klassenstufen werden mit einer Buchprämie und einer Institutsbesichtigung in Jena ausgezeichnet.

Um eine reelle Bewertung zu ermöglichen, bitten wir darum, daß neben dem Namen und der Anschrift auch die Klassenstufe angegeben wird.

Die Lösungen der gestellten Aufgaben werden im jeweils übernächsten Heft veröffentlicht.

Aufgabe 1: Ein Körper fällt in einen Brunnen. Nach vier Sekunden hört man sein Aufschlagen. Wie tief ist der Wasserspiegel, wenn die Schallgeschwindigkeit 330 ms beträgt?

Aufgabe 2: Zwei Kondensatoren mit den Kapazitäten  $c=10\text{ F}$  und  $c=1\text{ F}$  werden in Reihe geschaltet. Die Pole der Spannungsquelle haben eine Spannung von  $+100\text{V}$  bzw.  $-100\text{V}$  zur Erde. Nun wird die Verbindungsleitung zwischen den Kondensatoren geerdet. Welche Ladung fließt zur Erde ab?

Aufgabe 3: Ein gerades Glasrohr hat eine lichte Weite von 4 mm. Es wird als Barometer verwendet, wobei in ihm das Hg 76 cm hoch steht. Über dem Hg ist ein Volumen von 10 cm Höhe. Durch Unachtsamkeit steigt im Rohr eine Luftblase hoch, nun steht das Hg nur noch 70 cm hoch.

- a) Welchen Raum nahm die Luftblase außerhalb des Rohres ein?
- b) Wie groß ist der Außendruck, wenn im verdorbenen Barometer das Hg 70,8 cm hoch steht?

Aufgabe 4: Ein Zug fährt mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h. Die Spurbreite beträgt 1435 mm. Wie groß ist die induzierte Spannung zwischen den Schienen, wenn die Flußdichte  $0,45 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2}$  groß ist?

Bei seiner Krankheit war es Einstein von ärztlicher Seite untersagt zu rauchen.

Doch er vereitelte die Wachsamkeit der Ärzte und seiner Frau.

Jede angezündete Pfeife war für Elsa Einstein ein Schlag ins Herz.

"Wieviel hast du schon geraucht?" fragte sie schüchtern.

"Das ist die erste", antwortete er jedes Mal.

"Es ist mindestens die vierte", behauptete Elsa.

"Du wirst mir doch nicht weismachen, daß du mehr von Mathematik verstehst als ich", lachte Einstein.

Lew Dawidowitsch Landau,  
Nobelpreisträger für Physik 1962

Im Jahre 1962 wurde der sowjetische Physiker Lew Dawidowitsch Landau mit dem Nobelpreis geehrt. Mit diesem hervorragenden Wissenschaftler wollen wir unsere Reihe "Nobelpreisträger der Physik" beginnen.

Landau wurde am 22. Januar 1908 in Baku geboren. Bereits mit 14 Jahren begann er das Studium der Physik an der Universität Leningrad und promovierte dort mit 19 Jahren. Aus dieser Zeit stammen schon bedeutende Beiträge zur Quantenmechanik. Nach dem Abschluß seines Studiums in Leningrad erhielt Landau die Möglichkeit, bei hervorragenden Wissenschaftlern des Auslandes zu studieren. Er arbeitete etwa zwei Jahre bei Niels Bohr in Kopenhagen, war einige Zeit bei Max Born in Göttingen, sowie in England und der Schweiz tätig.

Nach seiner Rückkehr in die Sowjetunion wurde er als Hochschul-lehrer an das Ukrainische Technisch-Physikalische Institut be-rufen. Er arbeitete dort 5 Jahre als außerordentlich erfolg-reicher Hochschullehrer. Er stellte hohe Anforderungen an seine Schüler und hielt ein sinnvolles schöpferisches Arbeiten auf jedem Gebiet der theoretischen Physik erst dann für sinnvoll, wenn die einzelnen Teildisziplinen gründlich beherrscht wurden.

Im Jahre 1937 ging Landau nach Moskau und setzte hier seine Lehrtätigkeit fort. Er leitete die theoretische Abteilung des Institutes für physikalische Probleme an der sowjetischen Aka-demie der Wissenschaften. 1946 wurde er Mitglied der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Schon vor der Verleihung des No-belpreises hatte Landau in der Sowjetunion und im Ausland eine Reihe hoher Auszeichnungen erhalten. Von den Gebieten auf de-nen Landau arbeitete, seien nur einige genannt:

Quantenelektrodynamik, Quantenfeldtheorie, Kolloid-Elektroche-mie, Theorie des Diamagnetismus der freien Meta llelektronen und insbesondere die Theorie des superfluiden Heliums, welche vor allem zur Auszeichnung mit dem Nobelpreis führte.

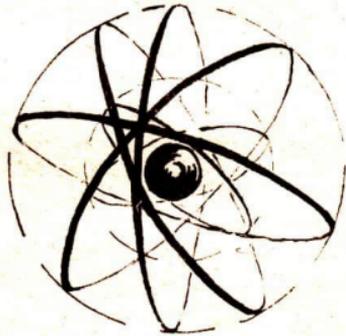
Über superfluides Helium und seine Eigenschaften soll in einem der folgenden Hefte gesprochen werden. Mit L. D. Landau erhielt ein Physiker, der auf vielen Teilgebieten der theoretischen

Physik hervorragendes geleistet hat, für sein Gesamtwerk die höchste Auszeichnung, die auf dem Gebiete der Physik vergeben wird.

L. D. Landau ist uns in der DDR nicht zuletzt auch durch sein hervorragendes neunbändiges Lehrbuch der theoretischen Physik, das er mit seinem Schüler J. M. Lifschitz verfaßte, bekannt.

**STUDIUM, PRAXIS, PROBLEME**  
**der physik und anderer naturwissenschaften**

# impuls 68



2

**monatszeitschrift für schüler 1. jahrgang 1968**

impuls 68 Schülerzeitschrift für Naturwissenschaften

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

Redaktion: J. Herrmann, Dr. Jupe, Dr. Kretschmar, G. Bar-  
tholmös, U. Böttcher, F. Gellerich, D. Gröll,  
A. Köhler, J. Leppert, B. Reinhold, J. Schlich-  
ting.

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 Sammelbe-  
stellungen der einzelnen Schulen.

V-44-6 5 4-015 M 167-68

---

Inhalt

	Seite
Das erste Jahr des Physikstudiums in Jena	3
Bewegung in der Welt der Moleküle	6
Differentiation und Integration elek- trischer Impulse	10
Die Struktur der Moleküle und die VSEPR- Theorie (II)	15
Aufgaben	13

Lieber Leser!

Im Vorwort unserer ersten Nummer informierten wir über das Anliegen, das mit der Herausgabe dieser Zeitschrift verbunden ist, und über die verschiedenen inhaltlichen Fragenkomplexe, die behandelt werden.

Unter diesen Themen befanden sich auch philosophische Probleme der Naturwissenschaft und die Verantwortung des Wissenschaftlers in unserer Gesellschaft.

Im den Tagen und Wochen nun, in denen dieses 2. Monatsheft erscheint, finden wir in Presse und Rundfunk eine große Anzahl von Stellungnahmen zu unserer neuen Verfassung.

Wenn auch in dieser Zeitschrift eine Diskussion unter der oben erwähnten Sicht zur Verfassung erscheint, so mag die Frage auftauchen, weshalb auch hier in dieser Zeitschrift. Wir glauben, daß eine neue Verfassung ein sehr ernstes und wichtiges Problem ist, daß die Stellungnahme zu ihr tief verwurzelt ist mit der Stellung zu diesem Staat, und wir zu sehr für diese Republik engagiert sind, mit zuviel innerer Anteilnahme und zuviel Hoffnung mit ihrer weiteren Entwicklung verbunden sind, als daß wir ohne Kommentar dieses Ereignis vergehen lassen könnten.

Die erste Reaktion auf die Veröffentlichung des Verfassungsentwurfs war eine allgemeine Zustimmung sehr vieler Einzelpersonen, vieler Kollektive und gesellschaftlicher Organisationen. Das ist nur natürlich. Nun aber ist eine detailliertere Diskussion bestimmter Artikel notwendig, konkrete Auslegung und eine etwas problematischere Sicht bestimmter Passagen.

Wissenschaft und Fortschritt wird im neuen Verfassungsentwurf als wesentliche Grundlage der sozialistischen Gesellschaft verankert, ihre Förderung mit dem Ziel der Meisterung der wissenschaftlich-technischen Revolution und der Bereicherung der Bürger gewährleistet. Dies ist zweifellos eine Errungenschaft, über die sich schon viele namhafte Wissenschaftler anerkennend geäußert haben. Es gibt der Wissenschaft verfassungsmäßige Rechte, aber auch Pflichten, über die wir uns klar sein sollten.

Reicht die gegenwärtige Effektivität unserer Forschung dazu aus, um der dann verfassungsmäßigen Pflicht Genüge zu tun, die wissenschaftliche Revolution zu meistern? Gehen wir mit ausreichendem Eifer gegen die Zersplitterung der Forschung an? Reicht das bisherige Ausbildungssystem dazu aus, Wissenschaftler heranzubilden, die

unserer Industrie den Vorlauf in der Forschung bringen, den sie unbedingt auf dem Weltmarkt benötigt? Werden Studenten zu einer ausreichend kritischen Haltung gegenüber traditionellen Denkmethoden erzogen? - Das sind Fragen, die uns zu stellen die neue Verfassung zwingt.

Der Artikel 16 verbindet die Wissenschaft und das sozialistische Bildungssystem mit der Entwicklung der sozialistischen Demokratie. Er legt fest, daß die Bürger befähigt werden, die sozialistische Gesellschaft zu gestalten und an der Entwicklung der sozialistischen Demokratie schöpferisch mitzuwirken. Das ist eine Forderung an sämtliche Bildungseinrichtungen, aber auch an die FDJ. Genügen wir dieser Forderung, verstehen wir es, die große Mehrheit der jugendlichen Bürger mit unseren Argumenten zu errichten, die ganze Kompliziertheit und Differenziertheit der Probleme des sozialistischen Alltags durchschaubar zu machen, sie daran zu interessieren, über brennende Fragen gründlicher nachzudenken und Vorurteile zu überwinden? Das aber ist doch die Voraussetzung für die Mitgestaltung der sozialistischen Demokratie.

Der Verfassungsentwurf sollte auch von dieser Warte her diskutiert werden. Er sollte uns dazu zwingen, unsere geistigen Positionen und unsere Arbeit neu zu durchdenken und, wenn es sich als notwendig erweist, sie zu verändern.

G. Bartholmüs

#### Das erste Jahr des Physikstudiums in Jena

Wir wollen Sie bei den Studienbewerbungen unterstützen und Ihnen einen kleinen Einblick in das Physikstudium in Jena geben. Seit einigen Jahren werden mit den Bewerbern für ein Hochschul- oder Universitätsstudium Eignungsgespräche durchgeführt. Es kommt dabei darauf an, zu beweisen, daß Sie für ein Studium die notwendigen Voraussetzungen haben. Sie müssen logisch denken können und ein solides, anwendungsbereites Grundwissen besitzen. Im Laufe dieses Gesprächs oder danach wird man Ihnen eine kurze Einschätzung und auch Ratschläge geben, wie Sie sich in der verbleibenden Zeit noch auf den Studienbeginn vorbereiten können.

Erfahrungsgemäß ist der Übergang von der Schule zur Universität mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Aber hier sind Wege gefunden worden, diesen Übergang wesentlich zu erleichtern. Am Anfang des Studiums steht ein sogenannter Immatrikulationslehrgang. Im Laufe einer Woche werden Sie mit den wichtigsten Dingen des Universitätslebens vertraut gemacht. Sie lernen Ihre Dozenten und Betreuerassistenten kennen, besichtigen Institute und verschiedene andere Einrichtungen der Universität. Daran schließt sich ein Ernte- bzw. Baueinsatz von etwa drei Wochen an.

Nach dem Ernteeinsatz, etwa in der zweiten Oktoberwoche beginnen dann die Lehrveranstaltungen. Im ersten Semester nimmt noch die Mathematik den größten Raum ein, denn um physikalische Probleme zu lösen, braucht man ein sehr breites und gut fundiertes mathematisches Wissen. Sie hören acht Wochenstunden Analysis. Zur Vertiefung des Vorlesungstoffes werden dazu je Woche vier Stunden Übungen durchgeführt. Hier werden Aufgabenbeispiele gerechnet, und Sie haben Gelegenheit, Fragen zu den Vorlesungen zu stellen. Wöchentlich werden Übungsaufgaben ausgegeben, die Sie zu Hause lösen und abgeben. An diesen Übungsaufgaben können Sie selbst sehen, wie Sie den gebotenen Stoff beherrschen. In fünf Wochenstunden werden die Grundlagen der Experimentalphysik mathematisch genauer als in der Oberschule untersucht. Auch dazu werden Übungen durchgeführt (zwei Wochenstunden) und Übungsaufgaben gerechnet. Drei oder vier Mal im Studienjahr müssen Sie beweisen, daß Sie den in Analysis und Experimentalphysik gebotenen Stoff beherrschen; Sie schreiben Klausuren. Diese werden ein oder zwei Wochen vorher angekündigt. Wenn Sie die Vorlesungen und Übungen regelmäßig besuchen und auch das entsprechende Selbststudium treiben, können Sie die in den Klausuren gestellten Aufgaben ohne große Schwierigkeiten lösen. Haben Sie die Klausuren bestanden und bei den Übungsaufgaben eine bestimmte Mindestpunktzahl erreicht, bekommen Sie am Ende des Semesters oder Studienjahres den "Übungsschein", d. h. die Bestätigung, daß Sie auf dem entsprechenden Gebiet die notwendigen Kenntnisse haben.

Einen wichtigen Platz nimmt auch das gesellschaftswissenschaftliche Grundstudium ein. Im ersten und zweiten Semester hören Sie in einer doppelstündigen Vorlesung "Grundlagen der marxistischen Philosophie". Dazu wird 14-tägig ein Seminar von zwei Stunden durchgeführt.

Wenn wir die Sprachen und den Sport zuletzt anführen, so soll das nicht heißen, daß Sie eine geringere Bedeutung hätten. Die Physikstudenten haben im ersten Semester wöchentlich je zwei Stunden Russisch- und Englischunterricht. Nach Abschluß der Prüfungen in diesen Sprachen (nach dem zweiten Studienjahr) muß man in der Lage sein, Fachtexte zu übersetzen und zu verstehen. Ohne diese beiden Sprachen zu beherrschen, können Sie als Wissenschaftler nicht bestehen.

Als kleinen Ausgleich zur geistigen Tätigkeit treiben Sie in den ersten Semestern wöchentlich zwei Stunden obligatorischen Sport. Hier stehen mehr als 10 Sportarten zur Auswahl.

An der Universität wird nicht nur gelernt, man erlebt auch viele gesellige Stunden. Den Höhepunkt in dieser Beziehung stellt der im Herbst alljährlich stattfindende Pö, der Physikerball, dar. Während der Semesterferien im Februar gibt es dann die Möglichkeit, gemeinsam zum Wintersport zu fahren und sich zu erholen. Das 2. Semester bringt einige Veränderungen. Sie haben nur noch sechs Stunden Analysis-Vorlesung und zwei Stunden Übungen. Neu ist das Anfängerpraktikum. An zwei Tagen wöchentlich können Sie in je drei Stunden Ihre bereits in der Experimentalphysik erworbenen Kenntnisse vertiefen und anwenden. In den drei Stunden müssen Sie vollkommen selbständig nach einer schriftlichen Anleitung einen einfachen physikalischen Versuch durchführen. Die etwa 50 Versuche sind aus den Gebieten der Optik, der Elektrizitätslehre, der Mechanik und der Wärmelehre zusammengestellt. Dieses Praktikum erstreckt sich über zwei Semester.

Den Abschluß des Studienjahres bilden die Prüfungen. Nach den ersten beiden Semestern sind für die Studenten der Physik nur zwei Prüfungen zu absolvieren: in Mathematik und im dialektischen und historischen Materialismus. Bei ausgezeichneten Leistungen im Seminar kann man von der letztgenannten Prüfung befreit werden.

Die Ergebnisse der Prüfungen und die gesellschaftliche Arbeit entscheiden über die Gewährung eines Leistungsstipendiums im nächsten Studienjahr.

Nach den Prüfungen kommt die große Sommerpause - acht Wochen Semesterferien.

Dr. K. Jupe

### Bewegung in der Welt der Moleküle

Die moderne Physik ist in den letzten Jahrzehnten zu immer kleineren Dimensionen vorgedrungen, in Bereiche, die dem Vorstellungsvermögen des Menschen nur sehr schwer zugänglich sind, das Reich der Elementarteilchen, Atome und Moleküle.

Dieser Artikel beschäftigt sich mit der Welt der Atome und Moleküle, ohne sich um deren Aufbau aus noch kleineren Teilchen zu kümmern. Wir stellen uns die Atome und Moleküle als sehr kleine elastische Kugeln vor, etwa von der Art wie Billardkugeln, obwohl wir wissen, daß die Wirklichkeit komplizierter ist. Man nennt eine solche Vorstellung, die bewußt vereinfachte Annahmen macht, ein Modell. Modelle werden von der Physik und auch von anderen Wissenschaften häufig benutzt. Es wird sich zeigen, daß ein solches Modell viele Erscheinungen und Zusammenhänge erklären kann, aber wir müssen uns von vornherein darüber im klaren sein, daß ein solches Modell bei weitem nicht alles erklären kann, daß es Grenzen hat.

Es ist oft bedauert worden, daß wir Menschen so groß sind im Vergleich zu den Atomen und daß wir aus diesem Grunde die Atome nicht direkt sehen können. Tatsächlich ermöglicht es uns aber gerade unsere Größe, uns in unserer Umwelt vernünftig zu bewegen. Um das einzusehen, muß aber erst noch etwas über das Verhalten dieser kleinen Teilchen (Atome, Moleküle) gesagt werden, wobei wir uns auf Gase beschränken wollen. Die Teilchenzahl ist ungeheuer groß, in einem Kubikzentimeter Luft befinden sich bei Normaldruck (760 Torr) und  $0^{\circ}$  C ungefähr 30 000 000 000 000 000 (d. h.  $30 \cdot 10^{18} = 30$  Trillionen) Moleküle. Eine derartig große Zahl kann man sich in keiner Weise vorstellen. Würde man diese 30 Trillionen "Kügelchen" so zu einer "Perlenschnur" auffädeln, daß die Kugeln dicht aneinander liegen, dann könnte diese etwa 75 mal die Erde umschlingen. Sie wäre aber so dünn, daß sie trotz ihrer Länge zusammengeknäult wieder in einem Kubikzentimeter Platz hätte. Und selbst im Hochvakuum von  $10^{-7}$  Torr, wie es etwa in Elektronenröhren herrscht, finden wir immer noch etwa 4 Milliarden Gas-moleküle in einem Kubikzentimeter.

Diese Teilchen befinden sich nun in sehr schneller Bewegung, d. h. sie besitzen kinetische Energie. Die Bewegung der Teilchen können wir wegen der Kleinheit der Moleküle natürlich nicht direkt wahrnehmen, aber wir empfinden und messen sie makroskopisch als Wärme. Je schneller die Teilchen sind, d. h. je größer ihre kinetische Energie ist, desto größer ist auch die von uns gemessene Temperatur bzw. desto wärmer empfinden wir das Gas. Bei einer Temperatur von  $-250^{\circ}\text{C}$  "schleichen" die Teilchen mit einer Geschwindigkeit von ca.  $380\text{ m/s}$  dahin (die angegebenen Werte beziehen sich auf Helium und sind mittlere Geschwindigkeiten der Moleküle bzw. Atome bei der entsprechenden Temperatur), bei  $0^{\circ}\text{C}$  beträgt die Geschwindigkeit bereits etwa  $1300\text{ m/s}$  und wenn wir das Gas auf  $1000^{\circ}\text{C}$  erhitzen, erhöht sich die Geschwindigkeit auf  $2800\text{ m/s}$ . Bei Abkühlung auf  $-273,16^{\circ}\text{C}$  dagegen ist die Geschwindigkeit Null geworden, eine tiefere Temperatur ist nicht möglich, man nennt diese Temperatur daher den absoluten Nullpunkt. Das, was wir als Wärme messen und empfinden, entspricht also der Bewegungsenergie der Moleküle. Hierin liegt auch der tiefere Sinn des ersten Hauptsatzes der Wärmelehre, der von J. R. Mayer, J. P. Joule und H. v. Helmholtz vor etwa 120 Jahren gefunden wurde und der den Zusammenhang zwischen mechanischer Energie und Wärmeenergie beschreibt.

Die Bewegung der Moleküle äußert sich aber noch auf andere Art. Stellen wir uns vor, wir bringen ein Gas, z. B. Helium, in einen geschlossenen Behälter, der Druck sei  $760\text{ Torr}$ , die Temperatur soll  $0^{\circ}\text{C}$  betragen, d. h. die Atome haben eine mittlere Geschwindigkeit von  $1300\text{ m/s}$ . Stößt nun ein Gasteilchen mit der sehr kleinen Masse von  $6,6 \cdot 10^{-24}$  gegen die Wand des Behälters, so wird das kaum irgendwelche bemerkbaren Folgen haben, auch dann nicht, wenn 10 oder 100 Moleküle gegen die Wand prallen. Nun treffen aber unter den angegebenen Bedingungen in jeder Sekunde  $6,5 \cdot 10^{23}$  (das sind 650 Trilliarden) Teilchen auf jeden Quadratzentimeter der Wand und das mit einer mittleren Geschwindigkeit von  $1300\text{ m/s}$ . Diese Stöße können wir natürlich ebenfalls nicht einzeln wahrnehmen, aber wir können ihre Wirkung insgesamt messen, es ist die Größe, die wir makroskopisch als Druck bezeichnen.

Wenn gesagt wurde, daß jeder Quadratcentimeter der Gefäßwand pro Sekunde von  $6,5 \cdot 10^{23}$  Stößen getroffen wird, dann ist das nur ein Mittelwert. Es ist durchaus möglich, daß es an einer Stelle einige Tausend mehr sind, daneben wieder 10 000 weniger, aber diese Schwankungen spielen gegenüber der großen Zahl  $6,5 \cdot 10^{23}$  praktisch keine Rolle. Das ändert sich aber sofort, wenn wir zu sehr kleinen Flächen übergehen, also statt einen Quadratzentimeter etwa ein Quadratpicometer betrachten ( 1 Picometer =  $1 \mu\text{m} = 10^{-12} \text{ m}$ ). Dann beträgt die Zahl der Stöße pro Sekunde auf diese Fläche nur noch 6 500. Dabei wirken sich Schwankungen in der Zahl der Stöße schon merklich aus und wir sind wieder bei unserem Ausgangsproblem angelangt. Stellen wir uns vor, wir könnten einen Menschen etwa auf Molekülgröße verkleinern, eine Idee, die in der utopischen Literatur schon öfter aufgetaucht ist. Bei einem Menschen normaler Größe beträgt die Zahl der Stöße von Luftteilchen auf die Körperoberfläche etwa  $13 \cdot 10^{27}$  pro Sekunde, wir messen das als Druck von 760 Torr. Der Mensch hat sich auf diesen Druck eingestellt, er stört uns nicht und auch Schwankungen dieser Zahl bemerken wir nicht. Anders dagegen unser Mikromensch. Er würde von viel weniger Molekülen getroffen werden (vielleicht einige Hundert oder Tausend pro Sekunde) und dann könnte es geschehen, daß in einem Augenblick besonders viele Teilchen von links kommen, im nächsten Moment sehr viele von vorn usw. Der Mikromensch würde hin- und hergeschleudert wie ein Spielball. Stellen wir uns schließlich vor, unser Mikromensch wäre nicht allein, sondern würde in einer entsprechenden Mikrowelt leben, dann würden alle Gegenstände dieser Welt von zufälligen Molekülstößen hin- und hergeschleudert: Menschen, Fahrzeuge, Häuser usw. Derartige Bewegungen kann man tatsächlich unter dem Mikroskop beobachten, z. B. an Fetteilchen in stark verdünnter Milch. Entdeckt wurde diese Erscheinung 1827 von dem englischen Botaniker R. Brown, der sie an Pflanzensporen beobachtete, die einerseits klein genug sein müssen, damit sich die zufälligen Schwankungen in der Zahl der Molekülstöße bemerkbar machen, andererseits aber groß genug, damit man sie unter dem Mikroskop noch sehen kann. Man nennt diese Erscheinung nach ihrem Entdecker Brownsche Bewegung.

Es wurde hier mehrfach der Begriff "Zufall" gebraucht. Die Bewegung eines einzelnen Moleküles ist tatsächlich zufällig, es ist praktisch nicht möglich, seine Bewegung zu berechnen.

Es ist aber möglich, bei einer sehr großen Zahl von Molekülen mit Hilfe einer geeigneten mathematischen Methode, der Statistik, Gesetzmäßigkeiten zu finden. Die Statistik befaßt sich nur mit einer sehr großen Zahl von Individuen. Diese Individuen können Moleküle sein, aber auch Menschen oder andere Objekte. So spielt die Statistik im Versicherungswesen eine große Rolle. Man kann aus dem Statistischen Jahrbuch der DDR (1967) entnehmen, daß im Jahre 1965 die Lebenserwartung 30-jähriger Männer 41,6 Jahre betrug, d. h. ein Mann, der 1965 ein Alter von 30 Jahren erreicht hat, wird im Mittel ein Alter von 71,6 Jahren erreichen. Aber die Betonung liegt hier auf den Worten "im Mittel", die angegebene Zahl sagt nichts über den Einzelmenschen, Herr Lehmann, der 1965 30 Jahre alt war, kann bereits mit 35 Jahren sterben, er kann aber auch 100 Jahre alt werden, die Statistik kann darüber nichts sagen, sie macht nur Wahrscheinlichkeitsaussagen.

Um nun wieder zu unseren Gasmolekülen zu kommen: Ist es möglich, daß z. B. ein Ziegelstein einmal zufällig nur von einer Seite von Molekülen getroffen wird und sich durch diese Molekülstöße ohne sonstige Einwirkung nach oben bewegt? Antwort: Das ist im Prinzip möglich, aber sehr unwahrscheinlich, wesentlich unwahrscheinlicher, als ein Fünfer im Zahlenlotto. Der Franzose J. Perrin hat einmal ausgerechnet, wie lange ein Dachdecker auf ein solches Ereignis warten müßte:

10 10000000000 Jahre,

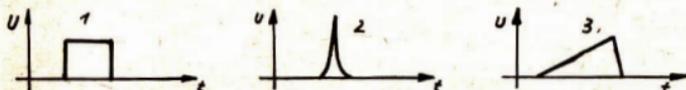
das ist eine Eins mit 10 Milliarden Nullen. Würde man diese Zahl ausschreiben, wobei jede Ziffer 4 mm breit sein soll, dann wäre sie gerade so groß wie der Erdumfang. Das Alter der Erde beträgt erst einen winzigen Bruchteil der angegebenen Zeit. Diese Wahrscheinlichkeit grenzt also praktisch an Unmöglichkeit.

Die Brownsche Bewegung und das Zufallsverhalten der Atome und Moleküle hat verschiedene praktische Konsequenzen, die hier nur genannt werden können, so z. B. die Tatsache, daß man physikalische Meßgeräte nicht beliebig empfindlich bauen kann oder daß der Wirkungsgrad von Wärmekraftmaschinen eine prinzipielle obere Grenze hat (man kann Wärmeenergie nie vollständig in mechanische Energie umwandeln). Davon soll aber in einem späteren Heft dieser Zeitschrift die Rede sein.

### Differentiation und Integration elektrischer Impulse

von Dr. Werner Kretschmar

Die Erzeugung, Weiterleitung, Verarbeitung und Formung elektrischer Impulse ist der physikalische Grundinhalt vieler Vorgänge in der Nachrichten- und Radartechnik, in der Technik der elektrischen Rechenmaschinen, sowie auch im biologischen Geschehen. Unter einem Impuls wollen wir einen Strom- oder Spannungsstoß mit definierter Strom- (Spannungs-) Zeit- Kurve verstehen. Aus der Vielzahl der gebräuchlichen Impulsformen seien der Rechteckimpuls (1), der Nadelimpuls (2) und der Sägezahnimpuls (3) erwähnt.



Die Veränderung des zeitlichen Verlaufs eines Impulses, etwa die Begrenzung der Amplitude, die Verzögerung des Anstiegs oder Abfalls, wird als Impulsformung bezeichnet und ist eine in den oben angeführten Gebieten häufig vorkommende Aufgabe. Im folgenden Text wird eine Impulsformung beschrieben, die einer Differentiation bzw. Integration der Spannungs-Zeit- Kurve eines Impulses entspricht. Die entsprechenden Schaltungen werden als Differenzier - bzw. Integrierglieder bezeichnet.

