

Messung starker Poloniumpräparate durch den Ladungstransport der emittierten α -Partikeln

Von

Gustav Ortner

(Mit 2 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. März 1929)

Die Messung starker Poloniumpräparate durch den Ionisationsstrom enthält eine beträchtliche Schwierigkeit, insofern bei den praktisch verwendbaren Kondensatorspannungen der Sättigungsstrom nicht erreicht, sondern nur extrapolatorisch bestimmt werden kann. Diesbezüglich wurden eingehende Untersuchungen für den Plattenkondensator von H. Fonovits¹ durchgeführt und Sättigungskurven mit Sattwerten bis 2400 el.-st. Einheiten angegeben. Für stärkere Präparate bis zu 20.000 el.-st. Einheiten, wie sie neuerdings im Radiuminstitut in Wien von E. Rona und E. A. W. Schmidt² hergestellt wurden, ist die Messung im Plattenkondensator von E. Kara-Michailowa durch Summation bekannter schwächerer Präparate in brauchbarer Weise erweitert worden. Es war von Interesse, diese Ionisationsmessungen der starken Präparate nach einer anderen Methode zu prüfen, und es wurde in dieser Absicht die von α -Partikeln selbst mitgeführte Ladung gemessen.

Diese Methode wurde zuerst von E. Rutherford,³ dann von E. Rutherford und H. Geiger⁴ und von J. Danysz und H. Duane⁵ zur Bestimmung der Zahl von α -Partikeln aus 1 g Radium angewendet. In letzter Zeit haben in derselben Weise einerseits H. Jedrzejowski,⁶ andererseits H. J. J. Braddick und H. M. Cave⁷ diese Zahl bestimmt. Insbesondere die Arbeiten der letztgenannten Autoren machen Anspruch auf große Genauigkeit (Fehler zirka $\pm 1\%$). Nichtsdestoweniger unterscheiden sich ihre Resultate voneinander um etwa 7%. Es ist aus dem Text der beiden Arbeiten nicht möglich, den Grund dieser Diskrepanz, die weit außerhalb der angegebenen Fehlergrenzen liegt, aufzufinden,

¹ H. Fonovits, Mitt. d. Ra-Inst. Nr. 117 dieser Sitz.-Ber., 128, 761, 1919.

² E. Rona und E. A. W. Schmidt, Mitt. d. Ra-Inst. Nr. 214 dieser Sitz.-Ber., 137, 103, 1928.

³ E. Rutherford, Phil. Mag. (6), 10, 193, 1905.

⁴ E. Rutherford und H. Geiger, Proc. Roy. Soc. London, A, 81, 162, 1908.

⁵ J. Danysz und H. Duane, C. R., 155, 500, 1912.

⁶ H. Jedrzejowski, Thésés. Paris, 1927.

⁷ H. J. J. Braddick und H. M. Cave, Proc. of Roy. Soc., A, 121, 367, 1928.

da sich sowohl der Aufladeapparat als auch die Details der Meßmethodik der Beschreibung nach voneinander nur in vermutlich unwesentlichen Punkten unterscheiden.

Für die Ladungsmessung kann man von vornherein zwei Wege einschlagen. Entweder man mißt das Potential des Präparates, das Ladung abgibt, selbst oder die Aufladung einer der Strahlungsquelle gegenübergestellten Elektrode, die von einer bekannten Zahl von α -Teilchen getroffen wird.

