

# Ueber den Wärmegehalt geschmolzener Metalle nebst einigen daraus gefolgerten Andeutungen beziehungsweise auf die Eisen-Erzeugung.

Von

**Karl Balling,**

Professor der Chemie.

---

Die hochansehnliche k. Gesellschaft der Wissenschaften hat schon in früher Zeit ihre Aufmerksamkeit der Eisen-Gewinnung im Grossen, als einem für unser gemeinsames Vaterland sehr wichtigen Industrial-Gegenstand zugewendet. Dies beweiset die Aufstellung der Preisfrage: Worin besteht der Unterschied zwischen Roheisen aus Hohöfen und geschmeidigem Eisen aus Frischheerden? und nach welcher Methode lässt sich das letztere am besten und vortheilhaftesten aus dem ersteren bereiten? Drei Beantwortungen derselben von Herrmann, Schindler und Lampadius, welche zwar diese Frage nicht vollkommen entschieden, wurden doch von solcher Wichtigkeit befunden, dass die k. Gesellschaft sie gemeinsam krönte, und jene Abhandlungen der Oeffentlichkeit übergab, womit sie ihr damaliges Mitglied, den bereits verstorbenen Herrn Franz Gerstner (später Ritter von), meinen würdigen Lehrer, beauftragte. Es konnte keinem Zweifel unterworfen werden, dass, wenn man nur erst den wahren chemischen Unterschied zwischen diesen zwei Eisengattungen erkannt haben würde, sich daraus die so wünschenswerthen Verbesserungen ergeben hätten, welche bei dem Processe der Umwandlung des Roheisens in Stabeisen anzuwenden gewesen wären. Die neuere Chemie hat diese Frage vollständig gelöst; der Eisenfrischprozess hat dadurch wesentliche Verbesserungen erfahren; noch fortwährend finden deren Statt.

Ich erlaube mir, die Aufmerksamkeit einer hochansehnlichen k. Gesellschaft auf einen anderen damit in Beziehung stehenden Gegenstand zu lenken, nämlich auf den Wärmegehalt des in den Hohöfen erzeugten geschmolzenen Roheisens und der Schlacke. Die blossе Kenntniss dieses Wärmegehaltes würde aber ohne Nutzen seyn, wenn wir nicht

im Stande wären, hieraus den Aufwand an Brennstoff zu ermitteln, der zur Schmelzung einer bestimmten Menge Roheisen und Schlacke nothwendig ist. Es ist einleuchtend, dass jene weitere Kenntniss uns für den Process der Roheisen- Erzeugung Vortheil bringen muss, weil, ist einmal das absolut nothwendige Minimum des Brennstoffaufwandes hiezu erkannt, man durch Vergleichung mit dem wirklich im Grossen Statt findenden Aufwande desselben ersehen wird, was davon mehr aufgewendet wird, und wieviel an demselben erspart werden kann. Man wird demnach Mittel und Wege suchen, dies zu erreichen, und ohne Zweifel wird man sie dann auch finden. Alle Bemühungen, welche auf die Ersparniss an Brennstoff abzielen, dürften aber, besonders bei jenen Industrie-Anstalten, die viel davon consumiren, und bei den gegenwärtigen Zeitverhältnissen, wo das zur Eisenerzeugung bei uns hauptsächlich verwendete Brennmaterial — das Holz — immer theurer wird, löblich und lohnend seyn.

Über den angedeuteten Gegenstand können uns aber nur auf wissenschaftliche Grundsätze gestützte Versuche belehren; sie führen auf Zahlenverhältnisse, die hierauf als Anhaltspunkte zu Vergleichen dienen werden. Jenen Versuchen nun habe ich mich seit 3 Jahren bei Gelegenheit der Bereisung mehrerer böhmischer Eisenwerke unterzogen; die Resultate derselben habe ich die Ehre, einer h. k. G. hiemit vorzulegen.

