

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Die Bildung der Erdalkaliperoxyde

Engler, Carl

Heidelberg, 1910

Über die Abhängigkeit der Kathodenstrahlabsorption von der
Strahlgeschwindigkeit

[urn:nbn:de:bsz:31-289891](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-289891)

Sitzungsberichte
der Heidelberger Akademie der Wissenschaften
Stiftung Heinrich Lanz
Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse

=====
Jahrgang 1910. 19. Abhandlung.
=====

Über die Abhängigkeit der Kathoden- strahlabsorption von der Strahl- geschwindigkeit

von

regul
A. BECKER

(Aus dem Radiologischen Institut der Universität Heidelberg)

Eingegangen am 2. Juli 1910

Vorgelegt von P. Lenard



Heidelberg 1910

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung

Verlags-Nr. 474.

Veröffentlichung
der Heilbronnischen Anstalt der Wissenschaften
Heilbronn, 1870

Über die Anfänglichkeit der Kathoden-
strahlbildung von der Statistik
geschichtlich

A. BECKER

Verlag von F. Beckh
Heilbronn



Heilbronn 1870
Carl Winter's Buchhandlung

Nachdem schon im Jahre 1903 durch die umfassenden Arbeiten des Herrn LENARD¹⁾ ein erster Überblick über den Gang der Kathodenstrahlabsorption mit der Geschwindigkeit gegeben war, sind in neuerer Zeit vielfach Versuche einer Vermehrung des den Gegenstand betreffenden Beobachtungsmaterials bekannt geworden.

1. Durch den Ausbau der Untersuchungen radioaktiver Vorgänge haben namentlich die Absorptionsverhältnisse im Gebiete sehr schneller Kathodenstrahlen, als welche wir seit den Untersuchungen von H. BECQUEREL²⁾, P. u. M. CURIE³⁾ und DORN⁴⁾ die β -Strahlen radioaktiver Substanzen zu betrachten haben, ausgedehnte Bearbeitung erfahren, deren Ergebnisse bisher allerdings in vielen Punkten weniger eine Vertiefung als vielmehr eine Bestätigung der durch das ältere Studium der in Entladungsröhren erzeugten Strahlen gewonnenen Kenntnis vom Verhalten der Materie den Strahlen gegenüber gebracht haben. So findet sich neben der Feststellung, daß einheitliche β -Strahlen nach einem einfachen Exponentialgesetz absorbiert werden, der Nachweis, daß für alle untersuchten β -Strahlen das Verhältnis zwischen Absorptionsvermögen und Dichte konstant ist in etwa derselben Annäherung wie bei den durch Entladungen erzeugten Kathodenstrahlen. Die Frage nach der Abhängigkeit der Absorption von der Strahlgeschwindigkeit kann sich danach in beiden Fällen in erster Annäherung auf die Betrachtung der auf die Masseneinheit bezogenen Absorptionsgröße beschränken. Zu dieser Frage vermögen einen quantitativen Beitrag nur diejenigen Beobachtungen direkt zu erbringen, die sich auf β -Strahlen bekannter Geschwindigkeit beziehen. Solche Strahlen liegen bisher

¹⁾ P. LENARD, *Sitzungsber. d. Berl. Akad.* 12. Jan. 1893; *Wied. Ann.*, 51, p. 227, 1894; *Wied. Ann.*, 56, p. 255, 1895; *Ann. d. Phys.*, 12, p. 714, 1903.

²⁾ H. BECQUEREL, *C. R.*, 130, p. 206, 372, 809. 1900.

³⁾ P. u. M. CURIE, *C. R.*, 130, p. 73 u. 647. 1900.

⁴⁾ E. DORN, *Abh. d. Naturf. Ges. Halle*, 22. 1900.

nur vor in den β -Strahlen des Uran-X und des Radium-E⁵⁾, für deren Geschwindigkeit Herr H. W. SCHMIDT⁶⁾ aus Messungen der magnetischen Ablenkbarkeit ($H\rho = 4114$ bzw. 2178) und mit Benutzung des aus der LORENTZ'schen Theorie und dem von Herrn BUCHERER⁷⁾ bestimmten Wert $\frac{e}{m_0} = 1.730 \times 10^7$ sich ergebenden Verhältnis für Ladung und Masse der Strahlteilchen die Werte 2.76×10^{10} bzw. 2.31×10^{10} cm/sec abgeleitet hat.

