

## Physikalisches Colloquium der Universität Berlin.

Freitag, den 11. Februar 1938.

Kollath, Berlin-Reinickendorf: „Neuere Arbeiten über Sekundärelektronenemission“<sup>1)</sup>.

Trifft ein Strahl von Elektronen auf eine Metallfläche, so gehen von der Auftreffstelle wiederum Elektronen („Sekundärelektronen“) aus, die sich hauptsächlich durch ihre sehr viel kleinere Energie von den auftreffenden „Primärelektronen“ gut unterscheiden lassen. Diese Erscheinung hat in den letzten Jahren stark an Interesse gewonnen, weil man Materialien gefunden hat, die sehr viel mehr (bis zu 10mal) Sekundärelektronen abgeben, als Primärelektronen auftreffen, wodurch eine Möglichkeit zur Stromverstärkung gegeben ist. Über den eigentlichen Vorgang, der zu dieser Erscheinung führt, gehen die Ansichten noch sehr auseinander. Die größten bisher bekannten Ausbeuten wurden an den Alkaliphotoschichten erhalten, die nach dem Typus Unterlagemetall—Oxyd—Alkali aufgebaut sind und sich durch ihre besonders kleine Elektronenaustrittsarbeit auszeichnen. Es lag daher nahe, die große Sekundäremission dieser Schichten zunächst ihrer kleinen Austrittsarbeit zuzuschreiben und den Einfluß der Austrittsarbeit auf die Sekundäremission direkt zu untersuchen. Das Gesamtergebnis der hierhergehörigen Arbeiten<sup>2)</sup> läßt sich dahin zusammenfassen, daß zwar ein Einfluß der Austrittsarbeit vorhanden ist, daß er aber lange nicht so groß ist wie bei der Glühemission, weil die Sekundärelektronen erheblich größere Geschwindigkeiten besitzen als die Glühelktronen und deswegen nur zu einem kleinen Prozentsatz durch die Austrittsarbeit am Austritt aus dem Metall gehindert werden können; an ein und demselben Material, d. h. unter sonst völlig gleichen Versuchsbedingungen, macht sich eine Änderung der Austrittsarbeit durch eine Änderung der Sekundäremission bemerkbar, gehen wir aber von einem Material zu einem anderen über, so wird dieser Einfluß anscheinend von anderen, wichtigeren Einflüssen völlig überdeckt<sup>3)</sup>.

Die große Sekundäremission der Alkaliphotoschichten könnte andererseits vielleicht eine spezielle Eigenschaft der Alkaliatome sein. Ganz im Gegensatz zu dieser Erwartung lieferten reine, im Hochvakuum aufgedampfte Schichten von Alkalimetallen außerordentlich wenig Sekundärelektronen, erheblich weniger als andere Metalle, wie z. B. Wolfram, Molybdän usw. Wurden die Alkalimetalle aber oxydiert, so erhöhte sich ihre Sekundäremission sehr stark. *Bruining* und *de Boer*<sup>4)</sup> nahmen deshalb an, daß die Oxydierung der Alkali- und der Erdalkali-Metalle, die sich ähnlich verhalten, der wirklich bestimmende Faktor für hohe Sekundäremission sei. Nach den eigenen Untersuchungen des Vortr. an Beryllium<sup>5)</sup> kann aber auch die Oxydierung nicht allein maßgebend sein, weil 1. Oxydierung im kalten Zustand (durch Gasentladung in Sauerstoff) nicht die hohe Sekundäremission ergibt, die nach früheren Messungen an kompakten Berylliumplatten zu erwarten war, und weil 2. die optimale Sekundäremission der Berylliumschichten durch eine geeignete Wärmebehandlung auch ohne Anwesenheit von Sauerstoff sich erreichen läßt. Bemerkenswert ist dabei, daß im Hochvakuum, also in Abwesenheit von Sauerstoff, die Steigerung der Sekundäremission einer solchen Berylliumschicht erst bei einer Erwärmung auf eine ganz bestimmte Temperatur, etwa 750° bis 800°, dann aber sehr plötzlich einsetzt, eine Erscheinung, die nur als Umlagerung der Atome in der aufgedampften Berylliumschicht gedeutet werden kann. Damit ist ein neuer Gesichtspunkt als maßgebend für die Sekundäremission erkannt, nämlich die Anordnung der Atome in der Sekundärelektronen emittierenden Schicht. Die Sekundäremission stellt demnach nicht eine spezifische Eigenschaft eines Elementes dar, sondern hängt auch von der Anordnung der Atome dieses Elementes wesentlich ab.

