

## Über das Leuchten der Flamme.

Von Geheimrat Prof. Dr. Dieterici,  
o. ö. Prof. a. d. Univ. Kiel.

Unter den wissenschaftlichen Arbeiten *Werner Siemens'* nimmt die der Akademie der Wissenschaften zu Berlin im Jahre 1882 vorgelegte Abhandlung „Über das Leuchten der Flamme“ eine gesonderte Stellung ein, weil sie gänzlich außerhalb der Gebiete zu liegen scheint, welche des großen Gelehrten und Technikers sonstige Lebensarbeit bildeten. Bedenkt man aber seine Bemühungen um die Herstellung einer reproduzierbaren Lichteinheit, die, nach vergeblichen Versuchen, das Ziel durch die Viollesche Lichteinheit des schmelzenden Platins zu erreichen, schließlich doch zu der durch den Chefingenieur der Firma Siemens & Halske geschaffenen Lichteinheit der Hefnerkerze führten, so begreift man es, daß auch die Probleme der Strahlung dem großen Gelehrten nahe lagen, und es bietet hohes Interesse, zu sehen, wie er zu einer Zeit, da die Theorie der Strahlung noch gänzlich unentwickelt war, gleich auf die prinzipiellste Frage sein Augenmerk richtet und dabei auf Fragen stößt, die zu jener Zeit völlig unbeantwortbar waren, die aber auch heute noch nicht geklärt sind.

In allen bis dahin verwendeten Lichtquellen sind es glühende feste oder flüssige Teilchen, welche in der hohen Temperatur der verbrennenden Gase zum Glühen und Leuchten gebracht werden. Die verbrennenden Gase für sich leuchten nicht oder nur mit ganz schwach leuchtender Flamme, nur die festen in ihnen suspendierten Teilchen vermitteln das Leuchten. Andererseits war es aber seit langem bekannt, daß staubfreie Gase durch elektrische Entladungen leicht zum Leuchten gebracht werden in dem dem Gase eigentümlichen Licht. Daher wirft *W. Siemens* die Frage auf: Können reine, staubfreie Gase durch Erhitzung allein zum Leuchten gebracht werden?

Die Beantwortung dieser Frage ist in der Tat von grundlegender Bedeutung für unsere Auffassung über die Mechanik des Leuchtens, und zumal bei Gasen kann man am ehesten erwarten, ein klares Bild zu gewinnen, weil für Gase in der kinetischen Theorie ein völlig ausgearbeitetes Bild über die ungeordnete Molekularbewegung, die wir Wärme nennen, vorliegt und man im Anschluß an dieses Bild am ehesten eine Antwort auf die Frage erwarten kann, wie sich die ungeordnete Wärmebewegung in die geordnete, periodische Bewegung umsetzt, die wir Licht nennen.

Laboratoriumsversuche konnten, zumal mit den damaligen Hilfsmitteln, kaum ein befriedigendes Ergebnis erwarten lassen, und darum veranlaßte *W. Siemens* einen Versuch im Großen in einem mit Schwelgas geheizten Regenerativofen der Glasfabrik seines Bruders *Friedrich* in Dresden.

Das Ergebnis des Versuches war ein ausgesprochen negatives: staubfreie Luft — es sei hinzugesetzt von Atmosphärendruck —, erhitzt auf eine Temperatur von 1500° C bis 2000° C, also erhitzt zu einer Temperatur, bei der jeder feste und flüssige Körper in heller Weißglut leuchtet, sendet kein irgendwie wahrnehmbares Licht aus.

Dieses negative Resultat ist aber doch von hervorragender positiver Bedeutung: hoch erhitzte Gase sind nicht selbstleuchtend, und mit diesem Ergebnis kommt *W. Siemens* sofort mit einem Laboratoriumsversuch in Widerspruch, der ihm zeigte, daß doch die von einer Gasflamme aufsteigenden Verbrennungsgase, deren Temperatur ja sicherlich weit unterhalb der Temperatur des Regenerativofens lag, sehr kräftig auf eine Thermosäule wirkten, die erhitzten Gase also doch Wärmestrahlen emittieren. Sog. Wärmestrahlen sind aber — das war auch schon damals nach den Versuchen von *Tyndal*, *Melloni*, *Knoblauch* längst allgemeine Auffassung geworden — Lichtstrahlen, nur von größerer Wellenlänge als die das menschliche Auge affizierenden; also stand *W. Siemens* vor dem Widerspruch: erhitzte Gase senden wohl Lichtstrahlen großer Wellenlänge aus, aber nicht die kurzer.

