

Über die elektrische Analyse der Gase

mittels positiver Strahlen.

Von

G. Weißenberger.

Vortrag, gehalten den 29. November 1916.

Trockene atmosphärische Luft unter normalem Druck ist ein Isolator. Man kann auf den Polkugeln einer Elektrisiermaschine ganz bedeutende entgegengesetzte Ladungen ansammeln, ehe ein Funke zwischen ihnen überspringt. Der Widerstand, welchen die Luft dem Ausgleich elektrischer Ladungen entgegenstellt, läßt sich jedoch verringern, wenn man den Druck herabmindert. Zu diesem Zwecke schließt man die beiden Pole, zwischen denen die Entladung stattfinden soll, in ein Glasgefäß ein, aus dem man die Luft durch Auspumpen entfernt. Ist die angelegte Spannung groß genug, so gehen anfangs kurze, kräftige Funken über. Wenn der Druck genügend tief gesunken ist und etwa $\frac{1}{5}$ einer Atmosphäre beträgt, bemerkt man, während die Spannung zurückgeht, unruhige, langgezogene, rosa-farbige Lichtbüschel zwischen den beiden Polen, die an der Seite der Anode, der positiven Platte, heller erscheinen. Mit fortschreitender Verdünnung (bei einem Druck von etwa $\frac{1}{20}$ einer Atmosphäre) treten die einzelnen Lichtfäden zu einem einzigen zusammen und an der Kathode, der negativen Platte, bildet sich ein kleiner blauer Lichtknoten aus, das negative Glimmlicht. Der Lichtfaden wird allmählich dicker und bei doppelt so großer Verdünnung zeigt die Anode eben-

falls einen von der übrigen Entladungsbahn deutlich unterscheidbaren, rötlichweißen Lichtansatz, das positive Glimmlicht. Während der Druck auf etwa 0·5 cm Quecksilber sinkt, breitet sich die Lichterscheinung langsam so aus, daß sie den ganzen Querschnitt zwischen den Platten ausfüllt, das negative Glimmlicht wird kräftig und sondert sich von der Lichtsäule; der dunkle Raum, der dadurch entsteht, heißt der Faradaysche Dunkelraum. Das positive Glimmlicht ist erloschen. Bei weiterer Zunahme des Vakuums (etwa 0·2 cm Druck) beginnt die glänzende Lichtsäule zu verblassen, das negative Glimmlicht hebt sich von der Kathode ab und läßt zwischen sich und ihr einen zweiten lichtschwachen Raum entstehen, den man als Hittorfschen Dunkelraum bezeichnet. Die Spannung hat ein Minimum erreicht, die Verhältnisse für den Übergang des Stromes sind also jetzt am günstigsten geworden. Bei einem Druck von 0·1 cm ist die Lichtsäule vollkommen verschwunden, der Faradaysche Dunkelraum reicht bis zur Anode und an die Wände des Glasgefäßes, das negative Glimmlicht ist gegen die Anode hin verlängert. Das Vakuum nimmt nun bereits beträchtliche Werte an. Bei dieser Verdünnung der Luft treten die scharfen Grenzen zwischen den einzelnen Teilen der Entladungserscheinung immer mehr zurück. Wenn sich das negative Glimmlicht bis zur Anode erstreckt (etwa 0·02 cm Druck), liegt über der Kathode ein diffuses, gelbliches Licht. Es verblaßt aber bald unter Einschnürung seiner Breite und macht einem blauen Lichtstreifen Platz, der

von der Mitte der Kathode ausgeht und bis zur Anode reicht. Dieses Licht ruft eine neue Erscheinung hervor: Wo es das Glas trifft, entsteht ein helles, grünes Leuchten, das sich mit steigender Luftverdünnung über die ganze Röhre verbreitet. Die Phosphoreszenz des Glases wird von den Kathodenstrahlen hervorgerufen, das sind Teilchen negativer Elektrizität, Elektronen genannt, die geradlinig und mit großer Geschwindigkeit von der Oberfläche der Kathode ausgeschleudert werden. Der Beweis dafür läßt sich durch einfache Experimente führen. Wenn man irgendeinen festen Körper in den Weg der Strahlen bringt, erhält man an der Glaswand einen scharfen Schatten, der die Form des Körpers genau wiedergibt. Der Schatten wird sowohl durch einen in der Nähe gehaltenen Magneten, als auch durch ein elektrisches Feld abgelenkt, und zwar in einer Richtung, welche zeigt, daß es sich um einen Strom negativ geladener Teilchen handelt. Durch Messungen an den Strahlen endlich ergeben sich die Ladung und die Masse eines solchen Teilchens.