<sup>1)</sup> Vgl. den zusammenfassenden Bericht des Vortr., Physik. Z. **38**, 202 [1937].

<sup>2)</sup> *K. Sztus*, Ann. Physik **3**, 1017 [1929], und *L. R. S. Treloar*, Proc. physic. Soc. **49**, 392 [1937].

<sup>3)</sup> *H. Bruining* u. *J. H. de Boer*, Physica **5**, 17 [1938].

<sup>4)</sup> Kurze Mitteilung vgl. Naturwiss. **26**, 60 [1938].

Freitag, den 25. Februar 1938.

W. Kollhörster: „Höhenstrahlung, magnetische Störungen und Nordlicht.“

Es wird über Registrierungen der Höhenstrahlung<sup>5)</sup> berichtet, die vom Vortr. zur Zeit der starken erdmagnetischen Störungen im Januar 1938 (am 16. Januar starke erdmagnetische Störung, am 25. Januar großes Nordlicht) durchgeführt worden sind. Die Methodik war schon im vergangenen Jahr stark verfeinert worden durch gleichzeitige Registrierung mit zwei voneinander unabhängigen Zählrohrpaaren; durch Vergleich beider Registrierungen stellte sich nämlich heraus, daß viele der kleineren Schwankungen, die man bei den früheren Registrierungen mit nur einem Zählrohrpaar für statistische Schwankungen halten mußte, nur zu einem geringen Teil wirklich statistisch bedingt sind, zum größeren Teil aber tatsächliche Schwankungen der Höhenstrahlung darstellen. Während nun bis zum 16. Januar abends die Höhenstrahlungsintensität, von den kleineren Schwankungen abgesehen, konstant blieb, zeigte sich zu dieser Zeit plötzlich ein starker Abfall, der erst langsam im Verlauf einiger Tage wieder zurückging. Das gleiche Verhalten zeigte auch die Nord-Süd-Komponente der Horizontalintensität des erdmagnetischen Feldes am 16. Januar. Auch bei der zweiten großen Störung des erdmagnetischen Feldes, dem starken Nordlicht am 25. Januar, ergab sich eine deutliche Abnahme der Höhenstrahlung, diese Abnahme war aber merklich kleiner als am 16. Januar.

Die Höhenstrahlen bestehen, wie man aus verschiedenen ihrer Eigenschaften schließen kann, mindestens von großen Teil aus Korpuskularstrahlen sehr hoher Energie<sup>1)</sup>. Daß diese trotz ihrer hohen Energie überhaupt in dem schwachen magnetischen Felde der Erde beeinflußt werden (Breiteneffekt), hat seinen Grund in der ungeheuren Ausdehnung des erdmagnetischen Feldes. Der wesentlich stärkere Einfluß der erdmagnetischen Störung vom 16. Januar gegenüber der vom 25. Januar (Nordlicht) wird vom Vortr. durch die Annahme erklärt, daß die Störung am 16. Januar hauptsächlich eine Störung des sogenannten Ringstromes<sup>6)</sup> war, d. h. eine Störung in sehr weiter Entfernung von der Erdoberfläche, während sich die magnetische Störung vom 25. Januar mehr auf die der Erdoberfläche nahen Schichten (Ionosphäre) auswirkte; nur die schon in weiter Entfernung von der Erdoberfläche vorhandene magnetische Störung kann aber auf die Höhenstrahlung merklichen Einfluß gewinnen. Jedenfalls stellt nach diesen Ergebnissen die Registrierung der Höhenstrahlung ein Mittel zur Untersuchung des erdmagnetischen Feldes, besonders in großen Entfernungen von der Erdoberfläche, dar.

