

LVII.

Bemerkungen zu Bessemer's Stahlbereitung.

Von

Prof. Alexander Müller.

Die herrliche Idee Bessemer's, das Roheisen durch wohl abgemessene Entkohlung unmittelbar in Gussstahl zu verwandeln, statt diesen, wie bisher, durch mühsames Schmelzen der äusserst schwierig zu sortirenden Stücken von Cementstahl zu bereiten, der seinerseits durch die kostspielige und unsichere Methode des Glühens mit Kohle aus Stabeisen gewonnen ward, welches letztere, seinen chemischen Eigenschaften nach, als das natürliche Endproduct aller Eisenindustrie, doch noch allgemein den Ausgangspunkt für alle Eisenwaaren von niedrigerem Kohlengehalt als dem des Roheisens, trotz seiner höchst umständlichen Herstellung, bildet — diese herrliche Idee ist nun endlich in das Stadium der Verwirklichung gelangt, dass ihre industrielle Ausführbarkeit nicht mehr bezweifelt wird. Die ersten grösseren Versuche sind zwar bereits vor fünf Jahren in England angestellt worden, aber noch vor zwei Jahren, nachdem man während ungefähr 10 Monaten mit der Methode auch in Schweden experimentirt hatte, betrachteten die Männer der Praxis die Bessemer'sche Stahlbereitung als eine müssige und hoffnungslose Erfindung, weil dieselbe nie ein homogenes, schlackenfreies Product liefern könne. Leider war die Wirklichkeit nicht im Stande, jene verurtheilende Behauptung völlig zu widerlegen, indem ein tadelloser Stahl nur ausnahmsweise erzeugt wurde, wenn die Constellation der einwirkenden Umstände eben eine günstige war; diese Umstände zu beherrschen, war man weit entfernt, weil man sie trotz vielfachen und höchst kostspieligen Probirens mit Tausenden von Centnern Roheisen noch nicht hatte kennen lernen. Die Idee sollte parforce verwirklicht werden.

Auch die eisernste Geduld musste bei so erfolglosen Versuchen ermüden, selbst wenn die Geldkrise vom Jahre 1857 nicht gleichzeitig zu haushälterischer Sparsamkeit ernst gemahnt hätte — und der Besitzer des Eisenwerkes Edsken in Gestriksland, Herr Consul Göranson, war entschlossen, alle weiteren Versuche mit der Bessemer'schen Stahlbereitung einzustellen.

In diesem traurigen Zustande fand ich die Angelegenheit, als mich eine Amtsreise Ende Juni 1858 in die Nähe von Edsken führte und mit Herrn Göranson bekannt machte. Ich wohnte einer Stahlblasung bei; ich sah, dass die befolgte Methode viel zu wünschen übrig liess, aber bei näherer Besprechung der Verhältnisse befestigte sich mir mit unwiderstehlicher Gewalt die Ueberzeugung, dass man mit Einhaltung eines mehr naturwissenschaftlichen Weges als dem des rohen Probirens nach den Kunstregeln der gewöhnlichen Eisenindustrie wohl zu einer gewissen Herrschaft über die einwirkenden Umstände müsse gelangen können.

Diese Ueberzeugung gewann ich vorzüglich durch die Thatsache, dass die Selbstverbrennung*) des Gusseisens

*) Ich spreche von einer Selbstverbrennung des Roheisens während der Bessemer'schen Stahlbereitung, weil ich die vom Urheber der Methode gehegte Ansicht auch jetzt noch nicht aufgegeben habe, dass nämlich die Entkohlung des weissglühenden Eisens auf einer unmittelbaren Oxydation durch die eingeblasene Luft beruht, in ähnlicher Weise als man aufspritzende Tropfen des eben vom Hohofen rinnenden Eisens oder als man eine Stahlfeder in Sauerstoffgas mit lebhaftem Funkensprühen verbrennen sieht, nur dass sie nicht wesentlich durch vorerst gebildetes Oxyd oder durch Frischschlacke bedingt wird, so wichtig auch die Gegenwart dieser Körper für die Frischung bei verhältnissmässig niedriger Temperatur ist, um den Sauerstoff der Gebläseluft auf das Eisen zu übertragen. Das schliesst nicht aus, dass unmittelbar gebildetes Eisenoxyd (oder Eisenoxydul) zur feinen Vertheilung des Sauerstoffs durch die Eisenmasse dienen kann, indem es in dem flüssigen Metall mechanisch einmengbar ist, wie Thon (oder auch Luft) mit Wasser angerührt werden kann. Das eigenthümliche gewaltsame Aufkochen des Eisens, das man mitunter im Bessemer'schen Ofen oder selbst während des Abzapfens in die Coquillen beobachtet, scheint darauf zu beruhen,