Es ist der einfachste Aufbau dieser Baugruppen beschrieben. Sie können die Vorgänge verstehen, wenn Ihnen die Grundgesetze des Wechselstromkreises und der Differential- und Integralrechnung bekannt sind.

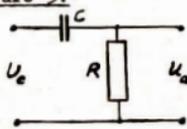
Wir bieten Ihnen den Lehrstoff in programmierter Form, d.h. Sie können nicht durch einfaches Lesen des Textes das Wissen aufnehmen (rezeptiver Wissenserwerb), sondern Sie müssen sich aktiv am Erarbeiten der Zusammenhänge beteiligen. Das Bearbeiten des Lernprogrammes wird Ihnen die Möglichkeit der Verknüpfung Ihrer mathematischen und physikalischen Kenntnisse bieten.

Versuchen Sie stets, erst die gestellten Fragen zu beantworten oder die Textlücken auszufüllen, bevor Sie zur nächsten Lernstufe übergehen. Halten Sie sich unbedingt an die Steuerungshinweise ! ! Beginnen Sie nun mit Lernstufe 1 !

RC-Schaltungen als Differenzier- und Integrierglieder

Stufe 1: Wird an den Eingang der aus Kondensator und Widerstand bestehenden Schaltung die Wechselspannung  $U_e$  gelegt, so kann am Ausgang die Wechselspannung  $U_a$  abgegriffen werden. Kondensator und Widerstand sind in Reihe geschaltet. Wann liegt am Kondensator der größte Teil von  $U_e$ ?  
 Wenn der kapazitive Widerstand  $X_C$  groß gegen  $R$  ist, oder wenn gilt  $X_C \ll R$ ? Entscheiden Sie sich und lesen Sie dann auf der nächsten Seite bei Stufe 2 weiter! →

Stufe 5:



$$u_a = R \cdot C \frac{du_c}{dt}$$

Wegen  $X_C \gg R$  ist aber  $U_e \approx U_C$ , so daß angenähert gilt

$$u_a = R \cdot C \frac{du_e}{dt} \quad (1)$$

Es sind  $u_a$  und  $u_e$  Funktionen der Zeit. Gleichung (1) besagt: Der zeitliche Verlauf der Ausgangsspannung ist proportional der 1. .... des zeitlichen Verlaufs der Eingangsspannung. Lesen Sie bei Stufe 6 weiter! →

Stufe 9:

Wenn  $i = C \frac{du_a}{dt}$  ist, dann ist  $u_a = \frac{1}{C} \int i dt$ .

Für  $R \gg \frac{1}{\omega C}$  ist  $i \approx \frac{u_e}{R}$ . Setzen wir  $i = \frac{u_e}{R}$ ,  
 ... ..

dann geht  $u_a = \frac{1}{C} \int i dt$  über in

$$u_a = \dots\dots\dots$$

Überzeugen Sie sich auf Stufe 10, ob Sie die richtige Lösung gefunden haben!

Stufe 13:

Differenzierglied:

Integrierglied:

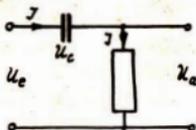


Bedingung: .....

Bedingung: .....



**Stufe 2 :** Wenn gilt  $X_C \gg R$ , dann liegt am Kondensator der größte Teil der Eingangsspannung



Es ist dann  $U_e \approx U_C$ . Der Widerstand eines Kondensators wird berechnet aus

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

bei gegebener Frequenz die Stärke des Stromes  $I$  (siehe Skizze) hauptsächlich von der Kapazität  $C$  bestimmt.

Lesen Sie auf der nächsten Seite bei Stufe 3 weiter!

**Stufe 6 :**  $u_a = R \cdot C \frac{du_e}{dt}$  bedeutet:

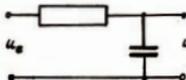
Das RC- Glied bewirkt eine Differentiation des Eingangssignals. Der zeitliche Verlauf der Ausgangsspannung ist der 1. Ableitung des zeitlichen Verlaufs der Eingangsspannung proportional.

Das besprochene RC- Glied stellt ein

Differenzier - Glied dar.

Bedingung: ..... Lesen Sie bei Stufe 7 weiter!

**Stufe 10 :** Mit  $i = \frac{u_e}{R}$  wird



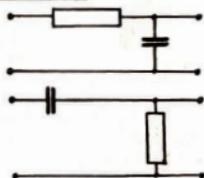
$$u_a = \frac{1}{R \cdot C} \int u_e dt$$

Diese Schaltung stellt ein

..... - Glied dar.

Lesen Sie bei Stufe 11 weiter!

**Stufe 14 :**



Diese Schaltung wirkt als ..... - Glied, wenn

$$R \gg \frac{1}{\omega C}$$

Diese Schaltung wirkt als ..... - Glied, wenn

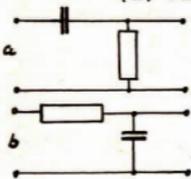
$$\frac{1}{\omega C} \gg R$$

Überzeugen Sie sich auf Stufe 12, ob Sie nunmehr die beiden Schaltungen auseinanderhalten können!

Stufe 3 : Wegen  $X_C = \frac{1}{2\pi f C}$  wird im Fall  $X_C \gg R$  bei gegebener Frequenz die Stromstärke hauptsächlich vom Wert für  $C$  bestimmt.

"Durch" einen Kondensator fließt nur dann ein Strom, wenn sich die Spannung am Kondensator ändert. Der Momentanwert  $i$  des Stromes wird von der Kapazität  $C$  und der Änderungsgeschwindigkeit der Spannung  $\frac{du}{dt}$  bestimmt. Es ist  $i = \dots\dots\dots$  (Das Pendant zur gesuchten Gleichung ist das Induktionsgesetz für Selbstinduktion  $u = L \frac{di}{dt}$ .) Lesen Sie bei Stufe 4 weiter! →

Stufe 7 : Unter der Bedingung  $\frac{1}{\omega C} \gg R$  stellt das RC- Glied (a) ein Differenzierglied dar.



Eine Vertauschung von  $R$  und  $C$  ergibt ein anderes RC- Glied (b).

Wann wird hier die Stromstärke hauptsächlich vom Wert für  $R$  bestimmt?

Es muß gelten:  $R \dots\dots\dots$

Lesen Sie bei Stufe 8 weiter! →

Stufe 11 : Während die Schaltung (a) (siehe oben, Stufe 7) ein Differenzierglied darstellt, wirkt die Schaltung

(b) als Integrier- Glied.

$u_a = \frac{1}{R \cdot C} \int u_e dt$  bedeutet: Der zeitliche Verlauf der Ausgangsspannung ist dem  $\dots\dots\dots$  des zeitlichen Verlaufs der Eingangsspannung proportional.

Bedingung:  $\dots\dots\dots$  Lesen Sie bei Stufe 12 weiter!

Stufe 15 : Wegen  $R \gg \frac{1}{\omega C}$  beim Integrierglied und

$\frac{1}{\omega C} \gg R$  beim Differenzierglied ist der

Effektivwert  $U_a$  der Ausgangsspannung seets

viel kleiner als (?)

etwa so groß wie (?) der Effektivwert  $U_e$  der Eingangs-

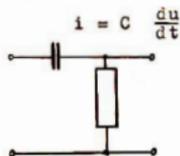
spannung. viel größer als (?)

Was ist richtig ??

berufen Sie sich auf Stufe 15, ob Sie richtig gedacht haben!

Stufe 4 : Momentanwert des Stromes  
(Lade- bzw. Entladestrom) :

zum Vergleich:  
Selbstinduktions-  
spannung einer Spule:  
 $u = L \frac{di}{dt}$

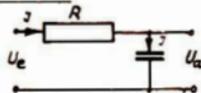


Der durch R fließende Strom ruft den Spannungsabfall  $U_a$  hervor, dessen Momentanwert ist  $u_a = i \cdot R$ .

Mit  $i = C \frac{du_c}{dt}$  wird dann  $u_a = \dots\dots$

Gehen Sie jetzt wieder zurück, und lesen Sie bei Stufe 5 weiter!

Stufe 8 :



Ist  $R \gg \frac{1}{\omega C}$ , dann ist

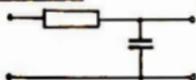
$$I \approx \frac{U_e}{R}, \text{ bzw. } i \approx \frac{u_e}{R}$$

Aus  $i = C \frac{du_a}{dt}$  folgt durch

Integration  $u_a = \dots\dots\dots$

Gehen Sie zurück zu Stufe 9 und prüfen Sie Ihre Lösung!

Stufe 12 :



Ist  $R \gg \frac{1}{\omega C}$ , dann ist angenähert

$$u_a = \frac{1}{R \cdot C} \int u_e dt.$$

Der zeitliche Verlauf des Ausgangssignals ist dem I n t e g r a l des zeitlichen Verlaufs der Eingangsspannung proportional.

Dieses Glied stellt ein  $\dots\dots\dots$  - Glied dar.

Gehen Sie zurück zu Stufe 13!

Stufe 16 : Es ist stets  $U_a$  sehr viel kleiner als  $U_e$ , so daß eine nachfolgende Verstärkung des Ausgangssignals häufig notwendig ist. Um stets zu wissen, welche Schaltung integriert und welche differenziert, merken Sie sich folgendes :

Am Ausgang erscheint das Integral, wenn der (summierende) - Kondensator am Ausgang liegt.

Empfehlungen, wie durch Experimente die Wirkungsweise von RC-Gliedern demonstriert werden kann, werden in einer der nächsten Ausgaben der Zeitschrift u. e. geben.

A. Köhler

Die Struktur der Moleküle und die VSEPR-Theorie (II)

Nachdem wir im Teil I die Grundlagen der VSEPR-Theorie kennengelernt haben, wollen wir nun diese Theorie noch etwas verfeinern.

- (1) Betrachten wir noch einmal das Ammonium-Molekülion  $\text{NH}_4^+$ .

Wir hatten im Teil I eine tetraedrische Struktur gefunden. Im regelmäßigen Tetraeder beträgt der Winkel  $\alpha$  zwischen den bindenden Elektronenpaaren  $109,5^\circ$  (Bild 1). Wir wollen uns nun fragen, ob wir den gleichen Winkel auch beim Ammoniakmolekül finden, das ja anstelle des vierten bindenden Elektronenpaares ein freies besitzt. Dazu überlegen wir uns folgendes:

Die Elektronen eines bindenden Paares werden auf beiden Seiten der Bindung von einem Atomkern angezogen. Deshalb werden sie sich nicht weit von der gedachten Verbindungslinie dieser Kerne entfernen, sondern sich in einem Gebiet aufhalten, das einem Schlauch ähnelt (Bild 2). Ein freies Elektronenpaar wird jedoch nur von einem Kern angezogen, das Aufenthaltsgebiet der Elektronen nimmt hier eine Birnenform an (Bild 3). Auf diese Weise werden die anderen Elektronenpaare am Zentralatom auf einen kleineren Raum zusammengepreßt. Wir können auch sagen: Ein freies Elektronenpaar stößt andere Elektronenpaare stärker ab als ein bindendes. In der Reihe  $\text{CH}_4$  (bzw.  $\text{NH}_4^+$ ) -  $\text{NH}_3$  -  $\text{H}_2\text{O}$  sind jeweils vier Elektronenpaare am Zentralatom vorhanden, aber die Anzahl der freien Paare wächst. Wir müssen also folgern, daß die bindenden Paare deshalb zusammengedrückt werden (Bild 4) und die Winkel ( $\alpha$ ) zwischen diesen kleiner werden. Eine Betrachtung der experimentell gefundenen Werte bestätigt uns das (Tabelle 1).

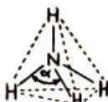


Bild 1

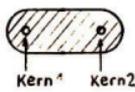


Bild 2

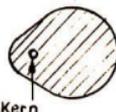


Bild 3

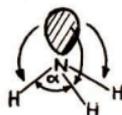


Bild 4

- (2) Wir haben festgestellt, daß die Elektronen eines bindenden Paares von beiden an der Bindung beteiligten Atomkernen angezogen werden. Wenn die beiden Atome voneinander verschie-

den sind, so werden sie auch die Elektronen verschieden stark anziehen. Vom Chlorwasserstoffmolekül HCl wissen wir, daß

Tab. 1

Verbindung	Zahl der Elektronenpaare		$\alpha$
	gesamt	freie	
CH <sub>4</sub>	4	0	109,5°
NH <sub>3</sub>	4	1	107,3°
OH <sub>2</sub>	4	2	104,5°

das Chloratom das Elektronenpaar mehr anzieht als das Wasserstoffatom (Bild 5). Beim Lösen des HCl-Gases im Wasser reißt es das Elektronenpaar sogar ganz zu sich herüber: es bildet sich Salzsäure  $H^+ Cl^-$ . Um die Anziehungskraft auf Elektronen auch quantitativ zu beschreiben, wurden für alle Atome Zahlen berechnet, die sogenannten Elektronegativitäten. Je größer diese Zahlen sind, desto mehr ist das entsprechende Atom bestrebt, Elektronen zu sich heranzuziehen. Im Periodensystem der Elemente steigen diese Elektronegativitäten von links nach rechts und von unten nach oben. Das Fluoratom übt damit den größten "Elektronenzug" aus. Je größer die Elektronegativität der mit einem Zentralatom verbundenen Atome (der Liganden) ist, desto mehr geht der Aufenthaltsbereich der einzelnen Bindungselektronenpaare von der in Bild 2 zu der in Bild 5 gezeigten Form über (H in Bild 5 entspricht dem Zentralatom). Je weniger sich die Elektronen des Bindungspaares aber in der Nähe des Zentralatoms aufhalten, desto weniger werden sie andere Elektronenpaare abstoßen. Wir schließen also: Ein bindendes Elektronenpaar stößt andere Paare umso weniger ab, je größer die Elektronegativität des Liganden ist. Mit steigender Elektronegativität des Liganden müssen also die Winkel zwischen den anderen bindenden Elektronenpaaren größer werden. Auch hier wollen wir uns wieder ein Beispiel ansehen (Tabelle 2).

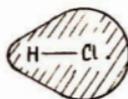


Bild 5

Verbindung	Elektronegativität des Liganden	$\alpha$
a) $\text{OF}_2$	4,0	$103,2^\circ$
$\text{OH}_2$	2,1	$104,5^\circ$
b) $\text{PCl}_3$	3,0	$100^\circ$
$\text{PBr}_3$	2,8	$101,5^\circ$
$\text{PI}_3$	2,5	$102^\circ$

Tabelle 2

- (3) Als drittes Beispiel wollen wir auf das Formaldehydmolekül HCHO zurückkommen. Im Teil I hatten wir eine trigonal ebene Struktur ermittelt. Aber wir ließen außer acht, daß wir ungleiche Bindungen vor uns haben. Bei der Behandlung der Mehrfachbindungen in der Organischen Chemie haben wir gesehen, daß bei diesen Bindungen das Aufenthaltsgebiet des Bindungselektronenpaares viel weiter in den Raum reicht als bei der Einfachbindung. Wir haben also dieselbe Form wie in Bild 2, nur "aufgeblasener". Mit den Erkenntnissen aus den vorangegangenen Beispielen können wir sagen: Elektronenpaare von Mehrfachbindungen stoßen andere Paare stärker ab als die von Einfachbindungen. Die Doppelbindung im HCHO wird also die Elektronenpaare der beiden C-H-Bindungen zusammendrücken, ihr Winkel beträgt in Wirklichkeit nur noch  $118^\circ$  gegenüber  $120^\circ$  im gleichseitigen Dreieck.

Damit wollen wir die Besprechung der VSEPR-Theorie beenden.

Wir sind ausgegangen von einigen einleuchtenden Grundannahmen (Teil I) und haben auf der Grundlage dieser Anschauungen unser Modell weiterentwickelt (Teil II). Vielleicht gibt dieser Artikel Anlaß, sich einmal in Chemiearbeitsgemeinschaften mit dieser Theorie zu beschäftigen. Für die Leiter solcher Arbeitsgemeinschaften sind die folgenden Literaturangaben bestimmt:

- (1) GILLESPIE, R. J.: The Valence-Shell Electron-Pair Repulsion (VSEPR) Theory of Directed Valency, Journal of Chemical Education 40, 295 (1963)
- (2) GILLESPIE, R. J.: Elektronenpaar-Abstoßung und Molekülgestalt, Angewandte Chemie, 79, 885 (1967).

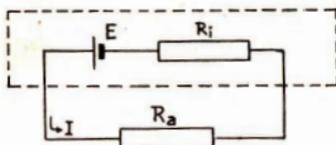
Die Redaktion ist gern bereit, weitere Hinweise zu geben.

Aufgaben

Alle bis zum 30. März eingesandten Lösungen werden mit Punkten bewertet und in die Auszeichnung am Jahresende einbezogen. Wir bitten deshalb, den genauen Absender (mit Schule und Klasse) anzugeben.

**Aufgabe 5:** Was ist im leeren Raum schwerer, ein Stück Blei von der Dichte  $11,35 \text{ g.cm}^{-3}$  oder ein Stück Aluminium von der Dichte  $2,57 \text{ g.cm}^{-3}$ , wenn in der Luft jedes  $1 \text{ kp}$  wiegt? Die Luftdichte beträgt  $1,293 \text{ g.dm}^{-3}$ . Geben Sie den Gewichtsunterschied an!

**Aufgabe 6:** Als Ursprungung  $E$  bezeichnet man die am völlig unbelasteten Element ( $I = 0, R_a = \infty$ ) meßbare Spannung (Messung nur durch Kompensationsschaltung möglich!).  $R_i$  ist der Innenwiderstand des Elementes (ohmscher Widerstand) und  $R_a$  der Außenwiderstand, an dem die Leistung abgegeben wird. Wie groß muß  $R_a$  sein, damit die abgegebene Leistung maximal wird ( $E$  und  $R_i$  sind vorgegeben)?



**Aufgabe 7:** Eine Kugel der Masse  $m$  und der Dichte  $\rho_K$  fällt unter Einfluß der Schwerkraft in ein Medium der Dichte  $\rho_F$ . Für den Reibungswiderstand der Kugel gilt:

$$F_R = 6 \pi \eta \cdot r \cdot v$$

( $\eta$  - Zähigkeit,  $r$  - Kugelradius,  $v$  - Geschwindigkeit)  
Wie groß ist die Geschwindigkeit der Kugel nach einer großen Fallstrecke?

**Aufgabe 8:** Es sind zehn äußerlich nicht zu unterscheidende Kugeln gegeben, von denen neun das gleiche Gewicht haben und das Gewicht einer davon abweicht. Mit einer Balkenwaage soll die im Gewicht abweichende Kugel bestimmt werden.

Geben Sie den Weg an, der zur niedrigsten Anzahl der Messungen führt!

Von Ferdinand BRAUN'S Überschlagsrechnungen behaupteten respektlose Mathematiker, eine Rechnung komme bei ihm nur dann richtig heraus, wenn er zwei Fehler mache, die sich zufällig aufheben.

Obwohl HILBERT Mathematiker war, verfolgte er die theoretische Physik mit viel Interesse. Als er wieder einmal eine größere Arbeit gelesen hatte, meinte er kopfschüttelnd:

"Die Phisik is für die Phisiker viel zu schwer!"

Druckfehlerberichtigung!

In der Nummer 1/68 sind uns leider folgende Druckfehler unterlaufen:

Seite 7: Es muss statt ..... neue Koordinaten  $r$  und  $r'$  .... richtig heißen .....neue Koordinaten  $\gamma$  und  $\gamma'$  ....

Seite 9: Bei dem in Abb.6 dargestellten Mikroskop entsteht das Bild des Objektes nicht in der unendlich fernen Ebene. Das Zwischenbild muss in der vorderen Brennebene des Okulars entstehen. Die Abb.6 muss daher folgendermaßen aussehen:

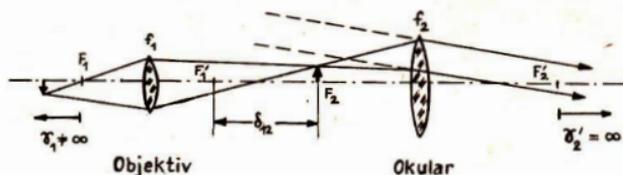


Abb.6

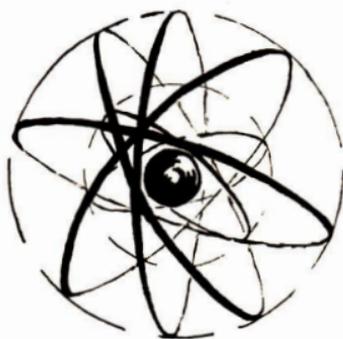
Seite 11, Abschnitt 1: Das Zentralion C ist mit den vier Liganden H durch Atombindungen verbunden (Bild 1).

Seite 17, Aufgabe 2: Die angegebenen Kapazitäten sollen  $10\mu F$  und  $1\mu F$  betragen. Eingesandte Lösungen, bei denen mit  $10 F$  und  $1 F$  gerechnet wurde, werden als richtig bewertet.

Wir bitten dieses Versehen zu entschuldigen.

**STUDIUM, PRAXIS, PROBLEME**  
**der physik und anderer naturwissenschaften**

# impuls 68



**3**

**monatszeitschrift für schüler 1. jahrgang 1968**

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

Redaktion: J. Herrmann  
Dr. Jupe Dr. Kretschmar  
G. Bartholmös, U. Böttcher, F. Gellerich,  
D. Gröll, H.-D. Jähmig, A. Köhler, J. Leppert,  
B. Reinhold, J. Schlichting, M. Seifert

Anschrift: Redaktion impuls 68  
Physikalisches Institut  
69 J e n a  
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

---

### I n h a l t

	Seite
Einige Gedanken zur gesellschaftlichen Verantwortung zukünftiger Wissenschaftler	3
Über die Bewegung künstlicher Satelliten	5
Integration und Differentiation elektrischer Impulse	9
Valenzverbindungen der Edelgase	11
Was sind Halbleiter? (Teil 1)	
Der Franck-Hertz-Versuch - ein bedeutsames Experiment in der Entwicklung der modernen Quantentheorie	18
Lösungen aus Heft 1	22
Aufgaben	25

Peter Fichtner

Einige Gedanken zur gesellschaftlichen Verantwortung  
zukünftiger Wissenschaftler

Junge Menschen streben in unserer Zeit immer mehr dem Studium der Wissenschaften zu. Das ist sehr schön und auch notwendig. Notwendig schon deshalb, weil das Produktionsniveau und -tempo und damit unser Lebensstandard entscheidend durch die Wissenschaftsentwicklung beeinflusst wird. Diese fundamentale gesellschaftliche Stellung der Wissenschaft als moderne Produktivkraft begründet sich gewiß auf die erwiesene Leistungsfähigkeit der Wissenschaft und auch auf unser Vertrauen in die wissenschaftliche Denkweise bei der Zukunftsprojektion unserer Gesellschaft. Freilich bleibt die Praxis nach wie vor Prüfstein für die Brauchbarkeit oder Unbrauchbarkeit einer wissenschaftlichen Aussage, und das praktische Wirken wissenschaftlicher Erkenntnisse entscheidet schließlich über deren allgemeineren Wahrheitswert. Diese dialektische Wechselabhängigkeit von Praxis und Forschung verlangt von uns jungen Menschen, die der Wissenschaft zustreben, mehr denn je, hohes gesellschaftliches Verantwortungsbewußtsein. Die Wahrnehmung dieser Verantwortung geschieht keinesfalls spontan, sondern bedarf einer sehr bewußten Auseinandersetzung über den Sinn unserer Forschung.

Vielfach wird bei uns unter den Studenten die Verantwortung des Wissenschaftlers an einem sehr interessanten Stück von Heinar Kipphardt "In der Sache J.R. Oppenheimer" (erschienen im Forum Heft 15/1965) diskutiert. (Bemerkung: Prof. Oppenheimer ist ein bekannter Atomphysiker und hat während des zweiten Weltkrieges den Bau von Atombomben in den USA maßgeblich geleitet. Er wird als der Vater der Atombombe bezeichnet.) Nun ist gewiß das Verhalten eines Physikers zur Entwicklung von Atombomben problemreich und auch klärensbedürftig. Unsere gesellschaftliche Verantwortung ist jedoch keineswegs so akademisch wie sie vielleicht durch das obige Verhaltensproblem uns Studenten entgegnetritt, sondern viel unmittelbarer und praxisnäher.

Bereits Ihre Entscheidung als Oberschüler für einen späteren Beruf ist, ob Sie wollen oder nicht, von großer gesellschaft-

schaftlicher Wichtigkeit. Schon an dieser Stelle tragen Sie gesellschaftliche Verantwortung. Ebenso ist Ihre Vorbereitung auf ein Studium an einer Hochschule oder Universität nicht nur eine Frage Ihrer Anlagen und Fähigkeiten. Einsicht in die Wichtigkeit der Naturwissenschaften für unsere Gesellschaft ist ein starker Motor für Ihren Einsatzwillen beim Lernen.

Auch wir Studenten übernehmen während des Studiums die gesellschaftliche Verpflichtung, unserem Staat in kürzester Zeit mit hohem fachlichen Wissen, trainierter Denkfähigkeit und Einsatzbereitschaft für unsere sozialistische Gesellschaft zur Verfügung zu stehen. Wir übernehmen den gesellschaftlichen Auftrag, die Wissenschaft zur praktischen Verbesserung unseres Lebens zu gebrauchen, und nicht sie nur als wissenschaftlicher Neugierde hobbyhaft zu betreiben. Wenn wir so bewußt unsere Ausbildung auffassen, und uns auch bemühen, in diesem Sinne später zu forschen, so werden wir bestimmt selbst niemals in die verzweifelte Situation eines plötzlichen Erwachens angesichts gesellschaftlich katastrophaler Auswirkungen von wissenschaftlichen Erkenntnissen geraten. Beispiele dafür gibt es leider mehrere in der Geschichte der Naturwissenschaften, und in der Molekularbiologie erleben wir heute wieder eine eindringliche Mahnung, die Forschung überall unbedingt stärker mit den gesellschaftlichen Erfordernissen zu koppeln.

Diese Einsicht berechtigt einerseits zu der Frage: Welches Gesellschaftssystem fordert diese Kopplung und verhindert damit den Mißbrauch der Wissenschaften. Dazu wissen wir, daß alle kapitalistischen Systeme objektiv unfähig sind, dieser Forderung nachzukommen. Wir wissen, daß im sozialistischen System, und damit in unserem Staat, die Wissenschaft von vornherein praxisbezogen und ihr Mißbrauch immanent unmöglich ist. Andererseits folgt eine Aufgabe für uns: frühzeitig die Fähigkeit herauszubilden, gesellschaftliche Erfordernisse zu erkennen und danach zu handeln. Diese Fähigkeit wird von Ihnen z.B. bei der Berufswahl und von uns jetzt z.B. bei der Entscheidung des Einsatzes als Physiker gefordert.

