

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

22915

Politechniki Gdańskiej

II 22915

vom Verfasser  
überreicht  
1921.

re.

pxig.

Ramseuer, Erlau die Wirkungen  
des Gattencolchals eingewirkt bei lang fortgesetzter  
Anwendung. 1. Fortf.

II 22 915

3612/2/G/53

2. *Über den Wirkungsquerschnitt der Gasmoleküle gegenüber langsamen Elektronen. I. Fortsetzung*<sup>1)</sup>; von Carl Ramsauer.

(Aus dem Radiologischen Institut der Universität Heidelberg.)

I. Vorbemerkung.

Die im Teil I für geringe Elektronengeschwindigkeiten gefundene außerordentliche Kleinheit des molekularen Wirkungsquerschnittes beim Argon, d. h. desjenigen Querschnittes, welcher in irgendeiner Weise auf das passierende Elektron einwirkt, ist so überraschend und andererseits so wichtig, daß eine Nachprüfung auf erweiterter Grundlage erforderlich erschien, obgleich eine Bestätigung in gewissem Sinne schon durch die nach ganz anderer Methode ausgeführten Versuche von Hrn. H. F. Mayer vorlag.<sup>2)</sup> Diese hier folgende Erweiterung erstreckt sich nach zwei Richtungen: 1. die Variation der Elektronengeschwindigkeit durch die Einführung beschleunigender Felder und 2. die mögliche Ausdehnung der Messungen auf die übrigen Edelgase. In letzterer Beziehung gelangten bisher zur Untersuchung Helium, Neon und Argon; Krypton und Xenon sollen, sobald sie erhältlich sind, den Gegenstand einer II. Fortsetzung bilden.

II. Versuchsanordnung

1. *Das Meßhästchen.* Es handelt sich um die gleiche Aufgabe wie im Teil I, nämlich um die Auffangung der Elektronen nach Durchlaufung zweier ungleich langer Kreisbahnen für je zwei verschiedene Drucke, unter dem Einfluß eines magnetischen Feldes. Dabei dürfen aber nicht, wie im Teil I, zwei getrennte

1) Vgl. Ann. d. Phys. 64. S. 513—540. 1921, wo S. 534 und 536 bereits auf diese Fortsetzung verwiesen ist. Dieser I. Teil wird im weiteren Texte kurz als Teil I angeführt. Die benutzte Methode ist schon 1914 eingeführt (vgl. Ann. d. Phys. 45. S. 1000, Anm. 1. 1914).

2) H. F. Mayer, Ann. d. Phys. 64. S. 451. 1921.

Kreisbahnen benutzt werden, da es sonst unmöglich sein würde, den Einfluß der Elektronenbeschleunigung bei beiden Wegen *genau gleich* zu gestalten. Nach längeren Vorversuchen bewährte sich folgende Anordnung (vgl. Fig. 1).

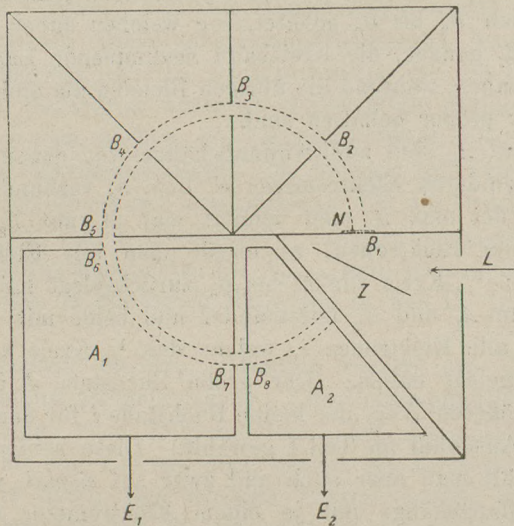


Fig. 1.

Der Lichtstrahl  $L$  fällt auf die isolierte Zinkplatte  $Z$ . Die ausgelösten Elektronen werden durch die negative Aufladung  $P$  der Zinkplatte (zwischen 1 und 50 Volt) gegenüber dem geerdeten, ganz aus Messing bestehenden Gesamtsystem beschleunigt und gelangen zum Teil auf die mit zwei Netzen  $N$  bedeckte Blendenöffnung  $B_1$ .