Die Absorption der β -Strahlung des Ur-X ist zuerst von Herrn RUTHERFORD⁸⁾ für eine größere Reihe von Substanzen bestimmt worden. Als Mittelwert des auf die Masseneinheit bezogenen Absorptionskoeffizienten findet sich $\frac{\alpha}{D} = 7.5 \text{ g}^{-1} \text{ cm}^2$. Hiermit ist in völliger Übereinstimmung der in einer folgenden Arbeit von Herrn CROWTHER⁹⁾ zu 7.55 gefundene Mittelwert aus Bestimmungen an 30 Substanzen, und zu ganz ähnlichen Werten — 7.92 $\text{g}^{-1} \text{ cm}^2$ als Mittel von 14 zwischen 5.66 und 9.68 schwankenden Einzelbestimmungen vom Jahre 1907 und 6.24 $\text{g}^{-1} \text{ cm}^2$ aus wiederholten Messungen vom Jahre 1909 — gelangt Herr SCHMIDT¹⁰⁾ unter Verwendung intensiver Ur-X-Präparate. Die von Herrn SCHMIDT¹⁰⁾ ausgeführten Messungen an den Strahlen des Ra-E führen dagegen, der kleineren Geschwindigkeit dieser Strahlen entsprechend, zu dem wesentlich größeren Mittelwert $\frac{\alpha}{D} = 20.0 \text{ g}^{-1} \text{ cm}^2$. Bei allen genannten Untersuchungen dient die in Luft erregte Leitfähigkeit als Maß der Strahlungsintensität, und die angegebenen Absorptionswerte dürften, sofern sie aus Messungen an größeren Schichtdicken abgeleitet sind, kaum wesentlich durch Reflexionen der Strahlen beeinflusst sein; die Anbringung besonderer, der Reflexion Rechnung tragender Korrektur an den mitgeteilten Zahlen dürfte jedenfalls bei der bis jetzt noch vorhandenen geringen Kenntnis der quantitativen Ver-

⁵⁾ Und zwar des von den Herren S. MEYER und v. SCHWEIDLER (*Wien. Anz.* 1906, S. 274) mit Ra-E₂ bezeichneten Bestandteils des komplexen Ra-E, dessen anderer Bestandteil Ra-E₁ strahlenlos zu sein scheint.

⁶⁾ H. W. SCHMIDT, *Phys. ZS.*, 8, p. 361, 1907, und 10, p. 6. 1909.

⁷⁾ A. H. BUCHERER, *Verh. d. deutsch. phys. Ges.*, 10, p. 688. 1908.

⁸⁾ E. RUTHERFORD, *Radioactivity*, p. 114, 1904, und E. RUTHERFORD u. S. G. GRIER, *Phil. Mag.* (6), 4, p. 315. 1902.

⁹⁾ J. A. CROWTHER, *Phil. Mag.* (6), 12, p. 379. 1906.

¹⁰⁾ H. W. SCHMIDT, *Ann. d. Phys.*, 23, p. 671, 1907, und *Phys. ZS.*, 10, p. 929. 1909.

hältnisse der Reflexion der sehr schnellen Kathodenstrahlen kaum zu besseren Ergebnissen führen.

Außer dem Ra-E senden von den Zerfallsprodukten der Radiumreihe das Ra-B und Ra-C, die zusammen mit dem Ra-A den induzierten Niederschlag von schneller Umwandlung bilden, intensive β -Strahlen aus. Dieselbe scheint beim Ra-B aus drei Komponenten zu bestehen, deren auf die Masseneinheit bezogene Absorptionskoeffizienten nach Messungen von Herrn SCHMIDT¹¹⁾ an Aluminium die Werte 330, 29'6 und 4'85 $\text{g}^{-1} \text{cm}^2$ besitzen, beim Ra-C aus zwei Komponenten, für welche sich nach den gleichen Messungen $\frac{\alpha}{D} = 19'6$ und 4'85 $\text{g}^{-1} \text{cm}^2$ findet.¹²⁾

Aus diesen Strahlensorten setzt sich bei nicht zu alten Radiumpräparaten, bei denen die aktiven Produkte von langsamer Umwandlung des außerordentlich langsamen Zerfalls des Ra-D wegen noch nicht merklich gebildet sind, die gesamte beobachtbare β -Strahlung zusammen, und es ist danach anzunehmen, daß die mindest absorbierbare β -Strahlung solcher Präparate mit der durch den Absorptionswert $\frac{\alpha}{D} = 4'85$ charakterisierten Strahlung des Ra-C (und des Ra-B?) identisch ist, für deren Geschwindigkeit der größte von Herrn KAUFMANN¹³⁾ für die Strahlen eines Radiumpräparats gefundene Wert $2'83 \times 10^{10}$ cm/sec ein Maß sein könnte. Die nahe Übereinstimmung der alten Ergebnisse der von Herrn STRUTT¹⁴⁾ und von Herrn LENARD¹⁵⁾ für die stark durchdringende β -Strahlung eines Radiumpräparats ausgeführten Absorptionsmessungen — die für $\frac{\alpha}{D}$ im Mittel 5'30 bzw. 5'0 $\text{g}^{-1} \text{cm}^2$ liefern — mit dem obigen Wert für Ra-C und der Vergleich dieser Werte mit den für die Strahlen des Ur-X gefundenen Daten läßt beide Vorstellungen wohl als berechtigt erscheinen.