S. Kessler

### Über die Bewegung künstlicher Satelliten

Die Erfolge der Weltraumforschung veranlaßten viele Menschen, sich erstmalig mit Problemen der Himmelsmechanik zu befassen. Die allgemeinen Bewegungsgesetze von Planeten und Monden sind zwar schon seit Jahrhunderten bekannt; sie sind jedoch bei weitem noch nicht Bestandteil der Allgemeinbildung geworden. Wir wollen nun die himmelsmechanischen Bewegungen etwas ausführlicher erklären. Wir beginnen bei der Kraft, die die Bahnen aller Himmelskörper bestimmt. Seit der Aufstellung des Gravitationsgesetzes durch den Engländer Isaak Newton im 17. Jahrhundert ist bekannt, daß die Masse jedes Körpers eine Eigenschaft besitzt, durch die sie auf die Masse jedes anderen Körpers einzuwirken vermag. Diese Eigenschaft äußert sich als gegenseitige Anziehungskraft. Sie ist unter dem Namen Schwerkraft oder Gravitation allgemein bekannt. Wir spüren z.B. diese Anziehung zwischen der Masse unseres Körpers und der Masse der Erde als Druck auf unsere Sitz- oder Standfläche. Wir bezeichnen diesen Druck als unser Gewicht. Die Masse eines Körpers ist an allen Orten der Erde gleich, das Gewicht hingegen ist an den Polen anders als am Äquator, da die Schwerkraft unterschiedlich ist. Auf einem anderen Himmelskörper wären wir leichter oder schwerer, je nach der Schwerkraftwirkung an dessen Oberfläche. Auf dem Mond würden wir etwa nur ein Sechstel unseres irdischen Gewichtes aufweisen, auf dem Jupiter dagegen würden wir etwa das Zweieinhalbfache wiegen. Die Wirkungen der Schwerkraft wollen wir genauer untersuchen und dabei einige Bewegungsprobleme künstlicher Erdsatelliten mathematisch betrachten. In eine mathematische Form gebracht sieht das Gravitationsgesetz folgendermaßen aus:

$$(1) K = f \frac{mM}{r^2}$$

Es bedeuten  $m$  und  $M$  die Massen der sich anziehenden Körper, die in diesem Fall als Kugeln gedacht sind, und  $r$  bedeutet den Abstand der Mittelpunkte dieser Kugeln. Wir wollen mit  $M$  immer die Masse der Erde bezeichnen, mit  $m$  die des Satelliten und mit  $r$  seinen Abstand vom Erdmittelpunkt. Der Faktor  $f$  ist

die sogenannte Gravitationskonstante. Wenn wir die Masse in Kilogramm (kg) angeben und die Entfernung  $r$  der Körper in m, so ergibt sich für die Gravitationskonstante  $f$  der Wert  $f = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{sec}^{-2}$ . Wir erhalten dadurch die Kraft  $K$  in Newton  $[N]$  ( $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-2}$ ). Das Gewicht, das ja der Anziehungskraft entspricht, messen wir in Kilopond  $[kp]$ . An der Erdoberfläche beträgt das Gewicht von einem kg Masse gerade ein Kilopond. Wir wollen das rechnerisch bestätigen. Die Masse der Erde beträgt  $5,97 \cdot 10^{27} \text{ g}$ , der Erdradius ist  $6,37 \cdot 10^8 \text{ cm}$ .

Setzen wir diese Werte in Gl. (1) ein, so erhalten wir die Kraft in dyn  $[g \text{ cm s}^2]$  und durch Division durch  $981 \text{ cm/s}^2$  das Gewicht:

$$K = 6,67 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{10^3 \cdot 5,97 \cdot 10^{27}}{6,37 \cdot 10^8 \cdot 6,37 \cdot 10^8 \cdot 981} \quad [p]$$

$$\frac{981}{981} \cdot 10^3 p = 1000 p = 1kp$$

Dieses Ergebnis gilt genau nur am 45. Breitengrad. Die Schwerkraft wirkt von einem Körper aus nach allen Richtungen. Dabei wird sie, wie sich aus Gl. (1) ablesen läßt, mit zunehmendem Abstand vom Mittelpunkt der Anziehung immer kleiner. Die Schwerkraft nimmt auf ein Viertel ab, wenn die Entfernung verdoppelt wird. Diese rasche Abnahme ist in Abb. 1 dargestellt.

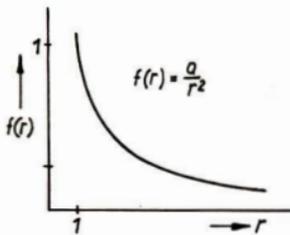


Abb. 1

Sie wirkt sich sehr günstig auf unsere Bestrebungen zur Raumfahrt aus. In einer Entfernung von etwa 1,5 Millionen km von der Erde kann man deren Schwerkraft für alle heute denkbaren Experimente vernachlässigen. Dort muß man aber die Schwerkraft der Sonne berücksichtigen. Wir nehmen nun an, die Erde sei eine homogene Kugel, d.h. sie sei gleichmäßig mit Masse erfüllt. Die Masse einer solchen Kugel können wir uns punktförmig im Mittelpunkt vereinigt denken. Wir stellen uns also vor, daß die gesamte Schwerkraftwirkung der Erdmasse von ihrem Mittelpunkt ausgehe. Die Erde sei außer-

dem so weit von anderen Himmelskörpern entfernt, daß deren Schwerkraftwirkungen auf die Bewegung eines in der Nähe der Erde umlaufenden kleinen Körpers keinen Einfluß hätten. Von dieser idealisierten Erde aus werfen wir einen Stein senkrecht nach oben. Die angreifende Schwerkraft verringert ständig seine Geschwindigkeit, so daß er schließlich zum Stillstand kommt und mit zunehmender Geschwindigkeit wieder zurückfällt. Die Luftreibung wollen wir der Einfachheit halber hier einmal vernachlässigen. Die Bewegungsenergie (kinetische Energie), kann man durch Steigerung der Geschwindigkeit, wenigstens theoretisch, beliebig erhöhen. Die vom Schwerkraftfeld der Erde ausgehende Energie ist aber nur ein begrenzter Wert, andernfalls müßte die Erde unendlich groß sein. Es muß also eine Geschwindigkeit geben, die dem Stein eine so hohe kinetische Energie verleiht, daß sie der Energie des irdischen Schwerefeldes gleichkommt. Ein so geworfener Stein überwindet die Fesseln der Schwerkraft. Diese Geschwindigkeit bezeichnet man als Fluchtgeschwindigkeit. Wir wollen sie ausrechnen: Das in Gl. (1) angegebene Gravitationsgesetz gibt an, wie groß die Schwerkraft in einem Punkt ist, der einen Abstand  $r$  vom Erdmittelpunkt hat. Soll ein Körper die Erde verlassen, so muß er diese Kraft längs eines Weges von der Erdoberfläche bis in jede erreichbare Ferne überwinden. Dazu ist eine bestimmte Arbeit notwendig. Da die Kraft längs des Weges aber nicht konstant ist, sondern sich verkleinert, je weiter sich der Körper von der Erde entfernt, müssen wir die Beziehung

$$dA = f \cdot \frac{M \cdot m}{r^2} \cdot dr$$

Arbeit = Kraft mal Weg

integrieren und erhalten als Größe der Arbeit, die für die völlige Entfernung eines Körpers aus dem Schwerefeld der Erde aufzuwenden ist:

$$(2) \quad A = \int_{r_0}^{\infty} f \frac{Mm}{r^2} dr = fMm \int_{r_0}^{\infty} \frac{dr}{r^2} = -fMm \left[ \frac{1}{r} \right]_{r_0}^{\infty} = \frac{fMm}{r_0}$$

( $r_0$  Erdradius,  $M$ -Masse der Erde,  $m$ -Masse des zu entfernenden Körpers). Diese Arbeit müssen wir der kinetischen Energie gleichsetzen, die der Stein erhalten soll. Die kinetische En-

ergie ist gegeben durch

$$(3) \quad E_{kin} = \frac{m}{2} v^2$$

Zur Bestimmung der Fluchtgeschwindigkeit setzen wir beide Ausdrücke gleich

$$(4) \quad \frac{m}{2} v^2 = \frac{fMm}{r_0} \quad \text{und damit} \quad v^2 = \frac{2fM}{r_0} \quad v = \sqrt{2 \frac{fM}{r_0}}$$

Diesen Ausdruck können wir noch etwas umformen. Wir können nämlich die Schwerkraft durch die Beschleunigung ausdrücken, die sie einer Masse erteilt. Die Größe dieser Beschleunigung an der Erdoberfläche bezeichnen wir mit  $g$ . Mit Hilfe des Kraftwirkungsgesetzes und des Gravitationsgesetzes können wir sie bestimmen:

$$mg_0 = f \frac{m \cdot M}{r_0^2} \quad \text{und formen um in} \quad f \frac{M}{r_0} = g_0 r_0$$

Somit erhalten wir durch Einsetzen des Ausdruckes  $g_0 r_0$  für  $f \frac{M}{r_0}$  in Gl. (4) für die Fluchtgeschwindigkeit endlich:

$$(5) \quad v = \sqrt{2g_0 r_0}$$

Die Formel zeigt, daß die Masse des geworfenen Körpers keine Rolle spielt. Durch  $g_0 = \frac{fM}{r_0^2}$  erhalten wir den Zahlenwert für die Schwerebeschleunigung an der Erdoberfläche. Mit den angegebenen Werten für  $f$ ,  $M$ ,  $r_0$  erhalten wir den bekannten Wert  $g_0 = 981 \text{ cm s}^{-2}$ . Für die Fluchtgeschwindigkeit erhalten wir:  
 $v = \sqrt{2 \cdot 981 \cdot 6,37 \cdot 10^8} \text{ cm/s} = 11,2 \text{ km/s}$

Die Existenz dieser Fluchtgeschwindigkeit ist die Garantie dafür, daß ein Verlassen der Erde grundsätzlich möglich ist, daß es also kein Naturgesetz gibt, das ein Vordringen in den Weltraum verbietet, wie etwa der Satz von der Erhaltung der Energie jeden Versuch von vornherein für immer zum Scheitern verurteilt, ein Perpetuum mobile zu bauen, das ständig aus dem Nichts Energie erzeugt. Die Fluchtgeschwindigkeit ist natürlich bei jedem Himmelskörper anders. Sie richtet sich nach dessen Masse und Radius. Die abschließende Tabelle gibt einige Fluchtgeschwindigkeiten bekannter Himmelskörper an:

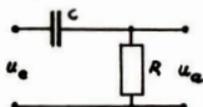
Erde	11,2 km/sec	Mars	5 km/sec	Jupiter	59,4 km/sec
Mond	2,4 km/sec	Venus	10,1 km/sec		

Dr. Werner Kretschmar

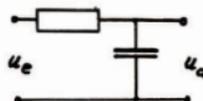
Integration und Differentiation elektrischer Impulse

(Fortsetzung)

Im Heft 2 dieser Zeitschrift wurden Sie durch ein Lernprogramm mit Möglichkeiten der Integration und Differentiation elektrischer Impulse bekanntgemacht. Wir wollen Ihnen nunmehr Vorschläge unterbreiten, wie Sie sich von der Impulsformung durch RC - Glieder überzeugen können. Stellen wir noch einmal zusammen, was Sie sich im Heft 2 erarbeitet hatten :



Diese Schaltung stellt ein Differenzierglied dar, wenn gilt  $X_C \gg R$ .  
Es ist dann  $u_a = RC \frac{du_e}{dt}$ .



Diese Schaltung stellt ein Integrierglied dar, wenn gilt  $R \gg X_C$ .  
Es ist dann  $u_a = \frac{1}{RC} \int u_e dt$ .

Wollen Sie sich von der Wirkung der RC - Glieder überzeugen, dann vergleichen Sie den zeitlichen Verlauf der Eingangsspannung  $u_e$  mit dem Verlauf der Ausgangsspannung  $u_a$ . Dafür verwenden Sie einen Katodenstrahl-Oszillografen.

Als Eingangssignale bieten sich an :

1. Sinusförmige Wechselspannung

Mit Hilfe der Synchronisiereinrichtung des Oszillografen wird ein stehendes Bild von wenigen Perioden der Wechselspannung erzeugt (Oszillograf am Eingang der Schaltung angeschlossen). Bei Anschluß des Oszillografen an den Ausgang der Schaltung erscheint die differenzierte bzw. integrierte Kurve.

Beispiel: Eingangssignal

$$\begin{array}{l}
 \text{Ausgangssignal (diff.)} \\
 \text{(integr.)}
 \end{array}
 \begin{array}{l}
 u_e = U_0 \sin \omega t \\
 u_a = U_0 \cos \omega t \\
 u_a = -\frac{1}{\omega} U_0 \cos \omega t
 \end{array}$$

2. Pulsierende Gleichspannung,

erhalten durch Ein- oder Zweiweggleichrichtung einer Wechselspannung.

Beispiel: Eingangssignal

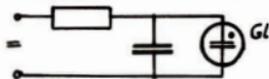
Ausgangssignal  
(diff.)



### 3. sägezahnförmige Spannung

3.1 Kippspannung eines Oszillografen als Eingangssignal verwenden (ca. 100 Hz einstellen).

3.2 Kippspannung nach angegebener Schaltung erzeugen.



$$R \approx 500 \text{ k}\Omega$$

$$C \approx 0,01 \mu\text{F}$$

Gl: Glimmlampe

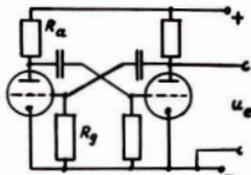
### 4. Impulse eines astabilen Multivibrators

4.1 Röhrenschaltung

Vorschlag:  $R_a = 10 \text{ k}\Omega$

$R_g = 1 \text{ M}\Omega$

$C = 2 \text{ nF}$



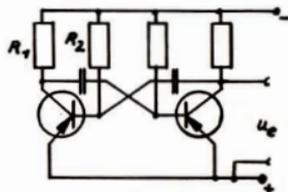
Die Anodenspannung ist je nach Röhrentype so zu wählen, daß die Anlage stabil schwingt.

4.2 Transistorschaltung

Vorschlag:  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$

$R_2 = 100 \text{ k}\Omega$

$C = 0,1 \mu\text{F}$



Für die Betriebsspannung gilt wieder die oben gegebene Regel.

Wenn Sie als Eingangssignal Netzwechselspannung verwenden bzw. bei den Impulsschaltungen 3 und 4 die Bauelemente in der Größenordnung der angegebenen Werte wählen, dann wird die Bedingung für das Differenzierglied ( $X_C \gg R$ ) eingehalten bei  $C = 1 \text{ nF}$  und  $R \leq 100 \text{ k}\Omega$ . Für das Integrierglied wird die Bedingung ( $R \gg X_C$ ) eingehalten bei  $R = 100 \text{ k}\Omega$  und  $C \geq 0,2 \mu\text{F}$ .

Wir wünschen Ihnen Erfolg beim Experimentieren !

W. Reichardt

### Valenzverbindungen der Edelgase

Noch vor einigen Jahren konnte man in den Hochschullehrbüchern etwa folgendes lesen: "Die Gruppe der Edelgase umfaßt diejenigen Elemente, die unter gewöhnlichen Bedingungen überhaupt keine stabilen chemischen Verbindungen bilden." Sogar bei hohen Temperaturen und mit Hilfe elektrischer Entladungen ließen sich keine Edelgasverbindungen herstellen. Aus diesem Grund sah man die mit 8 (bzw. in der K-Schale 2) Elektronen gefüllten Elektronenschalen der Atome als besonders beständig und zur Verbindungsbildung unfähig an.

Seit der Entdeckung der Edelgase in den Jahren 1892 - 1897 durch Ramsay und Rayleigh haben jedoch zahlreiche Wissenschaftler versucht, Verbindungen dieser Elemente zu erhalten. Dabei wurden Anlagerungsverbindungen der Edelgase mit Wasser ("Edelgashydrate") und sogenannte Einschlußverbindungen (siehe dazu einen späteren Artikel) bekannt, aber in beiden liegen die Edelgasatome unverändert vor. Es handelt sich daher nicht um echte chemische Verbindungen.

Dennoch konnte man auf Grund folgender Überlegungen Edelgasverbindungen erwarten: Es war z.B. gelungen, eine Verbindung herzustellen, in der das Kation  $O_2^+$  vorlag (Dioxygenylhexafluoroplatinat  $O_2^+ PtF_6^-$ ). Bei der Verbindungsbildung mußte also dem  $O_2$ -Molekül ein Elektron entzogen werden. Die dazu nötige Energie ist aber größer als die, die man für die Abspaltung eines Elektrons aus einem Xenonatom braucht ( $Xe \rightarrow Xe^+ + e^-$ ). Deshalb sollte auch  $Xe^+$  in Verbindungen vorkommen können.

Den Anstoß zu den zahlreichen Arbeiten der letzten Jahre lieferte der kanadische Wissenschaftler Bartlett, der bei Untersuchungen über die Platinfluoride auch die Verbindung  $O_2(PtF_6)$  hergestellt hatte. Ihm gelang als erstem die Darstellung der analogen Verbindung  $Xe(PtF_6)$ . Die obigen Überlegungen waren also richtig. Das Besondere bei der Herstellung von Edelgasverbindungen besteht darin, daß die meisten Verbindungen wärmeempfindlich sind und sich zum Teil schon bei Zimmertemperatur zersetzen. Man muß in diesen Fällen die Elemente

(z.B. Xe und F<sub>2</sub>) auf 400-500°C erhitzen und anschließend sofort auf etwa -180°C abkühlen. Das war bei den früheren Versuchen zur Darstellung von Edelgasverbindungen noch nicht bekannt.

Nach dem Erfolg Bartletts erschienen in rascher Folge Veröffentlichungen über die Darstellung, die Eigenschaften und die Struktur von Edelgasverbindungen. Auch in unserer Republik wurden Versuche durchgeführt. So berichtete die "Zeitschrift für Chemie" 1966 über die Darstellung von XeCl<sub>2</sub> im I. Chemischen Institut der Humboldt-Universität Berlin.

In der folgenden Tabelle sollen einige wichtige Edelgasverbindungen aufgeführt werden.

Verbindung	Eigenschaften	Darstellung
KrF <sub>2</sub>	farblos, fest, sublimiert	Kr + F <sub>2</sub> im Elektronenstrahl
KrF <sub>4</sub>	bei -78°C weiße Nadeln	Kr + 2F <sub>2</sub> , elektrische Entladung bei -188°C
XeF <sub>2</sub>	farblos, fest, Pp. 140°C	Xe + 2F <sub>2</sub> , elektrische Entladung
XeF <sub>4</sub>	farblos, fest, Pp. 114°C	Xe + 2F <sub>2</sub> , bei 400°C unter Druck
XeF <sub>6</sub>	farblos, fest; hellgelber Flüssigkeit Pp. 46°C, Kp. 87°C	Xe + 2 OF <sub>2</sub> bei 300°C und 60 atm.
XeF <sub>8</sub>	gelb, fest, nur bei tiefen Temperaturen beständig	Xe + 16 F <sub>2</sub> bei 620°C und 200 atm
XeCl <sub>2</sub>	farblos, fest	Xe-F <sub>2</sub> -CCl <sub>4</sub> -Mischung bei -80°C, Hochfrequenzfunken
XeOF <sub>2</sub>	explosiv	Hydrolyse von XeF <sub>4</sub>
XeOF <sub>4</sub>	farblos, flüssig Pp. -41°C	teilweise Hydrolyse von XeF <sub>6</sub>
XeO <sub>3</sub>	farblose Kristalle, explosiv	Hydrolyse von XeF <sub>4</sub>
H <sub>4</sub> XeO <sub>4</sub>	farblos, explosiv	Hydrolyse von XeF <sub>4</sub>
H <sub>6</sub> XeO <sub>6</sub>		Hydrolyse von XeF <sub>6</sub>

In der dritten Spalte dieser Tabelle wurden die Verhältnisse der eingesetzten Elemente angegeben, die Zahlen haben also nichts mit der Reaktionsgleichung zu tun.

Von den "Xenonsäuren"  $H_4XeO_4$  und  $H_6XeO_6$  konnten Salze dargestellt werden, z.B.  $Ba_3XeO_6$ . Auch Salze einer Perxenonsäure  $H_4XeO_6$  mit achtwertigem Xenon wurden erhalten.

Mit der Chemie der Edelgasverbindungen entstand innerhalb weniger Jahre ein ganz neuer Zweig der anorganischen Chemie, der gegenwärtig besonders für die theoretische Chemie Bedeutung hat. Zur Zeit sind im wesentlichen Verbindungen des Xenons bekannt. Nach unserem heutigen Wissen kann man stabile Verbindungen von Helium, Neon und wahrscheinlich auch Argon kaum erwarten. Wie weit diese Annahme zutrifft, wird die Zukunft lehren. Sicher sind in der Chemie der Edelgasverbindungen noch viele interessante Ergebnisse zu erwarten.

Wilhelm Conrad RÖNTGENS Vortrag war etwas eintönig, so daß die Hörer gelegentlich einschliefen oder sich auch miteinander unterhielten. Doch einmal wurde das Röntgen zu laut, da sagte er: "Wenn jene Herren dort ihre Unterhaltung etwas leiser führen wollten, könnten die Herren, die der Ruhe bedürfen, ungestörter schlafen und die übrigen meinem Vortrag besser folgen."

Verspätet kam ein Student in das Kolleg von HALLWACHS. Hallwachs unterbrach seinen Vortrag und wartete verärgert, bis der Student sich einen Platz gesucht haben würde. Darauf machte der Student kehrt und sagte im Fortgehen: "Ach, ich dachte, hier würde gelesen!" Nach einer Erholungspause setzt Hallwachs seinen Vortrag fort.

J. Schlichting

Was sind Halbleiter?(Teil 1)

Fragt man nach einem sichtbaren Beispiel des technischen Fortschritts der letzten Jahre, so wird man in der Regel zuerst auf die Elektronik hingewiesen. Nicht zu Unrecht, denn in kaum einem Gebiet fallen die Veränderungen so sehr ins Auge. Diese Entwicklung ist vor allem mit der technischen Anwendung eines interessanten Gebiets der Festkörperphysik verknüpft: dem der Halbleiter.

Unter Halbleitern versteht man im weiteren Sinne zunächst solche Stoffe, deren elektrische Leitfähigkeit zwischen der von ausgesprochenen Leitmaterialien und derjenigen von Isolatoren liegt. Solche Stoffe zeigen nun in der Regel eine ganze Reihe interessanter Eigenschaften. So entdeckte z.B. schon M. Faraday, daß der Widerstand bestimmter Metallsalze, die Halbleitereigenschaften besitzen, nicht, wie z.B. von den metallischen Leitern gewohnt, mit der Temperatur zunimmt, sondern abnimmt. Auf diese Eigenschaft kann man nun eine etwas exaktere Definition eines Halbleiters (im engeren Sinne) zurückführen: Man spricht von einem Halbleiter dann, wenn der betreffende Stoff am absoluten Nullpunkt keinerlei elektrische Leitfähigkeit besitzt und erst bei Erhöhung der Temperatur elektrisch leitend wird, d.h., daß in einem bestimmten Bereich sein Widerstand mit der Temperatur abnimmt. Diese Eigenheit des Halbleiters läßt sich nun aus der besonderen Art der elektrischen Leitung in diesen Stoffen erklären: Im Gegensatz zur normalen metallischen Leitung ist die Leitfähigkeit von Halbleitern im wesentlichen auf Störungen in ihrem Gefüge zurückzuführen. Natürlich ist die Möglichkeit, daß Störungen im Kristallgefüge auftreten, mit steigender Temperatur und damit bei erhöhter Wärmebewegung größer.

Im ungestörten Zustand sind die Valenzelektronen bei einem Halbleiter vollständig durch das Kristallgitter gebunden, d.h. es sind keine freien Ladungsträger vorhanden, die einen Stromfluß ermöglichen. Tritt dagegen eine Störung in der Struktur auf (z.B. durch Atome oder Ionen, die normalerweise

nicht am Gitteraufbau beteiligt sind), können Ladungsträger (Elektronen, Ionen) auftreten. Die starke Abhängigkeit der Halbleitereigenschaften von der vorliegenden Kristallstruktur sieht man z.B. daran, daß ein und derselbe Stoff (z.B. Germanium) bei unterschiedlicher Kristallstruktur einmal die Eigenschaften eines Halbleiters, einmal die eines metallischen Leiters aufweisen kann.

Besonders deutlich läßt sich die Art der Leitung in Halbleitern an einigen Elementen der vierten Hauptgruppe des Periodensystems, insbesondere dem Silizium und Germanium, demonstrieren. Man bezeichnet diese Stoffe deshalb zuweilen auch als "Modellhalbleiter". Im folgenden seien einige charakteristische Eigenschaften der Halbleiter am Beispiel des Germaniums demonstriert. Das ungestörte Gitter des Germaniums ist völlig symmetrisch aufgebaut. Im zweidimensionalen Modell kann man das Bild etwa so darstellen:

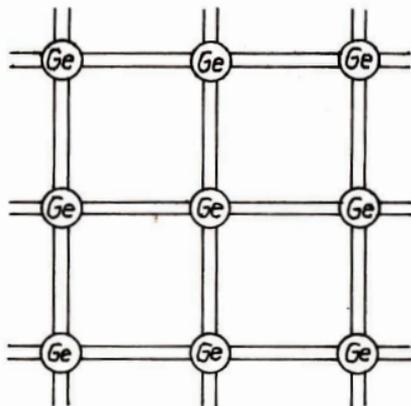


Abb. 1

Die Kreise entsprechen Germaniumionen, die Striche Valenzelektronen. Eine Störung kann nun auftreten durch ein in den Gitteraufbau eingehendes Fremdatom, z.B. eines aus der

3. oder 5. Hauptgruppe. Bei einem Atom der 5. Hauptgruppe erscheint ein zusätzliches Elektron, das nicht im Gitter gebunden ist:

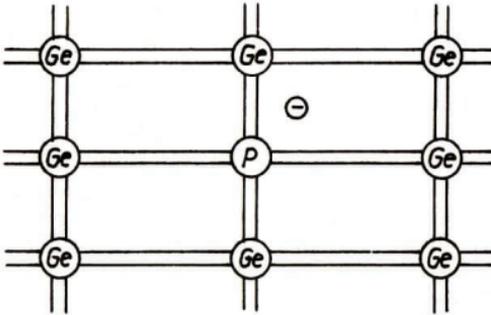


Abb. 2

Als Beispiel für das Fremdatom wurde in der Skizze Phosphor gewählt. Das zusätzliche Valenzelektron des Phosphors kann nun beim Anlegen einer elektrischen Spannung zu wandern beginnen, d.h. es kommt zu einem Stromfluß, der Kristall ist elektrisch leitend geworden. Bei diesem Typ der Störung spricht man von n-Leitung, weil der Ladungsträger ein negativ geladenes Elektron ist.

Bei einem störenden Atom, das der 3. Hauptgruppe angehört (z.B. Indium), fehlt im Gitteraufbau ein Valenzelektron:

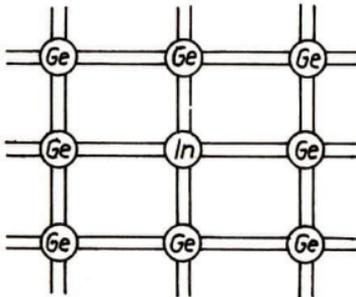


Abb. 3

Dieses "Loch" im Gitter kann auch als zusätzlicher positiver Ladungsträger interpretiert werden, den man als Defektelektron bezeichnet. Bei Anlegen einer Spannung beginnt das Loch zu wandern, ein Strom fließt. Natürlich sind es auch bei diesem Typ der Leitung die Elektronen, die das Wandern der Defektelektronen verursachen, indem sie in die entstehende Lücke ständig "nachrutschen". Man bezeichnet diese Art von Halbleitern als p-leitend.

Dieser Artikel wird im nächsten Heft fortgesetzt.

Bernd Reinhold

Der Franck-Hertz-Versuch - ein bedeutsames Experiment  
in der Entwicklung der modernen Quantentheorie

Seit der Entdeckung des Elektrons und Streuversuchen (von Lenard und Heinrich Hertz) an dünnen Metallfolien war die Annahme, die Atome seien massive, unteilbare kleine Kügelchen, nicht mehr aufrechtzuerhalten.

In England unternahm es Ernest Rutherford, die neuen Experimente am Atom zu erklären:

Atome bestehen im wesentlichen aus .... nichts! Von dem massiven Kügelchen bleibt nur ein winziger Kern, der sich aus zwei verschiedenen Grundbausteinen zusammensetzt, aus Protonen und Neutronen. Noch viel winzigere Teilchen, Elektronen, umkreisen den Kern wie die Planeten die Sonne. Die Elektronen sind negativ geladen, die Protonen positiv. Die elektrostatische Anziehung (Coulombsches Gesetz!) und die Fliehkraft halten sich dabei das Gleichgewicht.

Dieses schöne Modell hatte nur leider einige Fehler: es sagte nichts über die Anordnung der Elektronen, nichts über die Aussendung von Licht und war überdies nach den Gesetzen der Elektrodynamik instabil.

Was unternimmt ein theoretischer Physiker in einer solchen Lage? Die Experimente sind eindeutig, an ihnen läßt sich nichts ändern. Die vorhandene Theorie aber führte nur zu Widersprüchen, eine neue Theorie kann man nicht aus den Ärmeln schütteln. Nils Bohr, der große dänische Physiker,

stellte nun zwei Leitsätze (Postulate) an die Spitze seines Atommodells (das natürlich vom Rutherford'schen ausging) und konnte damit ein in sich widerspruchsfreies, anwendbares Bild von den inneratomaren Verhältnissen geben:

1. Das Atom hat eine Anzahl strahlungsloser Zustände. In einem solchen Zustand ist ihm eine bestimmte Energie  $E_n$  zugeordnet.