Das grüne Leuchten des Glases überdeckt die schwachen Lichterscheinungen, die außerdem noch in der Röhre vorhanden sind. Bei geeigneter Anordnung ist es aber möglich, neben den Kathodenstrahlen noch andere Strahlen sichtbar zu machen. Goldstein wandte 1886 eine Apparatur an, deren Wesen darin besteht, daß die Kathode sich nicht am Ende der Entladungsröhre befindet, sondern etwa in der Mitte und durchlöchert ist. Legt man eine Spannung an, so zeigen

sich, wenn der Druck entsprechend niedrig ist, in dem Teil der Röhre zwischen den beiden Elektroden die Kathodenstrahlen mit der grünen Phosphoreszenz des Glases. Gleichzeitig bemerkt man aber hinter der Kathode, aus den Kanälen derselben austretend, schwach divergierende Bündel einer leuchtenden Entladung. Die Farbe der Entladung ist je nach dem Gas, das die Röhre erfüllt, verschieden, z. B. gelblich in Luft oder rötlich in Wasserstoff. Besonders schön treten diese Lichterscheinungen in Neon und Helium hervor. In dem ersten Gas erscheint die Bahn der Kathodenstrahlen in fahlem Blau, während die andere Hälfte der Röhre ein glänzendes Rot zeigt, in Helium erzeugen die Kathodenstrahlen grünes Leuchten, die Entladungsbahn hinter der Kathode ist rötlich gefärbt.

Goldstein nannte die Strahlen nach ihrer Entstehungsweise Kanalstrahlen. Wenn sie auf Glas treffen, erzeugen sie ebenso wie die Kathodenstrahlen eine Phosphoreszenz, welche jedoch anders geartet ist. Das Glas leuchtet wie bei jenen grün, nur schwächer, an der Innenseite aber liegt eine gelbe Lichtschicht darüber. Die spektroskopische Untersuchung des gelben Lichtes ergab, daß in ihm nur die gelben Linien des Natriums vorhanden sind, man muß daher annehmen, daß das Innere der Glasröhre an den Stellen, wo die Strahlen auftreffen, mit einer leuchtenden Gasschicht von Natriumdampf überzogen ist, der durch die Entladung aus dem natriumhaltigen Glas freigemacht worden ist. Die Kanalstrahlen vermögen auch viele Salze zum

Leuchten anzuregen, indem sie auf ihrer Oberfläche eine dünne Schicht des Metaldampfes erzeugen, der ein charakteristisches Licht aussendet. Lithiumsalze leuchten, wenn sie in die Röhre gebracht werden, unter der Einwirkung der Strahlen rot, Natriumsalze gelb, Kalziumsalze orange, Thalliumsalze grün, usw. Manche Minerale, wie Zinkblende oder Willemit, phosphoreszieren, wenn sie von Kanalstrahlen getroffen werden, sehr hell. Diese Eigenschaft macht man sich bei der Untersuchung der Strahlen zunutze; da das Glas zu wenig kräftig leuchtet, um eine verlässliche Beobachtung der Lichtflecke zu ermöglichen, bringt man am Ende der Röhre eine Platte an, welche mit einer dünnen Schicht von feinst gepulvertem Willemit überzogen ist. Man bekommt dann an den Stellen, wo die Strahlen auftreffen, scharfe, helle Phosphoreszenzflecke, die ohne Anstrengung beobachtet werden können.

Ein noch weit empfindlicheres Mittel zur Aufzeichnung der Strahlen ist die photographische Platte. Ihre Anwendung bietet den großen Vorteil, ein dauerndes Bild zu gewinnen, während der Willemitschirm nur vergängliche Bilder zu geben imstande ist; die photographische Platte ist daher zu Messungen geeignet. Die Strahlen dringen, im Gegensatz zu den Lichtwellen, nur wenig in die Schicht der Platte ein, man kommt also mit einem sehr dünnen Belag aus. Um möglichst dichte Bilder zu erhalten, soll die Emulsion reich an Halogensilber sein. Da die Einwirkung der Strahlen

auf die Platte von anderer Art wie die des Lichtes ist, kann man aus der Lichtempfindlichkeit der Platte keinen direkten Schluß auf ihre Verwendbarkeit zur Aufnahme der Strahlen ziehen; diese hängt von mehreren Umständen ab.

