

## Über das Spectrum der Bessemerflamme.

Von **A. Lielegg**,

Professor an der Landes-Oberrealschule zu St. Pölten.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 28. Jänner 1867.)

Betrachtet man die Flamme, welche während einer Charge dem Bessemerofen entströmt, durch einen Spectralapparat, so kann man viele und verschiedenartige farbige Linien wahrnehmen, welche, wiewohl sie auf keinem dunklen Hintergrunde erscheinen, doch wegen ihrer Helligkeit und scharfen Begrenzung deutlich erkannt werden können.

Da die Bessemerflamme für sich schon leuchtet, ja in gewissen Stadien der Charge sogar ein blendend weißes Licht verbreitet, und da in derselben neben glühenden Gasen auch noch glühende feste Theilchen enthalten sind, so erzeugt ihr Licht, wenn es durch ein Prisma zerlegt wird, nicht nur Linienspectra, sondern auch ein continuirliches Spectrum, welches für erstere gleichsam den Hintergrund bildet. Dieser Umstand ist für die Beobachtung von nachtheiligem Einflusse, der durch die Wirkung des zerstreuten Tageslichtes, wenn jene eben bei Tage geschieht, noch erhöht wird; demselben Umstande ist es auch zuzuschreiben, daß Linien, welche überhaupt nur geringe Lichtstärke besitzen, oder solche, die aus anderen Ursachen nur ganz schwach erscheinen können, selten oder gar nicht gesehen werden, wiewohl ihr Auftreten in Folge der chemischen Natur der Flamme mit Recht erwartet werden könnte.

Das Erscheinen der Linien ist im Allgemeinen an bestimmte Stadien der Charge gebunden, und steht auch mit dem äußeren Ansehen der Flamme in Zusammenhang; es konnten jedoch für dasselbe keine bestimmten Zeitpunkte, etwa vom Beginn der Charge an gerechnet, festgesetzt werden, obwohl die Beobachtungen oft wiederholt wurden; es hängt dies eben vom Gange der Charge ab, welcher, wie bekannt, durch vielerlei Umstände beeinflusst werden kann.

Die Beobachtungen wurden mit einem einfachen Spectralapparate angestellt, der in der astronomischen Werkstätte des k. k. polytechnischen Institutes in Wien nach der Angabe Schrötter's angefertigt wurde. Er enthält weder eine Linsencombination um die durch die Spalte eintretenden Lichtstrahlen parallel zu machen, noch ein Vergrößerungsfernrohr, sondern besteht nur aus zwei Prismen, die entsprechend dem Winkel der kleinsten Ablenkung auf dem Boden eines kleinen ganz geschlossenen hölzernen Kästchens befestigt sind, welches im Innern matt geschwärzt ist. Auf der einen Seite desselben ist eine ausziehbare Röhre mit einer aus zwei Streifen Platinblech gebildeten Spalte so angebracht, daß die durch diese eindringenden Lichtstrahlen auf die Mitte des ersten Prisma fallen; das Spectrum wird mit freiem Auge durch einen an entsprechender Stelle angebrachten seitlichen Ausschnitt betrachtet. Läßt man helles Tageslicht durch die Spalte eintreten, so erhält man ein Sonnenspectrum, in welchem die bedeutenderen Fraunhofer'schen Linien ganz deutlich erkannt werden können; es besitzt zwar keine große Ausdehnung, ist aber sehr scharf und lichtstark, aus welchem Grunde die Spalte sehr eng gestellt werden konnte, was auch bei Beobachtung der Bessemerflamme in Anbetracht ihrer hohen Leuchtkraft unabweislich nothwendig war, da bei erweiterter Spalte die Helligkeit der Linien der des Hintergrundes nahezu gleichkam.

Im Folgenden sind nun die Ergebnisse der bei Anwendung des eben beschriebenen Apparates gemachten Beobachtungen so zusammengestellt, wie sie während des Verlaufes einer Charge erhalten wurden.