In der *Aussprache* gibt Bartels eine kurze Übersicht über einige Ergebnisse erdmagnetischer Messungen unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im Januar 1938. Er weist dann unter anderem darauf hin, daß die relativ kleinere Änderung bei der Störung vom 25. Januar gegenüber derjenigen vom 16. Januar auch daran liegen kann, daß die Ringstromstörung vom 16. Januar noch gar nicht abgeklungen war.

W. Grotrian: „Neuere Arbeiten über Sonnenprotuberanzen.“

Für das Zustandekommen des Nordlichts und der erdmagnetischen Störungen sind die Sonnenprotuberanzen von wesentlicher Bedeutung. Man bezeichnet so die leuchtenden Gasmassen, die manchmal außerhalb der eigentlichen Sonnenscheibe (Chromosphäre) beobachtet werden. Berühmte Beispiele sind die Protuberanzen vom Mai und Juli 1919. Je nach ihrem speziellen Aussehen und Verhalten unterscheidet man ruhende Protuberanzen, Tornadoprotoberanzen, Fleckenprotuberanzen, eruptive Protuberanzen und aktive Protuberanzen, von denen im folgenden besonders die eruptiven behandelt werden. Früher hatte man zur Beobachtung dieser Erscheinung wegen der großen Helligkeit der Sonnenscheibe nur bei Sonnenfinsternis Gelegenheit; seit der Einführung des inzwischen sehr vervollkommenen Spektroheliographen ist es aber möglich, solche Protuberanzen jederzeit bei ihrem Auftreten zu beobachten oder zu photographieren. (Das Grundprinzip des Spektroheliographen besteht darin, ein Bild der Sonnenscheibe mit nur einer bestimmten Spektrallinie unter

<sup>5)</sup> Vgl. hierzu diese Ztschr. **48**, 755 [1935].

<sup>6)</sup> Über die Entstehung dieses „Ringstromes“ vgl. die Theorie von *Birkeland-Störmer*, z. B. im Handbuch d. Exp.-Physik, Bd. **25**, 1, S. 677 ff.

Ablendung des gesamten Spektrums zu entwerfen bzw. zu photographieren; ein solches Spektrroheliogramm läßt also auch eine Aussage über das Vorhandensein eines bestimmten Elementes in den das Licht ausstrahlenden Gasmassen zu, denn die Intensität des z. B. mit einer Ca-Linie aufgenommenen Bildes wird der Konzentration des Ca entsprechen usw.) An einigen Abbildungen wird eine moderne Heliographenstation (Turmteleskop) erläutert; sie ist mit einem Filmapparat ausgerüstet, der selbsttätig jede  $\frac{1}{2}$  min eine Aufnahme der Sonnenscheibe macht. Auf diese Weise lassen sich auch die Formänderungen der Protuberanzen als Funktion der Zeit aufnehmen und durch Vermessung der Aufnahmen die Geschwindigkeiten von Protuberanzen ermitteln. Die auf diesem Wege an eruptiven Protuberanzen ermittelten Gesetzmäßigkeiten sind außerordentlich überraschend: ihre Geschwindigkeit ist eine Zeitlang völlig konstant, erhöht sich dann sprunghaft auf einen größeren Wert, bleibt bei diesem wieder einige Zeit konstant, erhöht sich dann wieder sprunghaft usw. Die Absolutgeschwindigkeiten können außerordentlich groß werden: gemessen wurden Geschwindigkeiten bis etwa 1000 km/s. Manche Protuberanzen ließen sich bis zu einer Entfernung von einem Sonnendurchmesser von der Sonnenoberfläche fort verfolgen. Bemerkenswert ist bei der sprunghaften Vergrößerung der Geschwindigkeit noch die besondere Bevorzugung des Faktors 2, die nach den bisher vorliegenden Daten kaum zufällig sein kann, obgleich jede Erklärung dafür bisher noch aussteht. Eine wichtige Eigenschaft ganz anderer Art dieser Protuberanzen ist die, daß die verschiedenen Elemente einer eruptiven Protuberanz (z. B. Wasserstoff und Calcium) sich beim Fortfliegen von der Sonne nicht entmischen. Dies läßt sich entweder so deuten, daß der Mechanismus, der die Bewegung der Protuberanz hervorruft, für alle Komponenten derselbe ist, oder daß eine Komponente mengenmäßig so stark überwiegt, daß die anderen mitgerissen werden. Der zweite Vorgang wäre für uns leichter verständlich, bedarf aber für sein Vorhandensein einer bestimmten Mindestdichte der Substanz, die die anderen mitnehmen soll. Die Intensitäten der Spektrroheliogramme zeigen, daß der Wasserstoff weitaus am häufigsten vertreten ist, und die Abschätzung seiner Dichte liefert tatsächlich einen Wert, der an den für obigen Mechanismus notwendigen Mindestwert gerade heranreicht.