$B_1$  ist die für die Messung in Frage kommende Ausgangsstelle der Elektronen. Die Elektronengeschwindigkeiten liegen in einer gewissen Verteilung, welche durch den Bereich der Anfangsgeschwindigkeiten und durch das Kontaktpotential Zink-Messing bedingt wird, in der Nähe von  $P$ , die Elektronenrichtungen gehen divergent von  $B_1$  aus, nähern sich aber im ganzen der Normalen der Netzebene und zwar um so mehr, je größer  $P$  ist. Irgendwelche Anforderungen an die Geschwindigkeits- oder Richtungshomogenität der Strahlen brauchen dabei, wie aus dem folgenden hervorgeht, nicht gestellt zu werden.

Bei Anlegung eines passenden senkrecht zur Zeichenebene stehenden Magnetfeldes (vgl. Teil I) werden die Strahlen der zugehörigen Geschwindigkeit auf der punktiert gezeichneten Kreisbahn von 20 mm mittlerem Durchmesser, 1 mm Breite und 8 mm Höhe (senkrecht zur Zeichenebene gemessen) durch die Blenden  $B_2$  bis  $B_8$  geleitet, von welchen außer  $B_1$  nur  $B_3$ ,  $B_5$  und  $B_7$  genaue, die Kreisbahn bestimmende Lage und Dimension haben, während die übrigen Blenden um einige Zehntel Millimeter größer gehalten sind.

$A_1$  und  $A_2$  sind zwei Auffangekäfige, von denen jeder mit einem besonderen Elektrometer  $E_1$  bzw.  $E_2$  verbunden werden kann. Erdet man  $A_1$  und benutzt man  $A_2$  mit  $E_2$  zur Auffangung der Elektronen, so erhält man alle Elektronen  $J$ , welche den  $\frac{3}{4}$ -Kreis von  $B_1$  bis  $B_8$  zurückgelegt haben. Verbindet man  $A_1$  und  $A_2$  miteinander und beide mit  $E_1$ , so erhält man alle Elektronen  $i$ , welche den  $\frac{1}{2}$ -Kreis von  $B_1$  bis  $B_6$  zurückgelegt haben. (Der große Buchstabe  $J$  ist hierbei für den größeren Weg, der kleine Buchstabe  $i$  für den kleineren Weg im Anschluß an Teil I gewählt.) Diese beiden Werte  $J$  und  $i$  erhält man aber auch und zwar auf *einmal*, wenn man beide Auffangekäfige mit je einem Elektrometer verwendet. Dann ist nämlich  $J$  die Elektronenmenge, welche in  $A_2$  aufgefangen wird, und  $i$  die Summe der Elektronenmengen, welche in  $A_1$  und  $A_2$  aufgefangen werden. Die letztere Meßart arbeitet doppelt so schnell wie die erstere, was bei der großen Anzahl der nötigen Messungen und den mit der Zeit wachsenden Fehlerquellen höchst erwünscht ist. Natürlich müssen stets  $J$  und  $i$  im gleichen Maße unter Berücksichtigung der speziellen Mengempfindlichkeiten von  $E_1$  und  $E_2$  ausgedrückt werden.

Bei den jetzt folgenden Punkten 2 bis 7 gelten sinngemäß die Bemerkungen des Teils I unter den gleichen Nummern, soweit nicht Abweichendes besonders betont ist.

2. *Die Strahlungsquelle.* Benutzt wurde nur die Quarz-quecksilberlampe; im übrigen vgl. Teil I.

3. *Das Magnetfeld.* Die allgemeine Zahlenbeziehung zwischen Voltgeschwindigkeit und Spulenstrom wurde aus denjenigen Magnetfeldern, welche für die verschiedenen Beschleunigungsspannungen  $P$  die maximalen Elektronenmengen in den Auffangekäfigen ergeben, berechnet (50 Volt entsprechen

2,36 Weber). Die im weiteren Verlauf der Arbeit angegebenen Geschwindigkeiten sind nicht unmittelbar gleich den angelegten Beschleunigungsspannungen, sondern werden stets aus den zugehörigen Magnetfeldern berechnet. Im übrigen vgl. auch Teil I.

