

*L. Bergmann*



# impuls 68

Schülerzeitschrift für Physik,  
Chemie und Biologie

3. Jahrgang (1969/70)

Heft **1**

---

**impuls 68:** Monatszeitschrift für Schüler

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

**Redaktion:** Dipl.-Phys. H.-D. Jähnig (Chefredakteur)  
Dr. K. Jupe, Dipl.-Chem., I. Pfaff, Dipl.-Phys., G. Sommer, N. Somma, D. Gröll, M. Seifert, H. Birkenbeil, W. Kotte, V. Hopfe, W. Dänhardt, R. Rost, V. Lindig,

**Verantwortlicher:** Dipl.-Phys. S. Kessler

**Anschrift:** „impuls 68“  
69 Jena  
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich zum Preise von 0,40 M.

Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen an unsere Adresse.

Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR.

---

### Inhalt

Liebe Leser!	3
Der Trick mit der Aggression	4
Warum schwimmt Eis?	7
Der Festkörper Glas (V)	11
Morphologie der tier. Zelle	14
Komplexe Zahlen I	18
Nochmals: Kosmologie	21
Spezielle Relativitätstheorie	23
Optische Aktivität	27
Büchermarkt	31
Aufgaben	32

---

Titelblatt: Ausschnitt aus einer Zelle  
(Siehe auch Seite 14)

---

## Liebe Leser!

Mit diesem Heft eröffnen wir den dritten Jahrgang der Schülerzeitschrift "impuls 68", die monatlich von September 1969 bis Juni 1970 erscheinen wird. Da "impuls 68" von nun an in einem etwas erweiterten Umfang erscheint, wird sich der Preis etwas ändern. Jedes Heft kostet nun 40 Pfennige und für ein Jahresabonnement bitten wir Sie, 4,- M auf unsere Kontonummer 4472-39-2981 Sparkasse Jena, zu überweisen. Im Interesse der organisatorischen Vereinfachung möchten wir Sie bei Neubestellungen um Sammelbestellungen der Schulen bitten. Falls Sie noch Hefte der beiden vorherigen Jahrgänge haben möchten, werden wir Ihnen gerne so weit wie möglich entgegenkommen. Natürlich kosten diese Hefte nur 30 Pfennige pro Stück.

Sicher möchten Sie auch gerne etwas über die inhaltliche Konzeption des 3. Jahrganges erfahren. Wir werden von nun an nicht nur Fachprobleme sowie Fragen des Studiums von Physik und Chemie behandeln, sondern auch die Biologie mit einbeziehen, wobei die Biophysik und Biochemie hier besonders betont werden. Mit diesem Jahrgang wollen wir die Einheit von Fach- und Gesellschaftswissenschaften noch besser realisieren, als dies bisher möglich war. Dies soll u.a. darin zum Ausdruck kommen, daß grundlegende philosophische Fragen, die eng mit unseren Fachgebieten in Verbindung stehen, behandelt werden. Wir gedenken dabei besonders der Verdienste W.I. LENINS und Fr. ENGELS. Auf fachlichem Gebiet wollen wir wieder bestimmte Komplexe betonen (z.B. Elektrophysik) und vor allem auch als Unterstützung für den fakultativen mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht wirksam werden. Damit wollen wir Ihnen, liebe Leser, nicht nur für den Unterricht, sondern auch für die außerunterrichtliche Tätigkeit zur Seite stehen. Gleichzeitig möchten wir Sie für ein Studium eines naturwissenschaftlichen Faches interessieren und Sie mit Problemen des Studiums, wie sie besonders als Resultat der 3. Hochschulreform auftreten, bekannt machen.

Die Aufgaben werden ab diesem Jahrgang um chemische Aufgaben bereichert, womit wir dem Wunsch vieler Leser entsprechen. Wir bitten, die Lösungen der Aufgaben bis spätestens 4 Wochen nach Erscheinen des Heftes einzusenden. Die Lösungen werden Sie jeweils im übernächsten Heft finden. Diejenigen Leser, welche bei der Lösung der Auf-

gaben eine maximale Punktzahl erreichen oder deren eingesandte Artikel veröffentlicht werden, erhalten eine Prämie.

Um aber wirklich für Sie einen maximalen Nutzen zu erbringen, benötigen wir Ihre Reflexion. Schreiben Sie uns deshalb, welche Probleme Sie in der Schule bewegen. Schicken Sie Artikel ein, um an der Gestaltung der Zeitschrift mitzuwirken und schreiben Sie uns bitte auch Ihre Meinung über unsere Zeitschrift. Denn nur so können wir sie verbessern.

Zum Schluß möchten wir noch eine Bitte aussprechen. Da wir nur beschränkte Möglichkeiten zur Werbung haben, bitten wir Sie, insbesondere die Lehrer, uns hierin zu unterstützen.

Für das Schuljahr 1969/70 wünschen wir all unseren Lesern viel Erfolg und viel Freude beim Lesen Ihrer

impuls 68

## Der Trick mit der Aggression

"Ich glaube zu wissen, was die Studenten beunruhigt. Nach meiner Ansicht haben wir es mit einer Generation zu tun, die keineswegs sicher ist, daß sie eine Zukunft hat". Diese Sätze stammen aus einer Rede des amerikanischen Wissenschaftlers Georg WALD. Weiter sagt er: "Wir verlangen weder Wohlstand noch Sicherheit, sondern nur eine faire Chance zu leben, eine Chance, unser Schicksal in Frieden und Bescheidenheit zu entscheiden". Was veranlaßte Georg WALD zu diesen Feststellungen?

In der letzten Zeit mehren sich in den USA Stimmen bekannter Persönlichkeiten, die davor warnen, das Wirtschaftspotential, die großen Forschungspotenzen ihres Landes einzig und allein für den Zweck einzusetzen, in der Welt eine militärische Vorrangstellung mit dem Ziel einer permanenten Bedrohung und Erpressung aller übrigen Staaten der

Welt (selbst der eigenen "Verbündeten") zu erreichen. "Der einzige Zweck einer Regierung ist, Leben zu schützen und zu fördern. Unsere Regierung beschäftigt sich vornehmlich mit dem Tod, mit dem Geschäft des Tötens und getötetwerdens. Unsere sogenannte Verteidigung beansprucht heute sechzig Prozent des Staatshaushaltes, etwa zwölf Prozent des gesamten Volkseinkommens". Das muß ein Nobelpreisträger über seine Regierung sagen.

Georg WALD, 1906 in New York geboren, gehört zu jener Generation, die bereits zwei Weltkriege miterlebt hat. Grund genug für ihn, mit aller Eindringlichkeit vor den Folgen eines neuen zu warnen und besonders den Vietnam-Krieg mit aller Entschiedenheit zu verurteilen. Er sagte dazu: "Das Verteidigungsministerium jammert natürlich immer über Geldnot; aber was es mit seinen 80 Milliarden Dollar jährlich tut, kann sich die wildeste Phantasie nicht vorstellen. Zum Beispiel, das Rocky Mountains Arsenal am Stadtrand von Denver hat solche Unmengen von giftigem Nervengas fabriziert, daß man nicht mehr wußte, wohin mit dem Abfall. So gruben sie kühn einen Tunnel drei Kilometer unter Denver, in den sie inzwischen so viel vergiftetes Wasser gepumpt haben, daß Denver seit zwei Jahren von Erderschütterungen von zunehmender Stärke heimgesucht wird. Die Gefahr eines Erdbebens ist nun akut geworden, und eine Debatte ist derzeit im Gang, ob Denver sicherer wäre, wenn man diesen unterirdischen See von vergiftetem Wasser ableitet oder ihn stehen läßt. ("N. Y. Times", 4. Juli 1968; "Science", 27. September 1968). Vielleicht ist Ihnen schon die Geschichte von den 600 Schafen bekannt, die plötzlich in Skull Valley (Utah) starben - vergiftet von einem Nervengas -, das Resultat eines seltsamen und noch ungeklärten Unfalls (der nächste Prüfplatz lag 45 Kilometer entfernt).

Um auf Vietnam zurückzukommen:

Das Ausmaß von Bombenexplosionen ist erschreckend. Sie erinnern sich vielleicht noch an Khesanh, den Flecken südlich der "Demilitarisierten Zone", wo eine Einheit der Marineinfanterie eine Zeitlang belagert war. In dieser Zeit warfen wir auf den Umkreis von Khesanh mehr Bomben als auf Japan im ganzen zweiten Weltkrieg, mehr als 1942 und 1943 auf ganz Europa abgeworfen wurden. Ein Offizier, der das miterlebte, sagte nachher: "Es sieht aus, als hätte die Welt die Blattern bekommen und wäre dran gestorben". ("N. Y. Times", 28. März 1968).

Für einen Wissenschaftler, der seine ganze Kraft dafür einsetzt, das Leben zu erforschen um es zu erhalten, müssen diese Sätze besonders erschütternd wirken.

In seinen Arbeiten befaßte sich Georg WILD hauptsächlich mit dem Chemismus des Sehvorgangs. Er entdeckte das Rhodopsin, das Pigment der lichtempfindlichen Stäbchen. Weiterhin untersuchte er auch die Zäpfchen, die für das Farbensehen verantwortlich sind. Hier konnte er drei verschiedene Typen feststellen, die sich durch rot - blau - oder grünempfindliches Pigment auszeichnen und somit den drei Primärfarben entsprechen. Für seine Entdeckungen erhielt er 1967 den Nobelpreis für Medizin und Physiologie. Jetzt ist er Professor für Biologie an der Harvard Universität in Cambridge, USA. Er kennt daher die Probleme der jüngeren Generation, besonders der Studenten aus seinen unmittelbaren Kontakten zu ihnen. Dazu sagt er:

"Was bedrückt die Studenten? Einige von ihnen nennen den Vietnamkrieg. Nach meinem Empfinden ist der Vietnamkrieg die beschämendste Episode der ganzen amerikanischen Geschichte. Der Begriff "Kriegsverbrechen" ist eine amerikanische Erfindung. Wir haben in Vietnam viele Kriegsverbrechen begangen. Aber vergessen Sie nicht, wir haben auch im zweiten Weltkrieg Kriegsverbrechen begangen, noch bevor bei den Nürnberger Kriegsverbrecherprozessen davon geredet wurde. Die totale Bombenvernichtung der deutschen Städte war ein Kriegsverbrechen. Die Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki waren Kriegsverbrechen. Hätten wir den Krieg verloren, dann hätten sich einige unserer Führer für diese Taten verantworten müssen.

Seit einiger Zeit beschäftige ich mich mit dieser Frage und habe gefunden, es ist immer derselbe Trick: Wenn einer behaupten kann, er verteidige sich gegen Aggression oder er übe Vergeltung, dann kann er alles tun. Deshalb hat auch unser Ex-Außenminister Dean Rusk - ein Mann, bei dem Wiederholung die Stelle der Vernunft und Hartnäckigkeit die Stelle von Charakter einnehmen - sich soviel Mühe gemacht zu behaupten, daß wir in Vietnam gegen Aggression kämpfen. Denn stimmt es, daß wir gegen Aggression kämpfen, dann ist uns alles erlaubt. Sollte der Begriff Kriegsverbrechen je Bedeutung bekommen, dann müßte er als eine Kategorie von Taten definiert werden, die unabhängig von angeblichen Provokationen verübt werden - was heute nicht der Fall ist."

Zitate aus ND vom 3. 8. 1969

## I. Schichtung

Physikstudent im 3. Studienjahr

**Warum schwimmt das Eis?**

Es ist eine bekannte Tatsache, daß sich auf einer beliebigen Ansammlung von Wasser bei Temperaturen unter  $0^{\circ}\text{C}$  eine Eisdecke bildet, die auf dem flüssigen Wasser schwimmt. Was bedeutet das physikalisch?

Erinnern wir uns der einfachsten Gesetzmäßigkeiten aus der Physik der Flüssigkeiten: Unter Vernachlässigung innerer Kräfte der Flüssigkeit (Oberflächenspannung, Zähigkeit) schwimmt ein Körper, wenn er ohne voll einzutauchen bereits eine Wassermasse verdrängt, deren Gewicht gleich seinem Eigengewicht ist. Die genannten Vernachlässigungen sind für unseren Fall möglich. Zu unserer Aussage benötigten wir lediglich die Definition des Schwimmens und das Archimedesische Prinzip, wobei wir die ausschließliche Wirksamkeit der Schwerkraft annahmen. Interpretieren wir unsere Aussage, so bedeutet sie, daß das Gewicht des schwimmenden Körpers geringer ist als das des verdrängten Wassers bei voll eingetauchtem Körper. Im Falle eines einigermaßen homogenen Körpers (sowohl für das Eis wie für das Wasser können wir das voraussetzen) bedeutet das einfach: Die Dichte des Eises ist geringer als die des Wassers, Eis ist leichter als Wasser. Eben dies läßt sich durch Messungen bestätigen, ja, es stellt sich sogar heraus, daß alles Wasser, das kälter ist als  $4^{\circ}\text{C}$ , leichter ist als dieses. Wie ist nun diese durchaus nicht so selbstverständliche Eigenschaft (die Dichte der meisten Substanzen steigt mit fallender Temperatur) zu erklären?

Um das herauszufinden, wollen wir zunächst zu klären versuchen, wovon die Dichte einer Substanz eigentlich abhängt. Definitionsgemäß ist die Dichte einer homogenen Substanz definiert als Quotient aus Masse und Volumen:

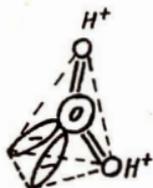
$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{allgemein:} \quad \rho = \frac{dm}{dV})$$

Bekanntlich setzt sich aber die stoffliche Materie aus kleinsten Bausteinen, den Molekülen, zusammen, die ihrerseits wieder aus Atomen bestehen, die uns hier als Träger von Masse interessieren. Das bedeutet aber, daß eine im großen homogene Substanz wie Wasser oder Eis im kleinen durchaus nicht homogen ist. Wir müssen also, um eine makroskopische Größe wie die Dichte zu untersuchen, mit durchschnittlichen Eigenschaften im kleinen vorliebnehmen. Nehmen wir zunächst einmal an, die Atome seien in unserer Substanz gleichmäßig verteilt und änderten ihre Masse nicht, was für unsere Verhältnisse durchaus vernünftig ist, so bedeutet eine Bestimmung der Dichte nichts weiter als eine Zählung aller in einer Volumeneinheit enthaltenen Atome. Diese Zahl, mit der Masse der Atome multipliziert, ergibt dann die Dichte. Bei verschiedenen Arten von Atomen nimmt man eben jede Atomart einzeln und addiert dann. Uns interessiert nun, wodurch die Anzahl der Atome pro Volumeneinheit bestimmt wird. Man sieht leicht ein, daß dafür zweierlei wichtig ist: Die Größe der Atome selbst und ihre Anordnung im Raum. Da uns das Temperaturverhalten der Dichte interessiert, das Atomvolumen im Durchschnitt gesehen bei den für uns interessantesten Temperaturbereichen aber als konstant angesehen werden kann, bleibt als wesentlich für die Bestimmung der Dichte die Anordnung der Atome im Raum übrig. Diese Anordnung ist aber nicht völlig willkürlich, sondern bei den meisten Stoffen sind die Atome in irgendwelchen wohlstrukturierten Verbänden zusammengefaßt (Moleküle, Kristallverbände). Diese Verbände werden von Kraftfeldern definierter Größe zusammengehalten. Nach ihrer Art unterscheidet man verschiedene Bindungsarten. Es bleiben wieder zwei Arten von Einflüssen auf unsere Dichte übrig: Die innere Struktur dieser Einheiten und ihr Verhalten untereinander. Es sind zwei Faktoren, die hier eine entscheidende Rolle spielen: die chemische Bindung und mikroskopische Bewegungen, die makroskopisch als Temperatur zum Ausdruck kommen (thermische "Wimmelbewegung", siehe hierzu etwa die in "impuls 68" veröffentlichten Artikel von Dr. K. Jupe zur Gastheorie). Es ist klar, daß verstärkte

Wimmelbewegung der Moleküle (Temperaturerhöhung) nur zu einer Ausdehnung der vorliegenden Substanz, also zu einer Dichteverringerung führen können. Der im Falle des Wassers auftretende entgegengesetzte Effekt kann also seine Ursache demnach nur in den Bindungsverhältnissen haben.

Nachdem wir den Weg vorgezeichnet haben, wo wir die Ursachen für die eingangs geschilderte Anomalie im Temperaturverhalten der Dichte von Wasser (bzw. Eis) zu suchen haben, wollen wir nun die Struktur des Wassermoleküls bzw. Eiskristalls etwas näher ins Auge fassen. Wie Sie wissen, lautet die Summenformel des Wassers  $H_2O$ . In jeder molekularen Einheit sind also zwei Atome Wasserstoff und ein Atom des gegenüber dem Wasserstoff ziemlich stark elektronegativen Sauerstoffs zusammengefaßt. Die wichtigste Rolle bei dieser Art von chemischer Bindung spielen elektrostatische Kräfte, und wenn man die gegenseitige Anordnung der Partner im Molekül untersucht (siehe z. B. VSEPR-Theorie, "impuls 68" 1968, Heft 1 und 2), so findet man eine ausgesprochen polare Struktur des  $H_2O$ -Moleküls, die z. B. zu einem ausgeprägten elektrischen Moment (Dipolcharakter des Wassers) des Moleküls führen. Dieser besondere Charakter der Wasserstruktur ist übrigens für eine ganze Reihe interessanter und außergewöhnlicher elektrischer Eigenschaften des Wassers verantwortlich (Verhalten als Dielektrikum, Polarisierbarkeit, Rolle bei der elektrochemischen Dissoziation), auf die aber hier jetzt nicht eingegangen werden kann.

Durch die starke Elektronegativität des Sauerstoffs sind die Elektronen des Wasserstoffs ziemlich eng an den Sauerstoff gebunden, so daß der Wasserstoff nur noch als nacktes Proton mit positiver Ladung wirksam wird, die ihrerseits auf negative Partner anziehend wirkt. Diese Partner sind aber die negativen Schwerpunkte des Wassermoleküls, die zusammen mit den beiden Bindungspartnern Wasserstoff die Ecken eines Tetraeders bilden, da zwei nichtgebundene Elektronenpaare übrigbleiben (Skizze). So lagern sich die Wassermoleküle untereinander zu einer Einheit höherer Ordnung zusammen,



wobei die vermittelnde Rolle des Wasserstoffs entscheidend ist. Man bezeichnet diese Art von chemischer Bindung, die übrigens auch in der organischen Chemie, vor allem in der Biochemie, von Bedeutung ist, als Wasserstoffbrückenbindung. Was hat diese Art von chemischer Bindung nun mit unserem Problem der Anomalie

des Wassers zu tun? Wie wir gesehen haben, tritt die Wasserstoffbrückenbindung unter bestimmten, noch zu erläuternden Bedingungen beim Wasser auf. Sie gibt eine Struktur vor, die bei voller Ausprägung kristallinen Charakter trägt. Nun ist aber diese Bindung sehr locker, die einzelnen Wassertetraeder haben einen relativ großen Abstand voneinander, es entsteht viel leerer Raum, die Dichte ist relativ gering. Genau diese Struktur besitzt nun das Eis. Damit ist seine ziemlich geringe Dichte erklärt.

Wie schon gesagt, handelt es sich bei der Wasserstoffbrückenbindung um eine - im Vergleich mit anderen Bindungsarten - relativ schwache Bindung. Jeder Art von Bindung und Strukturierung steht aber die thermische Bewegung entgegen, so daß mit steigender Temperatur die Unordnung größer wird. Ab einem bestimmten Punkt wird die Bindung zerstört, die Möglichkeit der engeren Zusammenlagerung der Partikel größer, die Dichte größer. Der eingangs erwähnte Effekt der primären Dichteverringerung durch Temperaturerhöhung steht dem entgegen, beide Effekte überlagern sich, und da die Effekte in den verschiedenen Temperaturbereichen verschieden stark sind, entsteht der bekannte Anomalieeffekt im Temperaturverhalten der Dichte des Wassers. Bei Temperaturen über  $+4^{\circ}\text{C}$  tritt der Einfluß der Wasserstoffbrückenbindung zurück, und das Wasser verhält sich wie die meisten anderen Stoffe - die Dichte sinkt mit steigender Temperatur.

## Der Festkörper Glas und seine Struktur (V)

### Zur Anwendung des Werkstoffes Glas in Technik und Forschung

Nach den mehr oder weniger theoretischen Betrachtungen über den Festkörper Glas und seine Struktur wollen wir Sie mit einer Reihe von Anwendungsmöglichkeiten bekannt machen, die mit den bisherigen Vorstellungen über den Werkstoff Glas nicht mehr übereinstimmen. Automatisch verbindet man den Begriff Glas z.B. mit Fensterscheiben, Laborgeräten, Linsen für Mikroskope und Teleskope, Wirtschafts- und Verpackungsgläsern, Fernbildröhren und Beleuchtungsgläsern. Diese Reihe könnte man beliebig fortsetzen und denken, es gäbe auf diesem Gebiet kaum noch Entwicklungsmöglichkeiten. Die im letzten Artikel erwähnten Chemorgläser deuteten aber schon an, daß die Grenzen der Erkenntnis über Glas immer weiter gezogen werden müssen und daß die allseitige Anwendung von glasigen Stoffen erst am Anfang steht. Glaserzeugnisse aus jüngerer Zeit unterstreichen diese Ansicht eindrucksvoll.

Da machen z.B. die Begriffe Glasfasern, Faseroptiken, Schaumglas, photochromatische und photosensible Glas- und Glaskeramiken, Pyrocerame, Löt- und Verbindungsgläser, Lasergläser, halbleitende Gläser, Vycorgläser und Hochleistungsoptiken Schlagzeilen und rufen Erstaunen über die Vielfalt der chemischen und physikalischen Eigenschaften des Glases hervor. Über die Herstellung und Struktur, die einen unmittelbaren Einfluß auf die teilweise hervorragenden Eigenschaften haben, wollen wir in diesem Zusammenhang nicht eingehen, sondern nur die entstandenen Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten behandeln.

Da ist z.B. das Schaumglas anzuführen, das durch Aufschäumung von Abfallglas gewonnen wird und seine Anwendung vor allem in der Bauindustrie findet. Schaumglas läßt sich nageln und sägen, hat eine geringere spezifische Dichte als Wasser und besitzt hervorragende Isolationseigenschaften.

Bekannt dürften auch Glasfasern mit Durchmessern von einigen tausendstel Millimetern sein, die eine große Festigkeit besitzen und als Textilmaterial Verwendung finden könnten. Ihre Anwendung finden sie jetzt

schon in Glasfaserstäben, in Glasfasergespinsten für Dachpappenfliese und Isolationsmaterial und in Faseroptiken. Lichtleitkabel und Faseroptiken erlauben es, Licht in einem Faserbündel aufzufangen und um mehrere "Ecken" zu leiten. So gestattet z.B. ein in den Magen eingeführtes Kabel optische Aufnahmen des Mageninneren ohne chirurgischen Eingriff.

Ein anderes Forschungs- und Anwendungsgebiet hat sich durch die Entdeckung der Vitrokerame (in der SU als Sitalle und in der USA als Pyrokerame bekannt) eröffnet. Die Vitrokerame sind Stoffe, die zunächst als Glas hergestellt, dann aber durch einen genau definierten Temperprozess in den kristallinen Zustand übergeführt werden. Bei diesem Prozess spielen die Mikrophasen mit ihrem präkristallinen Zustand die entscheidende Rolle und lösen den gesteuerten Kristallisationsvorgang aus. Die hergestellten prozellanähnlichen, feinkristallinen Produkte erreichen Eigenschaften, die weder vom Glas noch von Porzellankörpern erreicht werden. Ähnlich wie bei den Chemorgläsern finden wir als wichtigste Kristallphasen  $\beta$ -Spodumen und  $\beta$ -Eukryptit. Diese Kristallphasen besitzen bei Abkühlung von über tausend Grad auf Normaltemperatur eine Wärmeausdehnung von nahezu  $\pm 0$ , d.h. die Vitrokerame zerspringen bei einem Temperaturschock von über tausend Grad nicht. Vitrokerame bzw. ähnliche Produkte finden als Hitzschilder von Raketen spitzen Verwendung. Andere Vitrokerame besitzen eine so große Härte und Abriebfestigkeit, daß sie als Kugellager und als Auskleidungen für besonders auf Verschleiß beanspruchte Apparaturen verwendet werden. Ihr Einsatz im Haushalt ist bei höheren Produktionsraten noch gar nicht abzusehen.

Bekannt sind die hohe Ultraviolett durchlässigkeit und geringe Wärmeausdehnung von Quarzgläsern und Quarzglas. Quarzgläser wurden bisher aus Bergkristall und durch thermische Hydrolyse von  $\text{SiCl}_4$  hergestellt. Eine neue und billigere Herstellungsverfahren ergab sich durch die Erkenntnis, daß Natriumborosilikatgläser Mikrophasen bilden, die aus einer natriumboratreichen Mikrophase bestehen. Die Matrix ist nahezu reines  $\text{SiO}_2$ -Glas. Die gezielt hergestellten natriumboratreichen Mikrophasen können nun z.B. mit verdünnter Schwefelsäure ausgelaugt werden, so daß ein poröses  $\text{SiO}_2$ -Gerüst bestehen bleibt, das durch Wärmebehandlung in reines Quarzglas übergeführt werden kann. Die Quarzprodukte bezeichnet man als Vycorgläser und besitzen die obengenannten wertvollen Eigenschaften des Quarzglas.

Eine andere neue Glasentwicklung stellen die photochromatischen bzw. phototropen Gläser dar. Sie verändern ihre Lichtdurchlässigkeit je nach der Intensität der Sonneneinstrahlung, so daß u.a. ein Brillenglas als normales optisch klares Glas und als Sonnenbrillenglas kombiniert sein kann. Weitere Gläser reagieren auf Temperaturschwankungen und zeigen bei verschiedenen Temperaturen mehr oder minder starke Trübungserscheinungen.

Interessant in diesem Zusammenhang sind die Fotoglaskeramiken, die ebenfalls durch gesteuerte Kristallisation hergestellt werden. Die Ausgangsgläser für diese Produkte kristallisieren durch UV-Bestrahlung, da sie lichtempfindliche Substanzen enthalten, die Ausgangspunkte der Kristallisation darstellen. Bestrahlt man ein solches Glas, das z.B. mit einer Schablone abgedeckt ist, um nur bestimmte Gebiete zur Kristallisation zu bringen, entsteht zunächst ein nicht sichtbares Bild im Glas. Nach entsprechender Wärmebehandlung kristallisieren die bestrahlten Zentren aus, so daß man Schriften und Zeichnungen in sichtbarer Form erhalten kann.

Diese kristallinen, sichtbaren Bezirke lassen sich weiterhin durch Säurebehandlung herausätzen. Man erhält nach diesem Verfahren Durchbrüche mit einer Präzision, die auf mechanischem Wege nicht erreichbar ist. Es eröffnen sich für die Herstellung von Fernsehrastern, gedruckten Schaltungen usw. neue Aspekte.

Die Aufzählung und Beschreibung der vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten in diesem Artikel stellt nur einen kleinen Teil der breiten Palette der Verwendung des Festkörpers Glas dar.

Neue Technologien der Glasherstellung und -verarbeitung werden die Produktion erhöhen und breitere Einsatzvarianten schaffen. Die Forschung auf dem Glasgebiet ist bei weitem noch nicht erschöpft, wir möchten sogar sagen, daß die Glaschemie als junger eigenständiger Zweig der Chemie erst am Anfang ihrer Entwicklung steht, obwohl der Festkörper Glas schon einige Jahrtausende bekannt ist.

Dr. Joachim Ude  
Sektion Biologie

## Die Morphologie der tierischen Zelle (I)

Ein Beitrag zu unserer heutigen Kenntnis vom submikroskopischen Bau der Zellstrukturen

Unsere Kenntnisse vom Bau der tierischen Zelle haben sich in den letzten drei Jahrzehnten durch die Verbesserung der mikroskopischen Methoden entscheidend vertieft.

Besonders das Elektronenmikroskop, dessen Einsatz durch die Entwicklung spezifischer Präparationsmethoden in den letzten zwanzig Jahren auch auf biologischem Gebiet möglich wurde, hat uns in die Lage versetzt, biologische Strukturen bis zur Dimension von Makromolekülen aufzulösen. - Damit wurde uns die Möglichkeit gegeben, den bis dahin weitgehend unerforschten und mit zahlreichen Spekulationen behafteten submikroskopischen Bereich wissenschaftlich zu durchdringen.

Im Folgenden soll versucht werden, kurz die wesentlichen Erkenntnisse darzustellen, die mit Hilfe des Elektronenmikroskopes vom feineren Bau der tierischen Zelle gewonnen wurden.

### Die Zellmembran

Bekanntlich unterscheidet sich die tierische von der pflanzlichen Zelle u.a. dadurch, daß sie keine Zellwand besitzt. Mit dem Lichtmikroskop konnte wenig zur Kenntnis der Begrenzungsschicht beigetragen werden, da ihre Dimensionen unterhalb der Auflösungsgrenze liegen. Zeitweise wurde sogar angenommen, daß viele Zellen "nackt" sind.

Mit dem Wachsen unserer Erkenntnisse über die Lebenstätigkeit der Zelle wurde eine Begrenzungsmembran gefordert, die außerordentliche Eigenschaften aufweisen mußte. Nur so konnten die komplizierten Ionenaustausch- und Regulierungsprozesse und die Aufrechterhaltung eines von der Umwelt weitgehend unabhängigen inneren Milieus der Zelle erklärt werden.

Durch das Elektronenmikroskop sind wir heute der Lösung dieses Problems ein ganzes Stück nähergekommen, wenn wir auch noch weit von einer voll-

ständigen Klärung entfernt sind: Jede tierische Zelle ist von einer ca. 75 Å starken, dreischichtigen "Elementarmembran" umgeben, die sich formal auch bei membranösen Zellelementen (Mitochondrien, Golgi-Apparat, endoplasmatisches Retikulum) wiederfindet (Abb.).

An ihrem Aufbau sind neben Proteinen vor allem Lipide beteiligt, die auf Grund von Beobachtungen über die Eindringgeschwindigkeit bestimmter Substanzen schon Ende des vorigen Jahrhunderts von OVERTON gefordert wurden.

Die Proteine bilden in der Elementarmembran wahrscheinlich die beiden äußeren Schichten, die im Elektronenmikroskop dunkel (osmiophil) erscheinen, während die helle (osmiophobe) Innenlage vermutlich aus Phospholipoiden besteht (Abb.).

Die weitere Erforschung der Struktur dieses relativ groben Schemas ist ein zentrales Problem der biologischen Forschung. Dabei deutet sich eine morphologische Spezifität der einzelnen Membransysteme an, die ihren unterschiedlichen physiologischen Aufgaben entspricht.

### Oberflächenvergrößerungen

Viele Zellen, vor allem solche mit Resorptionsfunktion, zeigen charakteristische Oberflächenvergrößerungen, die schon lichtmikroskopisch als sog. Bürstensäume beschrieben wurden. Elektronenmikroskopisch ist zu erkennen, daß diese durch Einfaltungen der Zellmembran in das Cytoplasma gekennzeichnet sind. Die so entstandenen fingerförmigen Gebilde, die "Mikrovilli", vergrößern die aktive Oberfläche dieser Zellen (z.B. Tubuluszellen der Niere) beträchtlich (Abb.). Analoge Bildungen finden sich in diesen Zellen auch an der Basis, wo sie als "basales Labyrinth" bezeichnet werden (Abb.).

### Zellkontakt

Daß die einzelnen Zellen eines Gewebes, wenn sie nicht durch Ausläufer miteinander verzahnt sind (Abb.), in irgend einer Weise verbunden sein müssen, ist unschwer einzusehen. Diese Verbindungen müssen einmal die Stabilität des Gewebes aufrecht erhalten, andererseits aber auch eine gewisse Beweglichkeit der einzelnen Elemente gewährleisten.

Solche Kontaktorganelle, auch Desmosomen genannt, waren schon lichtmikroskopisch beobachtet worden.

Im elektronenmikroskopischen Bild zeigt sich, daß die Desmosomen auf bestimmte Bereiche der Zelloberfläche scheibenförmig begrenzt sind (Haftplatten). An diesen Stellen befinden sich an der intrazellulären Seite der Membranen Cytoplasmaverdichtungen, an denen fädige Strukturen entspringen (sog. Tonofibrillen). Auch die Interzellulärsubstanz ist an dieser Stelle dichter als in den übrigen Bereichen (Abb.).

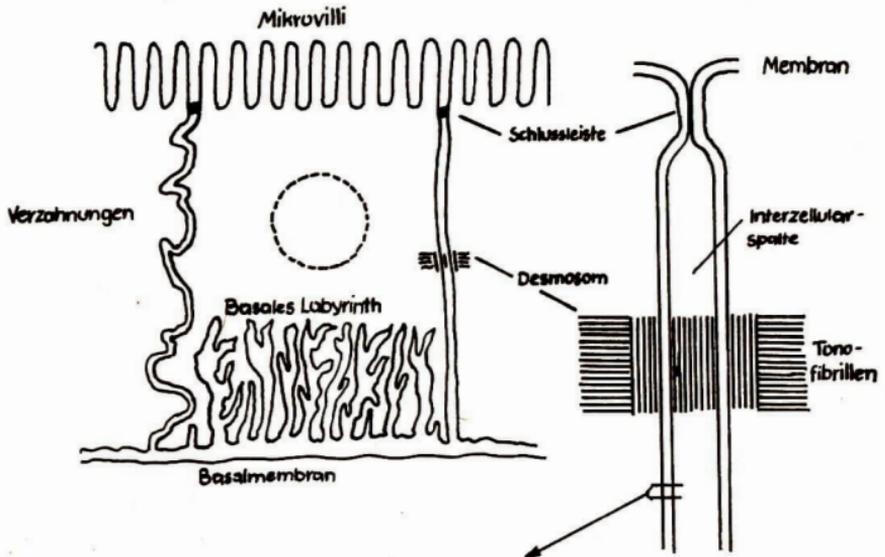
Andere Kontaktstrukturen sind die Schlußleisten, die besonders an der Oberfläche von mechanisch stark beanspruchten Geweben auftreten (Darm, Epidermis). Hier liegen die Membranen der Zellen so dicht aneinander, daß die Interzellulärsubstanz völlig verdrängt wird und ein rahmenartiges Gebilde entsteht, das ein Auseinanderweichen der Zellen an ihrer freien Oberfläche verhindert (Abb.).

Echte Interzellularbrücken, d.h. Verbindungen zwischen dem Cytoplasma benachbarter Zellen in der Art der pflanzlichen Plasmodesmen, sind in tierischen Geweben relativ selten. Die sich daraus erhebende Frage nach der Rolle der Kontaktstrukturen bei den physiologischen Wechselbeziehungen zwischen den Zellen ist ein wichtiges Problem der Membranforschung. Neuere Untersuchungen lassen dabei vermuten, daß sie nicht ausschließlich als Barrieren wirken, wie dies das morphologische Bild nahelegen könnte.

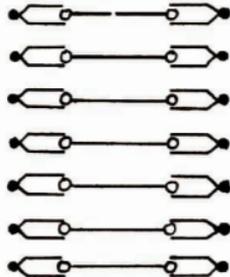
---

Eine der bekanntesten Eigenschaften eines Kamels ist die Fähigkeit, lange Zeit ohne Wasseraufnahme zu existieren. Es kann dabei innerhalb zweier Wochen ein Drittel seiner Körperflüssigkeit verlieren. Dieses Defizit in kürzester Zeit zu ersetzen, ist dem Kamel durch Aufnahme von bis zu 135 l in zehn Minuten möglich. Über die Natur dieses Vorgangs wurden schon seit langer Zeit Hypothesen entwickelt. Kürzlich wurde nun entdeckt, daß Dromedare dehnbare Blutkörperchen besitzen, die durch Wasseraufnahme auf 240 % ihres ursprünglichen Volumens anschwellen können. Dadurch haben sie nun die Möglichkeit sehr schnell ihre Blutbahn mit Flüssigkeit vollzupumpen, ohne daß es zu einer extremen Verdünnung der Körperflüssigkeit und den daraus resultierenden osmotischen Schwierigkeiten kommt.

# Die Zellmembran und ihre Differenzierungen



Protein Lipoid Protein



| 20Å | 35Å | 20Å |

Schema einer  
Elementarmembran

M. Koch, Studentin im 3. Studienjahr Physik

## Komplexe Zahlen (I. Teil)

Beim Lösen quadratischer Gleichungen stößt man oft auf Wurzeln der Form  $\sqrt{-a}$  ( $a$  positiv), die im Bereich der reellen Zahlen nicht erklärt sind.

$$\text{Beispiel: } x^2 + 2x + 5 = 0$$

$$\text{Lösung: } x = -1 \pm \sqrt{1-5} = -1 \pm 2\sqrt{-1}$$

$z = a + b\sqrt{-1}$  bezeichnet man als komplexe Zahl. Für  $\sqrt{-1}$  verwendet man das Symbol  $i$ , die imaginäre Einheit. Die komplexe Zahl  $z = a + bi$  wird zu einer reellen für  $b = 0$ ; für  $a = 0$  und  $b \neq 0$  zu einer rein imaginären Zahl. In der Menge der komplexen Zahlen sind alle mathematischen Operationen uneingeschränkt ausführbar.

### 1. Rechnen mit komplexen Zahlen: $z = a + bi$

$a$  bezeichnet man als Realteil von  $z$ ,  $\text{Re}(z)$ , und  $b$  als Imaginärteil,  $\text{Im}(z)$ .

Die Rechenregeln für Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division wenden Sie bitte auf die angeführten Beispiele an und setzen die Ergebnisse in die Gleichungen ein. Danach prüfen Sie bitte Ihre Ergebnisse am Schluß des Artikels nach.

a) Addition und Subtraktion:  $(a+bi) \pm (c+di) = (a\pm c) + (b\pm d)i$

$$\text{Beispiel: } z_1 = 8 + 3i \quad z_2 = 1/2 + 4i$$

$$z_1 + z_2 = \dots\dots\dots$$

b) Multiplikation: Die Multiplikation entspricht genau der von reellen Polynomen.

$$(a+bi) \cdot (c+di) = ac + adi + bci + bdi^2 \quad i^2 = -1$$

$$\text{Beispiel: } z_1 = 2 + 7i \quad z_2 = 5 - 3i$$

$$z_1 \cdot z_2 = \dots\dots\dots$$

c) Division:

$$z = \frac{z_1}{z_2} = \frac{(a + bi)}{(c + di)}$$

Um die imaginäre Einheit aus dem Nenner zu beseitigen, erweitert man den Bruch mit  $(c - di)$ .

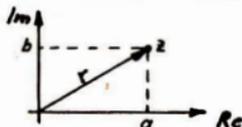
Beispiel:  $z_1 = 2 - 3i$        $z_2 = 6 + 2i$

$$\frac{z_1}{z_2} = \dots\dots\dots$$

## 2. Geometrische Darstellung komplexer Zahlen

Wie Sie wissen, kann man jede reelle Zahl auf der Zahlengeraden darstellen. Jede komplexe Zahl lässt sich als Punkt einer Ebene darstellen, die man komplexe oder Gauß'sche Zahlenebene nennt. Die reellen Zahlen werden durch Punkte der Abszissenachse (reelle Achse) veranschaulicht, die Punkte der Ordinatenachse (imaginäre Achse) dienen der Darstellung der rein imaginären Zahlen.

$$z = a + bi$$



Als Betrag der komplexen Zahl  $z$  bezeichnet man die Entfernung  $r$  des Punktes auf der Gauß'schen Ebene vom Nullpunkt.

$$|z| = r = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{(a+bi)(a-bi)}$$

Berechnen Sie bitte den Betrag der komplexen Zahl  $z = 3/4 + i$   
 $r = \dots\dots\dots$

Wenn  $z = a + bi$  ist, bezeichnet man  $\bar{z} = a - bi$  als die zu  $z$  konjugiert komplexe Zahl. Der Betrag ist also  $r = \sqrt{z \bar{z}}$ . Um die Lage der Zahl  $z$  eindeutig bestimmen zu können, führt man den Winkel  $\varphi$  ein.  $\varphi$  nennt man das Argument von  $z$ . Es gilt  $\tan \varphi = b/a$ ;  $\cos \varphi = a/r$ ;  $\sin \varphi = b/r$ . Daraus folgt  $z = r \cos \varphi + r \sin \varphi i$ .

$z = r (\cos \varphi + i \sin \varphi)$  nennt man die trigonometrische Form von  $z$ . Mit Hilfe der trigonometrischen Form lassen sich komplexe Zahlen leichter multiplizieren und potenzieren.

Liegen die beiden komplexen Zahlen

$$z_1 = r_1 (\cos \varphi + i \sin \varphi) \quad \text{und}$$

$$z_2 = r_2 (\cos \psi + i \sin \psi) \quad \text{vor,}$$

so gilt nach Additionstheoremen

$$z_1 z_2 = r_1 r_2 [\cos(\varphi + \psi) + i \sin(\varphi + \psi)] .$$

Dabei ist der Betrag von  $z_1 z_2$   $|z_1 z_2| = |z_1| |z_2|$

und das Argument von  $z_1 z_2 = \arg z = \arg z_1 + \arg z_2$ .

Für  $z_1 = z_2 = z$  gilt  $z^2 = r^2 (\cos 2\varphi + i \sin 2\varphi)$

Diese Aussage läßt sich auf  $n$  Faktoren erweitern:  $|z^n| = |z|^n$ ,

$\arg(z^n) = n \arg(z)$ .

Damit wurde die für die praktische Rechnung wichtige Moivre'sche Formel hergeleitet:

$$r (\cos \varphi + i \sin \varphi)^n = r^n (\cos n\varphi + i \sin n\varphi)$$

Beispiel:  $z = 5 (\cos 10^\circ + i \sin 10^\circ)$

$$z^3 = \dots\dots\dots$$

### 3. Zusammenhang zwischen komplexen Zahlen und Vektoren

Es ist bestimmt aus der geometrischen Deutung der komplexen Zahlen leicht einzusehen, daß der Vektor  $\vec{r}$  mit dem Betrag  $r$  und der Richtung  $\varphi$  der komplexen Zahl  $z$  mit dem Betrag  $r$  und dem Argument  $\varphi$  entspricht. Die Komponenten  $x$  und  $y$  des Vektors entsprechen dem Realteil  $x$  und dem Imaginärteil  $y$  der Zahl  $z = x + iy$ .

Addition und Subtraktion komplexer Zahlen kann man auf die Vektoraddition und -subtraktion zurückführen.

### 4. Die exponentielle Darstellung der komplexen Zahlen

Ohne Beweis gebe ich hier die in der Physik und Mathematik sehr wichtige Euler'sche Formel an:

$$e^{iz} = \cos z + i \sin z$$

$$e^{-iz} = e^{i(-z)} = \cos(-z) + i \sin(-z) = \cos z - i \sin z$$

Daraus folgt:

$$\cos z = \frac{e^{iz} + e^{-iz}}{2} \quad \sin z = \frac{e^{iz} - e^{-iz}}{2i}$$

Unter Verwendung der Euler'schen Formel erhalten wir die sogenannte Exponentialform zur Darstellung einer beliebigen komplexen Zahl.

Aus  $z = r (\cos \varphi + i \sin \varphi)$  folgt  $z = r e^{i\varphi}$

Gerade diese Formel führt zu einigen sehr interessanten Anwendungen in der Physik, die im zweiten Artikel über komplexe Zahlen behandelt werden.

Lösungen zu den Beispielen:

$$1. \quad z_1 + z_2 = 8 + 3i + 1/2 + 4i = 17/2 + 7i$$

$$2. \quad z_1 z_2 = (2+7i)(5-3i) = (10+21) + (-6+35)i = 31 + 29i$$

$$3. \quad \frac{z_1}{z_2} = \frac{(2-3i)(6-2i)}{(6+2i)(6-2i)} = \frac{12-6-4i-18i}{36+4}$$

$$= \frac{6}{40} - \frac{22}{40}i = \frac{3}{20} - \frac{11}{20}i$$

$$4. \quad |z| = r = \sqrt{\left(\frac{3}{4}\right)^2 + 1} = \sqrt{\frac{25}{16}} = \frac{5}{4}$$

$$5. \quad z^3 = 5 (\cos 10^\circ + i \sin 10^\circ)^3 = 125 (\cos 30^\circ + i \sin 30^\circ)$$

$$= 125 \left( -\frac{3}{2} + \frac{1}{2}i \right)$$

Gerald Sommer

Assistent an der Sektion Physik

## Nochmals: Rotverschiebung und Kosmologie

In dem Artikel "Rotverschiebung und Kosmologie" (Impuls 68, 2. Jahrg., Heft 6) unterlief uns leider eine Unkorrektheit, auf die uns Herr Dr. Horst MELCHER, Potsdam-Babelsberg aufmerksam machte. Wir beschrieben dort, wie aus der klassischen Frequenzbeziehung des DOPPLER-Effektes und nach der HUBBLE'schen Geschwindigkeits-Entfernungsbeziehung die Entfernung extragalaktischer Sternsysteme bestimmt werden kann. Außerdem behaupteten wir, daß diese Beziehungen auch gestatten, die Entfernung von Quasaren zu bestimmen. Das ist aber nicht ganz exakt. Denn die Spektren der quasistellaren Radioquellen (Quasare) zeigen eine enorme Rotverschiebung, die auf

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = 0.16 \quad \text{bis} \quad \frac{\Delta \lambda}{\lambda} = 2.224$$

schließen lassen. Nach dem klassischen DOPPLER-Effekt würde aus einer so enormen Rotverschiebung aber eine Fluchtgeschwindigkeit der Quasare bis zu 660000 km/s folgen, was aber nach der speziellen Relativitätstheorie nicht möglich ist.

Anstelle des klassischen DOPPLER-Effektes muß die Beziehung des relativistischen DOPPLER-Effektes angewendet werden, welche die Konvergenz der Geschwindigkeit materieller Körper gegen die Lichtgeschwindigkeit als obere Grenzgeschwindigkeit beinhaltet. Diese Beziehung lautet

$$v = \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}} \cdot \lambda_0 ,$$

woraus eine Gleichung für das Verhältnis der Geschwindigkeit materieller Körper zur Lichtgeschwindigkeit folgt, in der die Wellenlängenänderung größer sein kann als die Wellenlänge selbst, ohne daß sich physikalische Unsinnigkeiten einstellen:

$$\frac{v}{c} = \frac{(1 + \frac{\Delta\lambda}{\lambda})^2 - 1}{(1 + \frac{\Delta\lambda}{\lambda})^2 + 1}$$

Danach würde dem Quasar mit der relativen Wellenlängenänderung  $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 2.2$ . ungefähr eine Fluchtgeschwindigkeit von  $0.8c$  zugeschrieben werden können. Nun läßt sich aber aus dieser Geschwindigkeit nicht so einfach die Entfernung nach der HUBBLE'schen Beziehung berechnen, weil bei so riesigen Entfernungen der Entfernungsbegriff selbst schon vom Weltmodell abhängig ist. Welche Problematik die Wahl verschiedener Weltmodelle aufwirft, wurde ja in dem an dieser Stelle berichtigten Artikel gezeigt. Näheres über den relativistischen DOPPLER-Effekt können Sie dem im August im VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, erschienenen Buch von Dr. habil. Horst MELCHER "Relativitätstheorie in elementarer Darstellung" entnehmen. Herrn Dr. MELCHER und dem VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften möchten wir an dieser Stelle nochmals für ihre Unterstützung danken.

Prof. Dr. Ernst Schmutzer  
Sektion Physik, Jena

## Spezielle und allgemeine Relativitätstheorie

### 1. Spezielle Relativitätstheorie

Quantentheorie und Relativitätstheorie sind die Grundpfeiler der modernen Physik. Die erstere wurde von Max PLANCK 1900 begründet und später von BOHR, HEISENBERG, SCHRODINGER, DIRAC u. a. weiterentwickelt. Sie ist die theoretische Grundlage der Physik der Atomhülle. Die Relativitätstheorie wurde in erster Linie von Albert EINSTEIN aufgestellt. Sie befaßt sich mit der Struktur von Raum und Zeit.

Im Jahre 1905 gelang dem 26jährigen EINSTEIN die Entwicklung der speziellen Relativitätstheorie, die er in den "Annalen der Physik", Band 17, unter dem unauffälligen Titel "Zur Elektrodynamik bewegter Körper" veröffentlichte. Die spezielle Relativitätstheorie brachte mit einem Schlage Klarheit in viele um die Jahrhundertwende noch umstrittene Probleme. Der physikalische und philosophische Inhalt der Theorie war jedoch so revolutionierend, daß EINSTEIN bei einem weiten Forscherkreis auf Unverständnis und Ablehnung stieß. Es ist bemerkenswert, daß PLANCK einer der ersten Anhänger der neuen Theorie war. "Wenn sich die EINSTEINsche Theorie als zutreffend herausstellt, wie ich es erwarte, wird er als der Kopernikus des 20. Jahrhunderts gelten", schrieb er in einer Einschätzung. Im Jahre 1915 stellte EINSTEIN nach mehrjährigen Irrwegen und öfteren Fehlschlägen seine allgemeine Relativitätstheorie auf, die zeigte, daß die Metrik des Raumes von der Materieverteilung im Weltall abhängt. Während die spezielle Relativitätstheorie heute zum gesicherten Bestand der Physik gehört, ist die allgemeine Relativitätstheorie noch nicht vollständig abgeschlossen. Die Physiker, die die neuen Entdeckungen der Elementarteilchenphysik und der kosmischen Physik zu deuten versuchen, knüpfen oft direkt an EINSTEINS Gedanken an.

Worum geht es nun bei der Relativitätstheorie? Inwiefern brach sie mit überkommenen Vorstellungen und alten Gewohnheiten, wodurch

revolutionierte sie das physikalische Denken und unser physikalisches Weltbild? Um zu einem Verständnis der Probleme der relativistischen Physik zu gelangen, müssen wir uns zunächst einmal einige Begriffe der vorrelativistischen klassischen Physik, insbesondere das klassische Relativitätsprinzip, vergegenwärtigen.

## Das Relativitätsprinzip der klassischen Mechanik

Ein Grundbegriff der Physik ist der des Bezugssystems, unter dem eine Gesamtheit materieller Gegenstände (z. B. ein Labor in einem bestimmten Bewegungszustand) verstanden werden soll. Auf diese Gesamtheit sind alle Messungen, insbesondere die Längen- und Zeitmessungen - also entscheidende physikalische Aussagen - bezogen. Bereits in der vorrelativistischen Physik wurden die Physiker auf zwei grundsätzlich verschiedene Arten von Bezugssystemen aufmerksam:

### 1. Inertialsysteme

Das sind Bezugssysteme, in denen die physikalischen Naturgesetze eine besonders einfache mathematische Form besitzen. Sie werden als dem Fixsternhimmel gegenüber in Ruhe oder in gleichförmiger Bewegung befindlich gedeutet. Da der Fixsternhimmel selbst in ständiger Bewegung ist, wird dabei auf den Bewegungszustand des Fixsternhimmels im Zeitmittel Bezug genommen. Praktisch läßt sich ein Inertialsystem nur beschränkt realisieren, doch ist dieser Begriff in vielen Fällen als Näherung brauchbar.

### 2. Nichtinertialsysteme

Wie eben dargelegt, handelt es sich bei allen vorkommenden Bezugssystemen eigentlich um Nichtinertialsysteme. So ist auch unsere Erde auf Grund ihrer Eigenrotation kein Inertialsystem. Das äußert sich zum Beispiel im Auftreten der besonderen Strömungsrichtung der Passatwinde oder in der Drehung der Pendelebene eines schwingenden Pendels (Foucault-Pendel). Nichtinertialsysteme sind beschleunigt bewegte Bezugssysteme. In ihnen treten Trägheitskräfte wie Zentrifugalkraft und Corioliskraft auf.

Wir betrachten nun zwei (mit einer notwendig konstanten Geschwindigkeit!) gegeneinander bewegte Inertialsysteme und stellen uns die Frage, wie die Beschreibung eines bestimmten Bewegungsvorganges in diesen beiden relativ zueinander gleichförmig und geradlinig bewegten Bezugssystemen aussieht. Die Antwort für die klassische Mechanik gibt uns das GALILEISCHE Relativitätsprinzip:

"Beezüglich der Beschreibung der mechanischen Naturvorgänge sind alle relativ zueinander gleichförmig bewegten Bezugssysteme völlig gleichberechtigt. Die Bewegungsgesetze besitzen in ihnen dieselbe Form". Aus diesem Prinzip schlußfolgern wir, daß die Geschwindigkeit ein relativer Begriff ist, der erst in Verbindung mit einem bestimmten Bezugssystem einen Sinn gewinnt. Die Geschwindigkeit eines beobachteten Körpers bleibt zwar die gleiche, wenn wir von einem Inertialsystem zu einem anderen übergehen, das gegenüber dem ersten ruht, aber nicht mehr, wenn sich das neue System gegenüber dem ersten bewegt. Andererseits aber ist in der klassischen Mechanik jede Beschleunigung als eine Änderung der Geschwindigkeit von absoluter Bedeutung und hängt nicht davon ab, von welchem Inertialsystem aus wir sie betrachten.

Das sind entscheidende Gesichtspunkte der von NEWTON formulierten klassischen Mechanik, die mehr als zwei Jahrhunderte sowohl in irdischen als auch in außerirdischen Bereichen ihre großen Triumphe feierte. Ihre philosophische Manifestation fand sie im mechanischen Materialismus, für den das mechanische Denken kennzeichnend war und der versuchte, alle übrigen Disziplinen der Physik auf die Gesetze der Mechanik zu reduzieren. War das gelungen, so wurde die Erklärung eines Naturphänomens als befriedigend gesehen.

Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts erschütterte das Prinzip von der absoluten Konstanz der Lichtgeschwindigkeit die klassische Theorie.

### Das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

Zu dieser Zeit war die Experimentierkunst auf dem Gebiete der elektromagnetischen, insbesondere der optischen Erscheinungen so weit fortgeschritten, daß es möglich wurde, die Lichtgeschwindigkeit mit größter Genauigkeit zu messen. Sie beträgt im Vakuum 299 793 km/s (praktisch wird meist mit 300 000 km/s gerechnet). Nach der vorrelativistischen Theorie ist die Geschwindigkeit ein relativer Begriff. Besonders verblüffte die Physiker daher die Tatsache, daß die Lichtgeschwindigkeit unabhängig vom Bewegungszustand der emittierenden Lichtquelle und vom Bewegungszustand des Beobachters grundsätzlich denselben Wert besitzt. Diese Aussage folgte aus Beobachtungen an Doppelsternen und aus dem Ausgang des berühmten Michelson-Versuches von 1886.

Angeregt durch das Beispiel der Schallausbreitung in der Luft, hatte man damals zum Verständnis der Lichtausbreitung einen hypothetischen Weltäther als Übertragungsmedium angenommen. MICHELSON wollte eigentlich aus der Ausbreitung des Lichtes in Richtung der Erdbahn und senkrecht dazu die Bewegung der Erde gegen den hypothetischen Äther messen. Seine mehrfach wiederholten Versuche verliefen alle negativ und zeigten so, daß jeder Lichtstrahl im Vakuum relativ zu jedem Inertialsystem mit der gleichen Geschwindigkeit läuft. Das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit widersprach völlig dem sogenannten gesunden Menschenverstand der damaligen Zeit und schien mit dem GALILEISCHEN Relativitätsprinzip unvereinbar. Mußte sich das Licht nicht in einem gegen das Licht bewegten Bezugssystem langsamer ausbreiten als in einem davonlaufenden? Schon war man geneigt, das GALILEISCHE Relativitätsprinzip aufzugeben, da zeigte Albert EINSTEIN den Ausweg. Er hielt an beiden Prinzipien fest und unterzog die Begriffe von Raum und Zeit einer grundlegenden Kritik.

Dieser Artikel wird im Heft 2 fortgesetzt.

## Wissenswertes

Parthenogenetische Fortpflanzung, die Erzeugung von Nachkommen ohne Vater, die bislang nur von niederen Tieren bekannt war, konnte im Experiment nun auch bei Wirbeltieren verwirklicht werden. Aus normalen Epithelzellen einer weiblichen Kröte wurden die Zellkerne isoliert, die in ihren Chromosomen die volle genetische Information für ein vollständiges Individuum besitzen. Diese wurden in unbruchtete Eier der Kröte, deren Chromosomen ausgeschaltet worden waren, eingepflanzt. Es entwickelte sich eine Kröte, die sowohl genotypisch wie phänotypisch mit dem Spendertier identisch war. Die beiden Tiere stellen sowohl eineiige Zwillinge als auch Mutter und Tochter dar.

J. Gottschaldt

## Optische Aktivität Aktivität

Die Messung und genaue Feststellung des optischen Drehvermögens bestimmter Verbindungsarten spielt in der Chemie eine wichtige Rolle. Im einfachsten Fall erkennt man optisch aktive Verbindungen daran, daß der Stoff selbst oder Lösungen davon das dunkle Gesichtsfeld zweier gekreuzter Nicol'scher Prismen (Polarisator und Analysator genannt) beim Einbringen in den Strahlengang aufhellen. Verdunklung erreicht man erneut durch Verdrehen des Analysators um einen bestimmten Winkel. Aus diesem Drehwert, weiterhin aus der Konzentration und der Schichtdicke kann man das sogenannte spezifische Drehvermögen berechnen, das für jede optisch aktive Substanz bei einer bestimmten Temperatur und Wellenlänge des verwendeten polarisierten Lichtes eine Konstante darstellt.

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{100 \cdot \alpha_{\lambda}^T}{C \cdot l}$$

$\alpha_{\lambda}^T$  = Drehwinkel, um den der Analysator verstellt werden muß

$C$  = Konzentration (mol/l)

$l$  = Schichtdicke (dm)

Das Gebiet der Polarimetrie nützt außerdem diese Möglichkeiten aus, um bei Substanzkenntnis die Konzentration zu ermitteln.

Interessanter erscheint mir jedoch die Frage nach dem Ursprung der optischen Aktivität. Lehrbücher definieren, daß Stoffe mit der Eigenschaft, die Polarisations Ebene linear polarisierten Lichtes zu drehen, optisch aktiv heißen. Um nun einen kleinen Einblick in die Wechselwirkung von Licht mit Kristallen oder Molekülen schaffen zu können, müssen einige grundlegende physikalische Begriffe geklärt werden.

### 1. Gewöhnliches und polarisiertes Licht licht

Gewöhnliches Licht besteht aus elektromagnetischen Wellen, deren elektrischer Feldvektor auf alle Raumrichtungen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung verteilt ist. "Siebt"

man alle Anteile bis auf diejenigen Feldvektoren heraus, die in einer Ebene senkrecht zur Ausbildungsrichtung liegen, so erhält man linear polarisiertes Licht. Linear polarisiertes Licht ist also Licht einer einzigen Schwingungsebene. Sein elektrischer Vektor schwingt als Sinuswelle mit Lichtfrequenz. (Siehe auch Abb. 1a und b.)

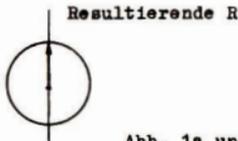


Abb. 1a und b



a = Momentaufnahme in Fortpflanzungsrichtung des elektrischen Vektors

Zur Ableitung der Ursache der optischen Aktivität ist es günstig, sich modellmäßig einen Strahl des linear polarisierten Lichtes als Resultierende vorzustellen, der durch Interferenz aus einem links- und rechtszirkular polarisierten Strahl entsteht. Abb. 2a, b und c zeigen das.



Abb. 2a

Momentaufnahme des elektrischen Vektors, R = Resultierende aus r und l.



Abb. 2b und c

Schrauben des rechts- (r) und linkszirkular (l) polarisierten Lichtes

Aus Abb. 2 ist zu ersehen, daß beide Komponenten die gleiche Amplitude und Phase aufweisen und sich wie Bild und Spiegelbild verhalten. Bei einem zirkular polarisierten Strahl dreht sich der elektrische Vektor gleichförmig um die Fortpflanzungsrichtung, während einer Schwingung um  $2\pi$ , d. h.  $360^\circ$ . Aus den Teilbildern 2b und 2c kann man Bild 1b zusammensetzen.

## 2. Zirkulare Doppelbrechung

Links- und rechtszirkular polarisierter Strahl durchdringen ein optisch inaktives Medium mit gleicher Geschwindigkeit, während optisch aktive Medien von jeder Komponente mit unterschiedlicher Geschwindigkeit passiert werden.

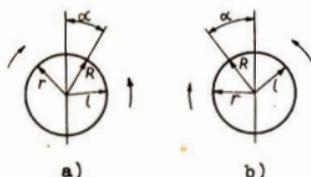


Abb. 3

Abb. 3a zeigt: Hat die linkszirkular polarisierte Komponente die geringere Geschwindigkeit, so wird die Resultierende unter einem bestimmten Winkel gegen die ursprüngliche Schwingungsrichtung zur langsameren Komponente hingedreht sein, d. h. beide Teilstrahlen verlassen das optisch aktive Medium mit einer Phasendifferenz und die Überlagerung zu linear polarisiertem Licht erfolgt nicht in der ursprünglichen Polarisationssebene. Die Substanz ist rechtsdrehend.

In Abb. 3b liegt der umgekehrte Fall vor mit einer linksdrehenden Substanz.

Da die Geschwindigkeit einer Lichtwelle in einem Medium durch den Brechungsindex bestimmt wird, muß also ein optisch aktives Medium für die links- und rechtszirkular polarisierte Komponente verschiedene Brechungsindizes besitzen. Man nennt ein solches Medium zirkular doppelbrechend.

Die Verschiedenheit der Brechungsindizes resultiert wiederum aus bestimmten Eigenschaften von Verbindungen in atomaren bzw. molekularen Bereichen, wenn man jetzt die aus der Kristallstruktur stammende optische Aktivität ausklammert. Die Polarisierbarkeit der Moleküle, d. h. ihre Fähigkeit, ihre elektrischen Ladungen im Takte der Frequenz des ein- gestrahlten polarisierten Lichtes zu verschieben, ist bei optisch aktiven Substanzen unsymmetrisch.

Diese Bedingungen wiederum werden nur erfüllt bei Molekülen, die in ihrem Aufbau keinerlei Symmetrieelemente wie Symmetrieachsen, -ebenen usw. aufweisen. Die bekanntesten dieser Verbindungen sind solche mit asymmetrischen Kohlenstoffatomen, d. h. die 4 Valenzen eines oder mehrerer Kohlenstoffatome sind durch unterschiedliche Substituenten abgesättigt.

Abb. 4 gibt mit dem Glycerinaldehyd und dem Methyläthylcarbinol zwei Beispiele an.

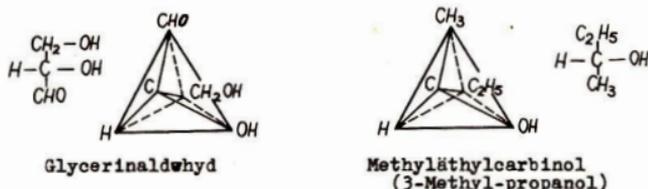
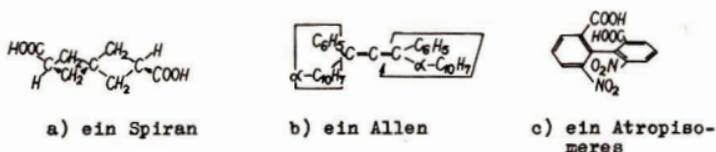


Abb. 4

(in Tetraederschreibweise  
und als Strichformeln)

Verbindungen, die im gesamten Molekülbau asymmetrisch sind, zeigen auch optische Aktivität. Als Beispiele sind in Abb. 5a eine Verbindung aus der Klasse der Spirane, in Abb. 5b ein Allen (Allene sind Verbindungen mit 2 kumulierten Doppelbindungen) und in Abb. 5c ein Atropisomeres.



a) ein Spiran

b) ein Allen

c) ein Atropisomeres

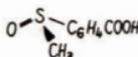
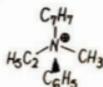
Abb. 5

Atropisomere sind Verbindungen, bei denen durch Aufhebung der freien Drehbarkeit infolge sterischer Hinderung der Substituenten -NO<sub>2</sub> und -COOH der beiden Ringe sich jene nicht mehr beliebig gegeneinander verstellen lassen. Das Molekül wird so als Ganzes asymmetrisch.

Die optische Aktivität ist nicht nur auf Kohlenstoffverbindungen beschränkt, sondern findet sich auch, wenn andere Elemente das Asymmetrieszentrum bilden.

In Abb. 6a, b, c sind solche Stickstoff- und schwefelhaltige Substanzen mit optischer Aktivität abgebildet.

Beim Schwefel reichen also bereits 3 Liganden aus, um die Ebene des polarisierten Lichtes zu drehen.



- a) ein Ammoniumion    b) ein Sulfoniumion    c) ein Sulfoxid

Abb. 6

Zusammenfassend kann man feststellen, daß sich also optische Aktivität äußert in der Drehung der Polarisationssebene von linear polarisiertem Licht. Diese Drehung hat ihre Ursachen in der Wechselwirkung von Licht mit optisch aktiver Materie.

## Neues auf dem Büchermarkt

Dr. H. Melcher

"Relativitätstheorie in elementarer Darstellung, mit Aufgaben und Lösungen"

VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1969  
237 Seiten, 12,60 M

Mit diesem Buch möchten wir unseren Lesern ein Werk über die Relativitätstheorie vorstellen, das in mathematischer Strenge, aber unter Verwendung der Schulmathematik, diesen schwierigen Stoff zu behandeln versteht. Es ist nicht populärwissenschaftlich geschrieben, aber dank seines Autors, einem erfahrenen Physiker und Pädagogen, jedem zu empfehlen, der in die Relativitätstheorie tiefer eindringen möchte.

In sehr gründlicher und verständlicher Weise werden die Zusammenhänge und die Folgerungen der speziellen Relativitätstheorie erarbeitet, wobei neueste Forschungsergebnisse Berücksichtigung finden. Breiten Raum nehmen dabei in einem besonderen Teil Aufgaben (mit Lösungen) und Übungen ein, wo Anwendungsbeispiele durchgerechnet bzw. Herleitungen wichtiger Zusammenhänge gegeben werden.

Die allgemeine Relativitätstheorie wird in einem Überblick geboten. Dabei wird der Leser mit ihren Denkmethoden und den wichtigsten Ergebnissen bekannt gemacht.

Im Hinblick darauf, daß die spezielle Relativitätstheorie Eingang in den Physikunterricht der 12. Klassen gefunden hat, möchten wir es besonders den Lehrern und interessierten Schülern zum Studium empfehlen.

## Aufgaben

Wir möchten Sie bitten, sich auch in diesem Jahr an den Lösungen unserer regelmäßig erscheinenden Aufgaben zu beteiligen. Alle, bis zum 30. des folgenden Monats, eingesandten Lösungswege werden nach einem einheitlichen Punktsystem bewertet und am Ende des Jahrgangs ausgewertet. Die ersten zehn Plätze werden prämiert?

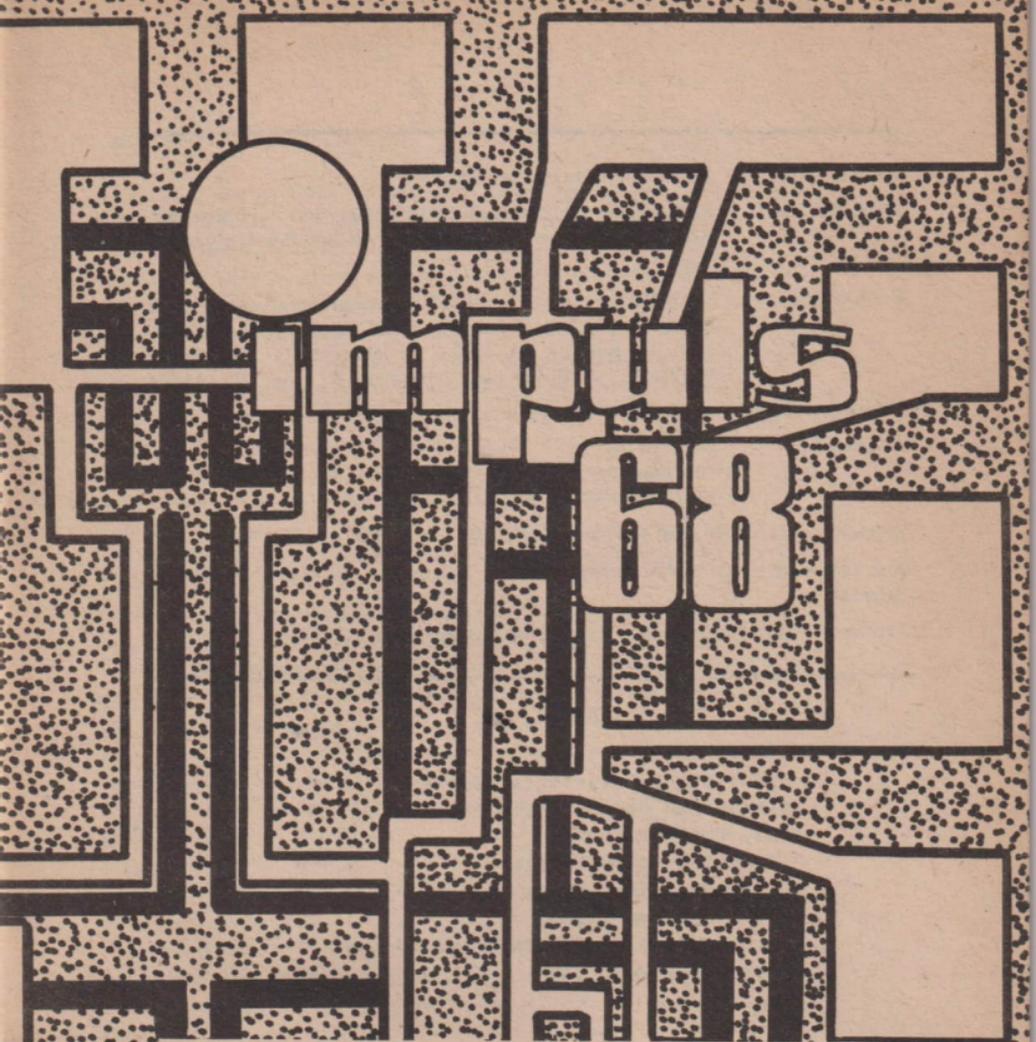
Sie haben jeweils in der übernächsten Zeitschrift die Möglichkeit, Ihr Ergebnis mit dem exakten Lösungsweg zu vergleichen.

### 1. Aufgabe:

Weshalb erlischt die in einem geschlossenen Kasten brennende Kerze, wenn der Kasten frei herunterfällt?

### 2. Aufgabe:

Wie groß muß der äußere Widerstand eines Akkumulators (Innenwiderstand:  $R_i$ ) sein, damit maximale Leistung entnommen wird?



impuls  
68

Schülerzeitschrift für Physik,  
Chemie und Biologie

3. Jahrgang (1969/70)

Heft

2

---

**impuls 68:** Monatszeitschrift für Schüler

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

**Redaktion:** Dipl.-Phys. H.-D. Jähnig (Chefredakteur)  
Dr. K. Jupe, Dipl.-Chem., I. Pfaff, Dipl.-Phys., G. Sommer, N. Somma, D. Gröll, M. Seifert, H. Birkenbeil, W. Kotte, V. Hopfe, W. Dänhardt, R. Rost, V. Lindig,

**Verantwortlicher:** Dipl.-Phys. S. Kessler

**Anschrift:** „impuls 68“  
69 Jena  
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich zum Preise von 0,40 M.

Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen an unsere Adresse.

Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR.

---

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
Liebe Leser!	3
Spezielle Relativitätstheorie	4
Allgemeine Relativitätstheorie	9
Soz. Großforschung	13
Weg zur Quantentheorie	15
Elektron. Bauelemente	20
Evolution des Kosmos	23
Erkenntnisgewinnung in der Forschung	27
Physikolympiade 1969	31

Liebe Leser!

Wenn Sie dieses Heft von "impuls 68" in den Händen halten, ist unsere Republik 20 Jahre alt. Ein Grund für uns, kurze Rückschau auf die geleistete Arbeit zu halten.

Als im März 1968 das erste Heft von "impuls 68" erschien, hatten die Herausgeber, zumeist Studenten, viel Idealismus, wenig Erfahrungen und den Willen, den Oberschülern die Attraktivität des Physik- bzw. Chemiestudiums nahe zu bringen. Aus dieser engen Aufgabenstellung heraus hatten wir von vornherein mit einem nur sehr kleinen Leserkreis gerechnet. Die nachhaltige Resonanz und die steigende Nachfrage nach "impuls 68" zeigten uns, daß ein echtes und dringendes Bedürfnis nach einer Schülerzeitschrift mit naturwissenschaftlichem Inhalt besteht. Gleichzeitig wird aber auch deutlich, daß der unbändige Drang nach Wissen, der Wille zu seiner selbständigen Aneignung schon tief in uns verwurzelt ist, ein schöner Erfolg unseres sozialistischen Bildungssystems.

Es wurde deshalb erforderlich, "impuls 68" inhaltlich und methodisch neu zu gestalten. In enger Anlehnung an die Lehrpläne der Oberschulen soll der Oberschüler nicht nur den Stoff intensiv wiederholen, sondern z. B. auch die Komplexität der Naturwissenschaft begreifen. Damit untrennbar verbunden ist der Bezug zu den gesellschaftlichen Verhältnissen, die philosophische Interpretation wissenschaftlicher Erkenntnisse, um nur einiges zu nennen.

Sicherlich war der eine oder andere Artikel nicht immer ganz ausgereift, schwierig zu verstehen. Wir glauben aber durch eine noch engere Zusammenarbeit mit unseren Lesern in Zukunft möglichst allen Anforderungen, die an eine Schülerzeitschrift gestellt werden, Rechnung zu tragen. An dieser Stelle möchten wir nochmals allen Mitarbeitern, die uns mit Rat und Tat zur Seite standen, recht herzlich danken. Wir glauben, daß diese Begeisterung und der Elan, aktiv am gesellschaftlichen Gestaltungsprozeß teilzunehmen, eine solide Grundlage für die weitere Entwicklung unserer sozialistischen Gesellschaftsordnung ist.

Wenn wir in dieser Nummer aus Anlaß des 20. Jahrestages der DDR Artikel bekannter Wissenschaftler unserer Republik veröffentlichen, die sie extra für "impuls 68" schrieben, so ist das mehr als nur eine

symbolische Geste. Zeugt es doch von einem tiefen Verantwortungsgefühl gegenüber der jüngeren Generation - ein Kennzeichen der gewachsenen Reife unserer sozialistischen Gesellschaft.

Wir werden auch in Zukunft bekannte Wissenschaftler in "impuls 68" zu Wort kommen lassen und glauben, damit den oft ausgesprochenen Wunsch über neue Forschungsergebnisse in entsprechender Form zu berichten, gerecht zu werden. Wir hoffen außerdem, wie bisher auch weiterhin mit unserer Schülerzeitschrift bei der Erstürmung der Höhen der Wissenschaft behilflich sein zu können.

Wir sind stolz und glücklich zum 20. Jahrestag des Bestehens unserer Republik sagen zu können, daß wir auf unsere Weise einen Beitrag zur Entwicklung des sozialistischen Bildungssystems geleistet haben. Die erreichten Erfolge sind uns Ansporn und Verpflichtung.

"impuls 68"

*Prof. E. Schmutzer Sektion Physik, Jena*

## **Spezielle Relativitätstheorie (Fortsetzung)**

### *Raum und Zeit bei NEWTON und EINSTEIN*

Isaac NEWTON sah Raum und Zeit als absolute, von der Bewegung der Materie losgelöste Kategorien an: "Der absolute Raum bleibt vermöge seiner Natur und ohne Beziehung auf einen äußeren Gegenstand stets gleich und unbeweglich". "Die absolute wahre und mathematische Zeit verfließt an sich und vermöge ihrer Natur gleichförmig und ohne Beziehung auf einen äußeren Gegenstand".

Zwei gegeneinander mit der Geschwindigkeit  $v$  bewegte Inertialsysteme mit den Ortskoordinaten  $x, y, z$  bzw.  $x', y', z'$  sind in der klassischen Mechanik durch die aus der Anschauung gewonnene GALILEI-Transformation miteinander verknüpft:

$$x' = x - vt, \quad y' = y, \quad z' = z.$$

Auf Grund der NEWTONSCHEN Konzeption einer absoluten Zeit, nach der die Zeit für die ganze Welt unabhängig vom Bewegungszustand des Beobachters in gleicher monotoner Weise abläuft, ist für beide Systeme dieselbe Zeit maßgebend:

$$t' = t.$$

Die Anwendung des Prinzips von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit führte EINSTEIN zu einem System von Transformationsgleichungen, der sogenannten LORENTZ-TRANSFORMATION, die sich von den entsprechenden Gleichungen der klassischen Mechanik dadurch unterschieden, daß in ihnen die Lichtgeschwindigkeit  $c$  als Naturkonstante auftrat:

$$x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \frac{t - \frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Zwar hatte LORENTZ kurz vor EINSTEIN formal diese Transformationsformel auf Grund anderer Überlegungen schon gefunden, aber ihren richtigen physikalischen Sinn entdeckte EINSTEIN.

Nach diesen Transformationsgleichungen wird die Zeit im Unterschied zur NEWTONSCHEN Zeitkonzeption mittransformiert. Das war eine völlig neue philosophische Lage, mit der EINSTEIN fertig werden mußte. Sein Genie hat mit der Auffindung dieser Transformationsformeln tief in die Erkenntnis über das Wesen von Raum und Zeit eingegriffen. EINSTEIN zeigte, daß NEWTONS Hypothesen keine Denknöwendigkeiten, sondern nur Denkgewohnheiten sind, die zwar zunächst aus der täglichen Erfahrung gewonnen worden waren, aber unter den neuen Umständen nicht mehr gelten konnten. Raum und Zeit erwiesen sich nicht mehr länger als selbständige philosophische Kategorien, sondern ergaben sich als spezielle Aspekte einer höheren vierdimensionalen Einheit, nämlich der Raumzeit. Damit war die Vierdimensionalität der Welt begründet, die heute zum Bestand modernen physikalischen Denkens gehört.

### *EINSTEINs spezielles Relativitätsprinzip*

Der Weg zur speziellen Relativitätstheorie führte über die Elektrodynamik, und zwar über die Untersuchung des Lichtes als eines elektromagnetischen Wellenvorganges. EINSTEIN befreite sich mit seiner Theorie von der Enge des mechanistischen Denkens und sah die Elektrodynamik als eine höhere Stufe physikalischer Theorie als die Mechanik an. Er verallgemeinerte das nur für die Mechanik gültige GALILEISCHE Relativitätsprinzip auf alle Gebiete der Physik.

EINSTEINS spezielles Relativitätsprinzip besagt:

"Alle Inertialsysteme sind gleichberechtigte Bezugssysteme für die Beschreibung aller physikalischen Vorgänge. Die Naturgesetze besitzen in allen Inertialsystemen dieselbe Form".

