

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 29 (1938)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Ueber die neuste Entwicklung der Physik : Werbeaktion für das Cyclotron  
**Autor:** [s.n.]  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059369>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 03.04.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Drehachsen des Kniehebels bestehen aus gehärteten Stahlschneiden. Die am Anlassergehäuse befestigte Schneide, auf welcher die Druckfeder ruht, kann durch eine Stellschraube zur Einstellung der Rückfalldrehzahl verstellt werden. Das neue Kniehebelelement wiegt nur noch 70 % des Scherenelementes; das Gewicht des ganzen Anlassers konnte durch die besondere Bewicklung des Combimotors sogar auf 55 % reduziert werden.

Diese Ergebnisse geben ein typisches Beispiel dafür, wie sich durch systematische Versuche und Untersuchungen auch bei kleinen Teilproblemen unserer Elektroindustrie wesentliche Verbesserungen erzielen lassen. Das beschriebene Zentrifugalschaltelement ist zu einem neuen zuverlässigen Maschinen- und Apparate-Element geworden, welches zweifellos noch zahlreiche andere Anwendungen finden wird.

## Ueber die neueste Entwicklung der Physik.

### Werbeaktion für das Cyclotron.

621.318.381 : 539.15

Am 5. Februar 1938 hielt Professor Dr. P. Scherrer einen Experimentalvortrag über das obige Thema, der am 16. Februar wiederholt werden musste. Dieser Vortrag war gedacht als Einleitung für eine Werbeaktion, deren Initianten sich zum Ziel die Anschaffung eines Cyclotrons, dieses modernsten und leistungsfähigsten Hilfsmittels der heutigen Atomforschung, gesetzt haben.

Einleitend dankte der Referent der zahlreichen, den grossen Hörsaal des physikalischen Instituts beidemale bis auf den letzten Platz füllenden Zuhörerschaft für das Interesse, welches die Einladung des Aktionskomitees bei ihr gefunden hatte. Dann begann er mit einer umfassenden Darstellung der allgemeinen Situation, in welcher sich die heutige physikalische Forschung befindet, vom schon Erforschten, zum Teil bereits technisch nutzbar gemachten, vordringend bis zu den modernsten, noch ungelösten Problemen des Kernbaus. Im folgenden geben wir die meisterhaft vorgetragenen, von zahlreichen Experimenten belegten Ausführungen wieder.

Die heutige physikalische Forschung geht in einem enormen Tempo vor sich. Eine Entdeckung folgt der andern, latente Möglichkeiten technischer Nutzenwendungen in sich bergend. Die Technik kommt mit der Verarbeitung der Probleme, welche ihr die Physik zuspielt, kaum nach. Zu fragen, warum der Physiker nicht selbst die technische Auswertung an die Hand nimmt, hiesse seinen Standpunkt verkennen. Es ist kein Zufall, dass nicht ein Akustiker wie Rayleigh das Grammophon erfunden hat, sondern ein Autodidakt und Bastler wie Edison, dass nicht Heinrich Hertz, der experimentelle Entdecker der elektrischen Wellen, die drahtlose Telegraphie begründete, sondern der Ingenieur Marconi. Der Physiker beschäftigt sich nicht mit der Technik; hat er in einer Erscheinung das Naturgesetzliche erkannt, so verlässt er dieses Problem und wendet sich einem neuen zu. Um nun einen Querschnitt durch die heutige Physik zu geben, nimmt man zweckmässig eine Unterteilung der Gesamtheit der Erscheinungen in zwei Gruppen vor, nämlich in die der Kollektivphänomene und diejenige der Einzelercheinungen. Kollektivphänomene kommen zustande durch das Zusammenwirken einer grossen Zahl von atomaren Gebilden. Zu den Einzelercheinungen hingegen gehört das heute in voller Entwicklung begriffene Feld der Atomumwandlungen.

Der Stand der Forschung auf dem Gebiet der *Kollektivphänomene* möge an einigen typischen Beispielen illustriert werden. Das bekannteste und wichtigste ist wohl das des elektrischen Stromes. Das Auftreten eines elektrischen Stromes ist stets gebunden an das Vorhandensein von elektrischen Ladungen, welche in einer bestimmten Richtung wandern. Im Metall wird der Ladungstransport durch die im Metallgitter frei beweglichen Elektronen aufrechterhalten. Die Existenz dieser Leitungselektronen kann durch den sogenannten Halleffekt (Fig. 1) nachgewiesen werden. Ein stromführender Leiter wird in ein homogenes Magnetfeld  $H$  gebracht, dessen Kraftlinien senkrecht zur Richtung des Stromflusses  $I$  stehen. Die vom Magnetfeld auf ein Elektron ausgeübte Kraft (Lorentz-Kraft) ist sowohl zur Stromrichtung als auch zum Magnetfeld senkrecht gerichtet. Unter ihrem Einfluss müssen sich also die Elektronen aus der ursprünglichen Stromrichtung heraus und gegen den einen Rand des Leiters bewegen. Die dadurch bewirkte Elektronenanhäufung an der einen, bzw. Verminderung an der andern Seitenfläche des Leiters gibt Anlass zu einer Potentialdifferenz  $U$  zwischen diesen bei-