Es gibt noch eine andere Methode, dauernde Bilder von den Strahlen zu erhalten, welche jedoch für praktische Zwecke bisher nicht in Anwendung gekommen ist. Sie besteht in der Ausnützung der Wirkung, welche die Strahlen auf sehr dünne Metallschichten ausüben. Einen solchen Metallüberzug kann man z. B. erhalten, wenn man durch eine mit Elektroden versehene Kugel, die sehr hoch evakuiert ist, eine Entladung passieren läßt. Die Kathode wird zerstäubt und die Oberfläche einer Glasplatte, die man hineingebracht hat, bedeckt sich mit einer sehr dünnen Schicht des Kathodenmetalls. Setzt man diese Schicht den Kanalstrahlen aus, so entfernen sie in kurzer Zeit an den Berührungsstellen den Überzug und das blanke Glas tritt wieder hervor. Auch auf diese Weise ist es somit möglich, den Ort, an welchem die Strahlen auffallen, dauernd festzuhalten.

Stellt man irgendein festes Hindernis in den Weg der Strahlen, so bekommt man auf dem Willemitzschirm einen scharf begrenzten Schatten, dessen Konturen genau die Umrisse des Körpers wiedergeben; die Strahlen pflanzen sich daher geradlinig fort. Da es durch Ablenkungsversuche mit Hilfe von elektrischen und magnetischen Feldern gelungen war, nachzuweisen,

daß die Kathodenstrahlen aus einem Strom negativ geladener Teilchen bestehen, lag es nahe, zu versuchen, die gleichen Methoden auch zur Erforschung der Kanalstrahlen heranzuziehen. Das Resultat war ein negatives, da die Anwendung der gleichen Felder, die bei jenen eine kräftige Beeinflussung der Bahn hervorriefen, bei diesen keine merkliche Ablenkung ergaben. Im Jahre 1898 wiederholte Wien die Versuche mit sehr starken Feldern und fand bald, daß auch die Kanalstrahlen der Ablenkung unterworfen sind, doch beträgt diese kaum 2 % von der, welche die Kathodenstrahlen unter den gleichen Verhältnissen erleiden. Der Sinn der Ablenkung ist entgegengesetzt wie bei den Kathodenstrahlen, demnach bestehen die Kanalstrahlen aus positiv geladenen Teilchen. Man bezeichnet sie aus diesem Grunde als positive Strahlen.

Ein Apparat, welcher sich zur Beobachtung des Effektes gut eignet, ist von Wien angegeben und von Thomson verbessert worden. Die Kathode ist mit Hilfe von etwas Siegelack in den Schliff einer weiten Glasröhre eingesetzt. Ihr Kopf, der zweckmäßig gerade mit der Gefäßwand abschneidet und nicht vorsteht, ist aus Aluminium, der übrige Teil aus weichem Eisen. Sie ist durchbohrt und enthält genau zentriert eine Kupferröhre mit sehr feinem Lumen. Um eine Erhitzung der Kathode und der mit Siegelack gedichteten Stellen zu vermeiden, ist der herausragende Teil von einem Kühlmantel umgeben, durch den beständig kaltes Wasser fließt. An das Ende der Ka-

thode ist mit Siegelack ein Ebonitkästchen angekittet, welches symmetrisch zur Einsatzröhre der Kathode zwei Weicheisenstücke enthält, die mit den Polen einer Hochspannungsbatterie verbunden sind. An der Außenseite des Kästchens setzen sich diese Eisenstücke in gleichem Querschnitt als die Pole eines kräftigen Elektromagneten fort. Das elektrische und das magnetische Feld sind so vollkommen überdeckend, eine für genaue Messungen unerläßliche Bedingung. In das konische Ende des Ebonitkästchens ist ein Glastrichter luftdicht eingesetzt, dessen Öffnung von einem Willemitschirm verschlossen wird. Es ist notwendig, die Entladungsröhre selbst vor der Einwirkung des magnetischen Feldes zu schützen, da sonst die Bahn der Strahlen schon in der Röhre beeinflusst werden würde. Die Röhre muß daher durch dicke Platten aus weichem Eisen von den Apparaten abgeschirmt sein.