Wendet man das Relativitätsprinzip auf die Elektrodynamik an, so gelangt man zur LORENTZ-Transformation, während die Anwendung des Prinzips auf die NEWTONSCHE Dynamik die GALILEI-Transformation zur Folge hat. Damit klappte zunächst ein großer Riß im logischen Gebäude der Physik. Die raumzeitlichen Umrechnungsformeln waren nicht mehr Ausfluß der Raumzeit selbst, sondern hingen vom jeweiligen Gebiet der Physik ab. EINSTEIN hielt trotzdem an der objektiven, einheitlichen Existenz der Raumzeit und damit an der Einheit der Physik fest. Das bedeutete aber in der Konsequenz, die NEWTONSCHE Mechanik aufzugeben. Für den Fall, daß die Relativgeschwindigkeit  $v$  zwischen den zwei betrachteten Bezugssystemen wesentlich kleiner als die Lichtgeschwindigkeit ist  $\frac{v}{c} \ll 1$ , geht die LORENTZ-Transformation

in die GALILEI-Transformation über. Für EINSTEIN war das ein befriedigendes Ergebnis. Er sah die klassische Mechanik als den nichtrelativistischen Grenzfall an, der nur für geringe Geschwindigkeiten galt, und entwickelte eine neue, die relativistische Mechanik. Einige der augenfälligsten Ergebnisse der speziellen Relativitätstheorie seien im folgenden genannt.

### *Zeitdilatation und Längenkontraktion*

In der speziellen Relativitätstheorie verliert die Zeit den absoluten Charakter, den die NEWTONSCHE Physik vorausgesetzt hat. Sie wird beim Übergang von einem Bezugssystem zu einem anderen mittransformiert und ist nur noch ein relativer Aspekt der vierdimensionalen Raumzeit. Die Relativierung der Zeit hat die Relativierung des Begriffs der Gleichzeitigkeit zur Folge. Danach werden zwei Ereignisse, die in einem Inertialsystem gleichzeitig stattfinden, in einem dagegen bewegten Inertialsystem in einem zeitlichen Abstand voneinander registriert. Eine absolute Gleichzeitigkeit zweier Ereignisse gibt es nicht mehr. Die Beurteilung der Gleichzeitigkeit hängt jetzt vom Bewegungszustand des Beobachters ab.

In engem Zusammenhang damit steht der Effekt der Zeitdehnung, der Zeitdilatation. Die in einem Inertialsystem gemessene Zeitspanne  $\Delta t'$  wird in einem dagegen bewegten System gedehnt beobachtet:

$$\Delta t' = \frac{t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Der relativistische Effekt der Zeitdehnung gestattet, ein auf klassischer Grundlage unverständliches Beobachtungsergebnis zu erklären. Bekanntlich trifft auf unsere Erde ein ständiger Strom kosmischer Strahlung. In der oberen Atmosphäre lösen die auftreffenden hochenergetischen kosmischen Teilchen Kernreaktionen aus, die zur Erzeugung von Myonen ( $\mu$ -Mesonen, Teilchen mittlerer Masse zwischen der des Elektrons und der des Protons) führen. Diese Myonen haben eine Lebensdauer von etwa 2 Millionstelsekunden und zerfallen dann. In dieser Zeit können sie maximal einen halben Kilometer Weg zurücklegen. Tatsächlich werden diese Myonen aber auf der Erdoberfläche nach einem zurückgelegten Weg von etwa 30 km beobachtet. Infolge der relativistischen Zeitdilatation wird für einen Experimentator auf der Erde die Lebensdauer der Myonen so gedehnt, daß sie die Erdoberfläche erreichen können.

Eine weitere aus der Zeitdilatation folgende Konsequenz ist das sogenannte Zwillingsparadoxon. Zwillinge, die ihr Leben in verschiedenen Bewegungszuständen verbringen, durchleben ein verschiedenes Alter. Dieser Effekt würde allerdings nur unter utopischen Bedingungen deutlich hervortreten, nämlich wenn einer von den Zwillingen lange Zeit mit nahezu Lichtgeschwindigkeit im Kosmos umherreisen würde.

In der Relativitätstheorie werden aber in bewegten Systemen nicht nur die Zeitmaßstäbe, sondern auch die Längenmaßstäbe verändert. In der Schule haben wir gelernt, daß Messen das Vergleichen eines Objektes mit einem Maßstab bedeutet. Diese Definition reicht in der Relativitätstheorie nicht mehr aus, denn es muß noch gesagt werden, wie das Vergleichen im einzelnen erfolgt. Eine sinnvolle Erweiterung der Definition einer Längenmessung führt zu dem Ergebnis, daß ein in einem Inertialsystem gemessener räumlicher Ab-

stand  $\Delta l$  in einem dagegenbewegten System verkürzt beobachtet wird:

$$\Delta l' = \Delta l \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

An dieser Formel erkennt man, daß es sich auch bei der Längenkontraktion um einen außerordentlich kleinen Effekt handelt. Dennoch kann er in der physikalischen Forschung nicht vernachlässigt werden.

### Die Energie-Masse-Relation

In der klassischen Mechanik wurde die Masse eines Körpers als eine unveränderliche Größe angesehen. Anders ist das in der Relativitätstheorie. Hier wächst die Masse  $m$  mit der Geschwindigkeit  $v$ , mit der sie sich relativ zu dem Inertialsystem bewegt, auf das ihre Messung bezogen ist:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Dabei ist  $m_0$  die sogenannte Ruhmasse des bewegten Körpers, also diejenige Masse, die ein Beobachter mißt, der sich in demselben Bezugssystem befindet. Die Masse  $m$  wächst mit steigender Geschwindigkeit  $v$  zunächst nur sehr langsam, strebt aber bei Annäherung an die Lichtgeschwindigkeit  $c$  gegen unendlich. Damit hängt die Tatsache zusammen, daß die Lichtgeschwindigkeit die unüberschreitbare Grenzggeschwindigkeit für die Übertragung von Signalen ist. Bei Lichtgeschwindigkeit hätte der Körper eine unendlich große Masse, und zum Fortbewegen dieser Masse wäre auch eine unendlich große Kraft erforderlich.

In den großen Teilchenbeschleunigern wird die Massenveränderlichkeit ständig nachgewiesen. Hier werden nicht nur Elektronen, sondern auch schwerere Teilchen auf nahezu Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Bei der Konstruktion dieser riesigen Anlagen muß die Relativitätstheorie unbedingt beachtet werden, da die Funktion dieser Geräte sonst nicht gewährleistet ist.

Damit ist die Relativitätstheorie in ihrer praktischen Anwendung zu einem speziellen Zweig der Ingenieurwissenschaften geworden. Unter der Voraussetzung der Massenveränderlichkeit nimmt nun auch der Energiesatz eine relativistische Form an. Die Masse-Energie-Relation ist eines der folgenreichsten Ergebnisse der speziellen Relativitätstheorie. Jeder Masse  $m$  eines Körpers entspricht gemäß der Formel

$$E = m \cdot c^2$$

eine gewisse Energiemenge, und umgekehrt. Das gilt auch schon für einen ruhenden Körper. Auf Grund seiner Ruhmasse  $m_0$  hat er auch eine Ruheenergie  $E_0$ .

$$E_0 = m_0 \cdot c^2$$

Die Masse-Energie-Relation ist die theoretische Grundlage für die atomaren Umsetzungen bei Kernreaktionen, über deren Bedeutung für die Menschheit an dieser Stelle wohl nichts mehr gesagt zu werden braucht.

## II. Allgemeine Relativitätstheorie

Die Verallgemeinerung des speziellen Relativitätsprinzips und der Zugang zur EINSTEINSchen Gravitationstheorie

Das EINSTEINSche spezielle Relativitätsprinzip ist ähnlich dem GÄLILEISchen Relativitätsprinzip an die Benutzung von Inertialsystemen, also an gleichförmige Bewegungszustände geknüpft.

EINSTEIN sah das als einen Schöheitsfehler der Theorie an und versuchte sich von dieser Einschränkung zu lösen. In der Tat ließ sich dieses Programm physikalisch durchführen.

EINSTEINS allgemeines Relativitätsprinzip lautet:

"Die Naturgesetze besitzen in beliebigen Bezugssystemen dieselbe Form".

In dieser Hinsicht ist also die EINSTEINSche allgemeine Relativitätstheorie eine kinematische Theorie. In die allgemeinrelativistische Dynamik spielt nun sehr stark das Phänomen der Gravitation hinein. Es ist nämlich die Gleichheit von träger und schwerer Masse eine alltägliche Erfahrung. Nach dem NEWTONschen Bewegungsgesetz gilt bekanntlich

(Kraft) = (träge Masse) · Beschleunigung,

wobei die "träge Masse" eine charakteristische Konstante des beschleunigten Körpers ist und den Trägheitswiderstand bezeichnet, den der betreffende Körper der einwirkenden Kraft entgegensetzt. Ist nun die beschleunigende Kraft die Schwerkraft, so gilt andererseits (Kraft) = (schwere Masse) · (Intensität des Schwerfeldes), wobei die "schwere Masse" eine für die Schwerkraftausübung verantwortliche Konstante des Körpers ist. Aus beiden Beziehungen folgt

$$\text{(Beschleunigung)} = \frac{\text{(schwere Masse)}}{\text{(träge Masse)}} \cdot \text{(Intensität des Schwerfeldes)}.$$

Soll nun, wie die Erfahrung ergibt, die Beschleunigung von der Natur und dem Zustand des Körpers unabhängig sein (alle Körper fallen in einem Schwerfeld gleich schnell), so muß auch das Verhältnis der schweren zur trägen Masse des Körpers stets gleich sein. Bei passender Wahl der Maßeinheiten ist das Verhältnis gleich Eins, und schwere und träge Masse des Körpers sind gleich. Vor EINSTEIN wurde dieser Satz einfach hingenommen, aber nicht interpretiert.

Nach EINSTEIN sind die Schwerkraft und die Trägheitskraft wesensgleich und nicht voneinander eindeutig zu trennen. Ein Beobachter, der sich beispielsweise in einem Aufzug befindet, wird objektiv lokal nicht unterscheiden können, ob eine plötzlich auf ihn sich auswirkende Kraft von der Bremsung des Aufzugs oder von einer in seiner Nähe auftauchenden großen Masse herrührt. Die in einem beschleunigten Bezugssystem auftretenden Trägheitskräfte unterscheiden sich lokal nicht von den Wirkungen der Schwerkraft in einem unbeschleunigten Inertialsystem. Neben der Aufstellung des die Form der Naturgesetze betreffenden allgemeinen Relativitätsprinzips hat EINSTEIN 1916 in derselben

Arbeit noch eine neue Theorie der Gravitation veröffentlicht, die auf der Krümmung der Raumzeit basiert.

### *Krümmung der Raumzeit*

Die Anwendung des allgemeinen Relativitätsprinzips auf die Mechanik und die Elektrodynamik ging ohne besondere Komplikationen vonstatten und schien zunächst keine allzu großen Überraschungen zu bringen. Dagegen führte die Verallgemeinerung der NEWTONschen Gravitationstheorie zu völlig neuen Erkenntnissen über die Struktur von Raum und Zeit. In der EINSTEINSchen Gravitationstheorie wird die Gravitation auf die Geometrie des vierdimensionalen Raumes zurückgeführt und tritt als Kraft nicht mehr in Erscheinung.

EINSTEIN fand heraus, daß die Raumzeit in Wirklichkeit nicht euklidisch, also ungekrümmt sein kann. Die Tatsache aus der Euklidischen Geometrie, daß die Winkelsumme eines Dreiecks stets  $180^\circ$  beträgt, so meint er, kann nicht streng, sondern nur näherungsweise gelten. Die um diese Zeit eingehend untersuchte Geometrie eines gekrümmten Raumes war die RIEMANNSche Geometrie. EINSTEIN wandte diese Geometrie auf die vierdimensionale Raumzeit-Welt an, von der er annahm, daß sie infolge der Anwesenheit von Materie gekrümmt sein müsse. Er ging davon aus, daß die passive Rolle der Raumzeit in der speziellen Relativitätstheorie, in der von einer Raumkrümmung abgesehen wird, nicht die Wechselwirkung der Raumzeit mit der Materie zum Ausdruck bringen könne, sondern daß die Struktur der Raumzeit selbst ein Ergebnis des Bewegungszustandes der Materie sei, während umgekehrt der Bewegungszustand der Materie durch die Struktur der Raumzeit bedingt sein müsse. Auf der Grundlage dieser Gedanken gelangte er zur Formulierung seines neuen Gravitationsgesetzes, das das NEWTONsche Gravitationsgesetz als Spezialfall enthält. Damit war auch hier die Kontinuität der physikalischen Entwicklung gesichert.

Zu den Folgen der Raumzeit-Krümmung gehören:

#### Lichtablenkung an Himmelskörpern

Das Licht, dem in der vorrelativistischen und speziellrelativistischen Physik geradelinige Ausbreitung zugeschrieben wird, erfährt durch die Raumzeit-Krümmung in der Nähe von Himmelskörpern eine Ablenkung, die in der Tat auch bei Sonnenfinsternissen beobachtet wurde.

### Spektrallinierverschiebung in Gravitationsfeldern

Die Frequenz des Lichtes wird im Gravitationsfeld verschoben, weil die Energieniveaus der Atomelektronen vom Krümmungszustand des Ortes, an dem die Atome liegen, abhängen. Dieser zunächst an auf der Erde auftreffendem Sonnenlicht festgestellte Effekt konnte in den letzten Jahren durch den Mößbauereffekt auch in irdischen Labors nachgewiesen werden, in denen die Lichtausbreitung im Schwerfeld der Erde untersucht wurde.

### Periheldrehung des Merkur

Der seit langes bekannte Tatbestand, daß sich die Ellipsenbahn des Planeten Merkur dreht (der Planet läuft auf einer Rosettenbahn um die Sonne), konnte durch keine Theorie auf natürliche Weise ohne gewagte zusätzliche Hypothesen erklärt werden. Erst EINSTEIN gab eine zwangsläufige Erklärung auf der Basis der Raumzeit-Krümmung. Neuerdings sind noch eine Reihe anderer Effekte vorausgesagt worden, insbesondere auch, daß rotierende Körper aufeinander so wirken, daß sich ihre Rotationsachsen unter gewissen Voraussetzungen parallel zueinander ausrichten. Dieser in der Schule des sowjetischen Physikers FOCK berechnete Effekt gibt auf das Sonnensystem angewandt möglicherweise eine Erklärung für den Tatbestand, daß die Rotationsachsen von Sonne und Planeten mit Ausnahme von Uranus nur geringe Richtungsabweichungen voneinander zeigen.

Ein besonderes Anwendungsgebiet der EINSTEINschen Gravitationstheorie ist die relativistische Kosmologie geworden, die verblüffende Aussagen über das Weltall als Ganzes gestattet. Es gelang, mit Hilfe dieser Theorie eine natürliche Erklärung für die beobachtete HUBBLEsche Expansion des Weltalls zu geben, so daß die Kosmologie aus dem Bereich der Spekulation und Hypothese herausgehoben wurde und zu einer quantitative Methoden benutzenden Wissenschaft geworden ist.

*Prof. Dr. Günther Dretahl*

*Sektion Chemie der Friedrich-Schiller-Universität Jena*

*Präsident des Friedensrates der DDR*

## **Sozialistische Großforschung und Forscherpersönlichkeit**

Die wissenschaftlich-technische Revolution unter unseren sozialistischen Gesellschaftsbedingungen weist der Wissenschaft die entscheidende Position zu für die Entwicklung aller Bereiche der Gesellschaft unter Hervorhebung ihrer ökonomischen Entwicklung. Mit dieser zentralen Aufgabenstellung für die Wissenschaft als Produktivkraft ist aber auch in hervorragendem Maße der Umfang der Verantwortung jedes einzelnen Wissenschaftlers geprägt. Dieser Verantwortung kann man nicht entsprechen von der Position des allein seinem Fach verpflichteten Naturwissenschaftlers oder Technikers, diese Verantwortung deckt das ganze Feld politisch-gesellschaftlicher Aktivitäten unserer sozialistischen Gesellschaft, unseres Staates.

Jede Einseitigkeit der Betrachtung, sei es die Beschränkung auf die Entwicklungsmöglichkeiten der Fachdisziplinen an sich, sei es eine von den Entwicklungsgesetzen der Gesellschaft vorsetzlich abgetrennte und damit unwissenschaftliche Planung und Prognose, stempeln den Begriff "Wissenschaft als entscheidende Produktivkraft" zur hohlen Phrase ab.

Die Persönlichkeit des Forschers wird grundlegend von dieser Einsicht und seinem darauf aufbauenden Bewußtsein geprägt. Aus dieser Verknüpfung von Bewußtsein und Wissen erwachsen die Fähigkeiten, das gezielte Zusammenwirken von wissenschaftlich-technischer Revolution und objektiv verlaufenden gesellschaftlichen Prozessen als Aufgabenstellung zu erarbeiten, und nur aus dieser Haltung des Wissenschaftlers werden ihm alle Lösungswege für die damit aufgeworfenen Probleme zugänglich.

Dies alles geht auch in das Persönlichkeitsbild eines Wissenschaftlers ein, der in der neu aufzubauenden sozialistischen Großforschung tätig sein wird, allerdings wird dieses Bild noch schärfere Konturen, noch tieferen Gehalt besitzen müssen.

Die Großforschung ist eine unabdingbare Notwendigkeit, um auf strukturbestimmenden Gebieten der Volkswirtschaft in einem ökonomisch sinnvollen Zeitraum, bei höchster Effektivität materieller und personeller Fonds wissenschaftliche Erkenntnisse von überzeugender Aktualität zu gewinnen, sie unmittelbar mit der technischen Zielsetzung zu verknüpfen, um sie planmäßig und mit höchster Konzentration aller Kräfte in die Praxis zu überführen.

Diese Aufgabenstellung ist nicht einfach durch Konzentration schlechthin lösbar, die Großforschung stellt vielmehr eine höhere Form wissenschaftlich-technischer Gemeinschaftsarbeit unter ökonomischer Zielsetzung dar, die neue schöpferische Potenzen hervorbringen kann, neue Formen der Planung und Leitung wissenschaftlich-technischer Prozesse entwickelt und einen starken strukturbildenden Einfluß auf die Volkswirtschaft ausübt.

Lösbar wird diese Aufgabenstellung aber nur durch das Wirken der Menschen, ihren Ideenreichtum, die Kraft ihres disziplinierten Denkens, ihren Willen, die eigene Arbeit in richtig verstandenem Sinne zum Erfolg zu führen - auch und gerade wenn sie selbst nur ein Teilproblem lösen können.

Die Großforschung mit ihren Möglichkeiten eines intensiven Informationsgewinnes, des breit fundierten und gleichzeitig spezialisierten Gedankenaustausches und wissenschaftlichen Meinungsstreites, der hervorragenden Möglichkeiten zur Weiterbildung, der optimalen wissenschaftlich-technischen Ausrüstung und nicht zuletzt eines Organisationsapparates, der freie Zeit und freien Raum für geistige Arbeit schafft, ist einerseits eine Kraft, die das Persönlichkeitsbild des Forschers im Sinne unseres sozialistischen Menschenbildes tiefgreifend fördern wird, zum anderen ist sie der beste Boden für wissenschaftlich schöpferische Eigenaktivität, für das Ausbringen und Heranreifen der Saat eigener Ideen und für eine reiche Ernte als Ergebnis gemeinschaftlicher, bewußter Arbeit.

Die Großforschung wird zum kraftvollen Ausdruck der schöpferischen Potenzen der Wissenschaft im Sozialismus, zur Widerspiegelung einer lebendigen sozialistischen Demokratie und in ihrer Vollendung zur Repräsentation einer neuen umfassenden in der Verfassung konzipierten Form sozialistischer Gemeinschaft.

Prof. Dr. G. Hertz  
Nobelpreisträger

## Der Weg zur Quantentheorie

Mit dem Ende des 19. Jahrhunderts war der Aufbau des heute als klassische Physik bezeichneten Lehrgebäudes abgeschlossen. Das Licht war als elektromagnetische Welle und die Wärme als Energie der ungeordneten thermischen Bewegung der Moleküle erkannt. Durch Anwendung der statistischen Mechanik auf die ungeordnete Bewegung der Gasmoleküle war es gelungen, alle wesentlichen Eigenschaften der Gase quantitativ befriedigend zu erklären. Es hatte den Anschein, als gäbe die klassische Physik ein vollständiges Bild der physikalischen Erscheinungen, welches zwar in Einzelheiten noch auszufeuern, in seinen wesentlichen Zügen aber als endgültig zu betrachten sei.

In Wahrheit aber kannte man schon damals einzelne Erscheinungen, zu deren Erklärung die klassische Physik offensichtlich nicht ausreichte. Ein wichtiges Beispiel ist die spezifische Wärme fester Körper: Nach der klassischen statistischen Mechanik müßte diese temperaturunabhängig sein. Versuche bei tiefen Temperaturen ergaben aber, daß bei allen Körpern die spezifische Wärme bei tiefen Temperaturen abnimmt und sich bei Annäherung an den absoluten Nullpunkt sogar dem Werte Null nähert. Diejenige Erscheinung aber, welche schließlich bei Planck zum Durchbruch des Gedankens der Quanten führte, ist die Wärmestrahlung.

Es ist seit langem bekannt, daß alle Körper eine von ihrer Temperatur abhängige Strahlung aussenden. Diese hat ein kontinuierliches Spektrum. Unter dem spezifischen Emissionsvermögen für eine bestimmte Frequenz  $\nu$  versteht man eine Größe  $E_\nu(\nu, T)$ , welche dadurch definiert ist, daß  $E_\nu d\nu$  die Energie bedeutet, welche bei der absoluten Temperatur  $T$  von einem Quadratcentimeter der Oberfläche in einer Sekunde in die Einheit des Raumwinkels in Form von elektromagnetischer Strahlung ausgestrahlt wird, deren Frequenz zwischen  $\nu$  und  $\nu + d\nu$  liegt. Dividiert man  $E_\nu$  durch das Absorptionsvermögen  $A_\nu$  der Oberfläche des betreffenden Körpers, so erhält man nach dem Kirchhoffschen Gesetz eine universelle Funktion von Frequenz und Temperatur:

$$\frac{E_{\nu}}{A_{\nu}} = E_{\nu s}(\nu, T)$$

Diese hat die Bedeutung des spezifischen Emissionsvermögens eines völlig schwarzen Körpers. Sie gibt gleichzeitig die spektrale Energieverteilung der sogenannten Hohlraumstrahlung wieder, das ist die Strahlung, welche sich im Inneren eines Hohlraums aus beliebigem Material ausbildet, dessen Wand sich auf der Temperatur  $T$  befindet. Die experimentelle Untersuchung dieser Strahlung ergab Energieverteilungskurven, wie sie in Fig. 1 für verschiedene Temperaturen dargestellt sind. Dabei wurden zwei Gesetze bestätigt, welche theoretisch auf Grund thermodynamischer Überlegungen abgeleitet werden konnten: das Stefan-Boltzmannsche Gesetz, nach welchem die Energie der Gesamtstrahlung der vierten Potenz der Temperatur proportional sein sollte, und das Wiensche Verschiebungsgesetz. Dieses besagt, daß das Produkt aus der Wellenlänge des Maximums der Emission und der Temperatur konstant ist.

Ähnlich wie in der kinetischen Theorie der Gase die Geschwindigkeitsverteilung der Gasmoleküle mit Hilfe der statistischen Mechanik berechnet wird, müßte es möglich sein, die Funktion  $E_{\nu s}$ , also den Verlauf der Energieverteilungskurven durch statistische Überlegungen abzuleiten. Man brauchte nur innerhalb des Hohlraums elektrisch geladene schwingungsfähige Massenpunkte, sogenannte Oszillatoren, anzunehmen, welche einerseits, etwa durch Vermittlung von Gasmolekülen, untereinander im thermischen Gleichgewicht, andererseits aber infolge ihrer Ladung mit der Hohlraumstrahlung im Energieaustausch ständen. Mit Hilfe der statistischen Theorie kann die Verteilung der Energie auf die Oszillatoren und hieraus die Energieverteilung der mit ihnen in Wechselwirkung stehenden Hohlraumstrahlung berechnet werden. Die Durchführung dieser Rechnung brachte eine große Enttäuschung: Sie führte keineswegs zu einer Energieverteilung von der in Fig. 1 dargestellten Art, sondern zu der heute als Rayleigh-Jeanssches Gesetz bezeichneten Beziehung

$$E_{\nu s} = \frac{\nu^2}{c^2} kT$$

( $k$  Boltzmann-Konstante,  $c$  Lichtgeschwindigkeit)

Hiernach sollte also das Emissionsvermögen mit zunehmender Frequenz unbegrenzt proportional dem Quadrat der Frequenz ansteigen. Dies widerspricht nicht nur dem experimentellen Befund, es stellt einen noch viel tiefer, gehenden Widerspruch dar, denn eine Integration über alle Werte der Frequenz führt bei diesem Gesetz für die Energie der Gesamtstrahlung eines schwarzen Körpers zum Werte unendlich.

Für Max PLANCK ergab sich hieraus die Folgerung, daß die der klassischen Physik entnommenen Grundlagen der statistischen Behandlung des Problems auf den Fall der Wärmestrahlung nicht anwendbar wären, und damit die Aufgabe, sie so abzuändern, daß die bisherigen Widersprüche verschwänden. Hierzu suchte er zunächst die Versuchsergebnisse durch ein mathematisch formuliertes Gesetz möglichst genau wiederzugeben. M. WIEN hatte empirisch das nach ihm bekannte Strahlungsgesetz

$$E_{\nu} = A \nu^3 \cdot e^{-\frac{b\nu}{T}}$$

aufgestellt. Bei geeigneter Wahl der Konstanten stellt dieses Gesetz die experimentellen Ergebnisse in der Umgebung des Maximums der Energieverteilungskurve und im Gebiete der höheren Frequenzen mit größter Genauigkeit dar. Messungen im Infraroten, also bei niedrigen Frequenzen, gaben jedoch noch deutliche Abweichungen, hier erwies sich überraschenderweise das Rayleigh-Jeanssche Gesetz als genau richtig. PLANCK suchte nach einer Gleichung, welche im Grenzfall kleiner Frequenzen in die Rayleigh-Jeanssche, für hohe Frequenzen dagegen in die WIENSCHES Formel übergeht, und fand sie in der Form seines berühmten Strahlungsgesetzes

$$E_{\nu} = \frac{h \cdot \nu^3}{c^2} \cdot \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

Nachdem er dieses Strahlungsgesetz zunächst rein empirisch aufgestellt hatte, ging PLANCK an seine theoretische Begründung. Diese gelang ihm durch einen Gedanken von unerhörter Kühnheit: Im Gegensatz zur klassischen Mechanik nahm er an, die Energie eines Oszillators der Frequenz  $\nu$  könne nicht beliebige Werte annehmen, sondern nur ganzzahlige Vielfache des Quantums  $h \cdot \nu$ . Die Konstante  $h$  hat den Wert  $6,624 \cdot 10^{-27}$  erg.s. Sie wird heute als PLANCKSCHE Konstante oder auch als das PLANCKSCHE Wirkungsquantum bezeichnet.

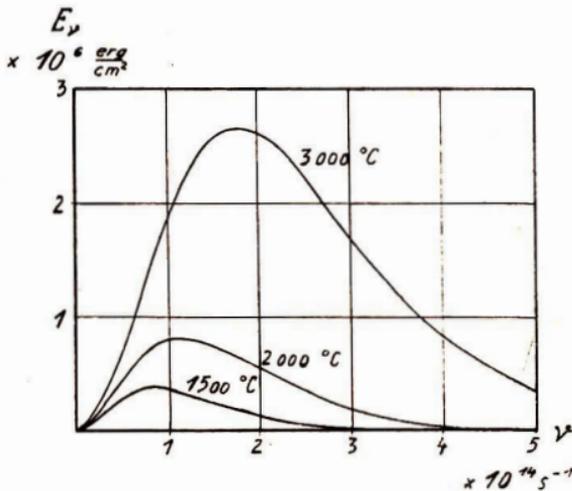
Mit dem Schritt zur Quantentheorie hat PLANCK selbst nur mit großem Widerstreben den Boden der klassischen Physik verlassen. Sein revolutionärer Gedanke hätte auch kaum allgemeine Zustimmung gefunden, wenn seine Bedeutung sich auf die Ableitung des Strahlungsgesetzes beschränkt hätte. Tatsächlich aber erwies sich der Gedanke der Energiequanten schon bald als überaus fruchtbar bei der Erklärung bis dahin unverstandener Erscheinungen ganz verschiedener Art. Am 14. Dezember 1900 trug PLANCK in der Berliner physikalischen Gesellschaft seine Ableitung des Strahlungsgesetzes vor. Damit begann die Geschichte der Quantenphysik. Schon im Jahre 1905 gelang es EINSTEIN, auf Grund der Quantentheorie die Gesetzmäßigkeiten des lichtelektrischen Effekts aufzuklären. Schon LENARD hatte beobachtet, daß die kinetische Energie der von Licht aus einer Metalloberfläche ausgelösten Elektronen nur von der Frequenz des Lichtes, nicht aber von seiner Intensität abhängig ist. Außerdem war bekannt, daß für jedes Metall eine Grenzwellenlänge existiert, derart, daß Licht größerer Wellenlänge keine Elektronen aus der Metalloberfläche auszulösen vermag. EINSTEIN nahm an, daß entsprechend der Quantentheorie Licht der Frequenz  $\nu$  an ein im Metall befindliches Elektron Energie nur im Betrage  $h \cdot \nu$  übertragen könne, und daß zur Ablösung des Elektrons aus dem Metall eine bestimmte Arbeit  $A$ , die sogenannte Austrittsarbeit, geleistet werden müsse. Für die kinetische Energie des ausgelösten Elektrons ergibt sich dann:

$$\frac{m}{2} v^2 = h \cdot \nu - A$$

Die für die klassische Physik unverständliche Tatsache, daß die Energie der Foto-Elektronen allein durch die Frequenz des auslösenden Lichts bestimmt wird, erweist sich damit als unmittelbarer Ausdruck der quantenhaften Energieübertragung.

Im Jahre 1907 war es wiederum EINSTEIN, welcher durch Anwendung des Quantengedankens auf die Schwingungen der Atome im festen Körper die Temperaturabhängigkeit der spezifischen Wärme erklärte. Im Jahre 1913 aber deutete Niels BOHR die Gesetze der Spektralserien durch die Existenz der stationären Zustände der Atome. Gleichzeitig wandte er die Quantentheorie auf das Rutherfordsche Atommodell an, welches das Atom als positiv geladenen, schweren Kern mit umlaufenden Elektronen beschreibt.

Nachdem es ihm dabei gelungen war, die Frequenzen der Spektrallinien des Wasserstoffs aus universellen Konstanten zu berechnen, konnte niemand mehr an der Richtigkeit des Grundgedankens der Quantentheorie zweifeln. Nach Beendigung des ersten Weltkrieges setzte dann eine stürmische Entwicklung ein, in deren Verlauf die provisorischen Ansätze von PLANCK und BOHR durch eine in sich geschlossene Theorie ersetzt wurde. Damit wurde die Grundlage für die moderne Atomphysik geschaffen, deren Bedeutung weit über das Gebiet der eigentlichen Physik hinausgeht.



Spezifisches Emissionsvermögen des schwarzen Körpers in Abhängigkeit von der Frequenz für drei verschiedene Werte der absoluten Temperatur.

Prof. Dr.-Ing. habil. E. Köhler

Direktor der Sektion „Physik und Technik elektronischer Bauelemente“  
der TH Ilmenau

## Die Miniaturisierung elektronischer Bauelemente

Zur gezielten Stoff- und Energiewandlung, die in jedem Arbeitsprozeß vorkommen, braucht man Informationen über den Zustand und den Fortgang dieser Wandlungsprozesse, um Entscheidungen für die weitere Prozeßführung zu treffen. Sinnesorgane, Nervenbahnen und das Gehirn des Menschen sind die Ausführungsorgane für diesen Teil des Arbeitsprozesses, wenn er nicht technisiert ist. Wesentliche Impulse erhält die technische Revolution dadurch, daß die organische Informationsverarbeitung in raschem Tempo durch elektronische Einrichtungen übernommen wird. Andere Energieflüsse als elektrische - Wasser, Luft, Mechanismen - sind zwar grundsätzlich auch als Informationsträger geeignet, aber ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit, ihre Gefäßsysteme und andere Eigenschaften sind so ungeeignet, daß nur Elektronenströme für die nächste vorausschaubare Zukunft als Medium für informationsverarbeitende Einrichtungen in Frage kommen. Vielleicht werden eines Tages Photonenströme noch stärker als bisher nicht nur zur Übertragung, sondern auch zur Verarbeitung von Informationen verwendet werden.

Die wichtigsten elektronischen Bauelemente sind die sog. aktiven Bauelemente, in denen elektrische Ströme durch andere informationshaltige Energieströme gesteuert werden, oder in denen informationshaltige Energieströme in elektrische Ströme oder umgekehrt gewandelt werden. Mit solchen Bauelementen können nämlich erst die Funktionen der Datenverarbeitung, der Nachrichtenelektronik, der Regelungstechnik usw. erfüllt werden, während mit den passiven Bauelementen die richtigen Potentiale und Stromstärken für das optimale Arbeiten der aktiven Bauelemente eingestellt werden. Beide Kategorien unterliegen dem ständigen Streben der Bauelementewissenschaftler, die räumliche und zeitliche Informationsdichte in den elektronischen Schaltungen zu erhöhen und dabei die Kosten und die Ausfallraten zu senken. Die zeitliche Dichte muß deshalb gesteigert werden, weil die anfallenden Informationsmengen ständig steigen. Die Grenzfrequenzen der Bau-

elemente und Schaltungen werden immer höher getrieben. Bei hoher räumlicher Dichte werden die Masse und die Abmessungen der Geräte für die gleiche Funktion kleiner. Sie können besser transportiert werden (Satellitenelektronik, Verkehrselektronik), und die irdischen Bauwerke werden besser ausgenutzt bzw. können in Leichtbauweise ausgeführt werden. Die Ausfallraten liegen bei üblichen diskreten elektronischen Bauelementen in den Größenordnungen  $10^{-6}$  bis  $10^{-8} \text{ h}^{-1}$ . Der Kehrwert der Ausfallraten ist anschaulicher. Es ist die mittlere Lebensdauer, sie liegt also rund gerechnet zwischen 100 und 10000 Jahren. Warum muß die Ausfallrate eines Bauelementes noch weiter gesenkt werden, wenn erfahrungsgemäß eine Generation von elektronischen Geräten eine moralische Lebensdauer - danach gibt es bessere Geräte - von kaum mehr als 10 Jahren besitzt? Die Antwort ist einfach: Nach der Produktenregel der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist die Ausfallrate eines Gerätes gleich der Summe der Ausfallraten aller Bauelemente. Großcomputer, Bordnachrichtensysteme von Verkehrsflugzeugen, Planetensonden und andere elektronische Großgeräte umfassen aber  $10^5$  bis  $10^6$  Bauelemente, so daß im ungünstigsten Fall eine mittlere Lebensdauer von einigen Stunden herauskommt.

Die eben aufgezeigten großen Entwicklungslinien laufen in der Mikroelektronik zusammen, dem jüngsten Kind der Elektronik. Schaltungen bestehen nicht mehr aus Leiterplatten mit herkömmlichen Transistoren, Dioden, Widerständen, Kondensatoren usw., sondern werden entweder in Form von Dünnschichthybridschaltungen oder von Halbleiterblockschaltungen - diese werden auch Festkörperschaltkreise oder monolithische Siliziumschaltungen genannt - hergestellt. Im ersten Fall werden Leiter- und Isolatormaterialien auf Glas- oder Keramikplättchen von etwa  $1 \times 1 \text{ cm}^2$  Fläche im Vakuum aufgedampft, aufgestäubt oder in chemischen Reaktoren deponiert. Durch Elektronenstrahlen oder durch photolithographische Techniken wird in die großflächigen Schichten eine Struktur eingearbeitet, so daß Widerstandsbahnen, Kondensatorbelege usw. entstehen. Transistoren und Dioden müssen als diskrete Elemente nachträglich in die Schaltung eingesetzt werden. Daher der Name Dünnschichthybridtechnik. Eine Schaltung in dieser Ausführungsform - das Glasplättchen mit den Schichten und Bauelementen wird in eine Plastmasse oder in ein Gehäuse eingeschlossen - nimmt etwa ein Zehntel des Volumens der gleichen Schaltung in Druckschaltungstechnik ein.

Bei der Halbleiterblocktechnik wird ein Siliziumeinkristallplättchen von etwa  $1 \times 1 \times 0,2 \text{ mm}^3$  durch Epitaxie, Diffusion, Ionenimplantation und andere Verfahren so verändert, daß Volumenbereiche des Einkristallplättchens die Funktionen von Transistoren, Widerständen usw. annehmen. Diese integrierten Bauelemente werden durch Aluminiumfilme auf der Siliziumdioxidschicht, die das Silizium bedeckt, leitend untereinander verbunden. Die Bearbeitung wird nicht an einzelnen Plättchen vorgenommen, sondern an Scheiben, die mehrere 1000 solcher Schaltungen enthalten. Erst nach den Kollektivarbeitsgängen wird die Scheibe in Plättchen zerteilt. Dadurch ergibt sich eine sehr hohe Arbeitsproduktivität. Ein Flip-Flop mit etwa 50 Bauelementen läßt sich auf einer Fläche von  $1 \times 1 \text{ mm}^2$  unterbringen und kostet ungefähr so viel, wie ein einzelner Transistor, da für diesen auch etwa die gleiche Anzahl von Arbeitsgängen notwendig ist. Die Ausfallrate der Schaltung erreicht fast die niedrigen Werte wie beim Transistor, nämlich ungefähr  $10^{-8} \text{ h}^{-1}$ , so daß die mittlere Lebensdauer von elektronischen Großgeräten mit integrierten Schaltungen einige Tausend Stunden erreicht. Die Volumenverringerung - ein  $1 \text{ k}\Omega$ -Widerstand beansprucht eine Fläche von beispielsweise  $20 \times 100 \mu\text{m}^2$  - gegenüber der Druckschaltungstechnik beträgt bis zu  $10^{-5}$ . Allerdings muß das Halbleiterschaltungsplättchen zum mechanischen Schutz, zur Wärmeableitung und zur Handhabung bei der Montage ebenfalls mit Plast oder mit einem Gehäuse umgeben werden, so daß die effektive Volumenverringerung gegenüber der Druckschaltungstechnik "nur"  $10^{-2}$  beträgt.

Die Miniaturisierung elektronischer Bauelemente hat ihren bisherigen Höchststand in der Mikroelektronik erreicht. Trotz der äußerst komplizierten Herstellungsverfahren konnte die Wirtschaftlichkeit = Lebensdauer/Kosten elektronischer Anlagen wesentlich verbessert werden, wodurch elektronische Geräte und Systeme fast explosionsartig in alle Bereiche der Wirtschaft und Wissenschaft eingedrungen sind und sich ständig neue Anwendungsgebiete erobern. Der Mensch wird dadurch von geistiger Routinearbeit entbunden und kann sich schöpferischer Arbeit zuwenden, so den technischen Fortschritt weiter beschleunigend.

Prof. Dr. H.-J. Treder

Institut für relativistische und extragalaktische Forschung  
der DAW zu Berlin

## Die schwarze Urstrahlung und die Evolution des Kosmos

Eine grundlegende Erkenntnis der Untersuchungen über die Groß-Struktur des uns durch Beobachtungen und theoretische Schlüsse zugänglichen Teiles des Universums ist die der universellen Geschichtlichkeit des Weltalls. Diese Geschichtlichkeit bedeutet, daß nicht nur die einzelnen Teile des Universums, die Sternsysteme, Sterne, Planeten und sonstigen kosmischen Körper eine Geschichte besitzen, sondern auch das Weltall als Ganzes als ein historischer Prozeß aufzufassen ist. Dieser Prozeß ist nicht einfach die Summe der Einzelprozesse, sondern der Gesamtanblick der Welt ändert sich mit dem Laufe der Zeit. Entsprechend den ungeheuren kosmischen Dimensionen ist das Tempo der Entwicklung - gemessen mit normalen irdischen Maßstäben - langsam, jedoch noch vergleichbar mit den geologischen Zeitepochen.

Die Geschichtlichkeit der Welt, die mit dem wissenschaftlichen Stichwort "Evolutionkosmos" angedeutet wird, wurde theoretisch auf Grund der allgemeinen Relativitätstheorie EINSTEINS vorausgesagt. Daß die allgemeine Relativitätstheorie solche Voraussagen machen kann, liegt in ihrer Natur. EINSTEINS Relativitätstheorie ist erstens die Theorie des Gravitationsfeldes, und die Gravitation ist eine weitreichende Wechselwirkung und hat als einzige universellen Charakter. Daher bestimmt die Gravitation die Bewegungsgesetze und die Struktur der großen und voneinander weit entfernten kosmischen Massen.

Ferner zeigte EINSTEIN, daß eine Theorie der Gravitation gleichzeitig eine physikalische Theorie der Eigenschaften von Raum und Zeit in sich schließt, so daß die Struktur des kosmischen Raumes und die Eigenschaften der kosmischen Zeit durch die Relativitätstheorie untersucht werden.

Ausgehend von diesen Gedanken EINSTEINS kam in den Jahren 1922 bis 1924 der sowjetische Mathematiker A. A. FRIEDMANN zu der mathematischen Entdeckung, daß die Annahme eines geschichtslosen, unveränderlichen Kosmos mit den Grundlagen der Physik im Widerspruch steht, und FRIEDMANN konnte auf Grund der EINSTEINSchen Relativitätstheorie mathematische Modelle für die Entwicklung des Kosmos angeben. Das zunächst bemerkenswerteste Resultat von FRIEDMANN'S mathematischer Analyse war die Voraussage einer allgemeinen Expansion des kosmischen Raumes, d. h. eines ständigen Wachsens der Entfernungen zwischen den jetzt "Galaxien" genannten großen Sternsystemen. Die Entfernungen zwischen den Galaxien waren vor einigen Milliarden Jahren kleiner als sie heute sind und werden nach weiteren Milliarden Jahren mehrfach so groß sein wie heute.

Diese Voraussagen fanden ihre Bestätigung durch die folgenden Entdeckungen der beobachtenden Astronomen, besonders durch die Arbeiten des Deutschen C. WIRTZ, des Schweden K. LUNDMARK und vor allem des Amerikaners E. HUBBLE (1929). HUBBLE entdeckte empirisch genau dasjenige Expansionsgesetz, das FRIEDMANN früher theoretisch aus der Relativitätstheorie hergeleitet hatte.

Verfolgt man gemäß dem FRIEDMANN'Schen Weltmodell die Geschichte des Kosmos in die Vergangenheit, so kommt man notwendig zu dem Resultat, daß vor etwa 10 bis 15 Milliarden Jahren ein stark verdichteter Zustand der kosmischen Materie bestand, in dem der Kosmos völlig anders ausgesehen hat als heute. Was vor diesem verdichteten Zustand war, ist physikalisch zur Zeit noch nicht eindeutig zu beantworten, weil anzunehmen ist, daß unsere gegenwärtige Kenntnis der Naturgesetze noch nicht ausreicht, um die Eigenschaften der Materie einschließlich der Gravitation unter so ungewöhnlichen Bedingungen, wie sie zu diesem Zeitpunkt bestanden, voll verstehen zu können. Es mag sein, daß vor diesem Zustand die kosmische Materie wiederum lockerer verteilt war, der verdichtete Zustand also das Ergebnis einer vorherigen Kontraktion des kosmischen Raumes ist.

Jedoch läßt sich mit Sicherheit sagen, daß dieser frühe Zustand der Entwicklungsphase des Kosmos sich von seinem gegenwärtigen Zustand nicht nur durch die hohe Dichte der kosmischen Materie auszeichnet, sondern vor allem durch extrem hohe Temperaturen der Ma-

terie und außerdem durch die Existenz einer sehr intensiven und energiereichen elektromagnetischen Strahlung. Diese Strahlung läßt sich auffassen als ein Photonengas, d. h. als ein Gas, dessen Teilchen nicht Atome oder Moleküle, sondern die Lichtquanten (Photonen) EINSTEINS sind. Die Energie dieses Gases übertraf im Frühzustand des Universums alle anderen Energieformen vielleicht um ein Vielmillionen- oder gar Milliardenfaches. Der Zustand dieses Photoengases war so, daß er das von PLANCK 1900 entdeckte Gesetz der schwarzen Strahlung erfüllte.

Die Grundlagen der relativistischen Thermodynamik enthält bereits das 1934 erschienene Lehrbuch über Relativitätstheorie und Kosmologie von R. C. TOLMAN. Die Metrik eines FRIEDMANNschen Evolutionskosmos ist von der allgemeinen Form

$$ds^2 = c^2 dt^2 - R^2(t) d\sigma^2. \quad (1)$$

Hierbei ist  $R(t)$  im wesentlichen der von der Weltzeit  $t$  abhängige Radius des dreidimensionalen Raumes. Für irgendein Volumen  $V$  dieses Raumes gilt also

$$V \sim R^3(t), \quad (2)$$

d. h., auch das Volumen ist eine Funktion der kosmischen Zeit  $t$ . Die relativistische Kosmologie beweist, daß seit der Urverdichtung  $R$  eine monoton wachsende Funktion von  $t$  war.

Der aus der EINSTEINSchen Gravitationstheorie folgende verallgemeinerte Energiesatz, der den Einfluß des Gravitationsfeldes und damit der Raum-Zeit-Struktur auf die Energieumsetzungen enthält, hat für einen FRIEDMANNschen Kosmos die besonders einfache Form

$$\dot{u} + \frac{\dot{R}}{R} (u + p) = 0. \quad (3)$$

In (3) ist  $u$  die Energiedichte,  $p$  der Druck, und der Punkt bedeutet die Ableitung nach der kosmologischen Zeit  $t$ . Die Energiedichte  $u$  kann als Summe der Massendichte  $\rho$  proportionalen Dichte

der Ruhenergie  $\rho \cdot c^2$ , der Dichte der Strahlungsenergie  $u_s$  und der Dichte der inneren thermischen Energie  $i$  aufgefaßt werden:

$$\boxed{u = \rho c^2 + u_s + i.} \quad (4)$$

Der Druck  $p$  setzt sich aus dem Strahlungsdruck  $p_s$  und dem thermischen Druck  $\pi$  zusammen, welche durch die Zustandsgleichungen

und

$$\boxed{3 p_s = u_s} \quad (5a)$$

$$\boxed{\pi = \frac{2}{3} i} \quad (5b)$$

bestimmt werden.

Eine wesentliche Voraussetzung der kosmologischen Thermodynamik ist nun, daß seit einem Zeitpunkt, der nicht weit nach dem Zeitpunkt der maximalen Verdichtung lag, kein kosmologisch bedeutsamer Austausch zwischen den drei Energiearten stattgefunden hat. Es gibt zwar ständig lokale Prozesse im Kosmos (insbesondere innerhalb der Sterne), in denen sich die drei Energiearten ineinander verwandeln; aber die Bilanz dieser lokalen Prozesse ist unbedeutend im Vergleich zu der Gesamtenergie des Kosmos.

Daher kann der allgemeine Energiesatz (3) in drei Sätze für jede der drei Energiearten allein aufgestellt werden. Das Ergebnis sind die drei Integrale

$$\rho c^2 R^3 \sim M c^2 = \text{const} \quad (6)$$

für die Ruhenergie  $M c^2$ ,

$$u_s R^4 \sim u_s V R = E_s R = \text{const} \quad (7)$$

für die strahlende Energie  $E_s$  und

$$i R^5 \sim I R^2 = \text{const} \quad (8)$$

für die Wärmenergie  $I$ .

(Wird fortgesetzt)

**Anmerkung der Redaktion:**

Wir glauben, den Grund für die Veröffentlichung dieses Artikels im weitverbreiteten Interesse an Fragen - den Aufbau und die Entwicklung der Welt als Ganzes betreffend - zu finden.

Die teilweise zu erwartenden sachlichen Schwierigkeiten (wohl vor allem mathematischer oder begrifflicher Art) sind bestimmt nicht zu groß, verglichen mit dem informativen Wert des Artikels.

Hier nur einige Hinweise zu zwei Formeln:

Metrik des Friedmann-Kosmos (Gleichung (1))

Die mathematischen Modelle für die Großstruktur des Universums - genauer des Teils, der einer Beobachtung zugänglich ist - verwenden vierdimensionale Koordinatensysteme mit drei, zumeist krummlinigen räumlichen Koordinaten und einer Zeitkoordinate.

Schreiben wir Gl. (1) einmal in Differenzenform auf:

$$\Delta s^2 = c^2 \Delta t^2 - R^2(t) \Delta G^2, \quad (1')$$

dann können wir  $\Delta s^2$  einfach als Abstandsquadrat zweier "Punkte" in der vierdimensionalen Raum-Zeit-Welt der Relativitätstheorie interpretieren. Die Metrik (1) ist entsprechend als Quadrat des Abstandes zweier infinitesimal benachbarter Punkte anzusehen.

Verallgemeinerter Energiesatz für den Friedmann-Kosmos

(Gleichung (3)):

Mathematisch stellt Gleichung (3) eine gewöhnliche Differentialgleichung dar, die bei praktisch fehlendem Austausch zwischen den Energiearten in drei unabhängige Differentialgleichungen für jede Energieart zerfällt und leicht integriert werden kann:

$$(3a) \quad \frac{\dot{s}}{s} c^2 + 3 \frac{\dot{R}}{R} c^2 = 0 \quad \leadsto \quad \frac{ds}{s} c^2 + 3c^2 \frac{dR}{R} = 0 \quad \leadsto \quad (6)$$

$$(3b) \quad \frac{\dot{u}_3}{u_3} + 4 \frac{\dot{R}}{R} = 0 \quad \leadsto \quad \frac{du_3}{u_3} + 4 \frac{dR}{R} = 0 \quad \leadsto \quad (7)$$

$$(3c) \quad \frac{\dot{t}}{t} + 5 \frac{\dot{R}}{R} = 0 \quad \leadsto \quad \frac{dt}{t} + 5 \frac{dR}{R} = 0 \quad \leadsto \quad (8)$$

Über die Rotverschiebung der Spektrallinien ferner Galaxien und den damit verbundenen Hubble-Effekt wurde schon im Heft 6 unseres vorigen Jahrganges ausführlich gesprochen.

Weitere Probleme und unbekannte Begriffe würden wir gern klären helfen, gegebenenfalls in einem späteren Ergänzungsartikel.

*Prof. Dr. h. c. M. von Ardenne*

*Forschungsinstitut Dr. von Ardenne, Dresden*

## **Erkenntnisgewinnung in der Forschung**

Daß Wilhelm Conrad Röntgen 1895 die X-Strahlen entdeckte, wird vielfach einem Zufall bzw. einem Glücksumstand zugeschrieben. Trotzdem hat man später diese X-Strahlen dem Entdecker zu Ehren Röntgen-Strahlen genannt. Hierdurch wurde die wissenschaftliche Arbeit anerkannt, die der Entdeckung vorausging und mit der Röntgen die Deutung und Nutzung der neuen Strahlen einleitete.

Wenn zwei oder drei Forscher auf der Welt am gleichen Problem arbeiten, mag es tatsächlich oft eine Frage des Zufalls sein, welcher von ihnen das Problem als erster löst. Entscheidend für die Gesellschaft ist allerdings, daß ein wichtiges Problem zum frühestmöglichen Zeitpunkt gelöst wird. Das betrifft sowohl die Grundlagenforschung als auch die angewandte Forschung. In beiden Fällen steht am Anfang eine Aufgabenstellung und es wird eine Lösung dieser Aufgabenstellung gesucht. Dabei sind es dann oft Erfindungen und Entdeckungen, die die Lösung erleichtern oder überhaupt ermöglichen.

Fragen wir nun danach, ob es Möglichkeiten gibt, systematisch Forschung an komplizierten Aufgaben durchzuführen, d.h. ein Minimum dem Zufall überlassend und so eine frühestmögliche Lösung der Aufgaben erzielend.

Es gibt eine Reihe von Wissenschaftlern, die diese Frage bejahen. Im Prinzip benutzen alle diese Wissenschaftler die gleiche Methode. Ich selbst habe sie Wissensspeichermethode genannt. Sie beruht darauf, bekanntgewordene Bausteine des Wissens in ein Schema einzubauen, so daß ähnlich wie beim Periodensystem der chemischen Elemente weiße

Flecken sichtbar werden. In diesem Fall führte die Methode zur Entdeckung neuer Elemente, in anderen Fällen kann sie zur Entdeckung neuer Konstruktionsprinzipien, neuer Werkstoffe, neuer Verfahren und Lösungswege führen. Obwohl diese Methode in der Beschreibung einfach klingt, ist sie doch schwer in der Anwendung. Ich will damit sagen, daß wegen der Kompliziertheit heutiger Forschungsprobleme viel Sachkenntnis dazugehört und häufig nur die Summe des Wissens eines Forschungskollektives ausreicht, um die genannte Methode anzuwenden. Andererseits stellen die einmal fertigen Wissensspeicher gerade eine Erleichterung der Arbeit dar, denn sie gestatten den Überblick und die Auswahl der Informationen. Ich habe das in unserer Tagespresse einmal so formuliert:

"Etwa um 1951 stellte ich bei mir selbst im Rahmen meiner Tätigkeit als Leiter eines Forschungsinstituts in der Sowjetunion fest, daß der Wissensstoff auf den Gebieten, die ich mit zu steuern hatte, so rapide zunahm, daß es mir nicht mehr möglich war, den wirklichen Stand hinreichend gründlich zu übersehen, um die gestellten Aufgaben günstig zu lösen. Zur Überwindung dieser kritischen Situation habe ich 1951 für unsere speziellen Gebiete begonnen, das Informationsmaterial nicht auf Kartothekkarten, sondern in logischer Verknüpfung zu speichern, d.h. in Form von systematisch eingeteilten, scharf durchgearbeiteten Tabellen. Wir machten erst das Tabellenschema, und dann ordneten wir den Stoff in das sehr eingehend überlegte Tabellenschema ein. Diese Tabellen sind inzwischen - seit 1951 - auf 3000 Tabellenseiten angewachsen und sind schließlich in Form eines dreibändigen Werkes veröffentlicht worden. Dieser Wissensspeicher mit "kleiner Zugriffszeit" ist für unser Institut und nicht allein für unser Institut das unentbehrliche geistige Werkzeug, um den lawinenartig angewachsenen Wissensstoff schöpferisch verbinden zu können."

Kehren wir zu Röntgen zurück. Röntgen selbst erkannte damals, wie wertvoll seine Entdeckung für die Medizin und die Technik war. Wie oft erkennt man aber heute noch bei der Fülle neuen Wissens und hunderttausender Patente den Wert für Technik, Medizin, Biologie usw.? Das heißt, daß wir tatsächlich neue Methoden brauchen, um dieses Wissen zu bewältigen.

Das gleiche gilt natürlich auch für die Ausbildung in der Schule und in der Universität. Wir sollen lernen, nicht um viel zu wissen, sondern um das Wissen schöpferisch anwenden zu können.

"Ich glaube, daß wir einen entscheidenden Schritt zur Überwindung der bestehenden Krise tun, wenn wir von zentraler Stelle organisieren, daß auf den verschiedensten Gebieten des Schul- und Hochschulunterrichts Bücher neuer Art herausgegeben werden, in denen das passive Wissensmaterial der einzelnen Fachsparten in logischer Verknüpfung geordnet zusammengefaßt ist. Diese Bücher (in Form von Tabellen, grafischen Darstellungen, Formelsammlungen usw. mit Ordnung in Dezimalklassifikation) sollen dem Schüler oder dem Studenten im Unterricht, beim Schreiben von Klassenarbeiten, bei Klausuren, ja sogar bei der Prüfung als Nachschlagewerke zur Verfügung stehen. Die Kapazität seines Gehirns braucht dann nur noch damit belastet zu werden, daß er wissen muß, wo das entsprechende Material, die Formel, die Werkstoffeigenschaften usw. zu finden ist, um den betreffenden Wissensstoff richtig anzuwenden.

Hier zeichnen sich revolutionär neue Methoden des künftigen Schul- und Hochschulunterrichtes ab. Es kommt darauf an, daß die junge Generation die Bedeutung dieser neuen Methoden für den Fortschritt der Entwicklung des sozialistischen Systems schnell erkennt und sich zur aktiven Mitwirkung bei der Gestaltung dieser Methoden möglichst früh entschließt. Hier besteht, wenn wir uns den Informationsgehalt der zahlreichen Fachsparten vergegenwärtigen, welche die moderne Wissenschaft umschließt, ein Arbeitsfeld fast erschreckender Weite. Jedes Tätigwerden auf diesem Grenzgebiet zwischen Informationskunde und den einzelnen Fachdisziplinen trägt dazu bei, die Gehirne unserer

Schüler und Studenten von der passiven Funktion eines Informationsspeichers (Fakten lernen) zu entlasten und dadurch Kapazität zu erschließen für schöpferisches kombinatorisches Denken. Im Leben kommt es nicht auf den Umfang der erworbenen Kenntnisse, sondern darauf an, daß man erworbene Kenntnisse zum Fortschritt der Gesellschaft ausnutzt.

#### Literatur:

M. von ARDENNE: Bahn frei für das schöpferische Denken.  
Neues Deutschland vom 27. 8. 1964

M. von ARDENNE: Zur gegenwärtigen Lage der Informationswissenschaft.  
ZIID-Z. 15 (1968) 3, S. 94 - 96 .

„impuls 68“ informiert:

## **Vorbereitung auf die III. Internationale Physikolympiade 1969**

Die Vorbereitung einer Mannschaft der DDR zur Dritten Internationalen Physikolympiade wurde wie im vergangenen Jahr von der Sektion Mathematik-Physik des Pädagogischen Instituts Güstrow unter Leitung von Dr. J. Wendt durchgeführt.

Für einen 10-tägigen Trainingslehrgang in Güstrow beteiligten sich etwa 120 Schüler der 11. und 12. Klassen der EOS an einer Klausur. Für jede richtig gelöste Aufgabe wurden 10 Punkte verteilt. 31 Schüler konnten in der Klausur mehr als 20 Punkte erreichen. Von diesen wurden die fünfzehn besten Schüler zu dem Trainingslehrgang nach Güstrow eingeladen. Interessierte Schüler sollten es auch einmal mit der Lösung der Aufgaben versuchen. Bei der Arbeit konnten Rechenstab, Logarithmentafel und Formelsammlung benutzt werden. Die vorgegebene Arbeitszeit betrug 240 Minuten.

Folgende Aufgaben wurden gestellt:

1. An einem Messingdraht von 100 cm Länge und einem Durchmesser von 1,5 mm wird eine Masse von 500 g gehängt. Er wird dann als mathematisches Pendel benutzt. Wie lang ist der Draht beim Durchlaufen der Gleichgewichtslage, wenn er beim Start um  $45^\circ$  aus der Ruhelage ausgelenkt war? Die Dehnzahl beträgt für Messing  $0.0001 \text{ mm}^2/\text{kp}$ .
  
2. Zwei galvanische Elemente mit verschiedener Leerlaufspannung (EMK), deren Innenwiderstände 0,8 Ohm bzw. 0,2 Ohm betragen, schalten wir in Reihe mit einem äußeren Widerstand von 4 Ohm. Wenn die ungleichnamigen Pole der galvanischen Elemente zusammengeschaltet sind, beträgt die Stromstärke 0,6 A, sind dagegen die gleichnamigen Pole zusammengeschaltet, so beträgt die Stromstärke 0,16 A.
  - a) Wie groß ist die Leerlaufspannung (EMK) der Elemente?
  - b) Wie groß ist die Klemmspannung in den einzelnen Fällen an den Polen der Elemente?
  
3. Auf einem waagrecht liegenden Stück Papier ist ein kleiner runder Fleck gezeichnet. Auf dem Papier ordnen wir einen Glaswürfel so an, daß er den Fleck bedeckt. Wenn wir den Fleck durch irgend eine Seitenfläche des Würfels betrachten wollen, dann können wir ihn nicht sehen. Wenn wir allerdings Wasser auf den Fleck tropfen und dann den Würfel darauf setzen, können wir den Fleck sehen.  
 Wie ist dieser Sachverhalt zu erklären?  
 (Brechungsindex Glas/Luft  $\frac{3}{2}$ , Wasser/Luft  $\frac{4}{3}$ )



**impuls**  
**68**



**Schülerzeitschrift für Physik,  
Chemie und Biologie**

3. Jahrgang (1969/70)

Heft

**3**

---

**Impuls 68:** Monatszeitschrift für Schüler  
**Herausgeber:** FDJ-Aktiv der Sektion Physik für den wissenschaftlichen Gerätebau an der Friedrich-Schiller-Universität Jena  
**Redaktion:** Dipl.-Phys. H.-D. Jähnig (Chefredakteur)  
Dr. K. Jupe, Dipl.-Chem., I. Pfaff, Dipl.-Phys., G. Sommer, N. Somma, D. Gröll, M. Seifert, H. Birkenbeil, W. Kotte, V. Hopfe, W. Dänhardt, R. Rost, V. Lindig,  
**Verantwortlicher:** Dipl.-Phys. S. Kessler  
**Anschrift:** „impuls 68“  
69 Jena  
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich zum Preise von 0,40 M.

Aus technischen Gründen bitten wir um **Sammelbestellungen an unsere Adresse.**

Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR.

---

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
Liebe Leser! . . . . .	3
Komplexchemie . . . . .	5
Entdeckung der Gärung . . . . .	8
Aufbau und Entwicklung der Sterne I . . . . .	10
Morphologie der Zelle II . . . . .	14
Differentialrechnung I . . . . .	19
Evolution des Kosmos II . . . . .	23
Geschichte der Elektrizitätslehre . . . . .	27
Aufgaben . . . . .	30
Lösungen . . . . .	31

**Titelblatt:** Stilisierter Sternenhaufen (siehe auch S. 10)

**Liebe Leser!**

Die Redaktion von "impuls 68" möchte einige Worte an Sie richten. Wir freuen uns sehr, daß unsere Zeitschrift in kürzester Zeit so viele Leser gewonnen hat. Da in diesem Jahre wieder neue Leser hinzugekommen sind, möchten wir Ihnen nochmals einige Hinweise und Anregungen zum Gebrauch von "impuls 68" geben.

Wie Sie sicher schon dem Vorwort aus Heft 1 entnommen haben, wird in diesem Jahre die Elektrophysik Schwerpunkt unserer Artikelserien sein. Dieser Komplex wird in allen Heften dieses Jahrganges mit Artikeln und Aufgaben vertreten sein. Wir möchten Sie daher bitten, die Hauptartikel gut durchzuarbeiten und zu versuchen, die dazugehörigen Aufgaben selbständig zu rechnen. Diese Artikel bauen aufeinander auf, so daß es recht schwierig wird, nachfolgende Veröffentlichungen zu verstehen, ohne die vorhergehenden ordentlich durchgearbeitet zu haben. Falls Sie dazu irgendwelche Unklarheiten haben, schreiben Sie bitte an die Redaktion oder fragen Sie Ihre Lehrer. Für Post sind wir Ihnen sehr dankbar. Diese wird umgehend schriftlich oder in Form eines offenen Briefes in einer der nächsten Ausgaben von "impuls 68" beantwortet.

Scheuen Sie sich nicht vor der zusätzlichen Arbeit beim Studieren der Hefte und insbesondere der Hauptartikel. Es ist keine vergeudete Zeit. Im späteren Studium oder in der Berufsausbildung wird Ihnen diese Arbeit von Nutzen sein. Die Redaktion ist bemüht, die Anzahl der programmierten Artikel zu erhöhen. Die Beantwortung der einzelnen Fragen müssen Sie dann selbständig vornehmen. Für unsere langjährigen Leser ist das ja kein Problem mehr. Haben Sie die Fragen richtig beantwortet, so dürfte es nicht schwierig sein, diesen Stoff weiter zu verarbeiten. Sie haben dann stets eine Selbstkontrolle und können selbsttätig, auf Ihren Schulunterricht aufbauend, Ihr Wissen erweitern und vertiefen.

Weitere wichtige Artikel sollen Ihr Wissen auf dem Gebiet der Physik, Chemie und Biologie vervollständigen. Im allgemeinen erscheint nur ein Artikel, der ein Thema behandelt. Eventuelle Fortsetzungen werden dann natürlich in einer der folgenden Ausgabe abgedruckt.

Wir möchten Sie weiterhin auf unsere Kurzinformationen hinweisen. Damit möchten wir unsere Leser mit den neuesten Erkenntnissen aus der experimentellen und theoretischen Forschung vertraut machen. "impuls 68" bemüht sich, in den gesellschaftswissenschaftlichen Beiträgen die engen Verbindungen der Natur- und der Gesellschaftswissenschaften besonders hervorzuheben. Da in den Schulen auf dieses Wechselverhältnis nur sehr wenig eingegangen wird, möchten wir unseren Lesern diese Thematik besonders eindrucksvoll nahe bringen. Die Artikelserie soll eine wertvolle Ergänzung zum Geschichts- und Staatsbürgerkundeunterricht darstellen.

Eine Veränderung tritt in diesem Jahrgang bei der Auswertung der Aufgaben ein. Alle Teilnehmer unseres Aufgabenwettbewerbes, die 50% der möglichen Gesamtpunkte erringen konnten, werden bei einer vierteljährlichen Auswertung berücksichtigt. Das Los wird hierbei entscheiden, wer die wertvollen Bücher-gutscheine gewinnt. Dadurch möchten wir erreichen, daß sich noch mehr Leser an dem Wettbewerb beteiligen. Am Jahresende erfolgt dann die große Abschlüßauswertung, in der die fünf besten Teilnehmer (höchste Punktzahl) prämiert werden.

Viel Erfolg beim Studium der Schülerzeit-schrift und beim Lösen der Aufgaben  
wünscht die

Redaktion "impuls 68"

Chr. Nitschke

5. Studienjahr Chemie

## Einführung in die Komplexchemie

Die Chemie der Komplexverbindungen bildet einen wesentlichen Teil der anorganischen Chemie, weil alle Metalle ausnahmslos zur Komplexbildung befähigt sind. Es sei nur daran erinnert, daß fast alle Metallionen in wäßriger Lösung Aquo-Komplexionen bilden und daß weiterhin die Hydrolyse dieser Lösungen auf der Bildung von  $H_3O^+$ -Ionen und Hydroxometall-Kationen zurückzuführen ist.

Vielfach wird von der Komplexbildung in der analytischen Chemie Gebrauch gemacht, z. B. bei der Bestimmung und Maskierung von Metallionen.

Komplexverbindungen spielen bei der Trennung von Metallen durch Extraktion (Gold, Silber, Lanthaniden, Actiniden) eine Rolle, um nur einige Beispiele zu nennen.

Von überragender Bedeutung sind die Komplexverbindungen in der Biochemie und bei der Katalyse unzähliger technischer Prozesse.

Zum Beispiel enthält Chlorophyll Mg und Hämoglobin, Fe komplex gebunden, und viele andere Fermente, die als Katalysatoren die Lebensvorgänge steuern, sind Metallkomplexe.

### Moleküle und Ionen als Liganden

#### Liganden

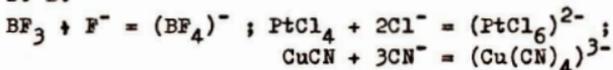
Ein Komplex besteht aus einem Zentralatom oder -ion M (meist ein Metallkation) und den Liganden L. Darunter versteht man die an M unmittelbar gebundenen Moleküle oder Ionen.

Diese Definition ist natürlich so allgemein, daß selbst Methan als eine Koordinationsverbindung aus  $C^{4+}$  und  $4H^-$  angesehen werden könnte. Selbstverständlich hat das keinen Wert, die Vereinigung von Ionen im Verlaufe einer Reaktion zu postulieren, die unter normalen chemischen Bedingungen gar nicht abläuft. Unter diesem Gesichtspunkt soll die Definition erweitert werden

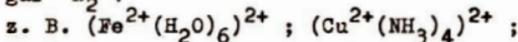
"(1) das Zentralatom oder -ion soll unter experimentell realisierbaren Verhältnissen existenzfähig sein und  
 (2) die Reaktion der Komplexbildung aus Zentralatom oder -ion und den Liganden sollte unter chemisch vernünftigen Bedingungen tatsächlich ablaufen."

Unter diesen Zusätzen sind z. B.  $\text{CH}_4$ ,  $\text{PF}_5$ , die Anionen der Sauerstoffsäuren wie  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{ClO}_4^-$  u. a. von unseren Betrachtungen auszuschließen, während Ionen wie  $(\text{AlF}_6)^{3-}$ ,  $(\text{CoCl}_4)^{2-}$ ,  $(\text{TiJ}_4)$ - oder  $(\text{Cr}(\text{NH}_3)_6)^{3+}$  im Rahmen unserer Definition Platz finden.

Besonders zahlreich sind Komplexe mit Anionen als Liganden, z. B.

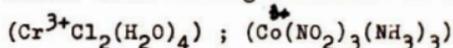


Unter den Molekülen, die als Liganden auftreten, sind an erster Stelle Wasser und Ammoniak zu nennen, daneben auch CO und sogar  $\text{N}_2$ !



Komplexe mit neutralen Molekülen als Liganden haben als Ganzes natürlich die Ladung des Zentralatoms, bei Komplexen mit Anionen als Liganden ergibt sich die Ladung des Komplexions aus der Summe der Ladungen von Zentralion und Liganden. Wird die Ladung des Zentralions durch die Ladung der Anionen gerade kompensiert, so sind die Komplexe neutral und Nicht-elektrolyte.

Welche Gesamtladung besitzen zum Beispiel folgende Komplexe?



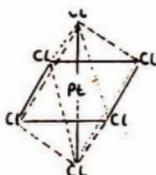
### **Koordinationszahl und räumlicher Bau der Komplexe**

Der Schweizer Alfred Werner hat in seiner "Koordinationslehre" darauf hingewiesen, daß die Anzahl der an das Zentralatom unmittelbar gebundenen Liganden, die sogenannte Koordinationszahl (KZ), weitgehend unabhängig von den spezifischen Eigenschaften der Liganden ist.

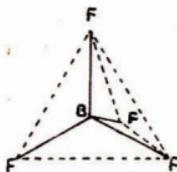
Am häufigsten findet sich die K.Z.6 . Diese besitzen meist oktaedrische Struktur, wie die zahlreichen

$\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ -Komplexe; die Verbindungen mit den Ionen  $(\text{AlF}_6)^{3-}$ ,  $(\text{PtCl}_6)^{2-}$  und die Hexamine  $(\text{Ni}(\text{NH}_3)_6)\text{X}_2$ ,  $(\text{Co}(\text{NH}_3)_6)\text{X}_2$  siehe Abb. 1a

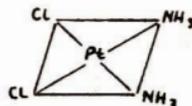
Sehr häufig begegnet man auch der K.Z.4. Die Struktur dieser Komplexe ist entweder tetraedrisch oder quadratisch planar. Z. B.  $(\text{BeF}_4)^{2-}$ ,  $(\text{BF}_4)^-$ ,  $(\text{ZnCl}_4)^{2-}$ ,  $(\text{Hg}(\text{CN}_4)^{2-}$  siehe Abb. 1b und Rh, Ir,  $\text{Pt}^{1+}$ ; Pd, Ni,  $\text{Cu}^{2+}$ ;  $\text{Au}^{3+}$  siehe Abb. 1c



1a



1b

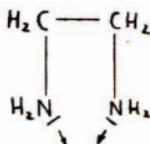
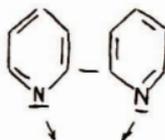
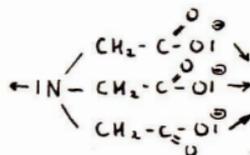


1c

Höhere Koordinationszahlen als 8 erschweren durch ihre unregelmäßige Geometrie eine genaue Zuordnung.

Bei der Ermittlung der K. Z. aus der Zahl der Liganden ist zu berücksichtigen, daß manche Liganden zwei oder auch mehrere Koordinationsstellen des Zentralatoms besetzen können. Man bezeichnet sie als mehrzählige Liganden. Als Koordinationszentren des Liganden fungieren dabei meist die Atome, die noch über freie Elektronenpaare verfügen.

Vergleiche dazu die Abbildungen 2a-c!

2a Äthylendiamin  
(2-zählige)2b 2,2'-Dipyridyl  
(2-zählige)2c Anion der Nitrilotriessigsäure  
(4-zählige)

Komplexe mit 2- und mehrzähligen Liganden nennt man Chelatkomplexe ( $\chi\eta\lambda\eta$  = die Krepsschere), weil das Zentralion von den Liganden wie von einer Krepsschere erfaßt wird.

Die Voraussetzung für die Entstehung eines besonders stabilen Chelatkomplexes sind gegeben, wenn der Ligand mit dem Zentralion einen Fünf- oder Sechsring bilden kann.

Über Bindung, Stabilität und einige physikalische Eigenschaften von Komplexen wird in einem der nächsten Artikel referiert.

*E. Baumann*

*wiss. Assistent, Sektion Biologie*

## **Die Entdeckung der Gärung durch Mikroorganismen**

Im Jahre 1854 berief die Universität Lille Louis PASTEUR auf den Lehrstuhl für Chemie. Dabei nahm man als selbstverständlich an, daß er seine gesamte Tätigkeit auch in den Dienst der industriellen Interessen der Stadt stellen würde. Bald nach seiner Ankunft in Lille suchte ihn ein Brauereibesitzer auf, der in seinen Betrieben durch Gärung aus Rübensaft Alkohol herstellte. Dem Industriellen bereitete die Verunreinigung des Alkohols durch unerwünschte Substanzen oftmals Sorgen. PASTEUR besuchte mehrmals die Fabriken und nahm auch Proben des gärenden Saftes, die er mikroskopisch untersuchte, mit in sein Laboratorium. Dabei bemerkte er auch die schon oftmals beschriebenen Hefekörnchen. Er untersuchte die Proben auch mit seinem Polarimeter und stellte deren Fähigkeit fest, die Ebene des polarisierten Lichtes zu drehen. Eine der optisch aktiven Verbindungen, die Pasteur aus dem vergorenen Rübensaft isolieren konnte, war der Amyl-Alkohol. Diese Entdeckung rief ihm frühere Untersuchungen ins Gedächtnis.

Jean Baptiste BIOT hatte nachgewiesen, daß Weinsäure die Ebene des polarisierten Lichtes dreht. Diese Problematik interessierte PASTEUR außerordentlich, und er begann nach seinem Studium damit, die optische Aktivität verschiedener Tartrate zu erforschen. Der deutsche

Chemiker MITSCHERLICH hatte gleichzeitig auf eine seltsame Tatsache hingewiesen. Unter den gewöhnlichen Weinsäurekristallen, die stets in dem während der Gärung gebildeten Weinstein vorhanden sind, kommen gelegentlich kleinere Kristalle vor. Diese nannte er Paraweinsäure. Nach MITSCHERLICH hatten die Salze beider Weinsäuren dieselbe chemische Zusammensetzung und die gleichen physikalischen Eigenschaften. Während aber die Lösung des Tartrates die Ebene des polarisierten Lichtes dreht, verhält sich das Paratartrat optisch inaktiv. PASTEUR erkannte sofort, daß ein Unterschied vorhanden sein mußte. Er untersuchte verschiedene Tartrate und Paratartrate mit dem Mikroskop. Dabei entdeckte er, daß die Kristallflächen eines Tartrates dieselbe Orientierung zeigten, während die der Paratartrate einmal in dieser und einmal in der entgegengesetzten Richtung orientiert waren. Anschließend wurden die Rechtekristalle, die der Weinsäure der Trauben identisch waren, unter dem Mikroskop ausgelesen. Ihre Wirkung auf das polarisierte Licht war ebenfalls gleich. Die Linkskristalle drehten das Licht genauso weit nach links, wie die andere Säure es nach rechts tat.

1857 machte PASTEUR eine "zufällige" Entdeckung, die für seine weitere wissenschaftliche Betätigung bedeutsam werden sollte. Auf den Lösungen der Paratartrate wuchsen oft Schimmelpilze. Werden die beiden Komponenten der Lösung von dem Schimmelpilz verschiedenartig beeinflusst? PASTEUR untersuchte also die infizierte Lösung und stellte fest, daß diese mit der Zeit stärker aktiv wurde. Während die rechtsdrehende Weinsäure zerstört wurde, blieb die linksdrehende erhalten. Da die im Laboratorium synthetisierten Substanzen inaktiv sind, formulierte PASTEUR die Ansicht, daß nur lebende Organismen optisch aktive asymmetrische Verbindungen erzeugen können.

Kehren wir zum Ausgangspunkt unserer Gedanken zurück. Diese Tatsache läßt im Falle der Gärung nur den Schluß zu, daß lebende Organismen zumindest für die Entstehung des Amyl-Alkohols verantwortlich sind. Wenig später bewies PASTEUR durch das nach ihm benannte "Pasteurisieren" zweifelsfrei, daß auch die Entstehung des Äthylalkohols an das Vorhandensein von Hefen gebunden ist.

*Jürgen Reiche, Reinhard Rost, Michael Fritsche*  
 Diplomanden, Sektion Physik

## **Aufbau und Entwicklung der Sterne I**

Der vorliegende Artikel soll in drei aufeinanderfolgenden Teilen eine Einführung in die theoretischen Grundlagen des Sternaufbaus und der Sternentwicklung geben.

### **I. Zur Theorie des Sternaufbaus**

Sterne sind selbstleuchtende Gaskugeln, deren Licht untersucht werden kann und Rückschlüsse auf den Aufbau derjenigen Gebiete zuläßt, aus denen es kommt. Da aber dieses Licht nur von den obersten Schichten eines Sternes, der sogenannten Atmosphäre, direkt zu uns gelangen kann, ist es nur möglich, über den Aufbau der Atmosphäre direkt etwas auszusagen, z. B. über Dichte, Temperatur, Energieausstrahlung und Druck. Will man über die eben genannten Größen im Innern des Sternes etwas wissen, so kann das nur über eine Theorie rechnerisch geschehen, eben die Theorie des Sternaufbaus. Wir haben also durch Definition folgende Bezeichnungen eingeführt:

**Sternatmosphäre:** Der Teil des Sternes, von dem wir direkt Strahlung erhalten.

**Sterninneres:** Das Gebiet eines Sternes, von dem keine Strahlung direkt zu uns kommt, das also optisch grundsätzlich nicht beobachtbar ist. Es enthält den überragenden Teil der Masse eines Sternes.

Unser Untersuchungsobjekt soll hier das Sterninnere sein.

### **Grundgleichungen**

Die Grundgleichungen für die Theorie des inneren Aufbaus können unter Beachtung allgemeiner physikalischer Gesetze und Prinzipien aus einer fundamentalen Beobachtungstatsache hergeleitet werden:

der außerordentlichen Stabilität eines Sternes (wir wollen hier von Sternen mit sehr schneller Rotation, starken Magnetfeldern oder sehr nahen Begleitern absehen). Diese Stabilität wird vor allem auch durch die Geologie bestätigt. Aus Funden fossiler Algen z. B. (Alter bis zu drei Milliarden Jahren), die nur bei Temperaturen von etwa  $20^{\circ}\text{C}$  existieren konnten, schließt man, daß die Sonne schon mindestens so lange etwa gleichbleibend strahlen muß, ihre innere Struktur sich mithin seither nicht wesentlich geändert haben kann.

Notwendig für eine solche Stabilität ist die Existenz des hydrostatischen Gleichgewichtes: An jedem Punkt des Sterninneren ist die nach außen wirkende Druckkraft auf ein Flächenelement dem Gewicht der über diesem Flächenelement lastenden Sternmaterie genau gleich. Dabei setzt sich der Druck (hauptsächlich) zusammen aus dem Gasdruck, der durch die Wärmebewegung der Gaspartikel entsteht, und dem sogenannten Strahlungsdruck, der durch Wechselwirkung der Strahlung im Stern mit der Sternmaterie (Impulsübertragung bei Absorption) hervorgerufen wird. Wäre diese Bedingung einmal an einem Punkt nicht erfüllt, so würde der Stern sich zusammenziehen oder ausdehnen. Abschätzungen ergeben, daß dieses hydrostatische Gleichgewicht, sollte es einmal gestört werden, sich durch eine Radiusänderung des Sternes nach sehr kurzen Zeiten (Größenordnung 1 Stunde) wieder einstellen würde.