im Stahlofen mehr als einmal von *einer Temperatur* gefolgt war, *welche fast völlig entkohltes Eisen, weiches Schmiedeeisen, wie Quecksilber zum dünnen Fluss brachte.* Auf der Dünnflüssigkeit des mehr oder weniger entkohlten Eisens aber beruht die Möglichkeit, das weiche Eisen oder den Stahl schlackenfrei und homogen zu gewinnen. Mit der Herrschaft über eine ausreichend hohe Temperatur war also die Möglichkeit, ein brauchbares Product zu erblasen, auf's Engste verknüpft; in zweiter Linie stand dann die Aufgabe, der Entkohlung so Herr zu werden, dass man nach Belieben, und nicht nach Zufall, härteren oder weicheren Stahl oder Schmiedeeisen erzeugen könne.

Bezüglich des ersten Punktes musste man untersuchen, auf welche Weise man am sichersten und vollständigsten der Abkühlung vor und während der Entkohlung entgegenwirken könne.

Mit je höherer Temperatur das Eisen in den Stahlofen gebracht wird, desto leichter oxydirt es sich. Das Beste würde sein, das Roheisen direct vom Hohofen in den Stahlofen fließen zu lassen; wo das nach den örtlichen Verhältnissen nicht thunlich ist, muss man sein Augenmerk darauf richten, die Giesskelle, welche das Roheisen aufnehmen soll, vorher möglichst zu erhitzen und in kürzester Zeit in den Stahlofen zu entleeren. Mit gleicher Sorgfalt ist dem Stahlofen vor Aufnahme des Roheisens eine möglichst hohe Temperatur zu geben. Zu solcher Anheizung eignet sich Coke am besten, wenn nicht etwa dessen Berührung einen ungünstigen Einfluss auf das schmelzende Holzkohleneisen ausübt.

Ebenso sehr war darauf zu achten, dass nicht die ein-geblasene Luft, statt durch Unterhaltung des Verbrennungsprocesses die Temperatur zu erhöhen, vielmehr die Abkühlung beschleunigte. Obgleich das Eisen für sich zur Erzeugung einer hohen Verbrennungstemperatur sehr geeignet erscheint, weil dessen Verbrennungsproduct ein fester Körper ist, im Gegentheil zu den stark wärmebin-

dass unvollständig entkohltes Eisen und mit fein eingemengtem Oxyd beladenes Eisen durcheinander geschüttet werden.

denden Verbrennungsproducten des Kohlenstoffs oder der festen Kohlenwasserstoffverbindungen, so verschwindet doch dieser Vorthail in dem Grade, als der Sauerstoff der Luft nur theilweise verbraucht wird und der Rest gleich dem Stickstoff der Luft, statt Wärme zu geben, Wärme entführt. Selbst die Schnelligkeit der Oxydation ist von Bedeutung, denn je schneller die Verbrennung des Eisens verläuft, um so mehr übersteigt die Wärmebildung die unmöglich ganz zu vermeidende Wärmeleitung nach aussen.