4. *Das Vakuum.* Für das Hauptvakuum wurde eine vorzüglich wirkende Quecksilberdampfstrahlpumpe benutzt, für deren Überlassung ich Hrn. Dr. Hochheim von der Badischen Anilin- und Sodafabrik auch an dieser Stelle meinen besten Dank aussprechen möchte. Als Vorpumpe diente eine rotierende Gaedesche Quecksilberpumpe. Im übrigen vgl. Teil I.

5. *Gaseinführung und Druckmessung.* Bei der Druckmessung wurde die im Teil I beschriebene Unterteilungsmethode und das Kompressionsmanometer (bis  $\frac{1}{100000}$  mm) nebeneinander benutzt, letzteres in stärkerem Maße wie in Teil I. Im übrigen vgl. Teil I.

6. *Elektrische Messung.* Benutzt wurden zwei Quadrantenelektrometer mit Spiegelablesung. Die Voltempfindlichkeit betrug bei beiden rund 2300 mm/Volt. Die Kapazitäten lagen zwischen 150 und 200 cm, doch konnte die Kapazität von  $E_1$  nach Bedarf durch eine variable Zusatzkapazität vergrößert werden. Das jeweilige Mengenempfindlichkeitsverhältnis der beiden Elektrometer wurde durch einen Harmsschen Kondensator bestimmt.

7. *Herstellung der benutzten Gase.* Über Argon und Helium gilt das gleiche wie Teil I. Das Neon (als Mischung von 76,5 Volumprozenten Neon mit 23,5 Volumprozenten Helium) habe ich wieder von der Badischen Anilin- und Sodafabrik erhalten, wofür ich auch hier meinen verbindlichsten Dank, besonders Hrn. Dr. Hochheim, aussprechen möchte.

8. *Berechnungsformel* (vgl. Teil I, Absch. III). Es sei  $i_1$  und  $J_1$  die Elektronenmenge, welche beim Druck  $p_1$  nach Durchlaufung des kürzeren bzw. längeren Weges  $w$  und  $W$  aufgefangen wird, und  $i_2$  und  $J_2$  möge die entsprechende Bedeutung für den Druck  $p_2$  haben. Dann ist „ $a$ “, d. h. die wirksame Querschnittssumme aller Moleküle für 1 cm<sup>3</sup> und 1 mm Druck bei 0° C. in cm<sup>2</sup> gegeben durch die Gleichung:

$$„a“ = \frac{1}{(p_2 - p_1)(W - w)} \operatorname{lognat} \left( \frac{J_1}{i_1} / \frac{J_2}{i_2} \right),$$

worin  $W - w$  die direkt gemessene Größe 1,48 cm besitzt.

## III. Fehlerquellen und Kontrollmaßnahmen.

1. Vereinfachte Messungsmethode. Unter II, 1 ist bereits erwähnt, daß bei gleichzeitiger Benutzung von  $E_1$  und  $E_2$  die richtigen Werte von  $i$  und  $J$  auf einmal gefunden werden können. Diese Messungsart erfordert aber, wie ihre anfänglichen Abweichungen von den unmittelbaren Messungen ergaben, gewisse Vorsichtsmaßregeln.

Beispiel: Beschleunigende Spannung 4 Volt; Einstellung des Magnetstroms auf maximale Elektronenmenge gleich 0,64 Weber; 1,5/10000 mm Druck der Restgase; 15 Sekunden Belichtung bei Schwächung des Lichts durch zwei Schleier. Ausschläge in Millimeter.