Zu der Gleichung, die das hydrostatische Gleichgewicht beschreibt, gehört noch eine zweite, die den Zusammenhang zwischen Masse und Dichte wiedergibt.

Eine dritte Grundgleichung ergibt sich aus dem thermischen Gleichgewicht: Jedes Volumenelement im Stern muß gerade soviel Energie netto ausstrahlen, wie in ihm freigesetzt wird. Die eben genannte Bedingung gilt sowohl für den Stern als Ganzes als auch für jedes Volumenelement innerhalb des Sternes. Für solche Phasen der Sternentwicklung, in denen der Stern sich zusammenzieht oder ausdehnt, muß die normale Gleichung für das thermische Gleichgewicht durch einen Zusatzterm korrigiert werden. Die einfache Gleichung gilt in aller Strenge nur, wenn die Energiefreisetzung ausschließlich durch Kernprozesse vor sich geht.

Die letzte der vier Grundgleichungen schließlich beschreibt den Energietransport vom Inneren des Sternes, wo die Energie freigesetzt wird, in seine Atmosphäre, von der sie in den Raum abgestrahlt wird.

Für den Energietransport kommen drei Mechanismen in Frage, nämlich Strahlungstransport, Konvektion und Wärmeleitung. Im Normalfall ist Wärmeleitung völlig unbedeutend. Der Energietransport erfolgt im allgemeinen durch Strahlung; man spricht dann vom Strahlungsgleichgewicht. In bestimmten Fällen herrscht hingegen sogenanntes konvektives Gleichgewicht; die Energie wird hauptsächlich durch Konvektion transportiert. Beide Möglichkeiten können jeweils durch eine Gleichung beschrieben werden. Bei der Konvektion steigen heiße Gasmassen auf, während kühlere absinken. Die aufsteigenden Elemente tragen Energie nach außen, und die absinkenden kühleren Gaselemente wirken im gleichen Sinne. Die Konvektion wirkt also temperaturlausgleichend zwischen Schichten verschiedener Temperatur. Dabei wird durch die Gaselemente gleichzeitig Masse transportiert, so daß es in einer Konvektionszone zu einer gleichmäßigen Durchmischung der Materie kommt (dies ist wichtig für die Sternentwicklung, vgl. unten). Konvektion findet im Stern nur dort statt, wo der Temperaturabfall von innen nach außen so groß ist, daß ein einmal aufsteigendes Gaselement beim Aufsteigen stets kleinere Dichte hat als seine Umgebung, obwohl es sich adiabatisch ausdehnt (Druckanpassung an die Umgebung). Wird die Dichte im Gaselement beim Aufsteigen größer als die Umgebungsdichte, dann sinkt es zum Ausgangspunkt zurück; es findet keine Konvektion statt.

Da stets eindeutig feststellbar ist, ob Strahlungs- oder Konvektionsgleichgewicht herrscht, braucht man von den beiden oben erwähnten Gleichungen immer nur eine auf einmal. Man kommt demnach zur Beschreibung des inneren Aufbaues der Sterne immer mit vier Grundgleichungen aus. Zu diesen müssen allerdings noch drei sogenannte Materialgleichungen treten, die das Verhalten der Sternmaterie beschreiben.

### **Materialgleichungen**

Die erste ist die Zustandsgleichung, die den Druck  $p$  in Abhängigkeit von der Temperatur  $T$ , der Dichte  $\rho$  und der chemischen Zusammensetzung  $X$  angibt. Es hat sich gezeigt, daß das Verhalten der Gase wegen der enorm hohen Temperaturen, wie sie im Sterninneren herrschen (hoher Ionisationsgrad), völlig befriedigend mit der idealen Gasgleichung charakterisiert werden kann. Die Einfachheit dieser Zustandsgleichung hat zur Folge, daß heute z. B. das Sonnen-

innere weit besser bekannt ist als das Erdinnere. Nur in extremen Fällen bei sehr hoher Dichte und nicht zu hoher Temperatur gilt die ideale Gasgleichung in den mittelpunktsnahen Gebieten nicht mehr. Aber auch in diesem Falle läßt sich der Druck eindeutig in der Form  $p = p(T, \rho, \chi)$  angeben.

Die zweite Materialgleichung beschreibt die Wechselwirkung von Strahlung und Materie im Sterninneren, wieder in Abhängigkeit von  $\rho$ ,  $T$  und  $\chi$ . Dabei treten folgende Wechselwirkungsmechanismen auf:

- a) Ablösung der Elektronen von Atomen durch Absorption von Strahlung (Ionisation, gebunden-freie Übergänge)
- b) Änderung der Bewegungsenergie eines Elektrons, das sich im elektrischen Felde eines Ions bewegt, durch Absorption, ohne daß dabei Rekombination eintritt (frei-freie Übergänge)
- c) Streuung der Strahlung durch Elektronen

Man findet, daß im Sterninneren bereits auf einer Strecke von wenigen Zentimetern alle ankommende Strahlung absorbiert wird, d. h., eine solche Strecke ist bereits völlig undurchsichtig. Die aufeinanderfolgenden Vorgänge von Absorption und Reemission finden fortwährend auf einer solch kurzen Strecke statt, ehe die Strahlung endlich die Oberfläche erreicht.

Eine letzte Materialgleichung widerspiegelt die Energiefreisetzung im Sterninneren.

Zur näheren Erläuterung dieser Materialgleichung sollen im nächsten Teil zuerst die tieferen physikalischen Ursachen für die über Millionen und Milliarden Jahre annähernd gleichbleibende Leuchtkraft eines Sternes geklärt werden: die Mechanismen seiner Energiefreisetzung.

Eine solche Diskussion der möglichen und realisierbaren Energiequellen soll uns - neben der prinzipiellen physikalischen Bedeutung dieser Frage - qualitative und sogar quantitative Schlüsse auf das "Lebensalter" der Sterne ermöglichen.

Dr. Joachim Ude  
Sektion Biologie

## Die Morphologie der tierischen Zelle II

Ein Beitrag zu unserer heutigen Kenntnis vom submikroskopischen Bau der Zellstrukturen

### Der Zellkern

Im Rahmen der Zellorganellen spielt der Kern als Speicher aller für die Entwicklung, Vermehrung und Erhaltung notwendigen Informationen (Genetik ! ) eine herausragende Rolle.

Er ist, wenn er sich nicht gerade in Teilung befindet, mit einer Doppelmembran umgeben, die sich aus zwei Elementarmembranen zusammensetzt und den *perinuklearen Raum* umschließt (Abb.).

Diese *Kernmembran* enthält mehr oder weniger gleichmäßig über ihre ganze Oberfläche verteilte Poren mit einem Durchmesser von ca. 500 - 1000 Å (Abb.).

Ihnen kommt beim Stoffaustausch, beispielsweise bei der Ausschleusung von m-RNS, eine entscheidende Bedeutung zu. Es ist jedoch zweifelhaft, ob sie dabei nur eine passive Rolle spielen. Elektronenmikroskopische Beobachtungen von Diaphragmen in diesen Kernporen und eine Reihe von biochemischen Befunden deuten darauf hin, daß die Kernmembran am Stofftransport aktiv und unter Energieverbrauch beteiligt ist.

Der schon lichtmikroskopisch gut sichtbare *Nucleolus* ist die auffallendste und dichteste Struktur innerhalb des Kernes (Abb.). Er besteht zu einem Teil aus *granulären* Elementen mit einem Durchmesser von ca. 150 Å und zum anderen aus *fibrillären* Elementen mit einem Durchmesser von ca. 70 Å. Seine Größe unterliegt starken Schwankungen, die mit den StoffwechsellLeistungen der Zelle korreliert sind. Das wird durch die Rolle des Nucleolus als Hauptquelle der cytoplasmatischen RNS verständlich, die große Bedeutung für die Proteinsynthese hat.

Über den Bau der *Chromosomen* im Interphasenkern liegen nur lückenhafte elektronenmikroskopische Befunde vor. Das erklärt sich hauptsächlich aus methodischen Schwierigkeiten (fehlende Symmetrie, ungünstiges Verhältnis zwischen Schnitt-

dicke und Größe der Strukturen etc.). Im normalen elektronenmikroskopischen Bild liegt ihre Substanz, das Chromatin, in Form von elektronendichten Komplexen mehr oder weniger gleichmäßig über den ganzen Kernquerschnitt verteilt, in einer helleren Grundsubstanz. - Weitere Aufschlüsse sind hier durch die Anwendung spezifischer Methoden zu erwarten. (Totalbeobachtung der Chromosomen mit speziellen Verfahren, besondere Kontrastierungstechniken).

### **Endoplasmatisches Retikulum**

Schon Ende des vorigen Jahrhunderts wurden im Cytoplasma von Drüsenzellen fibrilläre Strukturen beschrieben, die sich stark mit basischen Farbstoffen anfärben ließen und in ihrem Auftreten mit dem Funktionszyklus dieser Zellen in Zusammenhang zu stehen schienen.

Die feinere Struktur dieses "Ergastoplasmas" konnte erst mit Hilfe des Elektronenmikroskops, hauptsächlich von PALADE, aufgeklärt werden: Es besteht aus einem System von Membranen, die mehr oder weniger parallel verlaufen und einen großen Teil der Zelle durchziehendes Kanalsystem bilden, das als *e n d o - p l a s m a t i s c h e s R e t i k u l u m* bezeichnet wird (Abb.). Es kommuniziert einmal mit dem perinukleären Raum, und schafft zum anderen durch seine Verbindung mit der Zellmembran eine Beziehung zum extrazellulären Raum.

Bei der elektronenmikroskopischen Untersuchung stellte sich jedoch heraus, daß Ergastoplasma und endoplasmatisches Retikulum nicht unbedingt miteinander zu identifizieren sind. Das lichtmikroskopisch beschriebene Ergastoplasma ist vielmehr als ein spezialisierter Anteil des endoplasmatischen Retikulums aufzufassen, der sich durch die Bindung zahlreicher ca. 150 Å großer Partikel, den sogenannten Ribosomen oder PALADE-Granula an seine Membranen auszeichnet. Die Ribosomen sind auch für die Basophilie dieser Bereiche verantwortlich. In diesem Zusammenhang wird es auch als *g r a n u l ä r e s e n d o p l a s m a t i s c h e s R e t i k u l u m (GER)* bezeichnet.

Da sich an den Ribosomen, bzw. an Ribosomenkomplexen, den durch m-RNS verbundenen Polysomen, der Zusammenbau von Aminosäuren zu Proteinen vollzieht, ergibt sich daraus die Bedeutung des GER für die Eiweißsynthese der Zelle. (Daß Ribosomen bzw. Polysomen

auch frei im Grundplasma liegen können, soll hier nur am Rande vermerkt werden.)

Der Teil des endoplasmatischen Retikulums, der keine Ribosomen assoziiert hat, wird als glattes oder *agranuläres endoplasmatisches Retikulum (AER)* bezeichnet. Es kommt in besonders ausgeprägter Form in Steroidhormon-produzierenden Zellen vor. (Interstitielle Zellen des Hodens).

### **Golgi-Apparat**

Der italienische Neurohistologe C. GOLGI beschrieb im Jahre 1898 in Nervenzellen eine netzartige Struktur, die durch ein besonderes Verfahren (Silberimprägnation) sichtbar gemacht werden konnte, und die in die Literatur als *Golgi-Apparat* eingegangen ist.

Dieser Golgi-Apparat läßt sich elektronenmikroskopisch in ein System von Gebilden auflösen, die nach einem relativ konstanten Modus aufgebaut sind, und als Golgi-Körper (in pflanzlichen Zellen meist als Dictyosom) bezeichnet werden. Obwohl ursprünglich mit dem Begriff "Golgi-Apparat" die Gesamtheit dieser Strukturen bezeichnet war, wird er heute vielfach auch auf die Einzelelemente angewandt. Er konnte in den Zellen fast aller niederen und höheren Pflanzen und Tiere nachgewiesen werden. In tierischen Zellen ist er besonders ausgeprägt in Drüsenzellen zu finden, in denen sein Formwechsel im Zusammenhang mit dem Arbeitsrhythmus der Zelle besonders auffällt (Pankreaszelle), was enge funktionelle Beziehung zur Sekretionstätigkeit nahelegt.

Elektronenmikroskopisch lassen sich hauptsächlich drei Komponenten unterscheiden: Ein System von Membranen, das mehrere übereinanderliegende, scheibenförmig Zisternen umschließt, die an ihren äußeren Enden knospenartige Erweiterungen zeigen, außerdem an der Peripherie befindliche große Vakuolen mit einem mehr oder weniger dichten Inhalt, und schließlich um den ganzen Golgi-Apparat liegende kleinere Vesikel (Abb.).

Über die Funktion des Golgi-Apparates herrscht heute noch keine vollkommene Klarheit. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, daß er in den verschiedenen Zellen auch verschiedene Aufgaben hat. Am besten wurde seine Funktion in den exokrinen Drüsenzellen des

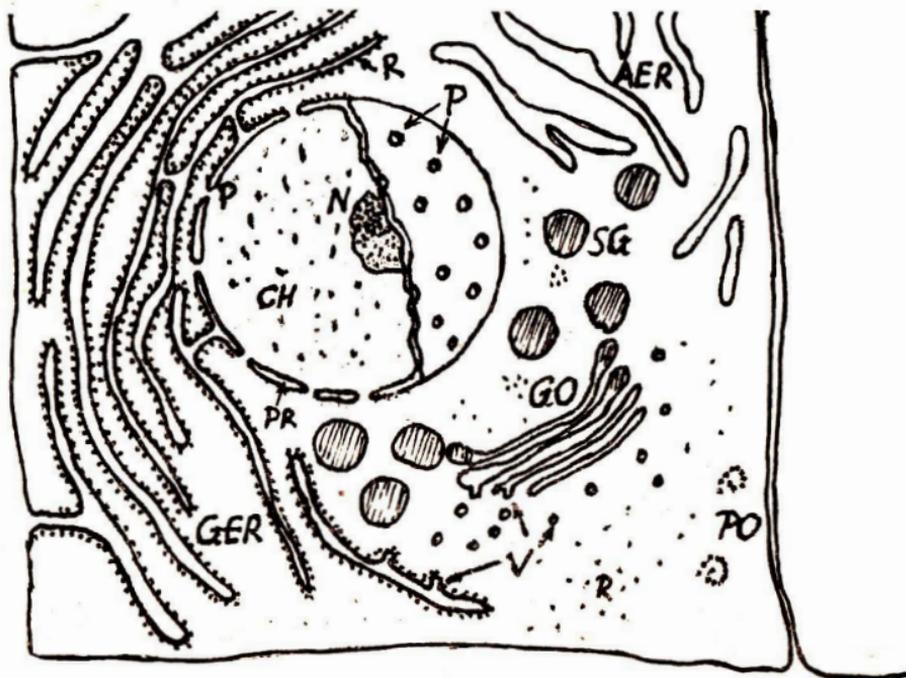
Pankreas untersucht. Hier konnte mit Hilfe der Autoradiografie und biochemischer Methoden festgestellt werden, daß von den Membranen des GER kleine Vesikel abgeschnürt werden, die das an den Ribosomen gebildete und in die Zisternen abgegebene Enzymprotein enthalten. Diese wandern zum Golgi-Apparat, wo sie mit seinen Membranen verschmelzen und dabei ihren Inhalt in seine Zisternen abgeben. Hier erfolgt, wahrscheinlich nach einer chemischen Veränderung, eine Verdichtung an deren peripheren Enden, die dabei knospenförmig anschwellen, und schließlich eine "Abschnürung" von Prosekretgranula. Diese stehen nach einer Art Reifung für die Abgabe in das ausführende Gangsystem zur Verfügung.

### **Erklärung einiger im Text vorkommender Begriffe**

m-RNS	-	messenger-RNS (engl.), Substanz, die die genetischen Informationen für die Proteinbiosynthese übersetzt
Diaphragma	-	dünne Membran
Interphasekern	-	Kern im Zeitraum zwischen den Zellteilungsphasen
Chromatin	-	Gerüststruktur im Zellkern, die aus DNS besteht; entspiralisierte Chromosomen
Ergastoplasma	-	Zisternenförmige Zellstruktur, an der die Ribosomen sitzen, die für die Proteinbiosynthese verantwortlich sind
Basophilie	-	Eigenschaften von Zellorganellen, sich mit basischen Farbstoffen anzufärben
Pankreas	-	Bauchspeicheldrüse
Vesikel	-	Kleine, abgeschnürte Bläschen

- Exokrine Drüsen - geben ihre Produkte direkt an die Umgegend ab, z.B. Speicheldrüse
- Autoradiografie - mikroskopische Untersuchungsmethode mit Hilfe von radioaktiven Isotopen, die einen aufgelegten Film schwärzen

- AER - glattes endoplasmatisches Retikulum
- CH - Chromatin der Chromosomen
- GER - granulares endoplasmatisches Retikulum
- GO - Golgi-Apparat
- N - Nucleolus
- P - Kernporen
- PO - Polysomen
- SG - Sekretgranula
- V - Vesikel
- R - Ribosomen
- PR - perinukleärer Raum



H. Pöbel

Diplomand an der Sektion Physik

Differentialrechnung I

Ziel dieses Beitrages soll es sein, einige Probleme der klassischen Elektrodynamik (MAXWELLSche Theorie), die in nachfolgenden Artikeln behandelt werden wird, zu erfassen und zu verstehen.

Wir wollen mit den elementaren Grundlagen beginnen:

Gegeben sei eine stetige Funktion  $y = f(x)$  der Variablen  $x$ . Mit der Funktion  $f$  ist eine Vorschrift verbunden, die jedem Element des Definitionsbereiches  $x_1$  ein Element des Bildbereiches  $y_1$  zuordnet. Diese Zuordnung braucht nicht eindeutig zu sein, d.h. ein Element des Definitionsbereiches ( $x_1$ ) kann auf zwei Elemente des Bildbereiches ( $y_1$  mit  $y_j$ ) abgebildet werden. Hierzu vergleiche man Abbildung 1.

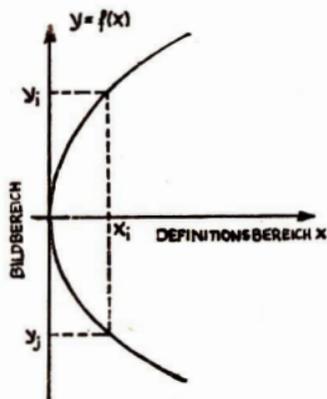


Abb. 1

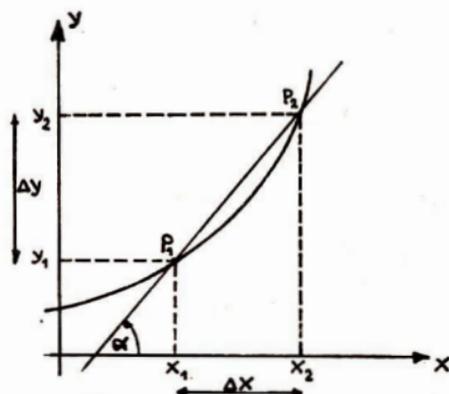


Abb. 2

Wir betrachten zwei Elemente des Definitionsbereiches  $x_1$  und  $x_2$ , die durch eine Funktion  $f$  eindeutig auf  $y_1$  und  $y_2$  abgebildet werden sollen. Es gilt:

$$y_1 = f(x_1) \quad \text{und} \quad y_2 = f(x_2). \quad (1)$$

Weiterhin schreiben wir:

$$x_2 - x_1 = \Delta x \quad \text{und} \quad y_2 - y_1 = \Delta y .$$

Das Verhältnis  $\frac{\Delta y}{\Delta x}$  bezeichnet man als Differenzenquotient.

Er gibt den Anstieg der Sekante (durch die Punkte  $P_1$  und  $P_2$ ) gegenüber der  $x$ -Achse an (Abb. 2). Außerdem sehen wir, daß der Differenzenquotient die folgende Bedingung erfüllt:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \operatorname{tg} \alpha . \quad (2)$$

Eine physikalische Realisierung dieser mathematischen Betrachtungen finden wir beispielsweise in der Mechanik. Bei der Bewegung eines Körpers können wir ein Weg-Diagramm aufzeichnen. Bildet man den Differenzenquotient aus dem im Zeitintervall  $\Delta t$  zurückgelegten Weg  $\Delta s$  zu  $\Delta t$ , so ergibt sich die Durchschnittsgeschwindigkeit  $\bar{v}$  des entsprechenden Körpers.

Lassen wir im Bild 2 den Punkt  $P_2$  auf der Kurve entlang gegen den Punkt  $P_1$  laufen, so erkennt man, daß im Definitionsbereich  $x_2$  gegen  $x_1$  und im Bildbereich  $y_2$  gegen  $y_1$  laufen. Gleichzeitig dreht sich die Sekante um den Punkt  $P_1$ . Im Grenzfall, d.h.  $P_2$  ist in  $P_1$  übergegangen, zeigt sich, daß sich die Sekante in die Tangente durch  $P_1$  verwandelt hat (Abb. 3).

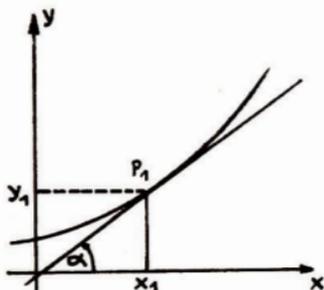


Abb. 3

Dieser soeben durchgeführte Grenzübergang läßt sich für jeden Punkt  $x$  des Definitionsbereiches wiederholen. Die Stetigkeit der Funktion  $f$  ist natürlich dabei eine notwendige Voraussetzung. Nach der Grenzwertbildung ist der Differenzenquotient in den Differentialquotient, der zu dem Element  $x_1$  gehört, übergegangen.

Im erwähnten Beispiel hieße das, daß wir von der Durchschnittsgeschwindigkeit  $\bar{v}$  zu der Augenblicksgeschwindigkeit  $v$  in einem bestimmten Zeitpunkt  $t$  gekommen sind.

Allgemein definieren wir den Differentialquotienten (oder die Ableitung der Funktion  $f$  in einem Punkt  $x$ ) in der folgenden Weise:

$$f'(x) = \frac{dy}{dx} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} = \tan \alpha \quad (3)$$

Die mit Gleichung (3) gebildete 1. Ableitung gibt uns den Anstieg der Tangente im  $P_1$  an. Durch wiederholte Anwendung der obigen Formel erhalten wir die höheren Ableitungen der Funktion  $f$ .

Für die 2. Ableitung an der Stelle  $x$  ergibt sich somit:

$$f''(x) = \frac{d^2y}{dx^2} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f'(x + \Delta x) - f'(x)}{\Delta x} \quad (4)$$

In dem angeführten Beispiel wurde dies mit der 2. Ableitung des Weges nach der Zeit (oder der 1. Ableitung der Geschwindigkeit nach der Zeit) identisch sein.

Da es sich hierbei um den Geschwindigkeitszuwachs je Zeiteinheit  $\frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}$  handelt, stellt sie die Beschleunigung

dar. Das sieht man sofort ein, wenn wir als Beispiel die gleichförmig beschleunigte Bewegung betrachten.

Das Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz lautet:

$$s = \frac{a}{2} t^2 \quad (5)$$

a. . . Beschleunigung ( $a = \text{const}$ )

Differenzieren wir einmal nach der Zeit, ergibt sich:

$$\frac{ds}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{(t + \Delta t) - s(t)}{t} = \frac{a}{2} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{(t + \Delta t)^2 - t^2}{\Delta t}$$

$$\frac{ds}{dt} = \frac{a}{2} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{t^2 + 2t \cdot \Delta t + (\Delta t)^2 - t^2}{\Delta t} = \frac{a}{2} \lim_{\Delta t \rightarrow 0} [2t + \Delta t] = \frac{a}{2} \cdot 2t$$

$$v = \frac{ds}{dt} = a \cdot t \quad (6)$$

Durch nochmalige Differentiation nach der Zeit erhalten wir die Beschleunigung:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2} = a \quad (7)$$

Der Mathematiker Dirichlet liebte es nicht, über persönliche Dinge lange Ausführungen zu machen. Als sein Sohn geboren wurde, schickte er seinen Schwiegereltern ein Telegramm: "zwei plus eins gleich drei".

Der Ingenieur G. Kalman (Bristol) entwickelte ein neuartiges Informationsspeichersystem, das er HOLDOR nennt.

Das Herz der Anlage ist ein Kristall (5,1 5,1 0,6 cm), der aus Kaliumbromid besteht. In einem solchen Kristall soll das 1100 Seiten umfassende Werk Tolstois "Krieg und Frieden" gespeichert werden. Etwa 12 Kristalle könnten den gesamten Inhalt einer größeren Bibliothek aufnehmen. Die gespeicherte Information kann geändert werden und ist so immer auf dem neuesten Stand. Das Ablesen des Kristalls geschieht mit Hilfe eines Laserstrahls.

In West-London steuert ein Computer versuchsweise 70 Verkehrsampeln. Die Ergebnisse waren so erfolgreich, daß die Fahrzeit innerhalb der 17 km<sup>2</sup> auf 90% verkürzt wurde. Statistische Berechnungen ergaben 2,7 Millionen eingesparte Fahrstunden im Jahr. Das System soll jetzt um weitere 300 Ampeln erweitert werden.

Prof. Dr. H.-I. Treder

Institut für relativistische und extragalaktische Forschung der  
DAW zu Berlin

Fortsetzung

## Die schwarze Urstrahlung und Evolution des Kosmos

Aus (6) folgt die Konstanz der gesamten Ruhenergie  $M \cdot c^2$  des Kosmos; bei der Expansion des kosmischen Raumes ist die Massendichte  $\rho$  umgekehrt proportional dem Volumen. Hingegen nimmt die Dichte  $u_s$  der strahlenden Energie  $E_s$  schneller ab als das Volumen anwächst:

$$u_s \sim v^{-4/3}, \quad (9)$$

und die Abnahme der thermischen Energie  $I$  ist noch stärker:

$$I \sim v^{-5/3}, \quad (10)$$

so daß von der Urwärme des Kosmos effektiv nichts mehr vorhanden ist. Die Strahlungstemperatur des Kosmos ist daher heute auch sehr viel größer als seine Gastemperatur.

Verfolgt man die Gleichungen rückwärts, so sieht man, daß in der Nähe der Urverdichtung die strahlende Energie  $E_s$  sehr viel größer war als die Ruhenergie  $M \cdot c^2$ , und daß bei den damaligen extrem hohen Temperaturen eine Unterscheidung von thermischer und strahlender Energie nicht mehr möglich ist. Heute hingegen überwiegt die Ruhenergie im Kosmos bei weitem alle anderen Energieformen.

Die momentane Strahlungstemperatur  $T_s$  des Weltalls läßt sich etwa mit Hilfe des STEFAN-BOLTZMANNschen Strahlungsgesetzes definieren:

$$u_s \sim T_s^4. \quad (11)$$

Aus (9) und (11) folgt für die Strahlungstemperatur

$$RT_s = \text{const} , \quad (12a)$$

die somit mit wachsendem Abstand der Galaxien in der Metagalaxis laufend abnimmt.

Auf Grund der relativistischen Dynamik gilt, wie MAX v. LAUE zeigte, für die Energie  $E_\nu$  (und somit für die Frequenz  $\nu$ ) jedes einzelnen Photons:

$$E_\nu R = h\nu R = \text{const} , \quad (12b)$$

wo  $h$  die PLANCKSche Konstante und  $\nu$  die Frequenz ist. Diese LAUESche Bedingung (die auch dem HUBBLEschen Gesetz für die Rotverschiebung der Spektrallinien ferner Galaxien zugrunde liegt) folgt aus dem Energiesatz (7), wenn man berücksichtigt, daß es keine Wechselwirkung der Photonen untereinander gibt, und gleichzeitig die Konstanz der Gesamtzahl  $N$  der Photonen der Strahlung vorausgesetzt wird, d. h., daß während des Zeitraumes der Expansion Photonen in kosmologisch bedeutsamer Anzahl weder erzeugt noch vernichtet worden sind. Die Zahl  $N_\nu$  der Photonen einer bestimmten momentanen Frequenz  $\nu$  ist gegeben durch:

$$N_\nu = \frac{E_\nu}{h\nu} . \quad (13a)$$

Demnach folgt aus dem Energiesatz für die Strahlungsenergie

$$N_\nu \cdot h\nu \cdot R = \text{const} , \quad (13b)$$

was bei konstanter Photonenanzahl mit LAUES Bedingung (12b) identisch ist.

Nach dem Beginn der kosmischen Expansion nahmen also die Energiedichte und die Temperatur des Photonengases ständig ab. Das Photonengas verdünnte sich nicht nur entsprechend den größeren Räumen, die es erfüllte, sondern die einzelnen Lichtquanten verloren als Folge der Expansion ständig an Energie, was nach den Strahlungsgesetzen von PLANCK und EINSTEIN bewirkte, daß die Frequenz der Strahlung immer kleiner,

die Wellenlänge der Strahlung immer größer wurde. Die Gesamtzahl der Teilchen des Photonengases änderte sich aber nicht.

Nach dem PLANCKschen Gesetz besaß das Photonengas am Anfang eine Strahlungstemperatur von vielen Milliarden Grad. - Die Gesetze der relativistischen Photonenmechanik garantieren, daß ein Photongas mit konstanter Teilchenzahl zu allen Zeiten dem PLANCKschen Strahlungsgesetz genügt, wenn es im Urzustand diesem Gesetz genügte. Nur nimmt gemäß dem PLANCKschen Strahlungsgesetz die Strahlungstemperatur als Folge der Verdünnung des Gases und des gleichzeitigen Energieverlustes jedes einzelnen Lichtquantum gemäß dem LAUESchen Gesetz (12b) ständig ab:  $\nu \sim T_s \sim R^{-1}$ .

Durch detailliertere Überlegungen unter Zugrundelegung der FRIEDMANNschen relativistischen Weltmodelle und genaueren Voraussetzungen über die physikalischen Eigenschaften der Materie im Anfangsstadium der kosmischen Expansion folgt dann, daß die Temperatur der Urstrahlung in der gegenwärtigen Entwicklungsepoche des Kosmos nur noch einige wenige Grad betragen kann; sie muß aber weiterhin eine schwarze Strahlung sein. Eine schwarze Strahlung mit einer Temperatur von wenigen Grad ist nach dem PLANCKschen Strahlungsgesetz sehr langwellig; die Wellenlänge, bei der die höchste Strahlungsintensität vorliegt, ist von der Größenordnung eines Dezimeters. Dies ist gerade derjenige Wellenbereich, der mit Radioteleskopen erforscht werden kann. Daher müssen Dezimeterwellen als allgemeiner Strahlungshintergrund aus allen Gegenden des Himmels gleichmäßig von den Radioteleskopen empfangen werden.

Eine solche Strahlung ist nun tatsächlich von den Radioastronomen in den USA, der Sowjetunion und Großbritannien in den letzten drei Jahren entdeckt und erforscht worden. Zunächst wußten die Radioastronomen nicht, was diese Strahlung bedeutete, aber bald folgte die theoretische Aufklärung auf Grund der hier geschilderten Ergebnisse der relativistischen Kosmologie. Bei den weiteren internationalen theoretischen Diskussionen, an denen auch unser Akademie-Institut für relativistische und extragalaktische Forschung in Potsdam-Babelsberg beteiligt war, stellte sich heraus, daß die von den Radioastronomen bestätigte "Schwärze" der Strahlung, d. h. die Gültigkeit des PLANCKschen Strahlungsgesetzes für die Hintergrunds-

strahlung, das entscheidende Argument für die Evolution des Kosmos im Sinne der von FRIEDMANN und TOLMAN begründeten Theorie ist.

Es zeigte sich, daß der wesentliche Punkt für die Erklärung der radioastronomischen Beobachtungen die aus den Vorstellungen des relativistischen Entwicklungskosmos folgende angenäherte Konstanz der Zahl  $N$  der Photonen der Urstrahlung seit dem Beginn der Expansionsphase des Universums sowie das Fehlen einer wesentlichen Wechselwirkung der Photonen untereinander und mit der kosmischen Materie ist. Seit einem Zeitpunkt kurz nach Beginn der Expansion des kosmischen Raumes sind die Photonen der Urstrahlung in wesentlichen Mengen weder erzeugt noch vernichtet noch gestreut worden. Zwar fanden und finden örtlich - besonders in der interstellaren Materie - solche Streu- und Absorptionsprozesse statt, doch ist die Zahl dieser Prozesse im Vergleich zu der Zahl der Photonen der Urstrahlung so klein, daß dies für das Grundphänomen ohne Bedeutung ist. Gerade die Konstanz der Zahl und die unwesentliche Streuung der Photonen der Urstrahlung ist es, die die dauernde "Schwärze" dieser Strahlung trotz Dichteverminderung und Frequenzverschiebung bewirkt.

Die schwarze Urstrahlung ist so gemeinsam mit dem HUBBLE-Effekt das entscheidende empirische Argument für die Geschichtlichkeit des Universums als Ganzes. Es ist verschiedentlich versucht worden, den Schluß auf eine allgemeine Geschichte des Kosmos dadurch zu umgehen, daß andere Erklärungen für den HUBBLE-Effekt als die sich aus dem FRIEDMANNschen Weltmodell ergebende Raumexpansion vorgeschlagen wurden. Selbst wenn eine dieser nachträglich erfundenen Hypothesen den HUBBLE-Effekt tatsächlich erklären könnte, gibt eine solche Hypothese keine Erklärung für die schwarze Hintergrundsstrahlung. Auch die vor etwa 20 Jahren von den englischen Astrophysikern H. BONDI, T. GOLD und F. HOYLE entwickelte Vorstellung einer ständigen spontanen Neuerzeugung von Materie (und insbesondere auch von Strahlung), die garantieren sollte, daß trotz Raumexpansion sich der Anblick des Universums im Mittel nie ändert, steht im Widerspruch zu den Eigenschaften der schwarzen Urstrahlung. Denn die (sowieso sehr spekulative) Ansicht einer spontanen Neuentstehung von Teilchen und Quanten widerspricht offensichtlich der festgestellten Konstanz der Zahl der Photonen der Urstrahlung.

Die Bedeutung der schwarzen Hintergrundsstrahlung für das astronomische Weltbild besteht also darin, daß sie ein Relikt des Frühzustandes der gegenwärtigen Expansionsperiode des Kosmos ist, so daß durch die Entdeckung der Hintergrundsstrahlung dieser Frühzustand Gegenstand unmittelbarer astronomischer Erfahrung geworden ist.

---

*I. Schilling*

*IV. Studienjahr, Sektion Physik*

## **Geschichte der Elektrizitätslehre**

Uns ist bekannt, daß vor ungefähr 2500 Jahren die ersten elektrischen Erscheinungen beobachtet wurden. Thales von Milet konnte in der Nähe eines geriebenen Bernsteins unsichtbare Kräfte nachweisen. Schon im China des Altertums fand der Magnetismus eine praktische Anwendung. Die Chinesen benutzten damals den Kompaß zur Orientierung auf See.

In der Mitte des 13. Jahrhunderts stellte man fest, daß niemals magnetische Einzelpole auftreten können.

Die nächsten Untersuchungen zur Elektrizitätslehre wurden erst 300 Jahre später angestellt. Der englische Arzt *W. Gilbert* unterschied als erster die magnetischen und elektrischen Erscheinungen.

In der folgenden Zeit versuchte man, die elektrischen und magnetischen Wirkungen durch mechanische Vorstellungen zu erklären. Die Naturwissenschaftler führten den Begriff der "Elektrizitätsmenge" ein und verbanden damit die Vorstellung der "Unerschaffbarkeit" und "Unzerstörbarkeit" der Elektrizität.

Max von Laue erklärt dies folgendermaßen:

"In Mechanik, Optik, Wärmelehre und Chemie fand die eben einsetzende bewußte Forschung einen uralten Schatz vorwissen-schaftlicher Erfahrung vor, der seinen Wert hatte. Bei der Elektrizität und dem Magnetismus mußte sie selbst erst das entsprechende "prähistorische" Stadium durchlaufen, ehe sie zu klaren Ideen führen konnte." (M. v. Laue, Geschichte der Physik 1947).

Die folgende Tabelle zeigt deutlich die zunehmende Zahl der Entdeckungen auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre.

Zahl der Entdeckungen	bis 1500	1500-1600	1600-1700	1700-1800	1800-1900
	ca. 5	ca. 5	ca. 7	ca. 60	100

Nach dieser Entwicklungsepoche kristallisierten sich schließlich zwei Grundhypothesen zum Wesen der Elektrizität heraus:

### 1. Scheidungshypothese

Jeder Stoff besteht neben seiner Materie, dem wägbaren Anteil, aus zwei unwägbaren Flüssigkeiten, die Träger der beiden Elektrizitätsarten (positiv-negativ) sind. Je nach Anteil beider Flüssigkeiten ist der Körper positiv, neutral oder negativ.

### 2. Unitarische Hypothese (Franklin)

Es gibt ein elektrisches Fluidum, das unwägbar ist. Je nach der Menge dieses Fluidums im Körper sind dessen elektrische Eigenschaften verschieden.

Als Beginn der noch heute gültigen wissenschaftlichen Lehre bezeichnet man die Aufstellung des Coulombschen Gesetzes. Dieses Gesetz war der Ausgangspunkt für die Anwendung der sogenannten Poissonschen Potentialtheorie auf die elektrischen und magnetischen Eigenschaften.

Die Gelehrten C.F. GAUß und W. WEBER führten die Arbeiten von Poisson fort. Beide entwickelten das erste elektrische Maßsystem.

Ein wichtiger Schritt auf dem Wege der Erforschung der elektrischen Erscheinungen war die Erzeugung eines über längere Zeiten konstanten elektrischen Stromes. Die Grundlage bildete die von A. v. Humboldt entdeckte Elektrolyse. Diese Entwicklung wurde durch die Aufstellung der Faraday'schen Gesetze der Elektrolyse im Jahre 1834 und die Hittorf'schen Gesetze der Ionenwanderung erfolgreich fortgesetzt. Mittels dieser Gesetzmäßigkeiten konnte 1881 Helmholtz das elektrische Elementarquantum bestimmen.

Parallel zu dieser Entwicklung gingen die Untersuchungen über die Wechselwirkungen von Strömen mit Magnetfeldern. Die Entdeckung von Ørsted 1820 (Ablenkung der Magnetnadel in der Nähe elektrischer Leiter) schuf die Verbindung zwischen Elektrizität und Magnetismus.

Ampère, Biot, Savart, Faraday und Ohm sind einige der Physiker, die die Vorstellungen über die Wirkung des elektrischen Stromes auf die magnetischen Erscheinungen, in mathematischen Formeln auszudrücken versuchten.

Ampère erklärte den Magnetismus als Überlagerung von Molekularströmen.

Einen großen Schritt vorwärts bedeutete die Entdeckung des Induktionsgesetzes durch Faraday. Damit wurde das Bild über die Wechselbeziehungen zwischen elektrischen und magnetischen Erscheinungen abgerundet.

Diese Entdeckung bildete außerdem die Grundlage zur Erzeugung von Elektroenergie großer Leistung.

Alle diese experimentell gefundenen Gesetze forderten neue umfassendere Theorien, die nicht nach jedem neuen Ergebnis ausgebaut werden mußten.

1848 veröffentlichte W. Weber, einer der "Göttinger Sieben", sein Grundgesetz, aus dem alle bekannten Erscheinungen zwanglos folgten. Dazu waren folgende Annahmen notwendig:

1. Die Kräfte zwischen 2 Ladungen hängen ab vom Relativabstand, der Relativgeschwindigkeit und der Relativbeschleunigung.
2. Ströme sind bewegte Ladungen.
3. Elektromagnetische Kräfte haben sofortige Fernwirkung.

Die letzte Annahme wurde experimentell nicht bestätigt. Deshalb wurde etwa 1880 diese Theorie fallengelassen.

Die experimentellen Grundlagen lieferte Faraday durch seine Versuche. Die Faradayschen Vorstellungen über die Wechselbeziehungen zwischen elektrischen und magnetischen Erscheinungen gipfelten in der Aufstellung der Maxwell'schen Gesetze durch Maxwell. 1888 erbrachten H. Hertz und Röntgen die experimentellen Beweise für die Richtigkeit dieser Maxwell'schen Theorie.

Die Theorie der elektrischen Leitungsvorgänge, die Elektromechanik, wurde von P. Drude und E. Riecke geschaffen. Die Drudesche Theorie erlaubte die Erklärung von vielen experimentellen Ergebnissen.

Erst durch das Auffinden der Supraleitung 1911 wurde eine Korrektur notwendig.

Inzwischen gaben die Relativitätstheorie und die Atomphysik neue Anregungen zum Ausbau der vorhandenen Theorien.

## 10 Mini-Monde umkreisen die Erde

Als ein Ergebnis der Weltraumforschung wurden im Bahnverlauf von Erdsatelliten Abweichungen festgestellt. Es entstand die Theorie, daß diese Abweichungen durch etwa 10 Mini-Monde verursacht werden. Tatsächlich gelang es, zwei dieser Klein-Monde (Durchmesser 30 m) zu photographieren. Berechnungen zufolge, trafen sich am 18. Dezember 1955 alle Bahnen dieser Objekte in einem Punkt. Daraus könnte folgen, daß die 10 Mini-Monde zu einem größeren Körper gehörten, der an diesem Tag zerplatzte.

## Aufgaben

- 1.) Otto von Guericke ließ bei seinem berühmten Versuch mit den Magdeburger Halbkugeln zu beiden Seiten je 8 Pferde anspannen. Hätte er dieselbe Kraftwirkung auch mit weniger Pferden erreichen können?
- 2.) Ein Zylinder von 10 cm Durchmesser ist durch einen  $F = 60$  kp schweren, reibungslos beweglichen Kolben verschlossen und enthält  $V_1 = 2$  l Luft von  $22^\circ\text{C}$  bei einem äußeren Luftdruck von  $p_2 = 1$  at. Auf wieviel Grad ist die Luft zu erhitzen, wenn sich der Kolben um  $h = 15$  cm heben soll? Welche Ausdehnungsarbeit ist zu verrichten?

## Lösungen

Lösung der Aufgabe Nr. 1 :

Eine Flamme bildet sich infolge des Auftriebs, der von unten her Luft zuführt und die verbrannten Gase nach oben abströmen läßt. Wenn der Kasten mit Kerze frei herunterfällt, fällt auch die Erdbeschleunigung und damit auch der Auftrieb weg - die Flamme erstickt.

Lösung der Aufgabe Nr. 2 :

Bei dieser Aufgabe handelt es sich um ein Extremwertproblem, die Leistung soll ein Maximum annehmen!

$$P = P(R_a) \quad , \quad P \stackrel{!}{=} \max$$

Zunächst müssen wir eine Gleichung aufstellen, in der die Leistung als Funktion vom äußeren Widerstand  $R_a$  vorkommt:

$$P = U_k \cdot J \quad \text{für} \quad J = \frac{U_k}{R_a} \quad \rightarrow \quad P = \frac{U_k^2}{R_a} \quad (1)$$

$$\text{aus } U_k = \frac{E \cdot R_a}{R_1 + R_a} \quad \rightarrow \quad U_k^2 = \frac{E^2 R_a^2}{(R_1 + R_a)^2} \quad (2)$$

Gleichung (2) in (1) eingesetzt, ergibt:

$$P = P(R_a) = \frac{E^2 \cdot R_a}{(R_1 + R_a)^2} \quad (E \text{ und } R_1 \text{ sind const.})$$

$$\frac{dP}{dR_a} = \frac{(R_1 + R_a)^2 \cdot E^2 - E^2 \cdot R_a \cdot 2(R_1 + R_a)}{(R_1 + R_a)^4}$$

1. notwendige Bedingung:

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

$$(R_1 + R_a)^2 - R_a \cdot 2(R_1 + R_a) = 0$$

$$R_a^2 + R_1^2 + 2 \cancel{R_1 R_a} - 2 \cancel{R_1 R_a} - 2 R_a^2 = 0$$

$$R_1^2 - R_a^2 = 0$$

$$R_1 = R_a$$

=====

2. hinreichende Bedingung:

$$\frac{d^2 P}{dR_a^2} < 0 \text{ für ein Maximum}$$

$$\frac{dP}{dR_a} = E^2 \cdot \frac{R_1 - R_a}{(R_1 + R_a)^3}$$

$$\frac{d^2 P}{dR_a^2} = E^2 \frac{(R_1 + R_a)^3 \cdot (-1) - (R_1 - R_a) (R_1 + R_a)^2 \cdot 3}{(R_1 + R_a)^6}$$

für  $R_1 = R_a$  :

$$\frac{d^2 P}{dR_a^2} = E^2 \frac{-8 R_a^3}{64 R_a^6} = - \frac{E^2}{8 R_a^3}$$

Da  $E^2$  positiv und  $R_a$  positiv  $\rightarrow \frac{d^2 P}{dR_a^2} < 0$ ,

d.h. dem Akkumulator kann maximale Leistung entnommen werden, wenn der äußere Widerstand gleich dem Innenwiderstand ist.

21 Sc 44,96	22 Ti 47,90	23 V 50,95
?	32 Ge 72,60	33 As 74,91
39 Y 88,92	<b>impuls</b>	
49 In 114,82	50 Sn 118,71	51 Sb 121,76
57 La 138,92	72 Hf 178,58	73 Ta 180,95
58-71	81 Tl 204,39	82 Pb 207,21
83 Bi 209,00	89 Ac 227,05	
62 Sm 150,35	63 Eu 152,0	64 Gd 157,26
65 Tb 158,93	66 Dy 162,51	67 Ho 164,94
68 Er 167,26	69 Tm 168,93	70 Yb 173,05

**Schülerzeitschrift für Physik,  
Chemie und Biologie**

3. Jahrgang (1969/70)

Heft

**4**

---

**impuls 68:** Monatszeitschrift für Schüler

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

**Redaktion:** Dipl.-Phys. H.-D. Jähmig (Chefredakteur)  
Dr. K. Jupe, Dipl.-Chem., I. Pfaff, Dipl.-Phys., G. Sommer, N. Somma, D. Gröll, M. Seifert, H. Birkenbeil, W. Kotte, V. Hopfe, W. Dänhardt, R. Rost, V. Lindig,

**Verantwortlicher:** Dipl.-Phys. S. Kessler

**Anschrift:** „impuls 68“  
69 Jena  
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich zum Preise von 0,40 M.

Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen an unsere Adresse.

Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR.

---

<b>Inhalt</b>	<b>Selbst</b>
Elektro-magnetische Feldtheorie	3
Aufbau und Entwicklung der Sterne	7
Periodensystem der Elemente	11
Morphologie der Zelle	14
Differentialrechnung	17
Stereochemie	21
impuls-Lexikon	24
Größen zur Beschreibung von Lösungen	25
Lösungen	29
Aufgaben	32

A. Casajus

Forschungsstudent, 5. Studienjahr Physik

## Einführung in die elektro-magnetische Feldtheorie

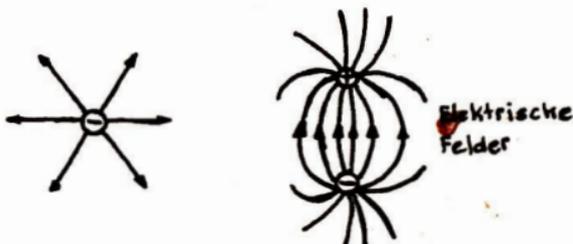
---

Materie, sagt Lenin ist die objektive Realität, die unabhängig vom Bewußtsein des Menschens existiert. Es ging dem Verfasser weniger darum, einen Leninschen Satz mit Gehalt als Leitmotiv zu wählen, als um einen Satz von tiefster physikalischer Bedeutung, der den Begriff Materie am besten charakterisiert. Felder, als objektive Realität sind demzufolge eine Form der Materie und verlieren ihre Unheimlichkeit und "Unfaßbarkeit". Der Physikstudent lernt den Feldern ein Impuls, ein Drehimpuls, ein Schwerpunkt usw. zuzuordnen. Der Feldbegriff wird zu einem wesentlichen Bestandteil seines physikalischen Weltbildes. Felder erkennt man dadurch, daß sie mit Materie "im volkstümlichen Sinn" wechselwirken, d. h. sie üben Kräfte auf Körper aus. Die Massen werden im Gravitationsfeld der Erde angezogen, bewegte geladene Teilchen werden in magnetischen und elektrischen Feldern abgelenkt. Wir können formal die Kraftwirkung durch  $K = E \cdot p$ , wobei  $E$  die Feldstärke des Feldes charakterisiert und  $p$  ein charakteristisches Parameter des jeweiligen Körpers ist. Das Gravitationsgesetz wird durch  $K = \frac{\gamma M \cdot m}{r^2}$

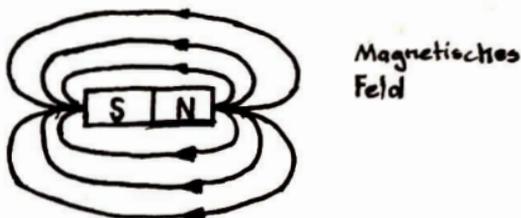
beschrieben. Wir können  $\frac{\gamma M}{r^2}$  als  $E$  bezeichnen,  $\gamma$  ist die Gravitationskonstante,  $M$  die anziehende Masse,  $p = m$ , wobei  $m$  die angezogene Masse sein soll. Die Kraftwirkung eines elektrischen Feldes auf eine Ladung ist gleich  $K = E \cdot e$ ,  $E$  ist die Feldstärke,  $p = e$  ist die Ladung des kleinen Teilchens, d. h. der Parameter des Körpers auf dem das Feld wirkt. Für die Anziehung zweier Ladungen ist das Coulombsche Gesetz verantwortlich nämlich  $K = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$  hier ist  $E = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{e}{r^2}$ . Die Formel  $K = E \cdot p$  gibt uns unmittelbar eine Meßvorschrift, um die Feldstärke des Feldes zu messen.  $K$  können wir messen,  $p$  können wir bestimmen ( $p = m$ ,  $p = e$ ,  $p = m^{\text{M}}$  (magnetisches Moment)) usw. Durch die Messung der Kraftwirkung schließen wir auf

Richtung, Verteilung und Stärke des Feldes. Zu bemerken ist noch, daß sich verschiedene Felder zu einem resultierenden Feld überlagern, ohne sich gegenseitig zu stören, d. h. es gilt das Superpositionsprinzip. In dem Fall, der uns interessiert, können elektrische und magnetische Felder nebeneinander existieren; sie sind miteinander verknüpft. Nun müssen wir die Unterschiede zwischen beiden Arten von Feldern herausarbeiten.

Elektrische Felder werden durch Ladungen verursacht. Die Existenz von elektrischen Feldern ist unmittelbar an die Existenz von elektrischen Ladungen gebunden. Elektrische Punktladungen in einem Feld gebracht beeinflussen die Gestalt des ursprünglichen Feldes.



Magnetische Felder werden durch Naturmagnete, Elektromagnete, elektrische Ströme verursacht. Es gibt kein Analogon zu elektrischen Ladungen. Das erfordert die Notwendigkeit geschlossener Feldlinien. Sie gehen definitionsgemäß vom Nordpol zum Südpol.

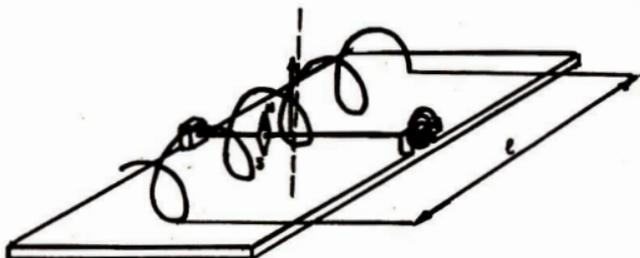


Die magnetische Feldstärke wird durch die Buchstaben  $H$ , die elektrische durch  $E$  bezeichnet. Man kann für die beiden Felder noch zwei andere Größen einführen nämlich  $D = \epsilon_0 E$  und  $B = \mu_0 H$ , wobei  $D$  die elektrische Verschiebung und  $B$  die magnetische Induktion bedeutet,  $\epsilon_0$  und  $\mu_0$  sind Naturkonstanten, Folgende Artikel werden ausführlich darüber berichten.

Eine sehr interessante Frage ist folgende:

Welcher Zusammenhang besteht zwischen einem statischen elektrischen und einem magnetischen Feld?

Man baut den folgenden Versuch auf:



Wir haben eine lange Spule, in welcher sich eine Magnetnadel auf einer Achse befindet. Die Achse ist durch eine Rückzugfeder gespannt. Wir schalten den Strom in der langen Spule ein. Die Magnetnadel dreht sich um einem bestimmten Winkel. Das Drehmoment, das die Nadel erfährt ist  $M_A \sim I^2 N l \sin \vartheta$ , wobei  $N$  die Windungszahl,  $l$  die Länge und  $I$  der Strom der Spule ist. Wir können  $M_A = m^* I^2 N l \sin \vartheta$  setzen, wobei  $m^*$  ein Proportionalitätsfaktor ist, der die magnetischen Eigenschaften der Magnetnadel charakterisiert. Wir nennen ihn magnetisches Moment. Jetzt ersetzen wir die Nadel durch eine Stromschleife in der der Strom  $I'$  fließt. Die Schleife legen wir senkrecht zur Spulenachse. Wir bekommen experimentell für das Drehmoment

$$M_A = \mu_0 F I' \frac{N}{l} I \sin \vartheta$$

$F$  ist die Fläche der Spule. Aus diesem Experiment finden wir, wenn man  $I'$  in der Schleife so einstellt, daß die gleiche Kraftwirkung wie auf die Magnetnadel erzielt wird, daß man

dann die magnetische Verhaltensweise einer Schleife durch ein elektrisches Analogon beschreiben können, nämlich  $m^* = \mu_0 I F$ . Vor hundert Jahren formulierte AMPERE seine Hypothese, daß ein makroskopischer Magnet sich aus elementaren Magneten aufbauen ließe. Wenn wir diesen Weg konsequent weitergehen, müßten wir diesen Elementarmagneten ein magnetisches Moment zurechnen können, das wiederum durch  $m^* = \mu_0 I F$ , d. h. durch einen Ringstrom beschrieben werden kann. Wir definieren einen Elementarmagneten mit minimalstem Volumen, das gerade noch die magnetischen Eigenschaften enthält. Diesen Elementarmagneten ordnen wir einen Ringstrom zu. Nun wissen wir, daß bewegte Ladungsmagneten letztlich die Ursache eines Stromes sind (die Elektronen bewegen sich infolge der von einer Spannung auf sie ausgeübte Kraft). Wir müßten nun konsequenter Weise schließen können, daß in solch einer Elementarzelle Ladungen vorhanden sein müssen, die sich um ein Zentrum bewegen und der dabei entstehende Ringstrom die Ursache für die Elementarmagnete ist. Solche Elementarmagnete besitzen natürlich auch ein magnetisches Moment  $m^*$ .

Auf diese Weise können wir, ausgehend von einem bestimmt nicht alzu verwunderlichen Zusammenhang zwischen  $m^*$  und  $I$ , im makroskopischen Bereich zu grundlegenden Aussagen auf dem Gebiet der Atomtheorie gelangen.

Die kleinsten Einheiten der Materie, die noch magnetische Eigenschaften besitzen sind die elektrisch geladenen Elementarteilchen selbst. Bei den elektrisch geladenen Elementarteilchen, zu denen die Elektronen gehören, entsteht das magnetische Moment durch einen Eigendrehimpuls den sogenannten Spin.

Aber auch die Atome besitzen ein magnetisches Moment. Anschaulich gesprochen kreisen die Elektronen um den Atomkern. Diese Bewegung entspricht makroskopisch einem Ringstrom und ist somit die Ursache des magnetischen Momentes des Atoms.

Es war nicht meine Absicht, in die Atomtheorie tiefer einzudringen, sondern nur die Bedeutung solcher Erscheinungen wie den Magnetismus in anschaulicher Weise zu demonstrieren. Ich wollte zeigen, daß die Anwendung des Magnetismus sich nicht nur auf die Konzipierung von Elektrokränen, Elektromotoren, Spulen und Generatoren beschränkt, sondern eine grundlegende Erscheinung in der Physik ist.

Jürgen Reiche, Reinhard Rost, Michael Fritsche  
Diplomanden an der Sektion Physik

## Aufbau und Entwicklung der Sterne (II)

### II. Die Energiefreisetzung der Sterne

Bei der Frage nach dem Ursprung der für irdische Maßstäbe unvorstellbar großen Energiemengen, die ein Stern abstrahlt, können wir leicht die von der Erde her bekannten chemischen exothermen Reaktionen - insbesondere Oxydationen - ausschließen. Eine Abschätzung für einen nur aus Benzin bestehenden "Stern" soll das bestätigen:

$$\text{Heizwert des Benzins } H_w = 10^4 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} = 4 \cdot 2 \cdot 10^{11} \text{ erg} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$\text{"Stern" - Masse (etwa Sonne) } m_s = 1,99 \cdot 10^{33} \text{ g}$$

$$E = m_s \cdot H_w = 8,4 \cdot 10^{44} \text{ erg.}$$

Bei einer konstanten Sonnenleuchtkraft von  $I_s = 4 \cdot 10^{33} \text{ erg} \cdot \text{s}^{-1}$  strahlt dieser Stern während  $T = 2,7 \cdot 10^{11} \text{ s} \approx 7000 \text{ Jahre!}$  Andererseits könnte man die durch fortwährende Kontraktion des Sternngases freigesetzte Gravitationsenergie, von der ein bestimmter Teil abgestrahlt wird, für die Energieabstrahlung verantwortlich machen. Es gilt nämlich heute als sicher, daß die Sterne während bestimmter Übergangsphasen in der Entwicklung ihren Energiebedarf auf diese Weise decken. Auch das ist jedoch insgesamt nur für einige Millionen Jahre möglich.

Wo aber liegt nun wirklich die Quelle der über weitaus größere Zeiträume freigesetzten Energien?

Die Antwort hierauf gibt die Atomphysik, genauer: die Physik der Atomkerne!

Betrachten wir einmal den Normalzustand eines Sternes.

Die Sternmaterie ist bei den im vorigen Abschnitt erwähnten hohen Temperaturen und Gasdichten weitgehend ionisiert. Es liegt also ein sehr heißes Gemisch von "nackten" Atomkernen und freien Elektronen vor - ein Plasma.

In diesem Sternplasma sind nun bei Temperaturen von einigen Millionen Grad an in mit steigender Temperatur wachsender Häufigkeit Kernumwandlungen möglich, die in einem Aufbau schwererer Atomkerne aus leichteren bestehen. Die wichtigste Voraussetzung für den Ablauf derartiger Kernverschmelzungen ist eine ausreichend hohe Geschwindigkeit der leichten Kerne. Diese müssen, um miteinander reagieren zu können, die infolge ihrer gleichartigen positiven Ladung zwischen ihnen wirkenden elektrostatischen Abstoßungskräfte überwinden. Die Geschwindigkeit der Kerne bestimmt sich jedoch nach der kinetischen Gastheorie aus  $\frac{m}{2} v^2 = \frac{3}{2} kT$ .

Das Auftreten einer bestimmten Kernverschmelzung hängt also in erster Linie von den herrschenden Temperaturen ab. Wesentlich für die Energiefreisetzung eines Kernes ist nun, daß Kernfusionsprozesse mit einem Masseverlust der Reaktionsprodukte gegenüber der Massensumme der miteinander reagierenden Kerne verlaufen - einem positiven Massendefekt  $\Delta m$ . Dieser bekannten atomphysikalischen Erscheinung entspricht nach der Energie - Masse - Äquivalenzformel Einsteins eine freigesetzte Energiemenge von  $E = \Delta m \cdot c^2$ . Derartige exotherme Fusionsprozesse sind natürlich auf eine mannigfaltige Art und Weise möglich. Davon sollen hier zwei relativ einfache Wasserstoff - Helium - Reaktionen etwas näher betrachtet werden, und das aus zwei Gründen:

1. Das "Wasserstoff-Brennen" ist die weitaus ergiebigste der möglichen exothermen Kernverschmelzung, da der Massendefekt hier am größten ist.
2. Die ausgewählten Reaktionsfolgen stellen für die Mehrzahl aller Sterne über den weitaus größten Teil ihres "aktiven" Lebens (in dem sie ihren Energiebedarf aus thermonuklearen Reaktionen decken) die Hauptquelle der Energiefreisetzung dar.

Das bei den relativ niedrigen Temperaturen von einigen  $10^6$  °K an unter merklicher Energieabstrahlung vor sich gehende Wasserstoffbrennen ist die:

### A. Proton-Proton-Kette

Die Reaktionsfolge verläuft in drei Schritten:



Die über den Massendefekt erzeugte Energie wird durch  $\gamma$ -Quanten (Photonen) abgestrahlt. Ebenfalls in  $\gamma$ -Quanten bestimmter Energie verwandelt sich das Positron  $\beta^+$  beim Zusammentreffen mit einem Elektron  $\beta^-$ . Das Neutrino  $\nu$  verläßt den Stern fast ohne Wechselwirkung mit der Materie.

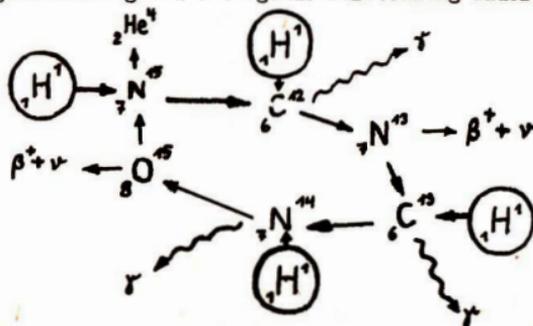
Die Reaktionshäufigkeit des Gesamtprozesses wächst bzw. fällt mit der 4. bis 6. Potenz der Temperatur und dem Quadrat der Dichte.

Ein Vergleich mit der Temperaturverteilung im Sterninneren (s. Ende dieses Teiles) zeigt unmittelbar, daß die Energieerzeugung sehr stark gegen das Zentrum des Sternes hin konzentriert sein muß. Die letztgenannte Erscheinung ist noch weit stärker ausgeprägt bei einer ebenfalls von Wasserstoff zu Helium führenden Reaktion, dem:

### B. CNO-Zyklus (entdeckt von Bethe und Weizsäcker)

Dieser Reaktionszyklus wird in seiner Gesamtheit erst bei Temperaturen von mehr als  $15 \cdot 10^6$  °K effektiv und zeigt eine Abhängigkeit der Reaktionshäufigkeit von der 16. bis 20. Potenz der Temperatur.

Den zyklischen Charakter dieses Verschmelzungsvorganges spiegelt recht gut die folgende Darstellung wider:



Effektiv entsteht also wieder aus vier Protonen ein Heliumkern. Positron und Neutrino verhalten sich wie in der Proton-Proton-Kette. Eine genauere Betrachtung des Zyklus läßt ohne weiteres erkennen, daß die an den einzelnen Reaktionsschritten beteiligten schweren Kerne als Katalysatoren wirken (die ursprünglich notwendigen N- und O-Kerne werden beim Ablauf der Reaktion lediglich modifiziert und zuletzt wieder reproduziert).

Außer dem soeben beschriebenen Wasserstoff - Brennen treten im Verlauf der Sternentwicklung bei wesentlich höheren Temperaturen (etwa  $10^8$  °K und mehr) auch Prozesse auf, in denen schwerere Atomkerne als "Brennstoffe" dienen; in erster Linie Helium-Reaktionen. In den Sternen entstehen so schrittweise die Kerne schwererer Elemente.

All diesen Folgereaktionen ist jedoch gemeinsam, daß der Massendefekt mit steigender Ordnungszahl rasch abnimmt und die Energiefreisetzung damit immer uneffektiver wird.

Jetzt noch ein Wort speziell zur Sonne.

Die für das Sonneninnere recht gut festlegbaren Zustandsgrößen ermöglichen es, die ablaufenden Fusionsprozesse sicher anzugeben. Bei Temperaturen von  $15 - 20 \cdot 10^6$  °K stellt der CNO-Zyklus im Zentrum die Hauptquelle der Energiefreisetzung dar, während schon in relativ geringer Entfernung die Proton-Proton-Kette überwiegt. Sie liefert damit insgesamt den Hauptbeitrag zur Energiefreisetzung der Sonne.

Eine Abschätzung der insgesamt freisetzbaren Energie und der damit verbundenen Lebensdauer eines Sternes soll am Ende dieser Betrachtungen stehen.

Theoretisch würde eine sukzessiv aufbauende Fusion bis zum (häufigsten) Eisenisotop  ${}_{26}^{56}\text{Fe}$  unter Energiefreisetzung verlaufen. Unter Vereinfachung der tatsächlich ablaufenden Reaktionen erhalten wir für den Aufbau eines  ${}_{26}^{56}\text{Fe}$  - Kernes aus 56 Protonen einen Massendefekt von

$$\Delta m = 56,438 - 55,953 = 0,485 \text{ (Masseneinheiten)}$$

$$\frac{\Delta m}{m_{\text{Fe}}^{56}} \approx 0,009$$

Bei einer vollständigen Umwandlung etwa unserer Sonne, würde damit eine Energie von

$$E = \Delta m_{\odot} c^2 = 0,009 m_{\odot} \cdot c^2 = 2 \cdot 10^{52} \text{ erg}$$

freigesetzt. Daraus folgt bei einer idealisiert als unveränderlich angenommenen Leuchtkraft der Sonne von  $L_{\odot} = 4 \cdot 10^{33} \text{ erg s}^{-1}$  eine ungefähre Lebensdauer  $T = \frac{\Delta E}{L_{\odot}} \approx 5,6 \cdot 10^{18} \text{ s} \hat{=} 2 \cdot 10^{11} \text{ Jahre}$ .

Diese Abschätzung gibt natürlich nur ungefähr die Größe der durch thermonukleare Reaktionen freisetzbaren Energiemengen einerseits und der Zeiträume andererseits wieder, über die sie einem Stern zur Verfügung stehen.

**B. Roeder**

*Studentin im 4. Studienjahr, Sektion Chemie*

## Periodensystem der Elemente (PSE)

In der Geschichte der Chemie wurden viele Versuche unternommen, eine gewisse Ähnlichkeit bestimmter chemischer Elemente zur Systematisierung auszunutzen. Die Entwicklung verlief von den Triaden Doebereiners über die räumliche Schraubenkurve Chaucourtois' und das Oktavengesetz Newlands bis zum PSE Mendelejaws bzw. L. Mayers.

Im PSE sind heute die chemischen Elemente nach 2 Prinzipien geordnet:

- a) nach der Kernladungszahl
- b) nach dem Pauli-Prinzip.

Die Kernladungszahl ist gleich der Ordnungszahl und der Anzahl der Elektronen in der Hülle des neutralen Atoms und ist bis auf einige Ausnahmen der relativen Masse proportional. Diese Ausnahmen, Inversionen genannt, sind K-Ar, Te-J, Co-Ni, Th-Pa, U-Np.

Das Pauli-Prinzip bezieht sich auf die Einordnung der Elektronen in die Energieniveaus der Elektronenhülle und besagt: Der Zustand eines Elektrons wird durch 4 Quantenzahlen eindeutig festgelegt. Die Zustände verschiedener Elektronen eines Atoms müssen sich in mindestens einer Quantenzahl unterscheiden.

Die Quantenzahlen sind:

### 1. Hauptquantenzahl $n = 1, 2, \dots$

Sie ist ein Maß für die Energie eines Elektrons.

Außer den 3d, 4d, 4f-Elementen entspricht sie bei allen anderen Elementen der Periodennummer. Bei den genannten Elementen weicht sie um 1 ab.

### 2. Nebenquantenzahl $l$

Sie nimmt Werte von  $l = 0, \dots, (n-1)$  an und gibt an, daß jedes Energieniveau einer bestimmten Hauptquantenzahl noch weiter untergliedert ist in Energieniveaus, die mit s, p, d, f, g usw. bezeichnet werden. Dabei gilt:  $l = 0 \curvearrowright$  s,  $l = 1 \curvearrowright$  p usw.

### 3. Magnetquantenzahl $m_l$

mit  $m_l = -1, \dots, 0, \dots, +1$ . Sie sagt aus, daß jedes Energieniveau von bestimmten  $n$  und  $l$  wieder in entsprechend viele Niveaus gegliedert ist. Veranschaulichen wir uns das an folgendem Beispiel:

Ist  $n = 3$ , so kann  $l$  die Werte 0, 1, 2 annehmen. Es existieren also s, p und d-Niveaus. Für das s-Niveau mit  $l = 0$  kann  $m_l$  nur 0 sein, für p-Niveaus mit  $l = 1$  kann  $m_l$  sein -1, 0, +1, für d-Niveaus nimmt  $m_l$  die Werte -2, -1, 0, +1, +2 an. Unter Berücksichtigung von

### 4. Spinquantenzahl $m_s = \pm \frac{1}{2}$

kann man, ohne das Pauli-Prinzip zu verletzen, in jedes Energieniveau mit bestimmten  $n, l, m$  höchstens 2 Elektronen einbauen. Die bei der Addition aller möglichen Zustände erhaltenen Werte sind an wenigen Beispielen in Tabelle 1 zusammengefaßt.

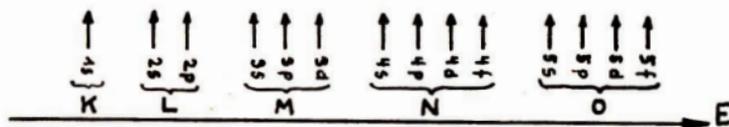
Tabelle 1

$n=1, 2, 3, \dots$	$l=0, \dots, (n-1)$	$m=-1, \dots, +1$	$s=\pm 1/2$	Summe
1	0	0	$+1/2; -1/2$	2
2	0	0	$+1/2; -1/2$	8
	1	-1, 0, +1	$3(+1/2; -1/2)$	
3	0	0	$+1/2; -1/2$	18
	1	-1, 0, +1	$3(+1/2; -1/2)$	
	2	-2, -1, 0, +1, +2	$5(+1/2; -1/2)$	

Wenn wir nun die erhaltenen Größen mit dem PSE vergleichen, lassen sich folgende Schlußfolgerungen ziehen:

1. Die Hauptquantenzahl  $n$  entspricht der Periodennummer.
2. Die Summen für die verschiedenen  $n$  (s. Tab. 1) entsprechen der jeweiligen Anzahl von Elementen in der betreffenden Periode und der jeweiligen Edelgaskonfiguration.
3. Elemente mit gleicher Elektronenkonfiguration im äußersten Energieniveau aber verschiedenen  $n$  gehören zu einer Gruppe, alle Elemente, die Elektronen in Zuständen mit  $l = 2$  ( $d$ ) besitzen, sind Übergangselemente, mit  $n = 6$ ,  $l = 2$  Lanthaniden, mit  $n = 7$ ,  $l = 2$  Actiniden.

Um das Aufbauprinzip des Periodensystems vollkommen zu verstehen, muß noch die relative Lage der Energieniveaus in Betracht gezogen werden.



In die Energieniveaus werden die Elektronen so eingebaut, daß zuerst alle Zustände gleicher Quantenzahl  $l$  durch Elektronen mit parallelem Spin besetzt werden und erst anschließend voll aufgefüllt werden (1. Hund'sche Regel). Daraus folgt die relative Stabilität der halbgefüllten Energieniveaus gleicher Nebenquantenzahlen, die sich, wie später gezeigt werden wird, in einigen Eigenschaften widerspiegelt.

Soweit zum Aufbauprinzip.

Dr. Joachim Ude

## Die Morphologie der tierischen Zelle (III)

Ein Beitrag zu unserer heutigen Kenntnis vom submikroskopischen

### Bau der Zellstrukturen

Im letzten Teil unserer Betrachtungen sollen uns Zellstrukturen beschäftigen, die wie viele der bereits beschriebenen Organellen schon im vorigen Jahrhundert mit dem Lichtmikroskop entdeckt werden konnten, deren Bedeutung für die Zelle jedoch erst mit der Entwicklung einer modernen Biochemie überschaubar wurde:

**Die Mitochondrien** Diese lichtmikroskopisch als kleine unscheinbare Fädchen oder Granula sichtbaren Elemente stellten sich durch umfangreiche biochemische Untersuchungen in den letzten Jahrzehnten als die "Kraftwerke" der Zelle heraus. Durch sie wird mit Hilfe der Zellatmung aus den Nährstoffen die in diesen enthaltene Energie in eine für die Zelle verwertbare Form (meistens Adenosintriphosphat - ATP) umgewandelt. Damit wird der Energiebedarf des größten Teils der Stoffwechsellleistungen der Zelle gedeckt. Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass diese faszinierenden Organellen die heute auch elektronenmikroskopisch am besten untersuchten Zellstrukturen sind.

Ihre Zahl in den einzelnen Zelltypen ist sehr unterschiedlich und steht in Zusammenhang mit deren Stoffwechselintensität. Während in manchen Pflanzenzellen (Hefe) nur wenige Mitochondrien zu finden sind, liegt ihre Zahl in den meisten tierischen Zellen um  $10^3$  bis  $10^5$ . Sie ist jedoch im Verlauf des Bestehens der Zelle starken Schwankungen unterworfen. So enthält beispielsweise die Flugmuskulatur der Insekten beim flugfähigen Tier die etwa 50-fache Menge wie die der (flugunfähigen) Larve.

Schon aus diesem Beispiel ist ersichtlich, wie eng die Mitochondrien mit dem Energiebedarf einer Zelle korreliert sind. Augenfälliger wird das noch, wenn wir uns ihren submikroskopischen Bau betrachten:

Trotz ihrer äußerlich recht variablen Gestalt, (sie können langgestreckt, kugelförmig oder oval sein und reagieren sehr empfindlich auf Konzentrationsänderungen durch An- oder Abschwollen), zeigen sie eine recht konstante und einfache Ultrastruktur. Jedes Mitochondrium besitzt eine äußere und eine innere Membran von je ca. 80 Å Dicke, die von einer helleren Schicht unterschiedlicher Stärke, der äußeren Matrix, getrennt werden. Während die äußere

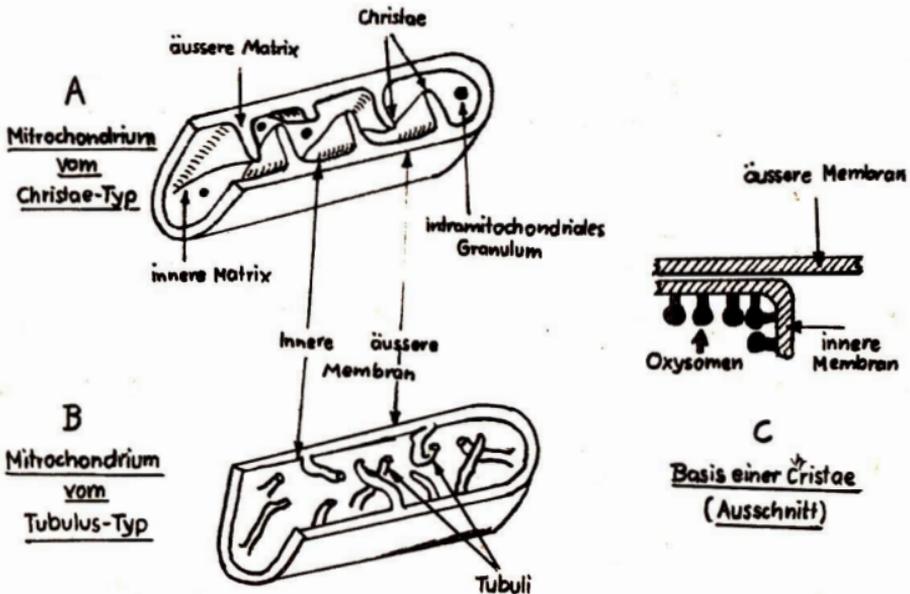
Membran mehr oder weniger regelmäßig das ganze Mitochondrium umschließt, zeigt die innere charakteristische Oberflächenvergrößerungen in Form von sogenannten "Christae" oder "Tubuli", die in die innere Matrix eindringen (Abb.). Diese enthält in fast allen Fällen elektronendichte Komplexe die als intramitochondriale Granula bezeichnet werden, und deren Funktion noch weitgehend unbekannt ist. Sicher ist nur, dass sie die für manche biochemische Prozesse außerordentlich wichtigen zweiwertigen Kationen  $Ca^{++}$  und  $Mg^{++}$  speichern können (Abb.).

Für die Mehrzahl der Tierischen und pflanzlichen Mitochondrien sind die Christae charakteristisch. Es sind, wie an Hand von Serienschritten festgestellt werden konnte, scheibenartige Vorsprünge der inneren Membran, während die Tubuli, die in den Mitochondrien von Einzellern sowie in den Steroidhormon-produzierenden Zellen höherer Tiere vorkommen, schlauchförmige Einstülpungen darstellen (Abb.). Die Anzahl der Innenstrukturen ist nun in sehr starkem Maße von der Funktion der entsprechenden Zellen abhängig. In sehr stoffwechselaktiven, wie denen der Flugmuskulatur der Insekten, den Herzmuskelzellen, den Epithelzellen der Nierentubuli u.a. sind die Christae lang und außerordentlich dicht gepackt. In Zellen mit geringerem Energiebedarf dagegen, wie beispielsweise den Leberzellen, sind nur wenige und kurze Christae zu finden. Wir haben also in den Mitochondrien geradezu ein Paradebeispiel für den engen Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion auf der Ebene der Zellorganelle.

Da also offenbar die innere Membran die tragende Rolle bei der Zellatmung und Energiegewinnung spielt, versuchte man mit speziellen Methoden die für diese Prozesse notwendigen Enzymkomplexe elektronenmikroskopisch zu lokalisieren, deren lineare Anordnung auf Grund des Ablaufs der biochemischen Reaktionen zu fordern war. Ob dabei die Elementarpartikel oder Oxysomen, die sich hauptsächlich an der Innenmembran finden (Abb.) mit diesen Komplexen identisch sind, ist heute noch nicht mit Sicherheit zu beweisen. Auch die Entstehung der Mitochondrien bei der Zellteilung und während des Lebens der Zelle (Mitochondrien existieren nur wenige Tage bis Wochen) ist noch nicht völlig geklärt. Wahrscheinlich entstehen sie durch Teilung oder Sprossung "aus sich selbst", obwohl es auch Hinweise für eine Neuentstehung aus anderen Organellen der Zelle gibt (Kernmembran, endoplasmatisches Retikulum, Plasmamembran).

Mit diesen außerordentlichen Organellen, neben dem Kern wohnt die

interessantesten Zellstrukturen überhaupt, schließen wir unsere Betrachtungen über den Feinbau der tierischen Zelle ab. Sie konnte in diesem engen Rahmen nur die wichtigsten Strukturen berücksichtigen. Wir konnten jedoch sehen, welch großen Beitrag die biologische Elektronenmikroskopie auf diesem Gebiet geleistet hat. Neben der weiteren Auflösung manchmal schon seit hundert Jahren bekannter Strukturen, wurden mit ihrer Hilfe vollkommen neue Details entdeckt, die in vielen Fällen wichtige Voraussetzung für das Verständnis bestimmter biochemischer und physiologischer Funktionen sind. Obwohl die Elektronenmikroskopie keine eigene Wissenschaftsdisziplin, sondern nur eine moderne morphologische Methode ist, spielt sie als Bindeglied zwischen Struktur und Funktion eine wichtige Rolle bei der allseitigen Erforschung der Lebensprozesse auf molekularer Ebene. Wir können dabei sicher sein, dass durch die Verbesserung des Auflösungsvermögens und durch die Entwicklung neuer spezifischer Präparationsmethoden, zwei Probleme an denen gegenwärtig in der ganzen Welt intensiv gearbeitet wird, ein noch tieferes Eindringen in die molekulare Struktur der Organismen möglich wird.