Eine besondere Bedeutung besitzen diese letzteren Messungen dadurch, daß sie sich auf die größten Geschwindigkeiten beziehen, für welche bis jetzt die Absorption in der Materie hat

¹¹⁾ H. W. SCHMIDT, *Ann. d. Phys.*, 21, p. 609. 1906.

¹²⁾ Das zweimalige Vorkommen der kleineren Zahl ist hierbei sehr auffällig; es wird sich hier wohl entweder um nur sehr nahe gleichschnelle oder um völlig identische — auch bezüglich der Herkunft — Strahlen handeln.

¹³⁾ W. KAUFMANN, *Nachr. d. Kgl. Ges. d. Wiss. Göttingen*, 8. Novbr. 1901.

¹⁴⁾ R. J. STRUTT, *Nature*, 61, p. 539. 1900.

¹⁵⁾ P. LENARD, *Ann. d. Phys.*, 12, p. 732. 1903.

verfolgt werden können. Während den meisten der an anderen radioaktiven Substanzen studierten β -Strahlarten merklich größere Absorption, entsprechend kleinerer Strahlgeschwindigkeit, zukommt — so findet sich für die β -Strahlen des Aktiniums $\frac{\alpha}{D} = 13.4^{16)}$ bzw. $13.7^{17)}$ $g^{-1} cm^2$, für diejenigen des Thorium-A $\frac{\alpha}{D} = 51.8^{18)}$ $g^{-1} cm^2$ — scheint nur die Strahlung von Th·B + C, für welche $\frac{\alpha}{D} = 5.8$ ist¹⁸⁾, eine besonders große Geschwindigkeit zu besitzen. Von besonderem Interesse wäre jedenfalls ein Vordringen zu größeren, dem Werte 3×10^{10} cm/sec möglichst nahekommenden Geschwindigkeiten. Während die bisher an den einzelnen isolierten Zerfallsprodukten des Radiums ausgeführten Untersuchungen, namentlich soweit sie sich auf die Absorption der Strahlen beziehen, keinen Anhaltspunkt für die Existenz solcher Geschwindigkeiten zu geben scheinen, glaubt sowohl Herr ALLEN¹⁹⁾ als Herr DOBLER²⁰⁾ aus magnetischen Ablenkungen der von Radiumpräparaten ausgehenden Strahlen auf das tatsächliche Vorhandensein von β -Strahlgeschwindigkeiten bis 2.97 bzw. 2.92×10^{10} cm/sec schließen zu können. Der Versuch einer strengeren Scheidung der β - und γ -Strahlen voneinander wird hier weitere Einblicke zu gewähren vermögen.

2. Im Gebiete sehr langsamer Kathodenstrahlen, wie sie durch ultraviolette Bestrahlung unter Zuhilfenahme beschleunigender elektrischer Kräfte zu gewinnen sind, sind die ersten Absorptionsmessungen des Herrn LENARD²¹⁾ neuerdings von Herrn ROBINSON²²⁾ innerhalb des Spannungsbereichs von 3 bis 1650 Volt für die Gase Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenoxyd wiederholt und bestätigt worden. Die besondere Bedeutung der Ergebnisse der Untersuchung dieses Geschwindigkeitsgebiets liegt in dem von Herrn LENARD erbrachten Nachweis, daß mit abnehmender Strahlgeschwindigkeit nicht nur die Absorption aller Körper in außerordentlich hohem Maße wächst, sondern daß

¹⁶⁾ T. GODLEWSKI, *Phil. Mag.* (6), 10, p. 375. 1905.

¹⁷⁾ H. W. SCHMIDT, *Phys. Zt.*, 8, p. 737. 1907.

¹⁸⁾ O. HAHN u. L. MEITNER, *Phys. Zt.*, 9, p. 321. 1908.

¹⁹⁾ S. J. ALLEN, *Phys. Rev.*, 23, p. 65. 1906.

²⁰⁾ P. DOBLER, *Ann. d. Phys.*, 22, p. 227. 1907.

²¹⁾ P. LENARD, *Ann. d. Phys.*, 12, p. 449 u. 714. 1903.