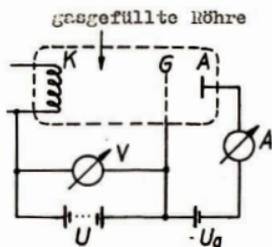
2. Der Übergang von einem dieser Zustände  $E_n$  zu einem anderen  $E_m$  erfolgt in Sprüngen unter Aufnahme oder

Abgabe eines Lichtteilchens mit einer Energie von  $E_n - E_m = h\nu$ .  
 $h$  - Plancksches Wirkungsquantum  
 $\nu$  - Frequenz des Lichtes

Das war eine Revolution! Die Annahme strahlungsfreier Zustände ließ sich durch bisherige Theorien einfach nicht rechtfertigen. Aber: diese Annahme erklärte einfach und logisch viele Experimente!

Von großer Bedeutung wäre es, den physikalischen Inhalt dieser Postulate direkt in einem unwiderlegbaren Versuch nachweisen zu können .....

Wenn man den Atomen Energie, deren Größe man ständig verändert, zuführt, müßten vernünftigerweise irgendwelche Resonanzerscheinungen dann auftreten, wenn diese Energie gerade das Atom von einem Zustand in den nächsthöheren bringt.



K;G;A Kathode;Anode;  
Gitter

U regelbare Spannung

$U_g$  Gegenspannung

A, V Amperemeter bzw. Voltmeter

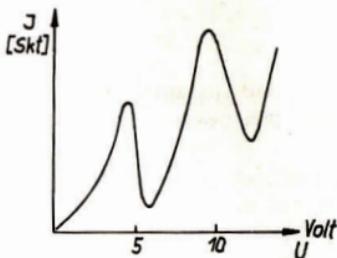
Einen solchen Versuch unternahmen J. Franck und G. Hertz:

Die von der Glühkathode K ausgestoßenen Elektronen werden durch eine regelbare Spannung zwischen K und G beschleunigt. Diese Elektronen stoßen auf ihrem Weg mit Gasatomen zusammen. Schließlich laufen sie hinter dem Gitter gegen eine Gegenspannung (gering im Vergleich zur Beschleunigungsspannung) an. Das heißt: soll ein Elektron an der Anode A ankommen, muß es noch eine Energie zur Überwindung der Gegenspannung haben. Ist dies der Fall, so ist der äußere Strom-

kreis geschlossen und durch das Amperemeter fließt ein Strom I. Verändert man stetig die Beschleunigungsspannung U und beobachtet den Stromfluß I, so stellt man fest: Bei ganz bestimmten Werten von U sinkt der Strom erheblich ab. Und nun stellen Hertz und Franck fest: Diese Werte U entsprechen genau der Spannung, die ein Elektron auf eine kinetische Energie vom Betrage  $E_n - E_m$ , der Differenz zweier Atomzustände, bringt.

Der Mechanismus ist ganz einfach: Die Elektronen stoßen auf die Gasatome. Nur wenn ihre Bewegungsenergie ausreicht, Hüllenelektronen der Gasatome auf eine energiereichere Bahn zu heben, gibt es eine Wirkung: Die von der Katode kommenden Elektronen geben ihre Energie an die Hüllenelektronen ab. (Resonanzeffekt) und können dadurch die schwache Gegenspannung zwischen Gitter und Anode nicht mehr überwinden. Sie erreichen nicht mehr die Anode, folgedessen sinkt der Anodenstrom (siehe Diagramm).

Beispiel für ein U-J-Diagramm bei Quecksilberdampf-füllung



Die angeregten Hüllenelektronen gehen nach einiger Zeit "freiwillig" in den Grundzustand zurück. Die Energiedifferenz wird in Form einer Lichtwelle abgestrahlt.

Auch dieser Effekt wurde beobachtet. Die Frequenz des Lichts kann leicht aus den Maxima des Anodenstroms berechnet werden (Beispiel):

$$\begin{aligned} E_n - E_m &= h \cdot \nu \\ \frac{4,9 \text{ eV}}{h} &= 1,17 \cdot 10^{12} \text{ sek}^{-1} \\ &= 253 \text{ } \mu\text{m Wellenlänge} \end{aligned}$$

Andererseits kann die Frequenz des Lichts auch direkt gemessen werden, und es zeigte sich, daß sie mit der obigen übereinstimmt.

Beide Wissenschaftler, James Franck und Gustav Hertz, erhielten für diesen sehr schönen Beweis der strahlungsfreien Zustände (wie sie Bohr postulierte) 1925 den Nobelpreis. Gustav Hertz - übrigens ein Neffe des berühmten Entdeckers

der elektromagnetischen Wellen Heinrich Hertz - lebt heute in der DDR. Er entwickelte weiter ein für die Technik sehr bedeutsames Verfahren zur Trennung gasförmiger Isotope.

Von 1945 bis 1954 arbeitete er in der UdSSR. Für die Tätigkeit in der Sowjetunion erhielt G. Hertz den Leninpreis.

Nach seiner Rückkehr in die DDR war er an der Universität Leipzig tätig. Die DDR würdigte seine Arbeit mit dem Nationalpreis (1955).

Sein Kollege James Franck mußte wie so viele deutsche und europäische Wissenschaftler vor der Nazibarbarei ins Ausland fliehen. Er lebt seit 1933 in den USA.

Wenn auch die modernen Vorstellungen vom Atom weit komplizierter, vollständiger und in einer geschlossenen Theorie - der Quantentheorie des Atoms - heute das Bohrsche Modell in die Geschichte der Physik verweisen, so ist doch andererseits gerade diese heutige Theorie schwer denkbar ohne die Pionierarbeiten eines Bohr, Franck oder G. Hertz.

### Lösungen aus Heft 1

1. Die Gesamtzeit  $t$ , die vergeht, bis man den Aufschlag hört, setzt sich zusammen aus:  $t_1$  - Fallzeit des Steines und  $t_2$  - Laufzeit des Schalles im Brunnen.

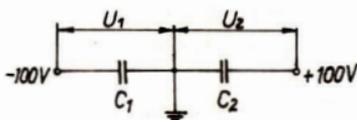
Der Stein bewegt sich unter dem Einfluß der Schwerkraft, also nach den Gesetzen des freien Falls. Wir führen  $t$  neben  $t_1$  und  $t_2$  folgende Bezeichnungen ein:  $h$  - Tiefe des Brunnens;  $g$  - Erdbeschleunigung;  $c$  - Schallgeschwindigkeit.

Für die Fallhöhe des Steines gilt (freier Fall):  $h = \frac{g}{2} t_1^2$

$t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ . (1) Die Ausbreitung des Schalles ist eine gleichförmige Bewegung. Es gilt also:  $h = c \cdot t_2$   $t_2 = \frac{h}{c}$ . (2) Weiterhin gilt:  $t = t_1 + t_2$  nach (1) und (2):  $t = \frac{h}{c} + \sqrt{\frac{2h}{g}}$

$h = \frac{c^2}{2g} \left( \sqrt{1 + \frac{2gt}{c}} - 1 \right)^2$ . Alle auf der rechten Seite dieser Gleichung stehenden Größen sind bekannt. Nach Einsetzen der Zahlenwerte erhält man für  $h \approx 67,3$  m.

2.



In der Aufgabe sollte es richtig heißen:  $C_1 = 1 \mu\text{F}$ ,  $C_2 = 10 \mu\text{F}$  (siehe auch Heft 2!). Wir wollen die Aufgabe jedoch hier mit den angegebenen Werten rechnen, also  $C_1 = 1 \text{ F}$ ,  $C_2 = 10 \text{ F}$ .

Für die Ladung eines Kondensators gilt allgemein

$Q = C \cdot U$   $Q_1 = C_1 \cdot U_1$ ,  $Q_2 = C_2 \cdot U_2$ . Bei der Reihenschaltung müssen die Ladungen  $Q_1$  und  $Q_2$  gleich sein (nach Definition der Ladung!) Es ist also:  $C_1 \cdot U_1 = C_2 U_2$ . Daraus erhalten wir:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{1}{10} \quad \text{bzw.} \quad U_2 = \frac{1}{10} U_1 \quad (1)$$

Weiterhin gilt aber:  $U_1 + U_2 = 200 \text{ V}$  (2) (Skizze!)

Aus (1) und (2) erhält man:

$$U_1 = 181,8 \text{ V} \quad U_2 = 18,2 \text{ V}$$

Für  $Q_1 = Q_2$  erhalten wir dann nach  $Q = C \cdot U$ :  $Q_1 = Q_2 = \frac{2000}{11} \text{ As}$ .

Danach ist  $Q'_1 = C_1 \cdot 100 \text{ V} = 100 \text{ As}$ . Die Differenz zwischen  $Q_1$  und  $Q'_1$  fließt zur Erde ab. Entsprechendes gilt für  $C_2$ . Man beachte jedoch, daß gleichartige Ladungen abfließen.

Die gesamte abfließende Ladung ist also:

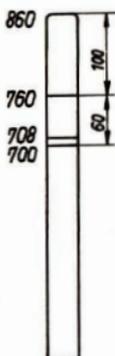
$$Q = Q_1 - Q'_1 + Q'_2 - Q_2 = 900 \text{ As}$$

3. a) Der äußere Luftdruck beträgt  $p_0 = 760 \text{ Torr}$ .

Nach dem Boyle-Mariotte'schen Gesetz gilt:

$$p \cdot V = \text{const.}$$

$$\text{Also:} \quad p_0 V_0 = p_1 V_1$$



$P_1$  - Druck im Glasrohr über dem Hg, nachdem die Luftblase hochgestiegen ist

$P_0$  - Außendruck

$V_1$  - Volumen über der Quecksilbersäule, nachdem die Luftblase hochgestiegen ist

$V_0$  - Volumen der Luftblase bei Außendruck.

$$P_1 = (760 - 700) \text{ Torr} = 60 \text{ Torr}$$

$$V_1 = (60 + 100) \cdot 4 \cdot \pi \text{ mm}^3$$

$$V_1 = 2,012 \text{ cm}^3$$

$$P_0 = 760 \text{ Torr}$$

$$V_0 = \frac{P_1 V_1}{P_0} = \frac{60 \cdot 2,012}{760} = 0,159 \text{ cm}^3$$

b) Verändert sich der Außendruck auf  $p_{\text{au\ss}}$ , so daß das Hg bis auf 708 mm steigt, so gilt:

$$P_{\text{au\ss}} = 708 \text{ Torr} + P_3$$

$P_3$  = Druck der eingeschlossenen Gasblase

$$P_3 V_3 = P_1 V_1$$

$$V_3 = (100 + 52) \cdot 4 \cdot \pi \text{ mm}^3$$

$$V_3 = 1,91 \text{ cm}^3$$

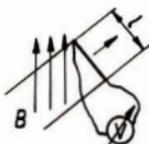
$$P_3 = \frac{60 \text{ Torr} \cdot 2,012 \text{ cm}^3}{1,91 \text{ cm}^3} = 63,25 \text{ Torr}$$

$$P_{\text{au\ss}} = 708 \text{ Torr} + 63,25 \text{ Torr}$$

$$= 771,25 \text{ Torr}$$

=====

4.



Das magnetische Feld der Erde steht senkrecht zur Richtung der Schienen. Die Wagenachsen kann man als einen Leiter betrachten, der die Feldlinien senkrecht durchschneidet und zwischen dessen Enden eine Spannung induziert wird. Für die induzierte Spannung gilt:

$$U = l v B$$

$$B = 0,45 \cdot 10^{-8} \frac{\text{Vs}}{\text{cm}^2}$$

$$l = 143 \text{ cm}$$

$$U = 143,5 \cdot \frac{10^5}{36} \cdot 0,45 \cdot 10^{-8} \text{V} \quad v = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \approx \frac{100\,000}{36} \frac{\text{cm}}{\text{s}}$$

$$U = 1,79 \cdot 10^{-3} \text{V}$$

=====

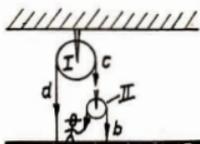
#### Aufgaben für Heft 3

Für die eingesandten Lösungen werden Punkte vergeben, die im Laufe eines Jahres addiert werden. Die Besten der einzelnen Klassenstufen werden mit einer Buchprämie und einer Institutsbesichtigung in Jena ausgezeichnet.

Um eine reelle Bewertung zu ermöglichen, bitten wir darum, daß neben dem Namen und der Anschrift auch die Klassenstufe angegeben wird.

Leider können wir nur Lösungen berücksichtigen, die bis zum 20.5.1968 (Datum des Poststempels) an uns geschickt werden. Die richtigen Lösungen der gestellten Aufgaben werden in Heft 5 veröffentlicht.

- Aufgabe 9: Mit welcher Kraft  $F$  muß ein Mensch an der angegebenen Anordnung am Seil  $a$  ziehen, damit er das Brett, auf dem er steht, hält, wenn das Gewicht des Menschen  $G_1 = 60$  kp und das Gewicht des Brettes  $G_2 = 30$  kp beträgt und die Rolle II von vernachlässigbar kleinem Gewicht ist?  
(9/10)



- Aufgabe 10: Ein harmonisch schwingender Körper befindet sich  $\frac{1}{20}$  s nach Durchgang durch die Ruhelage um  $\frac{1}{4}$  der Amplitude von der Nulllage entfernt. Wie groß ist seine Frequenz?  
(9/10)

- Aufgabe 11: Die mittlere Entfernung Erde-Sonne beträgt  $149,5 \cdot 10^6$  km. Die Umlaufzeit der Erde beträgt 365,25 Tage =  $3,156 \cdot 10^7$  s. Errechnen Sie daraus die Masse der Sonne (Erdbahn als Kreisbahn angenommen).  
(11/12)

- Aufgabe 12:  
(11/12)



Wann beträgt der Widerstand dieser Anlage  $20\Omega$  ?  
Bei welcher Frequenz ist das der Fall?

Liebe Leser!

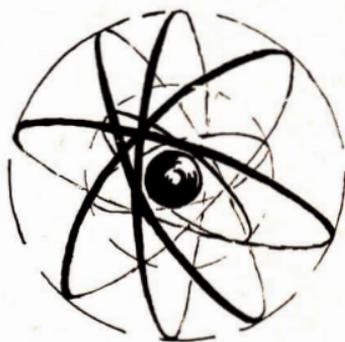
Wir bitten die Verspätung der Hefte 2 und 3 vielmals zu entschuldigen. Die Ursachen für die Verspätung lag an technischen Gründen, die von der Redaktion nicht verschuldet wurden.

Die Terminbegrenzung für die Einsendung der Aufgabenlösungen wurde somit ein Kuriosum, das nicht als verspäteter Aprilscherz gedeutet war. Eingereichte Lösungen werden immer bis vier Wochen nach Versand der Zeitschrift bewertet.

Die Redaktion

**STUDIUM, PRAXIS, PROBLEME**  
**der physik und anderer naturwissenschaften**

# impuls 68



**4**

**monatszeitschrift für schüler 1. jahrgang 1968**

# **impuls 68 Schülerzeitung für Naturwissenschaften**

Herausgeber:

FDJ-Aktiv der Sektion Physik  
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Redaktion:

J. Herrmann, Dr. Jupe, Dr. Kretschmar, G. Bartholmös,  
U. Böttcher, M. Funk, F. Gellerich, D. Gröll, H. D.  
Jähnig, A. Köhler, B. Reinhold, J. Schlichting,  
G. Sommer.

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
Denken und Handeln	2
Was sind Halbleiter? (Teil 2)	5
Raman – Effekt	6
Die Richtung des Weltgeschehens	8
Der Mößbauereffekt und seine Bedeutung	11
Wie wägt man ein Atom <sup>2</sup>	14
Lösungen zu Heft 2/68	18
Aufgaben	21

Denken und Handeln

Zum 150. Geburtstag von Karl Marx

" Wenn wir den Stand gewählt, in dem wir am meisten für die Menschheit wirken können, dann können uns Lasten nicht niederbeugen, weil sie nur Opfer für alle sind; dann genießen wir keine arme, eingeschränkte, egoistische Freude, sondern unser Glück gehört Millionen, unsere Taten leben still, aber ewig wirkend fort, und unsere Asche wird benetzt von der glühenden Träne edler Menschen."

Das sind die Worte eines jungen Mannes etwa Ihres Alters. Das sind Worte mit jugendlichem Pathos, von echten humanistischen Idealen durchdrungen. Das ist der Schlußsatz im Abituraufsatz des 17-jährigen Karl Marx.

Der Menschheit zu dienen und die Wirklichkeit menschlich zu gestalten, darin sieht der junge Marx seine Berufung und das Glück des Lebens. Das sind keine schönen Worte ohne reale Konsequenzen, kein hohles Bekenntnis. In der Verfolgung dieses Zieles hat Marx seine Lebensauffassung gefunden und seine ganze Persönlichkeit dafür eingesetzt.

Ein allgemeines humanistisches Anliegen jedoch, wie es die Mehrzahl der Menschen im besonderen Maße die Jugend sicherlich besitzt, nützt nur dann etwas, wenn es als Ausgangspunkt für die kritische Analyse gesellschaftlicher Zustände und für das aktive Eingreifen zur Veränderung dieser Zustände im Sinne einer menschlicheren, sozial gerechteren und fortschrittlicheren Ordnung dient.

Diese Forderung erkannte Marx sehr frühzeitig. Während seines Studiums, in dem er sich zunächst der Jura, später aber immer überwiegender der Philosophie widmete, untersuchte er deshalb mit großem Elan alle damaligen philosophischen Richtungen auf ihre Wirksamkeit in der Geschichte und Gegenwart der Menschheit und prüfte nach, inwiefern sie die gesellschaftliche Praxis widerspiegeln und eine Anleitung zum Handeln für die Veränderung der bestehenden Ordnung sein könnten. Diese kritische Aufnahme des gesamten philosophischen Gedankenguts seiner Zeit gelang ihm

auf Grund seines Willens zur Veränderung der kapitalistischen Gesellschaft und seines sich gleichzeitig während dieser detaillierten Untersuchungen verändernden Klassenstandpunktes, der Parteinahme für die sozial unterdrückten Schichten. Umgekehrt war der veränderte Klassenstandpunkt Bedingung für die kritische Überwindung der Philosophien Hegels und Feuerbachs bei gleichzeitiger Beibehaltung ihrer rationalen Kerne. So erkannte er die dialektische Methode in der Philosophie Hegels als das gültige Prinzip, nach dem sich die Natur bewegt und entwickelt, während er ihre idealistischen Wurzeln verwarf und die materialistischen Ideen Feuerbachs übernahm. Feuerbach blieb jedoch in vieler Hinsicht inkonsequent und faßte den Menschen nur als biologisches, nicht aber als gesellschaftliches Wesen auf. An dieser Stelle setzte Marx an und untersuchte die materiellen Lebensverhältnisse in der geschichtlichen Entwicklung der Menschheit und ihre objektiven Entwicklungsgesetze. Dabei entdeckte er, daß es die Kämpfe gegensätzlicher Klassen sind, die als Triebkraft eine Vorwärtsentwicklung der menschlichen Gesellschaft ermöglichen. Marx analysierte die kapitalistische Gesellschaft, um herauszufinden, welche Klasse durch ihre unmittelbare Lage, durch die materielle Notwendigkeit, durch ihre Ketten selbst dazu gezwungen ist, die bürgerliche Gesellschaft, den bürgerlichen Staat und seine ökonomischen Grundlagen, das Privateigentum, zu zerschlagen und dadurch die soziale Revolution zu ermöglichen. Diese Klasse konnte nur das Proletariat sein, das mit der Entwicklung der kapitalistischen Industrie zwangsläufig wachsen und sich zu einer entscheidenden Macht entwickeln würde.

Zu diesen Resultaten seines ständigen Erkenntnisprozesses kam Marx etwa zwei Jahre nach seiner Promotion zum Doktor der Philosophie in Jena (1841). Damit hatte Marx den entscheidenden Wendepunkt erreicht, aus dem konsequenten revolutionären Demokraten wurde der Materialist und Kommunist, der Schritt für Schritt die Weltanschauung des Proletariats, den wissenschaftlichen Kommunismus entwickelte. Und Marx wäre eben als historische Persönlichkeit nicht halb so bedeutend, wenn er aus diesen theoretischen Überlegungen nicht die Konsequenzen gezogen hätte und eines tat: handeln.

Er suchte die Verbindung mit der Arbeiterklasse und wurde gemeinsam mit Friedrich Engels zum Begründer des "Bundes der Kommunisten" und zum Verfasser des Programms, des Kommunistischen Manifests, dieser ersten Arbeiterpartei auf der Grundlage des wissenschaftlichen Kommunismus.

Die Einheit von Theorie und Praxis, von Denken und Handeln ist ein wesentlicher Grundgedanke seiner Lehre zur Veränderung der Welt, und Karl Marx hat in seinem ganzen Leben diese Einheit in eigener Person verwirklicht. Ob während der Bürgerlich-Demokratischen Revolution von 1848, ob bei der Gründung der 1. Internationale, überall versuchte Marx seine ständig weiterentwickelten Kenntnisse in der Praxis durchzusetzen. Und diese Erkenntnisse waren wahrhaft geistige Großtaten. Nachdem er bereits das allgemeine Entwicklungsgesetz der menschlichen Gesellschaft entdeckt hatte, fand er später in seinem Hauptwerk "Das Kapital" das spezielle Bewegungsgesetz der kapitalistischen Produktionsweise und entschlüsselte mit der Mehrwerttheorie das Geheimnis des Kapitalismus, zeigte dessen ökonomischen Grundwiderspruch, den Widerspruch zwischen gesellschaftlichem Charakter der Produktion und privater Aneignung, und orientierte die Arbeiterklasse auf ihre historische Aufgabe: Die Errichtung der proletarischen Diktatur.

Karl Marx - Wissenschaftler der Revolution, Revolutionär der Wissenschaften. Schöpfer der einheitlichen Weltanschauung des dialektischen und historischen Materialismus, Begründer des wissenschaftlichen Kommunismus. Arbeiterführer, Denker und Kämpfer. Seines 150. Geburtstages gedenken wir in diesen Wochen. Ihn zu ehren aber heißt, von ihm lernen zu denken und zu handeln.

"Die Philosophen haben die Welt nur verschieden interpretiert, es kommt aber darauf an, sie zu verändern."

Was sind Halbleiter? (Teil 2)

Während der erste Teil dieses Artikels einige grundlegende Fragen der Leitung in Halbleitern behandelte, soll sich der 2. Teil im wesentlichen mit den Anwendungen der Halbleitereigenschaften in der Technik beschäftigen. Neben der Ausnutzung der thermischen Eigenschaften von Halbleitern beruht ihre Anwendung vor allem in ihrer Kombination untereinander, bzw. mit metallischen Leitern.

Kombiniert man z. B. einen Halbleiter des p-Typs mit einem solchen vom n-Typ, so erhält man einen sog. Halbleiterschichtkristall. Zwischen den beiden Gebieten bildet sich eine sog. Grenzschicht aus, deren Elektronen- und Defektelektronenkonzentration sich die Waage halten. Wird nun die Kombination so an eine Spannungsquelle gelegt, daß das p-Gebiet an den positiven, das n-Gebiet an den negativen Polen angeschlossen wird, so werden die (gleichnamigen) Ladungsträger abgestoßen, d. h. in die Grenzschicht gedrückt. Dadurch wird die Grenzschicht, die ja einen sehr schlechten Leiter darstellt, schmaler, die Leitfähigkeit der Kombination besser. Bei umgekehrter Polung hingegen werden die Ladungsträger abgesaugt, die Grenzschicht wird breiter, die Leitfähigkeit geht nahezu auf Null zurück. Diese deutliche Richtungsbevorzugung wird vielfältig zur Gleichrichtung von Wechselströmen ausgenutzt (Germanium- bzw. Siliziumdioden),

Das genaue Verständnis der Vorgänge in der Grenzschicht ist relativ kompliziert, insbesondere spielen hier thermodynamische Vorgänge eine entscheidende Rolle. Eine Grenzschicht bildet sich auch aus, wenn Metalle mit Halbleitern kombiniert werden. Darauf beruhen z. B. Anwendungen wie die bekannten Selengleichrichter. Das Studium der Grenzschicht verschiedenartiger Halbleiter führte dann zur Entdeckung des Transistorprinzips, das die Konstruktion von Verstärkern auf Halbleiterbasis ermöglichte. Genaueres hierzu wird in einem späteren Artikel in dieser Zeitschrift ausgeführt werden.

Zum Abschluß sei noch auf einige andere Anwendungen von Halbleitern hingewiesen. Die Tatsache, daß Halbleiter im

allgemeinen ihren Widerstand mit steigender Temperatur verringern, nutzt man bei den sog. Heißleitern aus, die erst ab einer bestimmten Temperatur eine nennenswerte Leitfähigkeit besitzen. Genannt seien hier die sog. Urdoxwiderstände (der verwendete Halbleiter ist  $UO_2$ ), die z. B. in der Rundfunktechnik Anwendung finden.

Eine weitere Anwendung beruht auf der sog. lichtelektrischen Halbleitung. Eine Reihe von Halbleitern haben die Eigenschaft, bei Lichteinstrahlung ihren Widerstand zu verringern. Das beruht wieder darauf, daß die einfallende Lichtstrahlung (Photonen) Störungen im Kristallgefüge hervorruft. Das nutzt man zur Konstruktion von Photowiderständen und Photoelementen aus.

Hartmut Hünsel

### Raman-Effekt

Erst vierzig Jahre ist es her, seit ein Effekt entdeckt wurde, der in der modernen Wissenschaft und Industrie eine bedeutende Rolle spielt. Die Anwendung dieses physikalischen Effektes ermöglicht es, Kenntnisse über den Bau der Moleküle zu gewinnen.

Der Raman-Effekt ist eine Form der Lichtstreuung. Wenn wir monochromatisches Licht (d. h. Licht einer einzigen Wellenlänge) auf eine Substanz fallen lassen, so erhalten wir im gestreuten Licht außer der eingestrahnten Frequenz noch Linien mit anderen Frequenzen. Die äußerst intensitätsschwachen verschobenen Linien wurden 1928 zum ersten Male von CHANDRASEKARA VENKATA RAMAN nachgewiesen und beschrieben. 1930 erhielt dieser indische Physiker dafür den Nobelpreis.

Die Entstehung dieses Effektes kann man auf verschiedene Weise beschreiben. Die Quantentheorie kann mit ihren Mitteln die Erscheinung des Raman-Effektes erklären. Das Auftreten der Linien im Streulicht läßt sich aber auch schon mit klassischen Betrachtungen verstehen.

Wenn ein elektrisches Feld der Kreisfrequenz  
auf ein Molekül wirkt:

$$E = E_0 \cdot \sin 2\pi \nu_e t \quad (1)$$

verursacht es eine periodische Verschiebung der Elektronen im Molekül. Die Kerne können wegen ihrer großen Masse den schnellen Feldänderungen nicht folgen. Das bedeutet, daß der Abstand des positiven und negativen Schwerpunktes sich periodisch ändert. Mit anderen Worten, das Molekül stellt einen schwingenden Dipol dar, dessen Schwingung von der einfallenden Welle induziert wird.

Sein Dipolmoment  $P$  ist proportional der Feldstärke  $E$ :

$$P = \alpha \cdot E \quad (2)$$

wobei  $\alpha$  ein Proportionalitätsfaktor ist, den man als Polarisierbarkeit bezeichnet, die von den Eigenschaften des speziellen Moleküls abhängt. Als schwingender elektrischer Dipolstrahlt das Molekül elektromagnetische Wellen aus, die dieselbe Frequenz wie das induzierende Feld besitzen. Diesen Prozeß nennt man Rayleigh-Streuung.

Dabei ist aber stillschweigend angenommen worden, daß sich der Proportionalitätsfaktor  $\alpha$  während des Streuprozesses nicht geändert hat. Wir müssen jedoch berücksichtigen, daß die Atomkerne im Molekül nicht starr miteinander verbunden sind, sondern Schwingungen mit ganz bestimmten Eigenfrequenzen  $\nu_v$  gegeneinander ausführen können. Da sich bei der Molekülschwingung die relative Lage der Kerne zueinander periodisch mit  $T = \frac{1}{\nu_v}$  ändert, verändert sich auch die Größe der Polarisierbarkeit  $\alpha$ . Man kann  $\alpha$  in folgender Form

$$\alpha = \alpha_0 + \alpha_1 \chi_0 \sin 2\pi \nu_v t \quad (3)$$

in einen zeitunabhängigen und in einen zeitabhängigen Anteil, der die Frequenz der Molekülschwingung enthält, zerlegen.

