**IX. Bemerkungen zu dem Aufsätze von W. Siemens:
Ueber das Leuchten der Flamme¹⁾;
von W. Hittorf.**

Die wichtige Thatsache, welche der Verfasser hier veröffentlicht, dass die gewöhnlichen Gase in der Temperatur der Stahlschmelzhitze noch keine vom Auge erkennbare Lichtentwicklung geben, wenn sie blos erhitzt und nicht gleichzeitig in der Verbrennung begriffen sind, findet sich bereits ausführlich in meiner dritten Mittheilung über die Electricitätsleitung der Gase²⁾ beschrieben und gewürdigt.

Ich erkannte dieses Verhalten zuerst, als ich durch diese Gase bei Dichten, denen Druckverhältnisse grösser als 15 mm Quecksilber entsprechen, mittelst dicker (4 mm) Platinelectroden, welche im Abstände von 20–30 mm von einander sich befanden, den Strom meiner damals aus 1600 Elementen bestehenden Tauchbatterie ohne Einschaltung eines Widerstandes leitete.

„Unmittelbar nach Schluss der Kette,“ heisst es daselbst (p. 589) „traten noch das gelbrothe Licht am positiven Pole, der dunkle Raum und das blaue Glimmlicht am negativen auf. In dem Maasse, als beide Platinmassen sich erhitzten, verschwanden diese Lichter bald vollständig, wenn die Spannkraft mehr als 15 mm betrug.“

„Die Luftschicht, welche die auf die Länge von 10 mm weissglühende Kathode umgibt, erscheint dem Auge ganz dunkel, besitzt also noch kein Emissionsvermögen. Und doch muss ihre Temperatur sehr hoch sein, da sie trotz ihrer geringen Masse das schwerflüssige Metall am unteren Ende zum Schmelzen bringt und dünnere Drähte desselben wie Wachs abtropfen lässt.“

Seitdem habe ich den schönen Versuch bei noch höheren Temperaturen mit demselben Erfolge wiederholt, nachdem ich mir durch Vermittelung der deutschen Gold- und Silber-Scheideanstalt in Frankfurt a. M. aus der berühmten Platinschmelze von Matthew in London zwei pris-

1) W. Siemens, Wied. Ann. 18. p. 311. 1883.

2) Hittorf, Wied. Ann. 7. p. 587–591. 1879.

matische Stäbchen aus reinem geschmolzenem Iridium verschafft hatte. Ihr Querschnitt ist ein gleichseitiges Dreieck von 3 mm Seite, und ihre Länge beträgt 6 cm. Sie wurden in dicke Messingdrähte befestigt, und in einer 6 cm weiten Glasröhre aufgestellt. Indem ich meine seitdem auf 2400 Elemente vergrößerte Tauchbatterie in Reihen von 400, 600 und 800 Elementen theilte und, um den inneren Widerstand zu verringern, je sechs, vier und drei dieser Reihen neben einander benutzte, erhielt ich in den dichteren Gasen stärkere stetige Ströme wie früher. Ich erreichte mit diesen Combinationen der Elemente diejenigen Intensitäten, bei denen die Wärmeentwicklung nicht mehr in den Gasschichten um die Kathode, sondern in denjenigen um die Anode die stärkere ist. Das Ende der weissglühenden Iridiumanode kam nämlich zum Schmelzen, während die weissglühende Kathode ihre scharfen Kanten behielt. Hier waren die Gase (ich benutzte Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenoxyd) auf der ganzen Strombahn überall dunkel. Die beiden weissglühenden Iridiumstäbchen bieten in dieser absolut dunklen Umgebung einen eigenthümlich befremdlichen Anblick, da man so gewohnt ist, nur durch leuchtende Flammengase feste oder flüssige Körper auf hoher Temperatur zu sehen, und der benutzte Strom von etwa einem Ampère Stärke die dünnen Kupferdrähte, welche zur Zuleitung dienen, nicht merklich erwärmt. Kohle ist für diesen Versuch ungeeignet, weil sie bläulich gefärbten Dampf gibt, der das Swan'sche Spectrum sehr schön zeigt.

Durch besondere Versuche habe ich mich auch überzeugt, dass alle Gase, welche diese hohen Wärmezustände angenommen haben, gute Leiter der Electricität bei der schwächsten Spannungsdifferenz sind, und dass sie beim Durchgange des Stromes nicht mehr Spectra der ersten Ordnung geben. Es ist hier die Temperatur erreicht, in welcher diese von Plücker und mir früher beschriebenen Spectra unmöglich werden. Bedeutend höher und gegenwärtig nur mittelst der momentanen Entladungsströme des Condensators erreichbar ist diejenige Temperatur, in welcher die nichtmetallischen Gase ihr Linienspectrum (Spectrum zweiter Ordnung) geben.

Ich bin gegenwärtig mit der Zusammenstellung und Redaction meiner sehr ausgedehnten Versuche über die Electricitätsleitung der Gase beschäftigt und hoffe, bald in den *Annalen* meine vierte und letzte Mittheilung veröffentlichen zu können.

Mittelst der stetigen Ströme der galvanischen Kette konnte ich leicht feststellen, dass die leuchtenden Gase in Geissler'schen Röhren eine niedrige Temperatur besitzen, dass daher dieses Leuchten nicht als ein Glühen, sondern als ein Phosphoresciren betrachtet werden muss.¹⁾ Die Stetigkeit des Stromes gestattete auch den Nachweis, dass diesen leuchtenden Gasen die Absorptionsfähigkeit für die Strahlen, welche sie aussenden, abgeht, dass sie also anders, als die in den Flammen leuchtend gewordenen Metalldämpfe nach Kirchhoffs glänzender Entdeckung sich verhalten.