H. Pöbel

Diplomand an der Sektion Physik

## Differentialrechnung (II)

Bisher haben wir uns mit Funktionen beschäftigt, die nur von einer Variablen abhängen. Viel häufiger begegnen uns aber in der Physik Funktionen, die von mehreren Variablen abhängig sind. In der Thermodynamik ist der Druck eines idealen Gases beispielsweise eine Funktion der Temperatur und des Volumens. Einen derartigen Sachverhalt wollen wir allgemein in folgender Weise ausdrücken:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) . \quad (1)$$

Haben wir es mit einer Funktion der Gestalt (1) zu tun, dann führen wir die partiellen Ableitungen dieser Relation ein, die folgendermaßen definiert sind:

$$\frac{\partial y}{\partial x_i} = \lim_{\Delta x_i \rightarrow 0} \frac{f(x_1, x_2, \dots, x_i + \Delta x_i, \dots, x_n) - f(x_1, \dots, x_n)}{\Delta x_i} \quad (2)$$

(i = 1, 2, \dots, n)

Um die partielle Differentiation von der Differentiation einer Funktion mit einer Veränderlichen zu unterscheiden, schreibt man

man  $\frac{\partial y}{\partial x_i}$ . Aus der Definition (2) der partiellen Differentiation folgt, daß ihre Ausführung nach den üblichen Differentiationsregeln geschieht, wobei die übrigen Variablen wie Konstanten behandelt werden. Dies kann man relativ leicht überprüfen, in dem man sich einige dieser Regeln zur Übung und zum besseren Verständnis selbst herleitet. Wir wollen uns ein Beispiel ansehen:

Bei der Elektrolyse ist die Masse des abgeschiedenen Stoffes der durch den Elektrolyten fließenden Stromstärke und der Zeitdauer des Stromflusses proportional (1. FARADAY'Sches Gesetz)

$m = A \cdot I \cdot t = f(I, t)$ .

$$m = A \cdot I \cdot t = f(I, t). \quad (3)$$

A nennt man das elektrochemische Äquivalent. Diese Masse ist, wie Gleichung (3) zeigt, eine Funktion der Stromstärke und der Zeit. Wir wollen diese Beziehung nach den beiden Variablen partiell differenzieren. Dabei erhalten wir:

$$\frac{\partial m}{\partial J} = A \cdot t, \quad \frac{\partial m}{\partial t} = A \cdot J \quad (4), (5)$$

Die partielle Differentiation spielt innerhalb der gesamten Physik eine wichtige Rolle. Zum Beispiel ist sie bei verschiedenen Differentialoperationen der Vektoranalysis wiederzufinden. Eine dieser Operationen soll näher untersucht werden:

Betrachten wir ein skalares Feld, d.h. ein Raumgebiet, in dem eine skalare Größe (z.B. die Temperatur, das Gravitationspotential oder das elektrische Potential) in jedem Punkt durch ihren Betrag eindeutig charakterisiert ist.

In den weiteren Betrachtungen ist das elektrische Potential von Interesse. Wir bezeichnen es mit  $U$ ; es stellt im statischen, d.h. zeitunabhängigen, Fall eine reine Ortsfunktion dar. Es gilt:

$$U = f(x, y, z). \quad (6)$$

Der Einfachheit halber wollen wir kartesische Koordinaten benutzen. In jedem Punkt des Skalarfeldes kann man die Richtung des stärksten Wachstums der Ortsfunktion  $U(x, y, z)$  angeben, d.h. die Richtung des größten Anstieges von  $U$ . Hierzu vergleiche man Abb. 1.

Für die Richtung des stärksten Anstieges wird eine neue Größe, der sogenannte Gradient der skalaren Funktion  $U$ , eingeführt. Die Flächen des Raumes, die ein konstantes Potential besitzen, nennt man Äquipotentialflächen. Aus den vorherigen Ausführungen folgt, daß der Gradient einen



Abb. 1

Betrag und eine Richtung besitzt. Er ist daher ein Vektor.

Die Äquipotentialflächen werden von dem Vektorfeld der elektrischen Feldstärke senkrecht durchdrungen. Die Elektrodynamik liefert folgenden Zusammenhang:

$$\vec{E} = - \text{grad } U \quad (7)$$

Eine nähere Erläuterung dieser Beziehung wird in einem der nachfolgenden Artikel vorgenommen werden. Wir wollen uns an dieser Stelle nur mit der mathematischen Seite befassen. Dazu ist es notwendig zu wissen, wie der Ausdruck "grad" eigentlich aussieht. Er stellt einen linearen Differentialoperator mit folgender Struktur dar:

$$\text{grad} = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k} \quad (8)$$

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$  sind die Einheitsvektoren in x-, y- und z-Richtung.

Die Anwendung dieses Operators auf die Skalarfunktion U bedeutet dann:

$$\text{grad } U = \frac{\partial U}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial U}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial U}{\partial z} \vec{k} \quad (9)$$

Um mit den angegebenen Formeln eine praktische Rechnung durchzuführen, wenden wir uns einem einfachen Beispiel, dem Plattenkondensator, zu. Die Äquipotentialflächen sind hier Ebenen, die parallel zu den Kondensatorplatten liegen. Sie werden senkrecht vom elektrischen Feld durchsetzt, das innerhalb des Kondensatorraumes konstant ist. Die Problematik ist hier sehr einfach:

Man sieht, daß das Potential U nur von der x-Koordinate abhängt, d.h. wir haben ein eindimensionales Problem vor uns. Deshalb können wir auch von der partiellen Ableitung zu der normalen Ableitung (vgl. Heft 3 "Differentialrechnung I") übergehen. Damit ergibt sich aus den Gleichungen (7) und (9) folgender Zusammenhang:

$$\vec{E} = - \frac{dU}{dx} \vec{i} \quad , \quad E = - \frac{dU}{dx} \quad (10), (11)$$

Gleichung (11) ist eine gewöhnliche lineare Differentialgleichung. "Gewöhnlich" wird sie genannt, weil in ihr keine partiellen Ableitungen auftreten und "linear", weil sie in ihrer Ableitung linear ist. Uns interessiert jetzt die Lösung dieser Differentialgleichung. Man erhält sie durch Integration der Relation (11):

$$\int_{U_1}^{U_2} dU = - \int_{x_1}^{x_2} E dx \quad (12)$$

Dabei bedeuten 1 und 2 irgendwelche Punkte innerhalb des Kondensators. Man kann leicht zu jedem Punktepaar (1,2) die Gleichung lösen. Nehmen wir z.B. den Grenzfall, daß Punkt 1 auf der einen Platte und Punkt 2 auf der anderen Platte des Kondensators liegt. Der Punkt 1 wird dann durch  $U_1$  und  $x_1 = 0$ , der Punkt 2 durch  $U_2$  und  $x_2 = d$  charakterisiert. Damit erhalten wir:

$$U_1 - U_2 = \int_0^d E dx$$

Da hier  $E$  eine konstante Größe ist, können wir sie vor das Integrationszeichen schreiben:

$$\bar{U} \equiv U_1 - U_2 = E \int_0^d dx = E d$$

$$\bar{U} = E d \quad (13)$$

Die Potentialdifferenz  $U_1 - U_2$  ist mit der Spannung zwischen den Kondensatorplatten identisch.

Die Beziehung (13) gibt uns die bekannte Formel für die Feldstärke, die innerhalb eines Plattenkondensators vorzufinden ist.

F. Gellerich

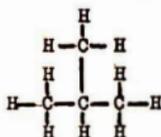
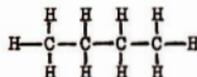
## 5. Studienjahr Chemie

**Stereochemie der organischen Polymere**

Die Stereochemie von Makromolekülen ist von großer theoretischer und praktischer Bedeutung. Stereospezifische Makromoleküle ergeben durch ihre regelmäßige Verzahnungsmöglichkeit Polymere mit hohen Festigkeiten. Der Chemiker erhält so die Möglichkeit, Eigenschaften von synthetischen Werkstoffen gezielt zu verändern. Wir wollen in diesem Artikel die verschiedenen Isomeriemöglichkeiten an Makromolekülen diskutieren.

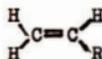
**1. Strukturisomerie**

Beruhet eine Isomerie auf einer unterschiedlichen Atomanordnung, so spricht man allgemein von einer Strukturisomerie. Ein einfaches Beispiel für eine Strukturisomerie ist das Butan mit der Summenformel  $C_4H_{10}$ .

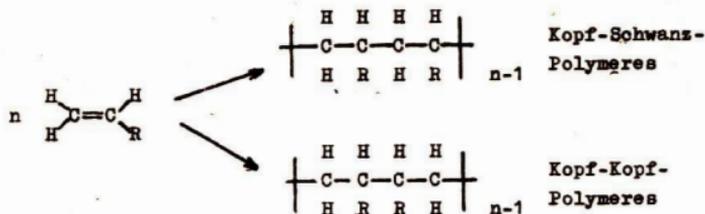
Isobutan  $K_p -11,7^\circ\text{C}$ n-Butan  $K_p -0,5^\circ\text{C}$ 

Aus der unterschiedlichen Atomanordnung resultieren die unterschiedlichen Eigenschaften, die sich z. B. in den verschiedenen Siedepunkten zeigen.

Bei der Polymerisation von Vinylverbindungen können Kopf-Kopf- und Kopf-Schwanz-Polymere als Folge der Strukturisomerie auftreten. Vinylverbindungen sind substituierte Äthene der allgemeinen Formel

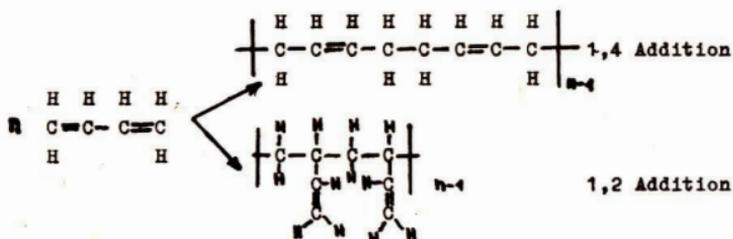


$\text{R} = \text{H}, \text{CH}_3, \text{Cl}, \text{C}_6\text{H}_5$ .



Wie man sieht, entstehen die beiden Isomeren durch verschiedene Orientierung der Monomeren. Bei Kopf-Schwanz-Polymeren verbinden sich die C-Atome 1 und 2, bei Kopf-Kopf-Polymeren verbinden sich die C-Atome 2 und 2.

Im Falle des Styrols sind die Reste R Phenylgruppen ( $\text{C}_6\text{H}_5$ ). Man kann sich vorstellen, daß diese Reste eine relativ hohe Raumerfüllung haben. Darum wird das Isomere mit dem größten Abstand dieser großen Gruppen voneinander energetisch begünstigt sein. Auch andere Gründe sprechen für die Bevorzugung des Kopf-Schwanz-Polymeren. Dieses ist also bei Vinylpolymeren vorherrschend. Beim Polybutadien finden wir ebenfalls zwei Strukturisomere.

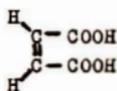


Bei der 1,4 Addition reagieren die C-Atome 1 und 4 der Monomeren und es bildet sich ein Makromolekül mit einer durchgehenden C-Kette, in der auch die Doppelbindungen liegen.

Bei der 1,2 Addition reagieren aber die C-Atome 1 und 2 der Monomeren. Die C-Atome 3 und 4 der Monomeren ragen jeweils aus der Kette heraus und zwischen ihnen befindet sich auch die Doppelbindung.

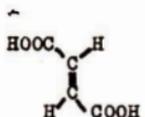
## 2. Trans-cis Isomerie

An 1,2-disubstituierten Äthylenen kann die trans-cis Isomerie auftreten. Betrachten wir z. B. die Fumarsäure und die Maleinsäure.



cis

Maleinsäure Fp 130°C

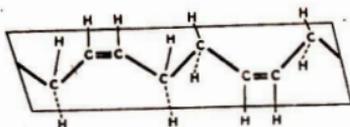


trans

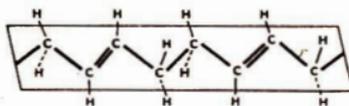
Fumarsäure Fp 268°C

Diese Isomerie finden wir natürlich auch bei Makromolekülen, die Doppelbindungen enthalten. Also z. B. beim 1,4 Polybutadien.

In dieser vereinfachten Darstellung wurden die C-Atome in die Papierebene gelegt. Die Wasserstoffatome mit den ausgezogenen Valenzstrich liegen oberhalb der Ebene und die Wasserstoffatome mit den gestrichelten Valenzstrichen liegen unterhalb.



1,4-cis-Polybutadien



1,4-trans-Polybutadien

Mit Ziegler-Natta-Katalysatoren kann man sterisch einheitliches Polybutadien herstellen. Diese Katalysatoren bestehen meist aus Gemischen von Aluminiumtrialkylen und Halogeniden der IV. und V. Nebengruppe. Mit  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$  und  $\text{TiCl}_4$  erhält man z. B. cis 1,4 Polybutadien und mit  $\text{Al}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$  und  $\text{VCl}_3$  trans 1,4 Polybutadien in jeweils 95%-iger Ausbeute.

Die Katalysatoren wurden nach den Professoren Dr. Karl Ziegler und Dr. Giulio Natta benannt. Beide erhielten im Jahre 1963 den Nobelpreis für Chemie für ihre Arbeiten auf dem Gebiet der Makromolekularen Chemie.

Im nächsten Heft folgt der 2. Teil dieses Artikels mit einer Betrachtung der Diastereometrie und der optischen Aktivität an Polymeren.

## ... impuls 68 - Lexikon - impuls 68 - Lexikon ...

**Elektrodynamik** ist die Lehre von bewegten Ladungen und der dabei entstehenden "Felder" (siehe hierzu nächstes impuls-Heft). Den Gegensatz dazu bildet die Elektrostatik, die sich mit ruhenden Ladungen und den dazugehörigen Feldern beschäftigt. Beide Gebiete werden zusammenfassend durch die sogenannten Maxwellgleichungen beschrieben, die die Elektrostatik als ein Spezialfall enthalten.

Man kann die Elektrodynamik in 3 Teilgebiete untergliedern.

1. Die Lehre von den stationären Strömen und ihrer Felder, deren zeitliche Änderung im Mittel vernachlässigbar ist.
2. Die Lehre von den quasistationären Strömen und ihrer Felder, die sich aber zeitlich so langsam verändern, so daß von einer endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit abgesehen werden kann. (Die "Wirkung" breitet sich quasi unendlich schnell aus).
3. Die Lehre von den schnell veränderlichen elektrischen und magnetischen Feldern, wobei die Ausbreitungsgeschwindigkeit nicht mehr vernachlässigt werden kann. Es wird durch die Maxwellgleichungen die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen in Medien (z.B. Leiter, Nichtleiter) beschrieben. Im Prinzip können damit auch grundlegende Erscheinungen der Optik beschrieben werden.

Wolfgang Dürselen

Lehrer im Hochschuldienst, Sektion Chemie

## Größen zur Beschreibung der Zusammensetzung von Lösungen

Üblicherweise spricht man in diesem Zusammenhang von "Konzentrationsmaßen". Wir vermeiden diesen Ausdruck aber, da er nicht erkennen läßt, ob unter ihm Größen, Einheiten oder Begriffe noch anderer Art verstanden werden sollen. Auch der Begriff "Konzentration" selbst wird häufig nicht in einem eindeutigen Sinne verwendet, da gewöhnlich keinerlei Definition für ihn angegeben ist. Im Interesse einer sauberen Begriffsbildung sollen im folgenden einige Größen definiert und kurz diskutiert werden. Dabei soll der Index  $i$  immer diejenige Komponente der Lösung bezeichnen, über die gerade eine Aussage gemacht werden soll, während  $j$  für sämtliche Komponenten derselben Lösung steht.

Die wichtigste der hierher gehörenden Größen ist der Molenbruch  $x$ , der allerdings in der Schule noch nicht benötigt wird. Seine Definition ist

$$x_i = \frac{n_i}{\sum n_j} = \frac{S_i}{\sum S_j} ;$$

man kann ihn in derselben Weise mit  $n$  (Zahl der Mole) oder  $S$  (Stoffmenge) bilden. Da im Zähler und im Nenner gleichartige Größen stehen, ist der Molenbruch eine reine Zahl, und da der Zähler stets kleiner als (höchstens in reinen Stoffen ebenso groß wie) die Summe im Nenner ist, kann er nur Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Mitunter werden Angaben in Prozent gemacht; dabei ist die Identität  $\% = \frac{1}{100}$  zu beachten, z. B.

$$x = 0,2 = 20 \%$$

In ähnlicher Weise wird auch der Massenbruch  $y$  definiert und verwendet:

$$y_i = \frac{m_i}{\sum m_j} .$$

Häufig werden nun die eben definierten Größen  $x$  und  $y$  umgangen, indem man statt ihrer beliebige undefinierte Ausdrücke zusammen mit den Hilfsbegriffen "Mol-%" bzw. "Masse-%" benutzt. So sind z. B. die Aussagen

Die "Konzentration"	}	des Stoffes $i$ beträgt 20 Mol-% bzw. 30 Masse-%
Der "Anteil"		
Der "Gehalt"		
Der "Prozentgehalt"		

gleichbedeutend mit den Gleichungen

$$x_1 = 0,2 = 20 \% \quad \text{bzw.} \quad y_1 = 0,3 = 30 \%$$

Es liegt nun der Gedanke nahe, in entsprechender Weise auch einen "Volumenbruch" zu definieren, da gelegentlich "Vol.-%" verwendet werden. Das stößt aber auf die Schwierigkeit, daß sich Volumina im allgemeinen nicht additiv verhalten. Während die Summen  $\sum S_j$  und  $\sum n_j$ , über die reinen Komponenten gebildet, immer gleich dem Gesamtwert der betreffenden Größe für die Lösung sind, trifft das für  $\sum v_j$  nicht zu. Mischt man z. B. (bei 20 °C) 35 g Äthanol ( $v_1 = 44,35 \text{ cm}^3$ ) mit 65 g  $\text{H}_2\text{O}$  ( $v_2 = 65,12 \text{ cm}^3$ ), so ist  $v_1 + v_2$  gleich  $109,47 \text{ cm}^3$ , das Volumen der Lösung ( $v_L$ ) beträgt aber nur  $105,82 \text{ cm}^3$ , da eine Volumenkontraktion erfolgt. In dieser Lösung ist  $y_1 = 35 \%$ ; für den Volumenbruch erhält man 40,51 bzw. 41,91 %, je nachdem man  $v_1$  durch  $(v_1 + v_2)$  oder durch  $v_L$  dividiert. Es liegt auf der Hand, daß der Volumenbruch - und zwar in der zweiten Version - nur aus psychologischen Gründen überhaupt verwendet wird (größere Zahlenwerte); für die Chemie ist er bedeutungslos. (Für das Wasser ergibt sich gleichzeitig 61,54 %, so daß die Summe größer als 100 % ist!). Man kann den Volumenbruch allenfalls auf Mischungen idealer Gase anwenden; dann wird er aber - wie hier allerdings nicht nachgewiesen werden kann - gleich dem Molenbruch, ist also ebenfalls entbehrlich.

Eine weitere häufig verwendete Größe ist die Massenkonzentration  $\gamma$ ; ihre Definition ist

$$\gamma_1 = \frac{m_1}{v_L} .$$

Die Masse kann in Gramm (oder kg oder mg), sofern man das Mol als Masseneinheit betrachtet aber auch in Mol oder Val eingesetzt werden (hier gilt Val = Mol/z, wenn z die Wertigkeit ist); für das Volumen kann eine beliebige Einheit verwendet werden. Enthält eine Lösung beispielsweise 98 g  $H_2SO_4$  in 1 l, so ist

$$\rho = 98 \frac{g}{l} = 1 \frac{\text{Mol}}{l} = 2 \frac{\text{Val}}{l} .$$

Wird das Mol dagegen als Stoffmengeneinheit betrachtet, so kann man  $\rho$  nicht in Mol/l oder Val/l angeben. Da Angaben dieser Art aber häufig gebraucht werden, definiert man dann eine neue Größe, die wir einfach Konzentration c nennen wollen:

$$c_i = \frac{S_i}{V_L} .$$

Leider bringt das Stoffmengenmol nun eine zusätzliche Komplikation bezüglich des Vals mit sich, da sich seine Verfechter nicht über dessen Definition einig sind. Ein Teil von ihnen definiert nämlich genau wie beim Massenmol

$$1 \text{ Val} = \frac{1}{z} \text{ Mol} ,$$

ein anderer Teil aber

$$1 \text{ Val} = 1 \text{ Mol} .$$

Da eine konsequente Durchführung der ersten Auffassung auf eine Reihe von Schwierigkeiten stößt, soll hier nur die zweite diskutiert werden, die der Verfasser empfehlen möchte. In ihr wird der Unterschied, den die erste Auffassung zwischen den Einheiten macht, in die Objekte (d.h. "Teilchen") verlagert, auf die eine und dieselbe Einheit - das Mol - angewendet wird: Man kann nämlich nicht nur ganze Moleküle, Formeleinheiten, Atome usw. zählen, sondern ebensogut auch halbe (allgemein z-ten). Diese fiktiven Bruchteile von wirklichen Teilchen wollen wir Äquivalente nennen. (Der Begriff "Äquivalent" in diesem Sinne darf nicht mit dem Äquivalentgewicht - auch relative Äquivalentmasse genannt - oder dem Grammäquivalent verwechselt werden. Leider wird in

der Literatur häufig "Äquivalent" synonym mit-"Grammäquivalent" benutzt). Da man nun zum Zählen von Äquivalenten keine andere Einheit benötigt als zum Zählen irgendwelcher anderer Objekte, ist das Val neben dem Mol überflüssig; wenn es doch benutzt wird, kann man es nur mit dem Mol identisch betrachten (die Bezeichnung Val ist dann ein Hinweis, daß das Mol auf Äquivalente angewendet wurde). In unserer  $H_2SO_4$ -Lösung gibt es also nicht eine Konzentration schlechthin, sondern zwei verschiedene nebeneinander, eine Konzentration der Formeleinheiten ( $c_{FE}$ ) und eine der Äquivalente ( $c_A$ ):

$$c_{FE} = 1 \frac{\text{Mol}}{l}, \quad c_A = 2 \frac{\text{Mol}}{l} (= 2 \frac{\text{Val}}{l}).$$

Auch hier werden häufig noch Begriffe verwendet, mittels derer die Angabe von Größen und Einheiten umgangen werden soll, nämlich die Molarität und die Normalität (sowie davon abgeleitete Ausdrucksweisen). Man kann sie definieren als Zahlenwerte der in Mol/l angegebenen Konzentration der Formeleinheiten bzw. Äquivalente, in Gleichungsform

$$\text{Molarität} = \frac{c_{FE}}{1 \text{ Mol/l}}, \quad \text{Normalität} = \frac{c_A}{1 \text{ Mol/l}}.$$

Angaben der Art

Molarität = 1,  
1-molare Lösung,  
1 M  $H_2SO_4$ ,

Normalität = 2,  
2-normale Lösung,  
2 N  $H_2SO_4$

sind also inhaltlich gleichbedeutend mit den beiden obigen Gleichungen für  $c_{FE}$  bzw.  $c_A$ .

### Anmerkung der Redaktion

Aus technischen Gründen konnten die Hefte 1 und 2 des 3. Jahrgangs nicht rechtzeitig erscheinen. Wir bitten dies zu entschuldigen.

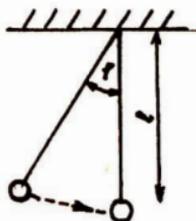
Die Genehmigung zum Abdruck des in den Heften 1 u. 2/3. Jhrg. erschienenen Artikels von Prof. Dr. E. Schmutzer „Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie“ wurde uns freundlicherweise vom Urania Verlag erteilt. Der Artikel ist dem Band 13 des Urania Universum 1967 entnommen.

Lösungen und Bemerkungen zu den Aufgaben zur Vorbereitung  
der III. Internationalen Physikolympiade 1969

---

### Aufgabe 1

Die Aufgabenstellung beinhaltet einen physikalischen Fehler. Ein mathematisches Pendel erfüllt immer die Beziehung  $\sin \alpha \approx \alpha$  ( $\alpha$  im Bogenmaß). Diese Bedingung ist in der vorliegenden Aufgabe nicht realisiert ( $\sin \frac{\pi}{4} \neq \frac{\pi}{4}$ ). Sieht man von dieser Unzulänglichkeit ab, ergibt sich folgende Lösungsmöglichkeit:



$$+ = 0 \quad + = 1/4 T$$

$$p\left(\frac{T}{4}\right) = -l_0 \omega \sin\left(\omega \frac{T}{4}\right) = -l_0 \omega \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T} \frac{T}{4}\right) = -l_0 \omega$$

Für die Bahngeschwindigkeit erhält man zu dieser Zeit:

$$v_B\left(\frac{T}{4}\right) = l_0 \cdot \dot{p}\left(\frac{T}{4}\right) = -l_0 \sqrt{g l_0}; \quad [v_B\left(\frac{T}{4}\right)]^2 = l_0^2 g l_0$$

Die wirkenden Kräfte sind Gewicht und Radialkraft.

$$F\left(\frac{T}{4}\right) = F_G + F_R\left(\frac{T}{4}\right) = m g + \frac{m [v_B\left(\frac{T}{4}\right)]^2}{l_0} = m g (1 + l_0^2)$$

Die Längenänderung beträgt  $\Delta l\left(\frac{T}{4}\right) = \frac{1}{E} \frac{1}{A} F\left(\frac{T}{4}\right)$  (E... Elastizitätsmodul).

Durch Einsetzen folgt:

Es liegt eine harmonische Schwingung vor, die folgendermaßen beschrieben werden kann:

$$p = l_0 \cos \omega t \quad \text{mit} \quad \omega^2 = \frac{g}{l_0}$$

Übergang zur Winkelgeschwindigkeit:

$$\dot{p} = \frac{dp}{dt} = -l_0 \omega \sin \omega t$$

Nach der Zeit  $t = T/4$  schwingt die Masse durch die Ruhelage ( $T$ ... Schwingungsdauer).

$$\Delta l \left( \frac{T}{\mu} \right) = \frac{1}{E} \frac{4 l m g (1 + \frac{1}{4})^2}{\pi d^2}$$

$$\Delta l \left( \frac{T}{\mu} \right) = 10^{-4} \frac{\text{mm}^2}{\text{kp}} \frac{4 \cdot 10^3 \text{mm} \cdot 5 \cdot 10^{-1} \text{kg} \cdot 9,81 \text{ms}^{-2} (1 + \frac{1}{4})^2}{\cdot 2,25 \text{mm}^2}$$

$$\Delta l \left( \frac{T}{\mu} \right) = 4,57 \cdot 10^{-2} \text{mm}$$

$$l' = l + \Delta l = 1000 \text{ mm} + 0,046 \text{ mm} = \underline{\underline{1000,046 \text{ mm}}}$$

### Aufgabe 2

Folgende Bezeichnungen sollen gelten:

$E_1, E_2 \dots$  Leerlaufspannungen (EMK)

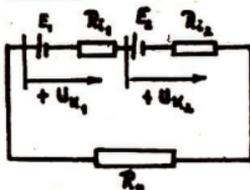
$R_{i1}, R_{i2} \dots$  Innenwiderstände

$R_a \dots$  Außenwiderstand

$I_{A,B} \dots$  Stromstärke für die Fälle A und B

$|U_{k1}|, |U_{k2}| \dots$  Beträge der Klemmspannungen

#### Fall A



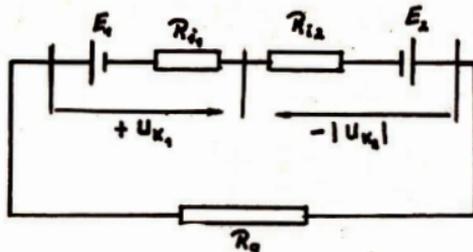
Die Leerlaufspannungen sind:

$$E_1 = U_{k1} + J R_{i1}; \quad E_2 = U_{k2} + J R_{i2} \quad (1)$$

$$\text{Aus } (E_1 - J_A R_{i1}) + (E_2 - J_A R_{i2}) = J_A R_a \quad (\text{Fall A}) \quad (2)$$

$$(E_1 - J_B R_{i1}) - (E_2 - J_B R_{i2}) = J_B R_a \quad (\text{Fall B}) \quad (3)$$

$$\text{erh\u00e4lt man:} \quad E_1 = 1,772 \text{ V} \quad E_2 = 1,228 \text{ V}$$

Fall B

Die Klemmenspannung für die beiden Fälle erhält man durch Umstellung der Gleichungen (1) nach  $U_{k1,2}$ .

$$U_{k1}^A = 1,292 \text{ V} \quad \cdot \quad U_{k2}^A = 1,108 \text{ V}$$

=====

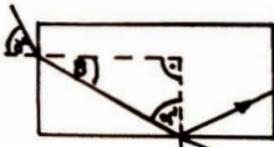
$$U_{k1}^B = 1,644 \text{ V} \quad \cdot \quad U_{k2}^B = -1,196 \text{ V}$$

=====

**Aufgabe 3**

Berechnung des Grenzwinkels der Totalreflexion für den Übergang Glas - Luft :

$$\sin \alpha_g = \frac{1}{n}; \sin \alpha_g = \frac{2}{3} \leadsto \alpha_g \approx 41,8^\circ$$



Betrachtung des folgenden Grenzfalles:

$\alpha \approx 90^\circ$  (streifender Einfall bei A)

$$\beta \approx \alpha_g = 41,8^\circ \quad \alpha' = 90^\circ - \beta \approx 48,2^\circ,$$

d.h.  $\alpha' > \alpha_g \leadsto$  Totalreflexion

des Strahles in B. Der Fleck wird nicht sichtbar. Bei Verkleinerung von  $\alpha$  nimmt  $\beta$  ebenfalls kleinere Werte an.

$\leadsto$  Es gilt stets  $\alpha' > \alpha_g$ .  $\leadsto$  Der Strahl wird in B immer total reflektiert, d.h. der Fleck wird nie sichtbar.

Wird Wasser auf den Fleck gebracht, ändern sich die Verhältnisse. Die Verhältnisse der Lichtgeschwindigkeiten verhalten sich folgendermaßen (nach der Definition der Brechungsindizes)

$$\frac{c_L}{c_G} = \frac{3}{2}, \quad \frac{c_L}{c_W} = \frac{4}{3} \quad \curvearrowright \quad \frac{c_W}{c_G} = \frac{9}{8}$$

Man sieht, daß Glas gegenüber Wasser ein optisch "dichteres" Medium ist. Hier beträgt der Grenzwinkel der Totalreflexion:

$$\sin \alpha'_G = \frac{8}{9} \quad \curvearrowright \quad \alpha'_G \approx 62,9^\circ$$

Aus den obigen Betrachtungen folgt, daß man in B stets Einfallswinkel  $\alpha'$  realisieren kann, für die  $\alpha' < \alpha'_G$  gilt. Einfallswinkel, die diese Ungleichung erfüllen, gehören zu Strahlen, die nicht total reflektiert werden. Der Fleck wird dabei sichtbar.

## Aufgaben

### 1. Aufgabe

In 2 geschlossene Glasgefäße, am besten in Petrischalen, gibt man auf feuchtes Filterpapier jeweils 10 vorgequollene Apfelkerne.

In die eine Petrischale gibt man 10 normale ungeschälte Apfelkerne, in die andere 10 Apfelkerne, deren braune Samenschale und das Endosperm (Nährgewebe des Keimlings) entfernt worden ist. Diesen Versuchsansatz läßt man 1-2 Wochen bei Zimmertemperatur keimen. Man beobachtet dann, daß die unbehandelten Apfelkerne nicht keimen, dagegen der größte Teil der behandelten Kerne keimt.

Wie läßt sich diese Erscheinung erklären?

### 2. Aufgabe

Eine Kartoffel teilt man, höhlt sie aus, wobei man einseitig eine Abflußrinne in jede Kartoffelhälfte schneidet. Die Kartoffelhälften sollen möglichst so ausgehöhlt werden, daß noch ca. 1 cm Kartoffelrand stehen bleibt. In die eine Hälfte gibt man Puderzucker (trocken), in die andere Hälfte Kartoffelstärke.

Was beobachtet man und wie könnte das Ergebnis erklärt werden?



# impuls 68

Schülerzeitschrift für Physik,  
Chemie und Biologie **5**

3. Jahrgang (1969/70)

Heft

---

**impuls 68:** Monatszeitschrift für Schüler  
**Herausgeber:** FDJ-Aktiv der Sektion Physik für den wissenschaftlichen Gerätebau an der Friedrich-Schiller-Universität Jena  
**Redaktion:** Dipl.-Phys. H.-D. Jähmig (Chefredakteur)  
Dr. K. Jupe, Dipl.-Chem., I. Pfaff, Dipl.-Phys., G. Sommer, N. Somma, D. Gröll, M. Seifert, H. Birkenbeil, W. Kotte, V. Hopfe, W. Dänhardt, R. Rost, V. Lindig,  
**Verantwortlicher:** Dipl.-Phys. S. Kessler  
**Anschrift:** „impuls 68“  
69 Jena  
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich zum Preise von 0,40 M.

Aus technischen Gründen bitten wir um **Sammelbestellungen an unsere Adresse.**

Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR.

---

## Inhalt

	Seite
Lohnt es sich Physik zu studieren . . . . .	3
Kurven und Oberflächenintegrale . . . . .	7
Grundlagen der Vererbung I . . . . .	10
Induktionsgesetz . . . . .	13
Aufbau und Entwicklung der Sterne III . . . . .	18
Büchermarkt . . . . .	20
Umwandlung von Atomkernen I . . . . .	21
Stereochemie II . . . . .	27
Aufgaben . . . . .	31
„impuls 68“-Lexikon . . . . .	32

## **Titelblatt:** Äquidensitometrische Analyse des Kometen WHIPPLE-FEDTKE (1942g)

Die Darstellung von astron. Objekten durch eine **Schar** von Linien gleicher Schwärzungsdichte gibt wichtige Hinweise auf deren Struktur. Das hier wiedergegebene Bild wurde nach einem neuen photomechanischen Verfahren erhalten von W. HÖGNER und N. RICHTER, Karl-Schwarzschild-Observatorium, Tautenburg.

E. Förster

wissenschaftlicher Aspirant, Sektion Physik

## Lohnt es sich Physik zu studieren?

*... daß ich erkenne, was die Welt  
im Innersten zusammenhält."*

Diese Worte läßt Goethe vor über 150 Jahren seinem Faust sprechen. Er stellt uns in der Gestalt des Faust einen Wissenschaftler seiner Zeit vor, der von einer Menschen auszeichnenden Eigenschaft - der wissenschaftlichen Neugier - geplagt wird. Zwar weiß er viel, doch möchte er alles wissen.

Seit damals hat sich die Gesellschaft grundlegend verändert. Sie bietet heute den Wissenschaftlern bessere Möglichkeiten, sich in gemeinsamer Arbeit zu entfalten. Was uns aber mit Faust verbindet, das ist die Unzufriedenheit mit dem Erreichten, das Streben nach neuer Erkenntnis. Diese Suche nach neuen Gesetzmäßigkeiten in der Natur ist in der Gegenwart keine Privatangelegenheit einiger Forscher, sondern sie geht uns alle an. Die Wissenschaftler forschen in der Gesellschaft und bringen in hervorragender Weise unserer Gesellschaft Nutzen.

Wissenschaft und Produktion sind heute schon so untrennbar miteinander verbunden, daß man von einer unmittelbaren Produktivkraft Wissenschaft spricht. Unter den Naturwissenschaften trifft dies besonders für die Physik zu. Deutlich erkennt man diese Wechselbeziehung an einem sehr aktuellen Beispiel, an der Weltraumforschung. Die extrem hohen Anforderungen an das Material, an die Kleinheit und Zuverlässigkeit der Geräte setzen einen hohen Stand der Forschung voraus. Eine bestimmte Gruppe von Physikern wird sich zum Beispiel mit der Übertragung von Signalen befassen und sich überlegen müssen, wie Sender mit großer Sendeleistung und scharfer Bündelung des Strahls, mit

geringen Abmessungen und kleinem Verbrauch an Energie konstruiert werden. Andere Kollektive werden sich mit der Entwicklung von Computern, Fernsehkameras usw. beschäftigen. Wird nun ein neuer Effekt entdeckt, der eine Verbesserung der Parameter einer Anlage in Aussicht stellt, so muß man möglichst schnell für ihn eine technische Lösung finden, damit in der "nächsten" Rakete Platz und Gewicht für andere Aufgaben gespart wird. Diese technische Verwirklichung ist aber im allgemeinen mit einer neuen Technologie, mit einer verbesserten Produktionsweise verbunden. Diese verbesserte Produktionsweise findet oft auch in anderen Zweigen der Industrie Eingang, sie kann sogar als wissenschaftlich-technischer Fortschritt in Form von Patenten und Lizenzen verkauft werden. Mit dieser neuen Technologie lassen sich jetzt auch neue wissenschaftliche Geräte für andere Bereiche bauen, mit denen die Wissenschaftler beispielsweise mehr Information über den Molekülbau erhalten. Und damit hat sich der Kreis von der Physik über die physikintensive Produktion wieder hin zur Physik geschlossen.

## **Was ist „Physik für den wissenschaftlichen Gerätebau“?**

Die DDR kann als vergleichsweise kleines Land nicht auf allen Gebieten aus eigener Kraft Weltspitzenleistungen erreichen. Wir können bestimmt nicht allein Weltraumforschung betreiben, wir können dies aber in Zusammenarbeit mit der Sowjetunion und den anderen sozialistischen Ländern tun (Satellit Interkosmos 1). Unser Staat muß sich mit den Partnern im RGW abstimmen und seine Kräfte auf bestimmte Forschungskomplexe konzentrieren. Einer unserer volkswirtschaftlich wichtigen Bereiche ist zum Beispiel der wissenschaftliche Gerätebau, der zu einem großen Teil vom Kombinat VEB Carl Zeiss Jena bestritten wird.

Die Friedrich-Schiller-Universität Jena ist mit dem VEB Carl Zeiss und vielen anderen Instituten zu einem Forschungsverband zusammengeschlossen. In diesem Verband arbeiten unter einheitlicher Leitung viele Kollektive in sozialistischer Großforschung an Themen des wissenschaftlichen Gerätebaus zusammen. Dies drückt sich auch im Namen unserer Physiksektion aus, wir betreiben Physik für den wissenschaftlichen Gerätebau.

Was hat man sich eigentlich unter dieser Bezeichnung vorzustellen? Ist wissenschaftlicher Gerätebau nur das Zusammenlöten und Zusammenbauen eines Gerätes? Nein! Dieser Begriff muß viel weiter gefaßt werden und beinhaltet eine ganze Palette von Arbeitsweisen und Einsatzgebieten für einen Physiker. Zur Erläuterung wollen wir die Entwicklung eines Gerätes von der Idee bis zur fertigen Serie verfolgen. Es beginnt mit einer Festlegung, auf welchem Teilgebiet innerhalb des vorgegebenen Profils überhaupt geforscht werden soll. Hochqualifizierte Physiker verfolgen in den Fachzeitschriften die neuesten Entdeckungen und geben eine prognostische Einschätzung der Entwicklung ihres Spezialgebietes. Ist die Forschung auf einem dieser Gebiete so weit vorgedrungen, daß in absehbarer Zeit ein neues oder verbessertes Gerät zu erwarten ist, so wird bei günstiger ökonomischer Einschätzung die Erforschung der Grundlagen verstärkt in Angriff genommen. Diese Grundlagenforschung kann im Betrieb selbst erfolgen oder an Universitäten und Akademieninstitute, wo vielleicht schon Spezialisten dieses Gebietes sind, delegiert werden. Hier arbeiten die Physiker anfangs sicher theoretisch und später auch experimentell. Setzen wir voraus, es wird ein allgemeines Meßprinzip entdeckt, durch dessen Anwendung wir mehr und bessere Information über die Molekülstruktur erhalten. Man will den Strukturforschern ein neues Hilfsmittel für ihre Untersuchungen anbieten, und geht deshalb an die Verwirklichung dieses Meßverfahrens in einem speziellen Gerät heran. Bei dieser Entwicklung haben wir eine mehr zielgerichtete Tätigkeit des Physikers vor uns. Sind nun einige Geräte in Nullserie gebaut worden

und ist die Nachfrage sehr groß, so kann die Produktion aufgenommen werden. Wir finden weitere Einsatzorte des Physikers in der Produktion, in der Prüfung und Kontrolle, sowie im Vertrieb und Kundendienst. Die Arbeitsweise ist in diesem Bereich mehr leitend und "verkaufend".

Aus dieser Aufzählung ist selbst bei der Beschränkung auf den wissenschaftlichen Gerätebau zu ersehen, daß jeder naturwissenschaftlich interessierte junge Mensch eine Beschäftigung finden kann, die seinen Neigungen entspricht und wo er sein Bestes der Gesellschaft geben kann. Einer von Ihnen wird vielleicht die Neugier des Faust besonders stark in sich spüren, ein anderer wird befriedigt sein, wenn er die praktische Verwirklichung seiner Ideen verfolgt, und ein dritter wird sich im Kundendienst - auf Reisen - wohlfühlen. Das Studium ist ein wichtiger Schritt zur späteren beruflichen Tätigkeit. Bei der Wahl Ihres Studienfaches können Sie die vorhandenen Informationsmöglichkeiten, wie den "Tag der offenen Tür" und die Schülercolloquien von "impuls 68" in Jena, nutzen und den persönlichen Kontakt mit unseren Wissenschaftlern finden. Weil in Jena wegen der gestiegenen Zahl von Studienplätzen ein großer Bedarf an Studienbewerbern für Physik besteht, werden wir in einem zweiten Artikel berichten, wie man bei uns Physik studiert. Die Redaktion dieser Zeitschrift wird sich freuen, wenn Sie uns Ihre Meinung zu den angeschnittenen Problemen schreiben.

---

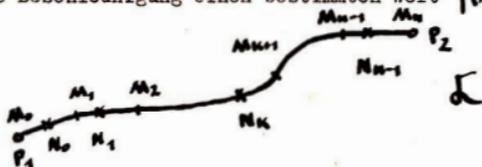
### **Pulsaruhren**

Pulsare senden mit größter Konstanz elektromagnetische Wellen aus. Die Abweichungen, so berichtete Prof. Hewish (England), der den ersten Pulsar entdeckte, sind so gering, daß innerhalb von 30 Millionen Jahren Abweichungen von 1 s auftreten. Prof. Hewish betonte, daß diese Pulsare für die spätere Raumfahrt insofern Bedeutung haben, da sie bei Raumflugunternehmen außerhalb unseres Sonnensystems als "Weltraum-Funkfeuer" genutzt werden können.

## Kurven- und Oberflächenintegrale

Um die Grundgleichungen der Elektrodynamik, die Maxwellgleichungen, verstehen zu können, werden Kenntnisse der Integralrechnung benötigt. Die Maxwellgleichungen enthalten zwei Integralformen, die in der Schule nicht behandelt werden, Kurven- und Oberflächenintegrale. Auf diese wird in dem Artikel eingegangen.

Zunächst zu den Linienintegralen. Es wird ein beliebiges Kurvenstück  $\mathcal{K}$  betrachtet, welches irgendeine Lage im Raum einnimmt. Auf der Kurve ist eine stetige Funktion  $f(M)$  definiert. Die Funktion hat in jedem Punkt  $M$  der Kurve einen bestimmten Zahlenwert. Wird zum Beispiel ein Auto ungleichförmig beschleunigt, so ist die Beschleunigung  $b$  eine Funktion des Ortes  $M$ . An jedem Ort  $M_0, M_1, \dots$  hat die Beschleunigung einen bestimmten Wert  $f(M_0), f(M_1), \dots$



Die Kurve  $\mathcal{K}$  wird durch die Punkte  $M_0, M_1, \dots, M_n$  in  $n$  Teile zerlegt.  $M_0$  fällt mit dem Anfangspunkt  $P_1$ ,  $M_n$  mit dem Endpunkt  $P_2$  zusammen. Auf jedem Teilstück  $M_k M_{k+1} = \Delta s_k$  wird irgend ein Punkt  $N_k$  gewählt und die Summe  $\sum_{k=0}^{n-1} f(N_k) \Delta s_k$  gebildet. Um diese Summenbildung anschaulich verfolgen zu können, denke man sich über jedem Punkt  $N_k$  den ihm entsprechenden Funktionswert  $f(N_k)$  aufgetragen.



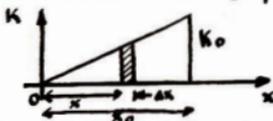
$f(N_k) \Delta s_k$  stellt ein Rechteck dar. Wenn die Zerlegung des Kurvenstückes  $\mathcal{K}$  so fein gemacht wird, indem es in unendlich viele Punkte eingeteilt wird, strebt  $\Delta s$  gegen Null. Die Rechtecke  $f(N_k) \Delta s_k$  gehen dann in Linien über. Diese unendlich vielen Linien überdecken das gesamte schraffierte Gebiet über der Kurve  $\mathcal{K}$ . Der Flächeninhalt des schraffierten Gebietes ist gleich dem Kurvenintegral  $\int f(M) ds$ . Es gilt  $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=0}^{n-1} f(N_k) \Delta s_k = \int f(M) ds$ . Bei einem bestimmten Integral wird über einen Abschnitt der Zahlengeraden  $dx$  integriert. Wählt man als Integrationsweg irgendein

Kurvenstück einer ebenen oder räumlichen Kurve, so erhält man ein Kurvenintegral. Auf dem Begriff des Kurvenintegrals beruht zum Beispiel die Erklärung des Begriffs der Arbeit, die eine Kraft verrichtet, wenn sie längs eines Wegstückes auf einen Körper wirkt.



Stimmen Kraft- und Wegrichtung nicht überein, und ist die Kraft längs des Weges  $F_1 F_2$  nicht konstant, wird die Arbeit mit Hilfe des Linienintegrals  $A = \int_{\gamma} \vec{F} \cdot d\vec{s}$  berechnet.  $\alpha$  ist dabei der Winkel zwischen Kraft- und Wegrichtung.

Als Beispiel zur Berechnung des oben angegebenen Kurvenintegrals soll die Dehnungsarbeit einer Feder dienen. Die durch die Feder auf den Körper wirkende Kraft ist  $-Dx$ , wobei  $x$  die Auslenkung aus



der Ruhelage ist und  $D$  die Federkonstante darstellt. Um die Feder aus der Ruhelage um den Betrag  $x$  zu dehnen, muß also die Kraft  $K=Dx$  angreifen. Jede Auslenkung  $x_k$  ( $k=1,2,\dots,n$ ) benötigt eine andere Kraft. Um die Arbeit, die bei der Gesamtauslenkung  $x_0$  geleistet wird, zu bekommen, muß über die Teilarbeiten  $Dx_k \Delta x_k$  summiert werden und der Grenzwert für  $n$  gegen Unendlich gebildet werden. Es gilt

$$A = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^{n-1} Dx_k \Delta x_k = \int_0^{x_0} Dx \, dx = \frac{1}{2} D [x^2]_0^{x_0} = \frac{1}{2} Dx_0^2$$

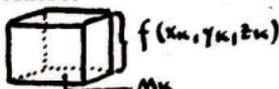
Und nun zur Behandlung der Integrale über ein Flächenstück.

Es sei in allen Punkten eines Flächenstückes  $F$  eine Funktion  $f(x,y,z)$  definiert. Wird zum Beispiel eine Metallplatte an einer Stelle mit einem Bunsenbrenner erwärmt, so ist die Temperatur der Metallplatte an verschiedenen Stellen unterschiedlich. Die Temperaturverteilung ist ortsabhängig.  $T(M)$  ist eine Funktion, die auf der Metallplatte definiert ist. Das Flächenstück  $F$  wird in  $n$  Teile zerlegt.



Im Innern eines jeden Teilstückes wählt man ganz beliebig einen Punkt  $M_k(x_k, y_k, z_k)$ . Über jedem Punkt  $M_k$  wird der ihm entsprechende

Funktionswert  $f(x_k, y_k, z_k)$  aufgetragen. Das Produkt  $f(x_k, y_k, z_k) \cdot \Delta F_k$  beschreibt das Volumen eines Quaders, der sich über jedem Rechteck des Flächenstückes  $F$  erhebt.



Wenn nun unendlich viele Rechtecke auf dem Flächenstück eingeteilt werden, schrumpft jedes Teilstück zu einem Punkt zusammen. Aus den Quadern werden Geraden. Die unendlich vielen Geraden füllen das Volumen über dem Flächenstück  $F$  aus.



Es gilt

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(x_k, y_k, z_k) \cdot \Delta F_k = \int_F f(x, y, z) dF$$

wird über ein Stück einer beliebigen Fläche integriert, erhält man ein Oberflächenintegral.

Ein Oberflächenintegral ist beispielsweise  $\int_F dF$ . Stellt das Flächenstück  $F$  die Kugeloberfläche dar, und wird über alle Flächenelemente  $dF$  summiert, ergibt sich der Flächeninhalt der Kugeloberfläche. Es ist

$$\int dF = 4\pi R^2$$

Kugel-  
oberflä-  
che

### Auf vielseitigen Wunsch

wiederholen wir den „Witz“ aus Heft 1 des 2. Jahrganges.

Ein Student, der sich allzu sehr über einen leisen Vortrag von RÖNTGEN geärgert hatte, klappte hörbar sein Heft zu und schritt langsam die Stufen zum Ausgang hinauf. RÖNTGEN rief ihm mit lauter Stimme nach:

"Was fällt ihnen ein, sie stören meinen Vortrag!"

Der Schwabe drehte sich auf der letzten Stufe um, bevor er den Saal verließ und sagte:

"Schau, schau, Männle, jetzt kannscht kreische!  
Jetzt ischt`s z`spät!"

Dr. Horst Füller  
Sektion Biologie

## Die molekularen Grundlagen der Vererbung

Bis zum Jahre 1944 wurde allgemein angenommen, daß die in den Chromosomen enthaltenen Eiweiße Träger der Erbanlagen sind. Seitdem wissen wir jedoch mit Sicherheit, daß die Erbinformationen nicht in den Proteinen, sondern in der anderen Sorte von Makromolekülen, der Desoxyribonukleinsäure, niedergelegt sind. Die Erforschung der Nukleinsäuren rückte damit in den Mittelpunkt des Interesses der modernen Zellforschung und bildet bis heute eine Hauptaufgabe der Molekularbiologie.

Die entscheidenden Experimente, in denen die Bedeutung der DNS für das Vererbungsgeschehen nachgewiesen werden konnte, wurden an Bakterienzellen durchgeführt. Ihre Vorgeschichte geht bis in das Jahr 1928 zurück. F. Griffith berichtete damals über merkwürdige Beobachtungen, die er bei Experimenten mit Pneumococcen, den Erregern der Lungenentzündung, gemacht hatte.

Unter den Pneumococcen gibt es neben den eigentlichen Erregern der Lungenentzündung, die als S-Stamm<sup>1)</sup> bezeichnet werden, auch nichtpathogene Formen (R-Stamm<sup>2)</sup>), die sich im Säugetierkörper zwar vermehren können, aber keine Krankheit erzeugen. Tötet man die krankheitserregenden Pneumococcen des S-Stammes durch Hitze ab, so rufen sie nach Injektion in den Säugetierkörper keine Lungenentzündung hervor.

Griffith injizierte nun in Mäuse gleichzeitig lebende Zellen des nichtpathogenen R-Stammes und durch Hitze abgetötete des S-Stammes. Überraschenderweise erkrankten einige Tiere. Aus ihnen konnten lebende Pneumococcen isoliert werden, die zum krankheitserregenden S-Stamm gehören. Es hatten also offensichtlich die abgetöteten Zellen ihre erblichen Eigenschaften auf die lebenden

R-Zellen übertragen, die dadurch in S-Zellen transformiert wurden.

Später gelang eine solche "Bakterien-Transformation" auch im Reagenzglas und sogar mit zellfreien Extrakten von Pneumococcen des S-Stammes. Die fundamentale Bedeutung dieser Experimente für die Erforschung der molekularen Grundlagen des Vererbungsgeschehens wurde zunächst allerdings nicht erkannt.

Im Jahre 1944 gelang es dann, die transformierende Substanz des Pneumococcen-Extraktes zu identifizieren. Nach sorgfältigster Reinigung bestand dieser Extrakt zu 99,9 % aus Desoxyribonukleinsäure. Wenn man derartig gereinigte DNS des krankheitserregenden S-Stammes auf Zellen des R-Stammes einwirken ließ, so erlangten etwa 1 % der Nachkommen dieser R-Zellen die Fähigkeit, im Säugetierkörper Lungenentzündung hervorzurufen. Es waren also offensichtlich bei der Bakterientransformation mit der DNS der S-Zellen deren krankmachende Erbanlagen auf die R-Zellen übertragen worden. Daß es sich bei der transformierenden Substanz tatsächlich um Desoxyribonukleinsäure handelt, konnte beispielsweise dadurch nachgewiesen werden, daß die Transformationsfähigkeit durch das DNS spaltende Enzym DNase zerstört wird. Aus den Versuchen ging somit eindeutig hervor, daß die DNS Träger der Erbinformationen ist. Mit dieser Entdeckung wurde die Molekulargenetik begründet.

Eine chemische Verbindung, die als stofflicher Träger der Erbanlagen dient, muß mehreren grundsätzlichen Forderungen gerecht werden:

1. Sie muß sich durch eine große Stabilität im Stoffwechsel der Zelle auszeichnen.
2. Sie muß die Fähigkeit zur identischen Selbstvermehrung besitzen.
3. Sie muß die in ihr enthaltenen Erbinformationen auf andere Bestandteile der Zelle übertragen können.

4. Sie muß trotz ihrer Stabilität die Möglichkeit zur Entstehung von Erbänderungen (Mutationen) bieten, die ja eine Voraussetzung für das Evolutionsgeschehen sind.

Es konnte nun in den letzten beiden Jahrzehnten nachgewiesen werden, daß die DNS tatsächlich all diesen Forderungen gerecht wird. Die Kenntnis ihrer chemisch-physikalischen Eigenschaften bildet eine wesentliche Voraussetzung für das Verständnis des Vererbungsgeschehens.

- 1.) S-Stamm: Pneumococcen (*Diplococcus pneumoniae*) mit Polysaccharidkapsel
- 2.) R-Stamm: ohne Polysaccharidkapsel

Bei vielen Bakterienarten treten Variationen auf, die sich nach der Kolonief orm auf festen Nährboden unterscheiden lassen.

- 1.) Die "Glattform" (S-Form = smooth form) besitzt feuchte, glänzende, glattrandige Kolonien. Die S-Form ist serologisch durch ein an der Oberfläche haftendes, spezifisches Polysaccharid-Antigen gekennzeichnet.
- 2.) Die "Rauhform" (R-Form = rough form) besitzt trockene, matte, gezackte Kolonien mit rauher Oberfläche. Polysaccharid-Antigen fehlt.

**Johannes Schlichting**  
**Student IV. Studienjahr Physik**

## **Induktionsgesetz und Feldbegriff**

Es gibt wohl kaum jemanden, der noch nichts vom Faraday'schen Induktionsgesetz gehört hätte, und erst recht wird heute niemand mehr, wie zu Faradays Zeiten, die Frage stellen, welchen Nutzen denn diese "Spielerei" bringe. FARADAY selbst soll damals geantwortet haben: "What is the use of a new born baby?" ("Was ist der Nutzen eines Neugeborenen?"). Inzwischen ist das Baby zu einem bestimmenden Bestandteil unseres täglichen Lebens geworden, und ein Gutteil unseres Lebensstandards wäre ohne Anwendung des Induktionsgesetzes nicht denkbar. Es wäre unsinnig, die Anwendungen aufzählen zu wollen, es sind jedem von uns genügend Beispiele bekannt.

FARADAYS Entdeckung war auch über den Rahmen der direkten praktischen Anwendung hinaus wirksam. In der Wissenschaft will man nämlich nicht nur Erscheinungen auffinden und anwenden, man versucht auch sie zu erklären, d. h., sie mit anderen Erscheinungen in Verbindung zu bringen und zu allgemeingültigeren Gesetzmäßigkeiten vorzustoßen; schon deshalb, um daraus neue Erscheinungen und Anwendungen ableiten zu können. FARADAYS Vorstellungen nun führten hin zu einer völlig neuen Betrachtungsweise in der Physik, deren Bedeutung auch heute noch nicht überschätzt werden kann. Gemeint ist die Einführung der Feldvorstellung in die Physik. Diese Art der Naturbeschreibung führte zunächst in ihrem ersten Anwendungsgebiet, dem des Elektromagnetismus zu einer einheitlichen Theorie, die auf den ersten Blick so uneinheitliche Gebiete wie Elektrizitätslehre, Optik u.a. unter einem gemeinsamen Aspekt zusammenfaßte und auf diese Weise einem tieferen Verständnis zugänglich machte. Von diesen Folgerungen wird in einem späteren Artikel die Rede sein, die Aufgabe dieser Zeilen ist es, eine der Quellen dieser Theorie zu erläutern.

Der Begriff des elektrischen und magnetischen Feldes wird unter dem anschaulichen Aspekt des ebenfalls von FARADAY eingeführten Feldlinienbildes wohl jedem von Ihnen geläufig sein. Allgemein kann man sagen, daß ein physikalisches Feld mit der Zuordnung physikalischer Größen zu den Punkten des Raumes verbunden ist.

FARADAYS Verdienst war es nun, einen Zusammenhang zwischen elektrischen und magnetischen Feldgrößen gefunden zu haben. Er stellte im Prinzip fest, daß ein zeitlich veränderliches, magnetisches Feld verbunden ist mit der Erzeugung eines dazu senkrechten elektrischen Feldes. Experimentell äußert dieses elektrische Feld seine Wirkung etwa in Form eines Stromflusses. Anschaulich gesprochen: Ein elektrisch geladener Probekörper, der einem sich zeitlich ändernden Magnetfeld ausgesetzt ist, steht unter dem Einfluß einer Kraftwirkung, die senkrecht zur Richtung des  $\mathcal{L}$ -Feldes wirkt. Die resultierende Bewegung nennen wir Stromfluß, dessen Ursache definitionsgemäß ein elektrisches Feld ist. Dabei ist es gleichgültig, ob die zeitliche Veränderung des Magnetfeldes hervorgerufen wird durch eine zeitliche Änderung des Magnetfeldes selbst oder durch eine irgendwie geartete Bewegung des geladenen Teilchens in einem von Ort zu Ort verschiedenen Magnetfeldes.

Wir wollen jetzt versuchen, das FARADAYSche Versuchsergebnis (das hier schon verallgemeinert wiedergegeben wurde) in eine mathematische Form zu bringen, um es auch quantitativ anwenden zu können. Interessant ist offensichtlich die zeitliche Veränderung des Magnetfeldes, von ihr hängt auch die Größe des erzeugten  $\mathcal{E}$ -Feldes ab. Wir arbeiten also mit der Ableitung von  $\mathcal{L}$  nach der Zeit, die wir mit  $\dot{\mathcal{L}}$  bezeichnen wollen. Einen direkten Zusammenhang dieser Größe mit der elektrischen Feldstärke angeben zu wollen, ist mit den mathematischen Hilfsmitteln eines Oberschülers kaum möglich. Die folgenden Ausführungen müssen deshalb ungenau bleiben. Klar ist, daß das erzeugte elektrische Feld senkrecht zu  $\dot{\mathcal{L}}$  stehen muß.

Das bedeutet aber, daß  $\mathcal{E}$  z. B. durch ein Vektorprodukt aus  $\mathcal{E}$  hervorgehen kann. Ferner ist die Abhängigkeit von  $\mathcal{E}$  nach denselben. Eine Vektorproduktähnliche Bildung aus den Ableitungen eines Vektors nach den Koordinaten stellt aber die Operation "rot" dar, über deren genauen Inhalt am dieser Stelle leider nichts weiteres ausgeführt werden kann. Es sei nochmals auf die mathematische Ungenauigkeit der vorausgehenden Betrachtungen hingewiesen. Die fertige Gleichung lautet also:

$$\text{rot } \mathcal{E} = -\dot{\mathcal{B}} = \begin{vmatrix} \dot{i} & \dot{j} & \dot{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ E_x & E_y & E_z \end{vmatrix}$$

Die Determinante gibt die Vorschrift an, wie die Operation "rot" auszuführen ist.

Diese Formulierung des Induktionsgesetzes führt den physikalischen Gehalt der FARADAYschen Beobachtungen wirklich auf die von Ort zu Ort und von Zeitpunkt zu Zeitpunkt veränderlichen elektrischen und magnetischen Felder zurück. Sie besitzt einen hohen Grad von Allgemeingültigkeit, worüber in einem folgenden Artikel noch zu reden sein wird. In dieser Form wird das Induktionsgesetz auch als eine der "Maxwell'schen Gleichungen" bezeichnet, die die Grundlage der oben erwähnten einheitlichen Theorie der elektromagnetischen Erscheinungen, der Elektrodynamik, bilden. Wegen des Auftretens von Ableitungen der Feldgrößen spricht man auch von einer "differentialen Form".

Aber zurück von dieser allgemeinen Form. Offensichtlich lernt man das Induktionsgesetz in der Schule in einer ganz anderen Form kennen. Zu dieser Formulierung zu gelangen, gehen wir wieder von unseren Feldgrößen aus. Die Beobachtung war: Ein zeitlich veränderliches Magnetfeld bringt bei Anwesenheit von Ladungen einen Stromfluß hervor. Die Ursache eines solchen Stromflusses ist ein elektrisches Feld. Durch das zeitlich variierende Magnetfeld wird ein elektrisches Feld  $\mathcal{E}$  hervorgerufen. Das Feld  $\mathcal{E}$  ist die Ursache für die Kraft  $k \cdot q \cdot \mathcal{E}$ , die die Ladungsträger beschleunigt.

Man kann nun aber auch unter gewissen Bedingungen nicht das Feld selbst, sondern sein "Potential" betrachten. Das kann man insbesondere überall dort, wo die Feldlinien keine "Wirbel" bilden, d. h. nicht in sich selbst zurücklaufen. Das Potential wird definiert als

$$U = \int_a^b \mathcal{E} \, ds$$

Zur Bedeutung dieser Schreibweise siehe den Artikel über Integralrechnung in "impuls 68". Betrachtet man also nicht die Differentialquotienten, sondern die Integrale der Feldgrößen, kommt man zu dem Zusammenhang

$$\oint \mathcal{E} \, ds = - \frac{d}{dt} \int \mathcal{Z} \, d\vec{q}$$

Dabei wird rechts über diejenige Fläche integriert, die vom Integrationsweg des linken Integrals umschlossen wird. Das ist das Induktionsgesetz in integraler Form. Der Übergang zu der bekannten Form ist nun nur noch eine Frage von Definitionen.

$\int \mathcal{Z} \, d\vec{q} = \Phi$  heißt Magnetfluß durch die betreffende Fläche, über die das Integral berechnet wird. Ist deren Berandung etwa eine **Leiterschleife**, so ist  $\oint \mathcal{E} \, ds$  die in dieser Schleife entstehende Potentialdifferenz, die auch als elektrische Spannung bezeichnet wird. Die Potentialdifferenz ist, anschaulich gesprochen, die Summe aller auf dem zurückgelegten Weg zwischen zwei Punkten auftretenden lokalen Feldstärken. Führen wir unsere Definitionen ein, so bekommen wir die bekannte Form

$$U = - \frac{d\Phi}{dt}$$

des Induktionsgesetzes für eine Leiterschleife im zeitlich veränderlichen Magnetfeld. So spricht man auch oft nicht vom Feld sondern von der Spannung als Ursache eines Stromflusses.

Bis zu einem gewissen Grade sind beide Formulierungen äquivalent, nur geht die Feldvorstellung wesentlich tiefer. Das negative Vorzeichen rührt von der sogenannten Lenzschen Regel her, die ihre tiefere Ursache in dem fundamentalen Gesetz von der Erhaltung der Energie hat.

Übrigens sind die differentielle und die integrale Formulierung auch mathematisch äquivalent, der Übergang kann durch den sog. Stokeschen Integralsatz vollzogen werden, auf den an dieser Stelle auch nicht näher eingegangen werden kann. Wichtig ist an den obigen Ausführungen vor allem der Rückgriff auf die Feldgrößen. Warum diese eine solche Bedeutung haben, wird in einem folgenden Artikel über die Maxwell'schen Gleichungen gezeigt werden.

\*) von den Koordinaten interessant, also die Ableitung von  $\vec{b}$

### Ein Wort in eigener Sache

Wir bitten unsere Leser, den Abonnementspreis von 4,— M auf folgendes Konto zu überweisen:

4472-39-2981 bei der Sparkasse Jena.

Gleichzeitig möchten wir nochmals darauf hinweisen, daß der neue Preis unserer Zeitschrift auf eine höhere Seitenzahl (8 Seiten mehr) zurückzuführen ist.

An dieser Stelle möchten wir uns auch für das verspätete Erscheinen der ersten 3 Hefte des 3. Jahrganges entschuldigen. Die Ursachen sind im wesentlichen in der Unterbrechung der Redaktionsarbeit durch die Semesterferien zu suchen.

Wir bitten außerdem unsere Leser, durch eine pünktliche Bezahlung der Abonnements dazu beizutragen, solche Verspätungen mit zu vermeiden, da sich unsere Zeitschrift finanziell selbst trägt. (Ein Teil der Leser hat z.B. den 2. Jahrgang noch nicht bezahlt!)

Wir rechnen auf Ihr Verständnis!

Ihre Redaktion

Jürgen Reiche, Reinhard Rost, Michael Fritsche  
Diplomanden an der Sektion Physik

## Aufbau und Entwicklung der Sterne (III)

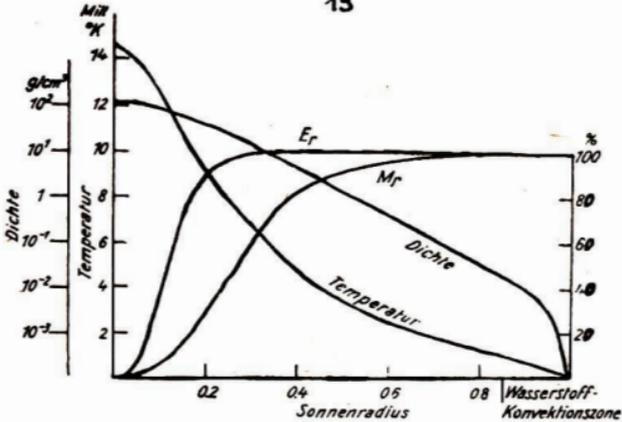
### III. Folgerungen und Ergebnisse von Berechnungen

Wie die vorausgegangenen Artikel über den Sternaufbau zeigten, haben wir also vier Grundgleichungen und drei Materialgleichungen zur Berechnung des inneren Aufbaues zur Verfügung. In diesen insgesamt sieben Gleichungen kommen neun unbekannte Größen vor, so daß zwei Größen frei wählbar bleiben. Dies führt uns zu dem sehr wichtigen EINDEUTIGKEITSSATZ DES INNEREN AUFBAUES von Vogt und Russell:

"Der innere Aufbau eines Sternes ist vollkommen eindeutig durch Vorgabe zweier Größen bestimmt. Als solche wählt man allgemein die chemische Zusammensetzung und die Gesamtmasse des Sternes."

Man kann also durch Vorgabe von Gesamtmasse und chemischer Zusammensetzung eines Sternes alle anderen interessierenden Größen (eben den inneren Aufbau) berechnen. Man erhält so z.B. den Druckverlauf, die Masseverteilung, die Stellen der Energieerzeugung sowie die dort freigesetzten Mengen pro Sekunde, aber auch Sternradius, Leuchtkraft und Spektraltyp lassen sich bestimmen. Zur Rechnung braucht man natürlich moderne elektronische Rechenmaschinen.

In der Abbildung (aus Brockhaus-"ABC der Astronomie", VEB Brockhaus-Verlag Leipzig 1961, S. 335) ist das Ergebnis einer solchen Rechnung für die Sonne dargestellt. Man erkennt, daß Energiefreisetzung und Masse ziemlich stark um den Kern konzentriert sind, während Temperatur und Dichte relativ langsam nach außen abnehmen.



Der Temperatur- und Dichteverlauf in der Sonne sowie der Verlauf des prozentualen Anteils  $M_r$  der Sonnenmasse, der sich innerhalb einer Kugel mit dem Radius  $r$  befindet, und des prozentualen Anteils  $E_r$  der von der Sonne ausgestrahlten Energie,  $E_r$  der innerhalb einer Kugel mit dem Radius  $r$  erzeugt wird

Bei anderen Sternen, also bei anderen vorgegebenen Massen und chemischen Zusammensetzungen, erhält man ähnliche Ergebnisse. Bei Sternen, die die Energie wie die Sonne durch das H-Brennen freisetzen, findet man, daß massereichere Sterne höhere Oberflächen- und Zentraltemperatur sowie größere Radien, aber geringere Zentraldichte haben als masseärmere Sterne. Bei massereichen Sternen sind überdies die Gebiete der Energiefreisetzung (CNO-Zyklus spielt größere Rolle) mehr um das Zentrum konzentriert, und es wird auch absolut mehr Energie freigesetzt. Je massereicher ein Stern ist, einen desto größeren konvektiven Kern hat er, während masseärmere Sterne (Sonne u.ä.) tiefe äußere Konvektionszonen haben.

Wir wenden uns nun der Frage zu, ob und wie sich die genannten physikalischen Größen in einem Stern zeitlich verändern. Die Antwort gibt die Theorie der Sternentwicklung.

### **Neues auf den Büchermarkt**

Zur Untersuchung der von zahlreichen Himmelskörpern ausgehenden intensiven Radiostrahlung werden in vielen Ländern der Erde in ständig steigendem Maße umfangreiche und recht aufwendige radioastronomische Forschungsprogramme mit gewaltigen Antennensystemen und komplizierten Meßmethoden durchgeführt.

Inwieweit können diese Forschungen unser Wissen über den Aufbau des Weltalls und das Verhalten der Materie erweitern oder sichern?

Wie arbeitet die Radioastronomie überhaupt?

Vor welchen wissenschaftlich-technischen Problemen und Grenzen steht sie?

Mit diesen Fragen und vielen Forschungsaufgaben und Ergebnissen der Radioastronomie beschäftigt sich in ebenso fesselnder, wie umfassender Weise das im URANIA-Verlag erschienene Buch von A. KRÜGER und G. RICHTER

"RADIOSTRAHLUNG AUS DEM ALL"

(202 Seiten, 6,80 M) .

Schon heute belegen viele zum Teil revolutionierende Entdeckungen die große Leistungsfähigkeit und wissenschaftliche Aussagekraft dieses jüngsten Forschungszweiges der Astronomie. Es sei hier nur an die Entdeckung der Quasare und der  $3^0\text{K}$ -Strahlung erinnert, auf deren weitreichende kosmologische Konsequenzen wir bereits in zwei Artikeln eingegangen sind.

(vergl.: 2. Jahrgang, Heft 6, Seite 1 ff. und  
3. Jahrgang, Heft 2, Seite 23 ff. )

**All unseren Lesern wünschen wir ein gesundes neues Jahr, ein erfolgreiches neues Jahrzehnt und noch viel Freude beim Lesen ihrer Zeitschrift „impuls 68“!**

Dr. K. Iupe

Oberassistent an der Sektion Mathematik

## Umwandlung von Atomkernen I

1. Es ist bekannt, daß ein Atom aus einem positiv geladenen Kern besteht, der von negativ geladenen Elektronen umgeben ist. Der Kern, der uns hier allein interessieren soll, besteht aus positiv geladenen Protonen und ungeladenen Neutronen. Beide haben etwa die gleiche Masse und bilden den wesentlichen Teil der Atommasse, die Elektronen sind wesentlich leichter. Ein Atomkern kann durch zwei Zahlen charakterisiert werden:

(1.) Die Ordnungszahl (oder Kernladungszahl) gibt an, wieviel Protonen der Kern enthält. Diese Zahl muß gleich der Zahl der Elektronen in der Atomhülle sein, da das Atom als Ganzes elektrisch neutral ist. Sie ist charakteristisch für das entsprechende Element und gibt gleichzeitig die Stelle desselben im Periodensystem an.

(2.) Die Massenzahl gibt an, wieviel Teilchen (Protonen + Neutronen) der Kern enthält. Man schreibt die Massenzahl rechts oben, die Ordnungszahl rechts unten neben das Symbol des Elementes.

Im Folgenden lernen Sie einige Grundsätze der Kernphysik in programmierter Form kennen. Dabei sollen Sie Fragen beantworten, wobei Sie die Richtigkeit Ihrer Antwort jeweils in der nächsten Stufe kontrollieren können. Decken Sie bitte zunächst die folgende Stufe mit einem Blatt Papier ab, schreiben Sie die Antwort nieder und vergleichen Sie dann!

Wieviel Protonen und Neutronen enthalten folgende Kerne?



2.  $C_6^{12}$  6 Protonen, 6 Neutronen }  
 $C_6^{13}$  6 Protonen, 7 Neutronen } Isotope des gleichen  
 Elementes (Kohlenstoff)

$Au_{79}^{197}$  (Gold) 79 Protonen, 118 Neutronen

Beim radioaktiven Zerfall können aus dem Kern vor allem  $\alpha$ - und  $\beta$ -Strahlen austreten. Beides sind Teilchen, die wir mit Hilfe unserer Symbolik folgendermaßen schreiben können:

$\alpha_2^4$  und  $\beta_{-1}^0$ . Um was für Teilchen handelt es sich?

Beide Strahlungsarten sind meist von  $\gamma$ -Strahlen begleitet. Letztere sind elektromagnetische Wellen mit extrem kurzer Wellenlänge.

---

3.  $\alpha_2^4$ -Teilchen bestehen aus 2 Protonen und 2 Neutronen, das sind Atomkerne des Heliums.  $\beta_{-1}^0$ -Teilchen haben eine Masse, die klein gegenüber der Protonenmasse ist und eine negative Ladung. Es handelt sich um Elektronen, die aus dem Kern austreten. Da aber der Kern keine Elektronen enthält, kann man das nur so verstehen, daß im Kern ein Neutron zerfällt:



(Ergänzen Sie! Ladung und Masse müssen erhalten bleiben!)

4.  $n_0^1 \rightarrow e_{-1}^0 + p_1^1$  (Es entsteht ein Proton. Man kann auch schreiben  $H_1^1$ , denn ein Wasserstoffkern ist ein Proton)

$Po_{84}^{218}$  ist ein Kern, bei dem  $\alpha$ - und  $\beta$ -Zerfall möglich ist.

Ergänzen Sie:  $Po_{84}^{218} \rightarrow \alpha_2^4 + \dots$  (Benutzen Sie ein Periodensystem, um zur gefundenen Ordnungszahl des Element angeben zu können!)



- Daraus folgt:
1. Bei einer  $\alpha$ -Umwandlung sinkt die Massenzahl einer Atomart um ..... Einheiten, die Ordnungszahl um ..... Einheiten.
  2. Beim  $\beta$ -Zerfall wird die Ordnungszahl um eine Einheit ....., während die Massenzahl .....
- (Radioaktive Verschiebungssätze (A. N. Russell, K. Fajans, F. Soddy 1911/13))



- 1.) Das  $\alpha$ -Teilchen nimmt 4 Masseneinheiten und 2 positive Ladungen auf
- 2.) Das  $\beta$ -Teilchen nimmt fast keine Masse mit, aber eine negative Ladung, wodurch sich die positive Kernladungszahl um eine Einheit vergrößert.

Eine charakteristische Größe radioaktiver Kerne ist die Halbwertszeit. Sie gibt an, nach welcher Zeit die Hälfte des ursprünglich vorhandenen Materials zerfallen ist.

Der Kern  $Bi_{83}^{210}$  hat die Halbwertszeit  $T_H = 5$  Tage.

Ergänzen Sie folgende Tabelle:

Zeit	0	5	10	15	20	25	30	35	40 Tage
Noch vorhandene Substanz	128								${}_{83}^{210}\text{Bi}$

6.

Zeit	0	5	10	15	20	25	30	35	40 Tage
Noch vorhandene Substanz	128	64	32	16	8	4	2	1	0,5 g

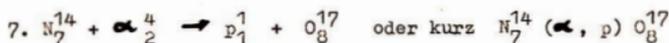
Die Halbwertszeit verschiedener radioaktiver Stoffe liegt zwischen  $10^{-8}$  s und  $10^{10}$  Jahren.

1919 stellte E. RUTHERFORD bei der Auswertung von Nebelkammeraufnahmen fest, daß beim Beschießen von  ${}_{7}^{14}\text{N}$ -Kernen mit  $\alpha$ -Teilchen Protonen (Wasserstoffkerne) frei werden. Das heißt, der Stickstoffkern muß sich in einen anderen Kern umgewandelt haben. Diesen neu entstehenden Kern kann man wegen der geringen Menge nicht chemisch identifizieren.

Stellen Sie die Reaktionsgleichung auf:



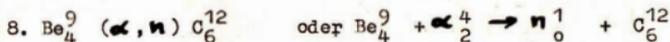
(Periodensystem oder Tabelle der Elemente verwenden!)



Damit hat E. RUTHERFORD zum ersten male eine Kernumwandlung künstlich erzeugt.

In der folgenden Zeit wurden mit Hilfe von Beschleunigern, die wir hier nicht näher betrachten wollen, viele Kernreaktionen künstlich erzielt (COCKCROFT und WALTON, FERMI u. a.)

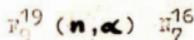
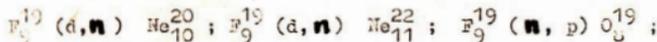
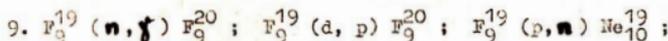
Ergänzen Sie folgende Reaktion und schreiben Sie die Gleichung ausführlich:



Das ist eine wichtige Reaktion zur Erzeugung von Neutronen. Der hier angegebene Reaktionstyp  $(\alpha, n)$  kommt häufig vor. Die wichtigsten Typen sind:

$(n, \gamma)$ ,  $(d, p)$ ,  $(p, n)$ ,  $(d, n)$ ,  $(\alpha, n)$ ,  $(n, p)$ ,  $(n, \alpha)$   
 Dabei ist d ein Isotop des Wasserstoffkernes, der 1 Proton und 1 Neutron enthält, also  $d_1^2$ .

Wenden Sie die angegebenen Reaktionen auf den Kern  $\text{F}_9^{19}$  an!

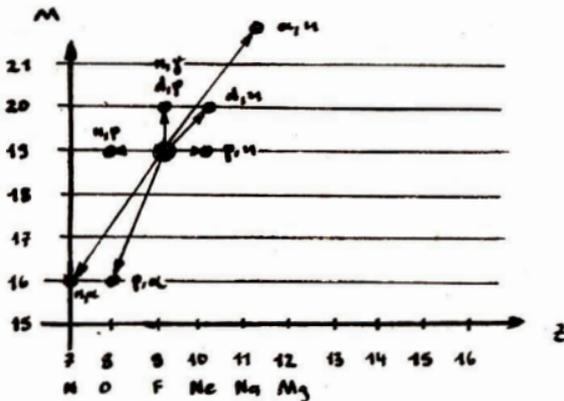


Tragen Sie diese Kerne in das Diagramm ein. Dabei ist M die Massenzahl, B die Ordnungszahl.

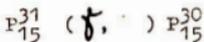
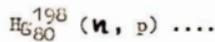
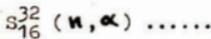
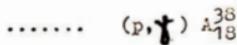
Ein Beispiel ist schon eingetragen worden. Die bei diesen Reaktionen entstandenen Kerne sind meist radioaktiv, man spricht von künstlicher Radioaktivität (im Gegensatz zur natürlichen Radioaktiv).