Es muß in jedem Falle dafür gesorgt werden, daß die die α -Strahlen begleitenden δ -Strahlen und die Sekundärstrahlung, die an den Gefäßwänden und in den Gasresten des Apparates durch die α -Strahlen erzeugt werden, den mit dem Elektrometer verbundenen Teil der Apparatur nicht treffen, beziehungsweise durch eine Ladung von entgegengesetztem Vorzeichen kompensiert werden, oder wenn sie in diesem letzteren selbst ausgelöst werden, auf ihn zurückkehren müssen. Das kann nur durch ein Magnetfeld erreicht werden, da durch ein elektrisches Feld, welchen Vorzeichens immer, natürlich immer ein Ladungstransport durch δ -Strahlen zur Elektrometerelektrode, beziehungsweise von dieser weg auftritt. Die Stärke des Magnetfeldes muß je nach der zu messenden Substanz gewählt werden. Für RaD- und RaE-freies Polonium, in dem also nur die im allgemeinen langsamen δ -Strahlen (zirka 40 Volt/cm maximal) vorkommen können, würde schon ein ganz schwaches Magnetfeld genügen. Man wird es aber je nach den Apparatdimensionen doch um ein Vielfaches größer wählen, damit der Krümmungsradius der Elektronenbahn möglichst klein wird. Die Notwendigkeit eines Magnetfeldes legt die Art der Anordnung bereits in den wesentlichen Punkten fest. Um den Einfluß des Magnetfeldes auf die δ -Strahlen quantitativ übersehen zu können und nicht durch unabgelenkte δ -Strahlen gestört zu werden, muß ein verhältnismäßig schmales Bündel von α -Strahlen ausgeblendet werden. In der vorliegenden Arbeit war der Öffnungswinkel etwa 25° . Das Magnetfeld ist senkrecht zur Achse des Bündels gerichtet. Die Entfernung Strahlungsquelle—Blende war 7 bis 11 mm, die Blendenöffnung selbst 3 bis 4 mm. (Es wurden verschiedene Entfernungen und Blendenöffnungen verwendet.) Die Strahlungsquellen waren kreisrunde Scheibchen von 3·5 bis 4 mm Durchmesser, auf denen Polonium im Destillationsverfahren niedergeschlagen war. Die mit dem Elektrometer verbundene Auffangelektrode war ein zur Strahlungsquelle offenes zylindrisches Körbchen: Die Form wurde gewählt, um auch hier zu verhindern, daß an den Wänden des Körbchens ausgelöste Sekundärstrahlen dieses verlassen können. Infolge des zur Verfügung stehenden verhältnismäßig schmalen Magnetfeldes mußten die oben angegebenen Dimensionen klein gewählt werden. Bei den Versuchen war die Blendenöffnung stets mit dünner Aluminiumfolie bedeckt, um die Rückstoßatome und auch größere weggeschleuderte Aggregate der Strahlungsquelle von der Auffangelektrode fernzuhalten. Die Evakuierung geschah entweder

durch eine Diffusionspumpe oder mit in flüssiger Luft gekühlter Kokosnußkohle. Das letztere wurde meist vorgezogen, da das erreichte Vakuum von 10^{-4} bis $5 \cdot 10^{-5}$ *mm* Hg-Druck ausreichend war. Die Ladung wurde mit einem Wulf-Einfadenelektrometer und Ladungskompensation mit Hilfe eines Gerdien'schen Kondensators gemessen. Man schließt bei dieser Art zu messen den natürlichen Abfall des Elektrometers weitgehend aus.

Es war natürlich von Interesse, die Abhängigkeit der Ladungsmessung vom Druck zu untersuchen, und es zeigte sich dabei, daß bei geerdetem Präparatträger der Wert der Ladung vom Druck weitgehend unabhängig war; es konnte selbst bei so hohen Drucken wie 0.01 *mm* Hg noch derselbe Ladungswert wie bei den niedrigsten Drucken gemessen werden. Gleichwohl kamen auch manchmal größere Schwankungen vor, und zwar stets nach der Richtung einer zusätzlichen negativen Aufladung. Diese verhältnismäßig große Unempfindlichkeit gegen Druckänderungen dürfte so erklärt werden können, daß zwar eine Druckerhöhung eine verstärkte Ionisation zur Folge hat und daher auch mehr Sekundärstrahlen aus dem Gas in der Auffangelektrode durch das Magnetfeld an die Wände derselben transportiert werden. Da der allergrößte Teil der dabei entstehenden positiven Ionen keine die thermische übersteigende Geschwindigkeit hat, so werden auch diese, soweit sie im Auffangzylinder entstehen, durch das Magnetfeld an die Wände derselben getrieben und kompensieren so die durch die Elektronen erzeugte negative Zusatzladung zu Null. Sobald der Druck so weit gestiegen ist, daß die mittlere freie Weglänge der positiven Ionen innerhalb der Gefäßdimensionen liegt, was tatsächlich ungefähr bei dem oben angegebenen Druck eintritt, wird natürlich die Aufladung durch die δ -Strahlen aus der Luft überwiegen, d. h. der Wert der durch die α -Strahlen bewirkten positiven Aufladung abnehmen.