den Flächen. Verbindet man also diese mit den Polen eines Galvanometers  $G$ , so fliesst ein Strom durch das Instrument.

Zwei weitere auf der Existenz freier Leitungselektronen beruhende und für die Technik hochbedeutungsvolle Phänomene betreffen die Auslösung von Elektronen aus einem Metall durch Energieübertragung auf dieselben. Die Energie kann in Form von Wärme zugeführt werden: ein glühender Draht verdampft, wie man sagt, Elektronen (denn dieser Prozess hat sein Analogon zum Verdampfen in der Gaskinetik). Diese Erscheinung ist zur Grundlage der gesamten Röhrentechnik geworden. Doch auch Licht vermag Elektronen aus gewissen Metallen auszulösen, indem die elektrische Energie der Lichtwelle in kinetische des Elektrons umgewandelt wird. Der hierauf beruhende sogenannte lichtelektrische Effekt hat in der Technik der Photozellen seine Verwendung gefunden.

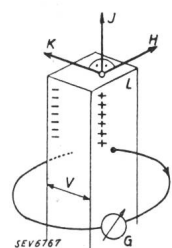


Fig. 1.

Dass auch in einem normalerweise nicht leitenden Kristall ein Strom fließen kann, wenn man Elektronen hineinbringt, zeigt folgender Versuch: Ein Kaliumchlorid-Kristall wird zwischen einer Platte und einer Spitze aus Metall eingespannt. Wird die Spitze erhitzt, so dass es zur Glühemission von Elektronen kommt, und Spitze und Platte mit den Polen einer Batterie verbunden, so dringt von der Spitze aus eine Elektronenwolke in den Kristall hinein, die man an ihrer intensiv blauen Färbung erkennt.

Ein weiteres allgemein bekanntes Kollektivphänomen ist der Ferromagnetismus. Schon weniger bekannt hingegen ist das elektrische Analogon dazu, nämlich die Seignette-Elektrizität. Das Seignettesalz, ein Alkalisalz der Weinsäure, ist gegenüber andern Dielektrika durch eine enorm hohe Dielektrizitätskonstante von der Grössenordnung  $10^5$  ausgezeichnet, in Analogie zur anormalen Permeabilität der Ferromagnetika. Dementsprechend treten bei jenem die gleichen Erscheinungen auf elektrischem Gebiete auf, wie bei diesem auf magnetischem. Das Seignettesalz besitzt also auch eine Hysteresiskurve, einen Curiepunkt (der hier allerdings sehr tief, bei  $24^\circ \text{C}$  liegt) und ist piezoelektrisch (in Analogie zur Magnetostriktion). Ein Experiment von elegantester Einfachheit zeigte die technische Verwendungsmöglichkeit der Piezoelektrizität: ein kleiner, modulierter Schwingkristall als Schallstrahler und eine Tischschublade als Resonanzboden arbeiteten ganz befriedigend als Lautsprecher.

Als Einführung in das Gebiet der Atom- oder, präziser ausgedrückt, Atomkernumwandlungen erscheint es uns zweckmässig, kurz die wichtigsten Tatsachen über den Bau der Atomhülle zusammenzustellen. Diese ist dem Physiker heute sehr genau bekannt. Sie besteht aus den negativ geladenen Elektronen, welche sich auf periodischen Bahnen um den positiven Kern als Zentralkörper bewegen. Die Summe aus der Hüllen- und der Kernladung ist bei dem im Normalzustand befindlichen Atom gleich Null; es erscheint also nach aussen neutral. Die räumliche Anordnung der Bahnen um den Kern ist nicht stetig variabel, sondern in ganz bestimmtem, sich nur in diskreter Weise änderndem Verlauf geregelt (quantisiert). Künstliche Eingriffe in die Hülle gehen mit relativ geringem Energieaufwand vonstatten; bei den leichten

Elementen ist dieser, ausgedrückt durch die erforderliche Spannung, von der Grössenordnung 20 Volt.