Zu Anfang der Charge und während der ersten Zeit derselben in der sogenannten Schlackenbildungsperiode, die mit dem Beginn des Schlackenauswurfes schließt, ist die Flamme nur schwach leuchtend, gelblich oder schwach röthlich gefärbt, an den Rändern weißlich und von einzelnen blauen Streifen durchzogen; zahlreiche Funken begleiten dieselbe. Sie liefert ein schwaches continuirliches Spectrum, auf welchem die gelbe Doppellinie des Natrium, die helle rothe Lithiumlinie und endlich die zwei dem Kalium zugehörigen Linien  $K\alpha$  im äußersten Roth und  $K\beta$  im Violett sichtbar werden. Calciumlinien, wenn nicht das ganz seltene Aufblitzen grüner Linien auf jene zu beziehen ist, wurden nicht wahrgenommen. Alle diese Linien verdanken ihre Entstehung wahrscheinlich dem Materiale,

welches zur Ausfütterung der Birne (Bessemerretorte) verwendet wird, nämlich einer Mischung von Quarz und feuerfestem Thon. Ihre Lichtintensität ist bei verschiedenen Chargen verschieden, und scheint von dem Umstande, ob mit derselben Ausfütterung mehr oder weniger Chargen schon gemacht wurden, abzuhängen; in einem Falle, in welchem eine Retorte in Anwendung kam, deren innere Auskleidung unmittelbar vorher ausgebessert wurde, traten die Linien des Natriums, Lithiums und Kaliums mit größter Intensität auf.

Nach der Schlackenbildungsperiode gewinnt die Flamme bedeutend an Leuchtkraft, wird unruhig und flackernd, und enthält weniger Funken; während dieses Stadiums, welches die Kochperiode genannt wird, gewinnt das continuirliche Spectrum an Helligkeit, die einzelnen Farbentöne werden kräftiger, der Glanz der Natriumlinie ist so stark, daß die zunächst liegenden Partien von demselben überstrahlt werden; im gelblichgrünen, im grünen und im blauen Theil des Spectrums treten Linien hervor, die sich dadurch charakterisiren, daß sie zu je drei oder vier Gruppen bilden, die nahezu gleichweit von einander abstehen. Ihr Erscheinen erfolgt nach und nach, indem anfänglich von jeder Gruppe nur ein oder zwei Linien schwach wahrnehmbar sind; sodann gewinnen diese immer mehr an Deutlichkeit und endlich treten auch noch die übrigen hinzu. Zu Ende der Kochperiode, während welcher heftige Schlackenauswürfe stattfinden, die häufig von einem eigenthümlichen Geruche begleitet sind, dessen Ursache noch nicht aufgeklärt ist, sind die genannten Linien, welche mit dem im Innern der Retorte vor sich gehenden Oxydationsprocesse des Roheisens in innigem Zusammenhange stehen, ganz deutlich zu sehen. Die Flamme ist hierbei nahezu weiß und glänzend; um den nachtheiligen Einfluß der hohen Leuchtkraft derselben wenigstens theilweise unwirksam zu machen, mußte die Spalte auf ihren untersten Theil gerichtet werden, da dieser der am wenigsten leuchtende ist.

Am deutlichsten sind die erwähnten Liniengruppen während der nun folgenden Frischperiode sichtbar. Sie erstrecken sich von der Natriumlinie angefangen bis in den blauen Theil des Spectrums annäherungsweise bis zur blauen Strontiumlinie  $Sr\delta$  oder nur wenig darüber hinaus. Wenn man das Spectrum betrachtet, so hat es den Anschein, als ob dieser Raum durch die Liniengruppen in vier

gleich große Felder getheilt wäre; das Ende des ersten unmittelbar neben der Natriumlinie liegenden Feldes ist durch eine helle gelbe Linie kenntlich; in dem Raume zwischen dieser und jener konnten wegen des außerordentlichen Lichtglanzes keine anderen Linien wahrgenommen werden. Das zweite anstoßende Feld liegt im grünlichgelben Theil des Spectrums, und enthält in der von der Natriumlinie mehr entfernten Hälfte drei gleich breite grünliche Linien, deren dritte am meisten abgelenkte am hellsten ist, und zugleich das Ende des Feldes markirt. Das dritte nun folgende Feld enthält vier grünlichblaue Linien, von welchen die vorletzte am hellsten ist, und die letzte das Feld begrenzt; die Linien sind gleichweit von einander entfernt, und nehmen zwei Drittel des Feldes ein, so daß zwischen der dritten Linie des zweiten Feldes und der ersten Linie des dritten Feldes ein Zwischenraum bleibt, der den dritten Theil des Ganzen zur Breite hat. Bei gleicher räumlicher Vertheilung enthält das vierte Feld vier blaue Linien von gleicher Breite und Helligkeit. Im violetten Theil wurden mit Ausnahme der Kaliumlinie  $K\beta$  keine Linien beobachtet. Bei großer Lebhaftigkeit des Spectrums erschienen die Räume zwischen den Linien des dritten und vierten Feldes dunkel, und gewannen das Aussehen von Absorptionsstreifen, deren Entstehen übrigens bei der Bessemerflamme erklärbar wäre. Jenseits der Natriumlinie konnten im rothen Theil ungefähr in der Lage der orangerothen Calciumlinie  $Ca\alpha$  zwei nahe an einander liegende nicht scharf begrenzte Linien beobachtet werden, welche das Ansehen hatten, als ob ein breiter heller Streifen durch ein in seiner Mitte liegendes dunkles Band in zwei Theile getheilt würde.