Laufende Nr.	Gleichzeitig		$J$	$i$
	$A_2$ an $E_2$	$A_1$ an $E_1$	$A_2$ an $E_2$ ; $A_1$ an Erde	$(A_1 + A_2)$ an $E_1$
1	162	65	—	—
2	160	67	—	—
3	—	—	154	—
4	—	—	—	107
5	—	—	151	—
6	—	—	—	106
7	—	—	150	—
8	152	63	—	—
9	151	63	—	—

Die Versuche 3 bis 7 ergeben unmittelbar die gesuchten Werte, nämlich  $J$  als diejenige Elektronenmenge, welche bei Erdung von  $A_1$  nach Durchlaufung des  $3/4$ -Kreises in  $A_2$  aufgefangen wird, und  $i$  als diejenige Elektronenmenge, welche nach Durchlaufung des  $1/2$ -Kreises in dem Gesamtkäfig ( $A_1 + A_2$ ) aufgefangen wird; also im Mittel  $J = 152$  mm,  $i = 106,5$  mm. Diese Werte müssen noch auf die gleiche Elektrometerempfindlichkeit, z. B. auf  $E_1$ , umgerechnet werden:

$$J = 46 \text{ mm}, \quad i = 106,5 \text{ mm}, \quad J/i = 0,432.$$

Die Versuche 1, 2, 8, 9 ergeben für die in  $A_2$  bzw.  $A_1$  aufgefangenen Mengen 156 mm bzw. 64,5 mm. Der Wert 156 mm ergibt nun nicht unmittelbar  $J$ , wie schon daraus hervorgeht, daß er merklich größer ist als das  $J$  der Versuche 3, 5, 7, er muß vielmehr um einen kleinen Prozentsatz des  $A_1$ -Wertes verringert werden, nämlich auf 153 mm, da ein

kleiner Teil des  $A_2$ -Ausschlags auf Influenz durch  $A_1$  beruht. Diese Prozentzahlen wurden durch direkte Messungen jedesmal bestimmt und bewegten sich zwischen 2 und 4 Proz. Außerdem müssen bei der Umrechnung auf die Empfindlichkeit von  $E_1$  jetzt etwas andere Kapazitätsverhältnisse wie oben zugrunde gelegt werden. So erhält man zunächst  $J = 47$  mm. Der Wert von  $i$  wird dann berechnet, indem der Ausschlag für  $A_1$  zunächst etwas wegen der Influenzierung durch  $A_2$  verringert und dann um  $J = 47$  mm vermehrt wird. Als Endwerte ergeben sich schließlich:

$$J = 47 \text{ mm}, \quad i = 108 \text{ mm}, \quad J/i = 0,435.$$

Die Abweichung der beiden Werte für  $J/i$  liegt innerhalb der Versuchsfehler, wie durch eine Reihe ähnlicher Vergleichsmessungen festgestellt wurde. Es ist daher erlaubt, die Auffangekäfige  $A_1$  und  $A_2$  in Verbindung mit  $E_1$  bzw.  $E_2$  gleichzeitig zu benutzen und die wahren Werte von  $J$  und  $i$  nachträglich in der oben skizzierten Weise zu berechnen.

## 2. Form und Lage der Geschwindigkeitsverteilungskurven.

Wie schon Teil I unter V, 8 auseinandergesetzt ist, genügt es nicht, für ein bestimmtes magnetisches Feld die zugehörigen  $J_1, i_1, J_2, i_2$  festzustellen, auch dann nicht, wenn man die Maxima der Kurven als Vergleichswerte benutzt, wie stets nach Möglichkeit geschehen ist. Die Messung muß vielmehr auf die ganze Verteilungskurve, welche die aufgefangenen Elektronenmengen als Funktion des angelegten Magnetfeldes darstellt, ausgedehnt werden. Die bei der hier benutzten Methode auftretenden Erscheinungen, welche Korrekturen notwendig machen können, sind die beiden folgenden:

a) Die Maxima der  $J_1$ - und der  $i_1$ -Kurve bzw. der  $J_2$ - und  $i_2$ -Kurve liegen nicht bei der gleichen Magnetstromstärke. Dies tritt ein, wenn die Lage der Blende  $B_7$  nicht genau dem durch  $B_1, B_3$  und  $B_5$  bedingten Kreise entspricht (vgl. Fig. 1). Die genaue Einstellung von  $B_7$  ist hierbei mehr oder minder Glückssache, da aus anderen Gründen die mechanische Struktur des ganzen Meßkästchens möglichst einfach gehalten werden muß, und war bei einem Teil der Versuchsreihen nicht ganz gelungen. Die größten Abweichungen lagen zwischen 0,02 und 0,04 Weber bei Gesamtstromstärken von rund 0,40 bis 2,40 Weber. Die