Bei Anlegen einer konstanten positiven Spannung an den Präparatträger nahm die positive Aufladung der Auffangelektrode mit steigendem Druck merklich vollkommen linear zu. Der Druck wurde dabei in dem Bereich von 10^{-4} *mm* bis etwa 10^{-1} *mm* Hg variiert. Bei den verwendeten magnetischen Feldstärken zwischen 1000 und 2500 Gauß war der Ladungstransport bei geerdetem Präparatträger von der Feldstärke unabhängig.

Wenn auch die Güte des Vakuums in gewissen Grenzen für die Größe der Aufladung ohne erhebliche Bedeutung ist, so wurde doch vorgezogen, bei einem möglichst hohen Vakuum von mindestens 10^{-4} *mm* (mit einem Mac-Leod-Manometer festgestellt) die Messungen durchzuführen. Eine weitere Möglichkeit, das Vakuum im Apparat unmittelbar zu prüfen, ist die Messung der durch die α -Teilchen bewirkten Ionisierung der Gasreste durch Anlegen einer positiven oder negativen Spannung an den Präparatträger, wobei man bei einem schlechteren Vakuum eine mehr oder minder große zusätzliche positive oder negative Aufladung je nach dem Vorzeichen der angelegten Spannung mißt. Es würde bei dieser

da sich sowohl der Aufladeapparat als auch die Details der Meßmethodik der Beschreibung nach voneinander nur in vermutlich unwesentlichen Punkten unterscheiden.

Für die Ladungsmessung kann man von vornherein zwei Wege einschlagen. Entweder man mißt das Potential des Präparates, das Ladung abgibt, selbst oder die Aufladung einer der Strahlungsquelle gegenübergestellten Elektrode, die von einer bekannten Zahl von α -Teilchen getroffen wird.

Es muß in jedem Falle dafür gesorgt werden, daß die die α -Strahlen begleitenden δ -Strahlen und die Sekundärstrahlung, die an den Gefäßwänden und in den Gasresten des Apparates durch die α -Strahlen erzeugt werden, den mit dem Elektrometer verbundenen Teil der Apparatur nicht treffen, beziehungsweise durch eine Ladung von entgegengesetztem Vorzeichen kompensiert werden, oder wenn sie in diesem letzteren selbst ausgelöst werden, auf ihn zurückkehren müssen. Das kann nur durch ein Magnetfeld erreicht werden, da durch ein elektrisches Feld, welchen Vorzeichens immer, natürlich immer ein Ladungstransport durch δ -Strahlen zur Elektrometer-Elektrode, beziehungsweise von dieser weg auftritt. Die Stärke des Magnetfeldes muß je nach der zu messenden Substanz gewählt werden. Für RaD- und RaE-freies Polonium, in dem also nur die im allgemeinen langsamen δ -Strahlen (zirka 40 Volt/cm maximal) vorkommen können, würde schon ein ganz schwaches Magnetfeld genügen. Man wird es aber je nach den Apparatdimensionen doch um ein Vielfaches größer wählen, damit der Krümmungsradius der Elektronenbahn möglichst klein wird. Die Notwendigkeit eines Magnetfeldes legt die Art der Anordnung bereits in den wesentlichen Punkten fest. Um den Einfluß des Magnetfeldes auf die δ -Strahlen quantitativ übersehen zu können und nicht durch unabgelenkte δ -Strahlen gestört zu werden, muß ein verhältnismäßig schmales Bündel von α -Strahlen ausgeblendet werden. In der vorliegenden Arbeit war der Öffnungswinkel etwa 25° . Das Magnetfeld ist senkrecht zur Achse des Bündels gerichtet. Die Entfernung Strahlungsquelle—Blende war 7 bis 11 mm, die Blendenöffnung selbst 3 bis 4 mm. (Es wurden verschiedene Entfernungen und Blendenöffnungen verwendet.) Die Strahlungsquellen waren kreisrunde Scheibchen von 3·5 bis 4 mm Durchmesser, auf denen Polonium im Destillationsverfahren niedergeschlagen war. Die mit dem Elektrometer verbundene Auffangelektrode war ein zur Strahlungsquelle offenes zylindrisches Körbchen: Die Form wurde gewählt, um auch hier zu verhindern, daß an den Wänden des Körbchens ausgelöste Sekundärstrahlen dieses verlassen können. Infolge des zur Verfügung stehenden verhältnismäßig schmalen Magnetfeldes mußten die oben angegebenen Dimensionen klein gewählt werden. Bei den Versuchen war die Blendenöffnung stets mit dünner Aluminiumfolie bedeckt, um die Rückstoßatome und auch größere weggeschleuderte Aggregate der Strahlungsquelle von der Auffangelektrode fernzuhalten. Die Evakuierung geschah entweder