Der Phosphorescenzcharakter des meist blauen Lichtes, welches die gewöhnlichen Flammengase aussenden, wurde ausdrücklich von mir hervorgehoben.

„Das Licht unserer gewöhnlichen Flammen,“ heisst es p. 588, „welche keine festen Theilchen enthalten, ist noch nicht durch die Temperatur, sondern durch den chemischen Process bedingt und muss als Phosphorescenzlicht betrachtet werden. Denn haben dieselben Gase die Temperatur der Flammen angenommen, ohne in dem chemischen Prozesse begriffen zu sein, so strahlen sie noch kein vom Auge wahrnehmbares Licht aus. Davon kann man sich überzeugen, wenn man in den heissesten Theil der Flamme, welche die Bunsen'sche Lampe mit ganz geöffnetem Schieber gibt, einen an beiden Enden offenen, aus möglichst dünnem Platinblech gerollten Cylinder von kleinem Durchmesser horizontal aufhängt und, um die Strahlen des glühenden Metalles vom Auge abzuhalten, durch eine enge Röhre nach der Axe des Cylinders im dunklen Zimmer blickt. Das Gas innerhalb der Röhre erscheint dem Auge dunkel und verschieden von

1) Hittorf, *Wied. Ann.* 7. § 4. p. 575. 1879. Das Nähere findet sich hier angegeben. Bekanntlich gelangte E. Wiedemann auf einem anderen Wege zu dieser Thatsache (*Wied. Ann.* 6. p. 298) und besitzt bezüglich der Veröffentlichung die Priorität vor mir.

demjenigen der leuchtenden Flamme. Dasselbe Resultat geben die Gase, welche sich im Inneren einer durch Kohlenfeuer weissglühend gemachten Röhre befinden.

Ein späterer Paragraph wird ausserdem darthun, dass das electrische Verhalten der Flammengase verschieden ist von demjenigen, welches dieselben Gase in derselben Temperatur zeigen, wenn sie nicht im chemischen Processe begriffen sind.

Diese Verhältnisse stehen mit dem Satze, dass alle Körper bei derselben Temperatur Licht von derselben Wellenlänge auszustrahlen beginnen, nicht im Widerspruche. Die gewöhnlichen Gase besitzen bei diesen Temperaturen noch kein merkliches Absorptionsvermögen und können daher nach Kirchhoff's Satze auch kein solches Emissionsvermögen haben.“

Bezüglich aller dieser Thatsachen und Schlüsse darf ich daher die Priorität vor Hrn. W. Siemens in Anspruch nehmen.

Vor kurzem habe ich aber gefunden, dass ich nicht der erste gewesen bin, der diese richtige Auffassung über das Licht der Flammengase gehabt hat. Melloni abstrahirte nämlich dieselbe schon aus Draper's Versuchen über die Erzeugung von Licht und Wärme und sprach sie in dem Aufsätze: „Ueber die Strahlungen glühender Körper und über die Elementarfarben des Spectrums“ aus.¹⁾

„Einige ausgezeichnete Physiker,“ heisst es p. 65, „unter anderen Hr. Biot, nehmen an, das zuerst von glühenden Körpern entsandte Licht sei von letzterer (nämlich blauer) Farbe, und sie erklären dies nach den Principien einer jetzt fast allgemein verlassenen Theorie. Wir werden gegenwärtig sehen, was wahrscheinlich die Ursache der verschiedenen Farben sei, die aus phosphorescirenden und in chemische Verbindung tretenden Körpern entstehen. Wir wollen blos bemerken, dass die von Hrn. Biot erwähnte Farbe bei Flammen vorkommt; und dass diese Fälle von Verbrennung, als zur Classe der chemischen Verbindung gehörend, sorgfältig unter-

1) Melloni, Pogg. Ann. 75. p. 62. 1848.

schieden werden müssen von dem Glühen im eigentlichen Sinne, welches, wie schon gesagt, unmittelbar und lediglich aus einer Temperaturerhöhung im Körper entspringt und immer mit einem rothen Lichte anfängt.“

Melloni gab keinen experimentellen Beweis für seine Behauptung, und dies wird wohl der Grund sein, dass sie so vollständig in den heutigen Lehrbüchern der Physik und der Chemie unbeachtet geblieben ist.

Aber auch bezüglich des experimentellen Beweises habe ich einen Vorgänger. In dem physikalischen Theile der vierten Auflage des Handbuches der *Chémie* von L. Gmelin, dieser Fundgrube für alte vergessene Thatsachen, findet sich p. 163 unter der Ueberschrift: „Lichterzeugung durch Wärme“ folgender Satz:

„Alle Körper werden bei derselben Temperatur glühend, nur Luft scheint nach Wedgwood's Versuchen einer höheren Temperatur zum Leuchten zu bedürfen.“

Da ein Citat zu dieser Angabe fehlt, musste ich die alte Literatur durchsehen und fand in Gren's *Journal der Physik* B. 8. p. 97 einen Auszug aus der Arbeit von Th. Wedgwood, welche in den *Phil. Transactions* 1792 enthalten ist. Den Originalaufsatz konnte ich nicht einsehen, da die alten Bände der *Transactions* unserer Bibliothek fehlen.

Wedgwood zeigte in folgender einfachen und hübschen Weise, dass die Luft in der Temperatur der Glühhitze noch nicht leuchtet. Er machte eine Röhre von Thon in Form eines Zickzack im Kohlenfeuer glühend und blies Luft durch die eine Oeffnung hinein. Die aus der anderen Oeffnung austretende Luft war dunkel; dass sie die Temperatur der Glühhitze besass, bewies er durch ein Goldblättchen, welches er vor die Ausströmungsstelle hing, und welches hier sogleich glühend wurde.

Münster i. W., 5. Februar 1883.