Fehler erscheinen genügend berücksichtigt durch Mittelnahme zwischen den differierenden Stromstärken.

b) Die Maxima der  $J_2$ -Kurve und der  $i_2$ -Kurve verschoben sich bei der Gaseinfüllung etwas gegen die Maxima der  $J_1$ - bzw.  $i_1$ -Kurve. Diese Erscheinung tritt hauptsächlich dann auf, wenn der Wirkungsquerschnitt stark von der Elektronengeschwindigkeit abhängt, wie bei Argon für kleine Geschwindigkeiten. Über die Art der hierdurch bedingten Korrektur vgl. Teil I, Absch. V, 8.

Die durch a) und b) bedingten Einwirkungen sind übrigens in der Mehrzahl der Fälle, wie auch bei dem unten folgenden Beispiel, unmerklich, und überschreiten in keinem Fall  $\pm 10$  Proz. gegenüber denjenigen Werten, die man bei unmittelbarer Benutzung der für gleiches Magnetfeld geltenden, in möglichster Nähe der Kurvenmaxima gelegenen Messungen erhält.

3. *Sonstige Einflüsse.* Hierüber vgl. Teil I, Abschn. V, 1 bis 6, welcher im großen und ganzen auch hier gilt.

Zur Frage der Kontaktpotentialdifferenzen (Teil I; V, 3): Der ganze Meßkäfig besteht aus gleichmäßig behandeltem Messing bis auf die bestrahlte Zinkplatte. Letztere stört aber in keiner Weise, da die Elektronengeschwindigkeiten erst von  $B_1$  an rechnen und durch die zugehörigen Magnetfelder selbst gemessen werden.

Zur Frage der Käfigaufladung (Teil I; V, 4): Die Käfigaufladungen wurden im allgemeinen unter  $\frac{1}{20}$  Volt, auch in den äußersten Fällen unter  $\frac{1}{10}$  Volt gehalten. Außerdem wurde mehrfach gezeigt, daß Verdoppelung und Halbierung der erhaltenen Aufladespannungen durch Verdoppelung und Halbierung der zugehörigen Belichtungszeiten nichts an den beobachteten Mengenverhältnissen änderte.

Zur Frage der falschen Elektronen (Teil I; V, 6): Große Mühe machte die Beseitigung der Elektronen, welche auf Nebenwegen von  $Z$  aus in die Auffangekäfige gelangen, da die Zahl der emittierten Elektronen gegenüber der Zahl der aufgefangenen Elektronen sehr groß ist, und da das Meßsystem der Gaszirkulation wegen keine völlig abschließenden Wände besitzen darf. Es gelang aber schließlich, diese Fehlerquelle durch systematische Untersuchung aller falschen Elektronenwege und durch Abfangung aller aus dem  $Z$ -Raume ganz nach außen gelangten Elektronen mittels eines dort befindlichen elektrischen



Hilfsfeldes ganz zu beseitigen, wie z. B. aus dem scharfen Kurvenverlauf der Fig. 3 hervorgeht.

Als Kontrolle des ganzen Meßverfahrens sei besonders noch auf die Anwendung verschiedenster Drucke und auf den Ersatz der Restgase von rund  $\frac{1}{10000}$  mm Druck durch reinen Sauerstoff von  $\frac{50}{10000}$ - bis  $\frac{60}{10000}$  mm Druck in Abschnitt V hingewiesen.

#### IV. Messungsbeispiel.

Gas: Neon + Helium; beschleunigende Spannung: 4 Volt; gleichzeitige Benutzung beider Käfige.

a)  $\frac{1.5}{10000}$  mm Druck der Restgase; Abschwächung des Lichtes durch drei Schleier; 15 Sekunden Belichtung; Gesamtdauer der Reihe 9 Minuten.

Weber 100	$A_1$ an $E_1$	$A_2$ an $E_2$
0	1 mm	1 mm
62	99 "	113 "
60	51 "	40 "
62	93 "	105 "
64	84 "	95 "
62	92 "	103 "
62	91 "	101 "

b)  $\frac{2.59}{10000}$  mm Druck nach Einführung von Neon + Helium; Abschwächung des Lichtes durch einen Schleier; 10 Sekunden Belichtung; Gesamtdauer der Reihe  $8\frac{1}{2}$  Minute.