²²⁾ P. ROBINSON, *Ann. d. Phys.*, 31, p. 769. 1910.

dieses Anwachsen für jeden Körper in sehr verschiedener Weise erfolgen kann. Das individuelle Verhalten verschiedener Materie, welches bei großen Geschwindigkeiten meist nur andeutungsweise als Abweichung des Absorptionsvermögens von der Massenproportionalität zu erkennen ist, tritt bei den geringen Geschwindigkeiten mehr und mehr hervor, und die Masse des Mediums, welche bei größeren Geschwindigkeiten in erster Annäherung allein bestimmend ist für das Absorptionsvermögen, ist hier kaum mehr maßgebend. Eine zusammenfassende Betrachtung der durchschnittlichen Veränderung der Größe der Absorption durch Variation der Strahlgeschwindigkeit ist deshalb nur für die schnellen Strahlen dieses Gebietes noch möglich.

3. Den Übergang der Absorptionsgröße von den sehr hohen Werten bei langsamen Strahlen zu den sehr kleinen Werten bei den schnellsten Strahlen bilden die für Strahlen mittlerer Geschwindigkeit, für deren Untersuchung namentlich die Entladungsröhre in Betracht kommt, zu gewinnenden Ergebnisse. Neben den Untersuchungen des Herrn LENARD²³⁾, welche für Strahlen von etwa $\frac{1}{3}$ Lichtgeschwindigkeit für den auf die Masseneinheit bezogenen Absorptionskoeffizienten den Mittelwert $\frac{\alpha}{D} = 2817 \text{ g}^{-1} \text{ cm}^2$ ergeben, liefern die Messungen, die ich in einer früheren Arbeit²⁴⁾ mitgeteilt habe und die für die Strahlgeschwindigkeit $1.11 \times 10^{10} \text{ cm/sec}$ zu dem Mittelwert $\frac{\alpha}{D} = 1615 \text{ g}^{-1} \text{ cm}^2$ führen, einen ersten quantitativ einwandfreien Beitrag zur Verknüpfung der beiden extremen Geschwindigkeitsgebiete.

4. Die gegenwärtige Arbeit sucht einen weiteren Beitrag hierzu zu liefern durch exakte Verfolgung des Ganges der Absorption mit der Geschwindigkeit innerhalb möglichst weiter Grenzen des in Rede stehenden Zwischengebiets, dessen bessere Kenntnis erneut eine zusammenfassende Betrachtung der Absorptionsverhältnisse in ihrer Abhängigkeit von der Strahlgeschwindigkeit gestattet, die tieferen Einblick in den Mechanismus der Strahlabsorption und insbesondere in die Struktur der elektrischen Kraftfelder der absorbierenden Atome der Materie zu geben verspricht. Daß auch in diesem Gebiet mittlerer Geschwindigkeiten die Größe der Absorption in hohem Maße abhängig ist

²³⁾ P. LENARD, *Wied. Ann.*, 51, p. 227, 1894, und 56, p. 255. 1895.

²⁴⁾ A. BECKER, *Ann. d. Phys.*, 17, p. 381. 1905.

von der Geschwindigkeit, haben zuerst Herrn LENARD²⁵⁾ Beobachtungen gezeigt, welche erkennen ließen, daß eine Abnahme der Geschwindigkeit um 2 Prozent ihres Wertes die Größe der Absorption um etwa 10 Prozent erhöht. Dieses mehr qualitative Ergebnis findet sich, teilweise innerhalb sehr weiter Geschwindigkeitsgrenzen studiert, in mehreren späteren Arbeiten anderer Beobachter²⁶⁾ wieder.

5. Beobachtungsverfahren. — Erzeugt werden die hier zu untersuchenden Strahlen in einer mit Aluminiumfenster versehenen und dauernd mit einer rotierenden Pumpe in Verbindung stehenden Kathodenröhre, die sich von der in einer früheren Arbeit²⁷⁾ benutzten Form nur dadurch unterscheidet, daß der die Innenwandung der Glasröhre an deren Vorderende bekleidende geradete Metallmantel bis nahe zur Kathode hin verlängert ist, damit er die Ausbildung unkontrollierbarer Feldverhältnisse, zu der die Aufladung der Glaswandung führen könnte, völlig ausschließe. Als Spannungsquelle dient ein Induktorium mittlerer Größe, dessen mit 10 Volt gespeister Primärkreis mittels einer langen Stahlnadel, die durch einen kräftigen Schlag mit dem Finger in ein Quecksilbergefäß getaucht und durch eine Feder schnell wieder emporgezogen wird, geschlossen und geöffnet wird. Die auf diese Weise gewonnenen Kathodenstrahlen sind, wie schon in einer älteren Arbeit²⁸⁾ gezeigt war und wie es auch die gegenwärtige Untersuchung erneut festzustellen vermag, völlig homogen. Ihre Geschwindigkeit wird fixiert durch eine der Röhre parallel geschaltete Funkenstrecke zwischen Aluminiumkugeln von 1 cm Durchmesser, und die Gasverdünnung wird so reguliert, daß für zusammengehörige Bestimmungen das Verhältnis der Gesamtzahl der Entladungen zur Anzahl der sie begleitenden Funken eine Konstante wird.²⁹⁾