Wir haben keinen Maassstab, nach welchem wir im Stande wären, absolute Wärme-Quantitäten zu messen; wir haben auch keine Mittel, womit wir die Temperatur oder Wärme-Intensität auf gleiche Art bestimmen könnten. Alle unsere diessfälligen Bestimmungen sind relativ, sie entscheiden bloß über das Mehr oder Weniger, ohne eine Einheit zu besitzen, die etwas Absolutes vorstellt, die wir als Maass bei jenen Bestimmungen benützen könnten. Allein dennoch lässt sich in Beziehung auf Wärmequantität — wenn auch nur relativ — in dem vorliegenden Falle eine Bestimmung machen, die zu etwas Absolutem, zu einer Erkenntniss führt, welche für die Wissenschaft sowohl wie für deren Anwendung — die Gewerbe — gleich wichtig und folgenreich ist. Vielleicht dass in der Folge auch für die Intensität der Wärme hieraus Folgerungen gezogen werden können.

Ehe ich mit meinen genannten Versuchen, das Roheisen betreffend, begann, machte ich einige Versuche mit leichtschmelzigeren Metallen, als: mit Zinn, Wismut, Blei, Zink und Kupfer. Wenn man geschmolzenes Metall in kaltes Wasser ausgiesst, so nimmt die Temperatur des Wassers dadurch zu, jene des Metalles sinkt aber ziemlich schnell zu jener des Wassers herab, wobei es natürlich erstarrt. Die dadurch bewirkte Zunahme der Temperatur des Wassers lässt sich mittelst eines genauen Thermometers messen; das Gewicht des zu dem Versuche verwendeten Wassers und Metalles lässt sich durch Abwiegen bestimmen. Hiedurch ist schon die Möglichkeit gegeben, den Wärmegehalt eines jeden geschmolzenen Metalles durch die Zunahme der Temperatur einer bestimmten Wassermenge auszudrücken: denn der Wärmegehalt des Metalles wurde bei dem Versuche an das Wasser übertragen. Um die Resultate jener Versuche möglichst genau und ohne merklichen Verlust an Wärme zu erhalten, ergab die Erfahrung, dass es hiezu vortheilhaft ist:

1. Grössere Mengen Metall und Wasser anzuwenden, weil grössere Massen überhaupt langsamer abkühlen als kleinere. 10 Pf. Metall und 100 bis 200 Pf. Wasser haben sich als hinreichend gezeigt.

2. Ein gewisses gegenseitiges Mengenverhältniss zwischen dem Metalle und dem Wasser anzuwenden, was jedoch nach Verschiedenheit des Schmelzgrades und nach dem grössern oder geringern Wärmegehalte der geschmolzenen Metalle verschieden seyn kann. Beim Roheisen muss wenigstens die zehnfache Wassermenge vom Gewichte des Metalles genommen werden, weil sonst das Wasser zu warm wird, und durch Verdampfung eines Theils desselben während des Versuches ein nicht unerheblicher Verlust an Wärme herbeigeführt würde.

3. Ist es nothwendig, das Wasser in ein Gefäss zu bringen, welches aus einem Materiale besteht, das ein schlechter Wärmeleiter ist, damit weder merkbar Wärme durch dasselbe abgeleitet noch von demselben verschluckt werde. Gefässe von Holz (Kübel) taugen dazu am Besten, und es hat sich gezeigt, dass, wenn die Wassermenge nicht zu klein ist, selbst geschmolzenes Roheisen keine wesentliche Zerstörung oder Verbrennung des Bodens desselben bewirkt.

Ohne einigen Verlust an Wärme, sind solche Versuche indessen nicht ausführbar, und desshalb sind die erhaltenen Resultate immer nur solche, die das Minimum des Wärmegehaltes anzeigen, oder selbst etwas unter demselben stehen. Man ist übereingekommen, diejenige Menge Wärme, welche 1 Pf. Wasser um 1 Grad des hunderttheiligen Thermometers erwärmt, eine Wärme-Einheit zu nennen. Hiernach kann die von den geschmolzenen Metallen an das Wasser übertragene Wärme in einer Anzahl solcher Wärme-Einheiten ausgedrückt werden.

Mehrere Gelehrte, wie *Rumford*, *Hassenfratz*, *Clément* und *Pélelet* haben Versuche über die Wirkung verschiedener Brennstoffe angestellt, und sie durch eine Anzahl Pfunde Wasser, welche bei der Verbrennung derselben von 0° bis zum Siedepunkte 100° C. erhitzt werden, in Zahlenverhältnissen angegeben.