Die in den vier Feldern liegenden hellen Linien gehören unzweifelhaft zusammen, und bilden ein Spectrum, verdanken also derselben Ursache ihre Entstehung; ob jedoch auch die zwei rothen Linien diesem Spectrum zugehören, kann mit Bestimmtheit nicht gesagt werden, da ihr Erscheinen nicht gleichzeitig mit dem der anderen Linien, und überhaupt nicht immer erfolgte.

Zu Ende der Frischperiode nahm die Lichtintensität der Liniengruppen ab, und kurz vor Beendigung der Charge waren nicht mehr alle Linien des dritten und vierten Feldes zu sehen; das Spectrum hatte nahezu denselben Charakter wie zu Anfang der Kochperiode, was um so auffallender ist, als die Leuchtkraft der

Flamme sich nicht veränderte <sup>1)</sup>, und auch nicht angenommen werden kann, daß die Temperatur derselben abgenommen habe; die Ursache dieser Erscheinung muß daher auf den Oxydationsproceß in der Retorte, der zu Ende der Charge eine viel geringere Quantität gasförmiger Producte liefert, zurückgeführt werden.

Die Gase und Dämpfe, welche die Bessemerflamme bilden, sind ihrer chemischen Natur nach sehr verschieden; außer den Dämpfen von Natrium-, Lithium- und Kalium-Verbindungen enthält dieselbe Kohlenoxyd und Stickstoff in überwiegender Menge, und gewiß auch Wasserstoff von der Feuchtigkeit der atmosphärischen Luft herrührend. Wenn man von allen übrigen in sehr geringer Menge etwa noch anwesenden Gasen, wie Kohlensäure, schwefelige Säure u. s. f. absieht, und die Frage stellt, welchem Gase entsprechen die beschriebenen Liniengruppen, so muß dieselbe dahin beantwortet werden, daß ihr Entstehen durch das Licht des verbrennenden Kohlenoxydes veranlaßt werde, und daß jene daher ein Kohlenstoff-spectrum bilden. Zur Begründung dieser Ansicht ist es nothwendig, sowohl den chemischen Vorgang in der Bessemerretorte während einer Charge näher zu betrachten, als auch dieses Kohlenstoff-spectrum mit jenen zu vergleichen, welche man bisher, wiewohl unter ganz anderen Umständen, kennen gelernt hat.

Zu dem Bessemerprocess ist nur graues Roheisen gut anwendbar, welches durchschnittlich 4 Procent Kohlenstoff enthält; bei einem Einsatze von 70 Zentner Roheisen, mit welchem die Bessemerhütte der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft in Gratz arbeitete, als der Verfasser dieser Zeilen seine Beobachtungen anstellte, und unter der Voraussetzung, daß das zu erhaltende Bessemermetall noch 1 Procent Kohlenstoff enthalten soll, eine Annahme, die eher zu hoch als zu niedrig ist, wären also 210 Pfund Kohlenstoff zu oxydiren, welche, um in Kohlenoxyd übergeführt zu werden, 280 Pfund Sauerstoff erfordern. Um dieses Quantum dem Roheisen zuzuführen, sind 1212 Pfund Luft nothwendig, die einen Raum von 16525 Kub. Fuß einnehmen. Da nun ein Volumen Sauerstoff, wenn sich derselbe mit Kohlenstoff zu Kohlenoxyd verbindet, zwei Volumen dieses Gases gibt, und 280 Pfund Sauerstoff = 3451 Kub. Fuß sind, so

---

<sup>1)</sup> Bei übergrauem Roheisen bleibt die Flamme nach Eintritt der Kochperiode bis an das Ende der Charge hell leuchtend, während sie bei anderen Eisensorten an Leuchtkraft verliert und nahezu blau wird.