War diese erste Aufgabe, nämlich die Temperatur des verbrennenden Eisens hinlänglich hoch und damit zugleich das Eisen dünnflüssig zu erhalten, gelöst, so konnte man mit ziemlicher Sicherheit auch auf die Erreichung des andern Zieles hoffen, auf das Ziel eines willkürlichen Abschlusses der Oxydation bei mehr oder weniger vollständiger Decarbonisation des Roheisens. Die Gewichtsmenge des eingeblasenen Sauerstoffs im Vergleich mit der Gewichtsmenge des eingesetzten Roheisens musste ein um so sicherer Maasstab für den Verlauf des Processes werden, je gleichartiger die übrigen Bedingungen von einer Operation zur anderen gegeben wurden. In erster Reihe musste hierbei die Gleichartigkeit des Ganges im Hohofen als Bedingung eines gleichartigen Roheisens gefordert werden. Wenn auch der calorische Effect verbrennenden Eisens nicht wesentlich geändert werden kann durch die Unterschiede im Kohlenstoffgehalt des grauen oder halbirten Eisens oder des Spiegeleisens, oder selbst durch Unterschiede im Mangangehalt und anderer Beimengungen, so scheint doch die Vermuthung gerechtfertigt, dass durch diese Verhältnisse die Neigung des Eisens zur Oxydation ganz bedeutend beeinflusst werde. Besonders möchte der Mangangehalt des Roheisens von entscheidendem Einfluss sein, weil mir das Mangan vor allen anderen Bestandtheilen des Roheisens geschickt erscheint, wie ein Zunder die Oxydation einzuleiten und zu unterhalten. Mit der Erzeugung eines fortwährend gleichartigen Roheisens hängt auch die Gleichartigkeit der Temperatur zusammen, wenn man nur immer mit gleicher Sorgfalt die Abkühlung des

abgestochenen Eisens während des Ueberfüllens in den Stahlofen verhütet oder vermindert.

Man hatte ferner eine möglichste Gleichmässigkeit zu erstreben in der Beschaffenheit des Stahlofens und der Gebläseluft. Bezüglich des Stahlofens ist vorzüglich zu berücksichtigen die Temperatur vor dem Einsetzen des Eisens; da er häufige Erneuerung verlangt, theils der Formen, theils der inneren Auskleidung überhaupt, so können leicht Ungleichheiten in der Gestalt wie im Trocknungsgrad vorkommen. Bezüglich der Luft ist möglichste Gleichmässigkeit zu beachten in deren Temperatur und Feuchtigkeitsgehalt, in deren Druck und Schnelligkeit, sowie Richtung und Vertheilung. Nach den lehrreichen Beobachtungen des Königl. Preuss. Oberinspector Eck scheint ein grösserer Feuchtigkeitsgehalt der Luft eine Temperaturerniedrigung im Hohofen zur Folge zu haben; eine ähnliche Wirkung dürfte die Feuchtigkeit der Luft im Stahlofen äussern. Eine höhere Temperatur der Luft scheint vortheilhaft, weil sie der Abkühlung des Ofens entgegenwirkt, dagegen dürfte dieser Vortheil mehr als aufgewogen werden durch die damit verbundene Verdünnung der Luft. Der Druck der eingeblasenen Luft muss nach der Höhe der Eisensäule bemessen werden, welche zu durchbrechen ist; er muss den Druck der Eisensäule noch um etwas übertreffen, um das Einströmen des Eisens in die Formen zu verhüten. Jeder Ueberschuss trägt dazu bei, die Schnelligkeit der Luftströmung durch das Eisen zu befördern, also die Entweichung der Luft aus dem Eisen, ohne völlige Ausnutzung des Sauerstoffs, zu beschleunigen. Mit Einhaltung dessen wird eine Vergrösserung der Eisensäule oder mit anderen Worten: eine Ausstreckung des Ofens in der Höhenrichtung auf Kosten der Weite zur Verdichtung des eingeblasenen Sauerstoffs und so mittelst zur Lebhaftigkeit des Verbrennungsprocesses beitragen.

Wir haben endlich von der Richtung und Vertheilung der eingeblasenen Luft zu sprechen, insofern davon die Verwerthung ihres Sauerstoffs abhängt. In je kleineren Blasen und je weiter in das Innere die Luft in die Eisen-

masse eindringt und je länger sie darin zurückgehalten wird, um so leichter muss die Entkohlung des Eisens vor sich gehen. Zugleich hat man in der eingeblasenen Luft den einfachsten Rührapparat, um die innigste Mischung des mehr oxydirten mit dem noch weniger entkohlten Eisen zu bewirken, worauf ein kurzes Stehenlassen des flüssigen Eisens im Ofen*) zur Abscheidung der noch eingemengten Schlackentheilchen auf die Oberfläche des schwereren Metalls genügen dürfte.

