

# Verbrennungswärme

Lucia Rösch, SS 05

## Gliederung

1	Reaktionswärme.....	1
2	Wärme-Erzeugung durch Verbrennung.....	2
3	Bestimmung von Verbrennungswärmen.....	2

### **Einstieg:** *Verbrennung als älteste Technik der Menschheit*

*Verbrennung ist die älteste Technik der Menschheit; sie wird wahrscheinlich seit mehr als einer Million Jahren benutzt. Von der Feuer-Stelle in der Höhle des Steinzeit-Menschen bis zum Verbrennungsraum des Auto-Motors oder des Kohle-Kraftwerks zur Strom-Erzeugung führt ein langer Weg. Die Wegmarken wurden von Philosophen, Naturforschern und Technikern gesetzt. Etwa 90% der weltweiten Energie-Versorgung beruhen heute auf Verbrennungsvorgängen, so dass es in jedem Fall lohnenswert ist sich mit diesem Thema zu befassen.*



Abb. 1: Am Anfang war das Feuer [9].

## 1 Reaktionswärme

Wärme lässt sich zum Beispiel durch Reibung, Verbrennung, Kristallisation erzeugen. Die bei einer chemischen Reaktion in Form von Wärme freiwerdende oder aufgenommene Energie wird als Reaktionswärme bezeichnet. Es existieren viele verschiedene Formen der Reaktionswärme: Verbrennungswärme, Kristallisationswärme, usw.

### **Beispiel 1:** Verbrennungswärme - Kerze

Eine Kerzen-Flamme ist ein brennendes Gas. Im Docht steigt die flüssige Kerzen-Masse empor, geht in den Dampf-Zustand über und verbrennt. Dabei wird Verbrennungswärme frei.

### **Beispiel 2:** Kristallisationswärme – Wärme-Kissen

In diesem Kissen befindet sich eine übersättigte Salz-Lösung (=Natriumacetat-Trihydrat), die durch das Knicken des Plättchens sofort kristallisiert. Die Kristallisationswärme heizt

das Kissen auf. Dabei wird die Wärme die vorher durch das Kochen dem Kissen zugeführt wurde, wieder freigegeben.

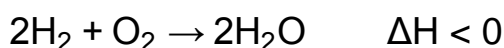
Dieser Vortrag behandelt ausschließlich die Reaktionswärme, die bei Verbrennungsreaktionen frei wird.

## 2 Wärme-Erzeugung durch Verbrennung

Verbrennung ist die vollständige Reaktion eines Brennstoffs mit Sauerstoff. Da die Produkte andere Eigenschaften als die Edukte haben, handelt es sich bei der Verbrennung um einen chemischen Vorgang. Als Verbrennungsprodukt entsteht eine chemische Verbindung des Brennstoffes mit Sauerstoff. Eine solche Verbindung wird Oxid genannt. Der Vorgang selbst ist eine Oxidation. Damit die Verbrennungsreaktion einsetzt, ist es notwendig die Stoffe auf eine bestimmte Temperatur, die Entzündungstemperatur zu erhitzen (Zufuhr von Aktivierungsenergie). Die Verbrennung läuft jetzt ohne weitere Energiezufuhr von außen ab. Die überschüssige Energie wird in Form von Wärme (=Verbrennungswärme) frei.

**Beispiel:** Knallgas-Reaktion

Ein Gemisch aus Wasserstoff und Sauerstoff kann bei Zimmer-Temperatur wochenlang aufbewahrt werden, ohne dass sich dabei eine merkliche Menge Wasser bildet. Erhitzt man jedoch das Gemisch an einer Stelle (z. B. durch einen Funken), so läuft die Reaktion spontan ab, wobei viel Reaktionswärme frei wird.

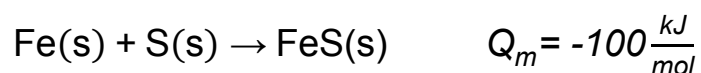


Im Alltag verbindet man mit „Verbrennung“ unmittelbar Begriffe wie Flamme, Feuer, usw. Chemiker zählen jedoch auch Vorgänge ohne Feuer-Erscheinung zu den Verbrennungen, wie beispielsweise das Rosten von Eisen (=langsame Oxidation). Bei einer Verbrennung wird also nicht zwangsläufig Wärme erzeugt. Wir betrachten an dieser Stelle jedoch nur Reaktionen bei denen die überschüssige Energie in Form von Wärme freigesetzt wird.