durch eine Diffusionspumpe oder mit in flüssiger Luft gekühlter Kokosnußkohle. Das letztere wurde meist vorgezogen, da das erreichte Vakuum von 10^{-4} bis $5 \cdot 10^{-5}$ *mm* Hg-Druck ausreichend war. Die Ladung wurde mit einem Wulf-Einfadenelektrometer und Ladungskompensation mit Hilfe eines Gerdien'schen Kondensators gemessen. Man schließt bei dieser Art zu messen den natürlichen Abfall des Elektrometers weitgehend aus.

Es war natürlich von Interesse, die Abhängigkeit der Ladungsmessung vom Druck zu untersuchen, und es zeigte sich dabei, daß bei geerdetem Präparatträger der Wert der Ladung vom Druck weitgehend unabhängig war; es konnte selbst bei so hohen Drucken wie 0.01 *mm* Hg noch derselbe Ladungswert wie bei den niedrigsten Drucken gemessen werden. Gleichwohl kamen auch manchmal größere Schwankungen vor, und zwar stets nach der Richtung einer zusätzlichen negativen Aufladung. Diese verhältnismäßig große Unempfindlichkeit gegen Druckänderungen dürfte so erklärt werden können, daß zwar eine Druckerhöhung eine verstärkte Ionisation zur Folge hat und daher auch mehr Sekundärstrahlen aus dem Gas in der Auffangelektrode durch das Magnetfeld an die Wände derselben transportiert werden. Da der allergrößte Teil der dabei entstehenden positiven Ionen keine die thermische übersteigende Geschwindigkeit hat, so werden auch diese, soweit sie im Auffangzylinder entstehen, durch das Magnetfeld an die Wände derselben getrieben und kompensieren so die durch die Elektronen erzeugte negative Zusatzladung zu Null. Sobald der Druck so weit gestiegen ist, daß die mittlere freie Weglänge der positiven Ionen innerhalb der Gefäßdimensionen liegt, was tatsächlich ungefähr bei dem oben angegebenen Druck eintritt, wird natürlich die Aufladung durch die δ -Strahlen aus der Luft überwiegen, d. h. der Wert der durch die α -Strahlen bewirkten positiven Aufladung abnehmen.

Bei Anlegen einer konstanten positiven Spannung an den Präparatträger nahm die positive Aufladung der Auffangelektrode mit steigendem Druck merklich vollkommen linear zu. Der Druck wurde dabei in dem Bereich von 10^{-4} *mm* bis etwa 10^{-1} *mm* Hg variiert. Bei den verwendeten magnetischen Feldstärken zwischen 1000 und 2500 Gauß war der Ladungstransport bei geerdetem Präparatträger von der Feldstärke unabhängig.

Wenn auch die Güte des Vakuums in gewissen Grenzen für die Größe der Aufladung ohne erhebliche Bedeutung ist, so wurde doch vorgezogen, bei einem möglichst hohen Vakuum von mindestens 10^{-4} *mm* (mit einem Mac-Leod-Manometer festgestellt) die Messungen durchzuführen. Eine weitere Möglichkeit, das Vakuum im Apparat unmittelbar zu prüfen, ist die Messung der durch die α -Teilchen bewirkten Ionisierung der Gasreste durch Anlegen einer positiven oder negativen Spannung an den Präparatträger, wobei man bei einem schlechteren Vakuum eine mehr oder minder große zusätzliche positive oder negative Aufladung je nach dem Vorzeichen der angelegten Spannung mißt. Es wurde bei dieser