Durch ein elektrisches Feld werden die positiven Strahlen in der Richtung gegen den negativen Pol hin abgelenkt, weil sie von dort her eine Anziehung erfahren. Bei gegebener Feldstärke wird die Größe der Ablenkung abhängig sein von der Ladung des Teilchens; je größer diese, desto stärker die Anziehung. Weiters wird sie mit der Geschwindigkeit und der Masse des Teilchens zusammenhängen, und zwar im umgekehrten Sinn; je beträchtlicher diese sind, desto kleiner die Ablenkung, weil das Beharrungsvermögen, in der Bahn zu bleiben, um so größer sein wird, je schwerer und schneller die Teilchen sind. Die Richtung der

Ablenkung, welche die Strahlen durch das parallele magnetische Feld erfahren, steht senkrecht auf der Bewegungsrichtung der Strahlen und der Richtung des magnetischen Feldes. Der Betrag der Ablenkung hängt in ähnlicher Weise, wie oben abgeleitet, von den drei Größen Masse, Geschwindigkeit und Ladung ab. Schaltet man beide Felder ein, so kombinieren sich ihre Wirkungen und der Lichtfleck verschiebt sich nach einem Punkt in dem von den beiden Richtungen eingeschlossenen Quadranten.

Die punktförmige Ablenkung des ursprünglichen Lichtfleckes kann aber nur dann eintreten, wenn die drei Bestimmungsstücke für alle Teilchen in den Strahlen gleichen Wert haben. Tragen die Teilchen verschiedene Ladungen, haben sie verschiedene Masse oder bewegen sie sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten, so müssen bei Einwirkung eines Feldes statt der Punkte im allgemeinen Linien, bei Einwirkung beider Felder flächige Lichterscheinungen auftreten. Wir wollen nun untersuchen, in welcher Art sich die maßgebenden Größen ändern können. Die Geschwindigkeit der Teilchen kann theoretisch jeden Wert von Null bis zu sehr hohen Beträgen annehmen, sie kann sich also von Teilchen zu Teilchen kontinuierlich ändern. Anders ist es mit Masse und Ladung. Auf Grund anderer Untersuchungen wissen wir, daß diese beiden Größen sich sprunghaft ändern, da einerseits jedes materielle Teilchen sich aus einer endlichen Zahl von Bausteinen aufbaut und daher eine ganz bestimmte Masse besitzt,

andererseits die Ladung nur aus einer oder mehreren Einheitsladungen, Elementarquanten genannt, bestehen kann. Zwischenwerte sind ausgeschlossen. Da also diese beiden Größen die Ablenkung in anderer Weise beeinflussen werden als die Geschwindigkeit, faßt man sie gewöhnlich zusammen und bezieht die Beobachtungen gemäß der oben erörterten Abhängigkeit auf das Verhältnis von Ladung zu Masse.

Nur eine von den drei Bestimmungsgrößen also, die für den Betrag der Ablenkung maßgebend sind, ist kontinuierlich veränderlich, die beiden anderen und daher auch ihr Verhältnis können nur ganz bestimmte Werte annehmen. Wir werden demnach bei gleichzeitiger Einschaltung beider Felder keine flächige Lichterscheinung, sondern nur einzelne Linien erhalten, und zwar sind, wie sich mathematisch leicht zeigen läßt, diese Linien Parabelbögen. Jede Parabel entspricht einem bestimmten Wert des Verhältnisses von Ladung zu Masse, also einer bestimmten Art von Teilchen. Die Geschwindigkeit der Teilchen kann dabei verschieden sein, sie beeinflußt nur die Länge des Parabelbogens.

Sind mehrere Arten von Teilchen vorhanden, so sieht man auf dem Schirm für jede einzelne Art eine Parabel. Alle Parabeln haben einen gemeinsamen Scheitel, der in dem Punkt liegt, wo die unabgelenkten Strahlen auftreffen. Da die Schnelligkeit der Teilchen eine obere und eine untere Grenze nicht überschreitet, sind die Parabeln nicht vollständig vorhanden, sondern

beginnen an jenem Punkt, der durch die größte Geschwindigkeit, und endigen an dem Punkte, der durch die kleinste Geschwindigkeit der betreffenden Teilchen gegeben ist.