## 3 Bestimmung von Verbrennungswärmen

**Experiment:** Bestimmung der Wärme bei der Bildung von Eisensulfid

**Prinzip:** Eisen reagiert mit Schwefel exotherm (d. h. unter Wärme-Abgabe, das System wird hier um 100 kJ/mol energieärmer). Die bei der Bildung von Eisensulfid aus den Elementen Schwefel und Eisen unter Standard-Bedingungen frei gesetzte Wärme „ $Q_m$ “ lässt sich in einem einfachen Kalorimeter bestimmen.



Das Reagenzglas mit dem Gemisch aus Schwefel und Eisen taucht in ein Wasserbad ein. Die bei der Verbrennungsreaktion von Eisen mit Schwefel zu Eisensulfid freiwerdende Wärme erhitzt das Wasser. Mit einem Temperatur-Fühler wird die Temperatur-Änderung des Wassers gemessen. Der Temperatur-Verlauf wird grafisch am Computer verfolgt.

Auswertung: Der Temperatur-Anstieg wird grafisch am Computer verfolgt und mit der so genannten Drei-Geraden-Methode berechnet (siehe nachfolgende Abb. 2).

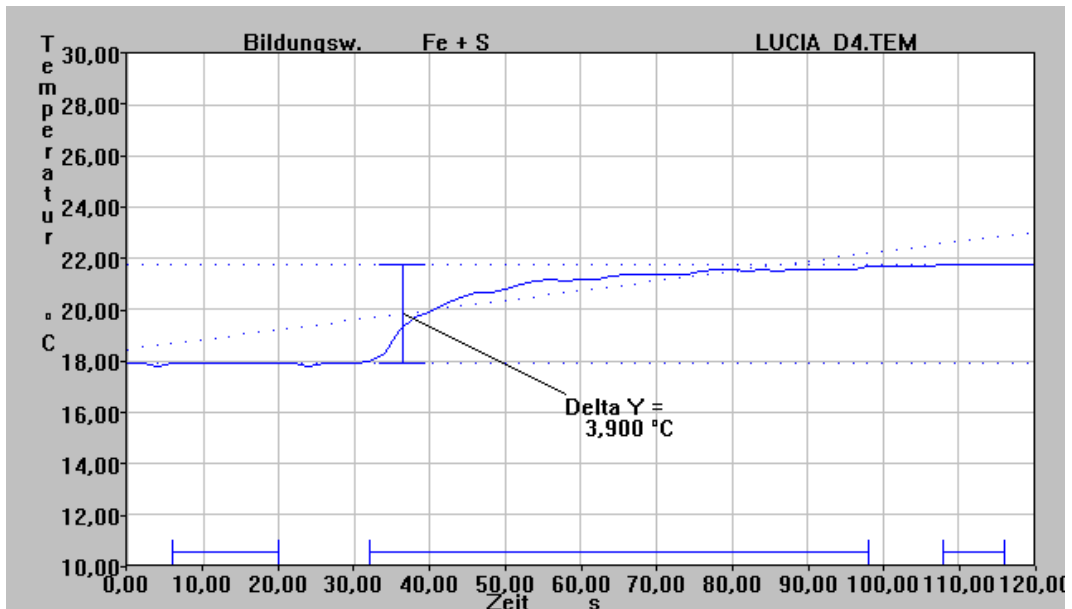


Abb. 2: Temperatur-Anstieg bei der Bildung von Eisensulfid

### Berechnung der molaren Verbrennungswärme:

**Molare Verbrennungswärme:** Die auf ein Mol eines Stoffes bezogene Wärme-Menge „Q“, die bei der Verbrennung der Masse „m“ eines Stoffes frei wird.