1 Pf. Holzkohle erhitzt nach *Clément* 70 $\frac{1}{2}$  Pf. Wasser vom Frostpunkte bis zum Sieden. Da ein Pfund Wasser von 100° C. Temp. 100 Wärmeeinheiten enthält, so bringt 1 Pf. Holzkohle bei der vollkommenen Verbrennung zu Kohlensäure 70,5  $\times$  100 = 7050 Wärme-Einheiten hervor. (In den Hohöfen erfolgt aber die Verbrennung der Kohle nur zu Kohlenoxydgas, wobei 1 Pfd. desselben nur halb so viel Wärme = 3525 Einheiten derselben entwickelt.)

Ist aus den vorstehend angezeigten Versuchen der Wärmegehalt der geschmolzenen Metalle in einer Anzahl von Wärme-Einheiten ausgedrückt bekannt geworden, so lässt sich nun hieraus auch sehr leicht berechnen, wie viel Kohle zur Schmelzung einer gewissen Menge eines Metalles wenigstens erforderlich ist. Dies ist das Absolute, was aus jenen Versuchen hervorgeht. Es führt unmittelbar zu Vergleichen, und zur nutzbringenden praktischen Anwendung. Um eine hochansehnliche Versammlung nicht mit der Beschreibung des Vorganges bei jedem Versuche und der dabei erhaltenen Resultate zu

ermüden, werde ich in Folgendem bloß das Verfahren im Allgemeinen und die erhaltenen Resultate mittheilen, und habe nur noch beizusetzen, daß der Wärmegehalt der Metalle vom Schmelzpunkte derselben bis zu 0° C. Temp. bestimmt, und daß daher der Wärmegehalt der bis zur Temp. des Wassers abgekühlten Metalle — da sie in dem entstandenen warmen Wasser nicht bis auf 0° abgekühlt werden konnten — noch zu der an das Wasser übertragenen Wärme hinzugerechnet wurde, wobei ich die spezifische

Wärme des Zinnes = 0,0514.

Wismuts = 0,0288.

Bley's = 0,0293.

Zinkes = 0,0927.

Kupfers = 0,0949.

Roheisens = 0,1083, nach den darüber vorhandenen Angaben in Rechnung gebracht habe. Für das Roheisen wurde aus Abgang directer Bestimmungen die spez. Wärme des weichen Stahls gesetzt, da derselbe dem Roheisen am Nächsten steht. Der zu den Versuchen verwendete, jedesmal ausgetrocknete Holzkübel wurde tarirt, 100 Pf. klares Flusswasser in denselben genau eingewogen, dessen Temperatur bestimmt, und nun das geschmolzene Metall in dasselbe ausgegossen, wobei gar keine Gefahr vorhanden ist, wenn nur das Metall fortwährend unter das Wasser herabsinkt und mit diesem bedeckt bleibt. Ein geringes Zischen ist Alles, was dabei bemerkt wird. Das Wasser wurde hierauf mit einem hölzernen Stabe fleißig umgerührt, und das Zunehmen der Temp. mittelst des Thermometers beobachtet, bis derselbe den höchsten Grad erreicht hatte, welcher angemerkt wurde. Durch Vergleichung mit der ursprünglichen Temp. ergab sich einfach die Zunahme derselben, z. B. = 15° C., und diese auf die ganze angewendete Wassermenge berechnet = 100 Pf., findet man die Wärmemenge in Einheiten =  $100 \times 15 = 1500$ . Nach Beendigung des Versuches wurde das hiezu gebrauchte Metall aus dem Wasser genommen, über Feuer getrocknet und hierauf gewogen. Auch wurde der Kübel mit dem Wasser auf der Wage belassen, und nach dem Eingießen des Metalles das Gewicht desselben durch Zulegen von Gewicht unmittelbar bestimmt. Bei Vergleichung der Anzahl der Pfunde des verwendeten Metalles mit der Anzahl der dem Wasser daraus übertragenen Wärme-Einheiten findet man den Wärmegehalt in 1 Pf. des geschmolzenen Metalles in Einheiten, und durch weitere Vergleichung mit der Heizkraft der Holzkohle den zur Schmelzung erforderlichen Kohlenaufwand. Die erhaltenen Resultate finden sich in der nachstehenden Tafel.