Aus der Lage der Parabel, welche man mit Hilfe der photographischen Platte festhält, kann man das Verhältnis von Ladung zu Masse ermitteln und, wenn die Ladung des Teilchens bekannt ist, daraus seine Masse berechnen. Solche Untersuchungen, von Thomson im Jahre 1906 ausgeführt, zeigten, daß die positiven Strahlen geladene Atome und Moleküle von Elementen und Verbindungen darstellen.

Die Messungen an den Platten fallen um so genauer aus, je schmaler die Kurven sind. Um scharfe Bilder zu bekommen, ist es notwendig, das Lumen der Kupferröhre, welche in die Kathode eingesetzt ist, sehr klein zu halten, etwa 0.1 bis 0.01 mm. Da die Strahlen ein wenig divergieren, ist der Phosphoreszenzfleck, den sie am Schirm erzeugen, stets größer und hat gewöhnlich einige Millimeter im Durchmesser. Von besonderer Wichtigkeit ist ein genügend hohes Vakuum. Ist der Druck des Gases in dem Apparat noch zu groß, so stoßen die geladenen Partikel auf ihrem Wege häufig mit den Molekülen des Gases zusammen, erzeugen neue geladene Teilchen, indem sie sich selbst entladen, und das Bild wird vollkommen gestört. Zur Erzielung günstiger Resultate muß die Verdünnung soweit getrieben werden, daß der Druck des Gases nur mehr von der Größenordnung 10^{-3} bis

10⁻⁵ mm Quecksilber ist. Bei solchen Drucken ist der Widerstand, der sich der Entladung in den gewöhnlichen Entladungsröhren entgegenstellt, außerordentlich groß und man muß sehr hohe Spannungen anlegen sowie verschiedene Hilfsmittel anwenden, um den Stromübergang in der Röhre aufrecht zu erhalten. Die Schwierigkeit beginnt, wenn sich der Hittorfsche Dunkelraum so weit ausbreitet, daß er die Wände der Röhre erreicht. Dies kann man jedoch vermeiden, indem man große Glasgefäße nimmt. In solchen lassen sich äußerst weitgehende Verdünnungen erreichen, bei denen der Dunkelraum zwischen den Elektroden bereits vollständig entwickelt ist, ohne doch die Glaswände zu berühren, weil diese weit von den Elektroden entfernt sind.

Wenn man photographische Aufnahmen von den abgelenkten Strahlen macht, ist es zweckmäßig, nach genügend langer Exposition das magnetische Feld umzukehren und nochmals zu exponieren. Man erhält auf diese Weise den zweiten, symmetrisch gelegenen Parabelast und kann durch Halbierung der Abstände je zweier entsprechender Punkte leicht die Mittellinie konstruieren, auf welche die Parabel bezogen werden muß. Will man auch die Scheitellinie sehr genau bekommen, so muß man das elektrische Feld ebenfalls umkehren und vier Aufnahmen machen. Die Messungen werden dann sehr exakt. Die Platten lassen zwei Arten von Linien erkennen: Gerade, welche von Nebenerscheinungen herrühren, und die Parabelbögen, welche die

Anwesenheit einer bestimmten Art von Molekülen oder Atomen anzeigen. Aus der Länge der Bögen geht hervor, daß das langsamste Teilchen oft nur ein Fünftel oder ein Sechstel der Geschwindigkeit des schnellsten besitzt, daß also unter den gleichartigen Teilchen sehr verschiedene Geschwindigkeiten vorkommen. Gewöhnlich führen die Partikel der positiven Strahlen nur eine Einheitsladung mit sich; es kommt jedoch auch vor, daß sie zwei oder mehrere Ladungen tragen. In diesem Falle gibt aber die Platte gewisse Anhaltspunkte, an denen man erkennen kann, daß eine mehrfache Ladung vorliegt; so z. B. sind dann einige der Parabeln, deren Anfänge sonst immer in einer Geraden liegen, gegen den Ursprung hin verlängert, oder sie erscheinen mehrfach verdickt, wie Perlenschnüre, usw. Aus der Betrachtung der Kurven ist es mithin in einfacher Weise möglich, die Größe der Ladung festzustellen und damit aus dem Verhältnis von Ladung zu Masse, das durch die Lage der Kurve gegeben ist, die Masse, bezw. das Atom- oder Molekulargewicht der Substanz zu berechnen, die sie hervorbringt. Man ist also imstande, ein Gas- oder Dampfgemisch auf diesem Wege zu analysieren.