10.



Ergänzen Sie noch folgende Reaktionen:



### Natürliches Gift im Knollenblätterpilz

In Mitteleuropa verursacht der grüne Knollenblätterpilz tödliche Pilzvergiftungen. Bis jetzt soll es kein Mittel geben, das die Wirkung des Giftes aufhebt. In Frankfurt (Main) fand man in einer Fraktion dieses Giftes eine Substanz, die die Giftwirkung aufhebt.

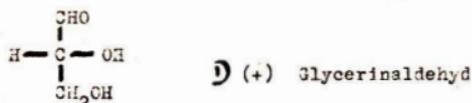
F. Gellerich

5. Studienjahr Chemie

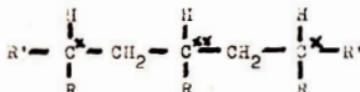
## Stereochemie organischer Polymere (2. Teil)

### 3. Diastereometrie

Verbindungen, die 4 verschiedene Substituenten an einem oder an mehreren C-Atomen tragen, sind optisch aktiv. Ein bekanntes Beispiel ist der Glycerinaldehyd.



Bei Makromolekülen müssen wir beachten, daß sich die in Frage kommenden Zentren im Molekül sehr oft wiederholen.



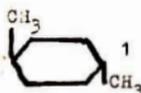
Im Sinne der oben gegebenen Definition, müßten die Kettenenden als unterschiedliche Substituenten angesehen werden. Sonst wären die Bedingungen für asymmetrische Zentren nicht erfüllt. Wären die Reste R' gleichlange Molekülenden, so könnten die beiden Zentren C<sup>\*</sup> als asymmetrisch angesehen werden, denn bei ihnen ist jeweils ein Kettenende um zwei C-Atome länger. Beide Reste unterscheiden sich also in ihrer Länge. Die Kettenenden am mittleren C-Atom C<sup>\*\*</sup> sind jedoch gleich. Dieses Zentrum wäre dann nicht asymmetrisch. In Wirklichkeit gibt es jedoch keine Diskontinuität im Mittelbereich eines Moleküls, da sich jedes asymmetrische C-Atom vom vorhergehenden etwas unterscheidet und immer weniger asymmetrisch wird, je näher man der Molekülmitte kommt.

Der Nobelpreisträger Katta vorallgemeinerte für diese Makromoleküle den Begriff "asymmetrisches Zentrum" und führte den Begriff "diastereomere Zentrum" ein. Betrachten

wir z. B. das 1,4-Dimethylhexan. Es kann in einer trans-Form und in einer cis-Form auftreten.



cis-1,4-Dimethylhexan

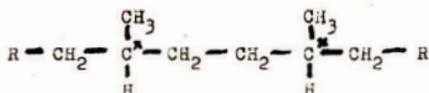


trans-1,4-Dimethylhexan

Es ist nicht einzusehen, warum die beiden Kettenenden am C-Atom  $C_1$  unterschiedlich sein sollen. Das C-Atom  $C_1$  verfügt also nicht über 4 verschiedene Substituenten und ist darum nicht asymmetrisch. Es besteht aber ein Unterschied, ob die Methylgruppe am  $C_1$ -Atom nach oben oder nach unten steht. Wir bezeichnen das Atom  $C_1$  als diastereomeres Zentrum. Ein Atom ist diastereomer, wenn beim Austausch zweier Substituenten das Molekül in sein Diastereomeres übergeht. Das Atom kann asymmetrisch sein. Die Diastereomerie ist aber nicht an die Asymmetrie gebunden.

Natta vergleicht den theoretischen Grenzfall des unendlich langen Moleküls mit cyclischen Verbindungen. Der Kreis und die unendliche Gerade haben die Eigenschaft gemeinsam unbegrenzt zu sein. Beide haben keinen Anfang und kein Ende.

Dem 1,4-Dimethylhexan entspricht danach das folgende Makromolekül:



Die Atome  $C^*$  sind in diesem Makromolekül diastereomer, weil die Kettenenden als gleich angesehen werden.

Es gibt 3 grundlegende Möglichkeiten der Anordnung von Substituenten in Makromolekülen mit diastereomeren Zentren.

### 3.1. Das isotaktische Makromolekül

Ein Makromolekül ist isotaktisch, wenn alle diastereomeren Zentren entweder nur in der D-Form oder nur in der L-Form vorliegen.

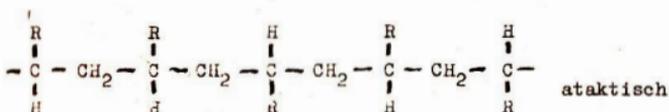
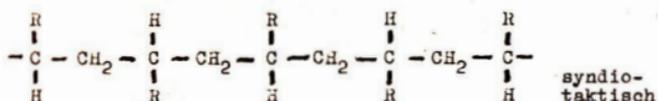
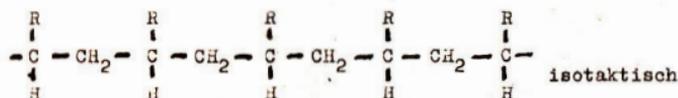
### 3.2. Das syndiotaktische Makromolekül

Ein Makromolekül ist syndiotaktisch, wenn alle diastereomeren Zentren abwechselnd (alternierend) in der L-Form oder in der D-Form vorliegen.

### 3.3. Das ataktische Makromolekül

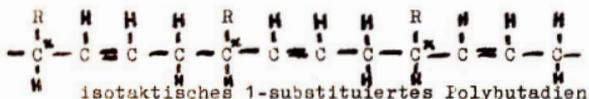
Beim ataktischen Makromolekül sind die Substituenten statistisch regellos räumlich verteilt.

Die folgenden Darstellungen sollen dies verdeutlichen.



## 4. Optische Aktivität an Polymeren

Es sind schon zahlreiche Klassen optisch aktiver Polymere dargestellt worden. Betrachten wir z. B. isotaktisches 1-substituiertes Polybutadien.



In diesem Molekül sind die C-Atome C\* eindeutig asymmetrisch. Die Molekülreste sind unterschiedlich, wie man an der Lage der Doppelbindungen sehen kann. Die analoge

cyclische Verbindung ist nach Natta das 1-substituierte Cyclobuten. Auch im Cyclobuten ist das C-Atom  $C^*$  asymmetrisch.



1-substituiertes Cyclobuten

Anschließend wollen wir uns an einem Beispiel die praktische Bedeutung stereochemischer Untersuchungen an Makromolekülen verdeutlichen. Ein weit verbreitetes synthetisches Polymer ist das Polyvinylchlorid (PVC) mit der Strukturformel  $(-CH_2-CHCl-)$ .

Es wird aus Vinylchlorid ( $CH_2=CHCl$ ) durch radikalische Polymerisation dargestellt. Dieses PVC ist ataktisch. Die Glasstemperatur liegt bei  $80^\circ C$ . Wird ein Polymer auf seine Glasstemperatur erwärmt, verformt es sich, d. h. es wird plastisch. Gegenstände aus PVC dürfen also nicht mit kochendem Wasser in Berührung kommen, ohne daß sie ihre Form verlieren.

Es gelang nun kürzlich, PVC von überwiegend syndiotaktischer Struktur herzustellen. Dieses hat eine Glasstemperatur von über  $100^\circ C$ .

So kann jetzt der Anwendungsbereich von PVC wesentlich erweitert werden.

### ***In Zukunft farbige Röntgenbilder***

Kürzlich wurde eine Methode gefunden, die es gestattet, farbige Röntgenbilder aufzunehmen. Hierzu werden drei verschiedene Aufnahmen gemacht:

1. Gesamtsituation,
2. Nach Einspritzung eines Kontrastmittels in die Hauptarterie,
3. Nach Kennzeichnung der Venen mit Kontrastinjektion.

Durch elektronische Bildsubtraktion werden die beiden Kontrastaufnahmen von dem ersten Bild optisch abgezogen. Dann wird das arterielle und venöse Bild der Gefäße in unterschiedlichen Farben übereinanderprojiziert.

Damit ist es möglich geworden, z.B. Durchblutungsstörungen zu analysieren.

## Aufgaben

1. Man zeige, daß eine an einem Faden aufgehängte Masse nur dann als mathematisches Pendel betrachtet werden kann, wenn die Auslenkungen aus der Ruhelage (Elongationen) sehr klein sind.

Hinweise:

Der Faden ist als masselos zu betrachten. Man versuche, die Schwingungsgleichung des mathematischen Pendels

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + \frac{g}{l}\varphi = 0 \quad \text{herzuleiten.}$$

$l$  ... Länge des Fadens

2. Zwei Schiebewiderstände  $R_1 = 120 \Omega$  und  $R_2 = 180 \Omega$  liegen parallel an einer Spannungsquelle von 20 V. Der Schieber des ersten Widerstandes teilt diesen im Verhältnis 2:3, der zweite Widerstand wird von seinem Schieber im Verhältnis 3:1 geteilt. Welche Spannung zeigt das in der Brücke zwischen den beiden Schiebern liegende Voltmeter an?
3. Wie tief ist ein Brunnen, wenn man nach 5 sec den Aufschlag eines Steines hört, der vom Rand des Brunnens hineingeworfen wurde?  
(Schallgeschwindigkeit  $v_s \approx 340 \text{ ms}^{-1}$ ,  $g \approx 10 \text{ ms}^{-2}$ .)

Aufgabe 1	$\hat{=}$	11. bis 12. Klasse
Aufgabe 2	$\hat{=}$	10. Klasse
Aufgabe 3	$\hat{=}$	9. Klasse

**Die Lösungen der Aufgaben aus Heft 3 und 4 erscheinen im Heft 6**

## „impuls 68“-Lexikon

**Das Positronium** ist ein Atom ganz besonderer Art. Es hat keinen gewöhnlichen Atomkern, der aus Protonen und eventuell noch Neutronen besteht, sondern seinen Kern bildet ein Positron - das Antiteilchen des Elektrons. Damit ist es 920 mal leichter als das Wasserstoffatom. Das Positronium existiert in zwei verschiedenen Modifikationen, die sich unter anderem in ihrer Lebensdauer unterscheiden. Während Positronium-Atome der einen Art  $10^{-7}$  sec existieren, sind die der anderen Art sogar nur  $10^{-10}$  sec stabil. Nach Ablauf dieser Zeit zerstrahlen diese Atome in  $\gamma$ -Quanten. Das Positronium dient der Wissenschaft, besonders der Chemie, zur Untersuchung von Stoffen und Reaktionen.

Es gibt übrigens auch noch andere Atome, deren Kerne nicht durch Protonen gebildet werden. So können zum Beispiel  $\pi$ - oder  $\mu$ -Mesonen die sogenannten Mesoaatome, die nur ein Zehntel der Masse des Wasserstoffatoms haben.

**Ein Brutreaktor** ist ein Atomreaktor, der aus dem schwer spaltbaren  $U^{238}$  mehr spaltbares Material ( $U^{233}$  z.B.) erzeugt, als gleichzeitig bei der Energieerzeugung verbraucht wird. In einem normalen "Thermischen Reaktor" werden die bei der Kernspaltung entstehenden schnellen Neutronen in einem Moderator abgebremst, wodurch langsame "thermische" Neutronen entstehen, deren Kernreaktionen mit den leicht spaltbaren  $U^{235}$ ,  $U^{233}$  oder  $Pu^{239}$  zur Energieerzeugung ausgenutzt werden.

"Schnelle" Brutreaktoren arbeiten mit den schnellen, nichtabgebremsten Neutronen, deren Reaktionen mit dem schwer spaltbaren  $U^{238}$  oder  $Th^{232}$ , die z.B. im Mantel des Reaktors eingebaut sein können, leicht spaltbares  $U^{233}$  oder  $Pu^{239}$  erzeugen. Dadurch vergrößert sich der "Brennstoff" der Brutreaktoren laufend. Erst die Entwicklung von Brutreaktoren wird die effektive Ausnutzung des zur Verfügung stehenden Urans ermöglichen.



# impuls 68



Schülerzeitschrift für Physik,  
Chemie und Biologie

3. Jahrgang (1969/70)

Heft

6

**impuls 68:** Monatszeitschrift für Schüler der 9. bis 12. Klassen

**Herausgeber:** FDJ-Aktiv der Sektion Physik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

**Redaktion:** Dipl.-Phys. H.-D. Jähmig (Chefredakteur), Dr. K. Jupe, Dipl.-Chem. I. Pfaff, Dipl.-Phys. G. Sommer, N. Summa, D. Gröll, M. Seifert, W. Dänhardt, A. Christler, W. Kotte, R. Rost, H. Pöbel

**Anschrift:** „impuls 68“  
69 Jena  
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich (September bis Juni) zum Preise von 0,40 M  
Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen an unsere Adresse.

Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR

<b>Inhalt:</b>	<b>Seite</b>
Fragen	3
Maxwellgleichung I	4
Bau der Atomkerne II	11
Sauerstofffluoride	17
e-Funktion	18
Neues vom Mond	24
Physik in Jena	26
Aufgaben und Lösungen	30
<b>Titelblatt:</b> Bakteriophage	

## Fragen an den „Referenten“

1. Erkennt der Referent an, daß die Philosophie des **Marrismus** der **dialektische Materialismus** ist? Wenn nicht, warum hat er sich dann nicht ein **einziges Mal** mit den unzähligen diesbezüglichen **Außerungen** von Engels auseinandergesetzt? .....
2. Erkennt der Referent die von Engels vorgenommene grundlegende Einteilung der philosophischen Systeme in **Materialismus** und **Idealismus** an, wobei Engels die **Linie Humes** in der neueren Philosophie als eine **mittlere**, zwischen **Materialismus** und **Idealismus** **schwankende** bezeichnet, sie "**Agnostizismus**" nennt und den **Kantianismus** als eine Spielart des **Agnostizismus** betrachtet?
3. Erkennt der Referent an, daß der Erkenntnistheorie des **dialektischen Materialismus** die **Anerkennung** der **Außenwelt** und deren **Widerspiegelung** im **Kampf** des **Menschen** zugrunde liegt?
4. Erkennt der Referent Engels Behauptung, daß "**die wirkliche Einheit der Welt** in ihrer **Materialität** besteht", als richtig an? .....
5. Erkennt der Referent Engels Behauptung, daß "**Materie ohne Bewegung** ebenso **undenkbar** ist wie die **Bewegung ohne Materie**", als richtig an? .....
6. Erkennt der Referent an, daß die **Idee** der **Kausalität**, der **Notwendigkeit**, der **Gesetzmäßigkeit** usw. die **Widerspiegelung** der **Gesetze** der **Natur**, der **wirklichen Welt**, im **Kopf** des **Menschen** ist? Oder hatte Engels **unrecht** mit dieser Behauptung? .....

Aus "Zehn Fragen an den Referenten"

W.I. Lenin, Bd. 14, S. 5. 6, Dietz Verlag Berlin 1968

## Maxwellgleichungen (I)

Wohl jedem sind die Erscheinungen der gegenseitigen Anziehung oder Abstoßung zweier elektrisch geladener Körper, die Kraftwirkung von natürlichen und Elektromagneten und die Induktion bekannt. Für die Physik stellt sich jetzt die Frage, ob man diese Vielzahl von Erscheinungen in einem Gesamtsystem der Beschreibung erfassen kann. Dieses System soll einen möglichst hohen Abstraktionsgrad haben, d.h. es soll mit einer minimalen Zahl an Definitionen und Voraussetzungen auskommen, und trotzdem allgemeingültig sein, d.h. auf jede der bekannten Erscheinungen anwendbar. Um einen Weg zu dieser Theorie zu finden, gehen wir von der Paradayschen Vorstellung der Felder, ihrer Bewegung, gegenseitigen Beeinflussung und der Wechselwirkung mit ihren Quellen aus. Diese gesamte Theorie nennt man Elektrodynamik. Das bestimmende Moment in der Elektrodynamik ist die Feldvorstellung, d.h. jedem Punkt des Raumes wird eine bestimmte Eigenschaft zugesprochen. Wir haben es in der Elektrodynamik mit Vektorfeldern zu tun, das sind Felder, bei denen jedem Punkt eine Größe mit den Bestimmungsstücken Betrag (Länge, Stärke) und Richtung zugeordnet wird. Wir wollen uns nun mit den einzelnen Feldern näher beschäftigen.

Die elektrische Feldstärke  $\vec{f}$  :

Bringen wir eine Probeladung  $Q'$  in ein elektrisches Feld der Feldstärke  $\vec{f}$ , so wird auf sie eine Kraft  $\vec{F}$  ausgeübt

$$\vec{F} = Q' \cdot \vec{f} \quad \rightarrow$$

$$\vec{f} = \frac{\vec{F}}{Q'}$$

Unter seiner Probeladung verstehen wir eine solche Ladung, die zwar eine Ladung besitzt, aber das auszumessende Feld nicht stört. Exakter müssen wir also schreiben:

$$\vec{J} = \lim_{q' \rightarrow 0} \frac{Q}{Q'} \quad (\text{Definition})$$

Als Beispiel soll hier das Feld einer Punktladung berechnet werden. Als bekannt wird das Coulombsche Gesetz vorausgesetzt:

$$P = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q \cdot Q'}{r^2}$$

$$E = \frac{P}{Q'} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

Aus der Symmetrie des Problems und der Richtung der Kraft erkennt man, daß E in radialer Richtung wirkt

$$E_r = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2}$$

oder 
$$\vec{J} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \cdot \vec{r}$$

Die Verschiebung  $\vec{J}$ :

Die Verschiebung wird über die Erscheinung der Influenz definiert. Führt man in ein Feld der Verschiebung  $\vec{J}$  ein Plattenpaar mit der Fläche F ein und stellt die Platten senkrecht zu den Feldlinien, so wird auf den Platten die Ladung Q influenziert.

$$D = \frac{Q}{F}$$

Die Richtung von  $\vec{J}$  ist durch die Richtung der Flächennormalen (Senkrechte auf Fläche) gegeben, bei der die maximale Ladung influenziert wird.

Im Gegensatz zur Feldstärke  $\vec{E}$  ist die Verschiebung  $\vec{D}$  unmittelbar mit den Quellen des Feldes, den Ladungen, verknüpft! Im Vakuum gilt  $\vec{D} = \epsilon_0 \cdot \vec{E}$

Die magnetische Feldstärke  $\vec{H}$  :

Die magnetische Feldstärke wird definiert durch die Beziehung  $\oint \vec{H} \cdot d\vec{r} = I$  im statischen (zeitunabhängigen) Fall. Das Feld  $\vec{H}$  wird also mit seinen Quellen, den Strömen, verknüpft. Dies wird auch als Ampereschleifen Verknüpfungsgesetz bezeichnet. Als Beispiel wollen wir das Feld eines geraden unendlich langen stromdurchflossenen Leiters berechnen:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{r} = H \cdot 2\pi r = I \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{l} r - \text{Leiter-} \\ \text{länge} \end{array}$$

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad \begin{array}{l} I - \text{Strom-} \\ \text{stärke} \end{array}$$

Die magnetische Induktion  $\vec{B}$  :

Das Magnetfeld wird hier nicht durch die erzeugenden Ströme, sondern durch einen Spannungsstoß der nach dem Induktionsgesetz entsteht charakterisiert. Wird bei der Bewegung von linearen Leitern im Magnetfeld in der Zeit  $dt$  die senkrecht zum Feld stehende Fläche  $dF$  überstrichen und die Spannung  $U$  erzeugt, so ist

$$B = \frac{U dt}{dF}$$

Im Vakuum gilt die Beziehung  $B = \mu_0 \cdot H$

Nachdem nun die wichtigsten Begriffe geklärt sind, soll das Induktionsgesetz etwas umformuliert werden.

Es gilt

$$U = - \frac{d}{dt} \int_F \vec{B} \cdot d\vec{f}$$

Betrachten wir nun die Arbeit im elektrischen Feld.  
Dabei ist der Integrationsweg, der Weg, der die Fläche  $F$  umrandet.

$$A = \int \vec{E} \cdot d\vec{w} = Q \int \vec{E} \cdot d\vec{w} \quad (\text{siehe auch } A = P \cdot t !)$$

weiterhin gilt  $A = Q \cdot U$

Daraus folgt  $U = \int \vec{E} \cdot d\vec{w}$

Man kann also schreiben

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{w} = - \frac{d}{dt} \int_F \vec{B} \cdot d\vec{f} \quad (1)$$

Dies ist eine der Maxwell'schen Gleichungen.

Stellen wir uns nun eine geschlossene Fläche vor, die durch die Kurve  $\mathcal{K}$  in zwei Teile zerlegt wird.



Da beide Teilflächen denselben Rand haben folgt aus (1)

$$\left| \frac{d}{dt} \phi_1 \right| = \left| \frac{d}{dt} \phi_2 \right| \quad \text{mit} \quad \phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{f} \quad (\text{siehe Heft 5})$$

Unter Berücksichtigung der Normalenrichtung erhält man

$$\frac{d}{dt} (\phi_1 + \phi_2) = 0 \quad \Rightarrow \quad \phi_1 + \phi_2 = \text{const.}$$

Da die Kurve  $\mathcal{K}$  völlig beliebig gelegt werden kann, muß gelten  $\phi_1 + \phi_2 = 0$  oder

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{f} = 0 \quad (2)$$

Dieses Ergebnis kann man auch so deuten, daß keine magnetischen Einzelpole existieren, d.h. die Induktions-

Linien haben keine Quellen und Senken, sind also in sich selbst geschlossen. In eine geschlossene Fläche führen deshalb genauso viele Linien hinein wie wieder heraus.

Betrachten wir eine Punktladung  $Q$  und stellen um diese herum eine Metallkugel die geerdet ist. Im Außenraum ist nun kein Feld, d.h. es erscheint als ob keine Ladung vorhanden wäre. Die Punktladung und die induzierte Ladung auf der Kugel heben sich also gegenseitig auf. Es gilt

$$D = \epsilon_0 \cdot E = \frac{1}{4\pi} \frac{Q}{r^2} \quad \text{und} \quad \frac{Q_{\text{ind}}}{F_{\text{Kugel}}} = \frac{Q}{4\pi r^2}$$

Wir erkennen also:

$$D = \frac{Q}{F}$$

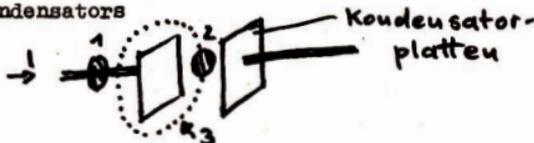
$$D \cdot F = Q$$

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{f} = Q \quad (3)$$

Für zeitunabhängige Vorgänge kennen wir schon die Beziehung

$$\oint \vec{j} \cdot d\vec{\sigma} = J$$

Wie verhält sich das aber nun bei zeitabhängigen Vorgängen. Betrachten wir als Beispiel die Aufladung eines Kondensators



Betrachten wir die Fläche 1: Durch sie fließt offensichtlich der Ladestrom  $J$ . Es gilt  $\oint \vec{j} \cdot d\vec{\sigma} = J$ .

Wie ist dies aber nun mit Kurve 2. Legen wir die Fläche zwischen die Kondensatorplatten, so gilt offensichtlich

$\oint \vec{j} \cdot d\vec{\sigma} = 0$ . Doch was geschieht, wenn wir die Fläche so ausbeulen, daß sie den Strom wieder umfaßt (3).

Nun gilt wieder  $\oint \vec{h} \cdot d\vec{s} = J$ . Dies ist ein offensichtlicher Widerspruch, den erst Maxwell durch die Einführung des sogenannten Verschiebungsstromes lösen konnte. Ein anschaulicher Weg dazu ist etwa folgender: Es gilt

$$J = \frac{dQ}{dt}$$

und weiterhin  $Q = D \cdot F$

also  $J = \frac{d}{dt} (D \cdot F)$

in allgemeiner Formulierung  $J_{\text{Verschiebung}} = \frac{d}{dt} \int \partial d\vec{f}$

Damit können wir das Gesetz in seiner allgemeingültigen Form aufschreiben:

$$\boxed{\oint \vec{h} \cdot d\vec{s} = I + \frac{d}{dt} \int \partial d\vec{f}} \quad (4)$$

Nunmehr haben wir alle Gesetze erfaßt, um die elektrischen und magnetischen Felder zu beschreiben.

$$\left| \begin{array}{ll} \oint \vec{h} \cdot d\vec{s} = I + \frac{d}{dt} \int \partial d\vec{f} & \oint \partial d\vec{f} = Q \\ \oint \vec{e} \cdot d\vec{s} = -\frac{d}{dt} \int \mathcal{L} d\vec{f} & \oint \mathcal{L} d\vec{f} = 0 \end{array} \right|$$

Dies sind die 4 Maxwellgleichungen in integraler Form. Diese Gleichungen geben nur Auskunft über die Verhältnisse längs Kurven oder Flächen, aber nicht für jeden einzelnen Punkt. Sie sind zur Lösung spezieller Probleme nur geeignet, wenn diese eine hohe Symmetrie aufweisen. Wir wollen uns aber auf die Maxwell'schen Gleichungen in Integralform beschränken. Die Gleichungen in differentieller Form würden ein Mehrfaches an mathematischem Aufwand erfordern.

Zur Berechnung spezieller Probleme muß man noch die sogenannten Materialgleichungen heranziehen, z.B.:

$$\begin{aligned} \mathcal{D} &= \epsilon \mathcal{E} & \epsilon &= \text{Dielektrizitätskonstante des Mediums} \\ \mathcal{B} &= \mu \mathcal{H} & \mu &= \text{Permeabilität des Mediums} \\ \vec{j} &= \sigma \mathcal{E} & & \text{Ohmsches Gesetz, } \sigma = \text{spez. Leitfähigkeit} \end{aligned}$$

Auf Grund der Maxwellschen Gleichungen entdeckte man die elektromagnetischen Wellen und war dadurch in der Lage, die Optik auf eine völlig neue Grundlage zu stellen.

Zum völligen Verständnis dieses Artikels ist es ratsam, folgende Abhandlungen in der Reihenfolge nochmals zu lesen:

Differentialrechnung I	Heft 3
" II	" 4
Feldtheorie	" 4
Kurven- u. Oberflächenintegr.	" 5
Induktionsgesetz	" 5

## Die aktuelle „impuls“-Umfrage:

### Ist Physik und Mathematik zu schwer für Mädchen?

Immer wieder hört man in der Oberschule das Argument, daß einige Fächer, besonders Physik und Mathematik, für Mädchen zu schwierig und daher die "schlechten" Noten in diesen Fächern zu erklären sind.

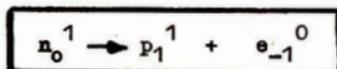
Was sagt Ihr dazu? Ist dieses Argument begründet oder suchen sich die Mädchen hier eine billige Ausrede? Bitte beteiligt Euch an unserer Diskussion (auch die Jungens sind angesprochen). Die interessantesten Einsendungen werden wir veröffentlichen und entsprechend honorieren.

Dr. Klaus lupe

Oberassistent an der Sektion Mathematik

## Der Bau der Atomkerne (II)

Im vorigen Heft hatten wir im Überblick den Kernbau und die wichtigsten Typen von Kernumwandlungen kennengelernt. Dabei ergibt sich sofort die Frage, wieso eine  $\beta$ -Umwandlung von Kernen (Aussendung eines Elektrons) möglich ist, da doch der Atomkern aus Protonen und Neutronen besteht, also überhaupt keine Elektronen enthält. Die austretenden Elektronen sind auch tatsächlich vor dem Zerfall nicht im Kern vorhanden (genausowenig, wie die Lichtquanten vor ihrer Aussendung in der Atomhülle), sondern sie entstehen erst im Augenblick des Zerfalles, indem ein Neutron zerfällt:

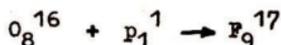
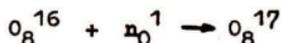


Es entsteht also ein Proton und ein Neutron, wobei selbstverständlich Gesamtladung und -masse erhalten bleiben. Das bedeutet, wir müssen das Neutron als instabiles (radioaktives) Teilchen bezeichnen, es hat eine Halbwertszeit von 12 Minuten. In der heutigen Kernphysik sieht man überhaupt Proton und Neutron nicht mehr als zwei verschiedene Teilchen im Kern an, sondern als zwei verschiedene Zustände eines Teilchens, das man Nukleon nennt.

Wir hatten ferner festgestellt, daß es stabile und radioaktive Isotope der verschiedenen Elemente gibt (abgesehen von den Elementen mit Ordnungszahlen größer als 83, die nur radioaktive Isotope besitzen; wir kommen noch auf diese zu sprechen). Die angegebene Tabelle enthält einen Teil dieser "Nuklide" (Ordnungszahlen  $Z = 8$  bis  $Z = 11$ ), ihre Gesamtzahl für alle Elemente liegt bei 1000 und wird durch Erzeugen neuer Nuklide ständig vergrößert. Angegeben ist in der Tabelle die Ordnungszahl  $Z$ , das Element und die Massenzahl  $A$ . Die 4. Spalte gibt die Häufigkeit des Isotopes

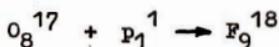
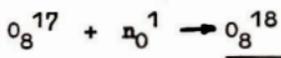
im natürlichen Isotopengemisch in Prozent an, d.h. in der Natur vorkommender Sauerstoff z.B. enthält 99,76 %  $O_8^{16}$ , 0,20 %  $O_8^{17}$  und 0,04 %  $O_8^{18}$ . Radioaktive Isotope sind mit R gekennzeichnet, dabei ist bei einigen die Art der Strahlung und die Höchstenergie derselben in MeV angegeben. Bei  $\beta^-$ -Strahlen werden Elektronen ( $e_{-1}^0$ ) emittiert, bei  $\beta^+$ -Strahlen Positronen ( $e_{+1}^0$ ).

Um einen Überblick zu gewinnen, welche Nuklide stabil sind, wollen wir vom am häufigsten vorkommenden Sauerstoffisotop  $O_8^{16}$  ausgehen. Dieser Kern enthält 8 Protonen und 8 Neutronen. Man kann aus diesem Kern durch Hinzufügen eines Protons oder eines Neutrons einen schweren Kern aufbauen. Man erhält folgende Kerne:

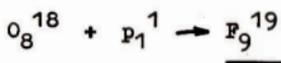
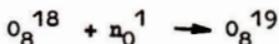


Z	El.	A	Häufigkeit in % (bzw. Rad.)
8	O	14	R
		15	R
		16	99,76
		17	0,20
		18	0,04
		19	R ( $\beta^-/32$ MeV)
9	F	17	R ( $\beta^+ / 1,75$ MeV)
		18	R ( $\beta^+ / 0,65$ MeV)
		19	100
		20	R ( $\beta^- / 5,4$ MeV)
10	Ne	18	R
		19	R
		20	90,92
		21	0,26
		22	8,82
		23	R ( $\beta^-/4,4$ MeV)
11	Na	21	R ( $\beta^+ / 2,5$ MeV)
		22	R ( $\beta^+ / 0,54$ MeV)
		23	100
		24	R
		25	R

Ein Blick auf unsere Tabelle zeigt, daß das Nuklid  $O_8^{17}$  stabil ist, während  $F_9^{17}$  radioaktiv ist (Energie der Strahlung 1,75 MeV). Beim weiteren Hinzufügen eines Teilchens erhält man

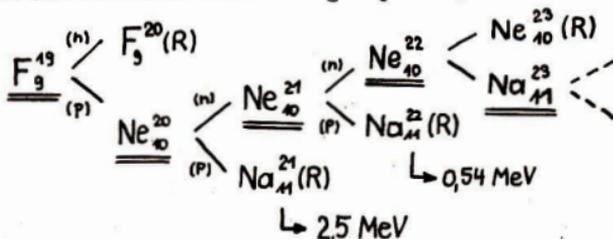


Auch hier ist der Sauerstoff stabil, aber der Fluorkern zerfällt schon weniger intensiv; die Strahlungsenergie beträgt nur 0,65 MeV. In der nächsten Stufe ergeben sich



Diesmal ist das Fluorisorotop stabil.

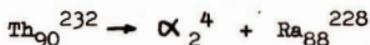
In den weiteren Stufen folgen jeweils:



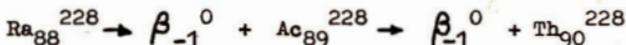
Man kann also zu einem Nuklid jeweils entweder ein Proton oder ein Neutron hinzufügen (von Fällen, in denen beides möglich ist, wollen wir hier absehen). Daraus und aus weiteren Befunden leitet sich die Erkenntnis ab, daß genau wie in der Elektronenhülle jedes neu hinzu kommende Teilchen so angebaut wird, daß es den Zustand niedrigster

potentieller Energie einnimmt, der noch frei ist. Das ist entweder ein Protonen- oder ein Neutronenzustand. Wird das "falsche" Teilchen eingebaut, dann erfolgt anschließend radioaktive Umwandlung mit Energieabgabe. Man kann unserer Tabelle weiter entnehmen, daß die Nuklide stabil sind, bei denen die Zahl der Neutronen etwa gleich der Protonenzahl ist (das gilt allerdings für schwerere Kerne nicht mehr). Daraus ergibt sich, daß jeweils ein Proton und ein Neutron besonders eng verbunden sind, man spricht vom "Modell der paarweisen Wechselwirkung".

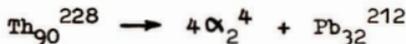
Es wurde schon gesagt, daß die schweren Nuklide ( $Z > 83$ ) durchweg instabil sind. Die Zerfallsprodukte zerfallen weiter, so daß ganze radioaktive Familien entstehen. Betrachten wir z.B. die Thoriumfamilie. Sie beginnt mit  $\text{Th}_{90}^{232}$ , einem  $\alpha$ -Strahler:



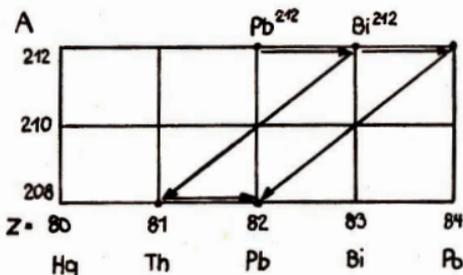
Es folgt zweimaliger  $\beta$ -Zerfall:



Dann viermal nacheinander  $\alpha$ -Zerfall. Wir wollen die Zwischenstufen übergangen, Sie können sich zur Übung die Reaktionsgleichungen selbst aufstellen.



Wir erhalten **Blei**, aber ein radioaktives Isotop. Den weiteren Zerfall wollen wir (vgl. Impuls Heft 4) im Z-A-Diagramm darstellen, dh. wir tragen Ordnungszahl und Massenzahl auf.

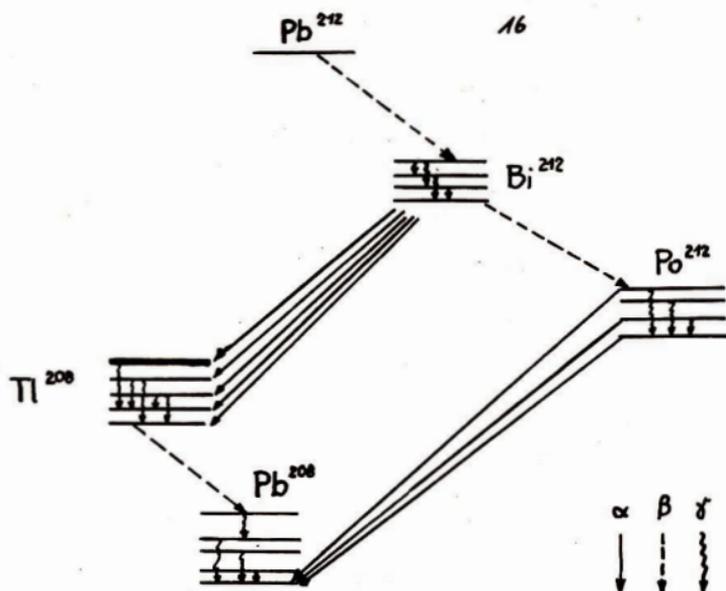


Unser Kern  $\text{Pb}_{82}^{212}$  zerfällt als  $\beta$ -Strahler. Der entstehende Kern  $\text{Bi}_{83}^{212}$  kann entweder durch  $\alpha$ -Zerfall und anschließenden  $\beta$ -Zerfall (so zerfallen 36 % aller  $\text{Bi}^{212}$ -Kerne) oder umgekehrt (64% der Kerne) zerfallen. In beiden Fällen ist das Endprodukt das stabile Isotop  $\text{Pb}_{82}^{208}$ .

Bei der Messung der Energie der ausgesandten  $\alpha$ - und der damit verbundenen  $\gamma$ -Strahlung macht man nun die interessante Feststellung, daß die Strahlung nicht nur aus einer sondern aus mehreren Komponenten verschiedener Energie besteht (von der  $\beta$ -Strahlung wollen wir absehen, dort sind die Verhältnisse komplizierter). Andererseits ist nicht zu bezweifeln, daß sich die Kerne eines Nuklids, die nicht gerade im Zerfall begriffen sind, im gleichen Zustand befinden. Wenn also z.B. der Kern  $\text{Bi}_{83}^{212}$  beim  $\alpha$ -Zerfall Teilchen mit 5 verschiedenen Energien aussendet, dann müssen auch  $\text{TL}_{81}^{208}$ -Kerne mit 5 Energiezuständen entstehen. Diese geben dann ihre überschüssige Energie in Form von  $\gamma$ -Quanten ab, um in den Zustand niedrigster Energie (Grundzustand) zu gelangen. Die folgende Abbildung gibt diesen Sachverhalt für den oben dargestellten Teil der Thorium-Familie wieder.

## Elektronenvolt (eV)

Unter 1 eV versteht man die Energiemenge, die ein Elektron nach dem Durchlauf einer Spannungsdifferenz von 1 V besitzt. Diese Maßeinheit wird hauptsächlich in der Atom- und Kernphysik verwendet.



81 (Tl)

82 (Pb)

83 (Bi)

84 (Po)

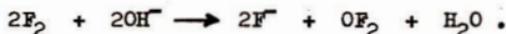
Jeder horizontale Strich bedeutet einen möglichen Energiezustand, d.h. das Nuklid  $Tl_{81}^{208}$  kann 5 verschiedene Zustände annehmen. Die Umwandlungsvorgänge verlaufen dabei stets so, daß die Energie abnimmt (d.h. abgegeben wird), die Pfeile laufen "bergab".

Mit dieser Darstellung ergibt sich eine Analogie zu den Energiezuständen der Atomhülle, für die man ähnliche "Termschemata" zeichnet. Diese Analogie geht sogar noch wesentlich weiter, als wir hier darstellen können. In der Hülle kann man diese Energiezustände anschaulich durch die Bohr'schen Bahnen (vgl. Impuls, Jg. 2, Heft 7) deuten, während wir über den Kern heute noch recht wenig wissen.

Trotzdem ist es auch hier gelungen, verschiedene Modelle aufzustellen, u.a. ein der Elektronenhülle analoges "Schalenmodell", auf das wir aber hier nicht eingehen können.

## Sauerstofffluoride

Wegen der größeren Elektronegativität des Fluors heißen die binären Fluor-Sauerstoff-Verbindungen nicht Fluoroxide, sondern Sauerstofffluoride. Nachdem die Sauerstoffverbindungen der anderen Halogene schon länger bekannt waren, wurde 1928 erstmals Sauerstoffdifluorid dargestellt. Sauerstoffdifluorid,  $\text{OF}_2$ , entsteht beim Durchleiten von Fluor durch verd.  $\text{NaOH}$ :



Es ist ein blaßgelbes, giftiges Gas, das mit  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  und  $\text{CO}$  bei Entzündung explodiert und mit Wasser zu  $\text{O}_2$  und  $\text{HF}$  reagiert. Metalle und Nichtmetalle werden durch  $\text{OF}_2$  fluoriert und bzw. oder oxydiert. In einer elektrischen Entladung entsteht mit Xenon ein Gemisch von Oxiden und Fluoriden.

Die anderen Sauerstofffluoride erhält man bei Hochspannungsentladungen in geeigneten Gemischen von  $\text{O}_2$  und  $\text{F}_2$  bei 10–20 Torr und 77–90°K.

Disauerstoffdifluorid,  $\text{O}_2\text{F}_2$ , ist unterhalb 109,7°K fest und gelborange gefärbt. Bei -50°C zerfällt es in  $\text{O}_2$  und  $\text{F}_2$  und ist ein äußerst wirksames Oxydations- und Fluorierungsmittel.

$\text{O}_3\text{F}_2$  ist bei 90°K eine dunkelrote Flüssigkeit und zerfällt oberhalb 114°K.

$\text{O}_4\text{F}_2$  ist eine bei 77°K feste rotbraune Substanz, die noch nicht näher untersucht wurde.

Sauerstoffsäuren oder deren Salze existieren beim Fluor nicht.

## Die e-Funktionen und ihre physikalische Bedeutung

Die Exponentialfunktionen  $f(x) = e^x$  und  $g(x) = e^{-x}$  werden oft auch kurz als e-Funktion bezeichnet, dabei ist e die Eulersche Zahl:

$$e = 2,71828\dots$$

Im Folgenden wollen wir uns mit den wichtigsten Eigenschaften dieser Funktion befassen, und wir werden an einigen Beispielen sehen, welche physikalische Bedeutung diese Eigenschaften haben.

Zuerst werden wir den Kurvenverlauf von  $f(x) = e^x$  betrachten. Wie man sich leicht überlegen kann, gilt:

$$f(x) = e^x > 0 \quad \text{für alle } x.$$

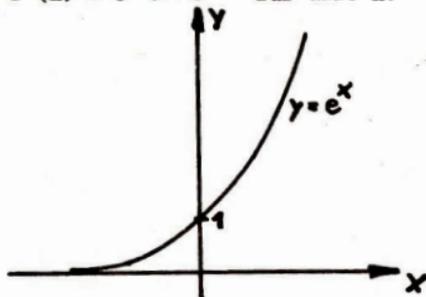


Abb. 1

Für  $x \rightarrow -\infty$  nähert sich  $f(x)$  asymptotisch der x-Achse. An der Stelle  $x = 0$  nimmt die Funktion den Wert 1 an, und für große  $x$  wächst sie über alle Grenzen. Die markanteste Eigenschaft dieser Funktion ist aber die Tatsache, daß sie gleich ihrer 1. Ableitung und folglich auch gleich allen weiteren Ableitungen ist, d. h. der Anstieg der Tangente an diese Kurve in einem Punkt ist gleich dem Funktionswert

für diesen Punkt:

$$f'(x) = \frac{d}{dx} (e^x) = e^x \quad (1)$$

Zum Beispiel ist der Anstieg im Punkt  $(0,1)$  gleich 1, d.h. die Kurve durchsetzt die y-Achse unter einem Winkel von  $45^\circ$ , da  $\tan 45^\circ = 1$  ist.

Aus (1) folgt:

$$\int e^x dx = e^x + C \quad C = \text{const.} \quad (1 \text{ a})$$

Die Gleichung (1 a) läßt sich durch Differenzieren sofort auf (1) zurückführen.

Da  $f(x) = f'(x) = f''(x) = e^x > 0$  für alle  $x$  gilt, besitzt diese Funktion keine relativen Extremwerte und keine Wendepunkte. Sie ist im gesamten Definitionsbereich streng monoton wachsend,

d. h. aus  $x_1 < x_2$  folgt  $f(x_1) = e^{x_1} < f(x_2) = e^{x_2}$  und umgekehrt.

Für die e-Funktion  $g(x) = e^{-x}$  sind die Verhältnisse ganz ähnlich. Es gilt gleichfalls  $g(x) > 0$  für alle  $x$ , wobei für  $x \rightarrow -\infty$  die Funktion über alle Grenzen wächst und sich für  $x \rightarrow +\infty$  asymptotisch der x-Achse nähert. Aus den Formeln (1) und (1 a) folgen unter Beachtung der Kettenregel die Formeln (2) und (2 a):

$$\frac{d}{dx} (e^{-x}) = -e^{-x} \quad (2)$$

$$\int e^{-x} dx = -e^{-x} + C \quad C = \text{const.} \quad (2 \text{ a}) \quad \longrightarrow$$

Einst wurde Frau Einstein gefragt:

"Verstehen Sie eigentlich die Relativitätstheorie Ihres Mannes?"

"Nein", gestand sie. "Aber ich kenne meinen Mann und weiß, daß man sich auf ihn verlassen kann!"

Wegen  $g'(x) = -e^{-x} < 0$  für alle  $x$  ist diese Funktion streng monoton fallend,

d. h. aus  $x_1 < x_2$  folgt  $f(x_1) = e^{-x_1} > f(x_2) = e^{-x_2}$  und umgekehrt.

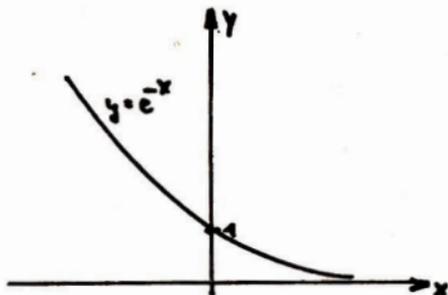


Abb. 2

Wir wollen nun aus der Fülle der Vorgänge in der Natur, bei denen die  $e$ -Funktion eine Rolle spielt, zwei herausgreifen:

1. Das Gesetz des radioaktiven Zerfalls
2. Die gedämpften Schwingungen

### 1. Das Gesetz des radioaktiven Zerfalls

Wir nehmen an, daß zur Zeit  $t = 0$   $N_0$  Atome einer radioaktiven Substanz vorhanden sind. Die Zahl  $\Delta N$  der in einem kurzen Zeitintervall  $\Delta t$  zerfallenden Atome ist, wie man sich leicht überlegt, zwei Größen proportional: Der Länge des Zeitintervalles  $\Delta t$  und der Zahl  $N$  der im betrachteten Moment vorhandenen Atome der radioaktiven Substanz. Da sich  $N$  ständig durch den Zerfall ändert, müssen wir den Vorgang in einem infinitesimal kleinen Zeitintervall  $dt$  betrachten. Dann gilt folgende Gleichung:

$$dN = -\lambda N dt \quad (3)$$

$\lambda$  ist eine für jeden radioaktiven Stoff charakteristische Größe, die Zerfallskonstante. Das Minuszeichen zeigt, daß die Zahl  $N$  der Atome unserer Substanz durch den radioaktiven Zerfall abnimmt.

Aus (3) folgt:

$$\frac{dN}{N} = -\lambda dt$$

Durch Integration erhält man:

$$\ln N = -\lambda t + C \quad C = \text{const.}$$

Zur Bestimmung von  $C$  betrachten wir den Vorgang zur Zeit  $t = 0$ ; dann gilt  $N = N_0$ . Daraus folgt  $C = \ln N_0$ .

Also erhalten wir:  $\ln N - \ln N_0 = \ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$ .

Durch Entlogarithmieren gelangen wir schließlich zu

$$N = N_0 e^{-\lambda t} \quad (4)$$

Mit der Formel (4) sind wir in der Lage, die zum Zeitpunkt  $t$  vorhandene Atomzahl zu bestimmen. Wenn wir den Zusammenhang zwischen  $N$  und  $t$  graphisch darstellen, erhalten wir folgendes Bild:

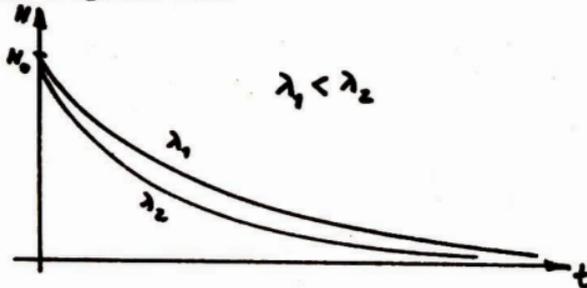


Abb. 3

Wir sehen schon an diesen zwei Kurven, daß die Geschwindigkeit des Zerfalls ganz wesentlich von  $\lambda$  abhängt: Je größer  $\lambda$  ist, desto schneller zerfallen die Atome.

Oft gibt man zur Charakterisierung des Zerfalls die Halbwertszeit  $T_H$  an, d. h. die Zeitdauer, nach der die Zahl der radioaktiven Atome von  $N_0$  auf  $\frac{N_0}{2}$  abgesunken ist. Auf  $t = T_H$  und  $N = \frac{N_0}{2}$  erhält man aus (4):

$$\frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T_H}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda T_H}$$

$$-\ln 2 = -\lambda T_H \quad (5)$$

$$T_H = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

Dieses Ergebnis bestätigt die schon oben gefundene Tatsache, daß der Zerfall um so schneller geht, je größer  $\lambda$  ist.

## 2. Die gedämpfte Schwingung

Wir wissen aus der Praxis, daß eine einmal erregte Schwingung, z. B. bei einer Saite oder einem Federschwinger, allmählich zur Ruhe kommt, wenn keine neue Energie zugeführt wird. Dies liegt an äußeren und inneren Reibungskräften, z. B. Bremsung der Bewegung durch die Luft oder Neuwandlung von Schwingungsenergie in Wärmeenergie des schwingenden Körpers. Uns interessiert nun die Abhängigkeit der Auslenkung  $x$  von der Zeit  $t$  für eine gedämpfte harmonische Schwingung, bei der die Dämpfung proportional der Geschwindigkeit sein soll. Nach einiger Rechnung, auf die wir nicht eingehen wollen, erhalten wir

$$x = x_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \alpha_0) \quad (6)$$

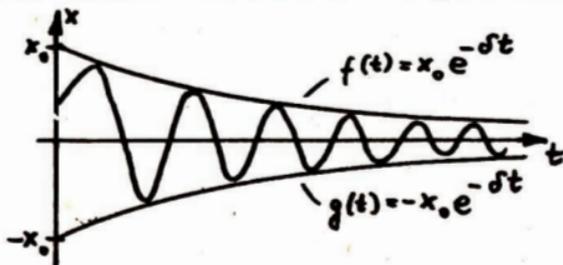
wobei  $x_0 = \text{const.}$  und  $\alpha_0 = \text{const.}$  gilt.  $\alpha_0$  zeigt die Phase der Schwingung für  $t = 0$ :

$$x(t=0) = x_0 \cos \alpha_0 \quad (7)$$

Der Ausdruck  $\cos(\omega t + \alpha_0)$  erinnert uns an die harmonische Schwingung und der Vorfaktor  $x_0 e^{-\delta t}$  ist maßgebend für die Amplitude. Wenn wir nur die jeweiligen Maximalwerte der Schwingung betrachten, also die Amplitude, so gilt:

$$\cos(\omega t + \alpha_0) = \pm 1$$

Wir sehen also, daß sich alle Amplituden auf den Kurven  $f(t) = x_0 e^{-\delta t}$  und  $g(t) = -x_0 e^{-\delta t}$  befinden. Wir wollen nur versuchen, den Verlauf der gedämpften Schwingung graphisch darzustellen. Wie man sofort einsieht, muß die Kurve für  $x(t)$  zwischen denen für  $f(t)$  und  $g(t)$  verlaufen.



Da die Funktion  $f(t) = x_0 e^{-\delta t}$  streng monoton fallend ist, gilt:

$$\delta_1 < \delta_2 \quad \wedge \quad f_1(t) = x_0 e^{-\delta_1 t} > f_2(t) = x_0 e^{-\delta_2 t}$$

Das bedeutet, je größer  $\delta$  ist, desto schneller fällt die Amplitude ab.

Eine sehr große Bedeutung für die Physik besitzt die e-Funktion mit komplexen Exponenten. Sie läßt sich mit Hilfe der

Eulerschen Formel folgendermaßen darstellen:

$$e^{iz} = \cos z + i \sin z \quad (8)$$

Man sieht bereits an dieser Darstellung ihren engen Zusammenhang mit periodischen Vorgängen. In der Tat werden in der Physik z. B. elektromagnetische Schwingungen sehr oft durch die  $e$ -Funktion mit komplexen Exponenten statt durch trigonometrische Funktionen dargestellt. Näheres dazu finden Sie in den Artikeln "Komplexe Zahlen" I und II.

## **-„impuls 68“ informiert - Neues vom Mond**

Seit einiger Zeit liegen die ersten Untersuchungen über das von Apollo 11 zur Erde mitgebrachte Mondgestein vor. "impuls 68" berichtet über die wichtigsten neuen Erkenntnisse.

1. Das Gestein hat ein sehr hohes Alter.
2. Ein Teil des Gesteins ist magmatischen Ursprungs, das als Lava abgelagert und in Stücke zerbrochen ist.
3. Die kristallinen Gesteine unterscheiden sich in ihrem Aufbau und der chemischen Zusammensetzung von allen bisher bekannten Gesteinen irdischen und kosmischen (Meteoriten) Ursprungs.
4. Auf dem Mond gibt es Verwitterungserscheinungen. Diese Behauptung konnte durch die Tatsache bewiesen werden, daß die meisten Gesteine abgerundet waren.
5. Aus der Beschaffenheit der Steine ist weiterhin zu schließen, daß es, solange die Steine auf der Oberfläche lagerten, kein Wasser gab.
6. In der Oberfläche der Gesteine befanden sich kleine, mit Glas ausgefüllte Vertiefungen, die von Einschlägen kleiner Teilchen herrühren könnten.

7. Die Bestimmung des Alters des magmatischen Gesteins (durch die radioaktive Zerfalls-Methode) läßt den Schluß zu, daß es vor rund  $10^9$  Jahren kristallisiert ist.
  8. In den Mondproben konnte kein biologisches Material nachgewiesen werden.
  9. Die Proben enthielten einen ungewöhnlich hohen Gehalt an Titan, Zirkon, Yttrium und Chrom.
  10. Es wurde durch die Dichtebestimmung von  $3,1 - 3,5 \text{ g/cm}^3$  (Durchschnittswert für den Mond  $-3,3 \text{ g/cm}^3$ ) die Vermutung erhärtet, daß sich die Mondmeere durch eine erhöhte Massenkonzentration auszeichnen.
  11. Die Herkunft des Mondes bleibt weiter ungewiß. Die Wahrscheinlichkeit, daß er einmal von der Erde abgetrennt worden ist, hat sich vermindert und ist beinahe ausgeschlossen.
- 

## Tiefe Temperaturen

Wie "Wi Fo 8/69" berichtete, arbeitet ein Forscherkollektiv des Instituts für Tieftemperaturphysik des Zentralinstituts für Festkörperphysik in Dresden daran, Temperaturen bis nahe dem absoluten Nullpunkt zu erreichen. Dafür laufen schon seit einiger Zeit Versuche, wobei mit einer Kältemaschine, die mit einer Lösung von  $^3\text{He}-^4\text{He}$  arbeitet, Temperaturen bis  $0,01 \text{ }^\circ\text{K}$  erzielt wurden. Ein anderes Verfahren besteht darin, einen paramagnetischen Werkstoff auf  $1 \text{ }^\circ\text{K}$  abzukühlen und durch Anlegen eines Magnetfeldes die noch ungeordneten Elementarmagneten im Inneren des Stoffes zu ordnen. Die Magnetisierungswärme wird durch ein Austauschgas abgegeben. Dann wird das Gas abgepumpt und das Magnetfeld ausgeschaltet. Die ausgerichteten Dipole des Werkstoffes versuchen in ihre ursprüngliche Lage zurückzukehren und verbrauchen für diese Bewegung einen Teil der inneren Energie des Werkstoffes. Dieser Wärmeentzug führt zu einer Abkühlung des Stoffes bis weit unter  $0,1 \text{ }^\circ\text{K}$ .

**Eckhart Förster**

wiss. Aspirant an der Sektion Physik

## Wie studiert man Physik in Jena?

"Und in Jene lebt sich's bene ...", beginnt ein Lied, das heute oft von den Studenten gesungen wird. In ihm klingt das lustige Studentenleben in dem verträumten Nest unserer Vorfahren an. Doch wie sieht es heute damit aus? Heute wird überall gebaut, alles ist in Bewegung. Jena schickt sich an, eine moderne Großstadt zu werden. Und diesen Schwung, diese Begeisterung für das Neue findet man auch an unserer Physiksektion. Der akademische Zopf ist abgeschnitten. Die 3. Hochschulreform wird durchgeführt. Die wichtigste Aufgabe für den Lehrkörper und die FDJ ist, die Einheit von klassenmäßiger, sozialistischer Erziehung und hoher gesellschaftswissenschaftlicher, naturwissenschaftlicher und technischer Bildung zu verwirklichen. Die schöpferischen Potenzen der Studenten sind in diesem Ausbildungsprozeß allseitig zu fördern und produktiv wirksam zu machen. Aus diesem Grunde erhalten das Grundlagenstudium des Marxismus-Leninismus und die Beziehungen zum Physikstudium ein hohes Gewicht. Außerdem wird durch die Einführung neuer Lehr- und Lernmethoden die Ausbildung effektiver gestaltet.

In den nächsten Jahren wird hier in Jena geprüft, welchen Nutzen die audiovisuelle Stoffvermittlung bringt, lohnt sich der Aufwand für die teure Fernsehanlage? Kann man den Einsatz dieser neuen Lehr- und Lernmethode auch für andere Universitäten und Hochschulen empfehlen? Diese Fragen wird die FDJ, werden die künftigen Physikstudenten mit beantworten.

In der Physikvorlesung des ersten Studienjahres werden sie zusätzlich zu den bisher üblichen Versuchen die Fernsehübertragung modernster Experimente aus den Forschungsabteilungen erleben. Selbst in den letzten Reihen des Hörsaals wird man auf einem Bildschirm erkennen, was sich auf einem Tisch, vorn beim Vortragenden, in kleinen Dimensionen abspielt. Bestimmte Schwingungs- und Wellen-

erscheinungen kann man auch durch den Einsatz mehrerer Fernsehkameras in verschiedenen Perspektiven zeigen. Wie bei einem Tonbandgerät läßt sich ein Vorgang speichern und mehrmals wieder abspielen. Sehr schnell ablaufende Prozesse, beispielsweise den Aufprall eines Körpers, zeigt man langsamer, als sie in Wirklichkeit vor sich gehen. Umgekehrt lassen sich langsam ablaufende Prozesse durch Aufnahme einzelner Bilder und schnelles Abspielen in wenigen Minuten zeigen. Schließlich können durch Einblenden oder Überblenden Vergleiche angestellt werden, zum Beispiel zwischen Theorie und Experiment. Die genannten Vorzüge der audiovisuellen Lehrmethode sprechen für sich. Sie richtig auszunutzen, das ist die Aufgabe, die wir hier in Jena anpacken. Doch ein Studium der Physik besteht nicht nur aus dem Besuch von Physikvorlesungen. Das Ergebnis wären ja wandelnde Lexika, die nach zehn Jahren ohnehin fast alles wieder vergessen hätten. Die Universität ist eine Schule des Denkens. Wir wollen selbständig wissenschaftlich arbeitende Menschen ausbilden, die disponibel genug sind, um an den verschiedensten Einsatzorten, besonders im wissenschaftlichen Gerätebau, arbeiten zu können. Die Absolventen sollen nicht nur Wissen und Methoden des Faches erwerben und anwenden können. Sie sollen auch fähig sein, die Wechselbeziehungen der Physik zur Philosophie, zur Ökonomie, zum wissenschaftlichen Sozialismus und zu den anderen Naturwissenschaften zu erkennen und zu gestalten. Das Ausbildungsziel Diplom-Physiker wird in einem vierjährigen Studium erreicht. Weltspitzenleistungen sind heute vor allem wegen des erforderlichen Aufwandes nur noch durch die Arbeit eines Kollektivs auf einem ganz engen Spezialgebiet möglich. Deshalb beginnt die Spezialisierung schon nach dem zweijährigen Grundstudium im Fachstudium, dem zweiten Teil des Studiums. Etwa 20 % der Physikstudenten, und zwar fachlich sehr gute und gesellschaftlich aktive Studenten werden an unserer Sektion und in der Industrie besonders gefördert.

Sie absolvieren ein Forschungsstudium und schließen mit dem Doktor der Physik ab. Die Forschungsstudenten führen ihre Diplomarbeit zur Dissertation weiter. Darüber hinaus gibt es auch in den Betrieben in Form von außerplanmäßigen Aspiranturen und Qualifizierungsverträgen, sowie durch Auslandsaspiranturen und Zusatzstudienaufenthalte im Ausland Möglichkeiten, sich weiter zu qualifizieren.

Ohne Zweifel ist das Ausbildungsziel eines Studiums hoch, es ist aber zu schaffen. Jeder Bewerber bringt ja auch Kenntnisse aus dem Physikunterricht der Schule mit, manch einer hat sich vielleicht für ein Spezialgebiet besonders interessiert und weiß mehr, als beim Abitur verlangt wird. Auf dieses Grundwissen wird aufgebaut. Form und Inhalt der Lehrveranstaltungen sind den hohen Anforderungen angepaßt. In den Vorlesungen wird ein Überblick über die wichtigsten Erscheinungen und Zusammenhänge gegeben. In den Seminaren und Übungen eines Faches wird der Vorlesungsstoff ergänzt und durch Wiederholung gefestigt. Außerdem werden die in der Vorlesung verwendeten Methoden geübt, hier besonders findet jeder Student Hilfe und Unterstützung durch den Lehrkörper. Die Übertragung der erworbenen wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Praxis geschieht in den Praktika. Bei einem physikalischen Experiment lernt der Student auch die Meßproblematik kennen. Das Selbststudium als sehr wichtiger Teil des Studientages macht die anderen Lehrveranstaltungen erst effektiv. Es reicht nicht aus, wenn man ein Gesetz hersagen kann und wenn man nur glaubt, einen physikalischen Begriff verstanden zu haben. Man muß einen Sachverhalt gedanklich tief durchdringen, alle seine Wechselbeziehungen zu anderen physikalischen Größen untersuchen. Viel hilft dabei das Arbeiten mit einem Lehrbuch, ein einfacher Vergleich mit der Erfahrung und das Finden von Analogien und Unterschieden. Als Besonderheit werden in Jena Studienkabinette eingerichtet, die an die Fernsehanlage angeschlossen werden. Hier kann sich der einzelne Student nachmittags noch einmal schwierige Teile der Vorlesung

ansehen. Wenn man das Selbststudium so weit treibt, daß man die grundlegenden Tatbestände formulieren und die wichtigsten Methoden anwenden kann, dann hat man zu einem guten Arbeitsstil gefunden. Eigenes Selbststudium soll durch kollektive Beratung ergänzt werden. Das kollektive Lernen in einem Kollektiv von vielleicht 3 bis 5 Studenten bietet sich direkt an, weil ein großer Teil der Studenten in Wohnheimen untergebracht ist. Bei so einer wissenschaftlichen Diskussion erweitert jeder seinen Gesichtskreis, übt sich in logischer Gedankenführung und im Vortragen. Dies alles kommt ihm beim Studium der einzelnen Fächer zugute. Neben den einzelnen Disziplinen der Physik sind dies vor allem die Gesellschaftswissenschaften und die Mathematik, in denen auch während des Studiums ein Staatsexamen abgelegt wird. Weitere Studienfächer sind die englische und russische Sprache, Chemie, Kybernetik, marxistisch-leninistische Organisationswissenschaft.

Doch die Woche eines Studenten besteht nicht nur aus Lehrveranstaltungen und Selbststudium, im Sport ergibt sich die Gelegenheit, das Gehirnstübchen auszulüften. Man lernt viele neue Freunde kennen und wird mit seiner FDJ-Gruppe beispielsweise einen Theaterbesuch unternehmen oder in den Studentenkeller gehen. Später ergeben sich weitere Möglichkeiten für gesellschaftliche Betätigung in den Zirkeln der FDJ, in den Arbeitsgruppen von „Impuls 68“, wo sich nach ihren Neigungen Studenten verschiedener Studienjahre zusammengefunden haben.

Im zweiten und dritten Studienjahr kommt eine neue Form von Lehrveranstaltungen hinzu - das wissenschaftlich-produktive Studium in den Forschungsabteilungen. Eine Gruppe von zehn Studenten erhält von einem Forschungskollektiv eine Teilaufgabe ihres Arbeitsgebietes zur Lösung. Hierbei kommen die Studenten schon mit Aufgaben in Berührung, wie sie später auch in der Praxis vor ihnen stehen. Sie lernen sich unter Anleitung in ein Gebiet einzuarbeiten, ihre Kenntnisse anzuwenden

und arbeiten kollektiv zusammen. Die Spezialisierung beginnt im dritten Jahr, man kann sich aus einem Angebot von Spezialvorlesungen einige auswählen. Die guten Beziehungen unserer Sektion zu dem VEB Carl Zeiss und die vertraglichen Vereinbarungen kommen darin zum Ausdruck, daß auch Wissenschaftler aus der Industrie Vorlesungen halten, u.a. in Betriebswirtschaft, Konstruktion und Technologie. Nach Beendigung des dritten Studienjahres hat man einen hohen Wissensstand erreicht. Zu diesem Zeitpunkt sind die Hauptprüfungen in theoretischer und experimenteller Physik abzulegen und es ist der erste akademische Grad, das Diplom, zu beantragen. Hierzu ist eine Diplomarbeit in einer Forschungsabteilung unserer Sektion oder beim VEB Carl Zeiss Jena anzufertigen. Bei der Lösung der Aufgabenstellung wird man von Wissenschaftlern des Kollektivs unterstützt. Nach Beendigung der Arbeit folgt noch eine Prüfung in dem gewählten Spezialfach - und man ist "fertiger" Diplomphysiker.

---

## Aufgaben

1. Man versuche, aus einer einfachen Energiebetrachtung die Größe der 2. kosmischen Geschwindigkeit herzuleiten!
  2. Man bestimme die elektrische Feldenergie eines geladenen Leiters!
  3. Man zeige am Beispiel einer geladenen Hohlkugel, daß die Flächenladungsdichte  $\sigma$  gleich dem Betrag der dielektrischen Verschiebung  $D$  im Vakuum ist.  
(Diese Beziehung gilt allgemein im Vakuum.)
- 

### Lösung der Aufgabe 1 aus Heft 4:

Die unbehandelten Apfelkerne keimen auf Grund von keimungshemmenden Stoffen - Blastokoline - nicht. Diese Blastokoline sind aber nicht in allen Teilen des Samens enthalten. [Samenaufbau der höheren Pflanze: Keimling (Embryo); Nährgewebe (Endosperm); Samenschale.] Bei Entfernung von Nährgewebe und Samenschale kommt es zur Auskeimung des Apfelkernes. Daraus kann man schließen, daß beim Apfelkern diese keimungshemmenden Stoffe im Nährgewebe und in der Samenschale sich befinden.

In der Natur werden diese Gewebe teilweise von den Mikroorganismen abgebaut. Der Rest der Blastokolinstoffe zersetzt sich unter Einwirkung der Vorgänge im Boden.

### Lösung der Aufgabe 2:

- Kartoffelstärke mit Puderzucker - nach wenigen Minuten ist der Puderzucker angefeuchtet und später fließt er aus der Rinne.

- Kartoffelstärke mit Kartoffelstärke - keine Veränderung des Anfangszustandes
- Der in die ausgehöhlte Kartoffel eingefüllte Puderzucker ist eine osmotisch aktive Substanz. Er erzeugt ein stark hypertones Medium, ihm gegenüber sind die angrenzenden Zellen hypotonisch. Da der Plasmabelag (Tonoplast, Plasmalemma) semipermeabel ist, kann durch das starke Konzentrationsgefälle, das zwischen dem Zucker und dem Zellsaft der Zelle besteht, durch die Zellwand Wasser in den Puderzucker eindringen und ihn verdünnen. Bei einer weniger hypertonen Lösung kann die Pflanze sich vor der vollständigen Zerstörung der Zellen bewahren, indem sie ihren eigenen osmotischen Wert erhöht durch Umwandlung von osmotisch unwirksamen Stoffen in osmotisch wirksame Stoffe (z. B. Stärke in Zucker). Damit kann sie das Konzentrationsgefälle zu ihren Gunsten verschieben.
- Im Gegensatz zum Puderzucker ist die Kartoffelstärke keine bzw. nur eine gering osmotisch wirksame Substanz. Sie kann keinen Diffusionsdruck erzeugen, kann den Zellen kein Wasser entziehen.

## Erläuterungen:

hypotonisch -	Lösungen mit geringerem osmotischem Wert als der Zellsaft
hypertonisch -	Lösungen mit höherem osmotischem Wert als der Zellsaft
Tonoplast -	Plasmabelag, der die Vakuole vom Plasma der Zelle abgrenzt
Plasmalemma -	Plasmabelag, der die Zellwand vom Plasma der Zelle abgrenzt

## Auflösung aus Heft 3

- 1) Die gleiche Kraftwirkung hätte man ebenfalls mit nur acht Pferden erreichen können, wenn man diese an der einen Seite angespannt hätte. Die anderen acht Pferde dienen lediglich zur Kraftkompensation (3. NEWTONsches Axiom), die man auch erreicht hätte, wenn die "Magdeburger Halbkugeln" an einer Seite an einer festen Wand o. ä. befestigt worden wären.

2) Kolbendruck: 
$$p_1 = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi r^2} \quad \curvearrowright \quad p_1 = 0,76 \text{ kp/cm}^2$$

Gesamtdruck: 
$$p = p_1 + p_2 \quad \curvearrowright \quad p = 1,76 \text{ kp/cm}^2$$

Annahme: Die Luft sei ein ideales Gas.

Zustandsgleichung: 
$$\frac{p \cdot V}{T} = \frac{p' \cdot V'}{T'}$$

Der Druck bleibt während der Zustandsänderung unverändert ( $p = \text{const.}$ ), d. h.  $p = p'$ .

Das Volumen beträgt nach der Zustandsänderung:

$$V' = V + r^2 h$$

Aus der Zustandsgleichung folgt dann:

$$T' = \frac{V + \pi r^2 \Delta h}{V} \cdot T \quad T' = 469,05^\circ\text{K}$$

Für die Ausdehnungsarbeit gilt:

$$W = p \int_V^{V'} dV = \int_V^{V'} p dV = p (V' - V) \quad W \approx 20 \text{ kp} \cdot \text{m}$$

## „Impuls 68“-Lexikon

Mesonen sind Elementarteilchen mit Massen zwischen der des Elektrons ( $m_e$ ) und der des Protons ( $1840 m_e$ ). Gefunden wurden sie zuerst in der Höhenstrahlung. Während die eigentlichen Mesonen ( $\pi^-$ , K-Mesonen) keinen Eigendrehimpuls (Spin) besitzen, zeichnet sich das  $\mu$ -Meson durch einen Spin aus. Die Mesonen kommen mit positiver oder negativer Ladung (manche auch neutral) vor und haben eine sehr kleine Lebensdauer. So zerfallen z.B. die beiden  $\mu$ -Mesonen nach  $2,21 \cdot 10^{-6}$  sec, das  $\pi^0$ -Meson nach  $2,3 \cdot 10^{-16}$  und die beiden K-Mesonen nach  $1,2 \cdot 10^{-8}$  sec.

Hyperonen sind instabile Elementarteilchen, deren Massen, wie der Name schon sagt, größer als die der Nucleonen (Protonen, Neutronen) sind. Sie entstehen durch Stöße sehr energiereicher  $\pi$ -Mesonen mit Nucleonen. Die Hyperonen haben alle einen Eigendruckimpuls. Sie zerfallen mit einer Ausnahme nach rund  $10^{-10}$  sec in ein Nucleon und  $\pi$ -Mesonen. Sowohl Mesonen als auch Hyperonen können in den größten Beschleunigern durch gegenseitigen Beschuß von Elementarteilchen erzeugt werden.



# impuls 68

Schülerzeitschrift für Physik,  
Chemie und Biologie **7**

3. Jahrgang (1969/70)

Heft

impuls 68: Monatszeitschrift für Schüler der 9. bis 12. Klassen

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Sektion Physik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Redaktion: Dipl.-Phys. H.-D. Jähnig (Chefredakteur), Dr. K. Jupe, Dipl.-Chem. I. Pfaff, Dipl.-Phys. G. Sommer, N. Summa, D. Gröll, M. Seifert, W. Dänhardt, A. Christler, W. Kotte, R. Rost, H. Pöbel

Anschrift: „impuls 68“  
69 Jena  
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich (September bis Juni) zum Preise von 0,40 M  
Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen an unsere Adresse.

Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR

## INHALT

	Seite
Diplomfachlehrer – Biologie . . . . .	3
Maxwellgleichung . . . . .	6
Büchermarkt . . . . .	12
Theorie der Sternentwicklung (IV) . . . . .	13
Zu klein für Messungen? . . . . .	19
Leben auf anderen Himmelskörpern? . . . . .	21
Grundlagen der Vererbung . . . . .	26
Aufgaben . . . . .	28
Lösungen . . . . .	29
impuls 68-Lexikon . . . . .	32

Auf dem Titelblatt ist ein Ausschnitt aus einem alten Kupferstich zu sehen, wobei die von Luigi Galvani 1786 angestellten Versuche zum Nachweis des nach ihm benannten Galvanismus gezeigt werden.

**Seminargruppe**

**III. Studienjahr-Biologie-Diplom**

**Das Diplomfachlehrer-Studium an der  
Sektion Biologie der Friedrich-Schiller Uni-  
versität Jena**

Eine der Hauptaufgaben unseres sozialistischen Bildungssystems ist die Erziehung unserer Bürger zu allseitig gebildeten Persönlichkeiten, die die sozialistische Gesellschaft bewußt und aktiv mitgestalten. In diesem Zusammenhang verdient die Lehrerbildung besondere Beachtung.

Die Sektion Biologie der Friedrich-Schiller-Universität Jena bildet Diplom-Fachlehrer der Fachkombination Biologie/Körpererziehung und Körpererziehung/Biologie aus.

Um den ständig steigenden Anforderungen unserer Gesellschaft gerecht zu werden, müssen die Absolventen befähigt sein, als sozialistische Lehrerpersönlichkeiten neue Erkenntnisse der Biologie und ihre Anwendungsmöglichkeiten in der gesellschaftlichen Praxis selbständig einzuordnen. Nur so kann der gesellschaftlich notwendige Bildungsvorlauf gesichert und ein effektiver und schöpferischer Unterricht erteilt werden. Neben hohem fachlichen Können muß der Absolvent über anwendungsbreite gesellschaftliche und politische Kenntnisse verfügen, um seinen Erziehungs- und Bildungsauftrag vom Klassenstandpunkt aus erfüllen zu können. Ihm muß der Prozeß der zunehmenden Durchdringung der Biologie von anderen Wissenschaften und die steigende Bedeutung der biologischen Wissenschaften als Produktivkraft ständig bewußt sein.

Voraussetzung für die Aufnahme eines Biologie-Fachlehrer-Studiums ist das Reifezeugnis der Erweiterten Oberschule oder das gleichwertige Abschlußzeugnis einer anderen Lehranstalt. Der Bewerber muß gute bis sehr gute Leistungen in Staatsbürgerkunde, den naturwissenschaftlichen Fächern (Biologie, Chemie, Physik) und Körpererziehung vorweisen können.

In Vorbereitung auf das Studium ist die Beteiligung an naturwissenschaftlichen Arbeitsgemeinschaften im Rahmen der Schule und das Lesen populärwissenschaftlicher Zeitschriften angebracht.

Das Biologie-Studium gliedert sich in ein zweijähriges Grund- und ein zweijähriges Fachstudium (das gleiche gilt für das Studium der Sportwissenschaften).

Aufgabe des Grundstudiums ist die Vermittlung grundlegender Erkenntnisse und Zusammenhänge, die in enger Verbindung mit dem Studium des Marxismus-Leninismus und unter besonderer Berücksichtigung des Ausbildungszieles erfolgt. Insbesondere sind von den Studenten Grundkenntnisse in Physik, Chemie, Mathematik, den Sportwissenschaften, Allgemeiner und Spezieller Botanik, Allgemeiner Zoologie, Pflanzen- und Tierphysiologie, Biochemie und Biophysik, Mikrobiologie, Genetik, Anthropologie, Schulgartenbau sowie in Methodik des Unterrichts zu erwerben. Daneben ist die Kenntnis der russischen Sprache zu erweitern und zu vertiefen.

Im Fachstudium besteht für die Lehrerstudenten der Fachkombination Biologie/Körpererziehung die Möglichkeit für eine physiologische oder ökologische Orientierung. Die Ausrichtung des Fachstudiums auf diese beiden Bereiche der Biologie entspricht den Ausbildungsmöglichkeiten in der Sektion. In Vorlesungen, Seminaren, Praktika und im Selbststudium erarbeiten sich die Studenten spezielle Kenntnisse in Tier- und Pflanzenphysiologie bzw. in Ökologie und Systematik der Tiere und Pflanzen. Gleichzeitig dient dieser Zeitraum der fachlichen und methodologischen Vorbereitung auf die Diplomarbeit, deren Thematik sich aus den Forschungsaufgaben der Fach- oder Erziehungswissenschaften der Sektion ergibt. Die Anfertigung der Diplomarbeit, die Diplomfachlehrer-Prüfung und das große Schulpraktikum stehen am Schluss des 4-jährigen Studiums.

Bei hervorragenden Studienleistungen und hoher gesellschaftlicher Aktivität ist nach dem 3. Studienjahr die Aufnahme eines dreijährigen Forschungstudiums möglich, das mit der Erlangung des Doktorgrades endet. Die Studienpläne dazu werden individuell festgelegt.

Einen günstigen Einfluß auf die Ausbildung haben international bekannte Forschungs- und Bildungseinrichtungen der Sektion Biologie wie der Botanische Garten, das Herbarium Hausknecht, das Phyletische Museum und das Ernst-Haeckel-Haus. Der 4,5 ha große Botanische Garten enthält etwa 12.000 Arten und stellt somit eine für die Forschungsarbeit unentbehrliche Sammlung lebender Pflanzen dar. Das Phyletische Museum ist in seiner Art die einzige Einrichtung in Europa. Insbesondere seit seiner großzügigen Umgestaltung in Form und Inhalt soll es dazu dienen, die Bedeutung des Entwicklungsgedankens und die Probleme der modernen Biologie zu veranschaulichen.

Das Studium an der Sektion Biologie ist ein ehrenvoller gesellschaftlicher Auftrag. An der traditionsreichen, durch das Wirken von Schleiden, Haeckel und anderen bedeutenden Biologen berühmt gewordenen "alma mater jenensis" studieren zu können, beinhaltet die Verpflichtung, seine ganze Kraft und sein ganzes Können für unseren sozialistischen Staat einzusetzen.

---

## **Bakterien trennen Metalle**

Gewisse Bakterien reichern sich in bestimmten Metallen an, wobei sie auch zwischen chemisch sehr ähnlichen Metallen unterscheiden können.

Man hofft, diese Tatsache zur Trennung von Metallen ausnützen zu können.

### Vorbemerkungen:

Mit diesem Artikel schließen wir die Einföhrung in die Elektrodynamik ab. Wir wissen, daß besonders die letzten Artikel ein sehr hohes Niveau hatten und deshalb sicherlich nur von Schülern der 12. Klassen verstanden werden konnten, falls sie den Mut und die nötige Energie aufbrachten, sie gründlich durchzuarbeiten.

Unser Hauptziel bestand aber nicht darin, nur einen verschwindend kleinen Leserkreis anzusprechen, sondern vor allem den zahlreichen Arbeitsgemeinschaften und Arbeitsgruppen unter der Leitung erfahrener Fachlehrer Diskussionsmaterial in die Hände zu geben. Wir glauben, daß dadurch der in der Oberschule behandelte Stoff wesentlich komplexer und tiefer durchdacht werden kann. Deshalb möchten wir nochmals die Bitte an unsere Leser richten, die Mühe nicht zu scheuen und bei Unklarheiten die Fachlehrer oder uns zu fragen.