Daß die Materie auf der Sonnenoberfläche unter Bedingungen steht, die von den uns bekannten ganz extrem abweichen, geht besonders aus den Spektrroheliogrammen hervor, die mit den Linien des einfach und des doppelt ionisierten Heliums gewonnen sind; das Konzentrationsverhältnis von  $\text{He}^{++}$ - und  $\text{He}^{+}$ -Ionen ergibt sich experimentell zu  $10^{-4,5}$ , während es unter der Annahme thermodynamischen Gleichgewichts nach der *Sahaschen* Formel aus der Sonnentemperatur (6000°), der Ionisierungsspannung des Heliums (25 V) und dem anderweitig aus Versuchsdaten abschätzbaren Elektronendruck nur  $10^{-49}$  sein dürfte. Selbst beim Nichtvorhandensein thermodynamischen Gleichgewichts ist ein derartig großer Unterschied nur so zu erklären, daß die Ionisierungsspannungen unter den Bedingungen auf der Sonnenoberfläche von den uns bekannten Werten stark abweichen: die Ionisierungsspannung des Wasserstoffs müßte 8 V statt 16, die des Heliums 11 statt 25 und die des ionisierten Heliums nur 15 statt 56 betragen, um diese Diskrepanzen zu vermeiden<sup>7)</sup>.

Die weiteren Ausführungen des Vortr. sollen eine Erklärung für die oben wiedergegebenen Gesetzmäßigkeiten in der Bewegung der Protuberanzen geben. Das Stillstehen einer Protuberanz (ruhende Protuberanz) oder eine Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit bedeutet, daß sich diese Materie in einem schwerkraftfreien Raum befindet, daß also die Schwerkraft durch irgendeine andere Kraft gerade kompensiert wird. Das Nächstliegende scheint zu sein, den Strahlungsdruck dafür verantwortlich zu machen, es müßte in diesem Fall also die Strahlungskraft etwa der Schwerkraft gleich sein. Tatsächlich ergibt sich aber für Wasserstoff die Strahlungskraft etwa 10 mal kleiner als die Schwerkraft, wenn man für die Sonnentemperatur die Strahlung nach der *Planckschen* Formel berechnet. Wir müssen schließen, daß unter den hier vorliegenden Verhältnissen die Strahlung der Sonne größten-

ordnungsmäßig anders ist als nach der *Planckschen* Formel, besonders im Gebiet des extremen Ultravioletts (im Gebiet der Lymanserie Erhöhung um den Faktor  $10^6$ !). Die plötzliche Erhöhung der Geschwindigkeit einer Protuberanz muß ihren Grund in einer plötzlichen Vergrößerung der Strahlung (Strahlungsausbruch) haben. Da nach jeder solchen Vergrößerung die Geschwindigkeit wieder konstant wird, muß ein Mechanismus existieren, der sehr schnell dafür sorgt, daß die Strahlungskraft wieder der Schwerkraft gleich wird; wir kennen diesen Mechanismus heute noch nicht und können nur sagen, daß er wahrscheinlich mit dem Ionisationszustand der betr. Materiewolke im Zusammenhang stehen wird.