$\alpha_1$  gibt die Änderung der Polarisierbarkeit für die Frequenz  $\nu_v$  an. Setzen wir die Formeln (3) und (1) in (2) ein, so erhalten wir:

$$P = \alpha_0 E_0 \sin 2\pi \nu_e t + \frac{1}{2} \alpha_1 \chi_0 E_0 \left[ \dots \right. \\ \left. \dots [\cos 2\pi (\nu_e - \nu_v) t] - \cos 2\pi (\nu_e + \nu_v) t \right] \quad (4)$$

In den Argumenten stehen alle Frequenzen, die wir im Streulicht beobachten können.

Wenn man das gesamte gestreute Licht mit einem Spektralapparat untersucht, findet man, wenn das Molekül nur eine Schwingung besitzt, im Spektrum neben der Linie, die von der eingestrahlten Welle herrührt, eine nach längeren Wellen verschobene Linie der Frequenz  $\nu_0 - \nu$ , die sogenannte Stokes'sche Linie und eine nach kürzeren Wellen verschobene Linie der Frequenz  $\nu_0 + \nu$ , die Antistokes'sche Linie. Bei einem mehr als zweiatomigen Molekül können wegen der größeren Anzahl von Eigenschwingungen auch entsprechend mehr Ramanlinien auftreten. Zu jeder Molekülschwingung gehört eine Stokes- und eine Antistokes-Linie. Aus den Abständen zwischen den Linien  $\nu_0$  und  $\nu_0 \pm \nu$  kann man die Schwingungsfrequenzen des Moleküls angeben. Die Kenntnis dieser Moleküleigenfrequenzen liefert uns wertvolle Aussagen über die geometrische Struktur des Moleküls und die chemische Bindung zwischen den einzelnen Atomkernen.

Zur Erzeugung und zum Nachweis von Ramanstrahlung braucht man also monochromatisches Licht, wozu man entweder die Linien einer Quecksilberlampe oder in letzter Zeit auch Laserstrahlen verwendet. Weiterhin benötigt man die zu untersuchende ramanaktive Probensubstanz, einen Spektralapparat und ein Instrument zum Nachweis der Strahlung. Früher hat man die Strahlung mit Photoplatten nachgewiesen. In neuerer Zeit verwendet man weiterentwickelte Photozellen, die eine sehr hohe Empfindlichkeit besitzen.

Dr. K. Jupe

### Die Richtung des Weltgeschehens

(der 2. Hauptsatz der Wärmelehre)

Im vorletzten Heft dieser Zeitschrift (Nr. 2, Seite 6) haben wir gesehen, daß die Temperatur eines Gases der kinetischen Energie der Moleküle entspricht. Je schneller sich die Moleküle bewegen, desto höher ist die gemessene Temperatur. Da die Zahl der Moleküle bei normalen Bedingungen (760 Torr, 0°C) sehr groß ist, kommt es sehr

häufig zu Zusammenstößen zwischen ihnen und mit den Wänden des Gefäßes. Diese Stöße an die Gefäßwände messen wir makroskopisch als Druck und zwar messen wir an jeder Stelle den gleichen Wert. Nun sind aber die Bewegungen der Moleküle vom Zufall bestimmt, d.h. wir können sie nur statistisch erfassen. Der Druck ist nur deswegen an jeder Stelle gleich, weil wir zur Messung eine Fläche in der Größenordnung von  $1 \text{ cm}^2$  verwenden, die relativ groß ist im Vergleich zur Größe der Moleküle. Würden wir an einer sehr kleinen Fläche messen oder einen sehr kleinen Gegenstand (Staubkörnchen) in das Gas bringen, dann würde die Anzahl der Stöße (der Druck) statistisch schwanken. Unser Staubkorn würde sich dann regellos hin- und herbewegen (Brown'sche Bewegung). Auf diesem Verhalten der kleinsten Teilchen beruhen verschiedene Erscheinungen in der Physik, die wir nun etwas näher betrachten wollen.

Die Physik hat die Empfindlichkeit der Meßgeräte für Ströme, Spannungen, Massen und andere physikalische Größen immer mehr erhöht, um immer kleinere Größen messen zu können. Das Meßprinzip ist in vielen Fällen das Folgende: Ein kleiner Spiegel ist an einem dünnen Faden (z.B. Quarzfaden) befestigt und dreht sich unter dem Einfluß elektrischer, magnetischer oder mechanischer Kräfte (Spiegelgalvanometer, Drehwaage). Ein Lichtstrahl fällt auf den Spiegel und wird bei dessen Auslenkung entsprechend abgelenkt. Man hat nun solche Meßsysteme immer kleiner gebaut, der Durchmesser der Quarzfäden beträgt nur noch Bruchteile eines Millimeters, der Spiegel wurde immer leichter. Das Ergebnis war, daß diese Meßgeräte praktisch völlig unbrauchbar waren. Die Ursache dafür ist - die Brown'sche Bewegung. Wenn nämlich das Meßgerät (Drehspiegel) immer kleiner und leichter wird, ist es immer stärker den zufälligen Schwankungen in der Zahl der Molekülstöße ausgesetzt, ähnlich wie unser Mikromensch im vorigen Heft. Das Meßgerät wird statistisch schwanken und hat keine feste Nullpunktlage. Es läßt sich ausrechnen, daß man aus diesem Grunde keine kleineren Stromstärken als  $3 \cdot 10^{-12}$  Ampere (bei Zimmertemperatur) messen kann. Anloge statistische Schwankungen treten auch bei vielen anderen Vorgängen auf, z.B. bei der Elektronenemission aus der Glühkathode einer Röhre oder auch in Halbleitern. Sie spielen in Physik und Technik eine wichtige (meist unangenehme) Rolle.

und werden unter dem Begriff "Rauschen" zusammengefaßt. Wir können solches "Rauschen" direkt hören, wenn wir einen Rundfunkempfänger auf eine Frequenz einstellen, auf der kein Sender zu empfangen ist und ihn auf volle Lautstärke drehen.

Eine weitere wichtige Erscheinung ergibt sich aus folgendem Gedankenversuch. Stellen wir uns vor, wir hätten in einem Behälter ein Gas, z.B. Helium, so geordnet, daß in der rechten Hälfte eine Temperatur von  $0^{\circ}\text{C}$ , in der linken Hälfte eine solche von  $200^{\circ}\text{C}$  herrscht, d.h. die Atome auf der linken Seite haben eine höhere Geschwindigkeit als rechts. Was nun geschieht, weiß jeder aus der täglichen Erfahrung mit kalten und warmen Gegenständen (z.B. kalter Löffel im heißen Tee), die Temperaturunterschiede gleichen sich aus, bis überall die gleiche Temperatur (hier  $100^{\circ}\text{C}$ ) herrscht. Dabei bleibt selbstverständlich die gesamte Energie (Wärmemenge) erhalten, wenn wir annehmen, daß unser Behälter wärmeundurchlässig ist. Der 1. Hauptsatz der Wärmelehre wird also nicht verletzt. Er würde aber auch dann nicht verletzt, wenn der umgekehrte Vorgang erfolgen würde, d.h. wenn sich ein Gas von  $100^{\circ}\text{C}$  so entmischen würde, daß die eine Hälfte eine Temperatur von  $200^{\circ}\text{C}$ , die andere Hälfte eine solche von  $0^{\circ}\text{C}$  annehmen würde. Jeder weiß aber aus Erfahrung, daß es solche Vorgänge nicht gibt. Der 1. Hauptsatz beschreibt also offenbar das Naturgeschehen nicht vollständig, er macht keine Aussage über die Richtung des Geschehens. Wie das eben angeführte Beispiel zeigt, strebt die Natur offenbar stets den Zustand der Gleichmäßigkeit oder der größten Unordnung an. Ein weiteres Beispiel: In einem Behälter befindet sich gelbes und blaues Farbpulver getrennt (geordneter, unwahrscheinlicher Zustand). Beim Schütteln durchmischen sich die Pulver, wir erhalten ein grünes Gemisch (ungeordneter wahrscheinlicher Zustand). Durch noch so langes Schütteln läßt sich der geordnete Zustand nicht wieder herstellen, der Vorgang ist nicht umkehrbar, er ist irreversibel. Man kann es auch so sagen: Ein System geht von selbst in immer wahrscheinlichere Zustände über. Das ist im wesentlichen der Inhalt des 2. Hauptsatzes der Wärmelehre, man muß nur statt "Wahrscheinlichkeit" eine physikalische Größe benutzen, die wir hier für die Wahrscheinlichkeit in der Wärmelehre eingeführt haben, die **Entropie**.

Dieser Satz wurde im wesentlichen von dem Franzosen S.CARNOT und dem Deutschen R.CLAUSIUS gefunden.

Eine interessante Folgerung wollen wir noch kurz betrachten. Bei vielen physikalischen Vorgängen wird mech.Energie vollständig in Wärme verwandelt. Wenn z.B. eine Lehmkugel zu Boden fällt, dann verwandelt sich beim Aufschlagen ihre kinetische Energie (Bewegung eines Körpers, geordneter Zustand) in die (ungeordnete) Wärmebewegung vieler Teilchen, aber diese Wärmeenergie verwandelt sich nicht von selbst wieder in mechanische Energie. Wohl aber kann man durch technische Hilfsmittel, nämlich Wärmekraftmaschinen (Dampfmaschine, Otto-Motor usw.) die ungeordnete Wärmebewegung in geordnete mechanische Bewegung verwandeln. Aber diese Umwandlung, die in der Natur von selbst nicht erfolgt, ist nicht vollständig möglich, d.h.eine Wärmekraftmaschine kann auch bei idealster Ausführung, wenn also z.B. jede Reibung ausgeschaltet ist, prinzipiell nur einen Teil der aufgewendeten Wärmeenergie in mechanische Energie umwandeln. Das ist eine Folge des 2.Hauptsatzes, der, das sei ausdrücklich betont, ein Erfahrungssatz ist.

W. Reichardt

### Der Röntgenbauereffekt und seine Bedeutung für die Chemie

#### I. Physikalische Grundlagen:

Der junge westdeutsche Wissenschaftler Rudolf L. Röntgen fand bei seinen Untersuchungen über Gammastrahlen gegen Ende der fünfziger Jahre einen später nach ihm benannten Effekt, der für Physik, Chemie, Biologie, Geologie und Technik einige Bedeutung besitzt.

Die Gamma-Strahlung, die beim Röntgenbauereffekt verwendet wird, unterscheidet sich von den anderen elektromagnetischen Wellen nur durch die Frequenz  $\nu$ . Jede elektromagnetische Erscheinung weist je nach der Art des Experimentes, das zu ihrem Nachweis dient, sowohl Wellen- als auch Korpuskelcharakter auf (Dualismus von Welle und Korpuskel). In unserer Betrachtung wollen wir das Teilchenbild des Lichtes verwenden. Die Teilchen (Korpuskeln) desselben werden als Lichtquanten bezeichnet. Wie entsteht nun ein Licht-



Modell der Entstehung  
von Lichtquanten

höheres. Nach kurzer Verweilzeit (ca.  $10^{-8}$  sek.) nehmen sie wieder den niedrigeren Grundzustand ein (siehe Zeichnung). Bei dieser Rückkehr emittieren die Atome Lichtquanten, deren Energie der Energiedifferenz zwischen den Zuständen  $g$  und  $a$  der Atome entspricht. Die Energie  $E_q$  des Quants läßt sich nach  $E_q = h \cdot \nu$  in seine Frequenz  $\nu$  umrechnen. Trifft nun das emittierte Quant auf ein Atom der gleichen Art, kann es umgekehrt wieder absorbiert werden. Das absorbierende Atom geht aus dem Grundzustand  $g$  in den angeregten Zustand  $a$  über (siehe Zeichnung). Diese Erscheinung wird als Resonanzabsorption bezeichnet, da die beiden beteiligten Atome von der gleichen Art sind und das emittierte sowie das absorbierte Lichtquant die gleiche Frequenz besitzen.

Für den Atomkern gelten ähnliche Gesetzmäßigkeiten. Auch bei ihm unterscheidet man den Grundzustand  $g$  und angeregte Zustände (wie z.B. den Zustand  $a$ ). Die emittierte Strahlung besitzt aber wesentlich höhere Frequenzen als die anfangs erwähnten Lichtquellen optischer Spektren. Die von den Atomkernen ausgesandten Quanta nennt man Gammaquanten.

Beim Übergang von  $a$  nach  $g$  erteilt das emittierte Gammaquant dem Atomkern einen Rückstoßimpuls und damit eine kinetische Energie  $E_k$  (Der Vorgang kann mit dem Abschluß eines Geschosses aus einer Waffe verglichen werden. Nach dem 3. Newtonschen Axiom muß dabei eine Rückstoßenergie auftreten). Die um diesen Betrag verminderte Energie  $E_q - E_k$  des Gammaquants reicht für eine Absorption nicht mehr aus. Daher wurde die Kernresonanzabsorption von Gammastrahlen lange Zeit nicht beobachtet, obwohl das Analogon im optischen Bereich bekannt war. Warum konnte die optische Reso-

quant? Durch Energiezufuhr (z.B. Wärmeenergie) können die Atome eines Körpers aus dem Grundzustand  $g$  in einen angeregten Zustand  $a$  übergehen. Dabei springen die Elektronen der äußeren Elektronenhülle aus einem niedrigeren Energieniveau in ein

nanzabsorption beobachtet werden? Bei der Emission eines Lichtquants ist die Masse des zurückgebliebenen Atoms sehr viel größer als dessen Masse. Der Rückstoßimpuls muß daher sehr klein sein. Der Sachverhalt wird uns klar, wenn wir beachten, daß wegen der niedrigen Frequenz des Lichtquants gegenüber dem Gammaquant auch seine Masse kleiner als die des letzteren sein muß. (Es gilt:  $E = m \cdot c^2$  und  $E = h \cdot \nu$ , wobei  $E$ =Energie,  $m$ =Masse,  $c$ =Lichtgeschwindigkeit,  $h$ =PLANCKsches Wirkungsquantum und  $\nu$ =Frequenz.  $m \cdot c^2 = h \cdot \nu$   
 $m = h \cdot \nu / c^2$ .)

Baut man nun das Atom, das Gammastrahlung aussendet, in einen Kristall ein, so muß dessen Gesamtmasse in Rechnung gestellt werden. Der Rückstoß reicht nicht aus, um die chemische Bindung der Atome zu lösen. Es treten nur Atom-schwingungen auf, die bei tiefen Temperaturen verschwinden. Eine kurze Rechnung soll uns die Sachlage veranschaulichen:

$E_q$  = Energie des Gammaquants ohne Rückstoßverlust

$E_k$  = Rückstoßenergie des Atomkerns

$E_q - E_k$  = Energie des Quants mit Rückstoßverlust

$E_a - E_g$  = Energiedifferenz zwischen angeregtem und Grundzustand.

Nach dem Energieerhaltungssatz gilt:

$$(E_q - E_k) + (E_k) = \text{const.} = E_a - E_g \quad (1)$$

Der Impulserhaltungssatz fordert:

$$m_q v_q = m_k v_k = \text{const.} \quad (2)$$

$m_q v_q$  = Impuls des Gammaquants,  $m_k v_k$  = Impuls des Atomkerns (Die Masse der Elektronen kann vernachlässigt werden!)

Es gilt:  $E_k \text{ in.} = m \cdot v^2 / 2$   $v = \sqrt{2 E_k \text{ in.} / m}$

Dies in (2) eingesetzt ergibt:

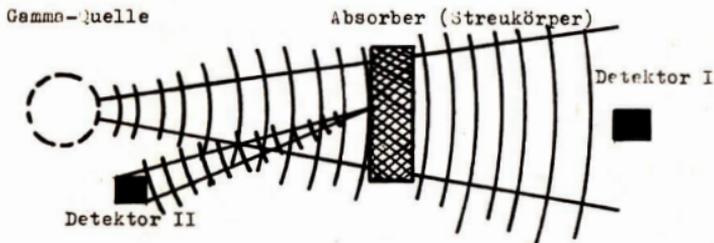
$$m_q \cdot \sqrt{2(E_q - E_k) / m_q} = m_k \cdot \sqrt{2E_k / m_k}$$

$$m_q = m_k \cdot \sqrt{E_k / (E_q - E_k)}$$

Da die Masse des emittierten Gammaquants bei beiden Versuchsanordnungen (mit und ohne Kristall) gleich sein soll, d.h.  $m_q = \text{const.}$  gilt:  $m_k \cdot E_k / (E_q - E_k) = \text{const.}$

wird nun die Masse  $m_k$  sehr groß (Kristall!), so muß die Rückstoßenergie des Kerns sehr klein werden. Das Gammaquant besitzt etwa die unverminderte Energie  $E_\gamma$ . Unter diesen Umständen findet die Kernresonanzabsorption von Gammaquanten statt - das ist der Mößbauereffekt. Er wird oft auch als "rückstoßfreie Kernresonanzabsorption von Gammaquanten" bezeichnet.

Experimenteller Aufbau zur Messung der Kernresonanzabsorption



Die Strahlungsquelle sendet Gammaquanten aus, die im Absorber absorbiert werden können. Der Absorber besteht aus den gleichen Atomen wie die Quelle. Im Falle der Absorption gibt der Absorber nach kurzer Zeit ( $10^{-8}$  sek.) die Gammaquanten nach allen Seiten hin ab. Entweder mißt man mit Hilfe des Detektors I die Schwächung der Strahlung der Gammaquelle durch die Absorption oder mit dem Detektor II die ausgesendete Streustrahlung.

An dieser Stelle wollen wir die Erörterung der physikalischen Grundlagen beenden. Im zweiten Teil des Artikels wird dann über die Anwendung des Effektes in der Chemie berichtet werden.

H.-D. Jähnig

### Wie wägt man ein Atom?

Noch vor nicht all zu langer Zeit glaubte man, daß z. B. die Physik in sich als Forschungsgebiet bereits abgeschlossen sei und wohl kaum noch grundlegende Neuentdeckungen hinzu-

kommen werden. Doch mit der Entdeckung der Elektronen begann eine Entwicklung, die die Physik von Grund auf neu umgestaltet hat.

Lenard war es, der 1903 Streuversuche mit Elektronen an Atomen durchführte und zu einem überraschenden Schluß kam, daß das Atom sich nicht als massive Kugel darstellen läßt, sondern im wesentlichen aus einem Kern mit einer dazugehörigen Hülle besteht. Lenard konnte bereits an Hand der Streuversuche aussagen, daß die Größe des Kerns in der Größenordnung von  $10^{-12}$  cm und die des gesamten Atoms bei  $10^{-8}$  cm lag. Der Zwischenraum sollte "leer" sein.

Bis heute hat sich diese anschauliche Vorstellung vom Aufbau des Atoms weiter verfeinert. Wir wissen, daß die Hülle von Elektronen und der Kern von positiv geladenen Protonen und neutralen Neutronen gebildet wird. Insgesamt ist das Atom neutral geladen. Es muß an dieser Stelle aber ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß diese modellmäßige Darstellung nur im beschränkten Maße eine Erklärung für gewisse atom- und kernphysikalische Erscheinungen gibt.

Eine der wichtigsten Größen des Atoms ist die Masse. Sie ist der Messung unmittelbar zugänglich und erregte deshalb schon bei Zeiten das Interesse der Physiker. Bereits 1907 stellte man bei Untersuchungen radioaktiver Elemente fest, daß es wohl Elemente mit gleicher Ordnungszahl (= Anzahl der Protonen im Kern) aber mit verschiedenen Atomgewichten geben müsse. Diese Erscheinung war nur so zu deuten, daß die betreffenden Atome eine unterschiedliche Neutronenzahl haben müssen. Man nennt solche Atome Isotopen. 1912 konnte Thomson mit Hilfe eines Massenspektrographen die Masse verschiedener Isotope bestimmen. In solch einem Massenspektrographen werden die zu untersuchenden Atome

zunächst ionisiert, d. h. elektrisch "aufgeladen", in dem man aus der Hülle z. B. ein oder mehrere Elektronen entfernt. Erst dadurch können sie in einem elektrischen Feld, z. B. in dem eines Plattenkondensators, beschleunigt werden. Es wirkt dabei die Kraft  $e \cdot E$  auf die Ionen, wobei  $E$  die Feldstärke des angelegten Feldes und  $e$  die Ladung des Ions ist. Bekanntlich gilt ja  $F = m \cdot a$  Daraus

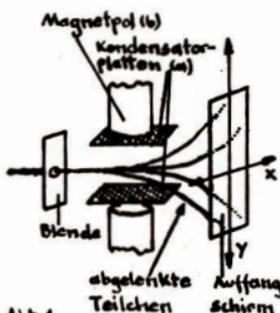


Abb. 1

$$\text{folgt } m \cdot a = eE \text{ oder } a = \frac{eE}{m} \quad (1)$$

$m$  = Masse des Ions

Außerdem ist  $y = \frac{1}{2} at^2$  (2), wobei  $y$  die Strecke ist, um die das Ion im Plattenkondensator (a) abgelenkt wird. Aus (1) und (2) folgt

$$\text{mit } t = \frac{l}{v} \quad y = \frac{eEl^2}{2mv^2} \quad (3)$$

$l$  = Länge der durchlaufenen Strecke im Plattenkondensator

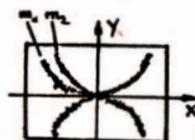


Abb. 2

Auffangschirm mit verschiedenen Teilchenspuren

Dem elektrischen Feld "überlagerte" Thomson ein magnetisches Feld, welches von Spulen (b) erzeugt wird, so daß die elektrischen und magnetischen Feldlinien parallel verlaufen. Im Magnetfeld wirkt die Lorentz-Kraft

$$F = eHv \quad (4)$$

Diese Kraft versucht das Ion auf eine Kreisbahn zu zwingen.

Den Radius dieser Kreisbahn erhält man, wenn (4) mit der Zentrifugalkraft  $\frac{mv^2}{r}$  gleichgesetzt wird. Es folgt dann

$$r = \frac{mv}{eH} \quad (5)$$

Durchläuft nun das Ion die Strecke  $l$  im Magnetfeld, so erfährt es die Ablenkung

$$x = \frac{1}{2} at^2 \quad \text{und mit } t = \frac{l}{v}$$

$$x = \frac{1}{2} a \left(\frac{l}{v}\right)^2 \quad a \text{ ist aber } \frac{v^2}{r} \quad (\text{siehe Zentrifugalkraft})$$

dann gilt:

$$x = \frac{1}{2} \frac{v^2}{r} \left(\frac{l}{v}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2} \frac{l^2}{r} \quad \text{und mit (5)}$$

$$x = \frac{1Hd^2}{2mv} \quad (6)$$

Aus (6) folgt

$$v^2 = \frac{2Hd^2l^2}{4m^2x^2} \quad \text{. In (3) eingesetzt ergibt es}$$

$$y = \frac{2Em}{1^2H^2e} x^2 \quad (7)$$

Das ist aber eine Parabelgleichung. Als Ergebnis müßte man also in der x-y-Ebene Spuren von Ionen finden, die auf Parabeln liegen. Die Abbildung zeigt Spuren von Teilchen mit unterschiedlichen Massen  $m_1$  und  $m_2$  ( $m_1 < m_2$ ). Tatsächlich konnte Thomson dies beobachten. Da die in der Gleichung (7) stehenden Größen  $y$ ,  $x$ ,  $l$ ,  $E$  und  $H$  direkt und  $e$  durch andere Versuche gemessen werden können, kann dadurch die Masse der Ionen errechnet werden. Das führt schließlich auf die Bestimmung der Masse der Isotope, da ja Ionen unterschiedlicher Masse aber gleicher Ordnungszahl auch verschiedene Parabeln ergeben.

Diese und ähnliche Untersuchungsverfahren sind in der Folgezeit bedeutend verbessert worden, so daß man heute wesentliche Erkenntnisse der Atom- und Kernphysik dieser Methode verdankt. Aus der Fülle von Anwendungen sollen nur einige herausgegriffen werden, die besonders deutlich zeigen, inwieweit die Physik auch andere Gebiete der Naturwissenschaften beeinflusst.

Neben dem Kohlenstoff-Isotop  $^{12}_6\text{C}$  (12 = Anzahl der Protonen und Neutronen im Kern) existiert in der Natur auch noch das  $^{13}_6\text{C}$ -Isotop mit einer relativen Häufigkeit von nur 1%. Untersuchungen mit Massenspektrographen haben ergeben, daß pflanzlicher Kohlenstoff im Vergleich zu atmosphärischem Kohlenstoff, der ja im  $\text{CO}_2$  enthalten ist, das Isotop der Massenzahl 12 etwas angereicherter enthält. Die Pflanze führt also eine Kohlenstoff-Isotopenfraktionierung bei der Photosynthese durch.

Eine andere Anwendungsmöglichkeit für die Massenspektrographie fand sich in der Geologie. Durch radioaktiven Zerfall von in der Natur vorkommenden Elementen kommt es zu einer starken Variation der Isotopenzusammensetzung, da meist die einzelnen Isotope eines Elements verschiedene Zerfallszeiten (Halbwertszeiten) haben. Zerfällt z. B. Rhenium in einem Gestein in das Isotop  $^{187}\text{Os}$ , so wird sich bei der massenspektrographischen Untersuchung dieses Isotop besonders stark von den anderen Osmiumisotopen abheben, da es ja im Gestein angereichert vorliegt. Aus der Kenntnis der Halbwertszeit von Rhenium ( $5 \cdot 10^{10}$  Jahre) läßt sich auf das Alter des Gesteins schließen. Mit Hilfe der Isotopenhäufigkeitsuntersuchungen an irdischen und meteoritischem Blei konnte man auf diese Weise das Alter der Erde auf rund 4,54 Milliarden Jahre bestimmen.

### Lösungen zu Heft 2/68

#### Aufgabe 5

Der Aluminium-Körper besitzt ein größeres Volumen als der Bleikörper. Er erfährt deshalb in der Luft einen größeren Auftrieb als der Bleikörper, müßte also beim Absaugen der Luft der schwerere Körper sein.

Auftriebskraft = Gewicht der verdrängten Luft

Gewichtsunterschied = Differenz der Auftriebskräfte  $F_A$

$$F_{A/Al} = V_{r0} \cdot \rho_L \cdot g \quad V_{r0} = \frac{G}{\rho_{Al} \cdot g} \quad \text{analoge Gleichungen für den Alu-Körper}$$

$$F_{A/Al} - F_{A/r0} = \frac{G}{\rho_{Al} \cdot g} \cdot \rho_L \cdot g - \frac{G}{\rho_{r0} \cdot g} \cdot \rho_L \cdot g$$

$$\Delta F_A = G \cdot \rho_L \left( \frac{1}{\rho_{Al}} - \frac{1}{\rho_{r0}} \right) = 1 \text{kp} \cdot 1,293 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3} \left( \frac{1}{2,57 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}} - \frac{1}{11,35 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}} \right)$$

$$\underline{\Delta F_A = 0,388 \text{p}}$$

Der Alu-Körper ist im Vakuum nur etwa 0,4 p schwerer.

### Aufgabe 6

Die Leistung, die am äußeren Widerstand gewonnen wird, berechnet sich nach der Formel:  $P = U_a \cdot I$  (1)

$U_a$  - ist die Spannung, die am äußeren Widerstand abfällt

$I$  - Stromstärke

Die Stromstärke berechnet sich nach dem Ohmschen Gesetz:

$$U = I \cdot R \quad I = \frac{U}{R}$$

$$\text{d.h.} \quad I = \frac{E}{R_a + R_i} \quad (2)$$

Die Spannung, die am Widerstand  $R_a$  abfällt, erhalten wir ebenfalls nach dem Ohmschen Gesetz:

$$U_a = I \cdot R_a \quad (3)$$

Durch Einsetzen von (2) in (3):

$$U = \frac{R_a E}{R_a + R_i} \quad (4)$$

Indem man (4) und (2) in (1) einsetzt, ergibt sich für die Leistung:

$$P = \frac{E^2 R_a}{(R_a + R_i)^2} \quad (5)$$

Für welchen Wert von  $R_a$  ist die am Widerstand abgegebene Leistung nun maximal? Wir suchen also das Extremum der Funktion  $P = P(R_a)$

Aus der Differentialrechnung wissen wir, daß für ein Ex-

tremum gilt:

$$\frac{dP}{dR_a} \stackrel{!}{=} 0$$

Durch Differentiation von (5) nach  $R_a$  folgt:

$$\frac{dP}{dR_a} = E^2 \frac{(R_i^2 - R_a^2)}{(R_a + R_i)^4} \stackrel{!}{=} 0$$

Dieser Ausdruck wird Null, wenn gilt:  $R_a = R_i$

Maximale Leistung wird also abgegeben, wenn der Außenwiderstand gleich dem Innenwiderstand ist.

Daß das Extremum bei  $R_a = R_i$  wirklich ein Maximum ist, sieht man daran, daß die 2. Ableitung von  $P(R_a)$  kleiner Null ist.