W. Wesch

Diplomand an der Sektion Physik

## Anwendung der Maxwellgleichungen

Um die im vorigen Heft dargestellten Grundlagen der Elektrodynamik noch etwas zu vertiefen, sollen hier einige Probleme dargelegt und berechnet werden.

### Potential einer Punktladung

Zunächst soll das Potential einer Punktladung berechnet werden. Das elektrische Feld einer solchen Punktladung ist aus Teil I bekannt.

Wir wissen, daß sich in der Elektrostatik die Gleichung

$$\oint \vec{E} \, d\vec{s} = - \frac{d}{dt} \int \vec{I}_0 \, d\vec{f} \quad (1)$$

zu  $\oint \vec{E} \, d\vec{s} = 0 \quad (2)$

vereinfacht. Dieses Ringintegral wird nur dann Null, wenn sich  $\vec{E}$  als Gradient eines skalaren Potentials

darstellen läßt, wenn also

$$\vec{f} = - \text{grad } U \quad (\text{siehe Heft 4, S 13}) \quad (3)$$

gilt, wobei  $U$  das skalare Potential ist. Mit Beziehung (3) ergibt sich nämlich

$$\oint \vec{f} d\vec{w} = - \oint \text{grad } U d\vec{w} = - \oint dU = 0 \quad (4).$$

$\oint dU = 0$  ist aber gerade die Bedingung für die Existenz eines Potentials. Unter Verwendung von (2) und (3) können wir das Potential einer Punktladung  $e$  mit der elektrischen Feldstärke

$$\vec{f} = \frac{e \cdot \vec{r}}{4\pi\epsilon_0 r^3}$$

berechnen. Wir integrieren dabei vom Punkt  $r = R$  bis

$$r = \infty.$$

$$\int_R^\infty \vec{f} d\vec{w} = - \int_R^\infty \text{grad } U d\vec{w} = - \int_R^\infty dU = U(R) - U(\infty) \quad (5).$$

Nun legen wir fest, daß das Potential für  $r \rightarrow \infty$  gegen Null geht, also

$$U(r \rightarrow \infty) = 0 \quad (6).$$

Somit erhalten wir aus (5) unter Verwendung der bekannten elektrischen Feldstärke

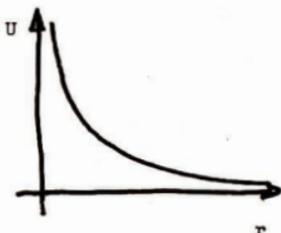
$$U(R) = \int_R^\infty \frac{e \cdot r}{4\pi\epsilon_0 r^3} dr = \frac{e}{4\pi\epsilon_0} \int_R^\infty \frac{dr}{r^2},$$

denn es gilt  $r d\vec{w} = r dr$ .

$$U(R) = \frac{e}{4\pi\epsilon_0} \frac{1}{r} \Big|_R^\infty$$

$$U(R) = \frac{e}{4\pi\epsilon_0 R} \quad (7).$$

Wir erhalten für das Potential einer Punktladung  $e$  also folgenden Verlauf:



Das von uns berechnete  $U$  ist gerade die Arbeit, die man leisten muß, um eine Punktladung  $e$  von  $r = \infty$  bis zum Punkt  $r = R$  zu befördern. Die felderzeugende Punktladung  $e$  befindet sich dabei bei  $r = 0$ .

Mit Hilfe dieser Beziehung für das Potential einer Punktladung kann man beispielsweise leicht die Kapazität eines Kugelkondensators berechnen.

### Berechnung eines Magnetfeldes

Wir wollen nun noch das Magnetfeld des stationären elektrischen Stromes betrachten. Die Maxwellgleichungen nehmen hier die Form

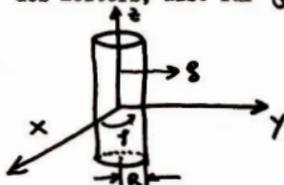
$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{s} = J \quad (8)$$

und 
$$\oint \vec{L} \cdot d\vec{f} = 0 \quad (9)$$

an.

Die einfachste Rechenmethode zur Bestimmung von  $\vec{H}$  aus  $J$  ist die direkte Anwendung der integralen Maxwellgleichungen. Gegeben sei ein vom Strom  $J$  durchflossener kreisförmiger Leiter mit dem Radius  $R$ . Das mit dem Strom verknüpfte Magnetfeld hat die Form  $\vec{H} = (0, H_\varphi, 0)$ , d.h.  $\vec{H}$  hat die Richtung wachsender Winkel  $\varphi$ , und der Strom habe die Richtung der positiven  $z$ -Achse. Außerhalb des Leiters, also für  $s > R$ , hat das Magnetfeld

nach den Ausführungen von "Maxwellgleichungen I" die Form



$$H_\varphi = \frac{J}{2\pi s} \quad (10)$$

Innerhalb des Leiters, also für  $s < R$ , erhält man nach Integration von (8) zunächst

$$2\pi s H_{\varphi} = \int_0^s F \quad (11),$$

wobei unter  $\int_0^s F$  der umschlossene Strom verstanden wird (Stromdichte  $\times$  Fläche). Für den umschlossenen Strom gilt

$$\int_0^s F = \pi s^2 J \quad (12).$$

Der Gesamtstrom ergibt sich aus  $J_{\text{ges}} = \pi R^2 J$ .

Daraus folgt für  $J$  die Beziehung

$$J = \frac{J_{\text{ges}}}{\pi R^2} \quad (13).$$

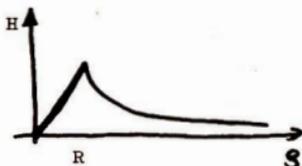
Da jedoch nur die Stromdichte  $J$  berechnet werden soll, die durch eine Fläche mit  $s < R$  hindurchgeht, erhält man aus (12) und (13) den umschlossenen Strom

$$\int_0^s F = J_{\text{ges}} \frac{s^2}{R^2} \quad (14).$$

Einsetzen von (14) in (11) liefert für  $H_{\varphi}$  innerhalb des Leiters ( $s < R$ )

$$H_{\varphi} = J \frac{s}{2\pi R^2} \quad (15).$$

Man erhält folgenden Verlauf des  $H_{\varphi}$ -Feldes eines stromdurchflossenen Leiters:



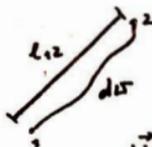
Innerhalb des Leiters steigt das Magnetfeld proportional mit dem Radius  $s$ , und außerhalb fällt es mit  $\frac{1}{s}$  ab.

### Das Ohmsche Gesetz

Zum Abschluß unserer Betrachtungen soll noch etwas über das Ohmsche Gesetz gesagt werden. Wir wissen bereits, daß das System der Maxwell'schen Gleichungen auch einige Materialgleichungen enthält. Zu ihnen wird das Ohmsche Gesetz:

$$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}, \quad \sigma - \text{spezifische Leitfähigkeit} \quad (16)$$

gezhält. Wir werden jetzt zeigen, daß sich dieses Gesetz auf eine solche Form spezialisieren läßt, wie wir sie alle von der Schule her kennen. Wir wollen das Ohmsche Gesetz für einen unendlich dünnen Draht  $L_{12}$  aufschreiben. Die Richtung von  $\vec{j}$  und die Integrationsrichtung sollen näherungsweise übereinstimmen. Außerdem wird vorausgesetzt, daß sich die Stromdichte gleichmäßig über den Querschnitt  $q$  verteilt. Da  $\vec{j}$  als konstant vorausgesetzt wird, gilt für den Gesamtstrom



$$|\vec{j}| \cdot q = J \quad (17)$$

$$|\vec{j}| q \cdot dl = J \cdot dl$$

$$\text{aus (16)} \rightarrow \int_1^2 \vec{j} \cdot d\vec{l} = \int_1^2 \frac{\vec{j}}{\sigma} \cdot d\vec{l} = \int_1^2 \frac{J \cdot dl}{\sigma q} = J \int_1^2 \frac{dl}{\sigma q} = J R_{12}$$

$$\text{mit } |d\vec{l}| = ds$$

Wir haben hier die Verallgemeinerung verwendet, daß der Widerstand  $R_{12} = \frac{L_{12}}{\sigma q}$  ist. Die Formel ist sicher aus dem Physikunterricht bekannt.

Für  $\int \vec{j} \cdot d\vec{l}$  können wir nach Gleichung (5) die Potentialdifferenz  $U_1 - U_2$  schreiben. Wir erhalten also für einen endlichen dünnen Draht das Ohmsche Gesetz in der bekannten Form

$$U_1 - U_2 = J R_{12} \quad (18)$$

Wir haben an einigen Beispielen gesehen, daß sich mit Hilfe der Maxwellgleichungen die Vielzahl der elektrischen und magnetischen Erscheinungen erfassen und beschreiben läßt.

Daß die Felder auch im Vakuum existieren, ohne Vorhandensein von Ladungen und Strömen, und sich dort ausbreiten, konnte im Rahmen dieses Artikels nicht gezeigt werden. Die ganze Tragweite und Leistungsfähigkeit der Maxwellgleichungen kann wohl erst nach ausführlichem Studium verstanden werden.

---

## **„impuls 68“ - informiert:**

### *Isotope des Elements 104 nachgewiesen*

Physikern aus den USA und Finnland soll es in Kalifornien gelungen sein, durch Beschuß von Californium-249 mit Kernen der Isotope 12 und 13 des Kohlenstoffs, die Isotope 257 und 259 des Elements 104 (Kurchatovium) zu erzeugen. Das Isotop 257 zerfällt in Nobelium-253 (Halbwertszeit 4-5 s), während das Isotop 259 mit einer Halbwertszeit von 3-4 s in Nobelium-255 übergeht. Die Isotope sind sehr instabil und stark radioaktiv.

### *Atome können sichtbar gemacht werden*

Ukrainische Wissenschaftler entwickelten das neuartige Elektronenmikroskop "EMB-100". Das Gerät ermöglicht es, sogar einzelne Atome sichtbar zu machen. Durch sein großes Auflösungsvermögen zeigt es Gegenstände, die 4 Millionenmal kleiner sind, als mit dem Auge erkennbar.

Mit diesem Elektronenmikroskop wird es möglich sein, Untersuchungen über die innere Struktur von Stoffen anzustellen.

## Neues auf dem Büchermarkt

Das kürzlich in einer verbesserten Nachauflage erschienene Buch von H. G Ö T Z K E :

" PROGRAMMGESTEUERTE RECHENAUTOMATEN "

( Fachbuchverlag Leipzig, 1969;  
303 Seiten; Preis: 5.50 M )

vermittelt in unkomplizierter, jedoch konsequenter und vielseitiger Weise einen ersten Einblick in die mathematischen und technischen Grundlagen maschineller Rechentechnik.

Die Entwicklung des ersten elektronischen Rechenautomaten liegt erst 20 Jahre zurück und schon sind die "Elektronengehirne" aus nahezu allen wissenschaftlich-technischen Bereichen nicht mehr wegzudenken. (Übrigens ist es einer Überlegung wert, ob moderne Rechenmaschinen wirklich Gehirnen gleich zu rationalem Denken fähig sind!)

Sie ermöglichten einerseits mit ihren hohen Rechengeschwindigkeiten überhaupt erst die Lösung bestimmter naturwissenschaftlicher und technischer Probleme (man denke dabei etwa an die Vorbereitung und Durchführung kosmischer Flüge mit ihren, innerhalb kurzer Zeiträume notwendig werdenden komplizierten Kurskorrekturen und der schnellen Verarbeitung einer Lawine von Meßdaten) und bilden andererseits eine wichtige Voraussetzung für das heutige enorme Entwicklungstempo in Forschung und Produktion.

Das vorliegende Buch behandelt folgende Komplexe:

1. Zahlen und Zahlensysteme.
2. Aufbau, Arbeitsweise und Programmierung von Digital- und Analogrechnern.
3. Hybridrechenanlagen.
4. Anwendung und Bedeutung der maschinellen Rechentechnik.

Abschließend möchten wir Sie noch auf zwei Artikel über binäre Zahlen und den Einsatz von Rechenautomaten hinweisen, die noch in diesem Jahrgang erscheinen werden.

## Aufbau und Entwicklung der Sterne (IV)

### IV. Theorie der Sternentwicklung

Wie im ersten Abschnitt schon gezeigt wurde, sind Sterne im allgemeinen sehr stabile Gebilde. Auch wenn innerhalb des Zeitraumes, in welchem astronomische Beobachtungen bis jetzt durchgeführt wurden, bei normalen Sternen keine Änderungen der Zustandsgrößen feststellbar sind, so läßt sich hieraus nicht schlussfolgern, daß sich Sterne überhaupt nicht entwickeln. Diese Entwicklung geht nur außerordentlich langsam vonstatten (von Novae und Supernovaeausbrüchen wird abgesehen). - Vom VOIGT-RUSSELL-Theorem her wissen wir, daß die Zustandsgrößen der Sterne eindeutig durch chemische Zusammensetzung und Masse bestimmt sind. Damit ist aber auch die Lage eines Sternes in einem Diagramm, in dem die Oberflächentemperatur  $T_{\text{eff}}$  über der Leuchtkraft  $L$  aufgetragen ist - dem HERTZSPRUNG-RUSSELL-Diagramm (HRD) - eindeutig festgelegt. Im Sterninnern laufen aber Kernverschmelzungsprozesse ab, wodurch die ursprüngliche chemische Zusammensetzung geändert wird (H wird in He, He in C usw. umgewandelt, vgl. auch den Abschnitt II: Die Energiefreisetzung der Sterne, Heft 4), was wiederum eine Änderung der anderen Größen nach sich zieht. Mit anderen Worten: Die Entwicklung eines Sternes wird durch die zeitliche Änderung seiner chemischen Zusammensetzung oder seiner Masse charakterisiert. Letzteres spielt - abgesehen von Supernovaeausbrüchen - praktisch keine Rolle. Die Massenverluste durch Strahlung entsprechend dem EINSTEIN'schen Äquivalenzprinzip  $E = \Delta m c^2$  sind verschwindend gering. Bei der Sonne betragen diese Verluste zwar  $4,3 \cdot 10^6$  t pro s (entsprechend  $L_{\odot} \approx 4 \cdot 10^{33}$  erg s<sup>-1</sup>), aber in  $10^{10}$  Jahren werden nur etwa 0,07 % der Gesamtmasse abgestrahlt.

Wir wollen nun die Entwicklung eines Sternes und damit seinen Entwicklungsweg im HRD noch etwas genauer untersuchen:

Aus Rechnungen, die mit Hilfe der EDV durchgeführt wurden, erhält man aus den Grund- und Materialgleichungen für jeden Zeitpunkt  $t$  u.a. die Oberflächentemperatur und die Leuchtkraft eines Sternes, sofern man sich nur die chemische Zusammensetzung und die Masse (Voigt-Russell-Theorem!) vorgibt. Einem Stern entspricht damit zu jeder Zeit genau ein Punkt im HRD, seiner zeitlichen Entwicklung eine Linie - sein Entwicklungsweg (Abb. 1).

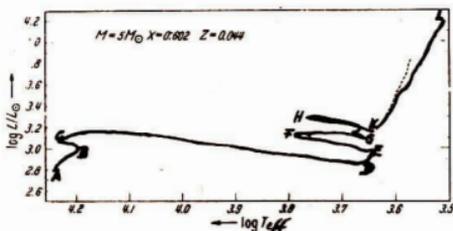


Abb. 1 Entwicklungsweg im Hertzsprung-Russell-Diagramm.

Einige markante Punkte des Entwicklungsweges sind mit großen Buchstaben gekennzeichnet.

L  $\odot$  - Leuchtkraft der Sonne,

M  $\odot$  - Masse der Sonne.

Die Buchstaben sind in Zusammenhang mit Abb. 2 zu sehen. Bei solchen Rechnungen beginnt man mit einem chemisch homogenen Stern. Die Änderung der chemischen Zusammensetzung beginnt in dem Moment,

da die Temperatur im Sterninnern so hoch ist, daß die ersten Kernreaktionen einsetzen können (Beginn der Zeitskala  $t = 0$ ).

Dabei wird H in He umgewandelt, das sogenannte Wasserstoff-Brennen beginnt (Abb. 2).

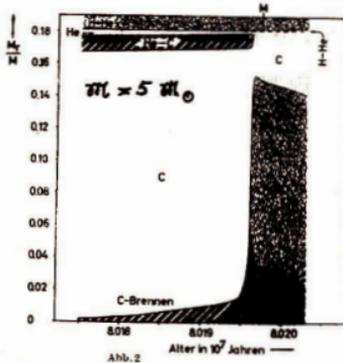


Abb. 2 Zeitliche Veränderung der Fusionsprozesse in verschiedenen Bereichen des Sterninneren.

$\frac{M_r}{M}$  - relative Masse in der Kugel mit dem Radius  $r$  vom Zentrum

Aus der Abb. ist ersichtlich, daß die inneren Teile eines Sternes konvektiv sind, d.h. sie bleiben in sich weiterhin chemisch homogen, während der Stern als Ganzes dagegen chemisch inhomogen wird. Infolge der Kernprozesse verringert sich der Wasserstoff-Gehalt im Zentrum; gleichzeitig wird He angereichert. Mit der Erschöpfung des H-Gehaltes entsteht eine Wasserstoff-brennende Schalenquelle an der Grenzfläche zwischen dem He-Kern und der wasserstoffreichen äußeren Hülle, die sich mit der Zeit immer weiter nach außen schiebt. Diese Schalenquelle stirbt

allmählich ab (vgl. Abb. 2, Punkt H), da die Temperatur, die vom Zentrum zur Oberfläche hin abfällt, für ein Abflauen der Kernprozesse zu niedrig wird.

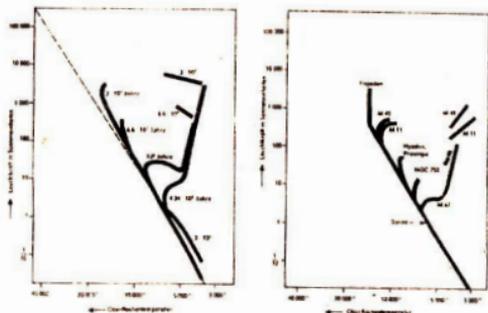
In solchen Übergangsphasen, bei welchen die Energiefreisetzung durch Fusionsprozesse nicht ausreicht, den Energiebedarf des Sternes zu decken, spielt die Gravitationsenergie eine große Rolle. Die durch Kontraktion freiwerdende Energie wird z.T. abgestrahlt, z.T. zur Aufheizung des Kernes verwendet. Dadurch werden im Zentrum des Sternes Temperaturen erreicht ( $T_c \approx 10^8$  °K), bei welchem das Helium-Brennen ( $\text{He} \rightarrow \text{C}$ ) den Energiehaushalt trägt (vgl. Abb.2: Man beachte die gestreckte Zeitskala!). Die Entwicklung verläuft völlig analog - aber schneller - zum Wasserstoff-Brennen. Es entsteht wieder - diesmal eine Helium-brennende Schalenquelle.

Der Stern besteht jetzt praktisch aus drei Zonen verschiedener chemischer Zusammensetzung: der äußeren wasserstoffreichen Schicht, deren chemische Zusammensetzung gleich der des Ausgangszustandes ist, dann einer wesentlich aus Helium bestehenden Kugelschale und schließlich dem kohlenstoffreichen Zentralgebiet. Durch eine erneute Kontraktion erhöht sich wieder die Zentraltemperatur, so daß das Kohlenstoff-Brennen einsetzen kann. Über diesen Prozeß hinaus ist bisher noch nicht gerechnet worden, da mit dem Einsetzen des Kohlenstoff-Brennens auch neue physikalische Gesetzmäßigkeiten wirksam werden, die theoretisch noch nicht befriedigend überschaubar werden können.

Während dieser ganzen Entwicklung beschreibt der Stern einen komplizierten Weg im HRD (vgl. Abb. 1). Wie die Rechnungen zeigen, bleibt der Stern jedoch die längste Zeit nahezu unverändert an einer Stelle.

Dies entspricht der Zeit des Wasserstoffbrennenden Zentralgebietes. Damit im Einklang steht die Beobachtungstatsache, daß die meisten Sterne auf einem Streifen im HRD, der sogenannten Hauptreihe, liegen. Der Anfang des hier betrachteten Entwicklungsweges ( $t = 0$ ) liegt genau auf dieser Hauptreihe. Ähnliche Rechnungen mit anderen Massen liefern andere Punkte der Hauptreihe. Dabei zeigt es sich, daß massereichere Sterne sich schneller als masseärmere entwickeln.

Wie läßt sich nun die Richtigkeit solcher Theorien prüfen? Da die Sterne sicher nicht gleichzeitig entstanden sind, kann man aus dem räumlichen Nebeneinander der beobachtbaren Zustände auf ein zeitliches Nacheinander schließen. Am besten ist dies bei Sternhaufen durchführbar. Wegen der riesigen Entfernung eines Haufens von der Erde können die Abstände zwischen den einzelnen Mitgliedern vernachlässigt werden, d.h. alle Einzelsterne haben praktisch den gleichen Abstand von der Erde. Die scheinbaren Helligkeitsunterschiede der einzelnen Haufenmitglieder sind daher ein Maß für die wahren Leuchtkraftunterschiede. Das HRD eines Sternhaufens läßt sich also relativ einfach und vor allem recht genau anfertigen. Da die Mitglieder eines Haufens praktisch gleichzeitig und mit gleicher chemischer Zusammensetzung entstanden sind, variiert als einziger Parameter die Masse. Gibt man sich eine bestimmte Massenverteilung vor, so lassen sich für jeden Zeitpunkt die HERTZSPRUNG-RUSSELL-Diagramme eines solchen "theoretischen" Sternhaufens berechnen, und zwar ist diese Zuordnung zwischen der Zeit und den jeweiligen Diagrammen eindeutig! Solche Rechnungen sind von KIPPENHAHN und WEIGERT durchgeführt worden (Abb. 3).



**Abb. 3** Das linke Bild zeigt das HR-Diagramm des theoretisch gerechneten Haufens zu verschiedenen Zeiten, während auf dem rechten die Diagramme einiger bekannter Sternhaufen dargestellt sind. Die gestrichelte Linie links gibt die Hauptreihe wieder.

Die Diagramme des gerechneten Haufens zu bestimmten Zeiten zeigen eine gute Übereinstimmung mit denen einiger bekannter Sternhaufen. Damit kann man durch Vergleiche der beobachteten HERTZSPRUNG-RUSSELL-Diagramme mit theoretisch berechneten das Alter dieser Haufen mit großer Genauigkeit bestimmen.

Abschließend sei noch folgendes zu diesem äußerst interessanten Gebiet der Astronomie gesagt:

Solche Rechnungen haben durchaus nicht nur theoretischen Wert, wie oben auch gezeigt wurde. Durch diese Untersuchungen gewinnt man nicht nur Aussagen über den Aufbau und die Entwicklung der einzelnen Sterne - insbesondere der Sonne (!) - sondern, da die Sterne den wesentlichen Teil der Materie ausmachen, auch Aufschluß über die Entwicklung und das Alter von Sternhaufen und Galaxien. Durch solche Überlegungen sind unsere Vorstellungen gerade auf dem Gebiet der Astrophysik wesentlich erweitert worden.

H.-D. Jöhnig

wissenschaftlicher Assistent, Sektion Physik

## Zu klein für Messungen?

Woher stammen unsere Kenntnisse über den Aufbau der Atomkerne?

Diese Frage wird sicherlich einen Teil der Leser bewegt haben. Sehen wir in den Physikbüchern und Nachschlagewerken nach, so können wir über den Atomkern etwa folgendes lesen:

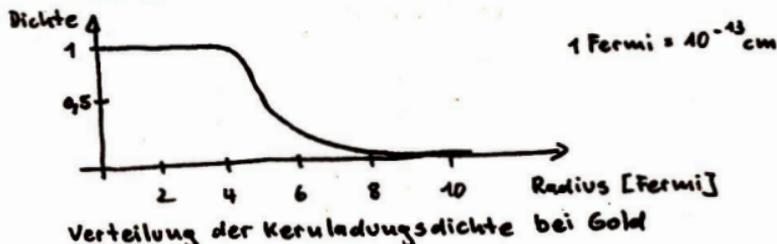
Der Kern besteht aus Neutronen und Protonen, die durch starke Kräfte mit kurzer Reichweite zusammengehalten werden.

Meist hat er die Form einer Kugel, einige nehmen auch die Gestalt eines Ellipsoids an. Die Dichte der Kernmaterie beträgt etwa  $10^{14}$  g/cm<sup>3</sup> - ein unvorstellbar hoher Wert. Über den Radius des Kerns wird meistens geschrieben, daß er bei  $10^{-13}$  cm liegt. Spätestens hier taucht dann die Frage auf:

Ja, kann man überhaupt so kleine "Strecken" messen? Kann man! Als "Meßinstrument" werden dazu Elementarteilchen (z. B. Elektronen, Mesonen) oder einfache Kerne ( $\alpha$ -Teilchen z. B.) verwendet. Das erstaunliche dabei ist aber, daß das Ergebnis der Messungen durch die Art der verwendeten Teilchen bestimmt wird. Man erhält also bei unterschiedlichen Messungen auch verschiedene Werte. Das kann nur dadurch erklärt werden, daß die Teilchen mit dem Kern verschieden wechselwirken. Über die Natur der Wechselwirkungskräfte ist allerdings bis jetzt noch nicht all zu viel bekannt. Dennoch läßt sich der Radius bis auf etwa 10 % Meßungengenauigkeit angeben. Da wir jedoch elektromagnetische Kraftwirkungen viel genauer kennen (als z. B. Kernkraft-Wechselwirkungen), ist es ganz natürlich, daß besonders Elektronen als "Meßsonden" sehr brauchbar sind. Mit Hilfe dieser Teilchen konnte der "elektromagnetische" Radius mit einer Unsicherheit von nur 1 % bestimmt werden. Eine kolossale Leistung. Hat man nun durch Streuung der Elektronen den elektromagnetischen Potentialverlauf des Kerns bestimmt, so kann mit Hilfe der Maxwellgleichungen die Verteilung der Ladungen und der magnetischen Momente im Kern bestimmt werden. Wir sehen, daß uns die Maxwellgleichungen nicht nur in der Elektro- sondern auch in der

Kernphysik wertvolle Dienste leisten können.

Den Verlauf der Potentialkurve erhält man dadurch, indem Elektronen mit nahezu Lichtgeschwindigkeit auf die zu untersuchende Probe geschossen werden. Die Elektronen werden von den Kernen verschieden stark abgelenkt, gestreut. Aus den Streuwinkeln und der Bewegungsenergie der Elektronen lassen sich dann durch komplizierte Berechnungen der Potentialverlauf und der Kernradius bestimmen. Die große Geschwindigkeit garantiert, daß die Elektronen nicht bereits mit der Hülle der Atome in Wechselwirkung treten.



## Raser - ein Radiowellenverstärker

Ein auf chemischer Basis beruhender Radiowellenverstärker wurde von westdeutschen Wissenschaftlern entwickelt. Die Verstärkung von Frequenzen im UKW-Bereich wird durch eine chemische Reaktion in einem bestimmten Stoff durch das Anlegen eines geeigneten Magnetfeldes bewirkt. Der Raser besitzt den Vorteil, Frequenzen direkt im UKW-Bereich zu verstärken. Allerdings beträgt zur Zeit die Betriebsdauer eines Rasers nur 30 min, wodurch eine breite Anwendung des Rasers zunächst in Frage gestellt ist.

G. Köhler

Sektion Biologie, 2. Studienjahr

## Gibt es Leben auf anderen Himmelskörpern?

Eine utopische Geschichte? Eine nicht beantwortbare Frage? Keineswegs! Hier steht ein wissenschaftliches Problem vor uns, welches die kühnsten Pläne und Ideen der Menschheit herausfordert, sofern sie die Grenzen der Wirklichkeit nicht überschreiten.

Kosmo- oder Exobiologie - so nennt man die Wissenschaft von der Erforschung, Entdeckung und Untersuchung biologischer Phänomene in der Unendlichkeit des Weltalls, ein Teilgebiet menschlicher Erkenntnis, dessen Fundament aus mannigfaltigen physikalischen, chemischen und biologischen Gesetzen besteht, welches aber unbestreitbar noch eng verbunden ist mit utopischen Vorstellungen, mit Hirngespinnsten und vagen Vermutungen. Dieser Beitrag soll nun in wenigen Worten das Wesentliche darüber enthalten, was uns heute zu diesem Problem an wissenschaftlichen Erkenntnissen und kühnen Ideen vorliegt.

Wenn wir von der Erforschung biologischer Phänomene sprechen, dann verstehen wir darunter alles das, was lebt, die Organismen oder Lebewesen. Und an dieser Stelle scheitern wir schon. Was ist eigentlich Leben? Es gibt keine einheitliche Definition dafür, Leben manifestiert sich in seinen Eigenschaften, zu denen Stoffwechsel, Bewegung, Fortpflanzung u.a. zählen. Seit Entdeckung der Viren aber, jener Organismen, von denen viele selbst in kristallisiertem Zustande vorliegen können, ist auch diese Bestimmung durch die "Lebens"-eigenschaften als zu begrenzt erkannt worden. Doch auf alle Fälle finden wir in den Bildungen der Natur, welche als lebend bezeichnet werden, Proteine (Eiweiße) und Nukleinsäuren gemeinsam in einem komplizierten Ordnungsgefüge vor; beide Stoffklassen sind unbestritten die Voraussetzungen für die Existenz organischer Materie.

Kohlenstoff, bekannt durch seine einzigartige Fähigkeit, riesige stabile Molekülketten zu bilden, Wasserstoff und Sauerstoff sowohl als Protein- und Nukleinsäurebestandteile als auch als flüssiges Milieu Wasser, Stickstoff, Phosphor und Schwefel sind die Grundelemente des lebenden Körpers. Silizium anstelle von Kohlenstoff als kettenbildendes Element wurde diskutiert, aber die Verbindungen sind zu instabil und zerfallen äußerst rasch. Ammoniak, Glykol und Methan könnten das Wasser als flüssige Phase ersetzen, aber demgegenüber steht die Giftigkeit einiger dieser Verbindungen. Die Frage, ob sich entwickelnde Organismen an diese Stoffe anpassen könnten, ist ungeklärt.

Wenn wir von der Einheit der Welt in ihrer Materialität heute überzeugt sind, so gibt es keine weiteren Alternativen als Voraussetzungen der Lebensentstehung im Kosmos.

Es ist günstig, von den natürlichen "Räumen" des Alls auszugehen, und uns das gestellte Problem zunächst im Sonnensystem, dann in den unendlichen Weiten des Fixsternmeeres zu beantworten versuchen. Wo Leben entstehen soll, müssen auch die Bedingungen dafür vorhanden sein. Als wesentlichste können wir konstatieren:

- (1) Auftreten von C,H,O,N,S,P und deren einfacher chemischer Verbindungen (CO<sub>2</sub>,H<sub>2</sub>O u.a.)
- (2) Bestimmte Temperaturgrenzen, da Proteine nur bei Durchschnittstemperaturen höher als 0 Grad Celsius und niedriger als 70 Grad Celsius beständig sind
- (3) Genügend große Masse des Planeten (Fixsterne kommen ja als glühende "Gasbälle" nicht in Frage), um eine mehr oder weniger dichte Atmosphäre festhalten zu können.

In unserem Sonnensystem ist es zweifellos nur die Erde, welche ein Optimum dieser Bedingungen besitzt. Alle restlichen Planeten, sowie ihre Monde einschließlich des Erdmondes, fallen durch ihre enormen Temperaturunterschiede zwischen Tag und Nacht aus. Die oft noch diskutierten Meinungen über etwaiges Leben auf Venus oder Mars, viele Biologen billigen ihnen ein bescheidenes Pflanzenleben zu, können heute durch die Untersuchungen mit Venus- und Marssonden mit großer Wahrscheinlichkeit widerlegt werden. Auf Grund von Temperaturwerten zwischen 25 und 320 Grad Celsius in der über 95 % CO<sub>2</sub> enthaltenden Venusatmosphäre glauben manche, dass sich anaerobe Bakterien im Schwebezustand befänden oder schlagen solche Projekte vor wie die Verfrachtung von Bakterienstämmen mittels Raketen auf diesen Planeten. Der Ernst einer solchen Problematik zeigt sich darin, daß schon seit geraumer Zeit Vereinbarungen bestehen, ja es existiert sogar eine Organisation für Sauberkeit im Weltraum, die eine umfassende Sterilisation von Raumschiffen vor dem Start vorsehen, um einen eventuellen Export von Leben auf andere Himmelskörper zu vermeiden.

Einige extreme Bedingungen, die Bakterien aushalten können, mögen durch die Ergebnisse des Instituts für Mikrobiologie der Akademie der Wissenschaften der UdSSR dargestellt werden, das eine Kammer "Künstlicher Mars" konstruierte und dort die möglichen Umweltbedingungen nachgestaltete. So können bestimmte sporenbildende Bakterien ein Vakuum von 10<sup>-6</sup> Torr, andere eine Strahlung von 2-3 Mill. rad überstehen. Auch Temperaturen um den absoluten Nullpunkt und

magnetische Feldstärken von 167 000 Oersted, sowie Drücke bis 1000 at töten einige Organismen nicht ab. Nur die UV - Strahlung wirkt absolut vernichtend. Doch bei diesen hier genannten Formen handelt es sich um Ausnahmen, entstanden durch die Auslesevorgänge von Jahrmillionen auf der Erde. Mit  $4,2 \pm 0,2$  Mrd. Jahren Existenzzeit gibt man heute das Leben auf der Erde an. Für kosmische Verhältnisse ist das sehr wenig, da man weiss, dass andere Sternsysteme weit älter sind. In diesem Zeitraum der chemischen und organismischen Evolution muß eine relativ konstante Durchschnittstemperatur geherrscht haben. Der chinesische Astronom Su-Shu-Huang berechnete, dass die Strahlungsintensität einer Reihe von Fixsternen viel zu rasch zunimmt. Damit ändern sich auch die Temperaturen auf den diesen Stern umkreisenden Planeten schon innerhalb von Millionen Jahren so stark, daß keine stetige Entwicklung von Leben möglich erscheint. Doch nicht alle Planeten lassen sich hier einreihen. Die noch verbleibenden hat man auf ihre Eignung als bewohnte Himmelskörper überprüft und festgestellt, dass alle Planeten, die im Abstände von 0,8 bis 1,2 AE (1AE = 150 Mill.km) vom Fixstern ihn umkreisen, zu diesen zählen. Das bedeutet aber noch lange nicht, daß diese Möglichkeit Wirklichkeit ist. Oparin und Fessenkow, zwei sowjetische Forscher, berechneten die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von belebter Materie mit  $1: 10^5$  bis  $1: 10^6$ , das heißt, auf 100 000 Planeten kommt ein belebter, in unserem Milchstraßensystem wären dies gerade 100 000 "Planeten des Lebens". Die nächste Frage ist die nach der Entwicklungshöhe dieser Organismen. Existiert ein zivilisiertes Wesen, wie der Mensch es ist, noch einmal?

Schon im Altertum träumte man von Lebewesen auf anderen Sternen. Der griechische Rhetoriker Lukianos beschrieb seine Reise zu Mond, Venus und zur Sonne, Voltaire läßt Siriusbewohner im Raumschiff zum Saturn fliegen, Wissenschaftler wie Kepler und Kant sind von der Bewohntheit anderer Sterne überzeugt, ja und wer hat noch keine moderne utopische Geschichte gelesen?

Dabei kommt natürlich die Übertreibung nicht zu kurz. 1835 schreibt die "New York Sun", daß Sir John Herschel, ein bekannter Astronom, mit einem Riesenteleskop Bauten und Lebewesen auf dem Mond gesehen habe. Selbst heute gibt es in kapitalistischen Staaten eine Organisation, deren Mitglieder behaupten, entweder eine fliegende Untertasse beobachtet zu haben oder selbst schon mitgeflogen zu sein. Für Riesensummen werden Fotomontagen mit Abbildungen von angeblich fremden Raumschiffen versteigert, ein Mammutgeschäft, welches menschliche Unwissenheit ausnutzt.

Kehren wir zurück zur Wirklichkeit, zur Frage nach einer hochentwickelten Zivilisation im All. Wir hatten festgestellt, dass der größte Teil des von uns zur Zeit erforschbaren Weltalls viel älter als unser Sonnensystem ist, so daß also auch das vermeintliche Leben schon höher entwickelt sein könnte. Betrüge die Lebenszeit einer solchen zivilisierten Welt auf einem dieser Himmelskörper 1000 bis 10 000 Jahre, so müßte einer von  $10^7$  Sternen einen Planeten mit dieser Zivilisation besitzen. Tausend Lichtjahre wäre der Abstand zwischen zwei Planeten.

Diese und nachfolgende Angaben sind das Ergebnis einer 1961 in Green Bank (USA) veranstalteten wissenschaftlichen Konferenz für außerirdisches hochentwickeltes Leben, auf der Wissenschaftler des Ausschusses für kosmische Wissenschaft und der Nationalen Akademie der Wissenschaften der USA teilnahmen.

Nun stellt sich das Problem der möglichen Verbindungen zu diesen Wesen.

Die erste Möglichkeit einer Verständigung stellen Flüge mit Raketen bzw. Raumschiffen dar. Annähernd Lichtgeschwindigkeit müßte ein solches Aggregat erreichen, um die 1000 Lj. in angemessener Zeit zurückzulegen. Schon Einstein erkannte aber die Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Masse, nach der bei Annäherung an die Lichtgeschwindigkeit die Masse ins Unendliche zunimmt<sup>1)</sup>. Das Verhältnis von Nutzlast zu Startmasse betrüge 1:  $10^4$ . Die Ausführung derlei Projekte wäre aber heute selbst durch Anwendung einer kontrollierten Wasserstoffkernfusion oder durch eine "Vernichtung" von Materie durch Antimaterie undurchführbar.

Eine Verbindung mit extraterrestrischen intelligenten Wesen läßt sich auch durch Abtasten des Radionimmels mit elektromagnetischen Strahlen herstellen, was heute noch zur am meisten praktizierten und billigsten Methode zählt. Ein Mikrowellen-Kommunikationssystem, bestehend aus zwei 300 Fuß- Parabolantennen (zirka 100 m), Sender und Empfänger benötigt 1 kWh Leistung der ausgesandten Energie, um 1 bit Information 1000 Lj. weit zu senden. Für die Datenspeicherung müßte noch ein Computer zur Verfügung stehen, alles in allem, so errechnete man, würde dies bei einer Unkostensumme von 15 Mill. Dollar in 30 Jahren angestrengter Arbeit zum Erfolg führen. Wer kann sich so etwas leisten?

Außerdem besteht die große Schwierigkeit darin, daß wir ein breites Frequenzband von  $10^{10}$  möglichen Frequenzen zur Verfügung haben.

Aber ob die ausgestrahlten Wellenlängen auch von intelligenten Wesen "gehört" werden, steht auf einem anderen Blatt kosmobiologischer Forschungen.

Eine noch zunächst nur theoretisch akzeptierte Möglichkeit besteht in der Aussendung von Elementarteilchen, deren Energie bei gleichem Informationsgehalt weit höher als die eines Photons ist, wobei aber die Produktion dieser Teilchen auf die Dauer zu kostspielig wäre.

Man hat aber auch daran gedacht, daß andere höhere Lebewesen im All ähnliche Methoden anwenden könnten. Dafür existiert ein System, wie sich aus der Vielzahl der kosmischen Radiosignale diejenigen einer zivilisierten Welt herausfinden lassen. Weiterhin wurden Verfahren vorgeschlagen, die einem schnelleren Auffinden der Erde durch ferne Welt dienen sollen. Die einen wollen Teile der Erdumgebung radioaktiv markieren, andere träumen von einer Materialhülle um die Erde. Zuletzt möchte ich noch auf Angaben und angeblichen Nachweisen aufmerksam machen, die sich mit dem Import von Leben zur Erde und mit dem Besuch außerirdischer Lebewesen auf dem Erdball beschäftigen. Es gibt deren viele, aber ständig mehrt sich die Zahl der Wissenschaftler, die mit unwiderlegbaren Begründungen solchen Hypothesen ein Ende bereiten. Heiß diskutiert wird noch die Tatsache, daß man in Meteoriten Mikroorganismen unbekannter Herkunft gefunden hat. Aber es ist bekannt, daß diese Körper im Laufe der Zeit bis zu ihrer Bergung porös werden, so daß Bodenbakterien in sie eindringen können. Lassen wir diesen Problemkreis den utopischen Schriftstellern, solange noch breite Spekulationen diese Frage umhüllen.

Ich glaube, mit diesen kurzen Bemerkungen die Überschrift dieses Artikels mit einem klaren "Ja" beantwortet zu haben, ohne den direkten Beweis, aber mit Hinweisen, die einer gewissen wissenschaftlichen Exaktheit nicht ermangeln.

Wann wird der erste Mensch ein extraterrestrisches Lebewesen zu Gesicht bekommen?

1) siehe "impuls 68" 3.Jahrgang, H.2, S.8

Dr. Horst Füller

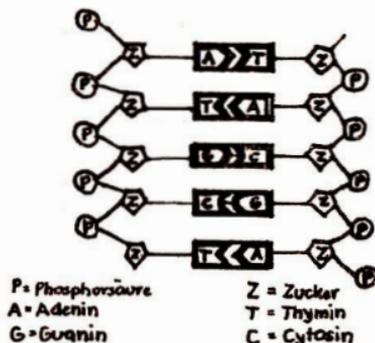
## Die molekularen Grundlagen der Vererbung (2. Teil)

Die Aufklärung der chemischen Struktur der DNS durch Crick, Watson und Wilkins im Jahre 1953 ist sicherlich eine der bedeutendsten naturwissenschaftlichen Entdeckungen unseres Jahrhunderts gewesen und wurde dementsprechend durch die Verleihung des Nobelpreises gewürdigt. Sie schuf die Voraussetzung für ein Verständnis der molekularen Mechanismen des Vererbungsgeschehens.

Schon seit langem war bekannt, daß die Desoxyribonukleinsäure eine makromolekulare Verbindung ist, die aus zahlreichen aneinandergereihten Bausteinen, den "Nucleotiden", besteht. Diese Nucleotide sind selbst wieder zusammengesetzter Natur. Sie werden jeweils aus einem Phosphorsäuremolekül, einem Zuckermolekül (der Desoxyribose) und einer stickstoffhaltigen organischen Base gebildet.

Die am Aufbau der DNS beteiligten Basen leiten sich von zwei heterozyklischen Verbindungen mit einer Ringstruktur aus Kohlenstoff- und Stickstoffatomen, dem Purin und Pyrimidin ab. Da in der DNS vier verschiedene derartige Basen (Adenin, Guanin, Cytosin und Thymin) gefunden wurden, sind am Aufbau eines DNS-Moleküls also offenbar vier verschiedene Nucleotidsorten beteiligt.

### Aufbau des DNS-Moleküls



Schematische Darstellung der  
DNS-Doppelhelix  
(Basenpaar schwanze)

Von entscheidender Bedeutung für das Verständnis der DNS-Funktion ist die Frage, in welcher Weise die verschiedenen Bausteine der Desoxyribonukleinsäure miteinander verknüpft sind. Dank der erwähnten Untersuchungen von Crick, Watson und Wilkins ist dieses fundamentale Problem der Molekularbiologie heute prinzipiell gelöst. Wir wissen, daß jedes DNS-Molekül aus zwei Molekülfäden aufgebaut ist, die schraubenförmig (helical) umeinandergewunden sind. Das gesamte Molekül hat demnach die Gestalt einer "Doppelhelix". An jedem dieser beiden Molekülfäden kann man ein "Molekülskelett" oder "Rückgrat" von den Seitengruppen unterscheiden. Das Rückgrat des Moleküls wird aus regelmäßig miteinander abwechselnden Phosphorsäure- und Zuckermolekülresten gebildet. Als Seitengruppen treten die jeweils mit den Zucker verbundenen Purin- und Pyrimidinbasen auf.

Für die Aufklärung der räumlichen Anordnung des DNS-Moleküls waren quantitative Bestimmungen der Basen wichtig. Es ergab sich, daß bei den DNS-Sorten verschiedener Organismenarten zwar die Häufigkeit jeder einzelnen Purin- oder Pyrimidinbase stark schwanken kann, daß aber in jedem DNS-Molekül stets ebensoviel Adenin- wie Thyminreste vorhanden sind. Es gilt also  $A + G = T + C$ . Die Summe der Purinbasen eines Moleküls ist ebensogroß wie die Summe der Pyrimidinbasen.

Diese auffälligen quantitativen Basenverhältnisse fanden ihre einfache Erklärung in dem von Crick, Watson und Wilkins aufgestellten Strukturmodell der DNS. Die Basen beider DNS-Stränge einer DNS-Doppelhelix sind einander entgegengerichtet und durch Wasserstoffbrücken miteinander verbunden. Es ist jeweils eine Purin- mit einer Pyrimidinbase gepaart, wobei auf Grund der räumlichen Anordnung ihrer Atome und der Abmessungen der Basen in der DNS immer nur Thymin und Guanin mit Cytosin Wasserstoffbrücken bilden können.

Auf Grund des beschriebenen Bauprinzips wird durch die charakteristische Folge der einzelnen Basen (die Basensequenz) des einen DNS-Stranges gesetzmäßig die Basensequenz des anderen, des komplementären Stranges bestimmt. In dieser Tatsache ist letzten Endes die fundamentale Bedeutung der DNS für das Vererbungsgeschehen begründet.

Das große Rätsel der identischen Selbstverdoppelung (der Replikation) der Erbanlagen findet somit seine einfache Erklärung im chemisch-physikalischen Verhalten des DNS-Moleküls. Wir müssen uns den Vorgang der DNS-Verdoppelung in vereinfachter Weise so vorstellen, daß sich die Doppelhelix des DNS-Moleküls von einem Ende her in ihre beiden Einzelstränge auftrennt und an jedem der beiden Stränge aus den DNS-Bausteinen ein neuer komplementärer Strang gebildet wird. Da bei diesem Prozeß das Prinzip der spezifischen Basenpaarung immer eingehalten wird, entstehen somit aus einem DNS-Molekül zwei identische Moleküle, die beide den Charakter von Doppelhelices haben. In jeder Doppelhelix eines DNS-Moleküls sind also immer ein alter und ein neuer Molekülfaden miteinander vereinigt.

---

## Aufgaben

1. Was geschieht, wenn man in den Raum zwischen zwei nebeneinander stehenden brennenden Kerzen zu blasen beginnt?
2. Warum ist bei einer Bogenentladung für den Stromfluß durch den gasgefüllten Zwischenraum keine hohe Spannung erforderlich?
3. Das Objektiv eines Kleinbildprojektors mit der Brennweite 100 mm entwirft von einem 36 mm breiten Film ein 72 cm breites Bild. Um welche Strecke muß das Objektiv von der Projektionswand weiter entfernt werden, wenn das Bild um einen Meter breiter werden soll?  
(Aufgabe 3 wurde in der schriftlichen Reifeprüfung des Schuljahres 1964/65 für die Abiturklassen des B-Zweiges gestellt.)

## Lösungen aus Heft 5

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad \ominus \ddot{\varphi} &= -mg \ell \sin \varphi \quad \leadsto \quad (1) \\ \ominus \ddot{\varphi} + mg \ell \sin \varphi &= 0 \quad (2) \\ \ominus &= m \ell^2 \quad (3) \end{aligned}$$

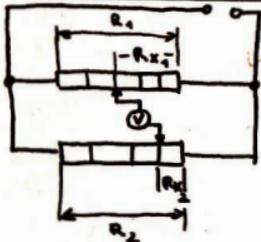
Aus (2) und (3)  $\leadsto$ 

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{\ell} \sin \varphi = 0$$

 $\sin \varphi \approx \varphi$  für kleine  $\varphi \leadsto$ 

$$\ddot{\varphi} + \frac{g}{\ell} \varphi = 0$$


---

 $\textcircled{2}$ 


$$U: U_{X_1} = R_1: R_{X_1}$$

$$U: U_{X_2} = R_2: R_{X_2}$$

$$\left. \begin{array}{l} U: U_{X_1} = R_1: R_{X_1} \\ U: U_{X_2} = R_2: R_{X_2} \end{array} \right\} \Delta U = \frac{U R_{X_1}}{R_1} - \frac{U R_{X_2}}{R_2}$$

$$= U \frac{(R_1 R_2 - R_{X_2} R_1)}{R_1 R_2}$$

$$\leadsto \underline{\Delta U = 7V}$$


---

$$\textcircled{3} \quad s = \frac{g}{2} t_1^2 \quad s = v_0 t_2 \quad t_1 + t_2 = t$$

$$t_1^2 + \frac{2}{g} v_0 t_1 - \frac{2}{g} v_0 t = 0$$

$$t_1 \approx 4,7 \text{ sec} \quad \leadsto \quad \underline{\underline{s \approx 102 \text{ m}}}$$

## „impuls 68“ - informiert:

### Dinosaurier

Bisher ist man sich noch nicht völlig klar darüber, welche Faktoren zum Aussterben vieler Tiere (Bsp. Dinosaurier) geführt haben. In den vergangenen 60 Millionen Jahren hat es offenbar mehrere Perioden gegeben, in denen das Aussterben gehäuft auftrat.

Man nimmt an, daß es durch ungewöhnlich hohe Dosen plötzlich auftretender Radioaktivität hervorgerufen wurde, was eine Frage der Explosion einer Supernova\* in relativ geringer Entfernung von unserer Erde war.

Man nimmt an, daß die Erde seit dem Präkambrium 182 mal von derart hohen Dosen Radioaktivität getroffen wurde, so daß dadurch die meisten höheren Lebewesen ausstarben.

\* Nova-Fixstern, dessen Leuchtkraft plötzlich in Stunden bis auf das 100.000-fache anwächst (Novaausbruch oder Supernova). Eine Supernova strahlt an einem Tag soviel Energie aus wie die Sonne in 40.000 Jahren. Dabei werden Gasmassen mit einer Geschwindigkeit bis zu 30.000 km/sek. ausgestoßen.

---

## Organische Halbleiter

Im Mittelpunkt der Forschungen vieler Wissenschaftler stand in den letzten Jahren die Erforschung von Eigenschaften organischer Halbleiter. Im Gegensatz zu den bekannten bestehen diese aus organisch-chemischen Verbindungen (z.B. Phthalocyanin, Triphenylmethanfarbstoffe), aus denen schon Fotoelemente und Fotodioden hergestellt wurden.

Man entdeckte organische Verbindungen, die eine Strom-Spannungskennlinie mit negativem Abschnitt zeigen. Weiterhin gibt es Verbindungen, die bei Elektronenbeschuß oder unter Einfluß eines elektrostatischen Feldes Farbe und Lichtdurchlässigkeit ändern.

Es wurden sogar Theorien aufgestellt, nach denen mit Hilfe organischer Verbindungen Materialien hergestellt werden können, die Supraleitfähigkeit zeigen.

## Forstschutz durch Ameisen

Der Bestand an hügelbauenden Waldameisen wird in der DDR auf 62.000 bis 155.000 Nester geschätzt, das sind etwa 2,5 bis 5,8 je 100 ha Waldboden. Ihr Einsatz erscheint vor allem zur Vertilgung des Kiefernspanners, Kieferneule und Kiefernspinne wichtig.

---

## Geschmack von frischem Brot

Frisches Brot schmeckt bekanntlich gut. Vier Mitarbeiter im Forschungsinstitut des US-Landwirtschaftsministeriums haben untersucht, warum das so ist. Man hat festgestellt, daß frischgebackenes Broj einen besonderen Geruch hat, der auf eine besondere Substanz (1,4,5,6-Tetrahydro-2-aceto-pyridin) zurückzuführen ist.

Diese Substanz ist an der Luft chemisch unbeständig. Das macht verständlich, warum frisches Brot sein besonderes Aroma bald verliert. Man kann aber beständige Derivate dieser Substanz herstellen, die dem Brot ebenfalls dieses Aroma verleihen.

Brot, das schon eine Woche alt war, schmeckte wie frisches, nachdem es mit dem Derivat besprüht worden war.

---

Braun, der Entdecker der Braun'schen Molekularbewegung, dem es in der Vorlesung ~~immer~~ nur auf den Übersohlag ankam, wollte  $2 \times 25$  rechnen. "Das gibt in Bausch und Bogen 2 mal 30 = 60". Dann kam die Korrektur: "Nun hatten wir vorhin 2 mal 30 statt 2 mal 25 genommen. Richtig wird also ungefähr 50 sein."

## „impuls 68“-Lexikon:

Bakteriophagen (siehe Titelblatt Heft 6) sind bakterielle Viren. Gekennzeichnet sind die Phagen durch eine strenge Wirtsspezifität, d.h., jeder Phagentyp hat seinen bestimmten Wirt. Sie parasitieren auf einer bestimmten Bakterienart und lösen diese auf.

Durch elektronenmikroskopische Untersuchungen konnten morphologisch verschiedene Phagentypen festgestellt werden. Die geradzahligen T-Phagen von *Escherichia coli*, die Phagen  $T_2$ ,  $T_4$  und  $T_6$ , bestehen aus einem Kopf und einem untergliederten Schwanzteil. Der DNS-haltige Kopf ist ein vielfältiges Gebilde. Er hat eine Länge von  $950 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$ ) und eine Breite von  $650 \text{ \AA}$ .

Der am Kopf ansetzende  $950 \text{ \AA}$  lange Schwanzteil besteht aus einer äußeren Hüllstruktur und einem Zentraltubus. Der Schwanz endet mit einer hexagonalen Platte, die sechs Schwanzstacheln und vier bis sechs Schwanzfäden trägt. Die ungeradzahligen Phagen von *Escherichia coli*,  $T_1$  und  $T_5$ , besitzen einen oktaederförmigen Kopf mit hexagonalem Umriss und einem beweglichen Schwanzteil, der von einer Proteinspirale gebildet wird. Diese endet mit einem Dorn oder mit vier bis sechs Dornen. Schwanzlose Phagen sind die Coli-Phagen  $T_3$  und  $T_7$ . Die morphologisch differenzierte Hülle besteht nur aus Protein, dem die Funktion zukommt, die im Phagenkopf lokalisierte DNS oder RNS zu schützen und als Infektionsmechanismus zu wirken.

Die hier kurz charakterisierten Phagentypen sind eine kleine Auswahl, denn wie eingangs erwähnt, haben die Bakterienarten bzw. -stämme ihre spezifischen Phagentypen. Diese können unterschiedlich gestaltet sein. Häufig ist aber der beschwänzte Phagentyp zu beobachten.



impuls  
68

Schülerzeitschrift für Physik,  
Chemie und Biologie

3. Jahrgang (1969/70)

Heft

8

impuls 68: Monatszeitschrift für Schüler der 9. bis 12. Klassen

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Sektion Physik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Redaktion: Dipl.-Phys. H.-D. Jähnig (Chefredakteur), Dr. K. Jupe, Dipl.-Chem. I. Pfaff, Dipl.-Phys. G. Sommer, N. Summa, D. Gröll, M. Seifert, W. Dänhardt, A. Christler, W. Kotte, R. Rost, H. Pöbel

Anschrift: „impuls 68“  
69 Jena  
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich (September bis Juni) zum Preise von 0,40 M  
Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen an unsere Adresse.

Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR

## Inhalt

	Seite
Biologische Waffen	3
Grundlagen der Vererbung	7
Vorbereitungslehrgang zum Physikstudium	10
Kraftstoffgewinnung	14
Das Wesen des Lichtes (I)	17
„impuls 68“ informiert	20
Wie weit kann man in das All sehen	21
Leserpost	25
Nobelpreisträger 1969	27
Neues vom Mars	29
Lösungen	31

## Die große Gefahr: Biologische Waffen

Seit einiger Zeit machen aufsehenserregende Berichte über biologische Kampfmittel in Fachzeitschriften und Tageszeitungen Schlagzeilen:

"Mord mit tödlichem Virus"

"Neue Giftwaffen in den USA"

"Einsatz von biologischen und chemischen Kampfmitteln in Vietnam"

Schweigegehd von "Dugway"

"Die stillen Waffen" usw.

Was verbirgt sich hinter diesem Begriff?

Dazu die Definition:

Biologische Kampfmittel sind lebende Organismen oder aus diesen gewonnen. Sie wirken entweder direkt auf den Menschen, verursachen Erkrankungen des Organismus oder schädigen Tiere und Pflanzen, entziehen damit dem Menschen Nahrung oder rufen sekundär Erkrankungen des Organismus hervor.

Mikroskopisch kleine Organismen!

Es handelt sich um mikroskopisch bzw. elektronenmikroskopisch kleine Organismen aus den Gruppen der

Viren

Rickettsien

Bakterien

Pilze

und Protozoen.

Warum werden ausgerechnet Mikroorganismen als biologische Kampfmittel verwendet?

Diese "Mikroorganismen" weisen Eigenschaften auf, die für die biologische Kriegsführung von außerordentlicher Bedeutung sind und in ihrem Sinne beeinflusst werden können:

1. die **V i r u l e n z**, d. h. die Ansteckungsfähigkeit oder Infektionskraft der Erreger bzw. ihre Giftigkeit in Abhängigkeit von Art und Menge der gebildeten Endo- oder Ektotoxine,

(Toxine & Gifte).

2. die **R e s i s t e n z**, d. h. die Widerstandsfähigkeit der Erreger gegen äußere Einflüsse wie z. B. Lichtstrahlung, Wärme, Kälte, Medikamente, Desinfektionsmittel.
3. die Möglichkeit der Übertragung der Erreger durch Überträger auf den Menschen und die Schaffung vollkommener neuer Übertragungsweg e : z. B. die Aerosolverstäubung! Der Tod im Spray!
4. Die **M u t i e r b a r k e i t**, d. h. mit chemischen Substanzen, UV- oder ionisierenden Strahlen können gezielt Mutationen durchgeführt werden, die zur Entstehung neuer Erregerstämme mit völlig neuen Eigenschaften und damit neuen Krankheitsbildern führen. Die Diagnose und Therapie wird erschwert oder unmöglich gemacht und die Einleitung antiepidemischer Maßnahmen außerordentlich schwierig.

Es gibt über 160 Infektionskrankheiten, die den Menschen töten oder schädigen können. Als die gefährlichsten gelten nach wie vor die

Pocken	(Erreger: Pockenvirus)
Pest	(Erreger: Bacterium pestis)
Milzbrand	(Erreger: Bacillus anthracis)
Cholera	(Erreger: Vibrio cholerae).

Jeder der infektiösen Organismen hat zahlreiche Stämme (z. B. über 140 Varietäten sind vom Pest-Bakterium bekannt) und durch Auswahl bestimmter Stämme kann ihre Virulenz und Drogenresistenz erhöht werden.

#### BKM-Forschung in den USA

Die USA und ihre Verbündeten forcieren in den letzten Jahren die Erforschung der BKM.

Ungefähr 7000 Wissenschaftler und Techniker arbeiten in den USA über biologische und chemische Waffen. Eines der fünf großen amerikanischen Zentren für biologische und chemische Kriegsführung (chemical and biological warfare-CBW), die Massenvernichtungsmittel entwickelt, ist die Versuchsstation der USA-Armee "Dugway" in Skull Valley im Bundesstaat Utah.

Diese Station bringt dem amerikanischen Staat jährlich 35 Millionen Dollar ein. Was bedeutet angesichts dieser Summe der Tod von 6000 in der Nähe des Versuchsgeländes weidenden Schafen an einem Nervengift und die Erkrankung einiger Farmer an einer infektiösen Viruskrankheit, der Venezolanischen Pferde-Enzephalitis, die das Zentralnervensystem lähmen und zum Tode führen kann.

Durch besondere mikrobiologische Verfahren, z. B. die kontinuierliche Kultur werden etwa 10 t pathogener Mikroorganismen monatlich produziert, die durch geeignete Verfahren, wie die Lyophilisierung (Gefriertrocknung) auf Jahre haltbar gemacht werden.

Das 10fache dessen, was zum Auslöschen der Menschheit genügt!

Die vorhandenen Vorräte in den imperialistischen Staaten sind schon das 10fache dessen, was zum Auslöschen der gesamten Menschheit genügt.

Der hundertjährige aufopferungsvolle Kampf der Mikrobiologen und Ärzte gegen die Erreger der Seuchenzüge wäre in Frage gestellt, wenn es den imperialistischen Kräften gelänge, ihre inhumanen Ziele, mutierte Krankheitserreger im großen Maßstab zum Einsatz zu bringen, durchzusetzen.

Wenn wir die waffentechnische Entwicklung von der Vorbereitungszeit des ersten Weltkrieges bis heute überschauen, so bringen die biologischen Waffen kein neues Problem innerhalb der Waffengattungen. In der zweiten Hälfte des ersten Weltkrieges versuchte der deutsche Imperialismus mit dem Einsatz von Giftgasen seine fraglichen Kriegsziele doch noch zu erreichen. Die Giftgaswolken haben an den Fronten vielen Soldaten das Leben gekostet, aber die revolutionäre Bewegung hat ausschlaggebend dazu beigetragen, daß die deutschen Imperialisten zu diesem Zeitpunkt ihre Ziele nicht verwirklichen konnten.

Auch der Einsatz biologischer Waffen durch die amerikanischen Imperialisten ist schon im Koreakrieg erfolgt!

Die Ziele der amerikanischen Globalstrategie sind gescheitert, noch bevor Großeinsätze von Herbiziden die Reisfelder vernichteten und die Wälder entblättern. Der Einsatz dieser biologischen Waffen hat sein Ziel, Demoralisierung der Bevölkerung und der Befreiungstreitkräfte nicht erreicht.

In unserer Epoche bestimmen nicht nur die Waffen, sondern auch die gesellschaftlichen Faktoren einen Kriegsausgang. Wenn auch die imperialistischen Kräfte versuchen, durch den Besitz und Einsatz von atomaren, biologischen und chemischen Waffen die gesellschaftliche Entwicklung aufzuhalten, so ist die Existenz des sozialistischen Weltsystems ein Garant dafür, daß die progressiven Kräfte in der ganzen Welt zum Durchbruch gelangen.

Auf schwinge Dich mit mir empor!  
 Zunächst zum Globus unsres Mondes!  
 Wie ich des Geistes Fittich schlage,  
 • So folge mir mit Deinen Sinnen!  
 - Empor denn! Aufwärts! Folge nur  
 Besorgnislos dem sicheren Führer!  
 Der Blick der Wahrheit und die Ordnung,  
 Die mit Naturgesetzen rechnet,  
 Ist Dein Begleiter, wird Dich sicher  
 Und unversehrt durchsWeltall führen!

- Giordano Bruno (1548 - 1600)

Dr. Horst Füller  
Sektion Biologie

### Die molekularen Grundlagen der Vererbung (3. Teil)

Die Desoxyribonucleinsäure könnte mit ihrer Fähigkeit zur identischen Selbstvermehrung allein ihren Aufgaben als Träger der Erbanlagen nicht gerecht werden. Sie muß außerdem in irgend einer Weise die Fähigkeit besitzen, die in ihr enthaltenen Erbinformationen auf andere Teile der Zelle zu übertragen. Wir wissen heute, daß diese Übermittlung der Informationen durch eine besondere Sorte von Ribonucleinsäuren (RNS) erfolgt, die als Boten-RNS oder Messenger-RNS (mRNS) bezeichnet wird. Diese mRNS wird an der als Matrice dienenden DNS gebildet, löst sich von ihr und gelangt dann als Informationsüberträger in das Cytoplasma. Hier können dann die übermittelten Erbinformationen realisiert werden.

Von grundsätzlicher Bedeutung ist selbstverständlich die Frage, welchen Inhalt eigentlich die in den Nucleinsäuren enthaltenen genetischen Informationen haben. Als allgemein gültige Erkenntnis kann festgehalten werden, daß die Erbanlagen stets Informationen für den Aufbau spezifischer Eiweißmoleküle beinhalten. Es konzentriert sich damit das Grundproblem der Vererbungslehre, die Frage nach der Funktion der Gene, auf die Erklärung der spezifischen Beziehungen zwischen zwei Sorten von Makromolekülen, den Nucleinsäuren und Proteinen.

Die Moleküle der Nucleinsäuren und Eiweiße zeichnen sich beide dadurch aus, daß sie unverzweigte Kettenmoleküle darstellen, die aus einer begrenzten Anzahl verschiedener Bausteinsorten aufgebaut sind. Am Aufbau der Eiweißmoleküle sind etwa 20 verschiedene Aminosäuren beteiligt, deren Reihenfolge (Aminosäuresequenz) die charakteristischen Eigenschaften des betreffenden Proteinmoleküls bestimmt. Ein Nucleinsäuremolekül ist demgegenüber immer nur aus 4 verschiedenen Nucleotidsorten aufgebaut, deren für das jeweilige Molekül charakteristische Reihenfolge man als Nucleotidsequenz bezeichnet. Als ein Grundproblem der

Molekulargenetik kann man demnach die Frage ansehen, in welcher Weise die charakteristische Aminosäuresequenz eines bestimmten Proteinmoleküls durch die Nucleotidsequenz des für seine Synthese verantwortlichen Nucleinsäuremoleküls bestimmt wird.

Man muß es als einen der bedeutendsten Erfolge der Naturwissenschaften bezeichnen, daß im Verlaufe des letzten Jahrzehnts eine Entschlüsselung der Sprache gelang, in der die Nucleinsäure ihre Informationen für den Aufbau der Proteine weitergibt.

Die Schrift, in der die Erbinformationen im Nucleinsäuremolekül niedergelegt sind, besteht aus 4 verschiedenen Zeichen (den Nucleotidsorten), die linear aneinandergereiht sind. Da am Aufbau der Proteine aber 20 verschiedene Bausteinsorten (die Aminosäuren) beteiligt sind, können die für den Einbau der 20 Aminosäuren verantwortlichen Zeichen nicht aus einzelnen Nucleotiden bestehen. Wir wissen heute, daß es für die verschiedenen Aminosäuren spezifische Schlüsselworte (Codons) gibt, die jeweils aus mehreren Nucleotiden bestehen.

Eine einfache Überlegung ergibt, daß am Aufbau eines Codewortes mindestens 3 Nucleotide beteiligt sein müssen. Da aus 4 verschiedenen Nucleotidsorten nur 16 verschiedene Kombinationen von Zweiergruppen gebildet werden können, reichen diese offensichtlich nicht aus, um 20 verschiedene Aminosäuren zu codieren. Hingegen kann man aus den 4 Nucleotidsorten 64 Kombinationen von Dreiergruppen (Tripletts) bilden, also mehr als eigentlich benötigt würden.

Es konnte experimentell nachgewiesen werden, daß tatsächlich die Erbinformationen in Form eines Triplet-Codes in der Nucleinsäure verschlüsselt sind. In den letzten Jahren gelang die Entschlüsselung aller Codons. Wir wissen, daß es im allgemeinen für dieselbe Aminosäure mehrere Schlüsselworte gibt. Der Einbau von Lysin kann beispielsweise durch die Codons "Adenin - Adenin - Adenin" oder "Adenin - Adenin - Guanin" bestimmt werden. Für

Serin, Leucin oder Arginin gibt es sogar jeweils 6 verschiedene Schlüsselworte. Wenn es gelänge, die Nucleotidsequenz eines Gens oder gar eines ganzen Chromosoms zu bestimmen, so könnte man mittels des heute bekannten "Code-Lexikons" die in der Nucleinsäure enthaltenen Informationen übersetzen und die Primärstruktur jener Eiweiße voraussagen, deren Synthese durch die betreffenden Gene gesteuert wird.

### *Literatur*

Eine ausführliche Darstellung der Molekulargenetik mit weiterführenden Literaturangaben bringt der Verfasser in seinem Buch "Zellen - Bausteine des Lebens", das 1970 im URANIA-Verlag erscheint.

---

### **Sichtbare DNS**

Wie wir bereits in 2 Artikeln berichteten, sind die Desoxyribonukleinsäuren (DNS) Träger von Erbinformationen, die von Generation zu Generation weitergegeben werden. Dazu wird von einem DNS-Molekül eine getreue Kopie angefertigt. Der Aufbau eines neuen DNS-Moleküls wird durch ein Enzym gesteuert. Es wandert während der Synthese des neuen Moleküls an der ursprünglichen Wendel entlang.

Durch spezielle Anfärbmethoden ist es nun gelungen, die zwei wie eine Wendel verdrehten DNS-Moleküle und das entsprechende Enzym zu fotografieren.

*U. Haubenreißer und E. Förster stellen vor:*

## **Vorbereitungslehrgang zum Physikstudium**

Die III. Hochschulreform setzt neue Maßstäbe an den Inhalt, die Methode und die Effektivität von Erziehung und Ausbildung an den Universitäten. Eine wirksame Durchführung der Hochschulreform erfordert unter anderem auch, eine gute Zusammenarbeit zwischen der Universität und der EOS zu verwirklichen, d.h. einheitliches sozialistisches Bildungssystem zu praktizieren.

Unsere Arbeitsgruppe hat sich deshalb vorgenommen, an dieser Nahtstelle anzusetzen, eine intensive Studienvorbereitung schon während der Oberschulzeit zu ermöglichen. Wenn der Studienbeginn näherrückt, dann tun sich vor den Bewerbern bestimmte Fragen auf:

Wie groß ist die Aufgabe, die auf mich zukommt? Was für Verhältnisse werde ich an der Universität antreffen? Kann ich vor Beginn des Studiums noch etwas tun, um Lücken zu beseitigen? Auf diese und ähnliche Fragen versuchen wir in unserem Vorbereitungslehrgang eine Antwort zu geben. Im ersten Teil, der besonders auf die Bewerber für ein Physikstudium in Jena zugeschnitten ist, schildern wir den Studienablauf, die neue Art der Wissensvermittlung, die große Bedeutung des Selbststudiums und die Stellung der Studenten an unserer Sektion. Der folgende Teil stellt eine Anregung zur Wiederholung des Oberschulstoffes dar und gibt einen Einblick in die gestellten Anforderungen zu Beginn des Studiums. Er wird nachstehend veröffentlicht. Im dritten und vierten Teil des Vorbereitungslehrganges wurden von unserer Gruppe wichtiger und bekannter Stoff aus Mathematik und Physik überblicksmäßig dargestellt. Darüber hinaus bieten wir auch für die meisten der Bewerber neuen Stoff (zum Beispiel: komplexe Zahlen), der ohnehin in der ersten Zeit auf die Studenten zukommt. Zu den letzten Teilen haben wir Aufgaben gestellt, dessen Schwierigkeitsgrad etwa dem der ersten Studienwochen ent-

spricht. Ein Teil davon wird von den in Jena angenommenen Bewerbern an uns eingeschickt und von uns ausgewertet. Diese Bewertung wird von den Betreuerassistenten im ersten Studienjahr mit berücksichtigt.

Der Vorbereitungslehrgang wurde von sieben Studenten und zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern unserer Sektion ausgearbeitet. Wir haben uns dabei auf die Auswertung eines bereits erschienenen gestützt.

## **Physikalische Grundkenntnisse**

### **1. Kinematik**

- a) Was ist Geschwindigkeit, Beschleunigung, Winkelgeschwindigkeit und Winkelbeschleunigung? Beachten Sie besonders den Vektorcharakter dieser Größen! Warum geht man bei der Definition dieser Größen zum Differentialquotienten über?
- b) Betrachten Sie verschiedene Bewegungsarten, wie die geradlinig gleichförmig beschleunigte und die geradlinig ungleichförmig beschleunigte Bewegung! Leiten Sie mittels der Differential- und Integralrechnung die Bewegungsgleichungen der geradlinig beschleunigten Bewegung her! Bestimmen und diskutieren Sie die bei der Integration auftretenden Integrationskonstanten!
- c) Untersuchen Sie den freien Fall und den senkrechten Wurf nach oben als Beispiele für eine gleichförmig beschleunigte Bewegung!

### **2. Dynamik**

- a) Wiederholen Sie die 3 Newtonschen Axiome und versuchen Sie daraus den physikalischen Begriff der Kraft vollständig zu verstehen!
- b) Untersuchen Sie die physikalische Ursache der nachfolgend angegebenen Kräfte:  
Schwerkraft, Zentrifugalkraft, Radialkraft, Coulombkraft, Lorentzkraft!

- c) Machen Sie sich den Vektorcharakter der Kraft klar! Vergleichen Sie die Begriffe Masse und Gewicht eines Körpers!  
 Unter welchen Bedingungen befindet sich ein Körper im Gleichgewicht?

### 3. Arbeit-Energie-Leistung

- a) Stellen Sie die Begriffe Arbeit und Energie gegenüber und erarbeiten Sie die Unterschiede zwischen beiden Begriffen? Was ist potentielle und kinetische Energie?
- b) Wie kann man sich mechanische Arbeit veranschaulichen? Berechnen Sie die Ausdehnungsarbeit einer Feder nach dem Kraftgesetz  $K = -kx$  ( $k$  - Federkonstante), wenn die Feder in  $x$ -Richtung um die Strecke  $x_1$  ausgedehnt wird!
- c) Wie lautet der Energieerhaltungssatz der Mechanik? Verallgemeinern Sie den Energieerhaltungssatz unter Einbeziehung aller Energieformen? Was sind die wichtigsten Energieformen?

### 4. Impuls

- a) Wiederholen Sie den Begriff des Impulses und beachten Sie auch hier den Vektorcharakter des Impulses!
- b) Was besagt der Impulserhaltungssatz? Überlegen Sie, welche Fahrzeuge sich nur auf Grund dieses Satzes fortbewegen!
- c) Behandeln Sie den zentralen und nichtzentralen elastischen Stoß als Anwendungsbeispiel des Impuls- und Energieerhaltungssatzes!

### 5. Schwingungen

- a) Welche physikalischen Grundgrößen beschreiben eine Schwingung?
- b) Betrachten Sie die Schwingungserscheinungen an einem Pendel und einem elektromagnetischen Schwingkreis!
- c) Wann treten Resonanzerscheinungen auf?

## 6. Wellen

- a) Was sind die Unterscheidungsmerkmale zwischen Welle und Schwingung?
- b) Was besagt das Huygenssche Prinzip?
- c) Versuchen Sie mit Hilfe dieses Prinzipes solche Erscheinungen wie Reflexion, Brechung und Interferenz zu erklären!

## 7. Induktion

- a) Wie entsteht eine Induktionsspannung?
- b) Was besagt die Lenzsche Regel?

## 8. Gleich- und Wechselstromkreis

- a) Wiederholen Sie die Kirchoffschen Gesetze!
- b) In welcher Weise beeinflussen ohmscher, kapazitiver und induktiver Widerstand in einem Wechselstromkreis den Strom bzw. die Spannung?  
Gilt das Ohmsche Gesetz auch für kapazitive und induktive Widerstände?

## 9. Atomphysik

- a) Wie ist das Bohrsche Atommodell aufgebaut?
- b) Was besagen die Bohrschen Postulate?
- c) Aus welchen Bausteinen setzt sich der Atomkern zusammen?
- d) Was heißt natürliche und künstliche Radioaktivität?
- e) Aus welchen physikalischen Erscheinungen läßt sich das Auftreten der Atomenergie erklären?

Der Vorbereitungslehrgang zum Physikstudium (58 Seiten) kann von jedem Interessenten für ein Physikstudium bestellt werden. Nach Einzahlung von 1,-- M auf das Konto von "impuls 68" bei der Sparkasse Jena (4472-39-2981) schicken wir ein Exemplar zu.

Karl-Hartmut Mann

Sektion Chemie, 4. Studienjahr

## Kraftstoffgewinnung

Die ständig zunehmende Zahl von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren bedingt eine ständige Erhöhung der Kraftstoffproduktion.

Das für den Betrieb von Ottomotoren notwendige Benzin wird sowohl aus Kohle, als auch aus dem Erdöl gewonnen. Bis vor wenigen Jahren wurde in Deutschland Benzin hauptsächlich aus Kohlebasis erzeugt. In den letzten Jahren zeigt sich aber in der DDR ein grundlegender Wandel in der Rohstoffbasis der chemischen Industrie. In Zukunft wird das Benzin ausschließlich aus Erdöl destilliert werden.

Da wir über keine eigenen Erdölvorräte genügender Ergiebigkeit verfügen, bekommen wir durch die Erdölleitung "Freundschaft" das benötigte Öl aus der Sowjetunion geliefert.

Zur Aufarbeitung des Rohöls gibt es verschiedene Verfahren: Die einfachste und älteste Möglichkeit der Benziningewinnung ist die fraktionierte Destillation. Bald reichten aber die bei der Destillation des Erdöls anfallenden Benzinmengen nicht mehr aus, um den Bedarf zu decken. Es mußten Verfahren gesucht werden, die es gestatteten, höhersiedende, höhermolekulare Fraktionen des Erdöls in benzinartige Produkte zu überführen.

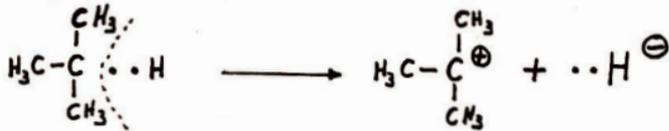
Als erstes Verfahren dieser Art wurde das thermische Cracken angewandt. Hierbei werden die großen Moleküle der Leuchtölfraction des Erdöls bei einem Druck von etwa 80 atm und einer Temperatur von 500 °C in niedrig siedende Kohlenwasserstoffe umgewandelt, d.h. in solche deren Siedepunkt nicht höher als 210 °C ist und die eine Kohlenstoffanzahl von C<sub>5</sub> bis C<sub>10</sub> aufweisen.

Durch dieses Verfahren wurde die Benzinausbeute aus dem Erdöl etwa verdoppelt. Gegenüber den Destillatbenzinen weisen die Crackbenzine bessere Eigenschaften auf, weil ihr Gehalt an Olefinen höher ist.

Wesentlich weitere Verbreitung hat die 1934 entwickelte katalytische Krackung erfahren. Die hochsiedenden Fraktionen des Erdöls (250-500 °C) werden dampfförmig über einen  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  Katalysator bei 500 °C und einem Druck von 2 atm geleitet.

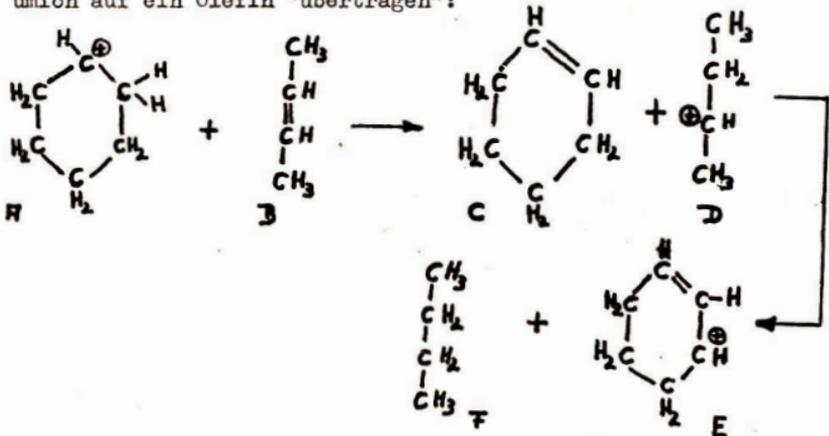
Die Anordnung des Katalysators spielt bei diesem Verfahren eine wichtige Rolle. Der Katalysator wird meistens in Form einer sogenannten Wirbelschicht in der Reaktionszone bewegt. Dabei vergrößert sich die wirksame Oberfläche des Katalysators wesentlich, da er praktisch von allen Seiten her angreifbar ist, gegenüber einer Anordnung auf Rosten, wo er nur von einer Seite her mit dem umzusetzenden Produkt in Berührung kommt.

