

Ueber die

latente Wärme des Kohlenstoffes

in seinen gasförmigen Verbindungen

von

Friedrich Arzberger.

(Mitgetheilt in den Sitzungen vom 8. Juli, 11. November und 11. Dezember 1868.)

Bei jeder chemischen Verbindung mehrerer Stoffe untereinander entsteht Wärme, deren Quantität nach der Menge der in Verbindung getretenen Stoffe, nach den specifischen Eigenschaften der Stoffe, welche die Verbindung eingegangen sind, und nach der Art der gebildeten chemischen Verbindung verschieden ist. Diese Wärme pflegt man im Allgemeinen Verbindungswärme, und wenn die chemische Verbindung eine Verbrennung war, auch Verbrennungswärme zu nennen. Die Verbrennungswärme oder der absolute Wärmeeffekt der Brennstoffe wird bekanntlich dadurch gemessen, dass man angibt, wie viele Gewichtseinheiten von Wasser von 0° auf 1° Celsius erwärmt werden — d. h. wie viele Calorien entwickelt werden — wenn Eine Gewichtseinheit des gegebenen Brennstoffes verbrennt.

Betrachtet man die absoluten Wärmeeffekte, die sich auf den Kohlenstoff beziehen, so findet man einen interessanten Zusammenhang zwischen den diessbezüglichen Zahlen.

Nach Faber und Silbermann ist der absolute Wärmeeffekt bei Verbrennung des Kohlenstoffes und des Kohlenoxydgases durch direkte Versuche ermittelt worden wie folgt:

Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrannt	8086
„ „ Kohlenoxyd „	2480
Kohlenoxyd „ Kohlensäure „	2403.

Zunächst sei daran erinnert, dass 11 Gewichtstheile Kohlensäure
 aus 3 Gewichtstheilen Kohlenstoff
 und „ 8 „ Sauerstoff; ferner
 7 Gewichtstheile Kohlenoxyd
 aus 3 Gewichtstheilen Kohlenstoff
 und „ 4 „ Sauerstoff bestehen.

Leitet man die Verbrennung von 1 Gewichtstheil Kohlenstoff so ein, dass die Verbrennungsprodukte keine Kohlensäure, sondern bloss Kohlenoxyd enthalten, so werden 2480 Calorien messbar und die gebildete Menge Kohlenoxyd beträgt $\frac{7}{3}$

Gewichtstheile; verbrennt man diese weiter zu Kohlen-

säure, so werden $\frac{7}{3} \cdot 2403 = 5607$ Calorien somit zusammen 8087 Calorien messbar. Der Versuch zeigt bei direkter Verbrennung zu Kohlensäure 8086 Calorien, ein Beweis, dass die Zahlenwerthe relativ sehr genau ausgemittelt sind.

Bei der obigen Verbrennung in zwei Abschnitten; zuerst unter Bildung von Kohlenoxyd und darauf unter Bildung von Kohlensäure, ist doch anscheinend der Verbrennungsprozess in jedem Abschnitte gerade zur Hälfte vor sich gegangen; 1 Gewichtstheil Kohle hat sich zuerst mit $\frac{4}{3}$ Gewichtstheilen Sauerstoff zu Kohlenoxyd, und die gebildeten $\frac{7}{3}$ Gewichtstheile Kohlenoxyd haben sich bei der 2^{ten} Verbrennung wieder mit $\frac{4}{3}$ Gewichtstheilen Sauerstoff zu $\frac{11}{3}$ Kohlensäure verbunden. Dieselbe Gewichtsmenge Kohlenstoff verbrannte bei der 1^{ten} Verbrennung mit der 1^{ten} Hälfte des Gesamtsauerstoffes, und bei der 2^{ten} Verbrennung mit dessen 2^{ter} Hälfte, und doch wurden bei der

1^{ten} Verbrennung nur 2480 Calorien, bei der

2^{ten} Verbrennung 5607 Calorien messbar.