Die Strahlen treten durch das Aluminiumfenster der Erzeugungsröhre in eine mittels Schiffs an diese angefügte zweite Röhre ein, wo sie der Beobachtung unterliegen. Zur Beseitigung des Einflusses der unvermeidlichen Schwankungen in der An-

²⁵⁾ P. LENARD, *Wied. Ann.*, 56, p. 261. 1895.

²⁶⁾ W. SEITZ, *Ann. d. Phys.*, 6, p. 1, 1901, und 12, p. 860, 1903; G. E. LEITHÄUSER, *Ann. d. Phys.*, 15, p. 304. 1904.

²⁷⁾ A. BECKER u. H. BAERWALD, *Sitzungsber. d. Heid. Akad. d. Wiss.* 1909, 4. Abhandl.

²⁸⁾ A. BECKER, *Ann. d. Phys.*, 17, p. 388. 1905.

²⁹⁾ Vgl. hierzu Tab. I.

fangsintensität der Strahlen auf das Meßergebnis ist der genannten Erzeugungsröhre eine ebensolche gleicher Form mit Hilfe eines kurzen und weiten an beide angeblasenen Zwischenrohrstücks parallel geschaltet. Sie dient als Kontrollröhre, auf deren Strahlintensität, da sie zu derjenigen des Haupterzeugungsrohres in konstantem Verhältnis steht, alle Messungen im eigentlichen Untersuchungsraum zu beziehen sind. Als Maß der Strahlintensität dient der gegenwärtigen Untersuchung die Größe der Leitfähigkeit, welche die Strahlen in einem metallisch abgeschlossenen und mit einer größeren Zahl von Aluminiumfenstern versehenen Gasraum hervorrufen.

6. Absorptionsmessung. — Untersucht wird die Absorption der Luft für fünf verschiedene Strahlgeschwindigkeiten, wie sie bei der gewählten Anordnung den auf die Funkenschlagweiten 2'0, 2'5, 3'0, 3'5 und 4'0 cm eingestellten Gasverdünnungen in den Entladungsröhren entsprechen. Die Luft zeigt bei den sonstigen Absorptionsmessungen so wenig ein besonderes individuelles Verhalten, daß ihre auf die Masseneinheit bezogenen Absorptionswerte dem für den betreffenden Fall für alle Materie gültigen durchschnittlichen Wert jedenfalls sehr nahe kommen werden, und die Genauigkeit der gegenwärtigen Messungen wird infolgedessen das Fehlen ergänzender Messungen an anderen Stoffen fürs erste entbehren lassen.

Die beistehende Tabelle enthält die gewonnenen Ergebnisse, wie sie aus dem Vergleich der von einer 2'50 cm dicken Luftschicht bei jeweils zwei voneinander merklich verschiedenen Drucken noch hindurchgelassenen Strahlintensitäten hervorgehen. Bezeichnet Q_0 das Verhältnis der an der Haupt- und Kontrollröhre gemessenen Strahlintensitäten beim Druck p_0 der Luft im Hauptmeßraum, Q_1 das entsprechende Verhältnis beim Druck p_1 der Luft, so wird der auf den Druck 1 mm bezogene Absorptionskoeffizient $\alpha_0 = \frac{1}{d(p_1 - p_0)} \cdot \log_{\text{nat}} \frac{Q_0}{Q_1}$ und der auf die Masseneinheit bezogene Wert, den gewählten Dimensionen des Absorptionsraums entsprechend, $\frac{\alpha}{D} = \frac{253\ 320}{p_1 - p_0} \cdot \log_{\text{nat}} \frac{Q_0}{Q_1}$.

Tabelle I.

Schlagweite	Verhältnis der Zahl der Entladungen zur Funkenzahl	Absorptionskoeffizienten		
		α_0	Mittelwerte	$\frac{\alpha}{D}$
cm		cm ⁻¹ pro 1 mm Hg	cm ⁻¹ pro 1 mm Hg	gr ⁻¹ cm ²
2·0	3 : 1	0·00195	0·00209	1323·6
	3 : 1	0·00201		
	3·3 : 1	0·00215		
	4·5 : 1	0·00225		
2·5	3 : 1	0·00141	0·00155	981·6
	3 : 1	0·00143		
	3 : 1	0·00146		
	3·3 : 1	0·00140		
	4 : 1	0·00172		
	4 : 1	0·00162		
	4·5 : 1	0·00171		
5 : 1	0·00168			
3·0	3 : 1	0·00074	0·000802	507·9
	3 : 1	0·00079		
	3·5 : 1	0·00080		
	4·5 : 1	0·00088		
	4·5 : 1	0·00080		
3·5	3 : 1	0·00043	0·000485	307·1
	3·5 : 1	0·00054		
4·0	2·5 : 1	0·00035	0·000371	234·9
	2·5 : 1	0·00038		
	3 : 1	0·00039		
	4 : 1	0·000366		
	4 : 1	0·000368		