Die katalytische Krackung ist eine Ionenreaktion. Die Carboniumionen entstehen folgendermaßen: Ein Hydridion wird durch eine elektronenarme Stelle in der Oberfläche des Katalysators aus einem gesättigtem Kohlenwasserstoff (Alkan) abgespalten:



Dieser Mechanismus liegt der folgenden Reaktion zugrunde:

In großem Maße entstehen bei der katalytischen Krackung cyclische Olefine und Aromaten. Dabei wird über mehrere Zwischenstufen ein "Proton" von einem cyclischen Carboniumion auf ein Olefin "übertragen":



Mit einem weiteren Olefin wie B reagiert E weiter nach vorhergehendem Schema bis zum Aromaten, in diesem Falle bis zum Benzol. Aus diesem kurzen Ausschnitt des Reaktionsablaufes der katalytischen Krackung wird deutlich, warum hauptsächlich verzweigte Kohlenwasserstoffe, cyclische Olefine und Aromaten entstehen. Da diese Verbindungen für die Kraftstoffe sehr erwünschte Bestandteile sind, hat die katalytische Krackung die thermische verdrängt.

Den so gewonnenen Kohlenwasserstoffgemischen müssen nun noch verschiedene Stoffe (Additives) zugefügt werden, damit sie den Anforderungen der Technik gerecht werden können.

Zu diesen Stoffen gehören vor allem die Antiklopfmittel. Sie sollen verhindern, daß das sich im Zylinder befindliche Kraftstoff-Luftgemisch ungleichmäßig entzündet. Durch zu frühes oder zu spätes Zünden einzelner Bestandteile des Kraftstoffes kommt es zu einer starken Leistungsverminderung der Motoren. Man nimmt diese Zündungen als "klopfen" wahr. Außerdem treten dadurch starke mechanische Belastungen für Kolben, Kurbelwelle und die dazugehörigen Lager auf. Das gebräuchlichste Antiklopfmittel ist das Bleitetraäthyl. Es wird bereits seit 1922 verwendet. Die Konzentration an Bleitetraäthyl beträgt zwischen 0,02 und 0,08 %.

Bei schnellaufenden Motoren setzt man neuerdings Bleitetramethyl zu, weil es auch bei höheren Temperaturen noch stabil ist und so den härteren Betriebsbedingungen besser angepaßt ist.

Weiterhin werden geringe Mengen von Silikonölen zugesetzt. Sie verhindern Ablagerungen im Vergaser. Ammoniumpolybenzolsulfonate dienen als Rostschutzmittel und eine geringe Menge Schmieröl ist für die Schmierung der Zylinderwände bestimmt.

---

Wußten Sie schon, daß ein PS etwa der Leistung entspricht, die eine Mücke verbraucht, wenn sie in einer Sekunde 75 km (!) hoch hüpf?

**E. Heber, P. Schneider**  
**Sektion Physik**

## **Das Wesen des Lichtes (I)**

Die Frage nach dem Wesen des Lichtes beschäftigt die Menschheit schon seit dem Altertum. Damals glaubte man noch vielfach an sogenannte Sehstrahlen, die vom Auge ausgehen und die Objekte der Umgebung abtasten. Genauere Vorstellungen, erste Theorien des Lichtes bildeten sich erst mit I. Newton heraus. Im Jahre 1669 stellte er eine Korpuskular- oder Emanationstheorie auf. Newton nahm an, daß das Licht aus kleinen Teilchen - Korpuskeln - besteht, die von den Lichtquellen ausgesandt werden. Diesen kleinsten Teilchen schrieb er Eigenschaften zu, die geeignet waren, die damals bekannten optischen Eigenschaften zu deuten. Newton verglich die Korpuskeln mit elastischen Kugeln und erklärte z. B. die Reflexion des Lichtes als elastischen Stoß an Flächen. Wenige Jahre später (1677) stellte Huygens eine Wellen- oder Undulationstheorie auf, die im Gegensatz zur Korpuskulartheorie das Licht als einen Wellenvorgang im mechanischen Sinn deutet.

Die Interferenz, ein Effekt, der die Wellennatur des Lichtes stützt, war schon zu Newtons Zeiten beobachtet worden. Die Korpuskulartheorie konnte diesen Effekt jedoch nicht beweiskräftig beschreiben. Erst Thomas Young konnte im Jahre 1802 den entscheidenden Beweis zugunsten der Wellennatur des Lichtes führen, und zwar auf Grund der Interferenzfähigkeit. Dem mechanistischen Weltbild gehorchend, das im 19. Jahrhundert allgemein anerkannt war, betrachtete man als Träger der Lichtwellen den sogenannten Welt- oder Lichtäther und verstand darunter einen unwägbaren und unsichtbaren Stoff, der das ganze All erfüllt. Licht wurde erklärt als eine mechanisch-elastische Welle des Äthers. Im Jahre 1871 erkannte Maxwell, daß sich die Eigenschaften des Lichtes verstehen lassen, wenn es als ein elektromagnetischer Wellenvorgang aufgefaßt wird, der den Maxwell-

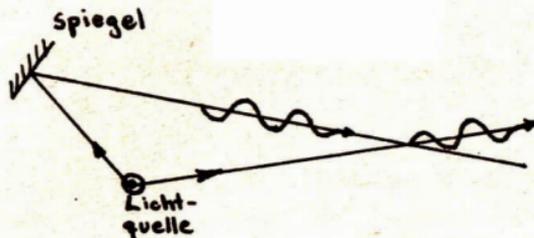
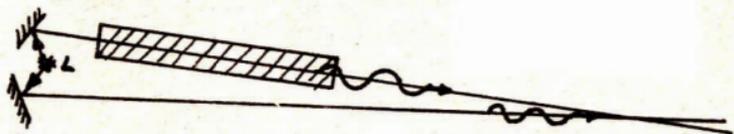
schen Gleichungen gehorcht. Diese Gleichungen stellen den Zusammenhang zwischen elektrischen und magnetischen Größen her. Die Entdeckung der elektromagnetischen Wellen durch Hertz (1888) war nicht zuletzt eine Bestätigung dieser Maxwell'schen Lichttheorie. Die Wellentheorie beherrscht zwar alle Erscheinungen, die die Ausbreitungsvorgänge des Lichtes betreffen, jedoch erst die Quantentheorie erlaubt eine Beschreibung der Wechselwirkung mit der Materie etwa bei der Emission und Absorption des Lichtes. Über diese Vorgänge wird im 2. Teil unseres Artikels berichtet werden.

Beschäftigen wir uns zunächst einmal mit der Ausbreitung des Lichtes. Am Anfang wollen wir dabei noch die zusätzliche Bedingung stellen, daß keine Beugungs- und Interferenzerscheinungen auftreten. Die Wellentheorie braucht dann zur Beschreibung der Ausbreitungsvorgänge nicht herangezogen werden, sondern es genügt die Vorstellung, daß die Lichtbahnen identisch sind mit den Bahnen der Lichtenergie. Die Wechselwirkungen zwischen dem Licht und der Materie, die bei der Ausbreitung des Lichtes auftreten, äußern sich lediglich in Richtungsänderungen, hervorgerufen durch Reflexion oder Brechung. Wenn Lichterscheinungen unter diesen Voraussetzungen behandelt werden, so spricht man von der geometrischen- oder Strahlenoptik.

Im Gegensatz dazu sind Beugungs- und Interferenzerscheinungen nur mit Hilfe der Wellentheorie des Lichtes beschreibbar. Das Zustandekommen von Interferenzen ist an mehrere Bedingungen geknüpft, die man unter der Forderung nach kohärenten Licht zusammenfassen kann.

Das Licht verdankt seinen Ursprung einzelnen, zeitlich beschränkten Emissionsvorgängen im Atom. Beim Zustandekommen von Interferenzen müssen zwischen den zusammen-treffenden Wellenzügen während einer gegen ihre Schwingungsdauer ( $T = \frac{1}{\nu}$ ) langen Zeit konstante Phasenbeziehungen bestehen. Das ist nur der Fall bei Wellenzügen, die beim gleichen Emissionsakt entstehen.

Interferenzen treten, also nur auf, wenn man Licht, welches gleichzeitig vom gleichen Punkt einer Lichtquelle ausgegangen ist - kohärentes Licht -, in einem Punkt des Raumes wieder vereinigt. Die atomaren Emissionsvorgänge verlaufen in sehr kurzen Zeiten von ca.  $10^{-8}$  s. Die Pausen zwischen zwei Emissionsvorgängen dagegen sind viel länger. Man erhält von den Atomen also Wellenzüge begrenzter Länge. Gelangt ein optisch aufgeteilter Wellenzug (etwa durch einen halbdurchlässigen Spiegel aufgeteilt) auf verschiedenen Wegen zu einem bestimmten Raumpunkt (effektiv haben wir es dann mit zwei Wellenzügen zu tun), so findet Interferenz nur dann statt, wenn die Wegdifferenz  $\Delta x$  kleiner ist als die Interferenzlänge  $\lambda$  ( $\Delta x < \lambda$ ). (siehe Abb.)



Die Beugung des Lichtes läßt sich mit Hilfe des Huygenschen Prinzips erklären, welches auch auf mechanische Wellen angewendet wird. Dieses Prinzip sagt aus, daß jeder von der Welle getroffene Punkt seinerseits der Ausgangspunkt einer neuen Elementarwelle ist. Damit Beugungserscheinungen merklich werden, müssen die beugenden Öffnungen in der Größenordnung der verwendeten Wellenlängen liegen.

Bei jedem optischen System tritt infolge der Wellennatur des Lichtes an allen Linsenfassungen und Blenden notwendigerweise eine Beugung auf, die der Schärfe des Bildes eine gewisse Grenze setzt. Die Beugung ist die Ursache, daß alle optischen

Instrumente ein begrenztes Auflösungsvermögen besitzen.

Zusammenfassend können wir feststellen:

Für die Ausbreitungsvorgänge genügt die Vorstellung, daß das Licht eine elektromagnetische Welle ist. Die Polarisation des Lichtes zeigt uns seinen transversalen Wellencharakter. Über die Wechselwirkung mit der Materie bei Emission und Absorption des Lichtes dagegen gibt die Quantentheorie des Lichtes Auskunft.

---

**„impuls 68“ informiert:**

Wie bekannt ist, gehört zum "impuls 68"-Kollektiv nicht nur die Zeitschrift, sondern es werden u.a. Schülerarbeitsgemeinschaften betreut, Sommerlager zur Vorbereitung auf die Physikolympiade und auch Oberschülerkolloquien durchgeführt. Diese dienen einmal dazu, über aktuelle Studienprobleme zu diskutieren und zum anderen wird dem interessierten Schülerein Bild von der Physik vermittelt, welches über den Rahmen des Unterrichtes hinausgeht, um somit sein Interesse für ein Physikstudium zu wecken.

Da wir annehmen, damit bei vielen unserer Leser auf eine große Resonanz zu stoßen, möchten wir deshalb unseren Wirkungskreis nicht auf Jena beschränken. Nach Absprache und bei entsprechender Beteiligung würden wir daher auch in anderen Orten diese Kolloquien durchführen. Die Organisation muß natürlich von den jeweiligen Interessenten getragen werden. Themenwünsche - vor allem bei fachlichen Vorträgen - werden weitgehendst berücksichtigt. Entsprechende Anfragen sind zu richten an:

Redaktion "impuls 68"

AG Oberschülerakademie

**Jürgen Reiche**  
**Diplomand, Sektion Physik**

## **Wie weit kann man in das All sehen?**

Seit der Erfindung des Fernrohres haben die Astronomen immer neue, schwächere kosmische Objekte am Himmel entdeckt. "Schwächer" heißt dabei geringere scheinbare Helligkeit (die Helligkeit, die wir von der Erde aus beobachten können). Heute können wir mit den größten Fernrohren der Welt noch Sterne beobachten, von denen 6 Mio. mal weniger Strahlungsintensität zur Erde gelangt als von den gerade noch mit bloßem Auge erkennbaren Sternen. Da eine Lichtquelle gerade um so schwächer erscheint, je weiter sie weg ist, werden diese schwachen Sterne oft viel größere Entfernungen haben als die helleren. Dies gilt jedoch nicht für alle Sterne, da die Energieausstrahlung sehr unterschiedlich sein kann. Sterne nämlich, die sehr wenig Energie abstrahlen, sind mit einem gegebenen Instrument nur erkennbar, wenn sie sich viel näher bei der Erde befinden als Sterne, die wesentlich mehr Energie abstrahlen. Daher beurteilt der Astronom die Leistungsfähigkeit eines Fernrohres auch nicht danach, wie weit er damit sehen kann, sondern hauptsächlich danach, wie schwach die Objekte am Himmel sind, die er noch erkennen kann, d. h. bis zu welcher scheinbaren Helligkeit das Teleskop reicht. Andererseits ergibt sich die Frage, wie denn nun in der Astronomie tatsächlich Entfernungen bestimmt werden, wenn sie nicht allein aus der scheinbaren Helligkeit folgen.

Bei Sternen, die nicht sehr weit (im astronomischen Sinne) von der Erde entfernt sind, lassen sich dazu geometrische Methoden anwenden.

Es ist ja bekannt, daß die Erde nicht im Raume ruht, sondern sich innerhalb eines Jahres einmal um die Sonne bewegt. Dadurch erscheinen die Fixsterne dauernd unter verschiedenen

Winkeln an die (unendlich weit entfernte) Himmelssphäre projiziert. Bei entfernteren Sternen ist dieser Effekt unmeßbar klein, für sehr nahe Sterne kann er zur Entfernungsbestimmung ausgenutzt werden. Bei Anwendung modernster Meßmethoden lassen sich auf diese Weise Entfernungen bis etwa 300 Lj. bestimmen (Lj. = Lichtjahr; die Entfernung, die das Licht im Vakuum in einem vollen Jahr zurücklegt;  $1 \text{ Lj.} = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ km}$ ). Für die beiden nächsten Sterne Proxima und  $\alpha$  Centauri ergeben sich danach Entfernungen von  $r = 4,27 \text{ Lj.}$  bzw.  $r = 4,34 \text{ Lj.}$

Ebenfalls geometrischer Art, aber bedeutend weitreichender ist eine Methode, die sich auf Bewegungssternhaufen gründet. Wesentlich ist, daß die Mitglieder solcher Sterngruppen einheitliche Bewegungsverhältnisse im Raum haben. Man hat mit dieser Methode Entfernungen von der Sonne bis zu 16000 Lj. messen können (zum Vergleich: Durchmesser der Galaxis in der Ebene der größten Ausdehnung ca. 100000 Lj; Entfernung der Sonne vom galaktischen Zentrum ca. 30000 Lj.).

Neben den genannten und anderen geometrischen Verfahrensweisen bei der Entfernungsbestimmung sind aber auch fotometrische bekannt. Wenn man nämlich irgendwie die tatsächlich ausgestrahlte Energiemenge, also die absolute Helligkeit bestimmen kann (z. B. aus dem Spektrum), so ergibt sich daraus und aus der scheinbaren Helligkeit nach einer einfachen Formel die Entfernung desselben. Dabei müssen die Kriterien zur Bestimmung der absoluten Helligkeit vorher an Sternen bekannter Entfernung geeicht werden.

Besonders eine Variante ist erwähnenswert, mit der man bis zu  $40 \cdot 10^6 \text{ Lj.}$  Entfernung kommen kann (gesamte Galaxis wird erfaßt). Man stützt sich auf eine bestimmte Gruppe von veränderlichen (Sterne, deren Helligkeit schwankt), bei denen sich aus der Art und Form des Lichtwechsels eindeutig die absolute Helligkeit ableiten läßt.

Die Entfernungen extragalaktischer Sternsysteme lassen sich dann einfach und relativ genau bestimmen, wenn sie in Einzel-

objekte aufgelöst werden können. Man sucht sich z. B. geeignete Veränderliche und wendet die eben geschilderte Methode an. Danach ergibt sich für die Magellanschen Wolken, die unserer Galaxis am nächsten sind, eine Entfernung von etwa 200000 Lj. nur doppelter Milchstraßendurchmesser und für den Andromedanebel eine Entfernung von ca.  $2 \cdot 10^6$  Lj. Für bedeutend weiter entfernte Sternsysteme ist die Auflösung in Einzelobjekte unmöglich.

Dann kann man aber zur Entfernungsbestimmung die mittleren abgestrahlten Energiemengen bzw. die mittleren linearen Durchmesser jeweils des gesamten Sternsystems heranziehen, die als Erfahrungswerte für verschiedene Typen von Sternsystemen vorliegen. Daraus und aus der scheinbaren Helligkeit der Galaxis bzw. ihrem scheinbaren Durchmesser in Bogensekunden läßt sich wiederum die Entfernung berechnen. Diese Methode ist zwar ziemlich ungenau, reicht aber bis zu den schwächsten erkennbaren Galaxien, die die enorme Entfernung von  $8 \dots 9 \cdot 10^9$  Lj. haben können. Dies ist der Radius der heute optisch überblickbaren Welt.

Derzeit wird in der SU das größte Teleskop der Welt mit 6 m Spiegeldurchmesser gebaut. Gegenüber dem bisher größten in den USA mit 5,08 m Spiegeldurchmesser wird man mit ihm noch extragalaktische Sternsysteme erkennen können, die etwa  $2 \cdot 10^9$  Lj. weiter entfernt sind. Jedoch das Erreichen bedeutend größerer Raumbereichen als gegenwärtig mit optischen Mitteln ist am ehesten von der Radioastronomie zu erwarten.

Zunächst sei aber die sogenannte Rotverschiebung betrachtet (vgl. auch "Impuls", Jahrgang 2, 6 und 3, 1). Man fand, daß die Spektren von entfernteren extragalaktischen Systemen nach größeren Wellenlängen hin verschoben sind. Das bedeutet eine Fluchtbewegung dieser Sternsysteme von uns weg. Es zeigte sich, daß diese Fluchtgeschwindigkeit in erster Näherung linear mit der Entfernung anwächst gemäß

$$v = H \cdot r$$

H — Hubble - Konstante;

$$H \approx 25 \frac{\text{km}}{\text{sec} \cdot 10^6 \text{ Lj.}}$$

Damit ist es möglich, aus der Linienverschiebung in den Spektren der entfernteren Sternsysteme die Fluchtgeschwindigkeit und daraus die Entfernung zu berechnen. Eine der größten optisch gemessenen Linienverschiebungen beträgt  $\Delta\lambda/\lambda = 0,48$ , woraus  $v = 112000 \frac{\text{km}}{\text{sec}}$  (nach der relativistischen Formel, vgl. 2, 1) und  $r = 4,5 \cdot 10^9$  Lj. folgt. Auch für Sternsysteme, die im Radiofrequenzbereich beobachtet werden, läßt sich diese Art der Entfernungsbestimmung verwerten.

Die größten Rotverschiebungen zeigen die erst seit weniger als einem Jahrzehnt bekannten Quasare. Das sind sternähnliche Objekte, die eine sehr starke Radiostrahlung aussenden. Bei ihnen ist es heute noch umstritten, ob ihre Rotverschiebung auf eine kosmologische Fluchtbewegung zurückgeht. Die bei ihnen bisher größten gemessenen Linienverschiebungen betragen  $\Delta\lambda/\lambda = 2,22$  bzw.  $\Delta\lambda/\lambda = 2,38$ . Wendet man die Formeln formal an, dann ergeben sich für Fluchtgeschwindigkeit und Entfernung die Werte  $v \approx 250000 \frac{\text{km}}{\text{sec}}$  bzw.  $r \approx 10 \cdot 10^9$  Lj. Damit würden die Quasare zu den am weitesten entfernten Objekten gehören, die man z. Zt. von der Erde aus beobachten kann. Interessant ist dabei, daß das Licht, das wir von einer  $10 \cdot 10^9$  Lj. entfernten Galaxis erhalten, von dieser vor 10 Mrd. Jahren ausgesandt wurde, also ein weit zurückliegendes Entwicklungsstadium dieses Sternsystems repräsentiert. Je weiter wir räumlich in den Kosmos sehen, desto weiter blicken wir praktisch auch zeitlich zurück.

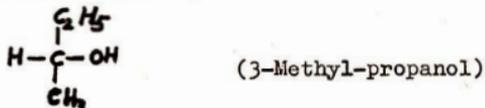
Bekanntmachung am Schwarzen Brett der Universität von San José (Kalifornien):

"Gesucht wird ein Student der Physik für Arbeiten am Molekular-Reaktionszähler und Drei-Phasen-Zyklotron-Uran-Photosynthetisator. Vorkenntnisse sind nicht erforderlich."

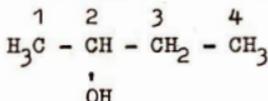
## Leserpost

Thomas Götze aus Lunzenau schrieb uns:

"Im Heft 1 fand ich etwas, was meinem Wissen nicht ganz entspricht, und zwar handelt es sich um den Artikel "Optische Aktivität" von J. Gottschaldt. Auf Seite 30 steht die Formel von Methyläthylcarbinol:



Nach dem Chemie-Lehrbuch Klasse 10 (Vorbereitungsklasse) mußte der Stoff aber 2-Hydroxybutan heißen:

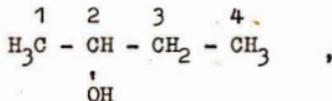


Ich habe auch noch eine zweite Frage zur Nomenklatur:

Gibt es Unterschiede in der Nomenklatur in der englischen und der deutschen Literatur? Da ich mich für Chromatographie interessiere und über dieses Gebiet ziemlich wenig Literatur aufzutreiben ist, könntet Ihr eventuell etwas darüber bringen. Mein zweiter Vorschlag ist der, daß in jedem Heft etwas über die Nobelpreisträger für Chemie berichtet wird."

Zunächst recht herzlichen Dank an unseren Leser Thomas G ö t z e für das Interesse, daß er unserer Zeitschrift gegenüber zeigt. Da wir glauben, daß die aufgeworfenen Fragen allgemein interessieren, möchten wir in dieser Form antworten:

"Sie fragten nach der Bezeichnung der Verbindung Methyläthylcarbinol



die Ihrer Meinung nach 2-Hydroxybutan sein müßte. Sie haben recht, es handelt sich tatsächlich um 2-Hydroxybutan. Es

ist aber üblich, Alkane, die irgendein Wasserstoffatom durch eine Hydroxylgruppe ersetzt haben, als Alkohole zu bezeichnen. Unter diesen Umständen kommt der oben angegebenen Verbindung die Bezeichnung Butanol (2) zu. Es wird die Genfer Nomenklatur verwendet, Die in Klammern stehende Zwei gibt an, an welchem Kohlenstoffatom sich die Hydroxylgruppe befindet. Früher wurden die Alkohole auch als Carbinole bezeichnet. So kommt es, daß die Bezeichnung Methyläthylcarbinol gebraucht wurde. Daran schließt sich gleich die Antwort auf Ihre zweite Frage an. Die Nomenklatur ist auch im englischen Sprachgebiet noch verschieden. Ein Schema läßt sich da auch nicht angeben. Es wurde aber vereinbart, daß auch im englischen Schrifttum die Genfer Nomenklatur verwendet werden soll.

Ihre anderen beiden Vorschläge werden wir versuchen in unserem nächsten Jahrgang zu berücksichtigen. Bitte berichten Sie uns von Ihrem Chemiezykel und dort auftretenden Fragen, vielleicht können wir in einem Artikel darauf eingehen."

---

-----

Jeder physikalische Versuch muß dreimal durchgeführt werden. Einmal zum Staunen, einmal zum Verstehen und einmal zum Genießen.

-----

Es heißt nicht umsonst "die Physik". Sie ist typisch weiblich. Sie ist wie eine schöne Frau, die immer wieder mit Überraschungen aufwartet.

**L. Landau**

-----

## Nobelpreisträger 1969

Der Nobelpreis für Physiologie und Medizin wurde an die drei amerikanischen Wissenschaftler Max Delbrück, Alfred D. Hershey und Salvador E. Luria vergeben. Prof. M. Delbrück wurde am 4. September 1906 in Berlin geboren. Er studierte zunächst Physik und promovierte auf dem Gebiet der theoretischen Physik. Auf Anregung von Niels Bohr wandte er sich der Biologie zu, wobei er sich zunächst mit quantenmechanischen Arbeiten an Modellen von Genen befaßte. Seit 1947 ist er Professor für Biologie am California Institute of Technology in Pasadena.

Prof. A. Hershey wurde am 4. Dezember 1908 in Lansing/ Michigan, USA, geboren. Er leitet seit 1963 das Carnegie-Institut in New York.

Prof. S. Luria, am 13. August 1912 in Turin geboren, kam über die Anatomie zur Mikrobiologie. Seit 1959 ist er Professor für Mikrobiologie am Massachusetts Institute of Technology in Boston.

Den Nobelpreis erhielten die 3 Wissenschaftler für ihre grundlegenden Arbeiten über den Vererbungsmechanismus der Bakteriophagen. Durch diese Untersuchungen wurde die klassische Vererbungsforschung in neue Bahnen gelenkt. Über den Aufbau der Bakteriophagen berichteten wir bereits im "Impuls 68" - Lexikon Heft 7. Untersuchungen über die Vermehrung ergaben die völlig überraschende Tatsache, daß sich Bakteriophagen und einige Viren geschlechtlich fortpflanzen können. Bisher war nur die ungeschlechtliche Fortpflanzung, also durch Zellteilung, bekannt.

An dieser Stelle soll kurz auf die Lebensweise der Bakteriophagen eingegangen werden. Wie bereits berichtet, dringen die Bakteriophagen in ein spezifisches Bakterium ein und vermehren sich darin, wobei der Wirt zerstört wird. Die Bakteriophage setzt sich zunächst an der mehr als hundertmal größeren Bakterienoberfläche

fest und bricht mit Hilfe eines Enzyms diese auf. Dann wird die Nucleinsäure, der Träger der Erbinformation, in die Bakterie "eingespritzt". Die Hülle der Phage bleibt also außerhalb der Bakterie und löst sich dann ab. Nach etwa 20 min platzt die Bakterie und es werden 100 neue, reife Phagen freigesetzt. Mit diesen und anderen Untersuchungen werden die Grundlagen für die Mikrobiologie gelegt, die schließlich zur Modellierung der DNS durch Watson und Grik und den fotografischen Nachweis dieser DNS-Struktur in jüngster Zeit führten.

---

-----

Die Entwicklung der Wissenschaft und die schnelle Anwendung ihrer Erkenntnisse in der Praxis sind ein komplizierter dialektischer Prozeß der immer größeren Spezialisierung und gleichzeitigen Integration der Wissenschaftszweige. Wir brauchen deshalb Fachleute mit einer hohen Spezialausbildung, die gleichzeitig in der Lage sind, Erkenntnisse und Methoden anderer Wissenschaftsgebiete zu verstehen und Aufgaben ihres Spezialgebietes mit Hilfe solcher Erkenntnisse und Methoden zu lösen. Die Dialektik von Spezialisierung und Integration der Wissenschaften soll in der Ausbildung ihren Ausdruck finden.

**W. Ulbricht**

Rede auf dem VII. Parteitag

## „Impuls 68“ informiert: Neues vom Mars

Äußerst aufschlußreiche Erkenntnisse haben die Untersuchungen der Sonden Mariner 6 und 7 über den Planeten Mars gebracht. Aus den fast 200 zur Erde gesendeten Fotos kann man entnehmen, daß der Mars eine ähnliche Oberflächenstruktur wie unser Mond hat. Ein großes Rätsel sind nach wie vor die Marskanäle, deren Existenz mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden kann. Sie scheinen rund 150 km breit zu sein. Bekanntlich waren sie ja seit ihrer Entdeckung im Jahre 1827 durch den italienischen Astronom Schiaparelli Anlaß für die sagenhaftesten Vorstellungen. Z.B. glaubte man an künstlich angelegte Bewässerungsgräben, die die gelblich sichtbaren Marswüsten bewässern sollen. Doch die "kleinen Marsmännchen" sind durch die neuesten Untersuchungen endgültig "gestorben". Die Marsatmosphäre ist etwa so dünn wie unsere in 30 km Höhe. Daher sind auch die Temperaturschwankungen auf der Oberfläche beträchtlich. Auf einem Teil der übermittelten Fotos konnten Krater entdeckt werden, die eine ähnliche Gestalt wie auf dem Erdmond haben. Außerdem gibt es aber auch völlig flache und strukturlose Flächen, die von einzelnen Rillen durchzogen werden. Wasser in flüssiger Form konnte auf unserem Nachbarplaneten nicht nachgewiesen werden. Die von der Erde aus sichtbaren, weißen Polkappen, deren Formen sich jahreszeitbedingt verändern, bestehen aus Kohlendioxid-schnee mit einer Stärke von einigen cm. Zur Zeit des Vorbeifluges der Marssonden betrug die Temperatur am Südpol minus  $123^{\circ}$  C. Die Tagestemperaturen schwanken am Äquator von plus 13 bis minus  $53^{\circ}$  C. Dagegen betragen die Nachttemperaturen sogar minus 53 bis minus  $100^{\circ}$  C. Es wurde bereits erwähnt, daß die Marsatmosphäre sehr dünn ist. Diese Dunsthülle soll etwa 8 bis 16 km stark sein.

Über die Existenz von Lebewesen besteht die Vermutung, daß höchstens einfache Formen, etwa Mikroben, vorkommen können. Allerdings sind auch hierfür die Aussichten

gering, da z.B. Stickstoff, eine notwendige Grundlage für irgendwelche Lebensformen, in der Marsatmosphäre noch nicht nachgewiesen werden konnte.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß durch die neuesten Untersuchungen die Kenntnisse über den Mars wesentlich erweitert und vor allem revidiert wurden, trotzdem aber noch zahlreiche alte und neue Rätsel gelöst werden müssen.

---

### **3,1 Milliarden Jahre alt**

Durch Untersuchungen an Mikroorganismen, die sich als Einschlüsse in Kristallen befanden und etwa ein Alter von 3,1 Milliarden Jahren hatten, konnte festgestellt werden, daß sich die chemische Grundlage des Lebens im Verlaufe dieser Zeit kaum verändert hat. Die in Afrika gefundenen primitiven Organismen enthielten 19 verschiedene Aminosäuren, die auch heute noch in lebenden Organismen vorkommen.

---

### **Heilender Ultraschall**

Londoner Ärzte haben festgestellt, daß Hautwunden wesentlich schneller heilen, wenn sie jeden zweiten Tag 15 min lang mit Ultraschall behandelt werden. Bis jetzt konnte dieser Effekt noch nicht eindeutig erklärt werden. Man nimmt an, daß eine gesteigerte Durchblutung fördernd auf den Heilprozeß wirkt.

## Lösungen der Aufgaben aus Heft 6

1. Die dem Raumkörper vermittelte Anfangsenergie ( $W_a$ ) gliedert sich in zwei Beiträge auf:
- in die Energie, die erforderlich ist, die Arbeit gegen das Schwerfeld der Erde zu verrichten ( $W_g$ ),
  - in eine gewisse kinetische Energie, die in der Höhe  $h$  benötigt wird, um die Erdumlaufbahn zu verlassen ( $W_h$ ).

$$W_a = W_g + W_h$$

Das bedeutet:

$$\frac{m}{2} \cdot v_0^2 = \int_R^\infty \gamma \frac{m \cdot M}{r^2} dr + \frac{m}{2} \cdot v_h^2$$

$m$ ...Masse des Raumkörpers

$M$ ...Masse der Erde

$R$ ...Erdradius

$\gamma$ ...Gravitationskonstante

Die Auswertung der obigen Gleichung ergibt folgende Bedingung:

$$v_h = \sqrt{v_0^2 - \frac{2 \cdot \gamma \cdot M}{R}}$$

Aus der Forderung, daß die Wurzel reell ist, erhält man die Bedingung:

$$v_0^2 \geq 2 \cdot \frac{\gamma \cdot M}{R},$$

aus der für  $v_0$  folgt:

$$v_0 \geq 11,2 \text{ km/s.}$$

2. Zwischen Ladung und Spannung des Leiters besteht der lineare Zusammenhang  $Q = C \cdot U$ . Wir nehmen an, daß der Leiter bereits die Ladung  $Q'$  trage. Dann ist er bis zur Spannung  $U'$  aufgeladen. Um jetzt auf ihm die Ladung  $dQ'$  aufzubringen, muß gegen das elektrische Feld eine Arbeit verrichtet werden. Diese beträgt:

$$dW = Q' \cdot E \cdot ds = Q' \cdot dU' = \frac{1}{C} \cdot Q' \cdot dQ'$$

$E$  ist die elektrische Feldstärke,  $C$  die Kapazität. Die Feldenergie ergibt sich durch Integration über die gesamte Ladungsmenge  $Q$ .

$$W = \frac{1}{C} \int_0^Q Q' \cdot dQ' = \frac{1}{C} \cdot \frac{1}{2} \cdot Q^2 = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

3. Die Ladung  $Q$  verteilt sich aus Symmetriegründen gleichmäßig über die gesamte Kugeloberfläche ( $A = 4 \cdot \pi \cdot R^2$ ). Die Flächenladungsdichte ist dann:

$$\sigma = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot R^2}$$

Das elektrische Feld dieser Kugel ist mit dem einer Punktladung identisch, wenn man sich diese in den Mittelpunkt der Kugel versetzt denkt.

Für diese Feldstärke gilt:

$$E = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R^2}$$

Setzt man diesen Ausdruck in die Gleichung für die Flächenladungsdichte ein, so ergibt sich:

$$\sigma = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot R^2} = \frac{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R^2 \cdot E}{4 \cdot \pi \cdot R^2} = \epsilon_0 \cdot E = D \quad \text{q. e. d.}$$

*M. Bürgel*



# impuls 68

Schülerzeitschrift für Physik,  
Chemie und Biologie

3. Jahrgang (1969/70)

Heft

9

impuls 68: Monatszeitschrift für Schüler der 9. bis 12. Klassen

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Sektion Physik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Redaktion: Dipl.-Phys. H.-D. Jähnig (Chefredakteur), Dr. K. Jupe, Dipl.-Chem. I. Pfaff, Dipl.-Phys. G. Sommer, N. Summa, D. Gröll, M. Seifert, W. Dänhardt, A. Christler, W. Kotte, R. Rost, H. Pöbel

Anschrift: „impuls 68“  
69 Jena  
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich (September bis Juni) zum Preise von 0,40 M  
Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen an unsere Adresse.

Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR

## **Inhalt**

	<b>Seite</b>
Lenin und die Physik	3
Sommerlager	8
Komplexe Zahlen II	10
Wesen des Lichtes II	13
Biosynthese	17
Ligandenfeldtheorie	21
Leserpost	24
Physik – ein Studium für Mädchen!	25
Induktionsspannung	28

D. Gröll

Diplomand, VEB Carl Zeiss

### Lenin und die Physik

Zunächst wird der Leser sich fragen, welche Berührungspunkte die Tätigkeit W.I. Lenin mit der Entwicklung der Physik besitzt. Warum beschäftigte sich der marxistische Revolutionär, der Führer der revolutionären Arbeiterpartei Rußlands, der Gründer der Sowjetmacht mit den Problemen der Entwicklung der Physik um die Jahrhundertwende?

Das von Lenin 1909 veröffentlichte philosophische Hauptwerk "Materialismus und Empiriokritizismus" weist aus, daß er ein reges und von hoher Sachkenntnis getragenes Interesse an physikalischen Problemen der damaligen Zeit besaß. Um die aufgeworfene Fragestellung zu beantworten, muß man mit der politischen Situation und der Entwicklung der damaligen Physik vertraut sein. Gerade um die Jahrhundertwende wurden einige fundamentale Entdeckungen der Physik gemacht. Zu nennen wären die Entdeckung der Röntgen-Strahlung, die natürliche Radioaktivität, die Teilbarkeit der Atome (Existenz des Elektrons), die Äquivalenz zwischen Masse und Energie u.a.

Doch die Physiker vertraten bis zu diesem Zeitpunkt eine rein mechanische Auffassung von der Natur und den Naturerscheinungen. D.h. also das Weltbild der Physiker versuchte, alle Vorgänge durch mechanische Bewegung zu erklären. Die grundlegenden naturwissenschaftlichen Bestimmungsstücke waren damals die Undurchdringlichkeit der Materie, die konzentrierte Raumerfüllung und die Trägheit und Schwere. Dabei wurden keinesfalls chemische und biologische Prozesse verneint, doch wurden sie als ein besonders kompliziertes System mechanischer Elemente interpretiert. Die Physiker versuchten z.B. die Maxwell'schen Gleichungen auf die Grundprinzipien der Newton'schen Mechanik zurückzuführen und waren damals von deren Mißlingen keinesfalls überzeugt, sondern führten es auf mangelnde mathematische Erkenntnisse zurück.

Man muß sich das einmal genau vorstellen. Das Radium wurde gefunden und die natürliche Radioaktivität entdeckt. Damit war nach der mechanischen Vorstellung das Prinzip der Erhaltung der Energie in Frage gestellt.

Aber es ging noch weiter. Die Experimente lieferten das Material für die Berechnung der Bewegungsgeschwindigkeit der Elektronen und ihrer Masse. Man versuchte die Bewegung eines Elektrons mit der Äthertheorie zu erklären und mußte entsprechend der Trägheit der Massen eine zweifache Masse des Elektrons in Betracht ziehen; einmal für das Elektron und einmal für den Äther.

Nähere Untersuchungen ergaben, daß aber eine der beiden Massen Null ist. So kam man zu dem Schluß, daß "Materie verschwindet". Es ließen sich noch einige Beispiele finden. Aber sie alle würden nur illustrieren, daß die neuentdeckten Naturerscheinungen keinesfalls mehr rein mechanisch erklärt werden konnten. Ja diese Entdeckungen negierten sogar die bis dahin als unänderlich angesehenen mechanischen Postulate der Physik.

Die Physik als Ganzes steckte in einer schweren Krise. Dabei wurde von einem Großteil der Physiker einfach nicht erkannt, daß dieser Zustand daran lag, daß der Naturerkenntnis ein einseitiges undialektisches mechanisches Weltbild zu Grunde gelegt wurde.

Auf Grund der Krisensituation in der Physik erhoben sich sofort jene Leute, die eine Chance witterten, den Materialismus als Ganzes zu widerlegen. Übrigens eine Erscheinung, die immer dann auftritt, wenn in der Physik grundlegend neue Entdeckungen gemacht werden. Damals wurde der Materialismus besonders durch den Wiener Physiker E. MACH mit dem mechanischen Weltbild identifiziert und als überwunden proklamiert. Es wurde der physikalische Idealismus geboren. Er zeichnete sich dadurch aus, daß er die neugewonnenen Naturerkenntnisse zu rein idealistischen Interpretationen benutzte.

Es wurde festgestellt, daß sich die Physik von den objektiven Tatsachen entferne. Hier sah man wieder als objektive Tatsachen nur die bereits oben erwähnten mechanischen Bestimmungsstücke der Physik. Die neuen Tatsachen sprachen gegen diese mechanischen Bestimmungsstücke der Physik, ergo mußte die Physik sich von den objektiven Tatsachen entfernen. Die neuen Erkenntnisse wurden keinesfalls als uns objektiv umgebende Realität interpretiert.

Weiter argumentierte man, daß alle alten Wahrheiten der Physik, einschließlich solcher, die als unbestreitbar und unerschütter-

lich gegolten haben, sich als relative Wahrheiten erwiesen - also könne es keine objektive, von der Menschheit unabhängige Wahrheit geben.

Die Grundgesetze wurden nicht als Widerspiegelung der objektiven Realität gesehen, sondern ihnen sollte nur der Charakter von Symbolen, Zeichen und Merkmalen zukommen.

Die Ergebnisse der modernen Naturwissenschaft wurden idealistisch interpretiert. Die Physiker sind eindeutig idealistisch abgeglitten und ihre Ergebnisse wurden von idealistischen Philosophen okupiert. Die revisionistischen Kräfte übernahmen diese idealistischen Interpretationen und griffen den dialektischen Materialismus an.

Nun ist es aber so, daß in verschiedenen historischen Perioden bald die eine und bald die andere Seite des Marxismus hervorgehoben wurde.

Nach der Revolution von 1905 - 1907, in der Zeit der gesellschaftlichen und politischen Reaktion, der Zeit des Verdauens der reichen Lehren der Revolution, rückten grundlegende theoretische Fragestellungen an die erste Stelle. Ende des 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts herrschten in Europa die reaktionärsten Formen des Idealismus, die den gesetzmäßigen Charakter der Entwicklung in Natur und Gesellschaft sowie die Möglichkeit der Erkenntnis in Frage stellten bzw. leugneten. Insbesondere wurde in Rußland unter der Flagge des Machismus die Revision des dialektischen Materialismus und der taktischen Prinzipien der proletarischen Partei propagiert.

Kritikloses Übernehmen erkenntnistheoretischer Meinungen bedeutender Naturwissenschaftler durch die russische Intelligenz.

Theoretische Konfusion ging mit praktisch-politischer Konfusion einher. Für die ideologische Festigung der bolschewistischen Partei, die Einigung des russischen Proletariats und die Realisierung der Bündnispolitik war es

notwendig, das reaktionäre Wesen des Machismus aufzuzeigen, einen entscheidenden Kampf gegen alle Verfälscher des Marxismus in der Arbeiterbewegung Rußlands zu führen, den Marxismus zu verteidigen und seine Grundposition theoretisch zu entwickeln. Das war damals von eminent wichtiger politischer Bedeutung.

Hieraus resultiert die Beschäftigung Lenins mit den Naturwissenschaften. Dabei ging es Lenin um die Reinhaltung des Marxismus in allen Bestandteilen.

Im "Materialismus und Empirio-kritizismus" setzt sich Lenin mit dem physikalischen Idealismus auseinander und weist dessen Haltlosigkeit nach. Er hat in diesem Werk grundlegende Prinzipien der materialistisch-dialektischen Philosophie formuliert, die auch heute noch von großer Bedeutung sind. Wir wollen uns nun einmal mit einer fundamentalen weltanschaulichen Erkenntnis Lenins vertraut machen.

Eine der größten philosophischen Leistungen Lenins besteht darin, daß er den marxistischen Materiebegriff schöpferisch "nach oben" entwickelt hat, ihn wissenschaftlich exakt formulierte und auch erfolgreich verteidigte. Schon Marx und Engels hatten den alten Materialismus kritisiert. Diese Kritik erfaßte Lenin sehr genau und erweiterte den Materiebegriff. Dabei stellte er fest, daß der damalige Materialismus ein vorwiegend mechanischer war, der die neuesten Erkenntnisse der Naturwissenschaften nicht berücksichtigte und daß er völlig undialektisch war, d.h. das Moment der Entwicklung nicht berücksichtigte. Dabei hat Lenin die Tendenzen der Entwicklung der modernen Physik wie kein zweiter erfaßt. Die Physiker versuchten sämtliche Naturerscheinungen mechanisch zu erklären und waren von deren Mißlingen keinesfalls überzeugt. Heute weiß man, daß dies unmöglich ist. Lenin sah damals bereits die Ursache für diese Unmöglichkeit sehr richtig in der objektiv existierenden strukturellen Vielgestaltigkeit der Materie. Dadurch überwand er endgültig den mechanischen Materiebegriff.

Es soll hier auf eine prinzipielle Seite des Leninschen Materiebegriffs eingegangen werden, nämlich auf die Einheit von der Existenz der Materie außerhalb und unabhängig von

unserem Bewußtsein und der Einwirkung auf die Sinne und die richtige Abbildung in den Empfindungen. Das ist bereits die Grundlage für die dialektische Erkennbarkeit der Welt und die Grundlage jeglichen wissenschaftlichen Arbeitens. Gerade die Dialektik befähigt die Physiker, neue Erkenntnisse jederzeit in das dialektisch-materialistische System einzubauen.

Eine sehr wichtige Idee in Lenins Lehre ist die Unererschöpflichkeit der Materie. Sie ist heute die methodologisch erkenntnistheoretische These, nicht nur der Elementarteilchenphysik, nur wird sie dort besonders deutlich!

Es trat immer wieder in der Physik die Idee von der Unveränderlichkeit und Unzerstörbarkeit der Atome und Moleküle auf. Immer wurden die neuentdeckten Bausteine des Atoms als "letzte Bausteine" der Natur angesehen. Das ist aber auf alle Fälle ein undialektisches Herangehen an die Naturerscheinung, was sich auch durchaus erkenntnishemmend auswirkt.

Nehmen wir doch nur den Begriff "Elementarteilchen". Hier tritt die Idee der letzten Bausteine schon im Begriff auf. Heute existieren über 200 Elementarteilchen und es zeichnet sich schon die Möglichkeit ab, daß die Elementarteilchen auch wieder durch noch elementarere Bausteine aufgebaut sind, die man als "Quarks" bezeichnet. Das zeigt doch deutlich die Unererschöpflichkeit der Natur und daß unser derzeitiges Wissen auch nur relative Wahrheit darstellt. Lenin hat schon 1908 den Gedanken geäußert: "Das Elektron ist unerschöpflich ...." Heute formulieren bedeutende Physiker frei nach Lenin: "Das Neutrino ist unerschöpflich ....".

Mit der Formulierung des Materiebegriffes als Grundlage einer marxistisch-leninistischen Erkenntnistheorie hat Lenin in genialer Weise alle erkenntnisbehindernden mechanisch-materialistischen Darstellungen über Bord geworfen und den Ausweg aus der Krise der Physik gewiesen. Das hat sich befruchtend auf den Fortschritt der Naturwissenschaft, speziell der Physik, ausgewirkt. Heutzutage ist es bei den meisten Wissenschaftlern völlig klar, daß nur auf dieser Grundlage alle sich vollziehenden Prozesse und Erkenntnisse integriert werden können.

Es ist aber so, daß in der Vergangenheit und oft auch noch in der Gegenwart dialektische und materialistische Denkweisen unter den Naturwissenschaftlern spontan auftraten, einfach aus der Gegenüberstellung der Naturwissenschaftler mit den objektiven dialektischen Prozessen der Natur. Diese Spontanität reicht für den sozialistischen Naturwissenschaftler, der berufen ist, die Produktivkraft Wissenschaft im entwickelten gesellschaftlichen System anzuwenden und mit hoher Effektivität auszunutzen, nicht mehr aus. Zu dieser Bewußtheit verhilft ihm das marxistisch-philosophische Denken, das ihm den dialektischen Charakter der Natur und ihrer Erkenntnis bewußt macht und ihn befähigt, darauf aufbauend die richtigen weltanschaulichen und politischen Schlüsse zu ziehen.

---

»impuls 68« informiert:

#### **Sommerlager »Junger Physiker« in Jena**

Im August 1969 fand in Jena erstmalig ein Sommerlager für physikinteressierte Schüler der 9., 10. und 11. Klassen der zum Abitur führenden Schulen des Bezirkes Gera statt. Das Lager wurde von der Arbeitsgruppe Oberschülerakademie der Redaktion "impuls 68" in Zusammenarbeit mit der Station Junger Techniker Jena und dem Bezirkskabinett für außerunterrichtliche Tätigkeit Gera durchgeführt. Den Schülern wurde die Möglichkeit gegeben, ihre Fähigkeiten und ihr Wissen auf dem Gebiet der Physik und angrenzender Wissenschaften zu erweitern. Außerdem sollten die Schüler einen Eindruck vom Leben an der Universität bekommen. Ein abwechslungsreiches Kultur- und Sportprogramm sorgte für den notwendigen körperlichen Ausgleich.

Auf der Grundlage der im Jahre 1969 gesammelten Erfahrungen (gegenwärtig läuft eine schriftliche Umfrage unter den damaligen Teilnehmern) soll das Sommerlager im Juli 1970 in erweitertem Umfang stattfinden. Wir wollen diesmal die interessierten Schüler aus dem gesamten Thüringer Raum (Bezirke Erfurt, Gera, Suhl) zwei Wochen nach Jena einladen. Die Delegation zum Sommerlager erfolgt durch die EOS der Kreise

über die Bezirksschulräte. Eine solche Auszeichnung kann natürlich nur den Schülernzuteil werden, die sowohl in Physik als auch in den anderen Grundlagefächern sehr gute Leistungen aufweisen (wir möchten an dieser Stelle die delegierenden Schulen noch einmal darauf hinweisen, die Teilnahmebedingungen, die demnächst mit der Ausschreibung versandt werden, strikt einzuhalten!).

Neben Vorlesungen über interessante, an den Oberschulstoff anschließende Themen, in denen viele Experimente gezeigt werden, haben wir die Absicht, den Teilnehmern diesmal auch die Möglichkeit zu geben, selbst verschiedene Experimente durchzuführen.

Neben gemeinsamen kulturellen und aktuell-politischen Veranstaltungen mit Jenenser Studenten ist auch geplant, die Schüler mit den Sehenswürdigkeiten der Stadt Jena bekannt zu machen (Planetarium usw.). Die Nachmittage sind überwiegend frei für Sport, Spiele und Wanderungen.

Den abschließenden Höhepunkt des Lagers stellt dann der Leistungsvergleich dar, der zur Ermittlung der besten Teilnehmer in den drei Altersklassen dient.

Sinn des Lagers ist es, den Schülern im Rahmen einer interessanten Feriengestaltung die Bedeutung der Physik bei der Durchsetzung der wissenschaftlich-technischen Revolution vor Augen zu führen und ihre Kenntnisse auf dem Gebiet der Physik zu vertiefen.

Wer Interesse hat, an diesem Lager teilzunehmen, kann sich auch an die Redaktion "Impuls 68" (AG-OA), 69 Jena, Max-Wien-Platz 1, wenden, um weitere Einzelheiten zu erfahren.

---

Jeder, der etwas von der Geschichte weiß, weiß auch, daß große gesellschaftliche Umwälzungen ohne das weibliche Ferment unmöglich sind. Der gesellschaftliche Fortschritt läßt sich exakt messen an der gesellschaftlichen Stellung des schönen Geschlechts (die Häßlichen eingeschlossen.)

K. Marx      Brief an Kugelmann  
12. 12. 1868

V. Lindig

Lehrerstudent Phys./Math., IV. Studienjahr

### Komplexe Zahlen (2. Teil)

Währenddem im 1. Teil der komplexen Zahlen mehr theoretische Probleme behandelt wurden, soll es in diesem Abschnitt um die praktische Anwendung komplexer Zahlen in Physik und Technik gehen. Ich möchte Sie aber bitten, sich noch einmal den 1. Teil im Heft 1, Jahrgang 1969/70 dieser Zeitschrift anzusehen und ihn für unsere weiteren Überlegungen bereitzulegen!

Ein sehr breites Anwendungsgebiet für die komplexen Zahlen ist die Elektrotechnik und vor allem auch die Elektronik. (Um Verwechslungen mit der Stromstärke  $i$  auszuschließen, verwendet man in der E-Technik statt der imaginären Einheit  $i$  das Symbol  $j$  ( $j = \sqrt{-1}$ !))

Anhand eines speziellen Beispiels wollen wir uns diese Anwendungsmöglichkeit kurz verdeutlichen: In guter Erinnerung ist Ihnen sicher noch die Formel für den Gesamtwiderstand (Scheinwiderstand  $Z$ ) aus ohmschen ( $R$ ), induktiven ( $X_L$ ) und kapazitiven Widerstand ( $X_C$ ) in einem Wechselstromkreis (in Reihenschaltung!):

$$|Z| = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

Diesem Wurzelausdruck kann man sehr schön interpretieren als den Absolutbetrag der komplexen Zahl  $Z$  (siehe auch Abschnitt 2 im Teil 1). Wie muß dann  $Z$  als komplexe Zahl geschrieben werden, wenn wir noch vereinbaren, daß alle "Wirkgrößen" reell sein sollen?

$$Z = \text{-----} = \text{-----} = \text{-----} \quad (1)$$

Um die Phasenverschiebung zwischen Wirk- und Scheinwiderstand auszurechnen, hatten Sie in der Schule gelernt:

$$\tan \varphi = \frac{X_L - X_C}{R}$$

Da aber  $X_L - X_C$  der Imaginärteil und  $R$  der Realteil der komplexen Zahl  $Z$  sind, können wir den Tangens des Winkels auch

noch ausdrücken durch:

$$\tan \varphi = \frac{\text{-----}}{\text{-----}} \quad (2)$$

Damit hätten wir vorerst einmal die wichtigsten Beziehungen in der Hand. Selbstverständlich lassen sich auch die anderen elektrischen Größen im Wechselstromkreis in einer ähnlichen Weise darstellen. Der Vorteil dieser komplexen Darstellungsweise liegt darin, daß man die Zusammensetzung von Spannungen und Strömen nicht nur zeichnerisch, sondern in einfacher Weise auch rechnerisch erfassen kann. Zum anderen kann man sich auch Schreibarbeit sparen und außerdem fallen in den Ansätzen zur Rechnung die unbequemen Wurzelausdrücke weg.

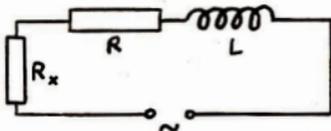
Bei dem folgenden Beispiel wollen wir unsere neuen Erkenntnisse überprüfen und anwenden:

Mit einer Spule von  $R = 10 \Omega$  und  $L = 0,06 \text{ H}$  soll ein ohmscher Widerstand  $R_x$  in Reihe geschaltet werden, so daß sich ein Scheinwiderstand von  $Z = 26 \Omega$  ergibt.

- a) Wie groß muß  $R_x$  sein? ( $f = 50 \text{ Hz}$ )  
 b) Welche Phasenverschiebung tritt zwischen den Wirk- und Scheingrößen auf?

geg:  $R = 10 \Omega$                       ges: a)  $R_x = ? \Omega$   
 $L = 0,06 \text{ H}$                       b)  $\varphi = ?$   
 $|Z| = 26 \Omega$   
 $f = 50 \text{ Hz}$

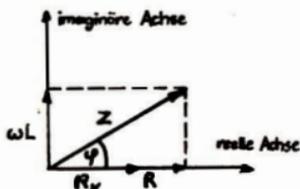
Skizze:



Lösung:

a)  $Z = (R_x + R) + j, \omega L$   
 oder:  $|Z|^2 = (R_x + R)^2 + (\omega L)^2$   
 $(R_x + R)^2 = |Z|^2 - (\omega L)^2$

Diagramm:



$$R_x = \sqrt{|Z|^2 - (L)^2} - R$$

$$R_x = \sqrt{26^2 - (314 \cdot 0,06)^2} - 10$$

$$R_x = \sqrt{676 - 354} - 10$$

$$R_x = \sqrt{322} - 10$$

$$R_x = 17,91 - 10 = 7,91$$

$$R_x = 7,91 \Omega$$

=====

b)  $\tan \varphi = \frac{J_m(Z)}{\text{Re}(Z)}$

$$\tan \varphi = \frac{\omega L}{R + R_x}$$

$$\tan = \frac{18,84}{17,91} \approx 1,05$$

$$\varphi \approx 46,4^\circ$$

=====

- Ergebnis: a)  $R_x$  muß einen Widerstand von rd.  $7,9 \Omega$  haben  
 b) Die Phasenverschiebung beträgt ca.  $46^\circ$

Lösen Sie nun bitte selbständig die unten angegebene Aufgabe (Wechselstromkreis) in ähnlicher Weise und vergleichen Sie dann mit der Lösung am Ende des Heftes!

Antworten: (1)  $Z = R + j(X_L - X_C) = |Z|(\cos \varphi + i \sin \varphi) = |Z|e^{+i\varphi}$

$$(2) \tan \varphi = \frac{J_m(Z)}{\text{Re}(Z)}$$

**Aufgabe:**

Ein Widerstand ( $R = 250 \Omega$ ) und ein Kondensator ( $C = 4 \mu F$ ) liegen in Parallelschaltung an einer Spannung von 200 V ( $f = 50$  Hz). Berechnen Sie die Stromstärke und den Verschiebungswinkel zwischen Spannung Strom!

Lösungen:  $J = 0,84$  A,  $\varphi = -17,4^\circ$  (Voreilen des Stromes)

**Wolfgang Reichelt**  
**Diplomand, Sektion Physik**

## **Das Wesen des Lichtes**

### **1. Experimente zum Teilchencharakter des Lichtes**

#### **1.1. Der äußere Photo-Effekt**

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts schien die Frage nach der Natur des Lichtes eindeutig beantwortet zu sein. Wie im ersten Teil des Artikels dargelegt wurde, hatten alle Experimente die Wellennatur des Lichtes überzeugend bewiesen. Nun wurde um die Jahrhundertwende der äußere Photo-Effekt entdeckt, d. h. man stellte fest, daß aus einem mit Licht bestrahlten Metall Elektronen austreten können. Mit der Wellentheorie des Lichtes wäre diese Erscheinung folgendermaßen zu erklären: Durch die elektromagnetische Welle werden die Elektronen zu Schwingungen angeregt, deren Amplitude im Resonanzfall so groß wird, daß die Elektronen aus dem Metall austreten können. In diesem Falle müßte die Energie der Elektronen von der Intensität <sup>1)</sup> des Lichtes abhängen. Beobachtet wurde aber etwas ganz anderes: Die Energie der Elektronen war proportional der Frequenz des Lichtes und unabhängig von dessen Intensität. Lediglich die Anzahl der Elektronen war der Intensität des Lichtes proportional. Dieses zur Wellentheorie des Lichtes im Widerspruch stehende Versuchsergebnis kann nun sehr leicht mit der Einsteinschen Lichtquantenhypothese erklärt werden, die besagt, daß das Licht aus einzelnen Quanten (Photonen) besteht, von denen jedes die Energie  $E = h \nu$  hat ( $h$  - Plancksches Wirkungsquantum,  $\nu$  - Frequenz des Lichtes). Die Wechselwirkung des Lichtes mit den Metallelektronen kann man dann nämlich so auffassen, daß jedes Photon mit einem Elektron zusammenstößt und ihm dabei seine Energie übergibt.

---

1)

Damit wird auch die Proportionalität der Zahl der aus dem Metall austretenden Elektronen zur Intensität des Lichtes verständlich, denn diese ist natürlich proportional der Anzahl der im Licht vorhandenen Photonen.

## 1.2. Der Versuch von Joffé und Dobronrawow

Es soll noch ein weiteres Experiment beschrieben werden, dessen Ergebnis nicht mit der Wellentheorie des Lichtes zu erklären ist. Die beiden sowjetischen Physiker Joffé und Dobronrawow machten folgenden Versuch: Ein zwischen zwei Kondensatorplatten im Gleichgewicht befindliches Wismutstäubchen wurde sehr intensitätsschwacher Röntgenstrahlung ausgesetzt. Der Versuch ergab nun, daß das Wismutstäubchen etwa alle 30 min aus seiner Gleichgewichtslage ausgelenkt wurde, d. h. daß alle 30 min ein Elektron aus ihm herausgeschlagen wurde. Würde sich die Röntgenstrahlung in Form einer Kugelwelle <sup>2)</sup> ausbreiten, wäre die dem Wismutstäubchen Übertragene Energie proportional dem Verhältnis seines Querschnittes zur Oberfläche der Kugel, deren Radius gleich der Entfernung zwischen der Quelle der Röntgenstrahlung und dem Wismutstäubchen ist. Das wäre aber nur ein sehr kleiner Bruchteil der Gesamtenergie der Röntgenstrahlung, der nicht dazu ausreichen würde, ein Elektron aus dem Stäubchen herauszuschlagen. Damit nun aber der beobachtete Effekt eintritt, müßte die Energie 30 min lang einem einzigen Elektron übertragen werden, was natürlich physikalisch völlig unmöglich ist. Die wellentheoretische Erklärung versagt also auch bei diesem Experiment. Nimmt man jedoch an, daß Röntgenquanten von der Quelle in jeder Richtung mit gleicher Wahrscheinlichkeit ausgesandt werden, so wird unter den gegebenen Versuchsbedingungen nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeitsrechnung das Wismutstäubchen alle 30 min von einem Röntgenquant getroffen, womit das Ergebnis dieses Versuchs überzeugend mit der Korpuskeltheorie des Lichtes erklärt ist.

---

2)

## 2. Die Doppelnatur des Lichtes

Die beiden eben beschriebenen und andere Versuche (Compton-Effekt usw.) haben gezeigt, daß das Licht auch Teilcheneigenschaften aufweist. Andererseits ist auf Grund der in Teil I des Artikels beschriebenen Versuche am Wellencharakter des Lichtes ebenso wenig zu zweifeln. Hieraus muß man schließen, daß das Licht beide Eigenschaften zugleich besitzt. Dieser Sachverhalt erscheint zunächst unverständlich, denn man kann sich kein Gebilde vorstellen, das Welle und Teilchen zugleich ist. Man muß sich aber vergegenwärtigen, daß Elektronen und Photonen Objekte der Mikrowelt sind, d. h. unserem Vorstellungsvermögen, das sich als Element unseres Bewußtseins im Laufe einer sehr langen historischen Entwicklung herausgebildet hat, nicht zugänglich sind. Weiterhin muß man berücksichtigen, daß die Natur objektiv, d. h. unabhängig von unserem Bewußtsein und damit auch unabhängig von unserem Anschauungsvermögen existiert. Die Tatsache, daß man sich ein Gebilde, das gleichzeitig Wellen- und Teilchencharakter hat, nicht vorstellen kann, ist also kein Kriterium für seine Existenz bzw. Nichtexistenz, und man muß daher die anfangs gezogene mit den experimentellen Ergebnissen in Einklang stehende Schlußfolgerung als richtig ansehen. Zusammenfassend läßt sich sagen, daß das Licht eine komplizierte, mit unserer Vorstellungskraft nicht erfaßbare Natur hat, wobei bei bestimmten Experimenten (s. Teil I) der Wellencharakter, bei anderen (Photo-Effekt, Versuch von Joffé und Dobronrawow) der Teilchencharakter stärker hervortritt.

---

1) Unter der Intensität einer elektromagnetischen Welle versteht man den zeitlichen Mittelwert des Quadrates ihrer Feldstärke. Man führt diesen Begriff ein, da die meßbaren Größen einer elektromagnetischen Welle (z. B. ihre Energie) der Intensität proportional sind.

- 2) Breitet sich das elektromagnetische Feld in Form einer Welle aus, dann ist z. B. die elektrische Feldstärke eine Funktion der drei Raumkoordinaten und der Zeit:

$$\vec{E} = \vec{E}(x, y, z, t)$$

Zu einem festen Zeitpunkt  $t_0$  existieren nun Flächen konstanter Feldstärke, die durch die Beziehung

$$\vec{E}(x, y, z, t_0) = \overrightarrow{\text{const}}$$

gegeben sind. Von einer Kugelwelle spricht man dann, wenn diese Flächen konstanter Feldstärke Kugeln sind. Kugelwellen werden z. B. von punktförmigen Quellen ausgesandt.

---

#### **Vorbemerkung zum folgenden Artikel:**

Mit dem vorliegenden Artikel schließen wir unser Biologie-Hauptthema für diesen Jahrgang ab. In mehreren Artikeln über die Morphologie der tierischen Zelle und die Grundlagen der Vererbung wollten wir einen Überblick über grundlegende Vorgänge im biologischen Bereich geben. Der anschließende Artikel baut auf den bereits vermittelten Kenntnissen auf und sprängt zugleich den Rahmen des in der Oberschule gebotenen Stoffes. Uns kommt es besonders darauf an zu zeigen, daß die moderne Biologie nicht schlechthin "Biologie" ist, sondern wesentliche Impulse u. a. aus der Physik und Chemie dazu beigetragen haben, der Biologie besonders in den letzten Jahren neue Akzente und Entwicklungsmöglichkeiten zu geben. Letzthin ist dieser Gedanke auch dafür verantwortlich, daß unsere Schülerzeitschrift in diesem Jahrgang eine Erweiterung durch die Biologie erfahren hat.

Zum Verständnis der Artikel sei noch folgendes gesagt: Wir veröffentlichen nur ab und zu in "impuls 68" Artikel, die man nur lesen kann. Die meisten verlangen eine Portion Denkarbeit. Wir sind uns der Gefahr bewußt, daß dadurch "impuls 68" für einen Teil der Leser "uninteressant" werden kann. Trotzdem vertrauen wir Euch, liebe Oberschüler, als unsere Nachfolger an den Hochschulen und Universitäten, und glauben, daß Ihr trotz oder gerade wegen aller Schwierigkeiten die Klippen der Wissenschaft meistern werdet. Die Grundsteine dafür setzt Ihr bereits jetzt.

**A. Christler**  
**Sektion Biologie**

**Biosynthese der Proteine**

Dieser Artikel soll sich mit dem letzten Schritt in der Biosynthese der Proteine, der Translation, d. h., der Übersetzung der auf der messenger-RNS niedergelegten Information in Protein, beschäftigen.

Damit die Proteinbiosynthese in den molekularbiologischen Gesamttablauf gestellt werden kann, möchte ich auf die schon erschienenen Artikel von Dr. Ude "Die Morphologie der tierischen Zelle" (Heft 1, 3, 4) und auf die Artikelfolge von Dr. Füller "Die molekularen Grundlagen der Vererbung" (ab Heft 5) hinweisen. Sämtliche Vorgänge in einer lebenden Zelle, ihr Stoffwechsel, die Aufrechterhaltung ihrer Struktur und ihre Teilung unter Weitervermittlung ihres Erbgutes sind an eine Vielzahl biologischer aktiver Enzyme und Strukturproteine gebunden. Enzyme und Strukturproteine sind Eiweißkörper. Eiweißstoffe oder Proteine enthalten die Elemente C, H, N, O, S und weiterhin P, Fe, Halogene u. a. Als Grundbausteine können bis zu 20 Aminosäuren Verwendung finden. Die niedermolekularen, Aminosäuren treten unter Wasserabspaltung und Ausbildung einer Peptidbindung (-NH-CO-) zu Peptiden mit bestimmter Gliederzahl zusammen. Die Vielzahl der Proteine weist Ketten mit unterschiedlicher Aminosäurezusammensetzung und Länge auf. Die bestimmte Reihenfolge der Aminosäuren im Peptid wird als Aminosäuresequenz des Proteins bezeichnet. Die lineare Aminosäurekette mit bestimmter Sequenz bildet schraubenförmig angeordnete Ketten, sogen. Helixstrukturen oder Sekundärstrukturen, die wiederum zu dreidimensionalen Schrauben stabilisiert sein können (Tertiärstruktur). Eine Quartärstruktur entsteht durch Zusammentreten mehrerer solcher Einzelstränge zu komplexen Proteinstrukturen. Ein Ausfall oder ein Austausch einer einzigen Aminosäure innerhalb der linearen Aminosäurekette kann zur Änderung der Sekundär-Tertiär- und Quartärstruktur und damit zur Funktionsänderung, wie z. B. zum

Verlust der biologischen Aktivität eines Enzyms, führen. Die Proteine sind ein gutes Beispiel für das Wechselverhältnis von Struktur und Funktion.

Die biochemischen, biophysikalischen und elektronenmikroskopischen Forschungen der letzten Jahrzehnte haben als wichtige Orte der Proteinsynthese den Zellkern und die im Cytoplasma enthaltenen Ribosomen erkannt.

Die Ribosomen werden im Elektronenmikroskop als runde, kompakte Partikel mit einem Durchmesser von ca 20 nm abgebildet. Sie setzen sich aus definierten Untereinheiten zusammen. Die bakteriellen 70 S- (S = Sedimentationskonstante) Ribosomen zerfallen im Experiment bei Erniedrigung der  $Mg^{++}$  - Konzentration in der zur Suspension dienenden Salzlösung in die Untereinheiten 30 S + 50 S, einer kleinen und einer großen Untereinheit. Die schwereren Ribosomen aus Wirbeltierzellen mit einer Sedimentationskonstanten von 80 S zerfallen erst nach rigoroser Entfernung aller Rest-Ionen in ihre Untereinheiten 40 S + 60 S. Die Ribosomen bestehen aus Ribonucleinsäure (ribosomale RNS = r - RNS) und Protein. Bakterielle Ribosomen und Wirbeltierribosomen unterscheiden sich unter anderem durch ihren Proteingehalt. Nichtbakterielle Ribosomen haben einen höheren Proteingehalt von maximal 55 % im Vergleich zu 37 % bei bakteriellen Ribosomen. Auch die Bildung der Ribosomen wird durch die im Zellkern lokalisierte Desoxyribonucleinsäure kontrolliert.

Die Übertragung der Desoxynucleotidsequenz der DNS (siehe 3. Artikel von Herrn Dr. Füller) und damit der in der bestimmten Reihenfolge der Basen verschlüsselten Information wird durch eine Boten-Ribonucleinsäure, der messenger-RNS (m-RNS), gewährleistet. Im DNS-Doppelstrang stehen sich ja immer die Basen Adenin (Symbol A) - Thymin (Symbol T), Thymin (T) - Adenin (A) und Guanin (G) - Cytosin (C) bzw. Cytosin (C) - Guanin (G) gegenüber. Bei der RNS ist die Base Thymin (T) durch die Base Uracil (U) ersetzt und es

ergeben sich die Basenpaare G - C, C - G, A - U und U - A. Die r-RNS besteht nur aus einem Strang. Die m-RNS ist das vermittelnde System zwischen dem Ort der Informationsspeicherung, der DNS im Zellkern, und dem Ort der Proteinsynthese, den im Cytoplasma lokalisierten Ribosomen.

Nachdem die m-RNS durch die Kernporen in das Plasma gelangt ist, ist es Aufgabe der Ribosomen, die auf der m-RNS niedergelegte Information in Protein zu übersetzen. Die Eiweißsynthese kann nur beginnen, wenn ein vollständiger Startkomplex gebildet wird. Die Bindung der großen und kleinen Ribosomenuntereinheiten an die m-RNS erfolgt zwischen den Phosphatresten der m-RNS und den Aminoresten an A, C und G der r-RNS andererseits. Die Basen des Polynucleotides sind also an dieser Bindung nicht beteiligt. Die Anheftung der m-RNS erfolgt durch die kleine ribosomale Untereinheit (30 S - bzw. 40 S - Untereinheit) an das 5' - OH - terminale Ende. Für diese Bindung ist ein bestimmter Bindungsfaktor erforderlich. In einer energieabhängigen Folgereaktion wird eine spezifische Start-Aminoacyl-transfer-RNS, die Formylmethionyl-transfer-RNS, durch das Anfangscodon (Initiatorcodon AUG o. GUG der m-RNS) gebunden. Für diese Bindung sind 2 weitere Bindungsfaktoren ( $f_2 + f_3$ ) erforderlich. An den so entstandenen Komplex aus kleiner Untereinheit, m-RNS und Formylmethionyl-transfer-RNS wird im Beisein von  $Mg^{++}$ - Ionen die große Ribosomenuntereinheit gebunden. Nach der Vereinigung der Ribosomen auf der m-RNS-Kette bilden sich sogen. Polysomen aus, die eine um so größere Zahl von Ribosomen enthalten, je länger die m-RNS-Kette ist. Die genetische Information einer m-RNS, die ja in der Basensequenz verschlüsselt ist, wird also von mehreren Ribosomen gleichzeitig abgelesen. Diese als Polysomen bezeichneten Komplexe können im Zellplasma frei liegen oder an der Außenseite des endoplasmatischen Reticulums, das als ein System von Membranen das Plasma einer Zelle durchzieht, aufsitzen.

Wie gelangen nun die für die Peptidsynthese erforderlichen Aminosäuren zu den Eiweißsynthese-Zentren, den Polysomen?

Im Cytoplasma befindet sich eine weitere Form der RNS, die transfer-RNS (Lotsen-RNS). Die einstängige t-RNS zeichnet sich durch 3 schleifenförmige Abschnitte aus, die durch Nucleotide gebildet werden, deren Basen nicht gepaart sind. Die mittelständige Anticodonschleife schließt den ungepaarten Nucleotidtriplett, den Anticodow, ein. Auf der der Anticodonschleife gegenüberliegenden Seite des Moleküls liegt der Aminosäureakzeptor, der die entsprechende Aminosäure bindet. Jede Aminosäure hat ihren spezifischen t-RNS-Typ. Die im Zellplasma lokalisierten Aminosäuren werden durch ATP aktiviert und in diesem aktivierten Zustand auf die Transport-RNS (transfer-RNS) übertragen. Die jeweiligen t-RNS transportieren ihre Aminosäuren zu den Polysomen.

Im Mittelteil dieser Übersicht wurde schon angedeutet, daß die m-RNS mit dem Startcodon, dem Tripletts AUG oder GUG, beginnt, die beide die Aminosäure Methionin codieren. Dieses Tripletts ist für die Reaktionen des Startprozesses wichtig. Nach der Bildung des funktionstüchtigen Aggregats steht das zweite nach dem Startcodon folgende Basentripletts zur Aufnahme seiner Aminoacyl-t-RNS bereit. Damit wird die zweite und alle folgenden Aminosäuren durch ihre t-RNS an das komplette Ribosom fixiert. Für die Fixierung der zweiten und aller folgenden Aminosäuren ist ein spezifischer Bindungsfaktor (Faktor T) erforderlich. Nach der Anheftung der zweiten Aminosäure über deren t-RNS erfolgt die enzymatische Verknüpfung der 1. (Methionin) und der 2. Aminosäure auf dem Ribosom und die Realisierung des 3. folgenden m-RNS-Codons, dessen 3 Basen (Tripletts) wieder für eine Aminosäure typisch sind. Ist die gesamte Information der m-RNS abgelesen und die Triplettsreihenfolge in eine entsprechende Aminosäurereihenfolge im Protein übersetzt, so sorgt ein Stoppcodon (UAA, UAG) auf der m-RNS für das Ende der Proteinsynthese. Der Prozeß des Aminosäurekettenabbruches führt zum Zerfall des

komplexen Ribosom-m-RNS. Diese Spaltung bedeutet den Verlust der aktiven Fixierung der Aminosäuren durch die Ribosomen, die ja wieder in ihren Untereinheiten vorliegen. Die m-RNS kann nicht unbegrenzt als Matrice für die Proteinsynthese dienen, da die im Cytoplasma liegenden Ribonucleasen einen enzymatischen Abbau der m-RNS bewirken. Die Startaminosäure Methionin ist für das gebildete Protein oft ohne Bedeutung, da sonst alle Proteine in ihrer Aminosäuresequenz mit Methionin beginnen müßten, das aber nicht der Fall ist. Es wird häufig von der Peptidkette enzymatisch abgespalten. Die gebildeten Proteine können jetzt im Stoffwechsel der Zelle nach vollständiger Strukturierung als Enzyme chemische Reaktionen katalysieren oder als Strukturproteine Verwendung finden.

---

**Werner Reichardt**

**Sektion Chemie**

### **Ligandenfeldtheorie**

Im Heft 3/1970 unserer Zeitschrift wurde einführend über die Komplexchemie referiert. Die Eigenschaften der Komplexverbindungen, wie Farbigkeit, Stabilität und Magnetismus konnten lange Zeit nur ungenügend erklärt werden. Seit 1945 haben theoretische Chemiker die "Ligandenfeldtheorie" erarbeitet, die ein besseres Verständnis der Tatsachen ermöglicht. Um allen Mißverständnissen vorzubeugen, sei betont, daß in den Komplexverbindungen keine neue Art der chemischen Bindung vorliegt. Die neue Theorie postuliert, daß die Bindung in den Komplexteilchen, wie z.B.  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ , vorwiegend ionischer Natur ist. Komplexverbindungen werden hauptsächlich von den Nebengruppenelementen gebildet. Diese Elemente besitzen teilweise mit Elektronen besetzte d-Orbitale, deren "Bilder" im Heft 10/1969 veröffentlicht wurden. Wir werden im folgenden auf diese "Bilder" zurückgreifen.

#### Definition:

Die Ligandenfeldtheorie läßt die Verbindungen des Elektronensystems des Zentralions unter dem Einfluß des elektrischen Feldes, das von den Liganden ausgeht, erkennen. Unter dem Ligandenfeld versteht man das elektrostatische Feld,

das von den Liganden ausgeht. Wir wollen uns dabei die Liganden vereinfacht als punktförmige Ladungen vorstellen. Bringen wir z.B. das Eisenion  $Fe^{2+}$  in das Feld der 6 Cyanid-Liganden, so verändert sich die energetische Lage der d-Orbitale des Eisens. Die 6 Liganden sind um das Eisen-II-Ion in Form eines Oktaeders angeordnet (s. Abb. 1).

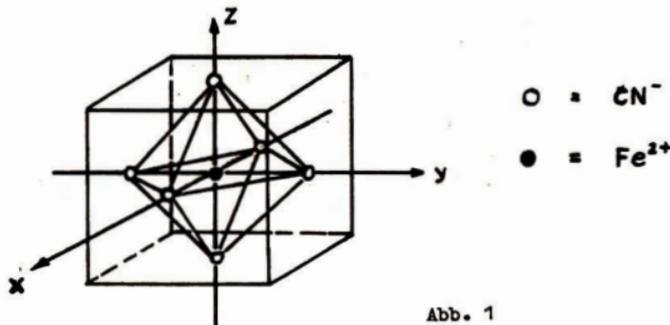


Abb. 1

Im ungebundenen Eisen-II-Ion haben alle 5 d-Orbitale die gleiche Energie, was wir durch 5 Striche gleicher Lage im Energieniveaudiagramm symbolisieren wollen. Im Komplex hingegen liegen das  $d_{xy}$ -, das  $d_{xz}$ - und das  $d_{yz}$ -Orbital energetisch niedriger als das  $d_{x^2-y^2}$ - und das  $d_z^2$ -Orbital. (s. Abb. 2)

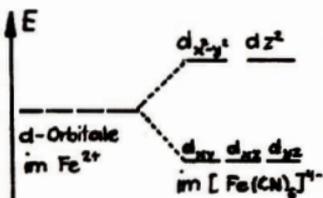


Abb. 2

Wie erklärt man sich das? Bei Vergleich der Abb. 8 des Artikels "Orbitale und Elektronendichten" (10/69) mit Abb. 1 dieses Artikels kann man erkennen, daß das  $d_{x^2-y^2}$ - und das  $d_z^2$ -Orbital sich in Richtung der Liganden erstreckt, während die drei anderen Orbitale zwischen

den kartesischen Koordinaten liegen. Elektronen, die sich in den beiden erstgenannten Orbitalen befinden, werden daher von den Liganden abgestoßen (Abstoßung gleichgeladener Teilchen, bei Neutralliganden Abstoßung zwischen dem negativen Pol und den Elektronen). Aus diesem Grund liegen beide Orbitale energetisch ungünstiger, d.h. energetischer höher.

Die anderen drei Orbitale sinken energetischer entsprechend ab. Voll- oder unbesetzte Elektronenniveaus, wie z.B.

$s^2, s^0, p^6, p^0, d^{10}, d^0$  spalten nicht auf.

Beispiel:  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ ,

Eigenschaften: gelb, diamagnetisch, oktaedrische Struktur, sehr stabil.

Zunächst sei zum Begriff Diamagnetismus bemerkt, daß bei chemischen Verbindungen zwei Arten von Magnetismus auftreten: Dia- und Paramagnetismus. Eine nähere Erklärung der Begriffe ist in diesem Artikel nicht möglich. Der Diamagnetismus ist eine allgemeine Eigenschaft der Materie. Eine Substanz ist diamagnetisch, wenn sie nur gepaarte Elektronen besitzt. Eine paramagnetische Verbindung weist zumindest ein ungepaartes Elektron auf (bzw. auch mehrere).

Interessenten sei die Lektüre eines Artikels in "Wissenschaft und Menschheit", 1969 S. 351, empfohlen.

Das Eisen besitzt (Eisen-II-Ion) 6 d-Elektronen, die in Abb. 2 zunächst nicht berücksichtigt wurden.

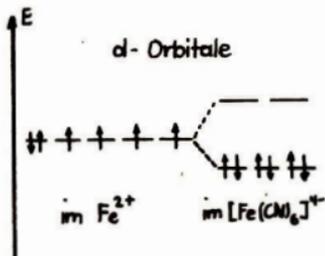


Abb. 3

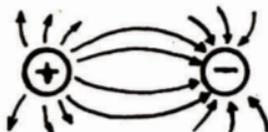
Aus der Abb. 3 geht hervor, warum das Anion  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  diamagnetisch ist. Die Erklärung anderer Eigenschaften der Verbindung ist prinzipiell ebenfalls möglich. Allerdings wäre eine wesentliche Erweiterung der bisherigen Ausführungen erforderlich.