vorliegenden Druckbereich Sättigung erreicht ist.) Die positiven Ionen im Auffangzylinder selbst, die auch ohne elektrisches Feld an die Zylinderwände getrieben werden, werden durch Stoßionisation auch vermehrt; diese Vermehrung dürfte aber durch die gleichzeitig entstehenden Elektronen, wenigstens bei einer genügend großen magnetischen Feldstärke, bei den hier vorkommenden elektrischen Feldern bis ± 430 Volt kompensiert werden. Bei negativer Spannung werden die positiven Ionen außerhalb des Zylinders an den Präparatträger transportiert, ohne auf den Wert der Aufladung einen Einfluß zu haben. Die positiven Ionen im Zylinder werden herausgezogen und auf dem Wege zum Präparatträger gleichfalls durch Stoßionisation vermehrt. Dieser Vorgang muß insofern eine zusätzliche negative Aufladung des Auffangzylinders zur Folge haben, als erstens die ohne elektrisches Feld vorhandene Kompensation der Elektronen aus dem Gas in dem Auffangzylinder zerstört wird und zweitens die durch die Stoßionisation entstehenden neuen Elektronen die Zylinderwände treffen (infolge des Magnetfeldes). Nun ist aber nach der Gestalt und Anordnung der Elektroden zu erwarten, daß bei gleichem Absolutwert der Spannung die Stoßionisation bei positiver Spannung am Präparatträger über die bei negativer merklich überwiegt, was sich dann in der Asymmetrie der beiden Kurven ausdrückt. Es scheint aus dem nahezu parallelen Verlauf der Kurve negativer Spannung hervorzugehen, daß die Stoßionisation im Zylinder bei negativer Spannung in dem betrachteten Bereich unbedeutend ist und daß im wesentlichen nur die darin befindlichen Primärionen abtransportiert werden. Bei abnehmendem elektrischem Feld muß sich in der Nähe der Spannung Null auch für positive Ionen das Magnetfeld bis zu einem gewissen Grade bemerkbar machen und zum Abfall der Kurven gegen die Spannung Null beitragen, abgesehen von der verminderten Stoßionisation. Bei einem schwächeren Magnetfeld wurde eine Vergrößerung sowohl der zusätzlichen positiven als auch der negativen Aufladung festgestellt, was vermutlich seinen Grund in einer durch die im allgemeinen größere Weglänge der Elektronen verursachte Vergrößerung der Stoßionisation hat.

Aus der Asymmetrie der Werte bei Spannungen entgegengesetzten Vorzeichens ergibt sich, daß es falsch wäre, den Wert der Aufladung ohne Spannung als Mittel zwischen den bei gleichen Spannungen entgegengesetzten Vorzeichens zu berechnen; man mißt außerdem bei angelegter Spannung offenbar einen wesentlich größeren Ionisationsstrom als er ohne Spannung normalerweise vorhanden ist.

Es wurde eine Anzahl von Poloniumpräparaten gemessen, aus der zwei Beispiele wiedergegeben werden mögen.

Die Meßresultate mit einer mittelstarken Poloniumquelle sind in Fig. 2 dargestellt. Die Abweichungen der Messungen voneinander liegen innerhalb der Fehlergrenzen. Man sieht, daß zwischen dem 21. und 24. Jänner das Präparat einen abnormalen Abfall seiner

Aktivität aufweist (der Grund ist ungeklärt). Diese abnormale Verminderung der Aktivität wurde übereinstimmend durch die Ladungs- und Galvanometermessung festgestellt.

Ein stärkeres Präparat ergab innerhalb der Fehlergrenzen gleichfalls eine befriedigende Übereinstimmung mit der Ionisationsmessung. Der Vorgang bei der Messung war folgender: Die durch die α -Partikel erzeugte Aufladung des Elektrometers wurde über den Gerdien'schen Kondensator mit dem Influenzierungskoeffizienten 203 möglichst kontinuierlich durch eine wachsende Gegenladung kompensiert. Die dem Kondensator aufgedrückte Spannung war dabei der Zeit merklich proportional. Es ergab sich z. B. für eine Aufladezeit von $36 \cdot 8$ sec. mit weniger als $0 \cdot 5\%$ Schwankung der Wert der zur Kompensation notwendigen Gegenspannung zu $-0 \cdot 321$ Volt.