Der Unterschied von 3127 Calorien ist jedenfalls auffallend gross, und fordert zu einer näheren Untersuchung auf.

Es ist bekannt, dass bei Vereinigung von Kohlenstoff und Sauerstoff weit leichter Kohlensäure als Kohlenoxyd gebildet wird, und dass sich bei verhältnissmässig niedrigen Temperaturen schon Kohlensäure durch Verbindung von Kohle und Sauerstoff bilde, dass hingegen Kohlenoxydgas bei der Verbrennung erst durch Berührung heisser Kohle mit heisser Kohlensäure entstehe. Bei Verbrennung der Kohle in sehr hoher

Temperatur findet die Kohlenoxydgasbildung allerdings sehr rasch nach der Kohlensäurebildung statt, so dass es den Anschein hat, als ob sich direkt Kohlenoxyd gebildet hätte, indem die gebildeten Kohlensäuretheilchen bei dieser sehr hohen Temperatur sogleich nach ihrer Entstehung Kohlenstoff aufnehmen, und sich in Kohlenoxyd umsetzen. Man weiss ferner aus Erfahrung, — bei Verbrennung von Kohlenoxyd in Flammöfen — dass es schwer hält, Kohlenoxyd vollständig zu verbrennen; und eben desshalb, weil Kohlenoxyd so schwer verbrennlich ist, wird der bei der Verbrennung zugeführte atmosphärische Sauerstoff die gebildeten Kohlenoxydtheilchen wenig oder gar nicht angreifen, sie nur weg-schieben, und sich direkt mit der festen Kohle zu Kohlensäure vereinigen, welche Letztere nach Umständen wieder mehr oder weniger in Kohlenoxydgas verwandelt werden kann.

Der Einfachheit und Deutlichkeit wegen erlaube ich mir den Ausdruck zu wählen: Kohlensäure besitzt in hoher Temperatur die Fähigkeit Kohlenstoff aufzulösen (so wie z. B. Schwefelsäure gewisse Metalloxyde auflösen kann).

Man kann so schreiben:



d. h. 11 Gewichtstheile Kohlensäure können in hoher Temperatur 3 Gewichtstheile festen Kohlenstoff auflösen, und daraus 14 Gewichtstheile gasförmiges Kohlenoxyd bilden.

Man kann sich wohl zur besseren Veranschaulichung erlauben zu sagen: $\frac{14}{3}$ Gewichtstheile Kohlenoxyd bestehen aus $\frac{11}{3}$ Kohlensäure, welche 1 Gewichtstheil Kohlenstoff im gasförmigen Zustande aufgelöst enthalten. Verbrennt man nun $\frac{14}{3}$ Kohlenoxyd, so kann man sich vorstellen, dass 1 Gewichtstheil gasförmiger Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennt, während $\frac{11}{3}$ Kohlensäure ungeändert bleiben.

$\frac{14}{3}$ Kohlenoxyd verbrannt geben $\frac{14}{3} \cdot 2403 = 11214$ messbare Calorien
1 Gew. Thl. Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrannt,

gibt 8086 „ „

somit ein Unterschied von $L = 3128$ Calorien.

Es erscheint mir sehr plausibel, diese Zahl $L = 3128$ als jene Wärmemenge zu betrachten, welche bei der Ueberführung des Kohlenstoffes aus dem festen in den gasförmigen Aggregatzustand gebunden wird — wenn ich mich dieses älteren einfachen Ausdruckes bedienen

darf, nachdem in $\frac{14}{3}$ Kohlenoxyd 1 Gewichtstheil gasförmiger Kohlenstoff verbrannt, um $L = 3128$ Calorien mehr messbare Calorien geliefert hat, als 1 Gewichtstheil fester Kohlenstoff. Sonach kann man sagen: **$L = 3128$** ist die latente Wärme des gasförmigen Kohlenstoffes.