#### Aufgabe 7

An der in dem Medium sinkenden Kugel greifen drei Kräfte an:

- Schwerkraft  $F_S = m_K \cdot g$
- Auftriebskraft  $F_A = V_K \cdot \rho_F \cdot g$  (Archimedisches Prinzip)
- Reibungskraft  $F_R = 6\pi\eta r \cdot v$

Wir untersuchen nur den Fall  $\rho_K > \rho_F$

Der nach unten wirkenden Kraft  $F_S$  wirken die Kräfte  $F_A$  und  $F_R$  entgegen. Die Geschwindigkeit der Kugel steigt so lange, bis gilt:

$F_S = F_R + F_A$  (1). Dann bewegt sich die Kugel mit der gesuchten Geschwindigkeit  $v$  gleichförmig weiter (1. Newtonsches Prinzip).

$$\text{Es ist } V_K = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad \text{und } m_K = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_K$$

In Gleichung (1) eingesetzt ergibt sich:

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \rho_K g - 6\pi\eta r v + \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_F g = 6\pi\eta r v = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_K g - \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_F g$$

$$\Rightarrow v = \frac{\frac{4}{3} \pi r^3 g (\rho_K - \rho_F)}{6\pi\eta r} = \underline{\underline{\frac{2}{9} \frac{r^2}{\eta} (\rho_K - \rho_F)}}$$

Aufgabe 8

Die niedrigste Anzahl von Messungen, die im ungünstigsten Fall angewandt werden muß, ist drei.

Man lege zunächst je drei Kugeln auf eine Waagschale:

Fall 1: Die Balkenwaage schlägt aus. Da man aber nicht (1. Messung) weiß, ob die im Gewicht abweichende Kugel leichter oder schwerer ist, läßt sich natürlich nicht sagen, auf welcher Seite die gesuchte Kugel liegt. Nun nehme man z.B. zwei aus der leichteren und eine aus der schwereren Schale (es kann auch umgekehrt sein) und lege sie bei einer zweiten Messung auf die eine Waagschale (aber so, daß man weiß, welche Kugel aus welcher Schale entnommen wurde). Auf die andere Schale lege man drei von den vier ungemessenen Kugeln, von denen man weiß, daß die gesuchte Kugel nicht darunter ist.

Fall 1.1 Die Schale mit den bereits gewogenen Kugeln (2. Messung) geht nach unten. Dann ist die gesuchte Kugel diejenige, die wir aus der schwereren Schale im Fall 1 entnommen hatten.

Fall 1.2 Die Schale mit den im Fall 1 gewogenen Kugeln (2. Messung) geht nach oben. Dann ist die gesuchte Kugel leichter als alle anderen und eine der beiden, die wir aus der leichteren Schale des Fall 1 entnommen haben.

(3. Messung) Jede dieser beiden Kugeln legen wir auf eine Schale, die leichtere ist die gesuchte.

- Fall 1.3 Die Waage ist im Gleichgewicht.  
(2. Messung)
- (3. Messung) Wir legen z.B. auf jede Schale eine der zwei übrig gebliebenen Kugeln aus der schwereren Schale des Fall 1.  
Schlägt die Waagschale aus, so ist die schwerere die gesuchte. Sind die Kugeln gleich so ist es die restliche aus der leichteren Schale des Falls 1.
- Fall 2: Die Balkenwaage schlägt bei der 1. Messung  
(2. Messung) nicht aus. Man nehme drei Kugeln von den vier ungemessenen und lege sie auf eine Schale, auf die andere drei Kugeln von den im Fall 1 gewogenen.
- Fall 2.1 Schlägt die Waagschale nicht aus, so ist die 4.  
(2. Messung) Kugel der in Fall 1 nicht gemessenen die gesuchte Kugel. (In einer 3. Messung kann man nachprüfen, ob sie schwerer oder leichter ist.)
- Fall 2.2 Sind die drei unbekanntes Kugeln schwerer, so  
(3. Messung) wählt man zwei aus und legt sie auf je eine Schale. Sind diese ungleich, so ist die schwerere die gesuchte, sind sie gleich, so ist es die übriggebliebene.
- Fall 2.3 Die unbekanntes Kugeln sind leichter, also ist  
(3. Messung) die gesuchte Kugel leichter. Sonst analog 2.2.

### Aufgaben

Auch in dieser Nummer wollen wir wieder vier Aufgaben veröffentlichen, und wir möchten Sie bitten, die Lösungen bis zum 5.6.1968 unter Angabe der Klassenstufe an uns zu senden. Die Lösungen werden im Heft 6 veröffentlicht.

Aufgabe 13)

Ein Körper wird mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 200 m/s senkrecht hoch geschossen. Nach wieviel Sekunden befindet er sich das erste Mal und wann zum zweiten Mal 1000 m über der Abschußstelle? Die Luftreibung ist zu vernachlässigen und  $g = 10 \text{ m/s}^2$  zu setzen.

Aufgabe 14)

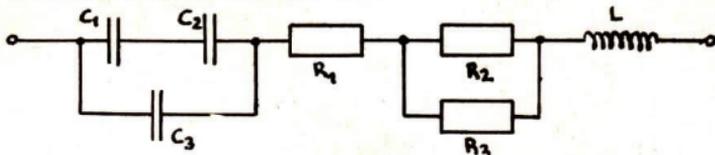
Das Wievielfache des Gewichts betrüge die an den beteiligten Massen angreifende Fliehkraft, wenn ein Düsenflugzeug versuchen würde, mit Schallgeschwindigkeit eine Kurve von 200 m Radius zu durchfliegen?

Aufgabe 15)

Welcher minimale Haftreibungskoeffizient muß zwischen den Reifen eines Autos und dem Asphalt auftreten, damit das Auto eine Kurve mit  $r = 200 \text{ m}$  mit einer Geschwindigkeit von 100 km/h durchfahren kann?

Aufgabe 16)

Welchen Widerstand stellt folgende Zusammenschaltung von Widerständen, Kondensatoren und Spulen dar? Wie groß ist die Phasenverschiebung, wenn die Frequenz 5 kHz beträgt? Welche Spannung liegt an den einzelnen Bauelementen?



$$C_1 = 4 \mu\text{F}$$

$$R_1 = 34 \Omega$$

$$L = 2 \text{ mH}$$

$$C_2 = 1 \mu\text{F}$$

$$R_2 = 80 \Omega$$

$$R_L = 0 \text{ (Ohmscher Widerstand der Spule)}$$

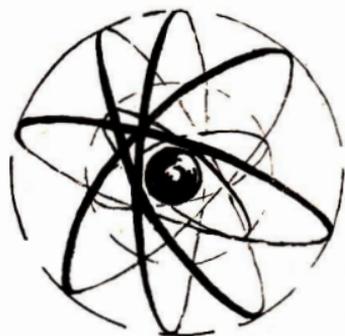
$$C_3 = 200 \text{ nF}$$

$$R_3 = 20 \Omega$$

$$U_{\text{eff}} = 200 \text{ V}$$

**STUDIUM, PRAXIS, PROBLEME**  
der physik und anderer naturwissenschaften

# impuls 68



**5/6**

**monatszeitschrift für schüler 1. jahrgang 1968**

impuls 68 Schülerzeitschrift für Naturwissenschaften

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

Redaktion: H.D.Jähmig, 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
Studienreform mit weitreichenden Konsequenzen	3
Der Festkörper Glas und seine Struktur(I)	6
Der Mößbauerereffekt und seine Bedeutung für die Chemie	9
Wieso kann ein Flugzeug fliegen?	12
Elektronikpraktikum für Physiker	17
Kann Masse verdampfen?	20
Hans A. Bethe - Nobelpreisträger 1967	24
Der Elektronenstrahloszillograph als Kennliniensreiber	27
Das Dopplersche Prinzip	31
Aufgaben	35
Lösungen zu "Dopplersches Prinzip"	39

Liebe Leser!

In Anbetracht der heranrückenden Ferien haben wir die Hefte 5 und 6 zu einer Doppelnummer zusammengefaßt. Sicherlich finden Sie während der beiden Sommermonate mehr Zeit für die Lektüre dieser Zeitschrift, als Ihnen dies während des Schuljahres möglich wäre.

Noch ein Wort zum bisherigen Erscheinen unserer Zeitschrift. Sie werden sicherlich etwas unzufrieden darüber sein, daß einige Hefte erst verspätet erschienen sind. Wir bitten Sie sehr, dies zu entschuldigen. Die Verspätung wurde nicht allein von uns verschuldet, sondern liegt an technischen Angelegenheiten, die wir nicht beeinflussen konnten.

"Impuls 68" erscheint wieder ab September 1968 bis Juni 1969 in 10 Nummern. Wir bitten Sie, Ihre Bestellungen rechtzeitig an die Redaktion zu richten. Der Abonnementpreis beträgt 3,— M. Leser, die mehr als 6 Nummern bezahlt haben, erhalten natürlich noch die restlichen Hefte ab September. Falls diese Leser die Zeitschrift bis Juni 1969 abonnieren möchten, bitten wir den noch ausstehenden Geldbetrag selbst zu berechnen und an uns zu überweisen. Für die bis jetzt erschienen 6 Nummern können noch Bestellungen im beschränkten Umfang entgegengenommen werden.

Wir bitten Sie, uns zu schreiben, ob die Zeitschrift bis jetzt Ihren Vorstellungen entspricht und was Sie in Zukunft gern lesen möchten. Wir werden zu diesem Zweck im Septemberheft extra noch einen Fragebogen veröffentlichen. Sollten Sie außerdem Lust verspüren, selbst einmal einen naturwissenschaftlichen Artikel zu schreiben, so senden Sie diesen bitte an uns. Wir werden die besten Arbeiten veröffentlichen und entsprechend honorieren.

Für die bevorstehenden Ferientage wünschen wir Ihnen gute Erholung und recht viel Sonnenschein.

Ihre Redaktion "Impuls 68"

P. Fichtner

### Studienreform mit weitreichenden Konsequenzen

Unsere Universität und speziell auch unsere ehemalige Fachrichtung Physik und jetzige Sektion "Physik für den wissenschaftlichen Gerätebau" befinden sich in einem rasanten und erfreulichen Erneuerungsprozeß. Eine zentrale Überlegung bestimmt das revolutionäre Geschehen an unserer Sektion: Die Hochschulreform ist unser politischer Beitrag bei der Entwicklung des gesellschaftl. Systems des Sozialismus. Viele Fragen sind zu klären: Wie muß die Sektion funktionieren, damit auf ihre wissenschaftliche Ergebnisse kommen, die produktiv verwertet werden. Wie kann die marxistisch-leninistische Bildung, als Grundlage für ein soz. Leben des Wissenschaftlers, stärker praktisch wirksam werden in der täglichen Arbeit des Physikers.

Wie muß das Studium gestaltet werden, damit es wissenschaftliches Niveau garantiert, den Studenten zur gesellschaftlich erforderlichen Produktivität erzieht, damit es aktuell ist und dem Lernenden und Lehrenden Spaß macht!

Es ist klar, daß solche wichtigen profilverändernden Prozesse stark auf uns Studenten wirken und daß wir selbst bemüht sind effektivere Studienformen mit zu finden und zu verwirklichen.

Welche gesellschaftliche Bedeutung haben die Veränderungen in unserem Bereich? Welche Konsequenzen erwachsen daraus für den Studenten? Die Wissenschaft ist zu einer Hauptproduktivkraft geworden und deshalb werden sich auch produktionsgemäße Organisationsformen im Wissenschaftsbereich durchsetzen, und es macht sich eine Orientierung nach volkswirtschaftlichen Schwerpunkten erforderlich. Mit dieser Feststellung ist die Erkenntnis verbunden, daß die Meisterung der Wissenschaft ein entscheidendes Element in der Klassenauseinandersetzung mit dem imperialistischen System ist.

Wir in Jena haben uns dem wissenschaftlichen Gerätebau verschrieben. Der wissenschaftliche Gerätebau besitzt eine bedeutende Rolle als Regulator des Fortschrittstempos sowohl hinsichtlich der Forschung wie auch der Produktion selbst. Ähnlich wie die Erfindung und

Anwendung der Werkzeugmaschinen und der Dampfmaschine die industrielle Revolution einleitete, ist heute das wissenschaftliche Gerät maßgeblicher Stimulator der wissenschaftlich-technischen Revolution. Wir in Jena können uns glücklich schätzen, den Auftrag erhalten zu haben, "Physiker für den wissenschaftlichen Gerätebau" an unserer Sektion heranzubilden. Es ist klar, daß sich dabei zwischen dem VEB Carl Zeiss (auf unserem Territorium bedeutendster Betrieb für wissenschaftlichen Gerätebau) und unserer Sektion eine enge und fruchtbare Wechselwirkung anbahnt. Wir werden also hier in Jena maßgeblich das Tempo der Verwissenschaftlichung der Produktion nicht nur in der DDR, sondern über ihre Grenzen hinaus, beeinflussen. Gepaart mit der Freude über diese grandiose Perspektive erwächst uns eine beträchtliche Verantwortung gegenüber unserer Gesellschaft und das nicht erst als ausgebildeter "Physiker für den wissenschaftlichen Gerätebau", sondern schon als Student und freilich auch als Bewerber für ein Physikstudium in Jena.

Verantwortung tragen und wahrnehmen, das heißt für uns jetzt nicht einfach lernen, sondern effektiv und produzierend lernen, das heißt auch die Vorzüge unserer soz. Produktionsverhältnisse auszunutzen und das gesellschaftl. Klima an unserer Sektion so zu gestalten, daß sich sozialistische Kollektive bilden und die wissenschaftliche Arbeit als gesellschaftlicher Auftrag allen Sektionsangehörigen bewußt wird.

Bei uns an der Sektion Physik haben sich einige Studentenaktive vom 1. - 5. Studienjahr an eine kritische Sichtung unseres traditionell bestehenden Ausbildungssystems gewagt und dabei Vorschläge zur Verbesserung unseres Studiums unterbreitet. Natürlich gilt auch in unserem Bereich der Satz von der Trägheit aller Körper und es gibt einen belebenden Streit, einen produktiven Streit, weil es um die zukünftige Studienform geht. Der Kerngedanke unserer Vorschläge sei hier in einer These dargestellt:

Der Student ist nicht nur Objekt der Erziehung und Ausbildung, sondern ist im wesentlichen produzierendes, dabei lernendes Subjekt im Prozeß der wissenschaftlichen Arbeit!

Aus dieser zwar abstrakt anmutenden These ergeben sich einige sehr weitgehende Veränderungen der bisherigen Studieninhalte und Studienformen. Das bestehende Ausbildungssystem ist sehr schulmäßig, der Student erscheint darin vor allem als Objekt. Nun soll hier nicht das Schulsystem in seiner Brauchbarkeit angezweifelt werden, nein, vielmehr muß diese rationelle Art der Wissensaneignung unbedingt Bestandteil jeder Ausbildung auch an der Universität (hier muß sie wahrscheinlich sogar noch strenger werden) bleiben. Nur muß an der Universität das eigenschöpferische Produzieren wissenschaftlicher Ergebnisse des Studenten stärker entwickelt werden als das in einer Schule möglich ist. Beim Lehren im bisherigen Sinne wird den Studenten im wesentlichen Fertiges und Abgeschlossenes vorgesetzt. Das regt aber den Studenten gerade wegen dieser Vollkommenheit und z. T. Verstaubtheit am wenigsten zur geistigen Aktivität und zum Produzieren benötigter wissenschaftlicher Ergebnisse an, vielmehr verfällt er in eine vorwiegend passive, rezep tive Lernhaltung. (Das überträgt sich manchmal sogar auf andere Seiten des Lebens, z. B. Geselligkeit, politisches Denken und Handeln usw.) Den Studenten fünf Jahre mit Wissen anzureichern, in ihm einen Wissensspeicher zu sehen, die ganze Ausbildung gewissermaßen als Bereitstellungszeit für spätere Eigenleistungen des Studenten anzusehen, das ist für die Zukunft keine tragfähige Ausbildungskonzeption. Solche Vorstellungen führen zu gewichtigen Widersprüchen sowohl hinsichtlich des zunehmenden Wissensstoff und der verfügbaren Lernzeit (wir können auch keine "Fachidioten" gebrauchen) als auch, was noch wesentlich ist, zu einem Widerspruch zwischen dem Bedürfnis des Studenten gesellschaftlich verwertete Arbeit zu leisten und seiner tatsächlichen Beschäftigung. Wir stellen uns deshalb bei der angestrebten Studienreform das Ziel, wissenschaftliche Produktivität (Produktivität durchaus ökonomisch verstanden) als permanenten Bestandteil des Studiums vom ersten Tage des Studierens an zu entwickeln. Was verstehen wir unter wissenschaftlicher Produktivität? Der Student, oder besser ein Studentenkollektiv (nur kollektive Arbeit ist heute ökonomisch vertretbar) erhält eine Aufgabe aus der Praxis der Forschung bzw. Rationalisierungsaufgaben aus der Industrie (Aufgaben aus der Praxis haben immer komplexen Charakter und zwingen zur Kollektivität). Beim Lösen der gestellten Aufgabe setzt ein zielgerichtetes Lernen ein. Der Student

untersucht in jedem Augenblick den studierten Stoff auf die Brauchbarkeit für die Lösung des vorhandenen Problems. Er entwickelt sein eigenes Kombinationsvermögen. Er erwirbt Wissen und sammelt Erfahrung über praktische Anwendung dieses Wissens. Es gäbe noch eine Reihe von Problemen und Fragen zu nennen, die im Rahmen dieser Hochschulreform gestellt und bearbeitet werden, aber es sollten nur einige Bemerkungen zu diesem komplexen Prozeß hier gemacht werden. Weitere Berichte von der Umgestaltung unserer Universität werden in dieser Zeitschrift sicher noch folgen und so noch andere Seiten der Hochschulreform wiedergeben.

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

#### Der Festkörper Glas und seine Struktur (I)

Seit September 1967 besteht an der Sektion Chemie eine neu gegründete Abteilung Glaschemie. Welche Bedeutung die Glaschemie - die heute in verschiedenen Ländern als ein selbständiger junger Zweig der Chemie angesehen wird - im Rahmen der Forschung an der Universität besitzt, geht aus den Materialien des VII. Parteitages und dem großen Perspektivvorhaben des wissenschaftlichen Gerätebaus im VEB Carl Zeiss hervor. Ohne die Entwicklung neuer hochwertiger optischer Gläser mit immer extremeren optischen Eigenschaften kann das Weltniveau im wissenschaftlichen Gerätebau in weiterer Sicht nicht gehalten werden. Deshalb wird an der Universität eine verstärkte Grundlagenforschung in Glaschemie betrieben, um den wissenschaftlichen Vorlauf für die Glasindustrie und damit auch für den wissenschaftlichen Gerätebau abzusichern.

Ein nicht unwichtiger Teil der Forschungsarbeiten dient der Glasstrukturaufklärung, die für die Glasproduktion und die Entwicklung neuer Gläser von entscheidender Bedeutung ist.

Was ist nun Glas? Um es vorwegzunehmen: Auf diese Frage gibt es auch heute noch keine völlig befriedigende Antwort. Im allgemeinen bezeichnet man das Glas als eine eingefrorene unterkühlte Flüssigkeit, die ohne zu kristallisieren den festen Aggregatzustand annimmt. Obwohl das Glas einerseits ein Festkörper ist, besitzt es doch andererseits Eigenschaften, die es gerechtfertigt erscheinen lassen, von einem neuen Zustand, dem "glasigen" Zustand zu sprechen. Hinsichtlich der Glasstruktur und der Glaseigenschaften läge dieser zwischen dem der Festkörper, also den kristallinen Materialien und dem der Flüssigkeiten.

Es entsteht weiter die Frage, wie kommt man zum glasigen Zustand? Die Gläser werden durch Einschmelzen des Glasrohstoffgemenges, das hauptsächlich aus kristallinen Einzelkomponenten wie Sand, Kalk, Soda und vielen anderen Rohstoffen besteht, hergestellt. Nachdem die kristallinen Ausgangsmaterialien in den flüssigen Zustand übergeführt worden sind und eine einheitliche Schmelze vorliegt, wird diese in manchen Fällen noch durch Rühren weiter homogenisiert. Bei der Herstellung optischen Glases erfolgt anschließendes Gießen der rotglühenden Masse in Eisenformen, wobei sich eine rasche Abkühlung vollzieht. Das Ergebnis ist klares durchsichtiges Glas. Wenn man dagegen langsam abkühlt, d. h. den Atomen und Atomgruppen genügend Zeit läßt, sich zu ordnen, dann kann Rückbildung von zahllosen Kristallen erfolgen und es entsteht kein Glas. Um diesen Vorgang der Glasschmelze zu veranschaulichen, hat ein bekannter Glasfachmann diese mit einem modernen Tanzvergnügen veranschaulicht, wobei die Tanzpartner die Rolle von Atomen und die Musik die Rolle der Temperatur übernehmen. So wie in der flüssigen Glasschmelze erreichen manche Tanzpartner mit Steigerung der Musik (Temperatur) ungeahnte Beweglichkeit. Sie wird schließlich wieder geringer und hört ganz auf, in dem Maße, wie auch die Musik zu normaler Laut-

stärke und Tempo zurückkehrt und am Ende ganz aussetzt.

Bereits eingangs wurde darauf hingewiesen, daß Glas, obwohl es ein fester Körper ist, Eigenschaften besitzt, die sowohl für Flüssigkeiten als auch für kristalline Stoffe charakteristisch sind. Als Festkörper ist Glas in jeder Richtung klar durchsichtig, es zeigt dabei aber die gleiche Lichtbrechung wie Flüssigkeiten (z. B. Wasser). Während Kristalle scharfe Schmelzpunkte besitzen, oberhalb deren sie völlig schmelzen und unterhalb deren das Kristallgitter völlig erhalten ist, zeigt Glas bei Temperaturänderung ein kontinuierliches Erweichen bzw. Erstarren.

TAMMANN hat auf Grund all dieser und noch vieler anderer Beobachtungen erstmalig den Ausdruck von der "unterkühlten" Flüssigkeit" gebraucht. Seiner Meinung nach sollten also die Gläser einen inneren Bau besitzen wie die Flüssigkeiten, bei völliger Unordnung der Atome, Ionen oder Atomgruppen. Infolge der großen Zähigkeit von Glasschmelzen und der starken Abkühlung beim Gießen finden die Atome keine Zeit mehr, sich zu Kristallen zu ordnen, so daß der flüssige Zustand sozusagen eingefroren und fixiert wird.

Lange Zeit wurde diese Definition der Glasstruktur als am zutreffendsten anerkannt, bis immer neuere, bessere und genauere Untersuchungsmethoden Ergebnisse brachten, die mit dieser ersten und noch sehr einfachen Vorstellung über den Glaszustand nicht mehr in Einklang zu bringen waren.

Deshalb werden wir Sie in zwei weiteren Artikeln über die modernen Strukturvorstellungen des Glases und die Entwicklung neuer Glassysteme informieren.

W. Reichardt

Der Mößbauereffekt und seine Bedeutung für die Chemie

(siehe auch Heft 4)

II. Die chemischen Anwendungen

Welche Bedeutung besitzt der Mößbauereffekt für die Naturwissenschaften? Mit Hilfe scharfer Gamma-Linien, wie man sie bei der Mößbauerspektroskopie erhält, lassen sich außerordentlich kleine Energieunterschiede von Kernzuständen nachweisen. Ändert sich die Energie eines Gammaquants nur um ein Billionstel, so sind die Resonanzbedingungen bereits zerstört. In astronomischen Dimensionen betrachtet, würde die Genauigkeit von  $10^{-12}$  eine Vermessung unseres Sonnensystems auf die Höhe eines zweistöckigen Hauses genau zulassen. In dieser großen Meßgenauigkeit bei gleichzeitig relativ geringem experimentellen Aufwand liegt die Bedeutung des Mößbauereffektes.

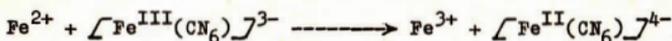
Veränderungen in der "chemischen Umgebung" des Atomkerns beeinflussen die Lage seiner Energieniveaus. Daher können aus den Ergebnissen der GR-Spektroskopie (Gamma-Resonanz) Aussagen über den chemischen Bindungszustand gemacht werden.

Durch den unterschiedlichen Bindungszustand der Atome in der Quelle und im Absorber entsteht im Spektrum eine Verschiebung der Resonanzlinie, die als Isomerieverschiebung bezeichnet wird. Die Ursache dafür ist in der unterschiedlichen Dichte der sogenannten s-Elektronen am Atomkern zu suchen. Die p-, d- und f-Elektronen mehr oder weniger vom Kern an dieser Stelle verzichtet.

Der Mößbauereffekt kann leider nicht uneingeschränkt beobachtet werden. Nur einige Isotope genügen den experimentellen und den theoretischen Bedingungen, die als Voraussetzungen gelten. Im folgenden wollen wir drei Isotope betrachten, die in der chemischen Mößbauerspektroskopie von Bedeutung sind.

2.1.  $^{57}\text{Fe}$ :

Die meisten chemischen Untersuchungen wurden mit diesem Isotop durchgeführt. Besonders bekannt ist die Aufklärung der Wertigkeitsstufen des Eisens in den Komplexverbindungen "Turnbulls Blau" und "Berliner Blau". Es stellte sich heraus, daß beide Verbindungen identisch sind und beiden die Formel  $\text{Fe}_4 \left[ \text{Fe}(\text{CN}_6) \right]_3$  zukommt. Bei der Bildung von "Turnbulls-Blau" muß daher ein Elektronenaustausch zwischen dem Eisenatom des Komplexanions und dem nicht komplex gebundenen Eisen angenommen werden:



(Über die Theorie der Komplexverbindungen siehe Schullehrbücher und folgende Artikel)

2.2.  $^{129}\text{Xe}$ :

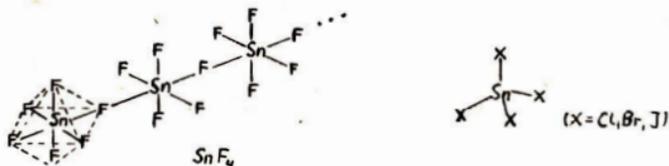
Besonders interessante Ergebnisse lieferte die rückstoßfreie Kernresonanzabsorption von Gammaquanten bei Verbindungen des Jodisotops  $^{129}\text{I}$ . Es wandelt sich unter Beta-Zerfall (Emission eines Elektrons aus dem Atomkern) in das Xenonisotop  $^{129}\text{Xe}$  um:  $^{129}\text{I} \longrightarrow ^{129}\text{Xe}$ . Auf dieser Grundlage wurde die Existenz eines  $\text{XeCl}_4$  nachgewiesen, das sich beim Beta-Zerfall des  $\text{K}^{129}\text{JCl}_4$  bildet. Die  $^{129}\text{Xe}$ -Kern-Gamma-Resonanzspektren ermöglichten außerdem die Strukturermittlung von  $\text{XeF}_2$  und  $\text{XeF}_4$  (siehe auch Heft 6).

2.3.  $^{119}\text{Sn}$ :

Neben Eisen-57 wurde besonders Zinn-119 Gegenstand gründlicher Untersuchungen, da es ebenfalls gut beobachtet werden kann. An Dibutylzinnchlorid stellte man erstmalig den Einfluß von Lösungsmitteln auf eine Verbindung (Solvatation) qualitativ fest. Ein anderes Beispiel, für die Anwendung des Effektes sind die Zinnhalogenide  $\text{SnX}_4$  ( $\text{X} = \text{F}, \text{Cl}, \text{Br}, \text{J}$ ). Auf Grund der unterschiedlichen Spektren von  $\text{SnF}_4$  einerseits und  $\text{SnCl}_4$ ,  $\text{SnBr}_4$  sowie  $\text{SnJ}_4$  andererseits, erkannte man, daß

$\text{SnF}_4$  nicht die tetraedrische Struktur der übrigen Halogenide besitzt.

$\text{SnF}_4$  weist eine oktaedrische Struktur auf und ist ein anorganisches Polymeres.



Der Mößbauereffekt kann auch an Atomen beobachtet werden, die an der Oberfläche einer Trägersubstanz haften (Dieses Phänomen wird als Adsorption bezeichnet.). Dadurch ist die Anwendung auf Probleme der Katalyse, Chemisorption (Sorbieren eines Stoffes unter gleichzeitiger chemischer Umsetzung) und Adsorption möglich geworden. Ebenso konnten Ionenaustauscher, z. B. Zeolithe hinsichtlich ihrer Struktur- und Adsorptionseigenschaften untersucht werden. Organische Polymere, in die metallorganische Verbindungen wie Triäthylzinn einpolymerisiert wurden, sind der GR-Spektroskopie zugänglich. Weitere Anwendung fand sie beim Studium von Eigenschaften organischer Halbleiter, bei den Untersuchungen der chemischen Analyse, bei der Erzuntersuchung und in der Biochemie, letzteres, da das Eisen in Hämoglobin und in zahlreichen Enzymen enthalten ist.