Die Methode zur Analyse der Gase und Dämpfe mit Hilfe positiver Strahlen ist von Thomson gearbeitet worden. Sie ist in mehrfacher Hinsicht bemerkenswert. Sie liefert einen direkten Beweis für die molekulare Zusammensetzung der Gase, denn jede Aufnahme zeigt eine endliche, und zwar immer kleine Zahl

von Parabeln, deren jede scharf begrenzt ist. Die Massen der einzelnen Atome und Moleküle müssen untereinander vollkommen übereinstimmen, denn wäre dies nicht der Fall, würde z. B. die Masse irgendeines Atoms um einen Mittelwert schwanken, so müßten an Stelle der Linien breite Bänder treten, deren Ränder den Grenzen der Schwankung entsprechen. Man kann jedoch die Parabelbögen so fein machen, als man will, indem man das Lumen der Kathodenröhre verkleinert; allerdings wird das Bild dann immer lichtschwächer und es sind immer längere Expositionen notwendig.

Auf Grund der erhaltenen Bilder kann man entscheiden, ob ein untersuchtes elementares Gas ein- oder mehratomig ist. Bisher war man diesbezüglich bei solchen Gasen, die keine chemischen Reaktionen eingehen, auf indirekte Methoden angewiesen, z. B. auf die Messung der Schallgeschwindigkeit, bezw. des Verhältnisses der spezifischen Wärmen. Die elektrische Analyse gibt unmittelbar Aufschluß über den Aufbau des Gases; die Aufnahmen zeigen, daß Helium und die übrigen Edelgase einatomig, dagegen Wasserstoff oder Stickstoff zweiatomig sind.

Die Analyse mit positiven Strahlen gehört zu den empfindlichsten mikroanalytischen Methoden. Sie erfordert außerordentlich wenig Substanz, Mengen von der Größenordnung 10^{-6} cm³ können ohne Schwierigkeit aufgefunden werden. Sie ist also empfindlicher als die Spektralanalyse. Eine besondere Reinigung der Substanz ist nicht notwendig, denn jede Parabel ent-

steht unabhängig von den anderen. Eine gegenseitige Beeinflussung findet nicht statt, während bei den gewöhnlichen chemischen Reaktionen oft die Anwesenheit einer zweiten Substanz in erheblicher Menge sehr störend wirkt. Die Analyse geschieht vollkommen automatisch und registrierend, man braucht das Photogramm schließlich nur zu lesen. Eine einzige Aufnahme gibt sofort die vollständige Analyse der vorgelegten Probe.

Besonders geeignet ist die Methode zur Aufsuchung neuer Stoffe. Die gewöhnlichen Analysenmethoden lassen einen neuen Stoff vorerst nur dadurch erkennen, daß seine Reaktionen nicht mit denen bekannter Stoffe übereinstimmen, geben also nur negative Anhaltspunkte, die immer etwas unsicher sind. Die elektrische Analyse führt sofort zu einem positiven Ergebnis: der neue Stoff wird durch eine neue Parabel angezeigt, aus deren Lage sich sein Atomgewicht rechnen läßt. Dabei ist es nicht notwendig, den gesuchten Körper irgendwie anzureichern oder gar rein darzustellen, er braucht nur in geringem Prozentsatz zugegen zu sein. Die Spektralanalyse würde in einem solchen Falle nicht immer zum Ziel führen, weil das Spektrum des überwiegenden Bestandteiles oft das der nur in Spuren vorhandenen Substanz überdeckt. So z. B. ist Helium in einer Mischung mit Wasserstoff erst dann im Spektroskop zu entdecken, wenn es bereits einen beträchtlichen Teil des Gemisches ausmacht, während durch die elektrische Analyse schon 1 % davon leicht nach-

weisbar ist. Weiters erhalten wir sogleich Auskunft, ob die neue Substanz ein ein- oder mehratomiges Molekül hat; in letzterem Falle sind mehrere neue Parabeln vorhanden.