Die Zahl L ist der Unterschied der messbaren Calorien, den man erhält, wenn man einmal gasförmigen (in Kohlensäure gelöst), ein anderes Mal festen Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennt; ich glaube daher annehmen zu können, dass bei der Verbrennung von festem Kohlenstoff, so wie beim gasförmigen 11214 Calorien entstehen, von welchen aber 3128 „ nicht messbar werden, weil diese eben den gasförmigen

Aggregatzustand des Kohlenstoffes in der Kohlensäure _____

bewirken; die 8086 Calorien welche als Rest bleiben, können beim Experimente gemessen werden.

Umgekehrt kann man auch sagen, wenn gasförmiger Kohlenstoff verbrennt, so muss sein absoluter Wärmeeffekt um L grösser sein als jener des festen Kohlenstoffes. Es lässt sich nun auch erklären, wie denn die zuerst aufgefundene Differenz von 3127 entstanden ist.

Wenn Kohlenoxydgas bei der Verbrennung gebildet werden soll, so muss zuerst Kohlensäure gebildet werden, welche dann eben so viel Kohlenstoff auflöst, als ursprünglich zur Kohlensäurebildung verwendet wurde.

Nach obiger Annahme entstehen bei der Verbrennung von 1 Gewichtstheil Kohlenstoff überhaupt 11214 Calorien; war der verbrannte Kohlenstoff fest, so entziehen sich der Messung $L = 3128$ „ mithin sind messbar 8086 Calorien. Soll nun 1 Gewichtstheil Kohlenstoff in der gebildeten Kohlensäure gelöst werden, so werden abermals latent 3128 Calorien; sonach liefern 2 Gewichtstheile Kohlenstoff 4958 messbare Calorien, wenn sie zu Kohlenoxyd verbrannt werden, mithin entsprechen Einem Gewichtstheile Kohlenstoff 2479 Calorien, eine Zahl, die mit der direkten Messung 2480 sehr gut stimmt.

Auf dieselbe Zahl 2480 wären wir aber gekommen, wenn wir in obiger Rechnung $L = 3127$ gesetzt hätten; und man ersieht daraus, dass die zuerst gefundene Zahl 3127 schon die latente Wärme des Kohlenstoffes war, die nur in einer unübersichtlichen Form zu Tage gekommen ist.

Ein weiterer Umstand, der die Annahme über die latente Wärme des Kohlenstoffes $L = 3128$ noch rechtfertigen dürfte, ist folgender:

Nach den älteren Angaben von Desprez und Lavoisier ist der absolute Wärmeeffekt des Wasserstoffes 23640, und jener des Kohlenstoffes 7815. Mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff kann man 1 Gewichtstheil Wasserstoff zu Wasser verbrennen und erhält 23640 Calorien; mit derselben Sauerstoffmenge kann man aber auch 3 Gewichtstheile Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennen, und erhält $3 \times 7815 = 23445$ Calorien. Mit Zugrundelegung dieser Zahlen ist die Verbrennungswärme für Wasserstoff und Kohlenstoff bei vollkommener Verbrennung sehr nahe gleich gross, wenn gleiche Sauerstoffmengen die Verbrennung bewirkt haben. Dieser Satz wurde zuerst von Welter ausgesprochen und ist unter dem Namen: „das Welter'sche Gesetz“ bekannt. Nachdem aber Versuche von Faber & Silbermann, Grassi, Dulong u. A. gezeigt haben, dass die Zahlenangaben von Desprez und Lavoisier unrichtig sind, und mit Anwendung der neueren Versuchsergebnisse die von Welter gefundene Uebereinstimmung nicht mehr zutrefte, musste das Welter'sche Gesetz als unhaltbar bezeichnet werden.