Weber 100	$A_1$ an $E_1$	$A_2$ an $E_2$
62	147 mm	89 mm
62	146 "	98 "
60	83 "	36 "
62	145 "	88 "
64	130 "	78 "
62	144 "	87 "
0	1 "	1 "

c) <sup>1.0</sup>/<sub>10000</sub> mm Druck der Restgase nach *Wiederaus-pumpung*; Abschwächung des Lichtes durch drei Schleier; 15 Sekunden Belichtung.

Weber 100	$A_1$ an $E_1$	$A_2$ an $E_2$
62	99 mm	106 mm
62	98 „	105 „
62	96 „	103 „

Aus a) und b) berechnen sich unter Berücksichtigung der zugehörigen Empfindlichkeitsverhältnisse für den Magnetstrom von 0,62 Weber:  $J_1 = 73$ ,  $i_1 = 162$ ,  $J_2 = 59$ ,  $i_2 = 200$ ;  $\frac{J_1}{i_1} / \frac{J_2}{i_2} = 1,53$ ;  $p_2 - p_1 = \frac{258}{10000}$  mm und endlich „a“ =  $11,2 \text{ cm}^2/\text{cm}^3$  für die Elektronengeschwindigkeit von rund 3,5 Volt. (Die Differenz gegen 4 Volt erklärt sich durch das Kontaktpotential Zink/Messing.) Weitere Korrekturen sind, wie in den meisten Fällen, nicht notwendig, da die Zeichnung der Verteilungskurven keine der Erscheinungen unter III, 2 a) und b) ergibt.

Die übrigen Versuchsreihen verlaufen ähnlich. Die Drucke sind dabei möglichst so gewählt, daß der Wert von  $\frac{J_1}{i_1} / \frac{J_2}{i_2}$  etwa zwischen 1,4 und 2,0 liegt.

#### V. Versuchsergebnisse.

Die gesamten Resultate sind als  $\odot\odot$  in den Kurven der Fig. 2 zusammengestellt. Die Werte für Argon und Helium sind hierbei direkt gefunden, die Werte für Neon sind berechnet aus den Werten der Mischung Ne + He durch entsprechende Anrechnung des auf die 23,5 Proz. He fallenden Betrages. Die Werte für besonders hohe Drucke sind durch einen Pfeil hervorgehoben, die Werte mit Sauerstoff als Ausgangsfüllung sind durch  $\times$  markiert. Außerdem sind in die

1) c) ist nicht mitbenutzt; es ist hier nur aufgeführt, um zu zeigen, daß sich bei neuer Auspumpung die ursprünglichen stationären Verhältnisse nicht ohne weiteres wieder herstellen lassen, daß man also immer nur ein Vakuum mit der darauffolgenden Gasfüllung kombinieren darf.

Argon- und in die Heliumkurve die Absorptionswerte Hrn. H. F. Mayers<sup>1)</sup> als  $\lambda$  eingetragen. Die horizontalen Striche mit dem Buchstaben  $G$  sollen die gaskinetischen Querschnitte bezeichnen.<sup>2)</sup>

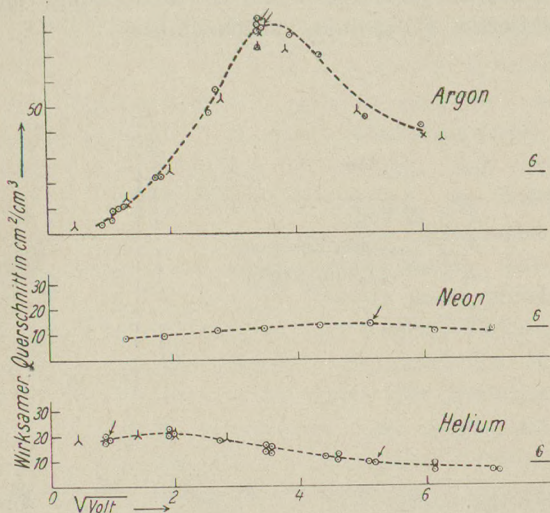


Fig. 2.