Ausgezogene Kurve: theoretischer Abfall

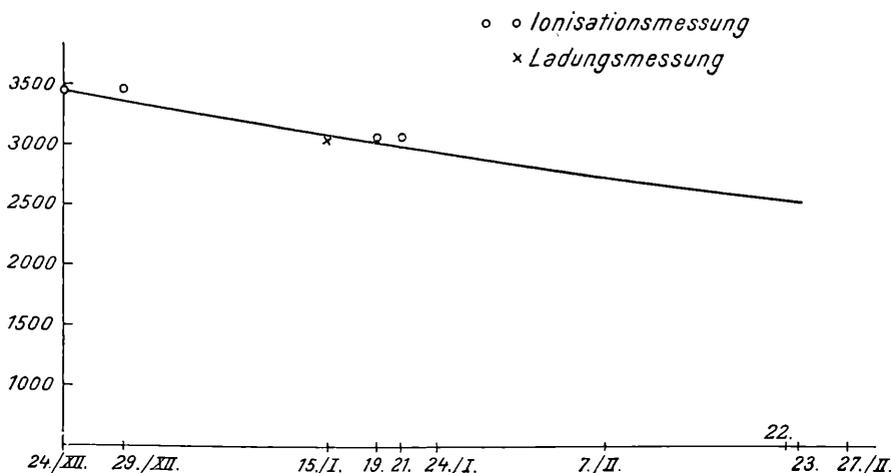


Fig.

Die geometrische Ausbeute infolge der Ausblendung des Strahlenbündels war $0 \cdot 0174$ der allseitigen Strahlung. Nimmt man für die Zahl der α -Partikel, die von 1 el.-st. Einheit Polonium allseitig emittiert werden, $2 \cdot 8 \cdot 10^4$ an, so ergibt sich als Mittel für mehrere Aufladezeiten ein Wert der Präparatstärke 13000 est. Einheiten. Die Ionisationsmessung ergab 13600 est. Einheiten. Leider konnten stärkere Präparate wegen ihrer Seltenheit nur in geringer Zahl gemessen werden, wobei sich allerdings bisher kein systematischer Unterschied zwischen Ladungs- und Galvanometermessung ergab. Die Fehlergrenzen sind für jede der beiden Methoden durchschnittlich etwa $\pm 3\%$ im Maximum.

Eines der gemessenen Präparate erfuhr unbeabsichtigt eine Temperaturerhöhung unbekanntes Grades; während die nachfolgende Galvanometermessung einen um 6% niedrigeren Wert ergab, war

an der Ladungsmessung kein abnormaler Abfall zu merken. Hier muß man eine geringe Eindringung der Aktivität in die Unterlage oder, was vielleicht wahrscheinlicher ist, eine Oberflächenveränderung durch Oxydation oder dergleichen annehmen.

Der Vergleich zwischen den Galvanometermessungen und den Ladungsmessungen ist nicht hinreichend genau, um die Zahl der α -Partikeln aus Polonium mit der erforderlichen Präzision neu zu bestimmen. Doch hoffen wir, diesen Vergleich mit schwächeren Präparaten unter ständiger gleichzeitiger galvanometrischer und Ladungsmessung während des Abfalls durchführen zu können.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Frä. Dr. Kara-Michailowa für die Überlassung ihrer Resultate aus den Galvanometermessungen auch an dieser Stelle zu danken.

Zusammenfassung.

Aus der Messung der Ladung einer bekannten Zahl von α -Partikeln aus Poloniumpräparaten wird die Größe ihrer Aktivität bestimmt. Dabei ist insbesondere beabsichtigt und bereits in einigen Fällen durchgeführt die Messung von besonders starken Präparaten (zwischen 10.000 und 20.000 est. Einheiten Stromäquivalent), bei denen die Ionisationsmessung wegen auch nicht annähernd erreichter Sättigung nicht den gleichen Grad von Zuverlässigkeit hat wie bei schwächeren Präparaten. Die bisherigen Messungen, die nur auf eine kleine Zahl von Präparaten ausgedehnt werden konnten (wegen der Seltenheit sehr starker Präparate), scheinen keinen systematischen Unterschied zwischen Ladungs- und Ionisationsmessung zu ergeben, wenn keine Oberflächenstörungen auftreten.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1929

Band/Volume: [138_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Ortner Gustav

Artikel/Article: [Mitteilungen des Institutes für Radiumforschung Nr. 229. Messung starker Poloniumpräparate durch den Ladungstransport der emittierten \$\alpha\$ -Partikeln 117-123](#)