Eine Schwierigkeit in der Identifizierung einer Substanz durch Bestimmung ihres Atomgewichts aus der Lage des Parabelbogens könnte dadurch entstehen, daß einige Verbindungen und Elemente gleiche oder nahezu gleiche Massen haben, z. B. Kohlensäure und Stickstoffoxydul (44), oder Kohlenmonoxyd und Stickstoff (28) oder Stickstoff und Aluminium (28, bezw. 27.5). Die Parabeln je zweier von diesen Stoffen decken sich. In diesem Falle kann man sich aber leicht helfen, indem man die Bedingungen verändert und eine neue Aufnahme macht. Man bringt z. B. ein Stückchen Kaliumhydroxyd in die Röhre und beobachtet, ob die Helligkeit der Linie abgenommen hat, was bei Anwesenheit von Kohlensäure der Fall sein müßte, oder man verwendet aluminiumfreie Elektroden usw.

Die photographische Platte vermag nun zwar rasche und sichere Angaben über die qualitative Zusammensetzung eines untersuchten Gases zu machen, in quantitativer Hinsicht sind die Resultate jedoch nicht genau. Die Schwärzung der auf der Platte wiedergegebenen Linien ist kein Maß für die Menge der Teilchen, welche sie hervorgebracht haben, da die Stärke des Eindruckes von der Geschwindigkeit der Teilchen abhängt. Die geladenen Partikel bekommen

ihre Bewegungsenergie von dem Spannungsgefälle, welches sie in der Entladungsröhre durchlaufen, bei gleicher Energie erhalten aber die leichteren Teilchen eine viel größere Geschwindigkeit als die schwereren. Sie dringen daher tiefer in die Schicht ein und die Linie erscheint kräftiger. Aus diesem Grunde ist die Linie des Wasserstoffatoms auch dann noch auf den Platten zu sehen, wenn nur äußerst geringfügige Spuren von diesem Gas in der Röhre vorhanden sind, und sie ist in einer Mischung von Sauerstoff und Wasserstoff auch dann noch stärker als die Parabel des Sauerstoffatoms und Moleküls, wenn der Sauerstoff 300mal überwiegt.

Die Methode der elektrischen Analyse läßt sich jedoch, wie Thomson gezeigt hat, zu einer quantitativen ausgestalten. Aus der Lage der Parabeln und anderen Anzeichen ergibt sich die Zahl der Ladungen, welche ein Teilchen mit sich führt. Wie bereits erwähnt, ist diese Zahl gewöhnlich 1, in Ausnahmefällen auch mehr. Wenn man nun die Gesamtladung aller Teilchen mißt, die in einer bestimmten Zeit den Schirm treffen, ergibt dieser Betrag durch Division mit der Einzelladung ein Maß für die Zahl der Teilchen, die den Schirm während dieser Zeit berührt haben, und damit ein Maß für die relative Menge des gesuchten Bestandteiles. Thomson hat einen Apparat angegeben, der es gestattet, in bequemer Weise die Messung durchzuführen. An Stelle des Glastrichters in der oben besprochenen Ordnung schließt sich an das Ebonitkästchen

ein gut isoliertes Metallgefäß an. Die Verbindung zwischen beiden stellt ein schmaler, parabelförmiger Schlitz dar. Der Scheitel des Parabelbogens liegt in der Verlängerung der Achse des Kathodeneinsatzröhrchens, also an dem Punkt, wo die unabgelenkten Strahlen auftreffen. Die Strahlen, welche durch den Schlitz in das Metallgefäß eintreten, fallen auf die Rückwand und geben dort ihre Ladung ab. Das Gefäß ist zur Messung dieser Ladung mit einem Elektroskop verbunden, dessen Ausschlag beobachtet wird.

Die Ablenkung der Strahlen geschieht durch ein konstantes elektrisches Feld, welches, wie oben ausgeführt, wenn es allein einwirkt, einen horizontalen Lichtstreifen erzeugt. Die Stärke des Feldes wird so reguliert, daß der Anfang des Lichtstreifens genau vertikal unter dem Anfang des parabelförmigen Schlitzes liegt. Nun läßt man ein schwaches magnetisches Feld dazutreten, das die Parabeln auseinanderzieht, und verstärkt das Feld langsam. Die Parabelbögen werden immer weiter von dem Lichtstreifen abrücken und schließlich in den Schlitz fallen. Bevor eine Parabel in den Schlitz eintritt, zeigt das Elektroskop keine Ladung an; dringen positive Strahlen ein, so bewegt sich der Faden sofort, um wieder zur Ruhe zu kommen, wenn die Parabel passiert hat.