Zunächst sieht man, daß alle Kontrollpunkte völlig in die Kurven hineinfallen. Dies gilt sowohl von den drei Sauerstoffwerten, wie von den Werten für abnormen Druck. In letzterer Beziehung sei namentlich auf das Maximum der Argonkurve verwiesen, wo die obersten vier Punkte einer Mengenverminderung der Elektronen in dem  $3/4$ -Kreis auf  $1/3$  bis  $1/270$  entsprechen, ohne daß die gefundenen Werte irgendwelchen Gang zeigen. Auch die zugehörige Geschwindigkeitsverteilungskurve der Fig. 3 ändert sich nicht bei dem Übergang vom Druck der Restgase bis zu dem höchsten angewandten Argondruck, d. h.

1) H. F. Mayer, Ann. d. Phys. 64. S. 468. 1921.

2) Wir benutzen hier die Angaben  $Q_{t\text{korr}}$  aus Landolt und Börnsteins Tabellen (1912), welche auf die Molekularkräfte zwischen den Gasmolekülen und auf die Einzelheiten in der Verteilung der Bewegungsgröße längs des Geschwindigkeitsgefälles bei den Reibungsversuchen Rücksicht nehmen.

der geringe Elektronenbruchteil von  $\frac{1}{270}$ , welcher wirklich durch das Argon von  $\frac{157}{10000}$  mm Druck hindurchgeht, ist in keiner Weise beeinflusst. Die nur am Fuß der Kurve sich ergebende Verbreiterung ist hierbei entsprechend der außerordentlich starken Absorption auf die Mitwirkung von Trägern und reflektierten Elektronen zurückzuführen.

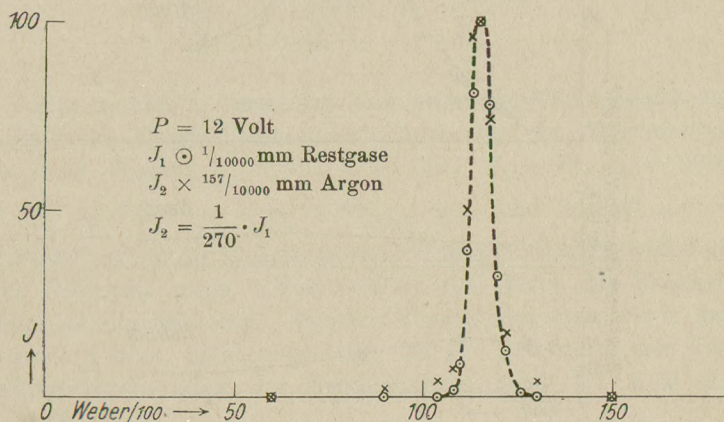


Fig. 3.

### VI. Hauptergebnisse.

Die eigentlichen Resultate lassen sich in folgende Hauptsätze zusammenfassen, wobei bezüglich theoretischer Schlußfolgerungen auf Teil I, Abschn. VIII verwiesen sei.

1. Geht man von höheren Werten der Elektronengeschwindigkeit, z. B. 50 Volt, zu immer kleiner und kleineren Werten über, so steigt zuerst der Wirkungsquerschnitt, erreicht ein Maximum und sinkt dann wieder ab. Dies gilt für alle drei Gase, tritt aber bei Argon bei weitem am stärksten hervor, indem hier dem sehr hohen Maximum eine dem Nullwert sich nähernde Abnahme gegenübersteht. Dies bedeutet, daß ein Elektron kleinster Geschwindigkeit das Argonatom fast überall frei passieren kann, ohne absorbiert oder reflektiert zu werden und ohne eine für die benutzte Versuchsanordnung meßbare Änderung in Richtung oder Geschwindigkeit zu erleiden.