Geht man von meiner früher aufgestellten Behauptung aus, dass bei der Verbrennung von 1 Gewichtstheil Kohlenstoff 11214 Calorien gebildet werden, und berücksichtigt dabei auch für den Wasserstoff den von Faber & Silbermann gefundenen absoluten Wärmeeffekt mit 34188, so findet man, dass unter diesen Voraussetzungen dem Welter'schen Gesetze sehr nahe Genüge geleistet wird. Die 3 Gewichtstheile Kohlenstoff, welche mit 8 Gewichtstheilen Sauerstoff verbrennen, liefern $3 \times 11214 = 33642$ Calorien, während dieselbe Sauerstoffmenge mit 1 Gewichtstheil Wasserstoff verbrannt, 34188 Calorien produziert. Der Unterschied beider Zahlen $34188 - 33642 = 546$ beträgt 1.6% von dem absoluten Wärmeeffekte des Wasserstoffes; eine Differenz, die bei den Schwierigkeiten, welche der Durchführung solcher Versuche im Wege stehen, immerhin noch später ihre Aufklärung finden kann.

Wenn man mit Zugrundelegung der Verbrennungswärme für den gasförmigen Kohlenstoff (11214) die Verbrennungswärme von gasförmigen Kohlenwasserstoffen berechnet, so ergeben sich Zahlen, welche jene, die durch Versuche ermittelt wurden, weitaus übersteigen. Die Verbindungswärme zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff in den Kohlenwasserstoffen ist jedenfalls eine nicht unbedeutende, und diese dürfte auch die Resultate modifiziren.

Die eben aufgestellte Hypothese L = 3128 liefert einige nicht uninteressante Einblicke in den Vorgang bei der Verbrennung des Kohlenstoffes.

Die Verbrennung von Kohlenstoff (Holzkohle oder Coaks) wird vorgenommen entweder um Wärme zu erzeugen, oder um die gebildeten Verbrennungsprodukte — Kohlensäure oder Kohlenoxydgas — zu produziren, oder aber um sowohl die erzeugte Wärme als auch die produzierten Verbrennungsprodukte auszunützen.

Es sei zunächst der Fall in Betracht gezogen, dass ein Schmelztiegel zwischen brennenden Kohlen steht, um erhitzt zu werden; man sucht also durch Verbrennung der Kohle möglichst viel Wärme an den Tiegel abzugeben ohne Rücksicht darauf zu nehmen, welche Zusammensetzung die Verbrennungsprodukte haben. Bei näherer Betrachtung des Gegenstandes zeigt es sich jedoch, dass in Bezug auf Wärmeentwicklung die Zusammensetzung der Verbrennungsprodukte durchaus nicht gleichgiltig sei. Schon früher wurde bemerkt, dass bei der Verbrennung der Kohle in höherer Temperatur stets ein Theil der gebildeten Kohlensäure Kohlenstoff auflöse, wodurch Kohlenoxyd gebildet wird; und es geht aus der Natur der Sache hervor, dass jener Kohlenstoff, der von Kohlensäure aufgelöst wurde und nun als Kohlenoxyd gasförmig fortgeführt wird, nicht mehr zur direkten Verbrennung mit dem atmosphärischen Sauerstoff gelangen kann. Ausserdem wird aber zur Umwandlung des festen in den gasförmigen Aggregatzustand eine bestimmte Wärmemenge latent, welche der unmittelbaren Umgebung entzogen werden muss. Wird 1 Gewichtstheil Kohlenstoff in Kohlensäure gelöst, so entzieht sich dieser der direkten Verbrennung, und es werden in Folge dessen effektive 8086 Calorien nicht entwickelt, die produziert worden wären, wenn besagter Kohlenstoff nicht gelöst worden wäre; ferner werden latent 3128 „
somit gehen durch Auflösung von 1 Gewichtstheil Kohlenstoff für die Erwärmung des Tiegels verloren 11214 Calorien.

Aus diesem Gewichtstheil Kohlenstoff entstehen allerdings $\frac{14}{3}$ Gewichtstheile Kohlenoxyd, welche bei ihrer Verbrennung $\frac{14}{3} 2403 = 11214$ Calorien entwickeln, allein diese Wärmemenge entsteht oberhalb der Kohlen bei der Verbrennung der Kohlenoxydflamme, wo sie dem Tiegel nicht mehr zu Gute kommen. Hieraus geht hervor, um wie viel im vorliegenden Falle mehr Brennstoff zur Ausnützung einer bestimmten Wärme verwendet werden muss, wenn eine bestimmte Menge Kohlenoxyd in den Verbren-

nungsprodukten enthalten ist, als in einem anderen Falle, wo weniger Kohlenoxyd gebildet wird.