Zweckmäßig ist ein Teil der Rückwand des Metallgefäßes ausgeschnitten und durch einen Willemitschirm ersetzt, auf den die Strahlen abgelenkt werden können, so daß man sich vor Beginn einer Messung

überzeugen kann, ob der Apparat störungsfrei funktioniert. Die Strahlen, welche von der Fläche, die den Schlitz trägt, aufgefangen werden, erzeugen dort sekundäre Kathodenstrahlen, deren Eintritt in das Metallgefäß vermieden wird, indem man einen kleinen permanenten Magneten in die Nähe des Schlitzes legt. Sie werden dadurch vollkommen abgelenkt. In dem Metallgefäß muß der Druck zur Erzielung günstiger Resultate außerordentlich niedrig sein, damit die positiven Strahlen auf ihrer Bahn nicht durch Zusammenstöße mit Gasmolekülen beeinflußt werden. Die erhaltenen Werte trägt man in Kurvenbilder ein, aus denen sich dann die Mengenverhältnisse direkt ablesen lassen.

Die Methode der elektrischen Analyse der Gase und Dämpfe ist sehr breiter Anwendung fähig, da sich die meisten Stoffe durch geeignete Vorrichtungen in einer für die Untersuchung hinreichenden Menge in Dampfform versetzen lassen. Sie hat schon jetzt einige interessante Resultate geliefert und dürfte für manche Probleme der Chemie von Wichtigkeit werden. Thomson und seine Schüler fanden so den merkwürdigen, chemisch ziemlich widerstandsfähigen Atomkomplex H_3 , sie konnten die Entwicklung von Wasserstoff, Helium und Neon aus festen Stoffen beim Bombardement mit Kathodenstrahlen nachweisen und den Verlauf von Gasreaktionen verfolgen. Infolge der Geschwindigkeit, mit der sich alle Vorgänge in der Entladungsröhre abspielen, verraten die positiven Strahlen auch

die Existenz von sehr unbeständigen Atomkomplexen, denn zum Zurücklegen des Weges von den Elektroden bis zur Platte ist weniger als der Zeitraum einer Millionstelsekunde erforderlich. Dieser Umstand kommt für die Untersuchung radioaktiver Stoffe in Betracht, denn es ist dadurch möglich, neu entstehende Produkte, auch wenn sie nur kurzlebig sind, noch vor ihrem weiteren Zerfall auf der Platte festzuhalten. Die Methode ist auch geeignet, die Anwesenheit isotoper Stoffe, die sich nur durch einen verschiedenen Wert der Masse, nicht aber durch verschiedene chemische oder physikalische Eigenschaften unterscheiden, festzustellen. Thomson konnte bei Aufnahmen, die er mit Abdampfrückständen aus flüssiger Luft machte, neben der Parabel für Neon eine neue erhalten, die einer Substanz mit dem Atomgewicht 22 entsprach. Versuche, dieses Gas durch verschiedene physikalische Prozesse von Neon zu trennen, blieben erfolglos, bis er daranging, die Mischung mittels Diffusion zu erlegen. Der leichtere Bestandteil wanderte schneller als der schwerere. Das Ergebnis der Operationen verfolgte er dadurch, daß er beständig die relative Helligkeit der Linien auf der Platte beobachtete und das spezifische Gewicht der Mischung mit Hilfe einer sehr empfindlichen Quarzfadenwaage untersuchte. Beide Proben fielen positiv aus, doch konnte trotzdem keine merkliche Veränderung im Spektrum beobachtet werden. Offenbar handelt es sich hier um ein dem gewöhnlichen Neon isotopes Gas, das nur in geringer Menge

vorhanden ist und dessen Existenz wohl durch keine andere Methode als die der elektrischen Analyse hätte entdeckt werden können, bevor noch seine Reindarstellung gelungen ist.

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: 1917

Band/Volume: [57](#)

Autor(en)/Author(s): Weißenberger Georg

Artikel/Article: [Über die elektrische Analyse der Gase mittels positiver Gase. 25-47](#)