

Materie aus positiven und negativen Elektronen

Der originelle Experimentator Heinrich Greinacher war Titularprofessor in Zürich, als er das Neujahrsblatt auf das Jahr 1924 über «Bausteine der Atome» verfasste. Durch seine Entwicklung des Magnetrons (das heute zum Beispiel im Mikrowellenofen verwendet wird, vgl. VJS 1|2014) und besonders durch die «Greinacher Schaltung» zur Spannungsvervielfachung, die als Prinzip heute noch zur Umwandlung von Wechselspannung in hohe Gleichspannung verwendet wird, war er bereits weltweit bekannt.

Einfache, ausgeklügelte Experimente

Im ersten Teil der Schrift begründet Greinacher mit einfachen, aber ausgeklügelten Experimenten (vgl. Seite 21), dass negative Elektronen feste Bestandteile der Materie sind und nicht, wie früher angenommen, eine optionale Fluid-

umzutat. Seine Experimente zeigen auch, dass Elektronen Teilchen mit immer derselben Masse und derselben Ladung sind. Korrekt bestimmt er die Elektronenmasse als 1830 mal kleiner als diejenige der «positiven Elektronen», die im Atomkern sitzen und praktisch die gesamte Atommasse in sich vereinen. Greinacher erwähnt zwar den Begriff «Protonen» für diese Atomkernteilchen, zieht aber «positive Elektronen» vor.

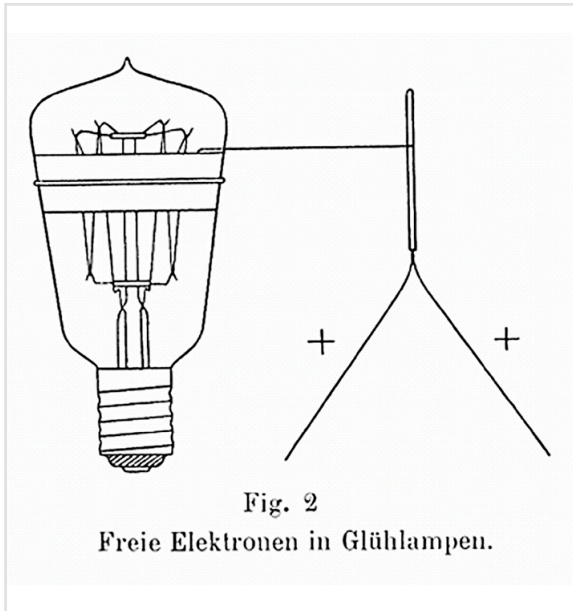
Mit dieser Modellvorstellung konnte jedoch die radioaktive, aus Heliumkernen bestehende Alphastrahlung von Radium nicht verstanden werden. Heliumkerne haben eine vierfache Protonenmasse, aber nur die doppelte positive Elektronenladung. Greinacher erweiterte das Atommodell deshalb so, dass Helium aus vier Protonen sowie zwei äusseren und zwei inneren Elektronen bestand. Die inneren negativen Elektronen neutralisierten zwei positive Kernladungen, sodass das Atommodell wieder mit den Beobachtungen übereinstimmte. Erst 1932 wurde das Neutron entdeckt, womit die sechs Teilchen eines Heliumkerns wieder auf vier reduziert werden konnten: zwei positive Protonen und zwei Neutronen ohne Ladung.

Eigenartiger Versuch

Aus heutiger Sicht eigenartig ist der Versuch Greinachers, die seit 1905 bekannte relativistische Massenzunahme der Elektronen bei grossen Geschwindigkeiten zu erklären. Er betrachtet ein bewegtes Elektron als Strom mit entsprechendem Magnetfeld, das die Energie E enthält. Nach der Einsteinschen Energie-Masse-Äquivalenz $E = m \times c^2$ rechnet er E in eine Masse m um und erhält nach einer Ergänzung durch eine Art Oberflächenspannung des Elektrons den korrekten relativistischen Zusammenhang!



