

Neue Wege zur Erforschung der Atomkerne.

Von

Dozent Dr. Hans Pettersson (Göteborg).

Vortrag, gehalten am 3. November 1926.

Für die Physiker und Chemiker des 19. Jahrhunderts bildete gewissermaßen das Atom das äußerste Forschungsobjekt, es war der kleinste materielle Baustein des Weltalls. Als einer der größten Triumphe der physikalischen Forschung galt es, die Größe, Zahl und Bewegungszustände der Atome, beziehungsweise der von ihnen aufgebauten Moleküle bestimmt zu haben. Dem 20. Jahrhundert erscheint es vorbehalten, die innere Struktur der Atome zu ergründen, und mit der berühmten Theorie von Rutherford-Bohr ist ein gewaltiger Schritt in dieser Richtung gemacht worden. Dank der intuitiven Genialität dieser Forscher ist es gelungen, nicht nur ein plausibles Bild von dem allgemeinen Bau der verschiedenen Atomarten zu entwerfen, sondern auch die Feuerschrift, in der diese die verborgensten Geheimnisse ihrer Struktur geschrieben haben, die wunderbaren Gesetzmäßigkeiten der optischen und Röntgenspektren, wenigstens teilweise, zu deuten.

Aber hinter jedem gelösten Rätsel der Natur offenbart sich ein neues, und schon erspät man innerhalb des scheinbar mehr als halb gelösten Problems der Atomwelt ein neues Problem der subatomaren Welt der Atomkerne. Nur tastende Versuche sind bis jetzt gemacht worden, in diese neue Welt einzudringen, und außerordentlich spärlich und lückenhaft

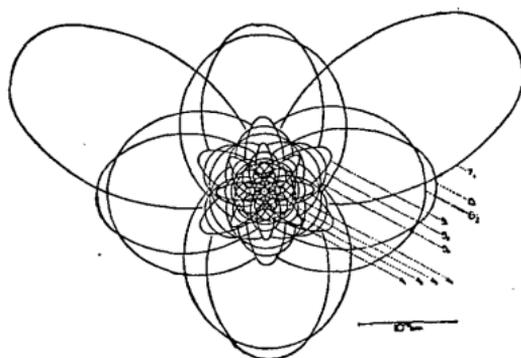
sind die wenigen, mühsam erworbenen Kenntnisse. Aber so viel steht schon fest: in diesen winzig kleinen Gebilden, klein sogar im Verhältnis zu den Atomen selbst, schlummern die gewaltigsten Kräfte der Natur, harren die letzten Geheimnisse der Materienstruktur ihrer Entdecker. Will ich „erfahren, was die Welt im Innersten zusammenhält“, so muß ich wohl, vom Standpunkt des Physikers oder Chemikers aus, Fragen an die Atomkerne stellen und ihre Beantwortung erzwingen. Über die Versuche, welche im Laufe der letzten Jahre in dieser Richtung ausgeführt worden sind, teils in Cambridge, teils hier in Wien, den beiden einzigen Forschungsstätten der Welt, wo die Zerlegung der Atomkerne bis jetzt unternommen wurde, werde ich hier einen kurzen Bericht ablegen.

Dank Rutherfords epochemachenden Forschungen wissen wir seit etwa 15 Jahren, daß die Atome etwa nach dem Plan unseres Sonnensystems aufgebaut sind. Sie sind keineswegs „Billardbälle im kleinen“, ausgefüllt von einer kompakten, vollkommen elastischen Urmaterie, wie einst die Atomphysiker vor 70 oder 80 Jahren meinten. Ihre äußere Begrenzung wird gewissermaßen nur vorgetäuscht durch die elektrischen Kräfte, welche von Bestandteilen der Atome, den aus negativer Elektrizität bestehenden Elektronen ausgehen, die planetenähnlich das Atomzentrum umkreisen und die bei Störung ihrer normalen Bewegungen das Atom in eine Sendestation von elektromagnetischen Wellen verwandeln, d. h. eine Ausstrahlung von Licht-