2. Der Vergleich mit dem absorbierenden Querschnitt (vgl.  $\lambda$  bei Argon und Helium) nach Hrn. H. F. Mayer zeigt, daß der Wirkungsquerschnitt und der absorbierende Querschnitt bei diesen kleinsten Geschwindigkeiten in dem ganzen Untersuchungsbereich einander gleich sind, was bekanntlich bei höheren Geschwindigkeiten durchaus nicht der Fall ist. Das Elektron wird also bei einem Zusammenstoß entweder völlig aus dem Strahle ausgeschieden, nämlich echt oder unecht absorbiert (reflektiert), oder es erleidet überhaupt keine für diese Versuchsanordnung merkliche Einwirkung, also auch keine Richtungs- oder Geschwindigkeitsänderung, von welcher beiden die erstere sich bei höheren Strahlgeschwindigkeiten in ganz überwiegendem Maße bemerkbar machen würde. Die Übereinstimmung mit den Mayerschen Werten kann gleichzeitig in gewissem Grade als Bestätigung des hier gefundenen experimentellen Verlaufs selbst dienen. Ob dabei das Tieferliegen der Mayerschen Werte in der Nähe des Kurvenmaximums bei Argon, wie es auch bei Helium leicht angedeutet ist, als reell betrachtet werden kann, mag dahingestellt bleiben. Nimmt man wenigstens für Argon im Hinblick auf die sonstige gute Übereinstimmung Reellität der Differenz an, so würde dies eine merkliche Mitwirkung von Richtungs- und Geschwindigkeitsänderungen in diesem Gebiet bedeuten, was bei der Abnormität der Absorption durchaus denkbar erscheint.

3. Der Vergleich mit den gaskinetischen Querschnitten (vgl. die mit  $G$  bezeichneten Marken) zeigt bei den drei Gasen ein individuelles Verhalten.<sup>1)</sup>

Danzig, im Dezember 1921.

1) Abweichend hiervon hatten die Herren Franck und Hertz (vgl. die Diskussion in der Physik. Zeitschr. 21. S. 576—578. 1920) für den absorbierenden und den gaskinetischen Querschnitt die gleiche Größenordnung erhalten. Zum Vergleich seien hier noch einmal alle bisher bekannten Verhältnisse des absorbierenden Querschnitts zum gaskinetischen Querschnitt für die damals in Frage stehenden Gase zusammengestellt, unter Umrechnung *aller Werte* auf  $Q_{\text{korr}}$ . Als Elektronengeschwindigkeiten sind hierbei für  $H_2$  die kleinsten vorkommenden Werte gewählt, da sonst Nr. 4 ausfallen würde, während für He der Vergleich für 6 Volt allgemein durchführbar ist. Für die Werte Nr. 5 ist dies übrigens ohne

Belang, da die Franck-Hertz'schen Messungen die sonst allgemein gefundene Abhängigkeit von der Elektronengeschwindigkeit zwischen 2 und 10 Volt nicht zeigen.

Nr.	Beobachter	H <sub>2</sub>	He
		(≤ 6 Volt)	(= 6 Volt)
1	Lenard . . . . .	3,6	—
2	Robinson . . . . .	3,2	2,3
3	H. F. Mayer . . . . .	3,6	2,3
4	Ramsauer . . . . .	3,4	2,5
5	Franck u. Hertz . . . . .	1,2	0,7

1. Ann. d. Phys. 12. S. 741. 1903. 2. Ann. d. Phys. 31. S. 811. 1910 u. Physik. Zeitschr. 11. S. 12. 1910. 3. Ann. d. Phys. 64. S. 466 ff. 1921. 4. Teil I und obige Arbeit. 5. Verh. d. Deutsch. Phys. Gesellschaft 15. S. 377 f. 1913.

Da die Herren Franck und Hertz selbst — bei ihrem Hinweis auf den Widerspruch mit Hrn. Lenard und Hrn. Robinson — die Entscheidung der Frage durch „spätere genaue Messungen mit parallelen Strahlen“ erwarten, so glaube ich, durch die hier vorliegende Methode, welche ja auf der Benutzung streng paralleler Strahlenbündel beruht, die Frage zugunsten der höheren Werte entschieden zu haben, sofern dies bei der ganz einwandfreien, auf parallelen Strahlenlauf zurückgehenden Durchführung von Nr. 1 und der guten Übereinstimmung von Nr. 1, 2, 3 noch nötig war.

(Eingegangen 22. Dezember 1921.)