ergibt sich, daß bei 6900 Kub. Fuß Kohlenoxyd gebildet werden, die, gemischt mit dem in der hiezu verbrauchten Luft enthaltenen Stickstoff, der einen Raum von 13074 Kub. Fuß einnimmt, aus der Bessemerretorte entweichen und verbrennen. Aus dieser Betrachtung ergibt sich, daß der zu diesem Zwecke verwendete Theil der eingeblasenen Luft eine große Volumsvermehrung erfährt, da außer der bedeutenden Temperaturerhöhung, die jene erleidet, auch noch die chemische Action eine solche bedingt; denn es geben 16525 Kub. Fuß Luft 13074 Kub. Fuß Stickstoff und 6900 Kub. Fuß Kohlenoxyd, also zusammen 19974 Kub. Fuß, was nahezu einer Volumszunahme von 21 Procent entspricht. Wiewohl nun diese Volumsvermehrung durch den vom Silicium, Mangan u. s. f. gebundenen Sauerstoff, der in die Schlacke geht, theilweise compensirt wird, so erklärt sie doch die in der Kochperiode sehr häufig eintretende Vergrößerung der Flamme, und zeigt, daß dieselbe nicht allein von der durch Reduction des während des Processes oxydirten Eisens gebildeten Kohlenoxydmenge veranlaßt werde, sondern auch von jener, welche durch directe Verbindung des Sauerstoffes mit dem Kohlenstoffe entsteht.

Weil nun Kohlenoxyd die Bessemerflamme bildet, so kann das während der Koch- und Frischperiode regelmäßig erscheinende und bis zu Ende der Charge ohne Unterbrechung andauernde Linienspectrum nur durch dieses Gas hervorgebracht sein, denn ausser Kohlenoxyd ist nur Stickstoff in einer Menge vorhanden, die ein so constantes Spectrum veranlassen könnte; von diesem Gase wurde jedoch durch eine Flamme noch nie ein Spectrum erhalten, weder beim Verbrennen einer Stickstoffverbindung, noch beim Verbrennen solcher Verbindungen, die keinen Stickstoff enthalten, mit Luft; es ist daher nicht anzunehmen, daß dies in dem vorliegenden Falle geschehe. Eben so verdient aber auch hervorgehoben zu werden, daß Kohlenstoffspectra wohl durch Verbrennen von Cyan, Elayl, Leuchtgas und anderen Kohlenstoffverbindungen mit Sauerstoff, aber noch nie durch Verbrennen von Kohlenoxyd bisher dargestellt wurden. Läßt man Kohlenoxyd mit Luft, Sauerstoff oder Stickstoffoxydul gemischt aus einem Daniell'schen Hahn ausströmen, und zündet das Gasgemenge an, so gibt diese Flamme nur ein continuirliches Spectrum ohne helle oder dunkle Linien; dieses Resultat wird nicht geändert, wenn man in die Kohlenoxydflamme von außen einen Sauerstoff-

strahl hineinleitet, oder wenn man dem verbrennenden Kohlenoxyd früher das gleiche Volumen Wasserstoff beigemengt hat. Wenn nun dessenungeachtet die Bessemerflamme ein Linienspectrum liefert, welches vom Kohlenoxyd her stammt, so mag die Ursache dieses eigenthümlichen Verhaltens in der großen Verschiedenheit der Temperatur zu suchen sein, welche zwischen den auf experimentellem Wege dargestellten Flammen und der Bessemerflamme obwaltet; letztere wird einen höheren Hitzegrad erreichen, als jene, weil das Kohlenoxyd schon in der Retorte, also vor der Verbrennung, eine so hohe Temperatur angenommen hat.

Einen ferneren Beleg, daß die in dem Spectrum der Bessemerflamme euthaltenen Liniengruppen dem Kohlenoxyd zuzuschreiben sind, liefert die Beobachtung des Spectrums, welches die Kohlenoxydflamme hervorbringt, die sich bei dem der Charge unmittelbar vorhergehenden Anheizen der Retorte zeigt; es geschieht dies mit einem Gemenge von Holzkohlen und Coaks. Jenes enthält außer den dem Natrium, Lithium und Kalium zukommenden Linien, welche sehr deutlich sind, auch die Liniengruppen des Spectrums der Bessemerflamme; ihre Entwicklung ist jedoch keine vollkommene, indem von den im dritten und vierten Felde liegenden Linien gewöhnlich nur je zwei oder drei, und zwar die weniger abgelenkten, erscheinen, und nur mit Mühe konnten unmittelbar vor Ende des Anheizens die dritten und vierten Linien dieser zwei Gruppen noch wahrgenommen werden.