oder Röntgenstrahlen verursachen. Im Zentrum dieser Elektronenhülle befindet sich der Atomkern, der beinahe die ganze träge Masse des Atomes besitzt und positiv elektrisch geladen ist. Die Zahl der positiven Einheitsladungen auf dem Kern ist ebenso groß wie die Zahl der ihn umkreisenden „Planeten“-Elektronen, so daß das Atom nach außen zu ungeladen erscheint. Also 1 für Wasserstoff, 2 für Helium, 3 für Lithium usw. bis zu 92 Einheitsladungen auf dem Kern und 92 umkreisenden Elektronen für Uran, das Atom mit der größten Kernladung im periodischen System. Wie durch die genialen Untersuchungen von Bohr, Sommerfeld und ihren Schulen die normalen Bewegungsbahnen der Elektronen in den verschiedenen Atomhüllen bestimmt werden konnten, fällt außerhalb des Rahmens dieser Darstellung. Ein Beispiel sei nur mit dem in Fig. 1 wiedergegebenen Bild der 88 Elektronenbahnen eines Radiumatoms erläutert, dessen Maßstab, unten angegeben, einem Hundertmillionstel eines Zentimeters entspricht. Selbst bei diesem Maßstab wäre der im Zentrum der Elektronenhülle befindliche Kern nicht sichtbar, da sein Durchmesser noch tausendmal kleiner als der Maßstab angenommen werden muß. Diese winzig kleinen Gebilde, die Atomkerne, müssen gewaltsam zerlegt werden, um eine Elementverwandlung durchzuführen, sie müssen zertrümmert werden. Das Mittel hierzu bildet nach Rutherford's grundlegenden Untersuchungen im Jahre 1919 der Anprall eines α -Teilchens, das, selbst ein Bruchteil eines Atomes,

gegen den Atomkern mit enormer Geschwindigkeit, bis über 20.000 Kilometer pro Sekunde, von zerfallenden radioaktiven Atomen ausgeschleudert wird. Gegenüber dem Anprall dieses Geschosses kann nicht einmal die Stabilität der Atomkerne aufrecht erhalten werden, sondern Fragmente werden von ihnen losgerissen und ein neues Atom entsteht. Dieses Fragment

Fig. 1.



Radium (88).

hat sich seiner Natur nach bei allen bisher untersuchten Fällen von Atomzertrümmerung als ein Wasserstoffkern, ein mit ungeheurer Geschwindigkeit fortgeschleudertes „H-Teilchen“ erwiesen, und somit ist Wasserstoff, selbst die leichteste aller Atomarten, als ein Urbaustein der Materie nachgewiesen worden und die jahrhundertalte Hypothese von Prout hat somit eine glänzende Auferstehung erfahren.

Den außerordentlich kleinen Dimensionen der Atomkerne entsprechend muß eine sehr große Anzahl

von α -Geschossen abgefeuert werden, damit es zu einem derartig katastrophal verlaufenden Kerntreffer kommt. Die Trefferchance ist nur rund eins pro einer Milliarde von einfach durchschossenen Atomen, aus denen das durchfliegende α -Teilchen nur vorübergehend ein Elektron aus der Hülle mitreißen kann. Diese ungeheure Verschwendung mit Munition mit den selbst so seltenen α -Teilchen macht die Atomzertrümmerung zu einem außerordentlich seltenen Phänomen, das man nur „Atom für Atom“ unter Verwendung sehr hochkonzentrierter radioaktiver Präparate als Quelle der α -Projektilen wahrnehmen kann. Gewöhnlich beobachtet man dabei die „Szintillation“, d. h. die kleinen Lichtblitze, welche der Anschlag eines α -Teilchens, beziehungsweise eines Atomfragmentes auf einem mit Zinksulfid (Leuchtfarbesubstanz) bestrichenen kleinen Glasschirm hervorruft. Diese Beobachtungsmethode erfordert im vollständigen Dunkel ausgeruhte Augen und sehr lichtstarke Mikroskope von schwacher Vergrößerung, besonders wenn die außerordentlich lichtschwachen Szintillationen der Atomfragmente gezählt werden sollen. Dabei wirken mehrere Nebenerscheinungen, wie ein von durchdringender Strahlung aus den radioaktiven Präparaten hervorgerufenen diffusen Leuchten des Schirmhintergrundes, recht erschwerend auf die Zählung, und die Methode ist außerdem nicht frei von subjektiven Fehlerquellen.