Je dichter der Brennstoff ist, je weniger Poren in demselben das Eindringen und somit das Auflösen Seitens der Kohlensäure begünstigen, desto weniger Kohlenoxyd wird sich unter sonst gleichen Umständen bilden, desto ökonomischer wird man im gegebenen Falle arbeiten. Daher kommt es auch, dass man in ähnlichen Fällen, wo es sich bloss um Wärmeentwicklung direkt zwischen dem Brennstoff handelt, dem Gewichte nach weniger Coaks als Holzkohle braucht, indem letztere, (besonders die aus weichen Hölzern) sehr porös ist, während Coaks ein dichter, in Kohlensäure schwer löslicher Brennstoff; wenngleich Coaks wegen des grösseren Aschengehaltes bei gleichem Gewichte weniger Kohlenstoff enthält als Holzkohle.

Eine übermässig hohe Brennstoffschichte, welche der gebildeten Kohlensäure Veranlassung gibt, lange mit glühender Kohle in Berührung zu bleiben, wird daher auch zur Bildung von Kohlenoxyd Veranlassung geben, und aus diesem Grunde im vorliegenden Falle nachtheilig wirken.

Die Bildung von Kohlenoxyd wird sich bei der Verbrennung von Kohle nie ganz vermeiden lassen, man wird sie aber auf ein Minimum bringen können.

Gerade entgegengesetzt wird sich die Sache verhalten, wenn es sich bei der Verbrennung von Kohle darum handelt, möglichst viel Kohlenoxyd zu bilden, um dieses entweder als Reduktionsmittel für Metalloxyde zu verwerthen, oder aber um dasselbe in einen Verbrennungsraum zu leiten, wo es mit Flamme verbrennt.

Es ist gleich Eingangs gezeigt worden, dass bei einer Verbrennung, die so eingeleitet wird, dass alle gebildete Kohlensäure zu Kohlenoxyd reduzirt wird, 1 Gewichtstheil Kohlenstoff nur 2480 Calorien liefert, während das aus dieser Kohlenmenge gebildete Kohlenoxyd 5607 Calorien entwickelt. Man wird daher unter diesen Verhältnissen, -- wenn man in einem sogenannten Gasgenerator Kohlenoxyd erzeugt, und dieses in einem Flammofen verbrennt, selbst dann noch eine bedeutende Wärmemenge ausnützen können, wenn das im Gasgenerator gebildete Kohlenoxyd auf seinem Wege zum Flammofen bedeutend abkühlt.

In dem Falle, wo es sich aber um möglichst vollständige Umwandlung aller Kohlensäure in Kohlenoxyd handelt, wird auch ein poröser Brennstoff bessere Dienste leisten als ein sehr dichter, und man wird auch durch möglichst hohe Brennstoffschichten der gebildeten Kohlen-

säure Gelegenheit geben, möglichst lange mit glühender Kohle in Berührung zu bleiben. Beim Eisenhochofen, wo die Bildung von Kohlenoxyd nothwendig ist, wird man finden, dass man unter sonst gleichen Umständen eine grössere Gewichtsmenge Coaks als Holzkohle braucht, um die gleiche Menge Roheisen zu erzeugen, was mit dem oben Dargelegten vollkommen im Einklange steht.

In ähnlicher Weise liessen sich noch andere Betrachtungen anstellen, welche die Verwendbarkeit der Hypothese über die latente Wärme des Kohlenstoffes zu zeigen geeignet wären.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn](#)

Jahr/Year: 1868

Band/Volume: [07](#)

Autor(en)/Author(s): Arztberger Friedrich

Artikel/Article: [Ueber die latente Wärme des Kohlenstoffes in seinen gasförmigen Verbindungen 161-168](#)