Die hier dargelegten Ansichten vom Wesen der Bessemer'schen Stahlbereitung schienen von der Wahrheit nicht sehr abzuweichen; sie erklärten einige Beobachtungen und zeigten, auf welche Weise die ferneren Versuche zu führen wären. Sie erklärten, dass Anwendung erhitzter Gebläseluft ohne Nutzen war, dass im Gegentheil die Stahlbereitung während des Winters bessere Resultate lieferte als während des Sommers; dass eingeblasener Wasserdampf den Gang des Stahlofens sehr verschlechterte, dass Einführung von Kieselsäure, Kohlenstaub und Brauneisenpulver mit der Gebläseluft in den Stahlofen ebenso erfolglos war, als eine Ladung des Ofens mit den gekörnten Stahlabfällen oder Schlacken einer früheren Schmelzung, dass dagegen ein Mangangehalt des Roheisens die Entkohlung wesentlich fördern müsse.

Bezüglich dessen, was in Zukunft zu geschehen habe, schien es wohl deutlich, dass eine Verbesserung des Hohofenganges, eine stärkere Anheizung der Schöpfkellen und des Stahlofens, eine beschleunigte Ueberfüllung des Roheisens vom Hohofen in den Stahlofen, eine Verengerung des letzteren zur Hervorbringung einer höheren Eisensäule, eine Verstärkung des Druckes der Gebläseluft und vorzüglich die Anwendung einer einzigen Reihe Formen statt der bisher gebrauchten zwei Reihen zu einem regelmässigen Gang der Stahlbereitung beitragen werde, doch

*) In sehr sinnreicher Weise verschliesst Herr Bessemer nach vollendeter Entkohlung durch von der Gebläseluft bewegte Thonpfropfen die Formen von innen gegen das von aussen eindringende sen.

glaubte ich den Rath geben zu müssen, alle weiteren Experimente so lange ganz zu unterlassen, bis man einen wissenschaftlich gebildeten Chemiker gewonnen habe, der den Gang der Operationen durch sorgfältig ausgeführte Analysen aufhellen könne. Eine vergleichende Untersuchung von Proben des eingesetzten Eisens, vor und während des Stahlblasens, sowie von den gleichzeitig gebildeten Schlacken und dem Endproducte, dem fertigen Stahl oder weichen (vielleicht stickstoffhaltigen) Eisen*) genommen, musste Einsicht in die allmähliche Verwandlung des Roheisens und in die Rolle der mehr oder minder zufälligen Begleiter des Eisens, als des Mangans, der Kieselsäure u. s. w., geben. Die wichtigsten Aufschlüsse aber dürfte man von einer Untersuchung der aus dem Stahl-ofen strömenden Gase erwarten; durch sie erhält man ein Bild von der Betheiligung der Gebläseluft an der Entkohlung des Eisens, theils in wie weit der Sauerstoff bei diesem oder jenem mechanischen Arrangement des Ofens und der Formen, mehr oder weniger vollständig, verbraucht wird, theils in welchem Verhältniss die Verbrennung des Kohlenstoffs zur Oxydation des Eisens und dessen Begleitern steht.

Eigenthümliche Umstände liessen jedoch den Besitzer des Eisenwerkes auf Benutzung der von den vorgeschlagenen wissenschaftlichen Untersuchungen zu verhoffenden Aufschlüsse verzichten und ein weiteres Experimentiren auf gut Glück vorziehen.

In der That schien auch das Glück hold zu sein. Mit Einführung der oben angedeuteten Verbesserungen gewann die Stahlbereitung unzweifelhaft an Sicherheit. Besonders

*) Das weiche Eisen, was mitunter statt Stahl durch zu weit geführte Entkohlung gewonnen wurde, war grossblättrig krystallinisch im Bruch, wenig zäh und weicher als gewöhnliches Schmiedeeisen, übereinstimmend mit den Eigenschaften, wie sie vom Stickstoffeisen berichtet werden. Die Zähigkeit lässt sich vielleicht durch wiederholtes Ausrecken und Zusammenschweissen (Gerben) vermehren. Die kohlenstoffärmsten Sorten solchen Eisens dürften sich zur Herstellung von Ankern, Leitungsdrähten u. s. w. für galvanomagnetische Zwecke eignen.