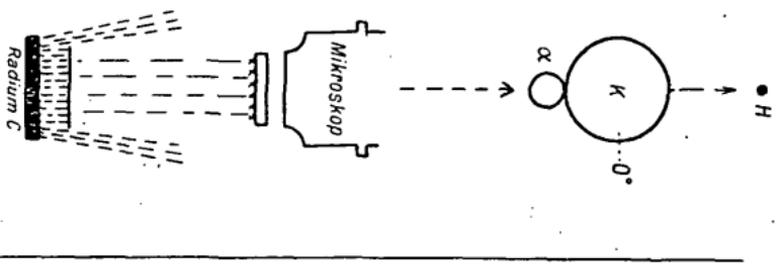
Nach der Szintillationsmethode sind die bisher nur in Cambridge und, seit 1922, auch in Wien von

Kirsch und Pettersson mit ihren Mitarbeitern durchgeführten Versuche über Atomzertrümmerung größtenteils ausgeführt worden. Bisher ist an etwa 25 Elementen eine H-Teilchenabspaltung mit Sicherheit beobachtet worden, wobei aber die in Wien gewonnenen Resultate sich von den in Cambridge gefundenen sowohl durch größere Zahl der zerlegten Elemente als durch höhere Ausbeutezahlen an erhaltenen Atomtrümmern unterscheiden. So hat in Wien E. Kara-Michailova Lithium für zertrümmerbar gefunden, H. Pettersson Kohlenstoff und G. Kirsch Sauerstoff, welche sämtliche Elemente in Cambridge bisher mit negativem Resultat untersucht wurden. Auch hat E. A. W. Schmidt das schon vorher von Rutherford und Chadwick zertrümmerte Aluminium einer ausführlichen Untersuchung unterworfen und dabei eine Zahl von abgespaltenen H-Teilchen gefunden, welche die in Cambridge beobachtete um mehr als das Zehnfache übertrifft. Außerdem hat Schmidt die wichtige Beobachtung gemacht, daß auch α -Teilchen mit wesentlich kleinerer Geschwindigkeit zertrümmernd wirken, als man auf Grund früherer Beobachtungen (in Cambridge) für möglich hielt. Daraus ergab sich die methodisch sehr wichtige Folgerung, daß man auch mit dem langsamere α -Teilchen abgebenden Polonium als Strahlungsquelle (eine Substanz, die frei ist von der die oben erwähnten Nebenerscheinungen hervorrufenden, durchdringenden Strahlung) Zertrümmerung verschiedener Atomarten bewirken kann.

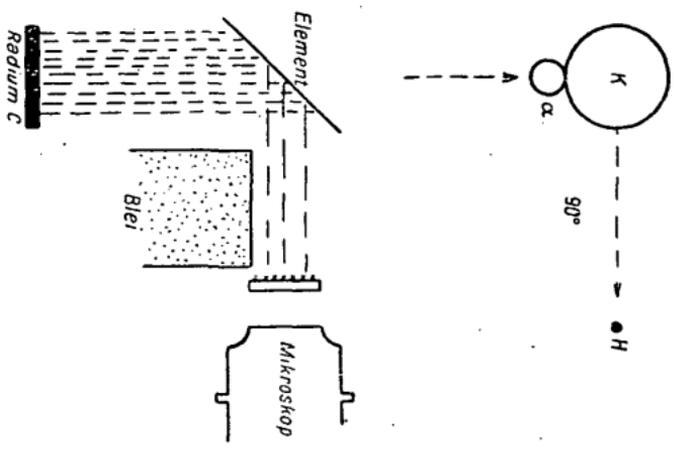
Die erwähnten Unterschiede zwischen den Resultaten in Cambridge und in Wien dürften größtenteils auf die Verschiedenheit der beiderseits verwendeten Methodik zurückzuführen sein. Vor allem haben die Wiener Forscher sich bemüht, die allerlangsamsten Atomfragmente, welche nach ihren Beobachtungen die zahlreichsten sind, die nach Meinung der Cambridger Schule aber nicht existieren sollen, erfassbar zu machen. Zu diesem Zweck haben sie die Methodik sukzessive verändert, um anstatt der nach vorwärts in der Richtung der α -Geschosse selbst weiterfliegenden Atomtrümmer die unter rechtem Winkel dazu oder sogar nach rückwärts ausfliegenden Atomtrümmer zu beobachten, da im letzteren Falle die Störungen seitens der Primärstrahlung viel geringer wird. (Fig. 2, Schematische Darstellung der Beobachtungsanordnung [unten], des Verlaufs vom zertrümmernden Kernstoß [oben].) Außerdem sind die in Wien für diese Beobachtungen verwendeten optischen Hilfsmittel, die Szintillationsmikroskope, viel lichtstärker als die, welche noch bis vor kurzem in Cambridge verwendet wurden. Unabhängig von noch bestehenden Differenzen haben die letzten Arbeitsjahre auf diesem Gebiete sowohl in Wien als in Cambridge die hier zuerst angekündigte Folgerung bestätigt, daß Zertrümmerbarkeit eine viel allgemeinere Eigenschaft der Materie ist, als man vor dem Anfang der Wiener Untersuchungen glaubte.