Ganz anders liegen die Verhältnisse beim Kern. Die Kenntnisse über seinen feineren Aufbau sind heute noch recht lückenhaft; doch lässt sich mit Bestimmtheit sagen, dass er aus zwei verschiedenen Elementarteilchen aufgebaut ist, welche nahezu gleiche, rund achtzehnhundertfache Elektronenmasse haben, sich aber in der Ladung unterscheiden, indem nämlich das eine positiv geladen und mit dem Kern des leichtesten Elementes, des Wasserstoffes identisch ist, während das andere sich elektrisch neutral verhält. Man nennt diese beiden Elementarteilchen Proton, bzw. Neutron. Es lassen sich also alle Kerne, mit andern Worten das ganze periodische System, aus Neutronen und Protonen aufbauen, und zwar ist die energetisch stabilste Konfiguration im allgemeinen dann gegeben, wenn er ebensoviel Neutronen wie Protonen enthält. In dieser Tatsache findet die empirisch schon lange bekannte Regel, dass bei allen Elementen das Atomgewicht (d. h. also die Gesamtmasse des Kerns) ungefähr gleich der doppelten Kernladungszahl (gleich Gesamtladung) ist, ihre einfache Erklärung. Es gibt allerdings Kerne, die gegenüber dem «Standardkern» einen Neutronenüberschuss oder ein Neutronenmanko haben (Isotope). Sie treten bei vielen Elementen mit dem Standardkern zusammen auf und bilden die sogenannten Mischelemente. Doch lassen sich solche Elemente infolge der verschiedenen Massen der in ihnen enthaltenen Kerne in ihre gleichschweren Bestandteile zerlegen (Massenspektrographie) und bilden so eine Bestätigung des erwähnten Aufbaueschemas.

Was nun die feineren Gesetzmässigkeiten im Aufbau der Kerne anbelangt, so ist das wirksamste zur Verfügung stehende Mittel zu ihrer Erforschung die Beschiessung mit ihren eigenen Bausteinen, Neutron und Proton (auch doppelt geladene Heliumkerne, sogenannte Alphateilchen, werden manchmal als Geschoss verwendet). Bei genügender kinetischer Energie des Geschosses kann ein Zerfall des Kernes in zwei oder mehrere Bestandteile eintreten, die im allgemeinen jeder für sich wieder ein Element des periodischen Systems entsprechen: man gelangt auf diese Weise zu einer Umwandlung der Elemente ineinander. Als Beispiel einer solchen Kernreaktion sei die folgende genannt (die Zahlen rechts oben bedeuten die Kernmasse, die links unten die Kernladung):



Der Lithiumkern zerfällt also bei Beschiessung mit Protonen genügend hoher Energie in 2 Heliumkerne.

Die Herstellung solcher Geschosse mit Ausnahme der ungeladenen Neutronen erfolgte bisher in der Weise, dass man die Teilchen im Vakuum ein hohes elektrisches Feld durchlaufen liess, in dem sie eine kinetische Energie erhalten, die gleich ist dem Produkt aus ihrer Ladung und dem Potentialgefälle, das sie durchlaufen haben. Mit solchen Anordnungen, die in erster Linie einer Hochspannungsanlage bedürfen, hat man Spannungen bis zu 1000 kV erreicht. Höhere Spannungen wären jedoch sehr wünschbar, da der Wirkungsgrad der Umwandlungsprozesse im allgemeinen mit der Spannung exponentiell ansteigt.

Beim Cyclotron wird nun die direkte Spannungserzeugung in glücklicher Weise vermieden, indem man die Teilchen gleichzeitig ein konstantes Magnetfeld und ein dazu senkrecht elektrisches Wechselfeld durchlaufen lässt. Unter dem alleinigen Einfluss des Magnetfeldes würden sich die Teilchen auf Kreisbahnen bewegen, deren Ebene senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien steht. Nun ist nach bekannten Gesetzen die Dauer eines vollständigen Umlaufes unabhängig vom Bahnradius. Legt man also an die Metallkästen A und B, in welchen sich die Teilchen bewegen, ein elektrisches Wechselfeld, dessen Frequenz so gehalten ist, dass die Teilchen beim Passieren des Schlitzes jedesmal gleichsinnig beschleunigt werden, so erhält man mit einer relativ niedrigen Spannung (ca. 50 kV) eine Vielfachbeschleunigung, die einer Austrittsspannung der Partikel von mehreren 1000 kV entspricht (Fig. 2). Einen Begriff von der Leistungsfähigkeit des für die ETH projektierten Cyclotrons, welches vollständig von der schweizerischen Industrie gebaut würde, mögen die folgenden Zahlen geben.