In Erwägung dieser Thatfachen mag der Schluß gerechtfertigt sein, die Liniengruppen des Bessemerspectrums auf das Kohlenoxyd als Entstehungsursache zurückzuführen, nicht aber kann mit Bestimmtheit aus denselben gefolgert werden, ob das Spectrum unmittelbar durch das Licht des verbrennenden Kohlenoxydes hervorgebracht wird, oder ob das Kohlenoxyd als Absorptionsmittel gewisse Theile des continuirlichen Spectrums so auslöscht, daß die inzwischen gelegenen Partien als helle Streifen sich darstellen; die Entscheidung hierüber muß eingehenderen Versuchen vorbehalten bleiben.

Vergleicht man das Spectrum der Bessemerflamme mit den bisher bekannt gewordenen Kohlenstoffspectren, so kann eine vollkommene Übereinstimmung mit einem derselben eben so wenig wahrgenommen werden, als diese unter sich eine solche zeigen. Wie groß die Verschiedenheit der Kohlenstoffspectra ist, dies beweisen die Un-

tersuchungen von Plücker und Hittorf, die sich sogar veranlaßt fanden, vier Typen zu unterscheiden, welche allein oder combinirt die einzelnen Spectra bilden 1). Welchem von diesen Typen das Bessemerspectrum entspricht, muß vorläufig unentschieden bleiben, da ein Vergleich mit Rücksicht auf das einfache Instrument, welches zu dessen Beobachtung diente, nicht maßgebend sein kann.

Allgemein wird die von Attfield zuerst ausgesprochene Ansicht angenommen, daß die Spectra der Kohlenstoffverbindungen als die Spectra des Kohlenstoffdampfes zu betrachten sind. Diese Ansicht findet ihre Bestätigung dadurch, daß Geißler'sche Röhren, die mit Kohlenoxyd gefüllt sind, wenn deren Inhalt durch den elektrischen Strom leuchtend gemacht, und sodann plötzlich abgekühlt wurde, ausgeschiedenen Kohlenstoff enthalten; mit Cyangas gefüllte Röhren scheiden auch ohne Abkühlung Kohlenstoff ab. Aber auch in dem Falle, als das Spectrum durch Verbrennung von Kohlenstoffverbindungen mit Luft oder Sauerstoff dargestellt wird, kann diese Ansicht geltend gemacht werden, weil anzunehmen ist, daß gewisse gasförmige Kohlenstoffverbindungen durch die Hitze der Flamme zersetzt werden, wobei sich Kohlenstoff dampfförmig ausscheidet, welcher, da er sich im glühenden Zustande befindet, ein Linienspectrum erzeugt. Ohne die Richtigkeit dieser Voraussetzung bezweifeln zu wollen, soll nur bemerkt werden, daß bei einer Kohlenoxydflamme dieser Vorgang aus chemischen Gründen nicht stattfinden kann, daß also, weil sie dennoch bei hoher Temperatur ein Spectrum gibt, dieses eben so gut dem Kohlenoxyd als solemem zugeschrieben werden kann, als dem Kohlenstoff. Die Möglichkeit, daß gasförmige Kohlenstoffverbindungen als solche eigenthümliche Linienspectra hervorbringen können, wird auch von Plücker und Hittorf zugegeben, da ihre Beobachtungen über das Spectrum der Cyanflamme, welches Linien enthält, die bei keiner anderen Kohlenstoffverbindung zu sehen waren, jene gestatten.

---

Obschon vorliegende Mittheilung über das Spectrum der Bessemerflamme nur als eine vorläufige zu betrachten ist, so dürfte aus derselben doch schon ersichtlich sein, daß jenes für den Bessemerbetrieb selbst von praktischem Nutzen sein kann, indem das Sicht-

---

1) Philosoph. Transact. Vol. 133, Part. I, p. 20.

barwerden der Liniengruppen den Zeitpunkt erkennen läßt, in welchem die eigentliche Entkohlung beginnt. Bei Chargen, die mit demselben Roheisen und unter sonst gleichen Umständen abgeführt werden, und bei welchem auch stets das gleiche Product erzielt werden soll, kann die vom ersten Erscheinen der Kohlenstofflinien beobachtete Zeit einen Anhaltspunkt abgeben, um die bereits eingetretene Entkohlung zu beurtheilen; das Zunehmen der Intensität der Linien bis zu einem gewissen Grade, der als Maximum anzunehmen ist und mit dem ersten Stadium der Frischperiode zusammenzufallen scheint, so wie die darauf folgende merkliche Abnahme derselben, dürften die Beurtheilung erleichtern.

Schließlich erlaubt sich der Verfasser dem Director des Walzwerkes der k. k. priv. Südbahn-Gesellschaft in Gratz, Herrn Hall, welcher demselben den oftmaligen Zutritt zur Bessemerhütte bereitwilligst gestattete, hiefür seinen Dank auszusprechen.