Die Veränderung der Schlagweite von 2 auf 4 cm bringt, wie man sieht, eine nahezu im Verhältnis 6:1 erfolgende Veränderung der Größe der Absorption hervor, deren kleinste hier erhaltenen Werte schon völlig in den Bereich der für die langsameren β -Strahlen gefundenen Absorptionsvermögen fallen. Die

große Empfindlichkeit der Absorption gegen Änderungen in der Strahlgeschwindigkeit macht sich schon bei den auf eine bestimmte Schlagweite bezüglichen Einzelmessungen bemerkbar, indem bei mehr oder weniger exakt auf die betreffende Schlagweite eingestellten Gasverdünnungen — entsprechend dem veränderten Wert des Verhältnisses von Zahl der Entladungen und Zahl der sie begleitenden Funken — ein in den meisten Fällen deutlicher Gang der gefundenen Absorptionskoeffizienten³⁰⁾ auftritt. Die gebildeten Mittelwerte der Absorption werden daher dem jeweiligen Mittelwerte des genannten Verhältnisses zuzuordnen sein.

7. Geschwindigkeitsmessung. — Zur quantitativen Fixierung des Zusammenhangs zwischen Absorptionsvermögen und Strahlgeschwindigkeit ist die Kenntnis der jeder der benutzten Gasverdünnungen bzw. Schlagweiten entsprechenden Geschwindigkeit erforderlich. Zu ihrer Ermittlung dient ein aus zwei konaxial in 5,5 cm voneinander fest aufgestellten Stromspulen gebildetes Magnetfeld, das den jetzt im völlig evakuierten Hauptmeßraum senkrecht zu den Magnetkraftlinien sich bewegenden, geeignet ausgeblendeten Kathodenstrahl ablenkt. Aus der photographisch fixierten Größe der Ablenkung y , die der Strahl längs seines Weges x im Magnetfeld H erfährt, wird die Geschwindigkeit

$$v = \frac{1}{y} \frac{e}{m_0} \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right)^{1/2} \int_0^x \left[\int_0^x H dx \right] dx,$$

wo c die Lichtgeschwindigkeit ist und $\frac{e}{m_0}$ das der Strahlgeschwindigkeit Null entsprechende Verhältnis von Ladung und Masse der Strahlteilchen darstellt.

Besondere Sorgfalt habe ich darauf verwandt, daß die Gasverdünnung in den Entladungsröhren während der Ablenkungsversuche jeweils möglichst genau übereinstimme mit dem Mittelwerte der bei den entsprechenden Absorptionsmessungen vorhandenen Verdünnung; um diesem Ziele möglichst nahezukommen, sind für jede Schlagweite mehrere Ablenkungsversuche ausgeführt worden, für welche nicht nur das Verhältnis der Anzahl der Entladungen zur Funkenzahl, sondern auch die absolute Größe

³⁰⁾ Diese sind in allen Fällen aus 10—15 Einzelermittlungen der Q gewonnen.

der die Kontrollröhre verlassenden Strahlenmenge zum Vergleich mit den bei der Messung der Absorption erhaltenen entsprechenden Daten festgestellt wurde.

Die auf diese Weise erhaltenen Bilder der unabgelenkten und abgelenkten Strahlen liefern einen deutlichen Beweis für die Homogenität der untersuchten Strahlen, insofern in keinem Falle auch nur Andeutungen für das gleichzeitige Auftreten von Strahlen merklich verschiedener Ablenkbarkeit zu erkennen sind. Wenn von anderer Seite³¹⁾ mehrfach stark inhomogene Strahlen bei Benutzung des Induktoriums erhalten wurden, so liegt die Ursache darnach jedenfalls zu einem großen Teil in der Wahl nicht geeigneter Unterbrechung und in ungenügender Konstanz des Vakuums während der Strahlenerzeugung.

Die Ergebnisse der Messung finden sich in beifolgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle II.