Um die nach der Szintillationsmethode gemachten Erfahrungen zu bestätigen, sind hier in Wien seit

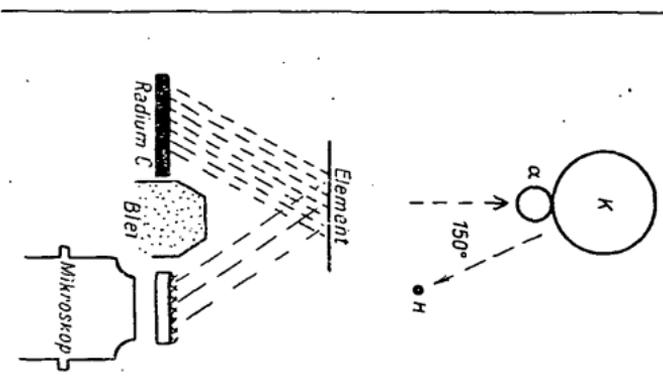
Fig. 2.



Direkte Methode (0°)



Rechtwinkelige Methode



Retrograde Methode (150°)

längerer Zeit Versuche im Gang gewesen, um die Atomzertrümmerung nach anderen, weniger subjektiven Methoden zu beobachten. So hat M. Blau die photographischen Bahnpuren der Atomtrümmer auf einem photographischen Film oder einer Platte als Reihen von reduzierten Bromsilberkörnern, die Flugbahn eines einzelnen H-Teilchens markierend, aufnehmen können und somit u. a. die Zertrümmerung des Kohlenstoffes bestätigt. Ein anderer Wiener, R. Holoubek, hat die berühmte Wilsonmethode für die Sichtbarmachung von Korpuskularstrahlen so abgeändert, daß sich auch Atomtrümmer in größerer Zahl damit sichtbar machen lassen. Es wird zu diesem Zwecke im Zentrum einer kleinen zylindrischen Kammer mit Glasdeckel und beweglichem Boden ein Bündel von α -Teilchen aus einem hochkonzentriertem Poloniumpräparat auf eine inmitten der Kammer befindliche Zielscheibe aus der zu zertrümmernden Substanz gerichtet. Nur die unter einem Winkel von etwa 90° zur Flugbahn der α -Teilchen austretenden Atomfragmente werden sichtbar gemacht, und zwar als Nebelstreifen, welche jede einzelne Flugbahn in der mit Wasserdampf übersättigten Luft in der Kammer markieren. Wie gewöhnlich bei der Wilsonmethode wird die Übersättigung mittels rascher Expansion der Luft in der Kammer bewirkt, und zwar erfolgt diese durch rhythmische Ab- und Aufwärtsbewegungen des Kammerbodens durch elektromotorischen Antrieb, so daß bei jeder Expansion eine bis mehrere radiell vom Zentrum auslaufende Nebelstreifen für einen von oben

durch den Glasdeckel hinabblickenden Beobachter sichtbar werden. Es ist so Herrn Holoubeck gelungen, aus Beryllium, Diamant, d. h. reinstem Kohlenstoff, Aluminium, Sauerstoff und Eisen deutliche Atomtrümmerbahnen zu erhalten und sogar photographisch aufzunehmen.