Die begonnenen Untersuchungen an anderen Atomkernen lassen hoffen, daß mit Hilfe des Mößbauereffektes noch viele chemische Probleme gelöst werden können. Die relativ geringe Anzahl geeigneter Kerne verhindert allerdings die Erweiterung zu einem universellen Forschungsinstrument. Über die überaus interessanten Anwendungen in der Physik wird ein anderer Artikel berichten.

Dr. W. Kretschmar

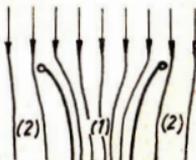
Wieso kann ein Flugzeug fliegen?

(Der dynamische Auftrieb)

1: Ein Körper kann in der ruhenden Luft schweben, wenn das Gewicht der von ihm verdrängten Luft gleich seinem Eigengewicht ist. Dies trifft z. B. auf einen Ballon zu. Ist das Ballongewicht kleiner als das Gewicht der verdrängten Luft, dann sinkt (?) - steigt (?) der Ballon, da dann die Auftriebskraft größer (?) - kleiner (?) als das Gewicht des Ballons ist.

Unterstreichen Sie die richtigen Angaben und lesen Sie dann auf der nächsten Seite bei Stufe 2 weiter!

6:



Da im Gebiet (1) der Stromlinienabstand kleiner ist als in den Gebieten (2), muß nach unserer bisherigen Überlegung

$$v_1 > v_2 \text{ sein.}$$

Das Experiment zeigt, daß die Streifen vom Luftstrom nicht auseinandergedrückt werden, wie das ein unvoreingenommener Experimentator erwarten müßte, sondern sie bewegen sich aufeinander zu. Diese Erscheinung wird als aerodynamisches Paradoxon bezeichnet.

Offenbar ist der von außen auf die Streifen wirkende Druck  $p_2$  größer (?) - kleiner (?) als der von innen wirkende Druck  $p_1$ .

11:

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = p_0 \quad \text{Für } v = 0 \text{ wird } p = p_0.$$

Es ist  $p$ , der in der ruhenden Luft wirksame Druck. Die zusätzliche Bewegung der Moleküle in der Strömung ( $v \neq 0$ ) ergibt einen Staudruck

$$\frac{1}{2} \rho v^2$$

(wirksam in der Strömungsrichtung). Im gleichen Maße wie der Staudruck wächst, nimmt der Druck senkrecht zur Strömungsrichtung ( $p =$  statischer Druck) ab, denn da Inkompressibilität angenommen wird, ist  $p_0 = \text{konst.}$

Formulieren wir unsere Erkenntnis:

Der Druck senkrecht zur Strömungsrichtung (statischer Druck) ist umso kleiner, je ..... der Staudruck, d. h. je ..... die Strömungsgeschwindigkeit ist.

2: Auf den in der Luft befindlichen Körper wirkt eine Auftriebskraft, die gleich dem Gewicht der verdrängten Luftmenge ist. Ist das Ballongewicht kleiner als das Gewicht der verdrängten Luft, dann überwiegt die Auftriebskraft, der Ballon steigt.

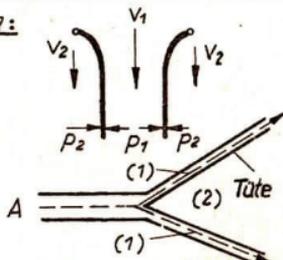
Auf jeden in einem Gas oder einer Flüssigkeit befindlichen Körper wirkt eine Auftriebskraft. Sie ist eine Folge der Erscheinung, daß der Schweredruck des Gases oder der Flüssigkeit an der Oberseite des Körpers stets kleiner als an der Unterseite ist.

Der Schweredruck in einer nicht kompressiblen Flüssigkeit ist proportional der Entfernung von der Flüssigkeitsoberfläche

$$(p = \rho \cdot h \quad )$$

Lesen Sie bei Stufe 3 weiter! —————>

7:



Es könnte die Vermutung ausgesprochen werden, daß gilt

$$p_2 > p_1, \text{ wenn } v_2 < v_1.$$

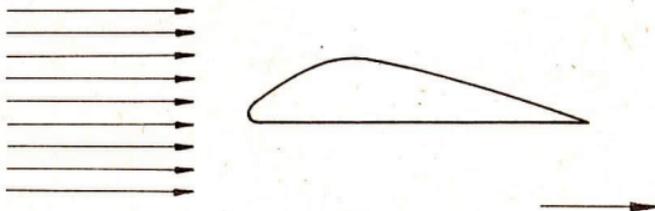
Diese Vermutung wollen wir durch ein weiteres Experiment prüfen:

In einem Trichter wird eine passende Tüte gesteckt. Bläst man bei (A) in den Trichter, so müßte bei (1) die Geschwindigkeit der Luft auf alle Fälle größer als bei (2) sein. Was wäre zu erwarten, wenn die oben

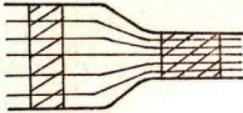
angegebene Vermutung stimmt? .....  
.....

12: Um unsere Frage: "Wieso kann ein Flugzeug fliegen?" beantworten zu können, müssen wir die Strömungsverhältnisse an einer Tragfläche untersuchen.

Zeichnen Sie den zu erwartenden Stromlinienverlauf ein! Nehmen Sie an, daß keine Wirbel entstehen!



4:



Bewegen sich die Flüssigkeitsteilchen im breiten Kanal von 1 nach 2, so bewegen sie sich im engen Kanal in der gleichen Zeit von 3 nach 4; denn für die inkompressible Flüssigkeit muß gelten:

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Das Produkt aus Querschnitt und Geschwindigkeit ( $a \cdot v$ ) gibt das von einer Querschnittsfläche je Sekunde überstrichene Volumen an ( $A$  in  $m^2$  mal  $v$  in  $\frac{m}{s} = A \cdot v$  in  $\frac{m^3}{s}$ ).

Da  $A_2 < A_1$ , ist  $v_2 > v_1$ .

Wir merken uns: Die Verkleinerung des Stromlinienabstandes deutet auf eine Vergrößerung der Geschwindigkeit hin.

St. 5



9: Ist  $v_1 > v_2$ , dann ist  $p_1 < p_2$ .

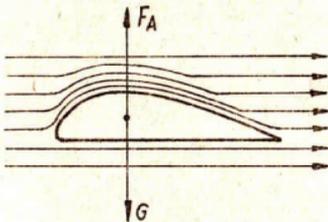
Wir sind bei unseren Betrachtungen von einer Flüssigkeit ausgegangen (Stufe 3) und haben die dabei geltende Gesetzmäßigkeit ( $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$ ) auch auf die strömende Luft übertragen (St. 5).

Dies ist bei Strömungsgeschwindigkeiten unterhalb der Schallgeschwindigkeit zulässig, da dann keine nennenswerten Verdichtungen der Luft eintreten. Die Luft kann dann auch als inkompressibel betrachtet werden.

Merken wir uns: In einer strömenden Flüssigkeit oder einem strömenden Gas ist der Druck senkrecht zur Strömungsrichtung umso kleiner, .....

14:

oben



Der Stromlinienabstand ist oben kleiner als unten. Daraus ist zu erkennen, daß

$$v_0 > v_u \text{ ist.}$$

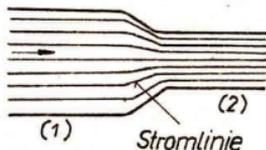
Folglich ist  $p_o < p_u$  !

Dem Gewicht des Flugzeuges wirkt eine auf dem Druckunterschied zwischen Ober- und Unterseite der Tragflächen beruhende

Auftriebskraft  $F_A$

entgegen.

3: Selbst Segelflugzeuge haben ein Gewicht, das viel größer ist als die an ihnen angreifende Auftriebskraft, d. h. als das Gewicht der verdrängten Luft. Wieso es möglich ist, daß Flugzeuge mit einem Gewicht von mehr als 100 Mp fliegen können, wollen wir jetzt durch einfache Überlegungen und Experimente herleiten.



Denken Sie mit! Wir gehen von einer Flüssigkeit aus.

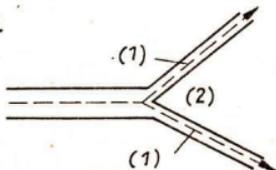
Im dargestellten Kanal ströme eine Flüssigkeit. Im Bereich (1) fließe sie mit der Geschwindigkeit  $v_1$ , im Bereich (2) mit  $v_2$ .

Es gilt  $v_1 \dots v_2$ .

Setzen Sie das Relationszeichen ein!

Lesen Sie bei St. 4 weiter!

8:



Wenn gelten soll

$$p_2 > p_1, \text{ weil } v_2 < v_1,$$

dann müßte die Tüte an den Trichter gedrückt werden.

Überzeugen Sie sich durch ein Experiment, daß dies der Fall ist!

Auf dem hier zu beobachtenden Zusammenhang zwischen  $p$  und  $v$  beruht z. B. auch die Wirkungsweise des Parfümerstäubers und des "Vergasers" mancher Verbrennungsmotoren.

Wir wollen als bestätigt betrachten:

Ist  $v_1 > v_2$ , dann ist  $p_1 \dots p_2$ .

( $p$  ist der Druck senkrecht zur Strömungsrichtung)

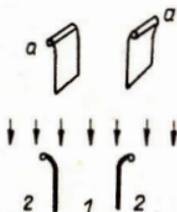
13: Aus Ihrer Zeichnung auf Stufe 12 folgt:

- a) Oberhalb der Tragfläche ist der Stromlinienabstand ..... als unterhalb.
- b) Daraus folgt, daß oberhalb der Tragfläche die Relativgeschwindigkeit zwischen Flugzeug und Luft ..... ist als unterhalb.
- c) Aus b folgt, daß der statische Druck an der Oberseite der Tragfläche ..... ist als der Unterseite.

Kontrollieren Sie auf St. 14., ob Sie die richtigen Wörter eingesetzt haben !

5: Bei Verkleinerung des Strömungsquerschnitts wächst die Geschwindigkeit:

Ist  $A_2 < A_1$ , dann  $v_2 > v_1$ .



Ein Luftstrom treffe in der dargestellten Weise auf um die Achsen (a) drehbare Körper (Pappe-, Papier- oder Blechstreifen).

Zeichnen Sie in die untere Skizze den Stromlinienverlauf ein !!

Welche Relation muß für die Strömungsgeschwindigkeit zwischen und außerhalb der Streifen gelten?

$$v_1 \dots v_2$$

Führen Sie das Experiment aus!

Was beobachten Sie? .....

.....

Blättern Sie zurück zu Stufe 6 !



10: Umso größer v, je kleiner p.

Dieser Zusammenhang ist ausgehend von Betrachtungen über die Energie in strömenden Gasen und Flüssigkeiten von

Daniel Bernoulli (1700 - 1782)

aus theoretischen Überlegungen gefunden worden.

Die BERNOULLISCHE Gleichung für eine horizontale Strömung lautet:

$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = p_0$
----------------------------------

Versuchen wir, in dieser Gleichung unsere empirisch gefundene Beziehung zwischen Druck und Geschwindigkeit wiederzufinden.

Blättern Sie zurück zu Stufe 11 !



15: Der Fall  $F_d = G$  wird bei einer bestimmten Fluggeschwindigkeit (Startgeschwindigkeit) erreicht.

Wird der infolge Luftverdrängung bewirkte Auftrieb des Ballons als statischer Auftrieb bezeichnet, so nennt man den infolge eines Geschwindigkeitsunterschiedes an Ober- und Unterseite eines Körpers entstehenden Auftrieb

d y n a m i s c h e n   A u f t r i e b .

Der dynamische Auftrieb ermöglicht das Fliegen der Flugzeuge !!!

Es sei schließlich nicht verschwiegen, daß durch das Anstellen

der Tragflächen der Druckunterschied

$p_u - p_o$  noch vergrößert wird.



Dr. Rudolf Prager

### Elektronik-Praktikum für Physiker

Wie allgemein bekannt, vergrößert sich die Zuwachsrate des menschlichen Wissens derart, daß im wahrsten Sinne des Wortes von einer "Informationsexplosion" gesprochen werden kann. In den nächsten 7 bis 15 Jahren werden wir genau soviel an Kenntnissen erwerben, wie sie die Menschheit seit der Zeit der Neandertaler gesammelt hat. Das betrifft nicht nur die Anzahl der neu in unseren Wissensschatz aufzunehmenden Naturgesetze und Effekte, sondern auch eine Vergrößerung der Genauigkeit mit der bereits bekannte Vorgänge ergründet werden und die Kenntnis über Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Erscheinungen.

Dazu ist es nötig, immer mehr Parameter bei einer einzelnen Untersuchung gleichzeitig zu messen. Die Unzahl der dabei auftretenden Daten ist nur noch mit den Hilfsmitteln der Elektronik aufzunehmen, zu speichern und zu analysieren. Die Information fließt bei einem mit elektronischen Meßmitteln durchgeführten elektronischen Experiment (das gilt im Grunde für alle anderen Naturwissenschaften in gleicher Weise) vom zu untersuchenden Ergebnis (etwa in der Form von Quanten- oder Teilchenstrahlung) zu einem Signalwandler, in dem das Signal hinsichtlich Intensität und zeitlichem Verhalten in Strom- oder Spannungsgrößen umgewandelt wird. Dieses "elektronische" Signal enthält neben der Information, die bei dem jeweils vorliegenden Experiment interessiert, Störgrößen, welche aus dem Wandlungsprozeß oder den nachfolgenden Verstärkern usw. herrühren bzw. die von äußeren Quellen in den Informationskanal eingestreut worden sind. Diese Störungen können mittels bestimmter elektronischer Geräte (Schmalbandverstärker, Diskriminatoren) weitgehend reduziert werden. Darüber hinaus lassen sich durch Anwendung von Erkenntnissen der modernen Informationstheorie elektronische

Meßverfahren anwenden (z. B. Impuls-Code-Modulation), welche die Störungen bis an die Grenzen des physikalisch möglichen verringern.

Die endgültig vorliegenden Daten werden entweder im Zwischenspeicher (z. B. Ferritspeicher, Magnetband oder Lochband) aufbewahrt und danach mittels elektronischer Rechenanlagen verarbeitet oder direkt dem Rechner zugeführt.

Dabei entspricht es dem derzeit modernsten Stand der experimentellen Technik, daß die gesamte Meßanordnung vom Rechner aus unter Verwendung von Zwischenergebnissen gesteuert wird (Prozeßsteuerung).

Aus diesem kurzen Überblick wird die erhebliche Bedeutung der elektronischen Hilfsmittel als wesentliches "Handwerkszeug" des Physikers klar. Beim heutigen Stand der Technik und mehr noch in der Perspektive wird er in steigendem Maße industriell gefertigte Geräte verwenden. Der bisher übliche Selbstbau spezieller Schaltungen wird zur Aufgabe der Elektroniker, mit denen er im Kollektiv zusammenarbeitet.

Der künftige Physiker wird daher für die Planung und die prognostische Tätigkeit den Stand und die Entwicklungsrichtungen der elektronischen Gerätetechnik kennen müssen. Zur Durchführung der Experimente muß er die Funktionsprinzipien der Geräte, die er verwendet, verstehen und Einsatz wie auch Kontrolle der Anordnung beherrschen.

Darüber hinaus ist so viel an Kenntnissen der Konstruktion und Technologie elektronischer Anlagen erforderlich, wie nötig ist, um bei der Anforderung spezieller Geräte die Aufgabenstellung für den Elektronik-Ingenieur optimal formulieren zu können.

In der praktischen Ausbildung von Physikern auf dem Gebiet der Elektronik gehen wir an der Friedrich-Schiller-Universität daher von den Prinzipien und den wesentlichen Eigenschaften elektronischer Bauelemente aus; danach werden Kenntnisse über Baugruppen und die Funktion komplexer Anordnungen vermittelt.

Dazu wurde in der Sektion Physik für den wissenschaftlichen Gerätebau von den Mitarbeitern des Technisch-Physikalischen

Institut ein Elektronik-Stufenpraktikum mit programmierter Unterweisung für Vorbereitung, Versuchsdurchführung und Kontrolle entwickelt, dessen Inhalt mit den entsprechenden Vorlesungen und Übungen koordiniert wird. (Siehe "Impuls", Heft 2/68).

Es führt von den Kenngrößen aktiver Bauelemente der Halbleiter- und Hochvakuumtechnik zu den Phasenbeziehungen an Verstärkern und Generatoren. Daran schließen Versuche mit impulsverarbeitenden Schaltungen der Analog- und Digitaltechnik an.

Dieses in gleicher Front von den Studenten durchgeführte Grundpraktikum wird ergänzt, durch eine Reihe von Untersuchungen an modernsten Bauelementen und Baugruppen wie Tunnelioden, Feldeffekt-Transistoren, integrierten und Dünnfilmschaltungen.

Auf dieser Grundlage baut ein Elektrologik-Programm auf. In der ersten Versuchsgruppe dieses Programms werden nach einem Baukastensystem die grundlegenden Einheiten von Digitalrechnern, wie Zähler, Speicher, Kodier- und Dekodierstufen und Anzeigeeinheiten zusammengestellt und erprobt.

Auf diese Weise wird das im Mathematik-Grundstudium vermittelte Wissen auf dem Gebiet der Schaltalgebra vertieft und erweitert.

In der zweiten Versuchsgruppe werden Methoden der Zeitmessung (Koinzidenztechnik) bis  $t \approx 10^{-9}$  s und die Funktion der dazu erforderlichen Baustufen im Rahmen eines Lernprogramms erarbeitet.

Auf Grund der guten Erfahrungen, welche wir mit den Lernprogrammen und der Arbeit in gleicher Front gemacht haben, soll in den nächsten Jahren die Arbeitsform des Elektronik-Grundpraktikums auf den gesamten Ausbildungskomplex ausgedehnt werden. Der Einsatz von Tonbildtechnik, Lehrmaschinen für Wissensvermittlung und Kontrolle und weiterer moderner Lehrhilfsmittel ist ebenfalls vorgesehen.

Bei den geplanten Veränderungen soll die Eigenverantwortlichkeit und die schöpferische Mittätigkeit der Studenten als wirksamer Faktor in den Praktikumsablauf einbezogen werden (Studentenwettbewerb).

Die Arbeit der studentischen Arbeitsgemeinschaft Mikroelektronik, die fakultativ dem Praktikum angeschlossen ist, zeigt gute Möglichkeiten, Sonderaufgaben aus der Industrieforschung, der Arbeit der Forschungsgruppen der Sektion bzw. der Weiterentwicklung des Praktikums von Studentengruppen in voller Eigenverantwortung ausführen zu lassen, und so die spätere Tätigkeit in sozialistischen Kollektiven in Forschung und Produktion vorzubereiten.

H.-D. Jähnig

### Kann Masse "verdampfen" ?

In der letzten Nummer hatten wir uns mit einer Methode zur Bestimmung der Masse von Atomen bzw. Ionen vertraut gemacht. Fassen wir unsere Erkenntnisse noch einmal zusammen. Der Kern des Atoms besteht aus Neutronen und Protonen. Die Protonenzahl ist mit der Ordnungszahl identisch und ist für ein bestimmtes Element immer gleich. Die Neutronenzahl kann aber bei Atomen gleicher Ordnungszahl schwanken. Atome mit unterschiedlicher Neutronenzahl nennt man Isotope. Beschleunigt man Atome (genauer: Ionen) in einem elektrischen und magnetischen Feld, so läßt sich aus der Art und Größe der Ablenkungen in diesen Feldern die Masse bestimmen. Die nach diesem Prinzip konstruierten Geräte werden Massenspektrographen genannt. Aus der anfangs noch etwas groben "Wägung der Atome" haben sich inzwischen Präzisionsmethoden entwickelt, die es uns erlauben, äußerst wichtige Erkenntnisse vom Bau der Atome und Moleküle zu gewinnen.

Es ist eine unbestrittene Tatsache, daß die Atome der uns umgebenden Welt äußerst stabile Gebilde sind. (Von radioaktiven Zerfällen wollen wir einmal absehen.) Wie groß der innere Zusammenhalt der Atome ist, läßt sich allein schon an der Tatsache ermessen, daß der Mensch riesige Energie-

mengen aufwenden muß, um mit Hilfe von Beschleunigern in das Innere eines Kerns "hineinzusehen" und ihn in seine Bestandteile zu zerlegen. Woher nimmt der Kern diese Energien? Das Problem ist schwierig zu lösen. Wir wollen dazu folgenden Gedankenversuch unternehmen. Wir "blasen" die Neutronen und Protonen auf Erbsengröße auf und versuchen nun, diese Erbsen zu einem festen Gebilde zusammenzufügen. Das geht sicherlich nicht ohne fremde Hilfe. Es ist eben absurd zu glauben, daß sich die Erbsen in einer Tüte unter Abgabe großer Energiemengen plötzlich zu festen Gebilden vereinigen. Es muß sich also in der Kernphysik um ein völlig neuartiges Phänomen handeln, das uns von makroskopischen Erscheinungen her nicht bekannt ist. Das ist in der Tat so. Bei der Bildung des Kerns wird eine große Energiemenge frei, die sog. Bindungsenergie, die andererseits aufgewendet werden muß, um den Kern wieder zu zerstören. Beim Helium-Kern ist die Bindungsenergie z. B. 28,3 MeV (1 eV entspricht der Energie, die ein Elektron erhält, wenn es die Spannung von 1 V durchläuft;  $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Ws}$ ).

Licht in diese Geheimnisse brachte die anfangs schon genannte Präzisionswägung mit Massenspektrographen. Genaue Untersuchungen zeigten nämlich bei Atomen, daß sie etwas leichter waren, als die Summe der Gewichte ihrer einzelnen Bestandteile, der Protonen und Neutronen. Es drängt sich die Frage auf: "Kann Masse spurlos verschwinden oder "verdampfen"?" Eine Klärung gab die Einsteinsche Beziehung für die Äquivalenz von Masse  $m$  und Energie  $E$

$$E = m \cdot c^2 \quad (1) \quad c = \text{Lichtgeschwindigkeit}$$

nach welcher jeder Massendifferenz eine Energiedifferenz entspricht. Mit dieser Gleichung löst sich das Problem leicht. Bei der Bildung eines Kerns muß Energie frei werden, damit der Kern stabil bleibt. Diese Bindungsenergie wird auf Kosten der Masse der Kernbausteine (Nukleonen) gewonnen. Ein Teil der Masse wird in Form von Strahlung abgegeben, wodurch natürlich der neugebildete Kern leichter wird. Den fehlenden Massenbetrag nennt man Massendefekt. Will man den Kern nun wieder in

die ihn aufbauenden Nukleonen zerlegen, so muß man umgekehrt die dem Massendefekt entsprechende Energie aufwenden.

Fassen wir noch einmal zusammen: Die Masse des Kerns ist stets kleiner als die Summe der Massen seiner Nukleonen.

In der Berechnung des Massendefektes bezieht man zunächst die Masse der Atome bzw. einzelnen Teilchen auf  $\frac{1}{12}$  der Masse des  ${}^6_6\text{C}$ -Atoms, die man  $1u$  nennt. Danach hat das Elektron die Masse  $A_e = 0,000548597 u$  (1).

Für den Kern gilt

$$A_K = A_A - 0,000549 \cdot Z \quad (2)$$

$Z$  = Zahl der  
Elektronen

Für das Proton gilt:

$$A_P = 1,0072765 u \quad (3) \quad \text{und für das}$$

$A_A$  = gemessene Atom-  
masse des  
ganzen Atoms

Neutron

$$A_N = 1,0086654 u \quad (4)$$

Wir erhalten für den Massendefekt  $\Delta M$

$$\Delta M = Z A_P + N A_N - A_K \quad (5)$$

$N$  = Anzahl der  
Neutronen

für einen  ${}^4_2\text{He}$ -Kern ergibt sich aus (2) bis (5)

$$\Delta M = 4,031884 u - 4,001506 u = 0,030378 u \quad (6)$$

Außerdem kann man sich merken, daß

$$1 u = 9,31441 \text{ MeV} \quad (7) \text{ ist.}$$

Wenn man nun (6) mittels (7) umrechnet, erhält man rund 28,3 MeV. Das ist aber gerade der Energiebetrag, den wir schon anfangs erwähnt hatten. Vergleichen wir diese Energiemenge mit den Energien, welche bei Vorgängen in den Elektronenhüllen der Atome und Moleküle freigesetzt werden, z. B. bei chemischen Reaktionen (einige eV), so sind die bei Kernprozessen gewonnenen Energiemengen rund  $10^6$  mal größer.

Daraus ergibt sich die Möglichkeit, neue gewaltige Energiequellen zu erschließen, wie sie heute schon zum Teil in Form von Atomkraftwerken für friedliche Zwecke genutzt werden. Aber leider ist das nur die eine Seite, die andere ist ein alles vernichtender Atomkrieg, sobald diese Energien durch verbrecherische Hände zur Anwendung gelangen. Ein grausames Exempel statuierten in dieser Hinsicht die USA. Am 6. August 1945 erprobten sie ihre zweite Atombombe über Hiroshima an "Lebendmaterial". Von 75 000 Häusern verbrannten 55 000 vollständig. In einem Umkreis von einem Kilometer wurden die Wohnhäuser vollständig pulverisiert. Die bei der Explosion entstehende Hitze setzte noch in 2 km Entfernung Gebäude in Brand. Über 100 000 Menschen waren sofort tot. Neuere Untersuchungen haben ergeben, daß unmittelbar oder auf Grund der Nachwirkungen insgesamt etwa 250 000 Menschen den Tod fanden.

Die inzwischen entwickelten und hergestellten Wasserstoffbomben haben aber eine noch um mehr als 1000 mal größere Explosionsenergie als die Bombe von Hiroshima. In mehr als 25 km Entfernung würden, bei solch einer Explosion, allein durch den entstehenden Überdruck schwerste Schäden an Gebäuden und Fahrzeugen entstehen. Die Wärmeentwicklung wäre so groß, daß in 30 km Entfernung der Mensch noch Verbrennungen 1. Grades davontragen würde.

Schon allein aus diesen Tatsachen ist ersichtlich, welch hohe Verantwortung dem Wissenschaftler zukommt. Er muß erkennen, daß er nicht losgelöst von den gesellschaftlichen Verhältnissen forschen kann. Er muß sich aber auch darüber im klaren sein, daß nur dann seine Forschungsergebnisse zum Wohle der ganzen Menschheit ausgenutzt werden können, wenn sie nicht von monopolistischen Interessengruppen mißbraucht werden können, sondern im Dienste des gesellschaftlichen Fortschritts und des Sozialismus stehen.

Hans A. Bethe - Nobelpreisträger 1967

"... ich überlieferte mein Wissen den Machthabern, es zu gebrauchen, es nicht zu gebrauchen, ganz wie es ihren Zwecken diene."

Galileo Galilei  
in Brechts "Leben des Galilei"

Galileis Verbrechen kann als die 'Ersünde' der modernen Naturwissenschaft betrachtet werden", sagt Bertold Brecht über Galilei und: "Die Atombombe ist sowohl als technisches als auch als soziales Phänomen das klassische Endprodukt seiner wissenschaftlichen Leistung und seines sozialen Versagens".

Der 1906 in Strassbourg geborene, in der Zeit des Faschismus nach den USA emigrierter Physiker Hans A. Bethe ist einer der "Väter der Atombombe". Zusammen mit Robert Oppenheimer, Edward Teller und vielen anderen entwickelte er im militärischen Forschungszentrum von Los Alamos Anfang der 40iger Jahre die furchtbarsten Waffen in der bisherigen Geschichte der Menschheit. Den glänzenden theoretischen Kopf (bereits mit 22 Jahren promovierte Bethe, kurze Zeit später war er einer der angesehensten Physiker Europas) und auch seine Kollegen dann noch im Zusammenhang mit Hiroshima und hunderten Tausend Ermordeten zu sehen, zeigt das Makabre der bürgerlichen Wissenschaftskonzeption. Die Grenzbereiche menschlicher Erkenntnisfähigkeit, in die Männer wie Oppenheimer, Bethe, auch Einstein und andere zuerst vorgedrungen sind, verlangen ein neues Verhältnis der Wissenschaft zur Gesellschaft. Der Widerspruch zwischen Verantwortung gegenüber der Menschheit, humanitären Gefühlen, "lustvollem Forschungstrieb" (Brecht) und Loyalität zu imperialistischen Regierungen (andererseits) führt zu im bürgerlichen Rahmen unlösbaren Konflikten. Dabei soll überhaupt nichts gegen die subjektive Lauterkeit des einzelnen Wissenschaftlers gesagt sein, so wird Bethe überein-

stimmend als ein ruhiger, freundlicher und durch und durch integrierter Mann geschildert.