Die Ligandenfeldtheorie besitzt eine fundierte mathematische Grundlage, die wir zum besseren Verständnis unbedingt benötigen. Aus diesem Grund sollte jeder zukünftige Chemiestudent in Physik und Mathematik ein solides Wissen anstreben. Eine moderne, theoretisch begründete Chemie ist auf die Kenntnis der atomphysikalischen Grundlagen und die Beherrschung der wichtigsten mathematischen Hilfsmittel (s. Heft 5/1969) angewiesen.

### Leserpost

Wie die Redaktion von "impuls 68" erfreut feststellen kann, gibt es bereits einen umfangreichen Kreis interessierender Leser dieser Zeitschrift. Aus den zahlreichen Leserbriefen geht hervor, daß diese Zeitschrift großen Gefallen findet. Wir möchten an dieser Stelle allen Einsendern von Leserpost für ihre Zuschriften herzlich danken, besonders Michael S o r g e aus Döbeln, der uns auf einen Fehler in Heft 4, 3. Jahrg. (Artikel "Elektromagnetische Feldtheorie") aufmerksam machte.

Dort sind die Feldlinien zwischen zwei ungleichnamigen elektrischen Ladungen von der negativen zur positiven Ladung gezeichnet. Es muß aber genau umgedreht sein. Die Feldrichtung im elektrischen Feld ist nämlich durch die Richtung definiert, in die ein positiv geladener Probekörper im Feld abgelenkt wird. Da ein positiver Körper im elektrischen Feld zur negativen Ladung wandert, ist die Feldrichtung entsprechend von plus nach minus (vgl. Skizze).



bzw.



u.



für isolierte Ladungen  
(Kugelsymmetr.Feld)

---

Im Heft 6 fragten wir nach der Ursache für teilweise mangelndes Interesse der Mädchen an naturwissenschaftlichen Fächern, speziell Physik. Wir möchten mit dem untenstehenden Artikel einen Beitrag aus der Sicht einer Wissenschaftlerin zu dieser Diskussion veröffentlichen und hoffen auf zahlreiche Zuschriften.

**Frau Dr. Rentsch**

**Wiss. Oberassistent, Sektion Physik**

**Physik - ein Studium für Mädchen!**

Gegenwärtig ist die Gleichberechtigung der Frau im Beruf im wesentlichen realisiert worden, obwohl es auch hier und da noch einige alte Gewohnheiten und Vorurteile bei Männern und Frauen zu überwinden gilt.

Wenn also ein Beruf noch wenig von Frauen in Anspruch genommen wird, so muß es wohl an solchen alten Gewohnheiten oder auch ganz einfach daran liegen, daß der Beruf einer Diplomphysikerin bei den lernenden jungen Mädchen noch wenig populär ist.

Jeder junge Mensch, der einen Beruf wählt, verbindet damit bestimmte Vorstellungen, die oft vom äußeren Erscheinungsbild dieses Berufes geprägt sind. Oft sind diese Vorstellungen recht idealisiert und es gibt später manche Enttäuschungen. So ist es wohl auch schwer, sich eine konkrete Vorstellung vom Beruf eines Physikers oder einer Physikerin zu machen. Äußerlich ist nichts besonderes zu sehen und es fällt den Physikern selbst schwer, anderen das spezifische ihres Berufes zu schildern.

Es ist selbstverständlich, das man in den naturwissenschaftlichen Fächern besonders gute Leistungen aufweisen muß. Wesentlich ist jedoch, daß ein gewisser Mut zum Denken, zu neuen Ideen und eine ehrliche Freude am Bewältigen schwieriger Aufgaben bei demjenigen vorhanden sein muß, der einmal ein guter Wissenschaftler werden will, gleichgültig, ob Junge oder Mädchen.

Um zu einer solchen Haltung zu kommen, darf die ganz natürliche kindliche Neugier weder von Eltern noch von den Lehrern als lästig abgetan werden. Viele aufgeweckte "kleine Wissenschaftler" werden allmählich gleichgültig, wenn sie trotz lebhaften Bemühens auf ihre Fragen keine Antwort fin-

den können. Vor allem den Vätern und auch denen, die es werden wollen, sei gesagt, sie mögen ihre Töchter nicht durch Redensarten, wie "das ist doch nichts für dich" geistig verstümmeln. Eltern und Erzieher haben die Pflicht, den Kindern zu helfen, die Welt rascher zu begreifen, als es ihnen selbst möglich war, damit die junge Generation recht schnell zu den neuen, noch unbekanntem Dingen vorstoßen kann.

Häufig hört man, daß die Physik zu abstrakt sei. Von der Mathematik läßt sich das gleiche behaupten, trotzdem gibt es an unserer Universität wesentlich mehr Mathematik- als Physikstudentinnen. Vielleicht ist es das Wechselspiel von Theorie, Experiment und Technik, das viele Mädchen noch abschreckt, während die Jungen auf Grund ihrer Erfahrungen beim technischen Basteln keinen Respekt davor haben. (Es muß jedoch nicht immer ein guter Bastler auch ein guter Physiker sein).

Um den Mädchen, die vielleicht mit ihren Berufswünschen Sorgen haben, weil sie nicht den Mut aufbringen sich für ein naturwissenschaftliches Studium oder gar für Physik zu entscheiden, ein konkretes Beispiel zu geben, werde ich einige Episoden schildern, die für mich selbst Anstöße waren, Physik zu studieren.

Als ich aufwuchs, hatten die Erwachsenen große Sorgen ihre Kinder vor Hunger zu bewahren. Keiner hatte Zeit, sich um Schulaufgaben zu kümmern. So lernte ich zuerst nur dann etwas, wenn ich von den Lehrern begeistert war. Nach schlechtem Anfang am Kriegsende bekamen wir doch eine ganze Reihe guter Lehrer und so konnte ich meine Neugier in vieler Beziehung befriedigen. Schließlich lernte ich im 7. Schuljahr die Physik kennen und hörte, daß in der Nähmaschine, dem Fahrrad, der Kochplatte Physik steckte.

Da ich diese Dinge oft benutzt und in unserem "Frauenhaushalt" so manches zu reparieren war, fand ich dieses Fach sehr zweckmäßig und interessant. Heute weiß ich, daß mein Physiklehrer den Grundstein zu meinem späteren Beruf gelegt hat. In der Oberschule gab es auch Zeiten, wo Geschichte und Literatur mich wesentlich mehr interessierten als naturwissenschaftliche Fächer. Die Frage, ob für mich ein Studium möglich sei, hatten die Menschen in unserem damals noch jun-

gen Staat für mich entschieden. Mir blieb nur die Qual der Wahl. Ich habe mich lange nicht entschließen können, Physik zu studieren. Eigentlich habe ich es aus einem gewissen Trotz denjenigen gegenüber getan, die da meinten, das wäre nichts für Mädchen, das wäre doch viel zu schwierig. Außerdem hatte ich einen Trumpf, denn ich kannte die Lebensbeschreibung von Madame Curie. Sie hatte ja bereits bewiesen, daß Physik auch etwas für Frauen ist.

Die Anforderungen im Studium waren wesentlich höher als in der Schule, traten hier doch die "Guten" aller Schulen in Wettbewerb. Es war die erste ernsthafte Leistungs- und Charakterprüfung, die wir alle, Mädchen und Jungen, in den ersten Semestern durchzustehen hatten. Wir mußten uns an sehr selbständiges Arbeiten gewöhnen. Dazu gehörte, die richtigen Bücher herauszusuchen, sich das Rechnen und das Lernen richtig zeitlich einzuteilen. Oft wußten wir nicht, wie wir mit den vielen Übungsaufgaben, Praktika und dem Nacharbeiten des Vorlesungsstoffes fertig werden sollten. Es war durchaus nicht so, daß die "armen, bedauernswerten Mädchen", die es gewagt hatten, Physik zu studieren, es nun besonders schwer hatten. Unsere männlichen Kommilitonen hatten die gleichen Probleme. Im ersten Semester traf ich mich stets mit meiner Freundin, die der selben Seminargruppe angehörte, vor dem Institut. Wir gingen gemeinsam in den Hörsaal, um uns ein wenig gegen die Überzahl der Jungen zu stärken. Wir beide rechneten oft gemeinsam und waren auf Hilfe von Jungen "nicht unbedingt angewiesen".

Wir waren 60 Studenten im Studienjahr, davon 6 Mädchen. Nur eine erreichte das Berufsziel nicht, aber bei den Jungen hatte die Ausfallquote etwa die gleiche Größe. Zwei der Mädchen blieben an der Universität und promovierten. Die Mädchen aus meinem Studienjahr sind inzwischen verheiratet und haben Kinder. Dennoch arbeiten sie alle seit nunmehr acht Jahren in ihrem Beruf. Ich selbst beschäftige mich zur Zeit mit der Anwendung von Lasern, außerdem leite ich Studenten beim Studium an. Auch die Kochtopfphysik und -chemie macht mir Spaß und meine Familie freut sich über die Ergebnisse. Und wenn ich heute gefragt werde, ob Physik ein Studium für Mädchen sei, so antworte ich mit einer Frage: Hat jemand etwas dagegen?

V. Lindig

Lehrerstudent Phys./Math., IV. Studienjahr

### Entstehung einer Induktionsspannung

Aus dem Physikunterricht wissen Sie sicher noch, daß auf ein in ein Magnetfeld  $B$  mit der Geschwindigkeit  $v$  bewegten Teilchen der Ladung eine Kraft  $F_L$  ausgeübt wird - die Lorentz-Kraft. Für den speziellen Fall, in dem die Bewegung des Teilchens senkrecht zur Feldrichtung erfolgt, hatten Sie auch die Formel zur Berechnung des Betrages der Lorentz-Kraft kennengelernt:  $F_L = e \cdot v \cdot B$ . Falls nicht dieser Spezialfall vorliegt, müssen die entsprechenden Vektorgrößen in die Gleichung:

$$\vec{F}_L = e [\vec{v} \times \vec{B}]$$

eingesetzt werden. Aus dieser Vektorgleichung läßt sich erkennen, daß die Krafrichtung senkrecht zur  $\vec{v} - \vec{B}$  -Ebene verläuft. Auf diese Vektorgleichung zur Berechnung der Lorentz-Kraft kann an dieser Stelle leider nicht näher eingegangen werden. Informieren Sie sich bitte anhand des Artikels "Was sind Vektoren" im Heft 2 (1968/69) unserer Zeitschrift!

Nur noch so viel im voraus:

$\vec{F}_L = e [\vec{v} \times \vec{B}]$  kann auch in der Form  $F_L = e \cdot v \cdot B \cdot \sin \angle(v, B)$  geschrieben werden. Falls die Bewegung genau senkrecht zur Feldrichtung erfolgt, d. h.  $\angle(v, B) = 90^\circ$ , ergibt sich:

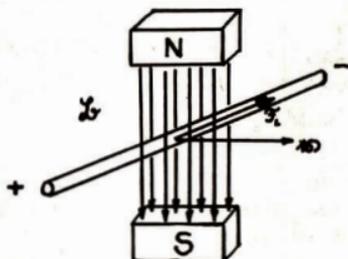
$$F_L = e \cdot v \cdot B \cdot \sin 90^\circ = e v B$$

=====

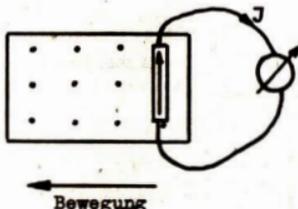
Sie sehen also, daß diese allgemeine Gleichung auch den Spezialfall enthält, den sie bereits aus dem Schulunterricht kennen.

Wird nun ein Leiterstück in einem Magnetfeld bewegt, wirkt auch auf jedes Teilchen (Elektron) des Leiters die Lorentz-Kraft. Die Folge dieser Kraftwirkung ist eine Verschiebung der Ladungen - eine Ladungstrennung. Das bedeutet, daß eine

Potentialdifferenz, die Induktionsspannung entsteht.

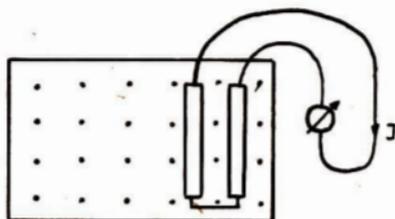


Anhand der Bewegung eines Leiters in einem homogenen Magnetfeld wollen wir uns diesen Sachverhalt nochmals kurz veranschaulichen:



Bewegt sich ein Leiter im Magnetfeld entsteht eine ....., (2)  
es fließt ein .....,  $I > 0$   
Ersetzen Sie die fehlenden Wörter!

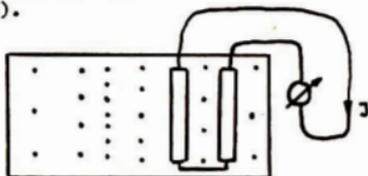
Mit einem "Leiterstück" kann man technisch nur sehr schwierig Strom erzeugen. Günstiger lässt sich die Bewegung einer Spule im Magnetfeld realisieren (Ankerwicklung). Als Modellvorstellung wollen wir deshalb die Verhältnisse an einer Leiterschleife - wieder im homogenen Magnetfeld - untersuchen: Zeichnen Sie entsprechend der obigen Skizze die Pfeile für die Induktionsspannungen in die Leiterstücke ein! Achten Sie besonders auf die Richtungen der Induktionsströme!



←  
Bewegung

Ist  $I \stackrel{?}{=} 0$ ? Streichen Sie bitte das falsche Zeichen!  
 Es fließt ..... Induktionsstrom, da sich die beiden Induktionsspannungen genau zu Null addieren. (5)

Wir wollen jetzt noch übergehen von dem homogenen zu einem inhomogenen Magnetfeld (d. h. unterschiedliche Feldliniendichte).



←  
Bewegung

Achten Sie bitte hier beim Einzeichnen der Pfeile auf deren Längen!  
 $I \stackrel{?}{=} 0$ ? Es fließt ..... Induktionsstrom, da die Resultierende der beiden Induktionsspannungen ..... (3)

Für weitere Überlegungen müssen wir dann bei der Erzeugung von Induktionsspannungen in einer Leiterschleife immer ein veränderliches Magnetfeld (unterschiedlicher Kraftfluß  $\Phi$ ) voraussetzen. Durch diese einfachen Überlegungen haben wir im Prinzip schon das Induktionsgesetz erhalten, das bereits 1832 von Michael FARADAY gefunden wurde:

Ändert sich der Betrag des magnetischen Flusses  $\Phi$ , der durch eine Leiterschleife tritt, so entsteht zwischen den Enden der Leiterschleife eine Induktions-

spannung (analog unserer Schleife im inhomogenen Magnetfeld).

Die mathematische Formulierung für eine Leiterschleife lautet:

$$U = \frac{d\Phi}{dt}$$

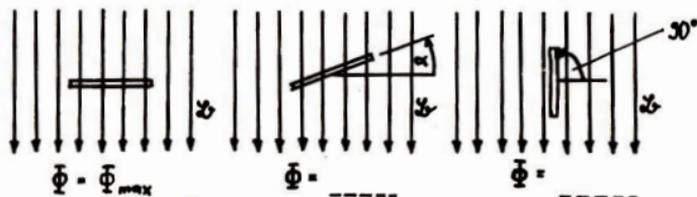
Dieses Gesetz hat eine außerordentlich große Bedeutung erlangt. Auf ihm beruhen der Generator und damit die gesamte technische Stromerzeugung und der Transformator.

Wie nun im Einzelnen die zeitliche Änderung des Kraftflusses ( $\frac{d\Phi}{dt}$ ) erreicht wird, ist verschieden.

1. indem die Schleife auf einen ruhenden Magneten zu oder von ihr fortbewegt wird,
2. indem ein Permanentmagnet auf die Schleife .....
3. durch ..... der Schleife, (1)
4. durch ..... der Schleife,
5. durch Änderung des .....

Die Änderung des Kraftflusses durch Drehung der Leiterschleife soll hier noch kurz dargestellt werden:

Der Kraftfluß  $\Phi$  durch den im Magnetfeld  $\mathfrak{H}$  rotierenden Leiterkreis ist proportional der Projektion der vom Leiter umschlossenen Fläche auf eine Ebene senkrecht zur Feldrichtung.



Ergebnis: Bei der Rotation der Leiterschleife schwankt der sie durchsetzende Kraftfluß zwischen seinem Maximalwert ( $\Phi = \Phi_{max}$ ) und Null ( $\Phi = 0$ ), folglich muß eine Induktionsspannung entstehen.

Antworten:

- (1) 2. indem ein Permanentmagnet auf die Schleife zu oder von ihr fortbewegt wird,  
3. durch Drehung der Schleife,  
4. durch Verbiegen der Schleife,  
5. durch Änderung des magnetischen Feldes.

(2) ..... Induktionsspannung, es fließt ein Induktionsstrom,  $I > 0$ .

(3) Pfeile:   $I > 0$ . Es fließt ein Induktionsstrom, da die Resultierende der beiden Induktionsspannungen größer als Null ist.

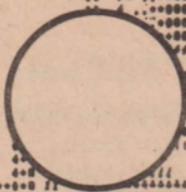
(4)  $\bar{\Phi} = \Phi_{\max}$ ,  $\Phi = \Phi_{\max} \cdot \cos \alpha$ ,  $\Phi = \Phi_{\max} \cdot \cos 90^\circ = 0$

(5) Pfeile:   $I = 0$ . Es fließt kein Induktionsstrom, da .....

---

Jede Redaktion stöhnt über Druck- und Rechtschreibfehler in ihren Fabrikaten. Warum nicht auch "impuls 68" ! In manchen Fällen haben wir es der Aufmerksamkeit der Leser überlassen, selbst diese kleinen "Schandflecke" aufzufinden, von uns als unfreiwilliger Test verstanden. Aus Raumknappheit möchten wir uns deshalb an dieser Stelle für alle Fehler im Komplex entschuldigen und ein Beispiel stellvertretend herausgreifen. Bedauerlicherweise ist uns im Heft 7, Seite 31, bei den humorigen Bemerkungen des Herrn Braun (Brown) einer dieser Fehler unterlaufen. Herr Braun, genauer: Ferdinand Braun, geb. am 6. 6. 1850 in Fulda und gest. am 20. 4. 1918 in New York, ist der Konstrukteur der sogenannten Braunschen Röhre, die in verbesserter Form in unseren Flimmerkisten eingebaut ist. Er erhielt 1909 zusammen mit Marconi den Nobelpreis über seine Arbeiten zur drahtlosen Telegraphie. Er hat also nichts mit der Brownschen Molekularbewegung zu tun, denn diese wird bereits von dem englischen Botaniker Robert Brown (1773 - 1858) entdeckt. Selbigen ist auch die geniale Überschlagsrechnung (Heft 7, S. 31) zuzuschreiben.

U. Bergloff

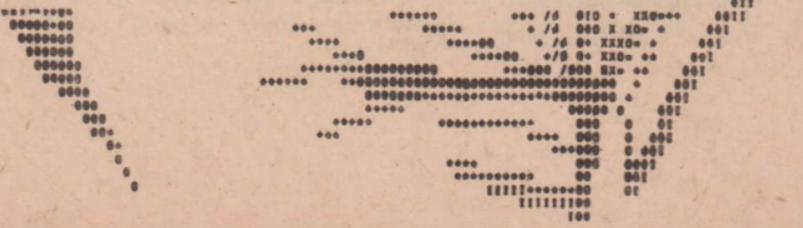


# impuls 68

Schülerzeitschrift für Physik,  
Chemie und Biologie

3. Jahrgang (1969/70)

Heft 10



impuls 68: Monatszeitschrift für Schüler der 9. bis 12. Klassen

Herausgeber: FDJ-Aktiv der Sektion Physik an der Friedrich-Schiller-Universität Jena

Redaktion: Dipl.-Phys. H.-D. Jähnig (Chefredakteur), Dr. K. Jupe, Dipl.-Chem. I. Pfaff, Dipl.-Phys. G. Sommer, N. Summa, D. Gröll, M. Seifert, W. Dänhardt, A. Christler, W. Kotte, R. Rost, H. Pöbel

Anschrift: „impuls 68“  
69 Jena  
Max-Wien-Platz 1

Erscheint monatlich (September bis Juni) zum Preise von 0,40 M  
Aus technischen Gründen bitten wir um Sammelbestellungen an unsere Adresse.

Lizenz-Nr. 1570 beim Presseamt des Ministerrates der DDR

#### Inhalt

	Seite
Liebe Leser	-3
Unser Titelblatt	5
Regelvorgänge in der Biologie	6
Metallorganische Verbindungen	8
Taylorscher Satz	11
Seifen und Waschmittel	16
Atmosphäre der Venus	20
Zusammensetzung des Mondgesteins	22
Supraleitung	23
Plancksche Strahlungsformel	28
Planeten nur in unserem Sonnensystem?	32

## Liebe Leser!

Seit nunmehr 3 Jahren erscheint "impuls 68". In dieser Zeit, so glauben wir, hat sie sich zu einer profilierten Schülerzeitschrift für Naturwissenschaften entwickelt. Das bestätigen uns nicht nur zahlreiche Leserzuschriften, sondern vor allem auch der ständig wachsende Leserkreis. Wir betrachten das als Lohn für die geleistete Arbeit. Sie können sich sicherlich vorstellen, daß die Herausgabe solch einer Schülerzeitschrift von jedem Mitarbeiter sehr viel abverlangt. Die meisten sind noch Studenten und ein Teil steht bereits im Forschungs-, Erziehungs- und Ausbildungsprozeß an der Universität. Kleine "Pannen" sind da einfach unvermeidbar, sei es nun, daß die Zeitschrift nicht immer pünktlich erscheinen konnte oder Sammelbestellungen z.B. unzureichend verpackt waren. Wir wollen uns natürlich bemühen, diese Mängel in Zukunft abzustellen und hoffen auf Ihr Verständnis.

An dieser Stelle sei noch ein Wort zum Inhalt gestattet. Wir haben uns in dem jetzt zuendegehenden Jahrgang bemüht, sowohl Schüler für die Naturwissenschaften zu interessieren, als auch auf ein Studium gut vorzubereiten. Dieses Vorhaben ist sicherlich sehr schwer zu realisieren und stellt vor allem an den Leser sehr hohe Voraussetzungen. Wir hatten zunächst befürchtet, über die "Köpfe hinweg" zu schreiben, aber es hat sich gezeigt, daß in zahlreichen Schulen die Schüler in Zusammenarbeit mit den Fachlehrern den neuen Anforderungen sehr aufgeschlossen gegenüberstanden. Wir werden auch im nächsten Jahrgang diese "Zweiteilung" vornehmen müssen, da ja Schüler der 9. bis 12. Klassen angesprochen werden sollen. Übrigens, für Vorschläge zur inhaltlichen Gestaltung sind wir stets dankbar.

Zur inhaltlichen Konzeption des 4. Jahrganges können wir bereits folgendes sagen. Ein Hauptthemenkomplex wird die Rechentechnik und elektronische Datenverarbeitung mit ihren mannigfaltigen Beziehungen zur Physik, Chemie, Biologie, Ökonomie und Gesellschaftswissenschaft sein. Wir hoffen damit eine große Lücke in der bisherigen Ausbildung mit schließen zu helfen. Dazu sei noch so viel gesagt, daß wahrscheinlich

Jeder Oberschüler früher oder später mit dieser Problematik konfrontiert wird und deshalb nicht zeitig genug elementare Grundlagen der Datenverarbeitung vermittelt werden müssen. Andere Artikel unserer Zeitschrift werden sich z.B. mit modernen Meßverfahren im weiteren Sinne beschäftigen. Auch ist daran gedacht, von prominenten Wissenschaftlern einen Ausblick auf die Entwicklungsrichtungen der entsprechenden Gebiete geben zu lassen. Ein Novum ist unsere Rubrik: Wir experimentieren, wobei in bunter Reihenfolge selbst auszuführende Versuche aus der Physik, Chemie und Biologie angebracht werden.

Wir glauben damit einen kleinen Vorgeschmack auf den Jahrgang 1970/71 gegeben zu haben und hoffen, Sie wieder zu unserem Leserkreis zählen zu dürfen. In diesem Zusammenhang möchten wir noch darauf hinweisen, daß das Abonnement bis auf Widerspruch weiterläuft. Gleichzeitig möchten wir bitten, alle Neubestellungen rechtzeitig wie möglich an unsere Adresse abzuschicken, da wir uns wegen der erhöhten Nachfragen sonst schwer in der Lage sehen, alle Bestellungen zu berücksichtigen. Das erste Heft des 4. Jahrganges wird Ihnen im Oktober 1970 zugehen.

Zum Schluß möchten wir in dieser Form nochmals allen Mitarbeitern an "impuls 68" für die geleistete Arbeit danken, insbesondere denen, die jetzt ihr Studium beenden und an verantwortungsvoller Stelle in der Industrie tätig werden oder ihren Ehrendienst in der NVA ableisten.

Ihnen, liebe Leser, wünschen wir erholsame Ferien mit und ohne

" i m p u l s 68 "

---

Wir wollen hoffen und abwarten, wie es in einem Jahrhundert mit uns Deutschen aussieht, und ob wir es dann dahingebacht haben, nicht mehr abstrakte Gelehrte und Philosophen, sondern Menschen zu sein.

J.W. v. Goethe  
zu Eckermann 1828

## Unser Titelblatt - ein »Ausrutscher«?

Kann sich eine naturwissenschaftliche Zeitschrift und noch dazu eine Schülerzeitschrift solch eine erste Seite erlauben? Sie kann, denn sonst hätte Heft 10 ja ein anderes Titelblatt. Wir wollen Ihnen nicht die heranrückenden Ferien "schmackhaft" machen oder gar mit billigen Tricks für die Zeitschrift werben. Ganz im Gegenteil - wir wollen Sie mit der nüchternen Wissenschaft bekannt machen. Nun ist diese Dame auf der ersten Seite keinesfalls Fräulein Wissenschaft - so gut haben es Physiker, Chemiker und Biologen auch wieder nicht - leider, aber sie ist ein Produkt dieser, genauer: das Ergebnis einer schwachen Stunde des - Robotron 300. Natürlich kann dieser Rechenautomat nicht nur attraktive Damen ausdrucken, sondern noch viel mehr, aber das wollen wir Ihnen eigentlich erst im nächsten Jahrgang erzählen.

Deshalb weitersagen: " i m p u l s 68" - bestellen!

(wer sie noch nicht liest,)

- und, ganz im Vertrauen,

ohne ein gewisses  
Quantum Mumpitz  
geht es nicht.

(T.Fontane)

In diesem Sinne: Frohe Ferien !

---

## Mit Mozart's Musik mehr Getreide?

Wie unlängst grusinische Wissenschaftler feststellten, wuchsen Getreidepflanzen auf Versuchspartellen schneller als ihre Artgenossen auf Vergleichspartellen, wenn sie mit sinfonischer Musik "behandelt" werden. Allerdings konnte noch keine Erklärung für dieses eigenartige Phänomen gefunden werden. Bleibt noch die Frage offen, ob z.B. der Weizen Mozart, Brahms oder Beethoven bevorzugt.

I. Egerl

Sektion Biologie, V. Studienjahr

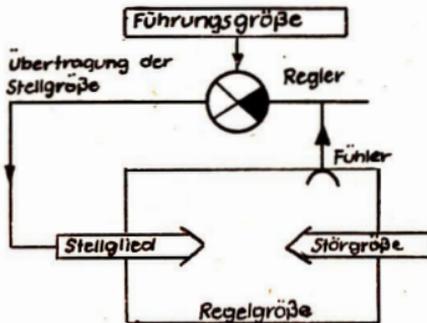
## Regelvorgänge in der Biologie

Die Prinzipien der Steuerung und Regelung sind zuerst in der Technik entwickelt worden. Erst später entdeckte man, daß im biologischen Organismus ebenfalls Regulationsprozesse ablaufen (in der Biologie spielt die Steuerung eine unwesentliche Rolle).

Schon im molekularen Bereich existieren Regelmechanismen. Als Beispiel soll hier das Ablesen der genetischen Information am DNS Strang genannt werden. Aber auch das Zusammenwirken der einzelnen Zellen innerhalb der Gewebe bzw. Organe muß geregelt werden. Weitere Beispiele sind die Regelung der Körpertemperatur, des Blutdruckes, des Blutzuckerspiegels, der Pupillenöffnung, des Wasserhaushaltes und der Herzfrequenz. Nicht nur innerhalb des Organismus, sondern auch zwischen Lebewesen und Umwelt findet man Regelvorgänge.

Wie läuft nun eine Regelung ab?

Das soll am Beispiel der Temperaturregelung gezeigt werden. Eine Abkühlung des Körpers bewirkt Kältezittern, eine Erwärmung hecheln oder Schweißausbruch. Der Organismus versucht den äußeren Einflüssen entgegenzuwirken, um den jeweiligen Zustand, hier die konstante Körpertemperatur, aufrechtzuerhalten. Diese Gegenaktion des Körpers bezeichnet man als negative Rückkopplung. Die negative Rückkopplung erfolgt über einen geschlossenen Funktionskreis, den Regelkreis. Er wird durch ein Blockbild beschrieben.



- Regelgröße: konstant zu haltender Zustand oder Vorgang
- Störgröße: Außeneinflüsse auf die Regelgröße
- Fühler: Außeneinrichtung für die zu regelnde Größe
- Regler: regulierendes Zentrum
- Stellglied: Korrekturmechanismus

Für die Temperaturregelung bedeutet das: Überhitzen bzw. Abkühlen des Körpers (Störgröße) wirkt auf die Bluttemperatur (Regelgröße). Temperatursinneszellen im Gehirn (Fühler) nehmen die Temperaturänderung wahr und geben die Information (Istwert) an das regulierende Zentrum im Zwischenhirn (Regler). Die Regelung erfolgt so, daß die Temperatur wieder auf  $37^{\circ}\text{C}$  (Sollwert) gebracht wird. Über Nervenbahnen wird die Stellgröße auf die Schweißdrüsen, die Blutgefäße der Haut oder auf die Skelettmuskeln (Stellglied) übertragen. Es kommt zu Schweißausbruch, Hecheln bzw. Muskelanspannung (Kältezittern) und zwar so lange, bis die Körpertemperatur wieder  $37^{\circ}\text{C}$  beträgt. Der Sollwert von  $37^{\circ}\text{C}$  kann verändert werden, indem von außen eine Führungsgröße, die sich im Zentralnervensystem befindet, in den Regelkreis eingegeben wird. Der Wert der Führungsgröße wird zur Meldung des Meßorgans addiert. Bei einem Wert von  $+1$  heißt das, daß die Bluttemperatur bei  $38^{\circ}\text{C}$  konstant gehalten wird.

Das angegebene Blockschaltbild stellt das Funktionsschema eines Regelmechanismus dar. Es gilt sowohl für biologische, als auch für technische Systeme. Es kann nicht nur die Temperaturregelung im Körper, sondern auch in einem Kühlschranks erklären.

#### Literatur:

W. Beier, K. Glas "Bionik, eine Wissenschaft der Zukunft",  
Urania Verlag Leipzig - Jena - Berlin  
1968

G. Klaus, H. Liebscher "Was ist, was soll Kybernetik",  
Urania Verlag Leipzig - Jena - Berlin  
1967

---

Wie neueste Untersuchungen gezeigt haben, kann Eis bei niedrigen Drucken und Temperaturen unter  $-170^{\circ}\text{C}$  eine hohe Dichte von  $2,3 \text{ g/cm}^3$  (im Normalzustand  $0,92 \text{ g/cm}^3$ ) annehmen. Es wird vermutet, daß dieses Eis völlig andere chemisch-physikalische Eigenschaften besitzt und daher eine große Rolle in der Astronomie spielen könnte.

Werner Reichardt  
Sektion Chemie

## Metallorganische Verbindungen

Existieren chemische Verbindungen, in denen Metallatome an organische Reste gebunden sind? Ja, es gibt tatsächlich eine Vielzahl solcher Stoffe, so daß die Bindung zwischen Metallatom und Kohlenstoffatom durchaus nichts Ungewöhnliches darstellt. Obwohl Verbindungen mit Metall-Kohlenstoff-Bindung bereits seit Mitte des 19. Jahrhunderts bekannt sind, ist die Erkenntnis, daß sie Ausbildung von Metall-Kohlenstoff-Bindungen keine Ausnahme darstellt, recht jungen Datums.

Können nun Metalle mit allen Elementen untereinander Bindungen eingehen? Im Prinzip gibt es kein Argument, welches dagegen spricht. Wie aus dem Artikel über die Edelgasverbindungen (Heft 3/1968) hervorgeht, nehmen die Edelgase allerdings eine gewisse Sonderstellung ein. Halogenide, Chalkogenide, Verbindungen mit Elementen der 4. und 5. Hauptgruppe, Hydride und Boride sind von vielen Metallen bekannt. Ebenso bilden die Metalle untereinander "Verbindungen", die bereits zu den Legierungen überleiten. Auch die Nichtmetalle bilden untereinander eine Vielzahl von Verbindungen. Substanzen mit Metall-Kohlenstoff-Bindungen rechnet man zu den "metallorganischen Verbindungen", die ein Bindeglied zwischen den "anorganischen Verbindungen" und den "organischen Verbindungen" darstellen. Die metallorganischen Verbindungen kann man wie alle anderen Verbindungen danach unterscheiden, ob sie Haupt- oder Nebengruppenelemente enthalten. Eine weitere Unterteilung kann nach der Art der vorliegenden Metall-Element-Bindungen vorgenommen werden. Die nachfolgende Tabelle gibt eine kurze Übersicht mit je einem typischen Beispiel.

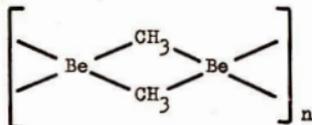
	Metall-Kohlenstoff-Bindung	Gemischte Typen (+)	
		G-M-N	C-M-M'-C
Hauptgruppenmetalle	Li-CH <sub>3</sub>	R-Al-Cl <sub>2</sub>	R <sub>3</sub> Sn-Mn(CO) <sub>5</sub>
Nebengruppenmetalle	Ti(CH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> Ti(OC <sub>3</sub> H <sub>7</sub> ) <sub>3</sub>	(C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> ) <sub>3</sub> PAu-Mn(CO) <sub>5</sub>

Anmerkung zu: (+): M = Metall  
N = Nichtmetall

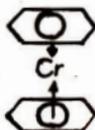
Nach der Art der Bindung, die in metallorganischen Verbindungen auftritt, kann man unterscheiden:

- 1) Verbindungen, die durch stark elektropositive Metalle gebildet werden, z.B.  $[(C_6H_5)_3]^- Na^+$ . Der ionische Anteil ist hierbei sehr groß.
- 2) Verbindungen, in denen der organische Rest durch eine Atombindung an das Metallatom gebunden ist, z.B.  $CH_3SnCl_3$ .
- 3) Verbindungen, in denen sogenannte "nicht-klassische Bindungen" vorliegen. Ohne auf die Bindungsverhältnisse näher einzugehen, seien hier einige typische Vertreter angeführt:

3.1. Verbindungen mit Alkyl (Aryl)-Brücken, z.B.:



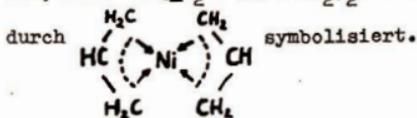
3.2. Verbindungen, in denen aromatische Ringsysteme in einer besonderen Form gebunden sind, wie z.B. Dibenzolchrom.



Alle sechs  $\pi$ -Elektronen des Benzols sind an der Bindung beteiligt.

3.3. Verbindungen, die Olefine und Acetylene als Bindungspartner aufweisen. Auch hier sind die  $\pi$ -Elektronen für die Bindung von entscheidender Bedeutung, z.B.  $K [PtCl_3(C_2H_4)]$

3.4. Verbindungen, in denen von Olefinen abgeleitete Ionen, wie z.B.  $(CH_2-CH=CH_2)^-$ , vorliegen. Diese Anionen bilden mit Metallionen Verbindungen, die eine völlig symmetrische Anordnung der Dreierkette aufweisen, z.B.  $Ni(CH_2-CH=CH_2)_2$ . Diese Anordnung wird



Wie wir aus den wenigen angeführten Beispielen erkennen können, ist die Metall-Kohlenstoff-Bindung keine Kuriosität. Seit ca. 1951 hat eine intensive Entwicklung auf dem Gebiet der metallorganischen Chemie begonnen, die viele interessante und nützliche Ergebnisse brachte und vorläufig noch nicht abgeschlossen ist.

---

### »Chamäleon«-Badeanzug

Im staatlichen Textilforschungsinstitut in Japan wurde eine Faser entwickelt, die, wenn sie feucht oder naß wird, ihre Farbe ändert. Ein im trockenen Zustand grüner oder blauer Badeanzug kann im Wasser z.B. Rosa oder Orange werden. Trocknet der Badeanzug in der Sonne, geht diese Farbe in Weiß oder Blau über.

---

### »Weltrekord«

A.V. GROSSE vom Research-Institute in Philadelphia hält den "Seifenblasen-Weltrekord". Seine "Blase Nr. 5" mit 50 cm Durchmesser hatte nach 528 Tagen noch einen Durchmesser von 37,7 cm.

Diesen Rekord-Blasen bietet man ideale Lebensbedingungen. Man hält sie in 200-Liter-Glaskolben, um sie vor Verdunstung und Staub zu schützen.

Hier das Rezept für GROSSE's "Blase Nr. 5":

2 Teile einer 2,5 %igen Lösung von Na-dibromstearat in 50 %igem Glycerin, ein Teil 5 %iger Polyvinylalkohol und 3 Teile Glycerin.

E. Förster, wissenschaftl. Aspirant  
G. Oberst, Student im 2. Studienjahr  
- Sektion Physik -

## Aus unserem Vorbereitungslehrgang:

### Taylorischer Satz und Taylorreihen

Beim Studium der Physik gelangt man oft an Stellen, in denen ein Sachverhalt genähert wird. Statt einer komplizierten Funktion der unabhängigen Variablen findet man plötzlich diese Veränderliche in einer Summe von einfachen Potenzen wieder. Sicher liegt der Rechenvorteil auf der Hand. Doch macht man da nicht einen Fehler? Sind denn Näherungen überhaupt notwendig?

Ja. Sie erleichtern nicht nur unter bestimmten Bedingungen das Ausführen einer Rechnung, sie machen bestimmte Abschätzungen erst möglich, wenn wir an die Grenze unseres Wissens kommen und gar nicht exakt rechnen können. Und sie sind unbedingt erforderlich, sobald wir eine physikalische Rechnung in die Sprache eines Rechenautomaten, in die Maschinsprache übersetzen wollen. Das zentrale Rechenwerk eines Computers vermag heute etwa eine Million Rechenoperationen in der Sekunde auszuführen, aber es "kennt" nur die Grundrechenarten. Dieser Übersetzung liegt daher immer eine Reihenentwicklung von komplizierten Funktionen zugrunde.

Eine große Anzahl der gebräuchlichen Funktionen lassen sich mit Hilfe des Taylorschen Satzes durch Polynome annähern. Diese Funktionen  $y = f(x)$  müssen folgende zwei Voraussetzungen erfüllen:

1.  $f(x)$  ist im Intervall  $[x_0, x_0 + h]$  stetig und besitzt dort stetige Ableitungen.
2. Es existiert die  $(n + 1)$ -Ableitung von  $f(x)$  in  $[x_0, x_0 + h]$  mit  $n \geq 0$ , ganz.

Um jeder Funktion ein Polynom eindeutig zuzuordnen zu können, wird bei der Herleitung des Taylorschen Satzes eine neue

Polynomschreibweise eingeführt. Man geht aus von

$$f(x) = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \dots + a_{n-1} x + a_n, \quad n \geq 1, \quad a_0 \neq 0$$

und substituiert

$$x = x_0 + h, \quad h - \text{variabel, } x_0 \text{ (Entwicklungsstelle) -}$$

beliebig, aber fest,

$$\begin{aligned} f(x_0 + h) &= a_0 (x_0 + h)^n + a_1 (x_0 + h)^{n-1} + \dots \\ &+ a_{n-1} (x_0 + h) + a_n = a_0 x_0^n + \dots + a_0 \binom{n}{k} x_0^{n-k} h^k \\ &+ \dots + \binom{n}{n-1} a_0 x_0 h^{n-1} + \binom{n}{n} a_0 h^n \\ &+ a_1 x_0^{n-1} + \dots + a_1 \binom{n-1}{k} x_0^{n-k-1} h^k + \binom{n-1}{n-1} a_1 h^{n-1} \\ &+ a_n \qquad \qquad \qquad k\text{-te Spalte} \end{aligned}$$

$$\text{mit: } \binom{n}{k} = \frac{n!}{k! (n-k)!} = \frac{n (n-1) \dots (n-k+1)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots k}$$

Die Summe der k-ten Spalte ( $A_k$ ) mit  $0 \leq k \leq n$  ergibt folglich:

$$A_k = h^k \left[ \binom{n}{k} a_0 x_0^{n-k} + \binom{n-1}{k} a_1 x_0^{n-k-1} + \dots + a_{n-k} \right]$$

$$\text{Es gilt: } \frac{d(x^m)}{dx} = mx^{m-1}, \quad \frac{d^2(x^m)}{dx^2} = m(m-1)x^{m-2},$$

$$\frac{d^k(x^m)}{dx^k} = \binom{m}{k} k! x^{m-k}$$

$$\text{Wir setzen } \frac{1}{k!} \frac{d^k(x^m)}{dx^k} = \binom{m}{k} x^{m-k}$$

in die Gleichung für  $A_k$  ein:

$$A_k = \frac{h^k}{k!} \left[ a_0 + a_1 \frac{d^k(x_0^{n-1})}{dx^k} + \dots \right]$$

$$A_k = \frac{h^k}{k!} f^{(k)}(x_0)$$

=====

Die Gesamtsumme aller Spalten stellt das Polynom dar:

$$f(x_0 + h) = \sum_{k=0}^n A_k = \sum_{k=0}^n \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} h^k$$

-----

Oder weil  $x = x_0 + h$  war:

$$f(x) = \sum_{k=0}^n \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} (x - x_0)^k \quad \text{Taylorpolynom}$$

=====

Zur Darstellung beliebiger Funktionen  $f(x)$  (mit Voraussetzung 1. und 2. wird folgender Ansatz gemacht:

$$f(x) = \sum_{k=0}^n \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} (x - x_0)^k + r_n$$

Das Restglied  $r_n$  stellt dabei eine funktionsabhängige Größe dar, die Fehler angibt, der sich durch die Polynomdarstellung ergibt. Aus mathematischen Betrachtungen folgt für  $r_n$ :

$$r_n = \frac{f^{(n+1)}(x)}{(n+1)!} (x - x_0)^{n-1} \quad x \text{ aus } [x_0, x_0 + h]$$

In vielen Fällen (z.B.  $f(x) = \sin x$ ;  $\cos x$ ) gilt:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} r_n = 0$$

Falls dies erfüllt ist, wird die Funktion  $f(x)$  durch eine unendliche Reihe, die Taylorreihe, dargestellt.

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} (x - x_0)^k$$

Das bedeutet:

Die Partialsummen  $s_n = \sum_{k=0}^n \frac{f^{(k)}(x_0)}{k!} (x - x_0)^k$

konvergieren für  $n \rightarrow \infty$  gegen eine Funktion  $f(x)$ , und diese Grenzfunktion wird als Summe der unendlichen Reihe definiert.

### Anwendungsbeispiele

#### 1. $f(x) = \sin x$

Entwicklung an der Stelle  $x_0 = 0$  ( $\lim_{n \rightarrow \infty} r_n = 0$ )

$$f(x) = \sin x \quad \rightarrow \quad f(0) = 0$$

$$f'(x) = \cos x \quad \rightarrow \quad f'(0) = 1$$

$$f''(x) = -\sin x \quad \rightarrow \quad f''(0) = -0$$

$$f'''(x) = -\cos x \quad \rightarrow \quad f'''(0) = -1$$

$$f^{(4)}(x) = \sin x \quad \rightarrow \quad f^{(4)}(0) = 0$$

Insgesamt:

$$\sin x = x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + \dots$$

=====

#### 2. $f(x) = \cos x$ ( $r_n \rightarrow 0$ für $n \rightarrow \infty$ )

Entwicklung an der Stelle  $x_0 = 0$ :

Nach dem gleichen Schema wie oben erhält man:

$$\cos x = 1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + \dots$$

=====

3.  $f(x) = e^{ix}$  ( $i = -1$ , imaginäre Einheit)

Entwicklung bei  $x_0 = 0$  ( $x_n \rightarrow 0$  für  $n \rightarrow \infty$ ).

$$\underline{f(x) = e^{ix}}$$

$$f'(x) = i e^{ix}$$

$$f''(x) = -e^{ix}$$

$$\underline{f^{(k)}(x) = i^k e^{ix}}$$

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{f^{(k)}(x)}{k!} (x - x_0)^k$$

$$e^{ix} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{i^k}{k!} x^k = 1 + ix - \frac{1}{2!} x^2 - \frac{i}{3!} x^3 + \frac{1}{4!} x^4 - \dots$$

$$e^{ix} = (1 - \frac{1}{2!} x^2 + \frac{1}{4!} x^4 \pm \dots) + i (x - \frac{1}{3!} x^3 + \frac{1}{5!} x^5 \pm \dots)$$

Vergleich mit 1. und 2. ergibt:

$$e^{ix} = \cos x + i \cdot \sin x$$

=====

### Näherungen

Näherungen erhält man, indem die Funktion in eine Taylorreihe entwickelt wird und man an geeigneter Stelle abbricht. Je genauer die Näherung werden soll, desto mehr Glieder müssen berücksichtigt werden. Die Größe des Fehlers kann man durch eine Restgliedabschätzung ermitteln.

Die rötliche Färbung des Mars, so wird von Wissenschaftlern vermutet, könnte durch Polymere von Kohlenstoffdioxid ( $C_3O_2$ ) verursacht werden. Bisher nahm man an, daß diese Färbung von eisenhaltigen Mineralien verursacht wird.

Karl-Hartmut Mann  
Sektion Chemie, IV. Studienjahr

## Chemie im Haushalt:

### Seifen und Waschmittel

Seifen waren schon für die Römer vor 2000 Jahren Reinigungsmittel. Sie wurden sowohl zur Körperpflege, als auch zur Textilreinigung verwendet. Waschmittel werden erst seit etwa 100 Jahren produziert. Sie stellen Verbindungen dar, die hauptsächlich zur Textilpflege verwandt werden.

Allgemein versteht man unter Seifen die Alkalisalze höherer Fettsäuren (Stearin-, Palmitin- und Ölsäure). Am Beispiel der Gewinnung von Kernseife soll die Seifenherstellung kurz beschrieben werden. Tierische und zum Teil auch pflanzliche Fette werden mit einem Überschuß von Natronlauge so lange gekocht, bis sich der sogenannte Seifenleim bildet. Nach der Zugabe von reichlich Natriumchlorid kommt es zur Abscheidung des "Seifenkerns". Diesen Vorgang nennt man Aussalzen. Die vom Seifenkern abgetrennte Unterlauge wird zur Glyceringewinnung weiterverwendet. Der Seifenkern wird durch nochmaliges Auflösen und anschließendes Aussalzen gereinigt. Nun bringt man die Seife noch in entsprechende Formen, in denen sie das handelsübliche Format annehmen. Zur Herstellung hochwertiger Toilettenseifen werden geruchlose Fette verwendet. Diesen Seifen werden noch Riechstoffe zugesetzt.

Eine Sonderstellung nehmen die medizinischen Seifen ein, die bei Hautkrankheiten verwendet werden. Ihnen sind die entsprechenden Wirkstoffe beigemischt worden.

Den Alkaliseifen ist ein großer Nachteil zuzugewandt, ihre Löslichkeit ist stark abhängig von der Härte des Wassers. Mit zunehmender Härte nimmt die Löslichkeit ab, es kommt zur Bildung unlöslicher Kalziumsalze der Seifen.

Die Wasserhärte wird bestimmt durch den Gehalt des Wassers an Kalzium- und Magnesiumverbindungen.

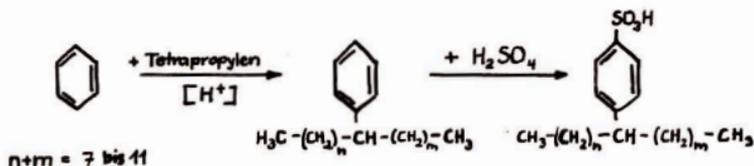
1 Grad deutscher Härte ( $^{\circ}\text{dH}$ )  $\hat{=}$  10 mg CaO / 1 l Wasser

Durch Zusatz von Enthärtern kann man die Wasserhärte senken und so den Ausnutzungsgrad der Waschmittel wesentlich erhöhen. Als solche Enthärter finden Trinatriumphosphate und Polyphosphate Verwendung. Neben der Wasserlöslichkeit beruht die Waschwirkung der Seifen auf ihrer oberflächen-spannungsherabsetzenden Wirkung. Für diese Grenzflächenaktivität sind die aliphatischen Kohlenwasserstoffreste mit einer Kettenlänge von  $C_{10}$  bis  $C_{18}$ , bzw. die Alkylbenzolreste verantwortlich. Man teilt die grenzflächenaktiven Stoffe in drei Gruppen ein:

1. anionaktive Verbindungen
2. kationaktive Verbindungen
3. nichtionogene Verbindungen

Die erste Gruppe ist die wichtigste, zu ihr gehören auch die Seifen. Die Alkylbenzolsulfonate gehören ebenfalls zu den anionaktiven Verbindungen. Sie verfügen über Alkylgruppen der Kettenlänge  $C_{10}$  bis  $C_{14}$ . Zu ihrer Herstellung geht man vom Propylen aus, welches bei  $200^{\circ}\text{C}$  und  $500\text{ atm}$  an einem Phosphorsäurekatalysator zum Tetrapropylen polymerisiert wird. Das Tetrapropylen wird durch eine nun folgende Reaktion an einen Benzolring gebracht. Diese Umsetzung läuft in Gegenwart einer starken Protonensäure ab, man nennt sie Alkylierung.

Das alkylierte Benzol wird nun mit Schwefelsäure zur Alkylbenzolsulfonsäure umgesetzt.



Die Alkylbenzolsulfonate stellen heute die wichtigsten anionaktiven Waschröhstoffe dar.

Die n-Alkylsulfate sind eine weitere Klasse von Verbindungen, die zur ersten Gruppe gehören. Zu ihrer Darstellung geht man von höheren Alkoholen aus, die eine Kohlenstoffanzahl von

C<sub>12</sub> bis C<sub>18</sub> besitzen. Diese Alkohole werden mit Schwefelsäure verestert zu n-Alkylsulfaten.



$$n = 10 - 16$$

Diese n-Alkylsulfate reagieren in wässriger Lösung neutral, deshalb werden die Waschmittel, die n-Alkylsulfate enthalten, auch als Neutralwaschmittel bezeichnet. Der bekannteste Vertreter ist das Fewa, aus dem VEB "Fetchemie" Karl-Marx-Stadt. Bei dieser Waschmittelart ist es nicht notwendig, Wasserenthärter einzusetzen, da die Calciumsalze der n-Alkylsulfonsäure in Wasser leicht löslich sind. Die kationaktiven und nichtionogenen Verbindungen spielen nur eine untergeordnete Rolle und sollen hier nicht weiter beschrieben werden.

Die eben angeführten Waschmittelgrundstoffe sind nur ein Teil der Verbindungen, die in einem handelsüblichen Waschpulver oder einer Waschflüssigkeit vorliegen. Waschmittel setzen sich nach folgendem Schema zusammen:



### **Waschgrundstoffe:**

sie haben die Aufgabe, verschmutzte Gegenstände zu reinigen; am längsten bekannt sind die Seifen.

### **Waschhilfsmittel**

sind vorwiegend anorganische Elektrolyte, z.B. Trinatriumphosphat, Soda, Natriummetasilikat - wirkt faserschonend -, sowie Karboxymethylzellulose und org. Komplexbildner, die wasserenthärtend wirken,

optische Aufheller, sie täuschen eine Bleichwirkung vor, die dadurch zustande kommt, daß die im UV-Bereich absorbierenden Stoffe in der Komplementärfarbe der gelblichen

Tönung, bläulich fluoreszieren. Der Gehalt an opt. Aufhellern beträgt etwa 0,1 %. Chemische Bleichmittel sind Perborate und Percarbonate.

#### **Verschnittmittel**

werden zugesetzt, um die Waschgrundstoffe besser in die Pulverform überführen zu können, meist wird Natriumsulfat verwendet.

Für die gebräuchlichen Vollwaschmittel ergibt sich folgende Zusammensetzung:

20 %	waschaktive Substanz
35 %	kondensierte Phosphate
3 %	Überfettungsmittel
10 %	Silikate
5 %	Perborate
2 %	Karboxymethylcellulose und opt. Aufheller .

Der pH-Wert dieser Waschmittel liegt bei 9,5 .

Neutralwaschmittel haben etwa folgende Zusammensetzung:

35 %	waschaktive Substanz
5 %	kondensierte Phosphate
3 %	Überfettungsmittel
3 %	Karboxymethylcellulose und opt. Aufheller

die restlichen 54 % sind bei flüssigen Neutralwaschmitteln Wasser, bei festen Natriumsulfat.

Auch bei der Waschmittelproduktion zeigt sich deutlich, daß die Grundstoffe immer mehr auf Erdölbasis hergestellt werden. Die Gründe dafür sind in dem höheren Ausbeuten und in zum Teil geringeren Kosten der Produktion zu suchen.

---

Kürzlich konnte nachgewiesen werden, daß Elektronen und Neutronen bei Temperaturen unter 4°K eine Art chemische Bindung eingehen, die mit einer Halbwertszeit von 40 sec relativ stabil ist.

Dr. K. Iupe

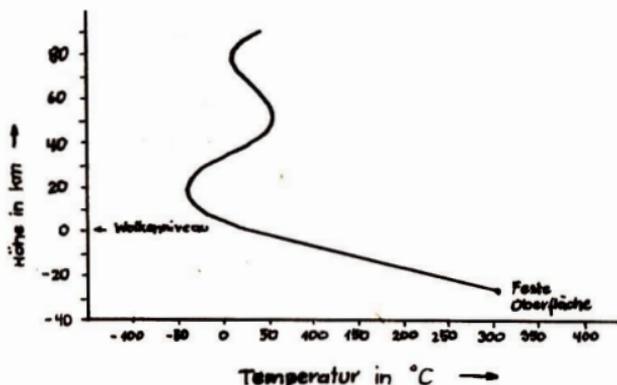
Oberassistent an der Sektion Mathematik

## Die Atmosphäre der Venus

In "impuls 68", 3. Jahrgang, Heft 7, wurde die Frage diskutiert, ob es auf anderen Himmelskörpern Leben gibt. Dieses Problem kann nur durch Zusammenarbeit verschiedener Wissenschaftsdisziplinen gelöst werden, wobei der Biologe sagen kann, unter welchen Bedingungen Leben überhaupt möglich ist. Der Astronom bzw. Astrophysiker kann daraufhin die Planeten untersuchen. Wir wollen am Beispiel des Planeten Venus sehen, welche Möglichkeiten es für diese Untersuchungen gibt und welche Ergebnisse sie zeigen.

1. Aus der Tatsache, daß ein Fixstern, vor dem der Planet vorbeizieht, nicht plötzlich sondern allmählich verschwindet, kann auf das Vorhandensein einer Atmosphäre geschlossen werden, die dann mit Hilfe der Spektroskopie untersucht werden kann, das ist experimentell nicht einfach. Es zeigte sich, daß die Venusatmosphäre im wesentlichen aus  $\text{CO}_2$  besteht und auch Wasserdampf enthält. Visuelle Beobachtungen zeigen ferner, daß die Venus mit einer dichten Wolkendecke umgeben ist, deren Zusammensetzung durch visuelle Beobachtung nicht zu ermitteln ist. Strahlungsmessungen ergaben eine Temperatur von etwa  $300^\circ\text{C}$ .
2. Alle eben genannten Informationen konnte man erhalten, ohne die Erde zu verlassen. Diese Informationen sind zwar nicht sehr reichhaltig, aber man hat versucht, von Ihnen ausgehend Modelle der Venusatmosphäre aufzustellen. Dabei bezieht man außer den Meßergebnissen grundlegende physikalische Gesetze (z.B. Gasgesetze, Gleichgewichtsbedingungen, Energieerhaltungssatz), mit ein. Dieses Ergebnis zeigt unsere Abbildung. Danach beträgt der  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Atmosphäre 80 %

und die Höhe der sichtbaren Wolkenobergrenze (im Diagramm willkürlich als Null-Niveau bezeichnet) über der Planetenoberfläche 22 km. Temperatur und Druck auf der Oberfläche der Venus ergeben sich zu  $+297^{\circ}\text{C}$  bzw. 4.3 at. Man kann aus diesem Modell sogar Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des Planeten selbst ziehen. Allerdings ist durch irdische Beobachtung niemals eine direkte Bestätigung des Modelles möglich.



3. Wesentlich bessere Meßdaten wurden erhalten, als Vorbeiflüge (Venus 1, Mariner 2, Venus 2, Mariner bzw. Landungen von Venussonden (Venus 3 - 1. 3. 66, Venus 4 - 18. 10. 67, Venus 5 und Venus 6 - Mai 1969) möglich waren. Besonders bei den weichgelandeten sowjetischen Sonden waren direkte Messungen möglich. Das erwähnte Modell wurde im wesentlichen bestätigt:  $\text{CO}_2$ -Gehalt 90 - 95 %, Temperatur ca.  $300^{\circ}\text{C}$ , Druck ca. 20 at.

Es sind noch viele Untersuchungen nötig, um endgültige Klarheit zu schaffen, insbesondere ist die Frage offen, ob Venus in einem späteren Entwicklungsstadium evtl. Leben beherbergen kann; heute ist das kaum möglich.

**Literatur:**

Wissenschaft und Fortschritt 1969, H. 5, S. 216  
Neues Deutschland 10. 5. 1969 (Beilage)  
Naturwiss. Rundschau 1963, S. 16 und 48

---

## **Zusammensetzung des Mondgesteins**

Das Lunar Receiving Laboratory hat folgende Einzelheiten über die Zusammensetzung des Mondgesteins bekanntgegeben:

1. Bemerkenswert ist der hohe Anteil an hochschmelzenden Elementen (z.B. Ti, Zr, Y). Titan war in allen Proben mit etwa 12 % enthalten (irdisches vulkanisches Gestein: 4,5 % Ti).
2. Niedrigschmelzende Elemente kommen sehr selten vor (K, Na, Pb, Bi, Pd). Gold, Silber, Platin wurden gar nicht gefunden.
3.  $H_2O$  und  $OH^-$ -Ionen fehlen. Daraus folgt, daß es zumindest am Landeplatz niemals Oberflächenwasser gegeben hat.
4. Fe kommt wahrscheinlich zusammen mit den Mineralien Troilit und Ilmenit vor. (Niedriger Partialdruck von  $O_2$ ,  $H_2$  und S bei der Entstehung der Gesteine!).
5. Der Gehalt an Edelgasen ist sehr hoch.
6. Flüchtigtes und/oder festes organisches Material fehlt.
7. Der Gehalt an U und Th entspricht etwa den irdischen Werten.
8. Mit Hilfe der  $^{40}K/^{40}Ar$ -Datierung konnte ein Alter von  $3,0 \pm 0,7 \cdot 10^9$  Jahre ermittelt werden.

Die Analyse wurde an Gesteinsproben durchgeführt, die die Apollo-11-Besatzung mit zur Erde gebracht hat.

Horst Reinhardt  
Forschungsstudent, Sektion Physik

## Supraleitung

Die physikalischen Effekte, die mit den sogenannten "Supraflüssigkeiten" zusammenhängen, gehören zu den interessantesten Erscheinungen der modernen Physik. Obwohl sie sowohl theoretisch als auch experimentell vor allem in den letzten zehn Jahren eine stürmische Entwicklung erfuhren, werden sie noch nicht völlig verstanden.

Man kennt vorläufig zwei verschiedene Arten von "Supraflüssigkeiten" oder auch "Quantenflüssigkeiten". Beiden ist als wesentliches Charakteristikum gemeinsam, daß sie Materie ohne Reibung transportieren können.

Die eine ist das superflüssige Helium (auch Helium II). In diesen Zustand geht das Isotop  $^4\text{He}$  über, wenn man es unter den sogenannten  $\lambda$ -Punkt ( $2,1952^\circ\text{K}$ ) abkühlt. Superflüssiges Helium hat eine extrem gute Wärmeleitung ("Wärmesupraleitung"), und es vermag noch Kapillaren zu durchdringen, die für gewöhnliche Flüssigkeiten undurchdringbar sind. Die letzte Eigenschaft ist auf die ungeheuer kleine Zähigkeit zurückzuführen. Es ist etwa eine Milliarde mal "flüssiger" als Wasser.

Die zweite "Supraflüssigkeit" ist der supraleitende Zustand der Elektronen, den man in gewisser Hinsicht als Flüssigkeit betrachten kann. In einem Supraleiter können sich elektrische Ladungen ohne Widerstand bewegen.

Die Erscheinungen der Supraleitung sind bis heute auf sehr tiefe Temperaturen (unter  $21^\circ\text{K}$ ) beschränkt. Aus diesem Grund konnten sie erst gefunden werden, nachdem man entsprechend tiefe Temperaturen herstellen konnte.

1908 gelang es Kamerlingh Onnes, Helium zu verflüssigen. Die so erreichte Temperatur betrug  $4,215^\circ\text{K}$  bei 760 Torr. Durch Verringerung des Gasdruckes über der Flüssigkeit

(durch Abpumpen) gelingt eine weitere Abkühlung bis auf etwa 1 °K.

Kamerlingh Onnes untersuchte das Verhalten des elektrischen Widerstandes verschiedener Materialien. 1911 stellte er fest, daß bei Abkühlung von Quecksilber unter 4,15 °K der Widerstand praktisch gleich Null wird. Dieses Phänomen nannte er Supraleitung, die Temperatur, unterhalb der sie auftritt, kritische Temperatur  $T_c$ .

Ein überzeugender Nachweis dafür, daß der Widerstand bei Supraleitern tatsächlich verschwindend klein ist, gelang 1956 Collins. Er ließ einen Strom in einem supraleitenden Ring über 2 1/2 Jahre fließen, indem er dessen Temperatur immer unter  $T_c$  hielt.

Bei Existenz eines Widerstandes R hätte der Strom exponentiell abklingen müssen nach:

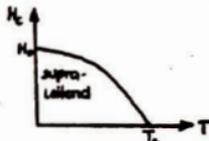
$$I(t) = I(0) e^{-\frac{R}{L} t}$$

L- Selbstinduktivität  
des Ringes

Collins errechnete, daß der spezifische Widerstand kleiner als  $10^{-21} \Omega \text{ cm}$  ist. Für Silber, das am besten leitende Metall ist  $\rho \approx 10^{-6} \Omega \text{ cm}$ , also mindestens  $10^{15}$  mal so groß.

Für  $T < T_c$  kann man den normalleitenden Zustand künstlich wiederherstellen, indem man den Supraleiter in ein äußeres Magnetfeld bringt, das mindestens die Größe  $H_c$  haben muß.  $H_c$  heißt kritisches Magnetfeld. Es ändert sich parabolisch mit der Temperatur nach dem Gesetz

$$H_c = H_0 \left(1 - \left(\frac{T}{T_c}\right)^2\right)$$



$H_0$ , das kritische Magnetfeld für  $T = 0$  °K, ist neben  $T_c$  ein charakteristischer Wert für Supraleiter. In folgender Tabelle sind für einige Materialien diese Werte angegeben.

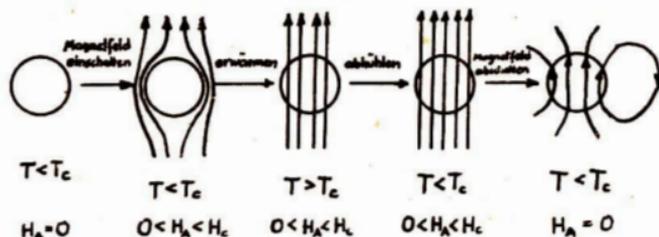
	$T_c$ in $^{\circ}K$	$H_c$ in $\frac{A}{m}$
Niob (Nb)	9,46	154700
Blei	7,18	63920
Aluminium	1,19	7880
Uran- $\alpha$	0,6	159000
$\alpha$ -Hg	4,15	32700
Nb <sub>3</sub> Sn	18,3	
SiV <sub>3</sub>	17,0	

Für den Bau von supraleitenden Spulen zur Erzeugung extrem hoher Magnetfelder ist es wesentlich, daß eine Reihe supraleitender Legierungen gefunden wurden, die kritische Felder von etwa  $10^3$  A/m haben. Stoffe mit sehr hohem  $H_c$  heißen auch harte Supraleiter. Supraleitung wurde bisher nur bei metallischen Substanzen gefunden. Sie wird nicht nur bei reinen Elementen gefunden, sondern auch bei Legierungen und Verbindungen. Dabei können letztere Metalle enthalten oder nur aus solchen bestehen, die allein nicht supraleitend werden. Solche Bestandteile können sogar Halbleiter sein.

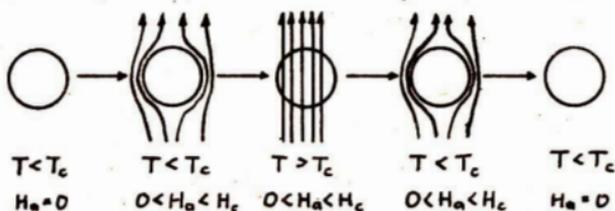
Man vermutet, daß sich auch organische Substanzen als Supraleiter eignen. Es wird angenommen, daß diese wesentlich höhere Sprungtemperaturen haben könnten als die aller bisher bekannter Stoffe. Eine experimentelle Bestätigung gelang bisher nicht. Die wesentliche Aussage des sogenannten Meißner-Ochsenfeld-Effektes ist die, daß sich ein Supraleiter im Magnetfeld reversibel verhält. Ein Magnetfeld kann in einen Supraleiter nicht eindringen. Geht die Probe bei eingeschaltetem Magnetfeld aus dem normalleitenden Zustand in den supraleitenden Zustand über, so wird das Magnetfeld aus dem Supraleiter herausgedrängt. Bei einem idealen Leiter (Leitfähigkeit unendlich) bliebe der Magnetfluß in der Probe eingeschlossen, wenn man vom normalleitenden Zustand in den idealleitenden Zustand übergeht. Diese Überlegung zeigt, daß man einen Supraleiter nicht schlechthin als idealen Leiter auffassen kann.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Sachverhalt beim idealen Leiter (A) und beim Supraleiter (B)

A.



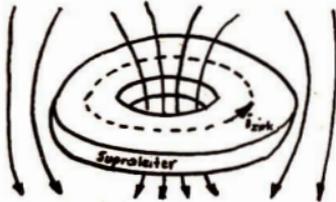
B.



Bei Supraleitern, die eine Öffnung enthalten, hat man festgestellt, daß nur ein ganzzahliges Vielfaches einer kleinsten Einheit  $\Phi_0$  des Magnetflusses  $\Phi = BF$  (F-Fläche des Loches,  $B = \mu \cdot H$  magnetische Induktion) durch die Öffnung hindurchtreten kann.  $\Phi_0$  wurde ermittelt zu  $\Phi_0 = h/2e = 2 \cdot 10^{-15}$  Vs ( $h$  - Planksches Wirkungsquantum,  $e$  - Elementarladung).

Befindet sich in der Öffnung des Supraleiters der Fluß  $\Phi = n \Phi_0$  ( $n$  - ganze Zahl), so ist es nicht möglich, diesen Fluß von außen durch Erhöhen oder Erniedrigen der magnetischen

Feldstärke zu verändern, es sei denn, man erwärmt den Körper über die Sprungtemperatur. Aller von  $n \Phi_0$  abweichende Fluß wird durch einen zirkulierenden Strom  $i_z$  fergehalten. Bedingung ist, daß das angelegte Magnetfeld kleiner als das kritische Magnetfeld bei der entsprechenden Temperatur ist. Diese sogenannte Flußquantisierung läßt sich rechnerisch leicht verstehen.



Damit ist nicht gesagt, daß man nicht kleinere Flüsse als  $\Phi_0$  erzeugen kann. Es ist aber nicht möglich diese durch die Öffnung eines Supraleiters zu schicken.

Die theoretische Behandlung der Supraleitung ist recht kompliziert. Die modernste Theorie ist die BCS-Theorie. Sie ist nach ihren Begründern Bardeen, Cooper und Schrieffer genannt.

Der Effekt, der nach dieser Theorie der Supraleitung zugrunde liegt, ist eine attraktive Wechselwirkung zwischen zwei Elektronen. Diese Elektronen, die sich wie eine Einheit verhalten, nennt man Cooperpaare. Sie werden nach Cooper so genannt, der sie als erster theoretisch postuliert hat.

Nach der BCS-Theorie tritt Supraleitung gerade dann auf, wenn die anziehende Wechselwirkung zwischen zwei Elektronen eines Paares größer ist als die durch das Gitter des Festkörpers abgeschirmte Coulombabstoßung.

Bei T<sub>0</sub> sind nicht alle Elektronen gepaart. Es existieren stets noch Normalelektronen.

Hier konnte nur ein kleiner Teil der Erscheinungen, die mit Supraleitern zusammenhängen, betrachtet werden. Die grundlegendsten Effekte wurden jedoch zumindest erwähnt.

B. Happ

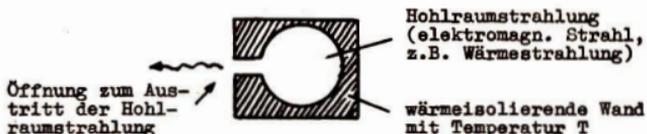
IV. Studienjahr, Physik

## Plancksche Strahlungsformel und Laser

Oberflächlich betrachtet, scheint kein Zusammenhang zwischen den Strahlungsgesetzen (hierzu zählt die Plancksche Strahlungsformel) und dem Funktionsprinzip eines Lasers zu bestehen. Tatsächlich ergeben sich jedoch gerade aus der Planckschen Strahlungsformel grundsätzlich wichtige Konsequenzen für die Arbeitsweise eines Lasers oder Masers.

### Was sind Strahlungsgesetze?

Strahlungsgesetze liefern eine Aussage über die spektrale Energieverteilung der Hohlraumstrahlung. Unter Hohlraumstrahlung versteht man diejenige elektromagnetische Strahlung, die aus einem Hohlraum austritt, wenn man diesen mit einer kleinen Öffnung versieht. (s. Skizze). Diese Hohlraumstrahlung besitzt in der Physik eine große Bedeutung.



Die Strahlungsgesetze geben nun an, wieviel Energie auf eine bestimmte Frequenz  $\nu$  (bzw. Wellenlänge  $\lambda$ ) entfällt. Welche Strahlungsgesetze kennen wir?

Rayleigh-Jeansches Strahlungsgesetz	$S_\nu = \frac{8\pi \nu^2}{c^3} KT$	für große $\lambda$ (z.B. Mikrowellen) gültig
Wiensches Strahlungsgesetz	$S_\nu = C_1 \cdot \nu^3 e^{-C_2/\nu T}$	für kleine $\lambda$ gültig (UV-Licht, Röntgenstrahlen)
Plancksche Strahlungsformel	$S_\nu = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} \cdot \frac{1}{e^{h\nu/RT} - 1}$	über gesamten Spektralbereich gültig (d. h. für alle $\lambda$ )

Erklärung der auftretenden Größen:

- $\rho_{\nu}$  spektrale Energiedichte, d. h. die Energie pro Volumen bei der Frequenz
- T Absolute Temperatur, c Lichtgeschwindigkeit
- h Plancksches Wirkungsquantum, k Boltzmann-Konstante

Die Plancksche Strahlungsformel kann mit Hilfe der klassischen Physik nicht erklärt werden. Es mußten hier Voraussetzungen gemacht werden, die den Beginn der Quantenphysik bedeuteten.

### Absorption, induzierte und spontane Emission elektromagnetischer Strahlung

Die Hohlraumstrahlung wird von den Atomen der Wände des Hohlraumes emittiert und auch absorbiert. Wir wissen, daß es bei atomaren Systemen bestimmte erlaubte (sogenannte diskrete) Energiezustände gibt, von denen wir hier zwei,  $E_1$  und  $E_2$ , herausgreifen.



Bei der Emission bzw. Absorption von Strahlung geht ein Elektron des Atoms von einem Zustand mit der Energie  $E_2$  in einen Zustand mit  $E_1$  über bzw. umgekehrt. Bei der Strahlungsemission bzw. Absorption können sich drei verschiedene Vorgänge abspielen:

ohne Feld $\rho_{\nu}$	unter Wirkung eines elektromagn. Feldes	
spontane Emission	Absorption	induzierte Emission
Übergang $E_2 \rightarrow E_1$	Übergang $E_1 \rightarrow E_2$	Übergang $E_2 \rightarrow E_1$
Energiedifferenz $E_2 - E_1$ wird als Welle ausgesandt	$E_2 - E_1$ wird dem Strahlungsfeld $\rho_{\nu}$ entnommen.	$E_2 - E_1$ wird an das Strahlungsfeld $\rho_{\nu}$ abgegeben.
Übergangswahrscheinlichkeit $W = A_{21}$	Übergangswahrscheinlichkeit $W = B_{12} \cdot \rho_{\nu}$	Übergangswahrscheinlichkeit $W = B_{21} \cdot \rho_{\nu}$

(Weiter hierzu siehe Artikel Laser, Impuls 68, 2. Jahrg. Heft 1). Bei einem atomaren System ist es nicht möglich anzugeben, ob in der Zeiteinheit nach dem Zeitpunkt  $t$  ein Übergang erfolgt oder nicht. Es kann nur eine Aussage über die Wahrscheinlichkeit gemacht werden, daß in einer Zeiteinheit ein Übergang erfolgt. Wie man sieht, sind die Übergangswahrscheinlichkeiten für die Absorption und induzierte Emission von der spektralen Energiedichte abhängig.  $A_{21}$ ,  $B_{12}$  und  $B_{21}$  sind Konstanten, die durch das atomare System bestimmt werden, und heißen Einstein-Koeffizienten.

**Welcher Zusammenhang besteht nun zwischen diesen Vorgängen und der Planckschen Strahlungsformel?**

A. EINSTEIN zeigte, daß man nur das Wiensche Strahlungsgesetz (das nur für kleine Wellenlängen gilt) und nicht die allgemeingültige Plancksche Strahlungsformel, die die Hohlraumstrahlung umfassend beschreibt, erhalten würde, wenn man bei Wirkung eines Strahlungsfeldes nur die Absorption berücksichtigt. Deshalb führte er als zweite Möglichkeit noch zusätzlich die induzierte Emission ein, bei deren Berücksichtigung man die Plancksche Strahlungsformel erhält. Die genaue Durchrechnung liefert folgende Beziehungen, die auch EINSTEIN-Beziehungen genannt werden.

$$A_{21} = \frac{8\pi h \nu^3}{c^3} B_{21} \quad B_{21} = B_{12}$$

**Was ergeben sich hieraus für Folgerungen?**

Die bisherigen Betrachtungen lassen sich auf den Laser bzw. Maser anwenden, da diese im Prinzip einem metallischen Hohlraum, in dessen Wand ein Loch geschnitten wurde, so daß Strahlung austreten kann, ähneln. Wie wir wissen, wird beim Laser bzw. Maser die induzierte Emission von Strahlung ausgenutzt (s. Artikel "Laser").

Aus den EINSTEIN-Beziehungen folgt, daß die Übergangswahrscheinlichkeit für die induzierte Emission  $B_{21}$  proportional  $A_{21}$ , d. h. der Übergangswahrscheinlichkeit der spontanen Emission ist. Wir erhalten also  $B_{21} \sim \frac{1}{\nu^3} A_{21}$ , woraus wir jetzt zwei Schlußfolgerungen ziehen wollen:

1. für große Frequenzen spielt die induzierte Emission keine Rolle ( $B_{21} \ll A_{21}$ ), was zur Folge hat, daß es im Gebiet der Röntgenstrahlen keine "Laser" gibt.
2. für kleine Frequenzen  $\nu$  wird  $B_{21}$  sehr groß gegen  $A_{21}$ , d. h. man kann die spontane Emission ( $A_{21}$ ) gegen die induzierte Emission ( $B_{21}$ ) vernachlässigen. Das ist im Gebiet der Mikrowellen und des Ultraroten der Fall. Ein Molekularverstärker (Maser), der in diesem Gebiet arbeitet, zeigt deshalb nur ein sehr geringes Rauschen, wobei unter Rauschen die störende spontane Emission zu verstehen ist.

Wir sehen also, daß die Deutung der Strahlungsgesetze zu tiefgreifenden Konsequenzen und Entdeckungen führt, deren Folgen erst in jüngster Zeit erkannt und ausgenutzt werden.

---

---

### **Wußten Sie schon,**

DASS Libellen eine Fluggeschwindigkeit bis zu 100 km/h erreichen, wobei ihre Schlagfrequenz etwa 30/sek. beträgt.

DASS ein normales Bienenvolk im Sommer 40.000 bis 70.000 erwachsene Tiere umfaßt, wobei nur eine einzige Königin vorhanden ist.

Dipl.-Phys. H.-D. Löhnig  
Sektion Physik

### **Sind Planeten nur in unserem Sonnensystem beobachtbar?**

Wie in einem Artikel in Heft 7 von "impuls 68" gezeigt wurde, kann mit großer Wahrscheinlichkeit angenommen werden, daß es im Weltall auch noch andere "bewohnte" Planeten gibt. Diese vermutete Tatsache beschäftigt bereits seit vielen Jahrzehnten nicht nur Schriftsteller in utopischen Romanen. Vermutete man zunächst auf den Planeten Mars und Venus hochentwickeltes Leben, so haben in den letzten Jahren die zahlreichen Mars- und Venussonden diese Hoffnungen zunichte gemacht. Deshalb steht die Frage, ob überhaupt Planeten, die sich außerhalb unseres Sonnensystems befinden, beobachtet werden können, mehr denn je im Vordergrund. In der letzten Zeit wurden einige Fixsterne beobachtet, die mit großer Gewißheit von Planeten begleitet werden. Welche Gründe diese Schlußfolgerung zulassen, soll ein Beispiel zeigen.

Zu einer der größten astronomischen Entdeckungen der Gegenwart gehören die Pulsare, nach einer Theorie rotierende Neutronensterne - Überbleibsel einer Supernova. Sie senden in bestimmten Abständen Radioimpulse aus. Zu den Pulsaren mit der kürzesten Pulsperiode gehört NP 0532. Genauere Untersuchungen haben nun gezeigt, daß dessen Radioimpulse dreimonatigen periodischen Schwankungen unterliegen. Dessen Sachverhalt kann man sich dadurch erklären, daß die Bewegung des Pulsars durch das Schwerfeld eines ihn umkreisenden Planeten gestört wird. Aus den Schwankungen der Radioimpulse lassen sich Masse und die ungefähre Bahn des vermuteten Planeten berechnen. Danach soll der Planet etwa die Masse der Erde haben und den Pulsar in einem Abstand von 0,4 AE (1 Astronomische Einheit = Entfernung Erde - Sonne) umkreisen. Immerhin ist das Objekt NP 0532 4000 Lichtjahre von der Erde entfernt. Sollten sich diese "Beobachtungen" irgendwann einmal bestätigen, so wäre das eine großartige Leistung der Astrophysik unseres Jahrzehnts.