N a m e d e r M e t a l l e	1 Pf. geschmolzenes Metall enthält Wärme-Einheiten	100 Pf. des Metalles bedürfen Kohle zur Schmelzung, bei deren Verbrennung zu	
		Kohlensäure	Kohlenoxydgas
Zinn .	29	0,41	0,82
Wismut	21	0,29	0,58
Blei	17	0,24	0,48
Zink	70	1,00	2,00
Kupfer	160	2,26	4,52
Roheisen	300	4,25	8,50

Hiebei ist vorerst angenommen, dass die Kohle vollkommen zu Kohlensäure verbrenne. In den Schmelzöfen im Grossen geschieht dies aber nur zu Kohlenoxydgas, und daher ist für diesen Fall jener berechnete Kohlenaufwand doppelt zu nehmen, wie in vorstehender Tafel ersichtlich ist. Diese Versuche wurden im Laboratorio angestellt; die Temp. der geschmolzenen Metalle konnte eine höhere oder niedrigere als jene seyn, welche sie in den Schmelzöfen bei ihrer Erzeugung im Grossen gewöhnlich besitzen, und sie konnte höher als jene seyn, welche zu ihrer Schmelzung eben erforderlich war. Die Resultate derselben können daher nur als annähernd richtig betrachtet werden. Dennoch sei es mir erlaubt, hieraus einige Folgerungen zu ziehen.

Vorerst muss es auffallen, dass die geschmolzenen Metalle so wenig Wärme enthalten. 1 Pf. eiskaltes Wasser enthält in Vergleichung mit Eis von 0° C. Temp. 60 Wärme-Einheiten an Wärme. 1 Pf. geschmolzenes Blei enthält nur 17 Wärme-Einheiten. Die Wärme, welche erforderlich ist, um 1 Pf. Eis zu schmelzen, reicht auch hin, um  $3\frac{1}{2}$  Pf. Blei zum Schmelzen zu bringen. 1 Pf. geschmolzenes Roheisen enthält 300 Wärme-Einheiten, 1 Pf. kochendes Wasser enthält davon gegen Eis 160, gegen Wasser vom Frostpunkte 100 Wärme-Einheiten. In 1 Pf. geschmolzenem Roheisen ist daher nicht mehr Wärme enthalten als in 2 Pf. kochendem Wasser gegen Eis — und als in 3 Pf. kochendem Wasser gegen dasselbe von 0° Temp. verglichen! —

Wenn die geschmolzenen Metalle so wenig Wärme enthalten, und demgemäss so wenig Kohle zu ihrer Schmelzung bedürfen, ist es auffallend, warum im Grossen ein so bedeutender Aufwand von Brennstoff (Kohle) zu ihrer Schmelzung erfordert wird? Ich glaube diese Erscheinung in Folgendem erklären zu können. Der Aufwand an Brennstoff zur Schmelzung der Metalle ist nebst durch die Quantität der bei der Verbrennung erzeugten Wärme insbesondere auch durch die dabei hervorgebrachte Wärme-Intensität (Temperaturgrad) bedingt. Bei der Verbrennung gleicher Mengen Brennmaterials kann man gleiche Quantitäten Wärme erzeugen, aber die hervorgebrachte Wärme-Intensität kann nach Umständen eine sehr verschiedene seyn. Wenn man bei Verbrennung derselben Menge Brennmaterials mit der Erzeugung einer gleichen Quantität Wärme zugleich die Hervorbringung einer grösseren Wärme-Intensität — einer höheren Tempera-

tur — vereint, so ist man im Stande, eine grössere Masse zu schmelzen, oder bei gleicher Menge geschmolzener Masse an Brennstoff zu ersparen. Da die Anwendung heissen Windes und kalter mehr verdichteter Luft bei Gebläsefeuern überhaupt die Entstehung einer höhern Temperatur, einer grössern Intensität der Wärme in dem Feuer bewirkt, so ist auch hiernach die vortheilhafte Wirkung dieser verschiedenen Windführungen zu beurtheilen, nur mit dem Unterschiede, dass beim Gebrauche erhitzter Luft die Quantität und Intensität der Wärme im Feuer durch den Wärmegehalt der Luft selbst vermehrt wird, und mit derselben noch um so viel mehr geleistet werden kann.