Schlagweite	Weg x	Spulenstrom	$\int_0^x [\int_0^x H dx] dx$	Ablenkung y	Geschwindigkeit v
cm	cm	Amp.		cm	cm/sec
2·0	4·81	14·70	395·43	0·515	} $1·23 \times 10^{10}$ ($1·30 \times 10^{10}$)
	4·81	14·60	392·74	0·517	
	4·81	14·60	392·74	0·505	
2·5	4·76	14·60	381·79	0·430	} $1·355 \times 10^{10}$ ($1·435 \times 10^{10}$)
	4·76	14·68	383·88	0·452	
	4·76	9·92	259·41	0·300	
3·0	4·76	14·60	381·79	0·410	} $1·42 \times 10^{10}$ ($1·50 \times 10^{10}$)
3·5	4·81	14·70	395·43	0·394	} $1·48 \times 10^{10}$ ($1·56 \times 10^{10}$)
4·0	4·81	14·50	390·05	0·390	} $1·51 \times 10^{10}$ ($1·597 \times 10^{10}$)
	4·81	14·50	390·05	0·392	

Die Geschwindigkeitsangaben sind Mittelwerte aus den für die einzelnen Schlagweiten gefundenen Einzeldaten, und zwar sind sowohl diejenigen Werte verzeichnet, zu welchen

³¹⁾ Vgl. z. B. M. BIRKELAND, *C. R.*, 123, p. 492. 1896.

das in einer früheren Arbeit³²⁾ von mir gefundene $\frac{e}{m_0}$ führt, als auch die Werte, welche sich mit Benutzung des Mittelwertes 1.753×10^7 c. g. s. aus den besonders sorgfältigen neueren Bestimmungen des Herrn BUCHERER³³⁾ ($\frac{e}{m_0} = 1.730 \times 10^7$) und des Herrn CLASSEN³⁴⁾ ($\frac{e}{m_0} = 1.776 \times 10^7$) ergeben. Man findet außerdem die Angabe der von den Strahlen im Magnetfeld durchlaufenen Wegstrecke und des doppelten Feldintegrals.³⁶⁾

Entsprechend der starken Änderung der Absorption bei Variation der Schlagweite von 2 bis 4 cm ist die wesentliche Änderung, die die Strahlgeschwindigkeit erfährt. Während sich diese mit ihrem kleinsten Wert an die in der älteren Arbeit benutzte Geschwindigkeit anschließt, reicht sie mit ihrem größten Werte — wie aus der Größe der entsprechenden Absorptionskoeffizienten hervorgeht — in das Gebiet der β -Strahlung radioaktiver Körper (vgl. Nr. 1).

8. Faßt man mit Benutzung dieser neuen Ergebnisse die gesamte Kenntnis über den Zusammenhang der Kathodenstrahlabsorption mit der Geschwindigkeit zusammen, so ergibt sich das folgende Bild. (Siehe umstehende Tabelle III.)

Die Geschwindigkeitswerte in cm/sec für die durch lichtelektrische Wirkung an Metallen ausgelösten Strahlen sind von mir aus den in den betreffenden Untersuchungen angegebenen

Volt-Werten mittels der Beziehung $v = \sqrt{2 \frac{e}{m_0} V} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ ($\frac{e}{m_0} = 1.753 \times 10^7$ gesetzt; vgl. Nr. 7) berechnet worden. Die Betrachtung beginnt hier mit Strahlen von 30 Volt Geschwindigkeit, für welche das individuelle Verhalten der einzelnen Substanzen zurückzutreten beginnt gegenüber dem Einfluß der Substanzmasse auf die Absorption. Es sind zur Ermöglichung eines Vergleichs aller Meßergebnisse untereinander in allen Fällen die

³²⁾ A. BECKER, *Ann. d. Phys.*, 17, p. 381. 1905.

³³⁾ A. H. BUCHERER, *Verh. d. deutsch. phys. Ges.*, 10, p. 688. 1908.

³⁴⁾ J. CLASSEN, *Verh. d. deutsch. phys. Ges.*, 10, p. 700. 1908.

³⁵⁾ Berechnet aus dem von Herrn CLASSEN für 1000-Volt-Strahlen angegebenen Wert 1.773×10^7 .

³⁶⁾ Bezüglich der Methode der Feldmessung, die in aller Strenge ausgeführt ist, vgl. A. BECKER, l. c., p. 391.

Tabelle III.