Bei einem Protonenstrom von etwa  $30 \cdot 10^{-6}$  A und einer Spannung von 8 bis 10 Millionen Volt ist seine Wirkung äquivalent der Strahlung von 1 kg Radium. Der Preis einer solchen Radiummenge käme auf 130 Millionen Franken zu stehen.

Noch imponierender ist die Leistung des Cyclotrons als Neutronenerzeuger. Diese können, da sie ja neutral sind, nicht direkt beschleunigt werden. Doch existieren Kernreaktionen, bei welchen Neutronen frei werden, so z. B. die Umwandlung:



Auch mit den Strahlen des Radiums lassen sich Neutronen frei machen. Allein die bei dem obigen und anderen Prozessen mit dem Cyclotron ausgelösten Neutronen haben eine Wirkung, die nur die durch die Strahlung von 100 kg Radium erzeugten Neutronen hätten!

Mit diesen Beispielen sind die Anwendungsmöglichkeiten des Cyclotrons noch lange nicht erschöpft. Doch würde ihre vollständige Aufzählung hier zu weit führen. Nur noch ein für Medizin und Biologie vielleicht bald sehr wichtig werdender Prozess möge hier Erwähnung finden. Er betrifft die Herstellung künstlicher radioaktiver Substanzen. Gewisse in der Natur vorkommende Elemente können durch Neutronenbeschichtung in andere umgewandelt werden, welche nicht stabil sind, sondern ähnlich zerfallen wie die natürlichen Radioaktiven (Radium, Thorium, Actinium und ihre Folgeprodukte). Diese künstlichen Radioaktiven zerfallen zum Teil viel rascher als die natürlichen, unter Hinterlassung stabiler, für den tierischen Organismus vollkommen unschädlicher Folgeprodukte. Dieser Umstand legt eine zukünftige Verwendung in Biologie und Medizin nahe.

Professor Dr. Karrer ergänzte die Ausführungen von Prof. Dr. Scherrer über die Bedeutung der Forschung auf dem Gebiete des Kernbaus in chemisch-biologischer Richtung. Er betonte, wie wichtig auch für den Chemiker der Besitz künstlicher radioaktiver und isotroper Elemente, vor allem des Wasserstoffs ( ${}_1\text{H}^2$ ) sei. Durch Einführung aktiver Elemente in die pflanzlichen und tierischen Organe kann der Weg, welchen sie durch diese nehmen, vermöge der von ihnen emittierten Strahlung am lebenden Organ verfolgt werden.

Die Zahl der heute bekannten organischen Verbindungen beträgt einige Hunderttausend. Ersetzt man die sie bildenden Elemente durch ihre Isotopen, so erhöht sich dadurch die Zahl der möglichen Verbindungen rasch auf einige Milliarden. So lassen sich beispielsweise dadurch, dass man in Benzol den Wasserstoff durch sein Isotop ersetzt, theoretisch 13 neue Benzole ableiten.

Zum Schluss ergriff noch Prof. Dr. Schinz das Wort, um vom Standpunkt des Arztes einige Bemerkungen zu den aufgeworfenen Problemen zu machen. Auch er betonte die grossen Perspektiven, welche sich der Medizin, vor allem der Strahlentherapie, durch die neue Wissenschaft eröffnen. Auch versäumte er nicht, auf die Frage des Strahlenschutzes einzugehen und daran zu erinnern, dass ihm die nötige Beachtung geschenkt werden muss, will man nicht die traurigen Er-

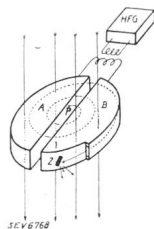


Fig. 2.

Schematische Skizze des Cyclotrons. A und B sind die beiden Dosenhälften. Die Spirale ist die Bahn eines Protons P. Bei Z befindet sich die zu zertrümmernde Substanz. HFG ist der Hochfrequenzgenerator.

fahrungen aus der Frühzeit der Röntgenforschung aufs neue durchmachen. Denn die biologischen Wirkungen der Neutronen sind noch nicht bekannt und können sehr wohl nachteiliger Art für den menschlichen Organismus sein.

Der grosse Beifall, den alle Redner erzielten, liess erkennen, dass die Öffentlichkeit dem Aktionskomitee volles Verständnis entgegenbringt und berechtigt weiterhin zu der Hoffnung, dass diese von hohem Verantwortungsgefühl gegenüber der schweizerischen Forschung getragene Aktion auch die unerlässliche finanzielle Unterstützung bei ihr findet.

H. W.