Es ist dies ein Umstand, der bisher in der Praxis hüttenmännischer Prozesse, so wie bei dem Verbrennungsprocesse zur Erzeugung und Benützung der Wärme überhaupt, noch viel zu wenig berücksichtigt wurde, aber die vorzüglichste Beachtung verdient.

Nach dem obigen, mit dem Roheisen im Jahre 1838 gemachten Vorversuche habe ich dieselben seit jener Zeit unmittelbar bei mehreren böhmischen Eisenwerken mit aus dem Hohofen selbst geschöpftem weissen und grauen, bei kaltem und bei heissem Winde erblasenem Roheisen fortgesetzt, weil dies über den Wärmegehalt des im Hohofen erzeugten und geschmolzenen Roheisens am genauesten belehren musste. Ich habe diese Versuche zugleich auf die Bestimmung des Wärmegehaltes der geschmolzenen Hohofenschlacke ausgedehnt.

Die Eisenwerke, wo jene Versuche angestellt wurden, und die Umstände, welche dabei Statt hatten, waren folgende:

1. Im Jahre 1838.

Zu Rosahütte bei Reichenau, königgrätzer Kreises, bei heissem Winde von 120° C. mit weissem und grauem Roheisen, und mit der dabei erhaltenen Schlacke.

2. Im Jahre 1839.

Zu Klabawa bei Rokitzan, pilsner Kreises, bei kaltem Winde mit grauem Roheisen nebst Schlacke.

Zu Hollaubkau, Herrschaft Zbirow, berauner Kreises, bei heissem Winde von 250° C. mit grauem Roheisen und Schlacke.

Zu Sedletz, Herrschaft Stihltau, pilsner Kreises, bei heissem Winde von 200° C. mit grauem Roheisen aus dem Schöpfheerde und mit Schlacke aus dem Hohofen.

3. Im Jahre 1840.

Zu Franzensthal, Herrschaft Chlumetz, budweiser Kreises, bei heissem Winde von 130° C. mit grauem Roheisen und Schlacke.

Die Resultate finden sich in der nachstehenden Tafel zusammengestellt.

Benennung des Eisenwerkes, wie der Beschaffenheit des Roheisens und der Schlacke	Wärmegehalt derselben in Einheiten
<i>R o s a h ü t t e .</i>	
a) Weisses Roheisen . . . .	266
b) Graues dto. etwas halbirt	271
c) Graues dto. . . . .	276
d) Gaare Hohofenschlacke von b)	294
e) dto. dto. von c)	314
<i>K l a b a w a .</i>	
f) Graues Roheisen . . . .	275
g) dto. dto. . . . .	278
h) Gaare Hohofenschlacke	355
<i>H o l l a u b k a u .</i>	
i) Graues Roheisen . . . .	290
k) dto. dto. . . . .	284
l) Gaare Hohofenschlacke	371
<i>S e d l e t z .</i>	
m) Graues Roheisen etwas halbirt	278
n) dto. dto. dto	280
o) Schlacke davon	360
p) dto. dto.	372
<i>F r a n z e n s t h a l .</i>	
q) Graues Roheisen . . . .	279
r) Schlacke davon	375

Obwohl die Resultate dieser Versuche noch keineswegs als vollkommen entscheidend anzusehen sind, dieselben vielmehr noch vermehrt und dadurch bestätigt werden müssen, so dürften doch vorläufig hieraus folgende Schlüsse gezogen werden können, als:

1. Der Wärmegehalt des geschmolzenen Roheisens beträgt mit Hinzurechnung einiger Wärmeverluste; die bei diesen Versuchen unvermeidlich sind, für 1 Pf. desselben nahe 300 Wärme-Einheiten. Im geschmolzenen Roheisen befindet sich daher keine grosse Wärme-Quantität, aber die darin enthaltene Wärme in einen sehr kleinen Raum zusammengedrängt von einer höheren Intensität oder Temperatur.