Strahlenquelle	Strahlgeschwindigkeit		$\frac{\alpha}{D}$ gr ⁻¹ cm ²	Beobachter
	Volt	cm/sec		
Ultraviolett bestrahltes Metall	30	0.0326×10^{10}	16000000	LENARD
	32	0.0336	19800000	ROBINSON
	60	0.0461	15100000	L.
	64	0.0476	17500000	R.
	100	0.0595	11900000	L.
	165	0.0765	9060000	R.
	500	0.1332	4490000	L.
	660	0.1530	3140000	R.
	1000	0.1880	2420000	L.
	1650	0.2410	1180000	R.
	2000	0.2658	1000000	L.
4000	0.3744	820000	L.	
Entladungs- röhre mit Aluminium- fenster ³⁷⁾		$[0.67 \times 10^{10}]^{38)}$	2817	L.
		1.11×10^{10}	1615	BECKER
		1.23	1323.6	"
		1.355	981.6	"
		1.42	507.9	"
		1.48	307.1	"
Thorium-A	—	51.8	HAHN u. MEITNER	
Radium-E ₂	2.31×10^{10}	20.0	H. W. SCHMIDT	
Aktinium	—	13.7	"	
Uran-X			13.4	GODLEWSKI
		2.76×10^{10}	7.5	RUTHERFORD
			7.55	CROWTHER
			7.92	H. W. SCHMIDT
Radium-Präp.			6.24	"
		$2.83 \times 10^{10}(?)$	5.30	STRUTT
Radium-C			5.0	LENARD
		$2.83 \times 10^{10}(?)$	4.85	H. W. SCHMIDT.

³⁷⁾ Die Benutzung getrennter Räume für Strahlerzeugung und -messung ist zur Gewinnung störungsfreier Ergebnisse durchaus erforderlich.

³⁸⁾ Es ist hier der von Herrn LENARD in einer früheren Arbeit für die Schlagweite, die auch bei den Absorptionsmessungen eingehalten war, gefundene Wert verzeichnet. Da aber, wie die gegenwärtige Arbeit zeigt, die Schlagweite ohne weiteres kein genügendes Kriterium für die Strahlgeschwindigkeit ist, so ist

dem BUCHERER-CLASSEN'schen Wert für $\frac{e}{m_0}$ entsprechenden Geschwindigkeiten verzeichnet, ohne daß damit aber bezüglich der Größe $\frac{e}{m_0}$ eine endgültige Entscheidung zugunsten dieses Wertes getroffen sei.

Das Bild hat sich qualitativ gegen das früher von Herrn LENARD entworfene, wie man sieht, nicht wesentlich geändert. Die Ergänzung aber, die es in quantitativer Hinsicht erfahren hat, legt einen ersten Versuch einer quantitativen Fassung der Abhängigkeit der Absorption von der Strahlgeschwindigkeit nahe, der, wenn zunächst auch nur zu einer rein empirischen Beziehung führend, die erste Grundlage sein wird, auf die sich jeder Versuch, den Mechanismus der Absorption quantitativ zu beschreiben, wird zu stützen haben. Man findet, daß die Absorption innerhalb des großen Gebiets von etwa $1'0 \times 10^{10}$ bis zu den größten bis jetzt gemessenen Geschwindigkeiten von $2'83 \times 10^{10}$ cm/sec, innerhalb dessen die Absolutwerte der Absorption um nahe das Tausendfache voneinander unterschieden sein können, mit guter Annäherung proportional ist der sechsten Potenz der reziproken Geschwindigkeit.

Beim Übergang zu kleineren Strahlengeschwindigkeiten nimmt der Exponent kontinuierlich ab derart, daß der auf die Masseneinheit bezogene Absorptionskoeffizient bis herab zu den kleinsten oben verzeichneten Geschwindigkeiten mit guter Annäherung durch den Ausdruck

$$\frac{\alpha}{D} = \frac{\alpha_0}{D} \left(\frac{c}{v} \right)^6 \sqrt[3]{\frac{3v}{c}} \quad 3v \leq c$$

dargestellt werden kann, wo c die Lichtgeschwindigkeit ist und α_0 der für Strahlen von Lichtgeschwindigkeit maßgebende Absorptionskoeffizient wäre. Man würde hierfür den Wert von etwa 3 finden, ein Ergebnis, das es bis zum Bekanntwerden weiterer Messungen in dem Gebiet schnellster Strahlen zunächst noch zweifelhaft erscheinen lassen muß, ob eine Extrapolation mittels der gegebenen Formel zulässig ist.

die Zuordnung dieses Werts zu der verzeichneten Absorptionsgröße nicht bindend; die neuen Messungen würden vielmehr für einen Geschwindigkeitswert $1'05 \times 10^{10}$ sprechen.

In mehr praktischer Hinsicht dürfte die Beziehung aber schon jetzt geeignet sein, die Geschwindigkeiten solcher Strahlen in erster Annäherung wiederzugeben, für die nur die Absorptionswerte bekannt sind. So wäre für die β -Strahlen von Th-A beispielsweise die Geschwindigkeit $2\cdot06 \times 10^{10}$, für diejenige von Aktinium $2\cdot48 \times 10^{10}$ cm/sec zu erwarten.