vortheilhaft zeigte sich die Beschränkung der Formen auf eine einzige Reihe nahe am Boden des Stahlofens, indem hierdurch bewirkt ward, dass sämtliche Gebläseluft die Eisensäule in deren gesammten Höhe durchdringen musste, wie viel oder wie wenig das Eisen auch aufschäumen mochte, während vordem die von der oberen Reihe eingeblasene Luft mehr oder weniger unbenutzt, also abkühlend, durch die geringere Menge darüber stehenden Eisens entwich. Zahlreiche und theuere Versuche kostete dagegen die Beantwortung der Fragen, welche Weite der Formen, welche Anzahl und Richtung derselben, welche Windpressung ist für die gegebenen Verhältnisse des Stahlofens die zweckmässigste?

Betreffend die Richtung der Formen war es wohl bei der Cylindergestalt des Ofens das Natürlichste, die Luft von der Peripherie nach dem Centrum einzublasen; bei gehöriger Pression drang die Luft auf solche Weise in aufsteigender Bogenlinie nach der Mitte der Eisenmasse, hob sie gleich einer Fontaine gegen die Decke des Ofens und liess beim Entweichen das Eisen an den Wänden des Ofens zu erneutem Kreislauf zurücksinken. Man hatte aber zur Zeit den Formen eine etwas excentrische Stellung gegeben, um das Eisen in eine rotirende Bewegung zu versetzen. Wozu das nützen sollte, war dem Hüttenpersonal nicht klar, genug die Einrichtung war so getroffen und an dem so eingerichteten Ofen versuchte man weitere oder engere Formen mit schwächerer oder stärkerer Pression, doch ohne entscheidende Erfolge. Man stellte dann die Formen einmal central und fand dabei eine deutliche Verschlechterung des Ganges, zu Folge einer auffallenden Abkühlung des Eisens während des Blasens. Man kehrte darauf zur excentrischen Stellung der Formen zurück, aber mit Verdoppelung ihrer Anzahl und beobachtete eine ebenso auffallende Temperatursteigerung im Eisen, als kurz zuvor Abkühlung mit den central gerichteten Formen*). Von diesem Tage an (Ende

*) Die aus der doppelten Anzahl (10) Formen excentrisch eingeblasene Luft scheint demnach hinreichend in das rotirende Eisen

Juli 1858) ging die Stahlbereitung unvergleichlich sicherer als früher, weil man die Erzeugung und Erhaltung des nöthigen Hitzgrades mehr in seine Gewalt bekommen hatte, aber die Methode hat seit dieser Zeit nicht die Fortschritte gemacht, die man damals zu hoffen berechtigt war, und wird wohl auch nur langsam sich fortentwickeln, so lange man die Ausführung der von mir angedeuteten wissenschaftlichen Untersuchungen für überflüssig hält. Ueber die technische Seite der Bessemer'schen Stahlbereitung sind durch Herrn Hüttendirector Grill erschöpfende Berichte in den Annalen des schwedischen Eisencontors mitgetheilt worden.

LVIII.

Ueber das Verhalten der aus Kieselsäure bestehenden Mineralien gegen Kalilauge.

Von

Rammelsberg.

(Aus d. Monatsber. d. Königl. Preuss. Acad. d. Wissensch. Decbr. 1860.)

In seiner wichtigen Abhandlung über den amorphen Zustand der Körper hat Fuchs mit Recht die Kieselsäure als Beispiel gewählt, das Verhältniss vom Quarz zum Opal festgestellt und gezeigt, dass jener von Kalilauge nur wenig, dieser aber, selbst in Stücken, leicht aufgelöst werde, wenn gleich manche Abänderungen (Hyalith) weit schwerer auflöslich sind als andere, und namentlich schwerer

einzudringen und von ihm hinreichend lange zurückgehalten zu werden, dass ihr Sauerstoff vollständiger als bei centraler Einblasung zur Oxydation verwendet wird. Eine ähnliche Einrichtung dürfte überall da zweckmässig sein, wo eine Flüssigkeit zur Absorption oder Waschung eines Gases (z. B. bei der Leuchtgasfabrikation in den Kalkwassertrögen) angewendet wird.