Heinrich Greinacher war nach seiner Zeit in Zürich von 1925 bis 1952 Professor für Experimentalphysik an der Universität Bern.



Mit folgendem Experiment konnte Heinrich Greinacher beweisen, dass aus einem heissen Draht negative Teilchen austreten (Abbildung links): Eine Glühlampe wird mit einem Alufolienstreifen umwickelt, der mit einem Elektroskop verbunden ist. Die ganze Anordnung wird positiv aufgeladen; die Blättchen des Elektroskops stossen sich ab, wie in der Figur gezeigt. Sobald die Lampe eingeschaltet wird, fallen die Blättchen zusammen. Was passiert? Negative Elektronen treten aus der glühenden Leuchtwendel aus und werden durch den positiv geladenen Alufolienstreifen angezogen. Sie lagern sich auf der Innenseite des Glaskolbens an und ziehen (durch Influenz) weitere positive Ladung an. Diese wird vom Elektroskop abgezogen, das dadurch seine Ladung verliert und zusammenklappt. Beweis, dass aus der Glühwendel negative Teilchen austreten: Lädt man die Anordnung negativ auf, passiert beim Einschalten der Lampe fast nichts, höchstens ein langsames Abfliessen der Ladung aufgrund des nicht perfekten Vakuums in der Glühlampe.

Experiment zum Selbermachen: Der Autor verwendete für dieses Experiment eine heutige Glühlampe (Abbildung rechts) – mit dem Resultat, dass das Experiment umgekehrt herauskommt. Bei positiver Aufladung verliert das Elektroskop seine Ladung beim Einschalten der Lampe nur langsam, bei negativer Aufladung jedoch schlagartig! Warum? Um 1920 wurden Glühlampen evakuiert. Heutige Glühlampen enthalten jedoch ein Schutzgas, meist bestehend aus Stickstoff und Argon. Am heissen Glühdraht bilden sich deshalb positive und negative Stickstoffionen. Die positiven Ionen sind kleiner und beweglicher und entladen das negativ aufgeladene Elektroskop schnell, während die grossen negativen Ionen das positiv aufgeladene Elektroskop langsamer entladen.

Tipps: Für einen einfachen Selbstbau eines gut funktionierenden Elektroskops hilft die Anleitung «Simple Electroscope» auf www.youtube.com. Die Aufladung geschieht am Einfachsten durch Reibungselektrizität, z.B. durch Streichen eines Nylonpinsels (wird positiv geladen) über den roten, transparenten Kunststoffgriff eines Schraubenziehers (wird negativ geladen). Durch Abstreifen des Pinsels oder des Schraubenziehergriffs am Elektroskop wird dieses entsprechend aufgeladen. Damit die Ladung nicht abfliesst, den Pinsel am Griff eines zweiten Schraubenziehers anbinden und die Lampe mit Alkohol reinigen. Anstelle eines um die Lampe gewickelten Streifens genügt ein kleines Alukäppchen, das mit Scotch-Tape an der Lampe festgeklebt wird.

Es muss Greinacher klar gewesen sein, dass die relativistische Massenzunahme auch im Falle neutraler Atome gilt, wo seine Magnetfeld-Oberflächenspannungs-Überlegung nicht zutrifft. Der Leser sucht aber vergebens nach einer diesbezüglichen Bemerkung.

Eine verständliche Fehleinschätzung war zudem, dass Greinacher den Radius des Elektrons als deutlich grösser annahm als derjenige des Protons. Dass der Protonenradius erst kürzlich um 4 Prozent nach unten korrigiert werden musste und über den Elektronenradius

immer noch diskutiert wird, zeigt, wie schwieriger es ist, Erkenntnisse über Elementarteilchen zu erhalten.

Weitsichtig schliesst Greinacher seine Schrift mit der Bemerkung ab, dass Kernumwandlungen trotz der Notwendigkeit von damals unvorstellbaren 2,6 Millionen Volt machbar sein müssten. Am CERN werden heute Teilchen auf Energien beschleunigt, die mehr als 10 Billionen Volt entsprechen.

Fritz Gassmann