2. Das geschmolzene weisse Roheisen enthält weniger Wärme als das graue Roheisen, wodurch die bekannte Erfahrung bestätigt wird, dass ersteres unter Umständen erzeugt werde, welche eine Erniedrigung der Temperatur im Hohofen bedingen.

3. Die geschmolzene Schlacke enthält mehr Wärme als das geschmolzene Roheisen. Man kann den Wärmegehalt derselben mit Hinzurechnung einigen unvermeidlichen Wärmeverlustes für 1 Pf. derselben auf 400 Wärme-Einheiten veranschlagen, so dass zur Schmelzung von 100 Pf. Schlacke im Hohofen 11 bis 12 Pf. Kohle erforderlich wären. Der Kohlen-

aufwand zur Schmelzung der im Hohofen erzeugten Schlacke ist daher von der Menge derselben, die auf je 100 Pf. Roheisen entfällt, abhängig. Hierüber haben wir noch gar keine richtigen Erfahrungen, und wenn auch das Ausbringen an Roheisen aus den Erzen allgemein ermittelt wird, so geschieht es nicht so mit der Schlacke, die nicht den Rest des Erzgewichtes ausmacht, weil aus demselben bei der Erhitzung vor dem Schmelzen bis 15 p. c. flüchtige Bestandtheile (meist Wasser) entweichen. Man hat es bisher vernachlässigt, durch öftere gemeinschaftliche Wägung des erzeugten Roheisens und der Schlacke sich hierüber eine nähere Kenntniss zu verschaffen. — Sie würde nicht ohne nützliche Folgen seyn. —

4. Dürfte aus den Resultaten dieser Versuche gefolgert werden können, dass das Roheisen und die Schlacke bei kaltem Winde erblasen, weniger Wärme enthalten, als bei heissem Winde erzeugt, und dass der Wärmegehalt derselben mit der Temperatur des Windes zunimmt, und in einem gewissen Verhältnisse steht. Es erklärt sich dies hieraus, dass die Temp. im Hohofen bei heisser Windführung eine höhere ist, und es gibt uns dies ein Mittel an die Hand, bei einem jeden Hohofen zeitweilig vergleichsweise die Temp. in demselben zu erforschen, indem man einen solchen Versuch zur Bestimmung des Wärmegehaltes des Roheisens und der Schlacke unternimmt. Zeigt sich derselbe grösser oder kleiner, so ist auch die Temperatur höher oder niedriger. — Aber dazu gehören eigene genauere und empfindlichere Wagen und Gewichte, als sie gewöhnlich bei Hohöfen angetroffen werden.

Hiemit schliesse ich für jetzt die Mittheilungen über diesen Gegenstand, und behalte mir vor, die Anwendung der hier dargelegten Erfahrungen auf den Betrieb der Eisenerzeugung im Grossen zu einer andern Zeit zu zeigen. Noch einiger Beobachtungen will ich aber erwähnen, die beim Einbringen des geschmolzenen Roheisens und der Schlacke ins Wasser bei diesen Versuchen gemacht worden sind.

Sowohl das Roheisen wie die Schlacke bleiben dabei noch einige Zeit unter dem Wasser glühend, die Schlacke kühlt langsamer ab als das Roheisen, welches dabei immer weiss wird; es entwickelt sich bei beiden im Anfange brennbares Gas aus dem Wasser, welches sich, wenn die Roheisen- oder Schlackenmenge etwas grösser ist, entzündet, und an der Oberfläche des Wassers eine Zeit lang fortbrennt.

Dieses Gas roch immer mehr oder weniger noch Schwefelwasserstoffgas, was beweist, dass Schwefel sowohl ein Bestandtheil des Roheisens als der Schlacke seyn müsse. Hiernach dürfte auch die Meinung jener berichtigt werden, welche mit glühender Eisenschlacke erwärmte Bäder für eisenhaltige Bäder ansehen. Es sind vielmehr Schwefelbäder, und hiernach möchte auch ihre medizinische Wirkung beurtheilt werden müssen.

---

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der königl.- böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften](#)

Jahr/Year: 1842

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Balling Karl

Artikel/Article: [Uiber den Wärmegehalt geschmolzener Metalle nebst einigen daraus gefolgerten Andeutungen beziehungsweise auf die Eisen-Erzeugung 1-8](#)