$$Q_m = \left( \frac{C * \Delta t}{m} \right) * M$$

Wärmekapazität des „Kalorimeters“:  $C = c_{Wasser} * m_{Wasser} + W_{Kal}$

Schwefel-Anteil :  $m_{(S \text{ in Gemisch})} = m_{(Gemisch)} * \left( \frac{m_{(S)}}{m_{(S)} + m_{(Fe)}} \right)$

$Q_m$  = molare Verbrennungswärme [J/mol]

C = Wärmekapazität des Kalorimeters (Wasserwert) [J/K]

$\Delta t$  = Temperatur-Änderung [K]

m = Masse der Probe [g]

M = molare Masse der Probe [g/mol]

Im Alltag stößt man jedoch häufiger auf die **spezifische Verbrennungswärme**, auch Heiz-Wert genannt. Unter der spezifischen Verbrennungswärme „ $Q_s$ “ [J/g] versteht man die auf ein Kilogramm eines Stoffes bezogene Wärmemenge „Q“, die bei der Verbrennung der Masse „m“ eines Stoffes frei wird.

$$Q_s = \frac{C * \Delta t}{m}$$

**Zusammenfassung:** Die Verbrennungswärme, als eine Art der Reaktionswärme, gibt an, wie viel Wärme abgegeben wird, wenn eine bestimmte Menge Brennstoff verbrannt wird. Man unterscheidet zwischen Verbrennungswärmen bezogen auf ein Mol des Brennstoffes (=molare Verbrennungswärme) und solchen, die sich auf die Brennstoff-Masse beziehen (=spezifische Verbrennungswärme). Mit Hilfe eines Kalorimeters kann die Verbrennungswärme eines Stoffes bestimmt werden.

**Abschluss:** Das Kohlekraftwerk ein Anwendungsbeispiel unter Vielen

Tag und Nacht laufen die Kohle-Kraftwerke, um den Strom-Bedarf der modernen Zivilisation zu decken. Das Kernstück des Kraftwerks sind die Generatoren, 3 m lange Dynamos, die 400 Tonnen wiegen und 50 – 60mal in der Sekunde rotieren. Die Antriebskraft für die Drehung dieser Generatoren stammt aus der Verbrennung von Kohle. Die dabei freiwerdende Verbrennungswärme produziert über einen Wärme-Tauscher heißen Dampf aus Wasser. Dieser Dampf treibt eine Dampf-Turbine an, die über einen Generator elektrischen Strom erzeugt. Deutschland hat einen Strom-Verbrauch von ca. 500 Mrd. kWh. Ein durchschnittliches Kohle-Kraftwerk in Deutschland erzeugt ca. 3 Mrd. kWh Strom. Daraus folgt, dass ca. 170 Kohle-Kraftwerke benötigt würden, um Deutschland ausreichend mit Strom zu versorgen. In jedem zweiten Landkreis müsste demnach ein Kohle-Kraftwerk stehen.

**Quellen:**

1. Atkins, P., Kurzlehrbuch Physikalische Chemie, 3. Auflage, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2001
2. Häfner, W., Skript zur Grundvorlesung Physikalische Chemie I, Universität Bayreuth, 2003
3. Kappenberg, F., Computer im Chemieunterricht – Analytik
4. [www.wissen.de](http://www.wissen.de); (18.05.05)
5. <http://www.fh-bochum.de/fb3/eglab/solar/energietraeger/images/enk-32.gif>; (18.05.05) (Quelle verschollen; 15.07.2020)
6. <http://gruppen.greenpeace.de/aachen/energie-kohlekraftwerk.jpg>; (18.05.05) (Quelle verschollen; 15.07.2020)
7. <http://www.hpt.co.at/chemie/orville/akti.html>; (18.05.05) (Quelle verschollen; 15.07.2020)
8. <http://www.steinzeit-siegsdorf.de/pages/funkenstein.html>; (3.06.05) (Quelle verschollen; 15.07.2020)
9. [http://dvd.matuschek.net/Am\\_Anfang\\_war\\_das\\_Feuer-dvd-009750216248.5.html](http://dvd.matuschek.net/Am_Anfang_war_das_Feuer-dvd-009750216248.5.html); (3.06.05) (Quelle verschollen; 15.07.2020)