Um die H-Teilchen, welche außer aus zertrümmerten Atomen auch aus mit α -Teilen bombardiertem Paraffin, sogenannten „natürlichen“ H-Teilchen, ausfliegen, hörbar zu machen, haben zwei andere Wiener, G. Ortner und G. Stetter, eine zuerst von H. Geiger verwendete, später von H. Greinacher vervollkommnete elektrische Zählkammer weiter entwickelt, so daß nicht nur α -Teilchen, sondern auch H-Teilchen als distinkte und deutliche, voneinander unterscheidbare Knacke in einem Lautsprecher hörbar gemacht werden. Der Weg dazu liegt in der Vergrößerung des elektrischen Stromstoßes, welchen der Eintritt eines einzelnen Teilchens in die kleine Zählkammer hervorruft, auf etwa die milliardenfache Stärke mittels eines mehrstufigen Niederfrequenzverstärkers, einer Spezialkonstruktion der Wiener Firma Schrak. Das Annähern einer mit Spuren von Polonium „verseuchten“ Pinzette an die Kammermündung wird durch ein lautes Knattern bemerkbar, sobald die α -Teilchen in die Kammer gelangen, ein stärkeres Präparat ruft ein richtiges Trommelfeuer hervor, während eine Quelle von H-Teilchen aus Paraffin schwache, aber deutlich wahrnehmbare Knacke hervorruft. Für Untersuchungen über

Atomzertrümmerung wird die neue Methode an Stelle der ungleich mehr ermüdenden Scintillationszählung voraussichtlich gute Dienste leisten.

Um die Art der bei der Atomzertrümmerung herausfliegenden Trümmer zu untersuchen, hat Rutherford schon früh sie „im Flug gewogen“, indem er aus ihrer Ablenkung in starken magnetischen Feldern auf das Verhältnis zwischen ihrer Masse und ihrer Ladung schließen konnte. Das Ergebnis, das allerdings durch recht beträchtliche Versuchsfehler unsicher gemacht wurde, bestätigte seine Annahme, daß es sich um Wasserstoffteilchen handelt. Mittels einer kombinierten elektrischen und magnetischen Ablenkung hat G. Stetter in seinem Massenspektroskop ähnliche Messungen viel exakter ausführen können und somit das Verhältnis zwischen Masse und Ladung der Atomtrümmer aus Aluminium auf einige Prozent genau mit den für Wasserstoffkanalstrahlen gültigen übereinstimmend gefunden.¹ Früher hatte E. Kara-Michailova durch eine Photometrie der Szintillationen von Atomtrümmern aus Quarz (Silizium), deren Identität mit echten H-Teilchen höchst wahrscheinlich gemacht.

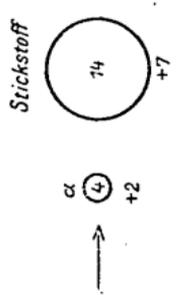
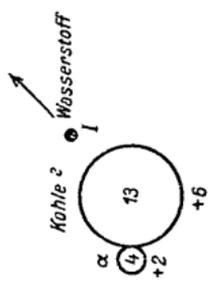
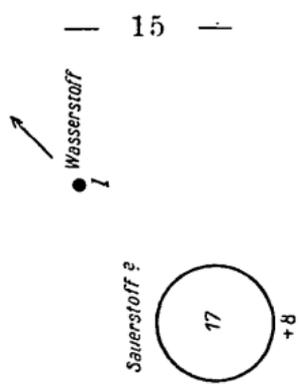
Unter anderen wichtigen Untersuchungen, die in den Wiener Instituten ausgeführt wurden, um die physikalischen Eigenschaften von H-Teilchen und somit

¹ Einige Wochen nach dem Vortrage ist es G. Stetter gelungen, auch für die Atomtrümmer aus Kohlenstoff, Bor und Eisen die Identität mit H-Teilchen massenspektroskopisch nachzuweisen.

auch von Atomtrümmern zu studieren, seien hier nur erwähnt die sehr sorgfältigen Messungen von E. Rona über das Bremsvermögen verschiedener Substanzen gegenüber H-Teilchen, ebenso wie eine von derselben Forscherin zusammen mit M. Blau durchgeführte Untersuchung über das Ionisationsvermögen von H-Teilchen aus Paraffin und von Atomtrümmern aus Aluminium.