Die Entstehung einer Protuberanz haben wir uns also etwa folgendermaßen vorzustellen: über der eigentlichen Sonnenoberfläche lagert eine Wasserstoffschicht, die von der Schwerkraft und dem Strahlungsdruck im Gleichgewicht gehalten wird. Ändert sich an irgendeiner Stelle unter dieser Schicht die Ausstrahlung der Sonnenoberfläche, so sorgt ein uns bisher noch nicht bekannter Mechanismus in verhältnismäßig kurzer Zeit dafür, daß die Strahlungskraft wieder der Schwerkraft gleich wird. Geht die Änderung der Strahlung langsam vor sich, so kann sich eine ruhende Protuberanz ausbilden, geht aber die Änderung der Strahlung sehr plötzlich vor sich (Strahlungsausbruch), so wird die Gasmasse eine gewisse Geschwindigkeit in Richtung von der Sonne weg erhalten, bevor sich Gleichgewicht, d. h. konstante Geschwindigkeit einstellt. Photographische Aufnahmen haben das Vorhandensein solcher Strahlungsausbrüche in Verbindung mit der Entstehung von Protuberanzen bestätigt; die Sonnenstrahlung kann an diesen Stellen um den Faktor  $10^3$  größer sein als gewöhnlich; die dabei ausgesandte Strahlung scheint ziemlich monochromatisch zu sein und aus Wasserstofflinien zu bestehen, so daß sie in der darüberliegenden Wasserstoffschicht besonders stark absorbiert wird.

Diese Vorstellung wird auch durch die Beobachtung des Kurzwellenempfangs und der magnetischen Störungen auf der Erde gestützt. Wenn ein solcher Wasserstofflichtausbruch auftritt, setzt gleichzeitig auf der Erde der Kurzwellenempfang aus (aussetzende Ionosphärenreflexion und magnetische Störungen). Die Ursache für das Aussetzen muß eine Lichtstrahlung sein, weil einerseits beide Ereignisse innerhalb der Laufzeit des Lichts von der Sonne zur Erde gleichzeitig stattfinden und weil andererseits es für die Störung auf der Erde gleichgültig ist, an welcher Stelle der sichtbaren Sonnenoberfläche der Strahlungsausbruch erfolgt ist.

## VEREINE UND VERSAMMLUNGEN

### Deutsche Bunsen-Gesellschaft.

#### 43. Hauptversammlung in Breslau vom 1.—4. Juni 1938.

Hauptthema:

Physikalische Chemie der Grenzflächenvorgänge.

Zusammenfassende Vorträge zum Hauptthema.

Vorbereitet durch P. A. Thießen-Berlin.

P. A. Thießen, Berlin: „Grenzflächenvorgänge“ (Einführung). — C. Wagner, Darmstadt: „Stoffaustausch in Grenzflächen.“ — R. Brill, Ludwigshafen-Oppau: „Molekulare Schichten.“ — J. H. de Boer, Eindhoven: „Energieaustausch in Grenzflächen.“ — R. Suhrmann, Breslau: „Elektronenübergänge an äußeren Grenzflächen.“ — Th. Schoon, Berlin-Dahlem: „Erkundung des Feinbaues von Grenzflächen.“ — O. Hahn, Berlin: „Untersuchung von Grenzflächenvorgängen nach radioaktiven Methoden.“ — K. Neumann, Berlin-Charlottenburg: „Bewegungsvorgänge in Grenzflächen.“ — K. Fischbeck, Heidelberg: „Über den Oberflächenabbau fester Stoffe.“ — G. M. Schwab, München: „Katalyse an Grenzflächen.“ — P. Harteck, Hamburg: „Adsorption.“

Einzelvorträge:

K. Clusius, München: „Die Umwandlung  $\parallel \rightleftharpoons \parallel \parallel$  der festen Schwefelwasserstoffe  $\text{H}_2\text{S}$  und  $\text{D}_2\text{S}$  unter 250 kg/cm<sup>2</sup> Druck.“ — G. F. Hüttig, Prag: „Die Zustände der Mischkatalysatoren in der Abhängigkeit von ihrem Mischungsverhältnis und ihrer Temperaturvorbehandlung, erläutert an dem System  $\text{ZnO}|\text{Fe}_2\text{O}_3$ .“ — C. Kröger, Breslau: „Die Wirkung anorganischer Mehrstoffkatalysatoren beim Wassergasprozeß.“ — K. Nagel, Erlangen: „Über die Koppelung von Ionenübergängen an mehrfachen Elektroden.“ — P. Günther,

<sup>7)</sup> In diesen und den folgenden Überlegungen schließt sich der Vortr. der Darstellung von *Unsöld* („Die Physik der Sternatmosphären“, Verlag Julius Springer, Berlin 1938) an.