Beides sind aber doch ganz gleichartige geordnete Bewegungen bestimmter Periode; die ungeordnete Wärmebewegung kann also nach den Versuchen mit der Thermosäule sehr wohl in die geordnete Bewegung der Strahlung längerer Wellenlänge umgesetzt werden, aber nicht nach den Versuchen im Glasschmelzofen in dieselbe geordnete Bewegung der Strahlung kurzer Wellenlänge, die wir Licht nennen.

*W. Siemens* nimmt, um diesen Widerspruch zu überwinden, an, daß zum Leuchten in sichtbaren Strahlen noch ein chemischer Prozeß hinzutreten müsse, und spricht damit die Vorstellung aus, die bei der späteren Erforschung der Strahlungsgesetze immer wieder hervortrat, daß das Leuchten in sichtbarem Lichte nicht eine durch Temperaturerhöhung allein verursachte Thermolumineszenz sei, sondern noch ein zweiter Prozeß hinzutreten müsse, eine Chemilumineszenz, nach den neueren Ausdrücken.

Der Wunsch, den *Werner Siemens* in seiner Arbeit ausspricht, daß dieses Gebiet mit schärferen Hilfsmitteln einer weiteren eingehenden Erforschung unterzogen würde, ist in Erfüllung gegangen. Denn drei Jahre nach dem Erscheinen der Siemensschen Arbeit leitete *Boltzmann* aus der elektromagnetischen Theorie des Lichtes die Folgerung her, daß das schon einige Jahre früher von *Stefan* aus nicht ganz zuverlässigen experimentellen Beobachtungen geschlossene Gesetz bestehen müsse, daß die Gesamtstrahlung eines Körpers, der alle Lichtwellenlängen gleich gut emittiert und absorbiert, des absolut schwarzen Körpers, nur von seiner Temperatur abhängt, und sprach damit aus, daß die bestimmte Gesetzmäßigkeit zwischen der Energie der ungeordneten

Wärmebewegung in einem absolut schwarzen Körper und der geordneten als Strahlung ausgesendeten Energie bestehe, daß es also eine Temperaturstrahlung gebe, welche die im Stefan-Boltzmannschen Gesetze ausgesprochene Gesetzmäßigkeit befolge, und es setzte dann in den folgenden beiden Dezennien die große Entwicklung der Strahlungsgesetze ein, die nach manchen experimentellen und theoretischen Irrungen schließlich zu dem allgemein anerkannten Planckschen Strahlungsgesetz führte.

Damit war allerdings noch nicht viel gewonnen für die Frage, welche *W. Siemens* aufgeworfen hatte, warum Gase durch die höchsten erreichbaren Temperaturen nicht zum Leuchten gebracht werden könnten. Indessen führte die von *Planck* ausgearbeitete Theorie der Resonanz zu der Auffassung, daß wir uns in jedem Atom einer Molekel, sei es eines Gases oder eines festen Körpers, Teilchen denken müssen, welche bestimmte elektromagnetische Eigenschwingungen ausführen können, und daß die Strahlung darin bestehe, daß diese Eigenschwingungen erregt und auf den Lichtäther übertragen werden.

Dieses theoretische Gedankengebilde, eronnen, um ein verständliches Bild von der Mechanik der Lichtemission und -absorption zu gewinnen, regte *Wood* in Baltimore in den letzten Jahren vor dem Krieg zu Versuchen an, die zu beweisen scheinen, daß in Gasen in der Tat Teilchen vorhanden sind, welche durch einfallendes Licht zu einer Lichtstrahlung erregt werden, die nicht nur in Richtung des einfallenden Lichtes erfolgt, sondern auch seitlich nach allen Richtungen. Die Energie der gerichteten einfallenden Lichtbewegung wird also durch das Mitschwingen der den einfallenden Lichtstrahl umgebenden Teilchen nach allen Richtungen hin zerstreut, und zwar geschieht dieses Mitschwingen ohne Veränderung der Periode der Lichtschwingungen, ist also eine andere Erscheinung als die Erscheinung der Fluoreszenz.