Es ist bis jetzt nur von dem einen Produkt der Atomzertrümmerung, von dem wegfliegenden H-Teilchen, die Rede gewesen, das sich dank seiner hohen kinetischen Energie, wenn auch nicht ohne Schwierigkeiten, beobachten läßt. Über das Schicksal des zertrümmerten Atomkernes, oder wie ihn St. Meyer nennt, den „Atomkrüppel“, liegen kaum direkte Beobachtungen vor, da er wegen seiner viel geringeren Bewegungsenergie ungleich schwerer wahrnehmbar ist. Allerdings sprachen sowohl Beobachtungen wie Berechnungen seitens der Wiener Forscher schon früh dafür, daß der Restkern das anprallende α -Geschoß aufnimmt und somit einen neuen Atomkern von größerer Masse und höherer Kernzahl synthetisiert als der ursprüngliche Atomkern vor der Katastrophe besaß. So würde aus Stickstoffkern + α -Teilchen — H-Teilchen ein Gebilde von der Ladung + 8 und von der Masse 17 entstehen, d. h. ein Atom eines zurzeit unbekanntes Sauerstoffisotopes (Fig. 3.) In der Tat wurde diese Folgerung durch später aufgenommene Wilsonphotographien von der Zertrümmerung des Stickstoffkernes von Blackett experimentell bestätigt. Es scheint also nicht nur ein Abbau der Atomkerne

Fig. 3.



unter Wasserstoffabspaltung, sondern auch ein Aufbau unter Aufnahme eines auf den Kern auffallenden α -Teilchens möglich. Ob der Vorgang auch bei schwereren Atomarten so verläuft und die gebildeten Produkte sich auf spektroskopischem Wege nachweisen lassen, soll durch im Gang befindliche Versuche nachgeprüft werden.

Ihrem zunächst mehr qualitativen Charakter entsprechend eignen sich die bisher gewonnenen Resultate nicht für genauere Berechnungen über die Dimensionen der Atomkerne. Während die Beobachtungen in Cambridge einen Halbmesser des Aluminiumkernes von weniger als einem Billionstel Zentimeter ergeben, 0,0000000000008-Zentimeter, so findet Schmidt einen mehr als doppelt so hohen Wert, den er außerdem ausdrücklich als Minimalwert, durch künftige genauere Messungen sicher zu erhöhen, angibt. Jedenfalls müßte man ein Aluminiumatom auf die Dimensionen eines Vortragssaals vergrößert denken, damit sein Kern stecknadelkopfgroß erschiene! So winzig klein diese Gebilde auch sind, so beweisen die Versuche über ihre Zertrümmerung sowohl in Cambridge als in Wien, daß die Kräfte, die dabei ins Spiel treten, die gewaltigsten in der Natur sein müssen. Ein α -Teilchen, das einen Aluminiumkern zentral trifft, wird unmittelbar vor dem Zusammenstoß Kräften ausgesetzt, welche man zu mehreren Kilogramm berechnen kann. Falls die Energiemengen, die unter Umständen bei einer Aluminiumzertrümmerung freigemacht werden,

für eine größere Menge desselben Elementes auf einmal befreit werden könnten, so hätten wir in diesem harmlosen Metall ein Sprengmittel, hunderttausendmal kräftiger als irgendein hochbrisanter Explosivstoff. Ob wir Menschen jemals dazu kommen werden, diese enormen Energiemengen zu nützlichen oder zu verderblichen Zwecken uns verfügbar zu machen, ist zurzeit mehr als fraglich. Jedenfalls scheint der einzige Weg, dieses Ziel zu erreichen, über eine erweiterte Kenntnis des Verlaufs der Atomzertrümmerung zu gehen, wiewohl die Erfahrungen, welche die Menschheit in den letzten 13 Jahren gemacht hat, es als wenig wünschenswert erscheinen lassen, diesen Weg in zu schnellem Tempo zurückzulegen.

Nach dem Vortrag wurde von G. Stetter mittelst der von ihm und G. Ortner entwickelten elektrisch-akustischen Methode die ionisierende Wirkung einzelner α - und H-Teilchen als durch ihre verschiedene Stärke deutlich unterscheidbare Knacke in einem Lautsprecher demonstriert. Außerdem zeigte R. Holoubek in der von ihm umkonstruierten automatischen Wilsonkammer die Bahnen einzelner Atomtrümmer aus α bestrahltem Aluminium als Nebelstreifen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1927

Band/Volume: [67](#)

Autor(en)/Author(s): Pettersson Hans

Artikel/Article: [Neue Wege zur Erforschung der Atomkerne. 1-17](#)