In Heiner Kipphards Schauspiel: "In Sachen J. Robert Oppenheimer" (erschienen in der sehr empfehlenswerten Zeitschrift FORUM; Heft 16/1965) erscheint folgender Dialog:

Anwalt Garrison: Welche Wirkung hatte Hiroshima auf den Physiker von Los Alamos?

Bethe: Wir hatten einige Jahre unter harten militärischen Bedingungen gearbeitet, und niemand von uns hatte die Folgen wirklich bedacht. Hiroshima konfrontierte uns mit diesen Folgen, und niemand konnte fernerhin an diesen Waffen arbeiten, ohne zu bedenken, daß sie auch verwendet würden.

Bethe bedenkt ... und geht in die friedliche Forschungstätigkeit zurück, nach Cornwell, als Professor an der dortigen Universität.

Der laute Knall der sowjetischen Atombombe und der Korea-Krieg konfrontiert den Wissenschaftler aufs Neue und härter mit diesen Fragen. Die Militaristen schreien nach der Wasserstoffbombe, die tausendemale tödlicher als die Atombombe die Existenz aller Menschen bedrohen wird. Im Sog antikommunistischer Propaganda fordern auch Wissenschaftler wie Teller den Bau der neuen Zerstörungswaffe. Bethe zögert, zweifelt, weigert sich, zweifelt an seiner Weigerung und ist in dem Kreislauf antikommunistischer Vorurteile und Abhängigkeit vom imperialistischen Staatsgefüge gefangen.

"Sollen wir die Russen vom Wert unserer Persönlichkeit überzeugen, indem wir Millionen von ihnen umbringen? Wenn wir einen Krieg mit H-Bomben führen und gewinnen, wird sich die Geschichte nicht an die Ideale erinnern, für die wir kämpften, sondern an die Methoden, die wir anwandten, um sie durchzusetzen. Diese Methoden wird man mit der Kriegsführung des Dschingis-Khan vergleichen."

So philosophierte Bethe Anfang 1950 in der Zeitschrift "Scientific American" ... und geht einige Monate später nach Los Alamos, die "Super" zu bauen.

Nocheinmal ein Dialog aus Kipphards Stück:

Garrison: Hatten Sie in dieser Zeit moralische Skrupel, an der Wasserstoffbombe zu arbeiten?

Bethe: Sehr starke. Ich habe sie noch. Ich habe geholfen sie zu machen und ich weiß nicht, ob es nicht ganz falsch war, das zu tun.

Und so scheint uns, die wir in einer anderen Welt leben, das Verhalten des Hans A. Bethe, Physiker und Nobelpreisträger, genialer Wissenschaftler und Bombenbauer, eine gehörige Portion Schizophrenie. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß es die Schizophrenie einer ganzen Gesellschaftsordnung ist, die das Nebeneinander ungeheurer wissenschaftlicher Erkenntnis und ungeheuerlichen Barbarentums gestattet. Und so ist das gesplattene Bewußtsein der kapitalistischen Wissenschaftler nur eine Widerspiegelung gesellschaftlicher Widersprüche, die längst ausgereift, die imperialistische Gesellschaftsordnung auf den Kehrriethaufen der Geschichte verweisen.

Wenn in der neuen Verfassung der DDR (Artikel 16) der Satz steht: "Jeder gegen den Frieden, die Völkerverständigung, gegen das Leben und die Würde des Menschen gerichtete Mißbrauch der Wissenschaft ist verboten", so ist das gerade die Aufhebung der Widersprüche, die einen genialen Wissenschaftler zum Werkzeug von Verbrechern machen können.

#### Kurzer biographischer Abriß:

geboren 1906 in Strasbourg, mit 22 Jahren Doktor der Naturwissenschaft, danach Lehrtätigkeit an verschiedenen deutschen Universitäten.

Nach 1933 Emigrant nach den USA; Professur in Cornwell. Leiter der theoretischen Abteilung in Los Alamos, mitbeteiligt am Bau von A- und H-Bomben, Präsident der American Physical Society; Träger vieler wissenschaftlicher Preise und Auszeichnungen, 1967 Nobelpreis für Arbeiten über die Energieprozesse auf der Sonne und über relativistisch quantenmechanische Probleme.

E. Dick,  
W.-D. Brand

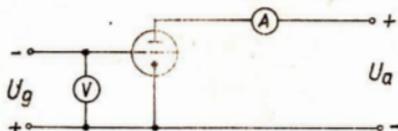
Der Elektronenstrahloszillograf als Kennlinien-  
schreiber

Zur Ermittlung von Kennlinien elektronischer Bauelemente verwendet man für die Bestimmung der interessierenden Größen oft Strom- und Spannungsmesser. Die grafische Darstellung der Meßergebnisse in ihrem funktionellen Zusammenhang ergibt die Kennlinie. Mitunter ist aber nur die Kenntnis des charakteristischen Kurvenverlaufs wichtig - das punktweise Konstruieren der Kennlinie jedoch unnötig. In diesem Fall genügt es, den Verlauf der Kennlinie auf dem Leuchtschirm eines Elektronenstrahloszillografen sichtbar zu machen. Im Folgenden werden wir beide Möglichkeiten an zwei Beispielen untersuchen.

1. Beispiel:  $I_a - U_g$ -Kennlinie einer Triode

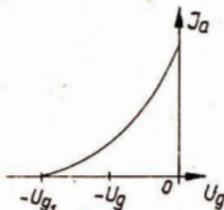
Diese Kennlinie stellt die Abhängigkeit des Anodenstromes von der Gitterspannung dar. Daraus ergibt sich folgende Schaltung für Strom- und Spannungsmesser:

Bild 1:



Für verschiedene Werte von  $U_g$  werden die entsprechenden Werte von  $I_a$  gemessen, wobei die Anodenspannung  $U_a$  konstant gehalten wird. Die grafische Darstellung ergibt die Kennlinie (Bild 2).

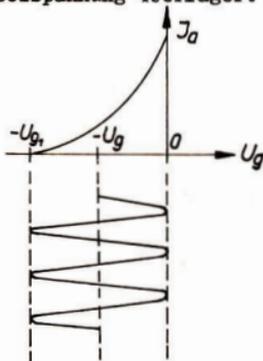
Bild 2:



Bevor die Darstellung der Kennlinie mit einem Elektronenstrahloszillografen beschrieben werden soll, noch einige Worte zu seinem Meßprinzip.

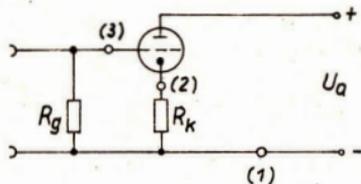
Die Ablenkung des Elektronenstrahls erfolgt durch Anlegen von Spannungen an die Ablenkplattenpaare. Um zum Beispiel den zeitlichen Verlauf einer Wechselspannung auf dem Leuchtschirm darzustellen, wird an das Horizontalablenkplattenpaar (Zeitachse) die Zeitablenkspannung des sogenannten Kippspannungsgenerators gelegt, an das Vertikalablenkplattenpaar die in ihrem zeitlichen Verlauf darzustellende Wechselspannung. Bei der Darstellung von Kennlinien soll kein zeitlicher Verlauf, sondern zum Beispiel die Abhängigkeit des Anodenstromes  $I_a$  von der Gitterspannung  $U_g$  aufgezeichnet werden. Die Horizontalablenkspannung muß demnach der Gitterspannung und die Vertikalablenkspannung der Anodenstromstärke proportional sein (siehe Koordinatenachsen in Bild 2). Da eine Ablenkung des Elektronenstrahls aber nur durch eine Spannung bewirkt wird, muß eine solche, dem Anodenstrom entsprechende Spannung, über einem äußeren Widerstand im Anodenstromkreis abgegriffen werden. Es wird der ohmsche Widerstand  $R_k$  gewählt, um eine Phasenverschiebung zwischen Stromstärke und Spannung zu vermeiden. Wir wollen eine  $I_a - U_g$ -Kennlinie zwischen den  $U_g$ -Werten 0 und  $-U_{g1}$  (siehe Bild 2) aufnehmen. Dies wird möglich, wenn  $U_g$  in diesem Bereich variiert wird. Das Variieren der Gitterspannung wird erreicht, indem einer Gleichspannung (Gittervorspannung  $-U_g$ ) eine entsprechend große Wechselspannung überlagert wird (siehe Bild 3).

Bild 3:



Das Entstehen der negativen Gittervorspannung erklären wir uns am Bild 4.

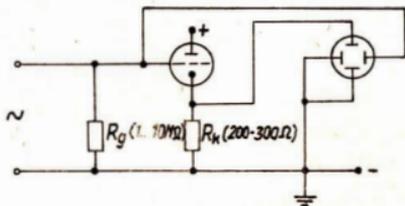
Bild 4:



Über  $R_g$  fließt kein Strom, d. h. die Potentiale in den Punkten (1) und (3) sind gleich. Durch den Anodenstrom  $I_a$  fällt am Widerstand  $R_k$  eine Spannung ab, folglich ist das negative Potential im Punkt (2) nicht so groß wie in den Punkten (1) und (3). Also ist das Gitter negativer als die Katode.

Aus dem bisher gesagten ergibt sich für die Aufnahme der Kennlinie mittels Elektronenstrahloszillografen die Schaltung Bild 5.

Bild 5:



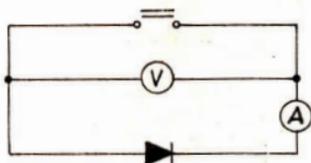
Der Elektronenstrahl "schreibt" auf dem Leuchtschirm eine Kennlinie wie in Bild 2.

## 2. Beispiel: Kennlinie einer Diode

Diese Kennlinie stellt die Abhängigkeit des durch die Diode fließenden Stromes von der anliegenden Spannung dar. Für die Aufnahme mit Meßinstrumenten wird die Schaltung Bild 6 ver-

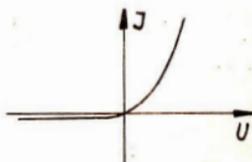
wendet.

Bild 6:



Bei Variation der Spannung ergibt sich die Kennlinie Bild 7.

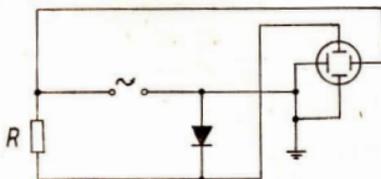
Bild 7:



Aus der Kennlinie kann man entnehmen, daß die Diode in einer bestimmten Stromrichtung einen wesentlich größeren Strom (etwa 1000-mal größer), als bei entgegengesetzter

Stromrichtung durchläßt. (Gleichrichterwirkung) Die beiden entsprechenden Stromrichtungen werden als Durchlaß- und Sperrrichtung bezeichnet. Um die Gleichrichterwirkung von Dioden in der Serienproduktion zu überprüfen, wäre dieses Verfahren viel zu aufwendig. Man verwendet deshalb einen Elektronenstrahl-oszillografen in folgender Schaltung (siehe Bild 8).

Bild 8:



Die der Stromstärke proportionale Spannung wird, wie im Beispiel 1, über einen ohmschen Widerstand R abgegriffen. Die genannten Beispiele, die uns einen kleinen Einblick in den Anwendungsbereich des Elektronenstrahl-oszillografen geben, sollen eine Anregung für den Gebrauch dieses Gerätes sein.

Dr. W. Kretschmar

### Das Dopplersche Prinzip

Christian Doppler hat 1842 eine Erscheinung untersucht, die in allen Teilgebieten der Physik, in denen Energieausbreitung in Wellenform erfolgt, von Bedeutung ist. Diese Erscheinung, daß

die Frequenz einer Welle an einem Beobachtungsort sich ändert, wenn Beobachter und Wellenzentrum sich relativ zu einander bewegen,

wird seitdem als Doppler-Effekt bezeichnet.

Wir wollen unsere Betrachtungen auf Schallwellen beschränken. Es sei aber betont, daß die noch herzuleitenden Beziehungen auch für alle anderen Wellen gültig sind. In einem nachfolgenden Artikel in unserer Zeitschrift wird eine Anwendung des Doppler-Effekts auf Lichtwellen besprochen werden.

Am Beispiel der Ausbreitung mechanischer Wellen sind die Vorgänge am leichtesten zu beschreiben und labormäßig nachweisbar. Die ursprüngliche Beobachtung bezog sich auf eine relative Bewegung zwischen einer Schallquelle und einem -empfänger (Beobachter). Bewegt sich eine Schallquelle auf einen ruhenden Beobachter zu, so ist der wahrgenommene Ton höher als beim Entfernen der Schallquelle vom Beobachter. Diese Erscheinung können Sie z. B. beim Vorbeifahren pfeifender Lokomotiven oder Vorbeifliegen von tieffliegenden Flugzeugen beobachten. Der Zuschauer an Rennstrecken kennt das Umschlagen der Tonhöhe (Frequenz) beim Vorbeifahren der Rennfahrzeuge. Es handelt sich hier nicht um einen psychologischen Effekt, etwa um eine akustische Täuschung. Die Registrierung der ankommenden Welle mit Mikrofon und Elektronenstrahl-Oszillograf würde ebenfalls beim Annähern der Schallquelle eine größere Frequenz erkennen lassen als beim Entfernen. Das Zustandekommen dieser Frequenzänderung sollen Sie sich mit unserer Hilfe selbst herleiten. Das ist möglich, wenn Sie im nachfolgenden Text die Lücken nach gründlicher Überlegung ausfüllen und sich dann auf der letzten Seite der Zeitschrift von der Richtigkeit Ihrer Eintragung überzeugen.

Sie finden dort unter der jeweiligen Nummer die einzusetzenden Symbole, Formelzeichen u. dgl.

Versuchen Sie stets, selbst die Lösung zu finden!

Stellen wir zuerst einige Grundlagen zusammen:

Die eine Welle kennzeichnenden Größen Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c$ , Wellenlänge  $\lambda$  und Frequenz  $\nu$  sind durch die Gleichung

$$\dots = \dots \cdot \dots \quad (1)$$

miteinander verknüpft. Dabei gibt die Ausbreitungsgeschwindigkeit  $c$  den pro Sekunde zurückgelegten Weg an und der Zahlenwert der Frequenz bedeutet die Anzahl der je Sekunde ausgesandten Wellen.

1. Betrachtung: Der Beobachter bewegt sich auf die Quelle zu.



Sind Beobachter und Quelle in Ruhe, so treffen während 1 s  $\nu_0$  Wellen beim Beobachter ein, er nimmt einen Ton mit der Frequenz ... (4) wahr. Würde die Welle ruhen und der Beobachter bewegt sich mit der Geschwindigkeit  $v$  nach Q, so begegnet er in 1 s  $\nu'$  Wellen, d. h. er nimmt einen Ton mit der Frequenz ... (6) wahr. Dabei ist  $\nu' = \frac{v}{\lambda}$ .

Bewegt sich der Beobachter, während die Welle auf ihn zuküuft, so begegnet er in 1 s insgesamt ..... (2) Wellen, d. h. er nimmt einen Ton mit der Frequenz  $\nu = \dots \dots \dots$  (2) wahr.

Nun ist  $\nu_0 = \frac{c}{\lambda}$  und  $\nu' = \frac{v}{\lambda}$ , folglich ist

$$\nu = \frac{\dots}{\lambda} \quad (3) \quad (\text{Gleichung 1})$$

2. Betrachtung: Der Beobachter bewegt sich von der Quelle weg. Bewegt sich der Beobachter mit der Geschwindigkeit  $v$  von der Quelle weg, so erreichen ihn  $\frac{v}{\lambda} = \nu'$  weniger Wellen als wenn er geruht hätte. Der von ihm wahrgenommene Ton hat die Frequenz  $\nu = \nu_0 \dots \nu'$  Für diesen Fall gilt die Gleichung

$$\nu = \frac{\dots}{\lambda} \quad (8)$$

3. Betrachtung: Die Quelle bewegt sich vom Beobachter weg.



Betrachten wir die Vorgänge in 1 s! Zu Beginn ( $t = 0$ ) werden von Q Wellen mit der Geschwindigkeit  $c$  ausgesandt. Sie legen in 1 s einen Weg in  $m$  zurück, der dem Zahlenwert von  $c$  entspricht. Während dieser Zeit bewegt sich die Quelle von Q nach Q' mit der Geschwindigkeit  $u$ , legt also einen Weg in  $m$  zurück, der dem Zahlenwert von  $u$  entspricht. In dieser Zeit wurden von der Quelle  $\gamma_0$  Wellen ausgesandt, die sich gleichmäßig auf die Strecke  $c + u$  verteilen. Die Wellenlänge ergibt sich folglich zu

$$\lambda' = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} \quad (5)$$

Diesen Ausdruck setzen wir in Gleichung 1 als veränderte Wellenlänge ein und erhalten für gleichzeitiges Bewegen von Quelle und Beobachter

$$\gamma = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} \gamma_0 \quad (9) \quad (\text{Gleichung 2})$$

In Gleichung 2 bedeutet:

- $\gamma$  = vom Beobachter wahrgenommene Frequenz
- $c$  = Ausbreitungsgeschwindigkeit der Welle
- $v$  = Geschwindigkeit des Beobachters (mit positivem Wert einzusetzen bei Bewegung zur Quelle hin)
- $u$  = Geschwindigkeit der Quelle (mit positivem Wert einzusetzen bei Bewegung vom Beobachter weg)
- $\gamma_0$  = Frequenz der ausgesandten Welle

Untersuchen wir nun spezielle Fälle:

1. Es sei  $u = 0$  (Quelle ruht) und  $v = 0$  (Beobachter ruht)
 
$$\gamma = \dots \quad (12)$$
2. Es sei  $u = 0$  (Q ruht) und  $v > 0$  (B bewegt sich zu Q hin).
 
$$\gamma = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} \gamma_0 = \gamma_0 (1 + \dots) \quad (10)$$

Der vom Beobachter wahrgenommene Ton liegt höher tiefer (14) als der ausgesandte.

- 2.2. Es sei  $u = 0$  und  $v < 0$  (B bewegt sich von Q weg).

$$\gamma = \gamma_0 (1 \dots\dots) \quad (16)$$

Der vom Beobachter wahrgenommene Ton liegt höher  
als der ausgesandte. tiefer (11)

- 3.1. Es sei  $u > 0$  (Q bewegt sich von B weg) und  $v = 0$ .

$$\gamma = \frac{c}{c + u} \gamma_0 = \frac{1}{\dots\dots\dots} \gamma_0 \quad (7)$$

Der vom Beobachter wahrgenommene Ton liegt höher  
als der ausgesandte (vergleichbar mit tiefer (17)  
2. ...) (17)

- 3.2. Es sei  $u < 0$  (Q bewegt sich auf B zu) und  $v = 0$ .

$$\gamma = \frac{1}{\dots\dots\dots} \gamma_0 \quad (19)$$

Der vom Beobachter wahrgenommene Ton liegt höher  
als der ausgesandte (vergleichbar mit tiefer (13)  
2. ...) (13)

4. Es sei  $u = v$  (Beobachter und Quelle bewegen sich mit gleicher Geschwindigkeit in gleiche Richtung)

$$\gamma = \dots \quad (12)$$

5. Es sei  $u = 0$  und  $v = c$  (B bewegt sich mit Schallgeschwindigkeit auf Q zu).

$$\gamma = \dots \quad (18)$$

Die Frequenz des wahrgenommenen Tones liegt um eine Oktave höher  
tiefer (14) als die des ausgesandten Tones.

6. Es sei  $v = -c$  (B bewegt sich mit Schallgeschwindigkeit von Q weg)

$$\gamma = \dots \quad (15)$$

Wie ist das zu erklären? .....  
.....  
..... (20)

In einem nachfolgenden Artikel wird das Dopplersche Prinzip auf Lichtwellen angewandt, die von bewegten Himmelskörpern ausgesandt werden und von dem ruhenden bzw. ebenfalls bewegten Beobachter auf der Erde wahrgenommen werden. Für diese Untersuchung wird Gleichung 2 in einer abgewandelten Form benötigt.

Sie lautet dann für den Fall  $v = 0$

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda_0} = \frac{u}{c} \quad (\text{Gleichung 3})$$

Versuchen Sie, die Berechtigung der Gleichung 3 durch zweckmäßiges Umwandeln von Gl. 2 nachzuweisen! Vergleichen Sie die Lösungsangabe (21)!

### Aufgaben

Wir bitten, die Lösungen dieser Aufgaben bis vier Wochen nach Auslieferung dieser Zeitschrift einzusenden. Um eine exakte Bewertung und Auszeichnung zu ermöglichen, bitte Absender und Klassenstufe deutlich angeben! Geben Sie unbedingt den vollständigen Lösungsweg an!  
Aufg. 17)

Welche Länge muß ein senkrecht an der Wand hängender Spiegel mindestens haben, damit man sich selbst vom Scheitel bis zur Sohle vollständig sehen kann (Körperlänge: 1) ?

Aufg. 18)

Ein LKW mit der Leermasse von 1 t wird mit einer Last von 5 t beladen, dabei senkt sich das Fahrgestell um 20 cm.

Man berechne:

- (1) die Federkonstante
- (2) die Schwingungsdauer!

Aufg. 19)

Um wieviel Prozent verringert sich das Gewicht der Bergsteiger, die einen 8 000 m hohen Berg ersteigen, infolge der nunmehr größeren Entfernung vom Erdmittelpunkt, gegenüber dem Gewicht bei NN? (Erdradius  $R = 6\,370$  km)

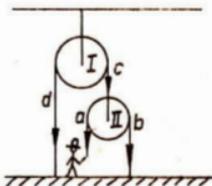
Aufg. 20)

An welche sinusförmige Wechselspannung (Effektivwert) von 50 Hz ist ein Kondensator mit einer Kapazität von  $4 \mu\text{F}$  anzuschließen, damit die Stromstärke 500 mA beträgt? (Scheitelwert)

Lösungen der Aufgaben 9 bis 12 aus Heft 3

Wir möchten neben den Lösungen die Punkte angeben, die es auf die einzelnen Gedankengänge gibt, so daß jeder schon selbst etwa abschätzen kann, wieviel Punkte er erreicht hat.

Aufg. 9)



gegeben:

$$G_1 = 60 \text{ kp}$$

$$G_2 = 90 \text{ kp}$$

gesucht:  $F_a$

Lösung: Rollen I und II wirken als feste Rolle; die Gesamtbelastung beträgt  $G_1 + G_2 = 90 \text{ kp}$ . 1 P.

Es gilt:  $F_c = F_d = \frac{G_1 + G_2}{2}$  1 P.

Diese Kraft verteilt sich auf die Seile a u. b  
Es gilt:  $F_a = F_b = \frac{1}{2} F_c = \frac{G_1 + G_2}{4}$  1 P.

Also ist  $F_a = \frac{90}{4} \text{ kp} = \underline{\underline{22,5 \text{ kp}}}$  4 P.

Aufg. 10) Es gilt:  $x = A \sin(2\pi \nu t)$  1 P.

Daraus folgt durch Bildung der Umkehrfunktion:

$$v = \frac{\arcsin\left(\frac{x}{A}\right)}{2\pi t}$$
 1 P.

Setzt man die gegebenen Werte:

$x = \frac{1}{4} A$  und  $t = \frac{1}{20} \text{ s}$  ein, so erhält man

$$v = \frac{\arcsin\left(\frac{1}{4}\right)}{2\pi \cdot \frac{1}{20} \text{ s}} = \frac{10 \arcsin(0,25)}{\pi} \text{ s}^{-1}$$
 1 P.

Liest man jetzt den Wert von  $\arcsin 0,25$  in einer Tabelle ab, so erhält man rund:

$$v = 0,8 \text{ s}^{-1}$$

=====

1 P.

4 P.

---

(Schüler der 9. Klasse, die eine richtige Lösung eingesandt haben, erhalten 1 Zusatzpunkt)

- Aufg. 11) Auf die Erde, die auf einer Kreisbahn die Sonne umläuft, wirken die Gravitationskraft  $F_1$  und die Radialkraft  $F_2$ . Diese beiden Kräfte sind gleich. 1. P.

$$\text{Es gilt: } F_1 = \gamma \frac{m_E \cdot m_S}{r_{Es}^2}$$

$$F_2 = m_E \cdot \omega_E^2 \cdot r_{Es} \quad 1 \text{ P.}$$

Durch Gleichsetzen erhält man:

$$m_E \omega_E^2 \cdot r_{Es} = \gamma \frac{m_E \cdot m_S}{r_{Es}^2}$$

$$m_S = \frac{r_{Es}^3}{\gamma} \cdot \omega^2 \quad \text{und wegen } \omega = 2\pi/T$$

$$\text{gilt: } m_S = \frac{r_{Es}^3}{\gamma} \cdot \frac{4\pi^2}{T^2} \quad 1 \text{ P.}$$

Mit  $r_{Es} \approx 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ ,  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{N m}^2}{\text{Kg}^2}$

und  $T = 365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ s}$  erhält man

$$m_S \approx 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

=====

1 P.

(Schüler der 9. bzw. 10. Klassen erhalten 4 P.  
2 bzw. 1 Zusatzpunkt für die richtige Lösung;  
das gilt auch für Aufg. 12)

Aufg. 12)  $R_g = 20 \Omega$ , wenn sich Phasenverschiebung  
des kapazitiven und induktiven Widerstandes 1 P.  
gerade aufheben.

Es gilt dann:  $X_L = X_C$  oder  
 $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  1 P.

$$\text{d. h. } \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2 \pi \nu$$

$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad 1 \text{ P.}$$

Setzt man die entsprechenden Werte ein, so  
erhält man:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \frac{1}{\sqrt{5 \frac{\text{Vs}}{\text{A}} \cdot 30 \cdot 10^{-6} \frac{\text{As}}{\text{V}}}}$$

$$\nu = \frac{10^3}{2\pi \cdot 12,24} \text{ s}^{-1} = 13 \text{ Hz} \quad 1 \text{ P.}$$

4 P.  
=

Wir danken unserem bisherigen Chefredakteur J. Herrmann und  
unserem Redaktionsmitglied B. Reinhold für ihre Arbeit, die  
sie für unsere Zeitschrift geleistet haben.

Beide werden unsere Redaktion wegen Abschluß ihres Studiums  
verlassen.

B. Reinhold übernimmt eine verantwortungsvolle Aufgabe im  
VEB Carl Zeiss Jena und J. Herrmann wird eine Aspirantur in  
Moskau antreten.

Wir wünschen beiden in ihrem neuen Wirkungsbereich viel  
Erfolg.

Lösungen zu "Dopplersches Prinzip"

- 1)  $c = \lambda \cdot \nu$
- 2)  $\nu_0 + \nu'$
- 3)  $\nu = \frac{c + v}{\lambda}$
- 4)  $\nu_0$
- 5)  $\lambda' = \frac{c + u}{\nu_0}$
- 6)  $\nu'$
- 7)  $\nu = \frac{1}{1 + \frac{u}{c}} \nu_0$
- 8)  $\nu = \frac{c - v}{\lambda}$
- 9)  $\nu = \frac{c + v}{c + u} \nu_0$
- 10)  $\nu = \frac{c + v}{c} \nu_0$
- 11) tiefer
- 12)  $\nu = \nu_0$
- 13) höher (s. 2.1)
- 14) höher
- 15)  $\nu = 0$
- 16)  $\nu = \nu_0 \left(1 - \frac{v}{c}\right)$
- 17) tiefer (vergleichbar mit 2.2.)
- 18)  $\nu = 2 \nu_0$
- 19)  $\nu = \frac{1}{1 - \frac{u}{c}} \nu_0$
- 20) Beobachter bewegt sich z. B. mit einer Verdichtungsstelle mit und kann keine Druckänderung wahrnehmen.
- 21)  $\frac{\nu}{\nu_0} = \frac{c}{c + u} \rightsquigarrow \frac{\lambda}{\lambda_0} = 1 + \frac{u}{c}$   
 Wegen  $\nu \cdot \lambda = \nu_0 \cdot \lambda_0$  erhalten wir  

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = 1 + \frac{u}{c} \rightsquigarrow \frac{\lambda}{\lambda_0} - 1 = \frac{u}{c}$$
 oder 
$$\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\Delta \lambda}{\lambda_0} = \frac{u}{c}$$


---