Dieses Resonanzleuchten, dessen Entdeckung erst der experimentellen Prüfung eines theoretischen Gedankenganges zu danken ist, tritt aber nach den bisherigen Versuchen nur ein, wenn zwei Versuchsbedingungen erfüllt sind: erstens, wenn das erregende Licht genau die gleiche Schwingungsdauer hat, wie die Eigenschwingung des Gases ist, und zweitens, wenn das Gas sehr verdünnt ist; denn je dichter das Gas ist, desto geringer wird derjenige Teil der Energie, welcher in Resonanzstrahlung umgesetzt wird, während derjenige Teil wächst, welcher in ungeordneter Wärmebewegung wieder erscheint. Wie es scheint, müssen die Zeiten, innerhalb welcher die von dem erregenden Lichtstrahl getroffenen Teilchen ausklingen können, groß sein, die eingeleitete Resonanzschwingung darf nicht, wie bei dichteren Gasen, durch schnell folgende Zusammenstöße mit anderen Teilchen gestört werden. Bei den Versuchen von *Wood* geschieht die Er-

regung des Eigenleuchtens durch Lichtstrahlung bestimmter Wellenlänge, und die Energie der Strahlung wird zum Teil in geordnete Lichtstrahlung, zum Teil in ungeordnete Wärmebewegung umgesetzt; ob auch umgekehrt zugeführte ungeordnete Wärmebewegung wenigstens zum Teil in geordnete Lichtbewegung umgesetzt werden kann, ist noch nicht festgestellt; jedenfalls wird man nach diesen Versuchen nur dann einen positiven Erfolg bei einer Wiederholung des *Siemens*-schen Versuches erwarten können, wenn das hoch erhitzte Gas auch zugleich hoch verdünnt ist. Es wird nicht leicht sein, diese Versuchsbedingungen zu erfüllen.

## Werner von Siemens' Arbeiten über das Selen.

Von

*Prof. Dr. Arthur Korn, Berlin-Charlottenburg.*

Die von *May* gefundene und von *Willoughby Smith* im Jahre 1873 zum ersten Male beschriebene merkwürdige Eigenschaft des Selens, unter dem Einfluß von Belichtungen seinen elektrischen Widerstand zu verringern, hat bald nach jener ersten Veröffentlichung *Werner Siemens* lebhaft interessiert und zu einer Reihe wichtiger Untersuchungen angeregt. Sein praktischer Blick streifte an den auf die Entdeckung folgenden phantastischen Ideen des elektrischen Fernsehens vorüber und heftete sich an das näher greifbare Ziel, ein von subjektiven Empfindungen freies, auf der neu entdeckten Eigenschaft des Selens beruhendes Photometer zu konstruieren.

Die vorläufige Mitteilung aus dem Jahre 1875 über die in dieser Richtung von ihm sogleich nach den Veröffentlichungen von *Smith* und von *Sale*<sup>1)</sup> angestellten Versuche bringt so viel des Neuen in einer bemerkenswerten Kürze des Ausdrucks, daß eine Reproduktion dieser Mitteilung in diesem dem Gedenken an *Werner Siemens* gewidmeten Hefte wohl berechtigt erscheint:

„Die von *Willoughby Smith* zuerst beschriebene und von *Sale* näher untersuchte Eigenschaft des kristallinen Selens, im beleuchteten Zustande die Elektrizität besser zu leiten als im Dunkeln, habe ich näher untersucht, und die Richtigkeit der Tatsache konstatiert. Die spezifische Leitungsfähigkeit des durch Erhitzung auf 100° bis 150° C kristallinisch gemachten Selens ist jedoch sehr gering und außerordentlich veränderlich, und auch die Vergrößerung der Leitungsfähigkeit durch Beleuchtung ist sehr inkonstant, so daß es unmöglich war, eine bestimmte Abhängigkeit der Leitungsfähigkeit von der Beleuchtung festzustellen. Es gelang mir aber durch andauernde Erhitzung des amorphen Selens bis

<sup>1)</sup> *Proceed. of the Roy. Soc. Vol. XXI, p. 283. — Pogg. Ann. Bd. 150, S. 333. (Beide Abhandlungen erschienen im Jahre 1873.)*