

# Über Heizwertbestimmungen mit besonderer Berücksichtigung gasförmiger und flüssiger Brennstoffe.

---

Von

Dipl.-Ing. **Theodor Immenkötter**  
aus Werl in Westf.

Mit 23 in den Text gedruckten Abbildungen.



**München und Berlin.**  
Druck und Verlag von R. Oldenbourg.  
**1905.**



## Inhaltsverzeichnis.

---

	Seite
Einleitung . . . . .	V
Definitionen . . . . .	VI
I. Bisherige Methoden . . . . .	1
II. Kalorimeter für kontinuierliche Verbrennung und fortlaufende Heizwertbestimmungen . . . . .	38
III. Anwendung dieses Kalorimeters auf heizarme Gase	85
IV. Anwendung desselben auf flüssige Brennstoffe . . .	89
V. Schlussbemerkung . . . . .	97

---



## Einleitung.

Die wirtschaftlich günstigste Ausnutzung der mannigfachen in der Industrie verwendeten Brennstoffe ist mit Sicherheit nur möglich bei genauer Kenntnis des denselben inwohnenden Heizwertes. Letzterer ist bei den verschiedenen Brennstoffen verschieden und auch bei den Brennstoffen derselben Herkunft Schwankungen unterworfen. Die Heizwertbestimmung ist deshalb von großer Wichtigkeit, sowohl für den Laboratoriumsingenieur zur wissenschaftlichen Untersuchung der Eigenschaften der Brennstoffe, als auch für den Ingenieur der Praxis zur Bestimmung des für den jeweiligen Zweck günstigsten Brennstoffes und zur Kontrolle des Heizwertes des letzteren.

Es dürfte deshalb interessieren, die bisher ausgebildeten Methoden und Apparate für Heizwertbestimmungen — sowohl mit Bezug auf ihre Anwendbarkeit für technisch-wissenschaftliche, als auch für industrielle Zwecke — einer Besprechung zu unterziehen. Dieses soll im ersten Abschnitt der vorliegenden Arbeit geschehen.

Die hohe Bedeutung, welche speziell die gasförmigen und flüssigen Brennstoffe infolge ihrer günstigen Ausnutzung in den Wärmekraftmaschinen gewonnen haben, haben mich bewogen, im zweiten Abschnitt ein neueres, von den früheren Apparaten vollständig abweichendes Kalorimeter, nämlich das *Junkersche*, zu besprechen und die Untersuchungen mitzutheilen, die ich mit demselben behufs Feststellung seiner Eigenschaften und Fehlerquellen angestellt habe.

Im dritten und vierten Abschnitt sollen die Versuche besprochen werden, die ich vorgenommen habe, um die Anwendung dieses Kalorimeters auf heizarme Gase, die unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht zur Verbrennung gebracht werden können, sowie auf diejenigen flüssigen Brennstoffe, deren vollkommene Verbrennung im Kalorimeter noch mit Schwierigkeiten verknüpft war, zu ermöglichen bzw. zu vereinfachen.

---

## Definitionen.

Unter Heizwert eines Brennstoffes versteht man diejenige Wärmemenge, welche derselbe bei der vollkommenen Verbrennung infolge der chemischen Umwandlung — also bei Ausschluß etwaiger äußerer Arbeitsleistung — abgibt.

Je nachdem das bei der Verbrennung wasserstoffhaltiger Brennstoffe erzeugte Bildungswasser in Dampfform entweicht oder zu flüssigem Wasser kondensiert wird, hat man einen unteren und oberen Heizwert. Diese beiden Heizwerte unterscheiden sich also durch die Verdampfungswärme des bei der Verbrennung entstehenden Bildungswassers.

Die Messung des Heizwertes geschieht in Wärmeeinheiten. (Kalorien.)

Als Einheit für industrielle Zwecke gilt diejenige Wärmemenge, welche imstande ist, die Temperatur von 1 kg Wasser (bei der Versuchstemperatur) um 1° zu erhöhen. Man nimmt also hier keine Rücksicht auf die Veränderlichkeit der spezifischen Wärme des Wassers bei verschiedenen Temperaturen.

Für wissenschaftliche Zwecke ist die Berücksichtigung dieser Veränderlichkeit notwendig. Nach den bisherigen Forschungen ist die Größe und das Gesetz der Veränderlichkeit der spezifischen Wärme des Wassers mit der Temperatur noch nicht hinreichend aufgeklärt. Während Regnault eine verhältnismäßig geringe Steigerung mit der Temperatur

beobachtet hat, soll dieselbe nach Baumgartner erheblich gröfser sein und bei  $50^{\circ}$  z. B. schon  $1,5\%$  mehr betragen als bei  $0^{\circ}$ . Andere Forscher haben in verschiedenen Temperaturintervallen eine verschieden starke Steigerung der spezifischen Wärme beobachtet.

Die Folge dieser Unsicherheit in der Gröfse der spezifischen Wärme des Wassers ist die, dafs eine allgemein feststehende Gröfse für die Wärmeeinheit bis jetzt nicht aufgestellt werden konnte.

Für wissenschaftliche Zwecke sind als Wärmeeinheiten vornehmlich in Gebrauch:

1. diejenige Wärmemenge, welche 1 g Wasser von  $0$  auf  $1^{\circ}$  erwärmt;
  2. diejenige Wärmemenge, welche 1 g Wasser bei der Temperatur von  $15^{\circ}$  um  $1^{\circ}$  in der Temperatur erhöht;
  3. der hundertste Teil derjenigen Wärmemenge, welche 1 g Wasser von  $0$  auf  $100^{\circ}$  erwärmt.
-



## Erster Abschnitt.

### **Methoden der Heizwertbestimmung.**

Die bisher benutzten Methoden der Heizwertbestimmung lassen sich in folgende 4 Gruppen einteilen:

- A. Berechnung des Heizwertes aus der bei der Verbrennung verbrauchten Sauerstoffmenge.
- B. Berechnung aus der Elementaranalyse.
- C. Berechnung aus der Dichte (densimetrische Methode).
- D. Messung des Heizwertes durch Übertragung der bei der Verbrennung entwickelten Wärme auf ein anderes Medium mit bekannten kalorischen Eigenschaften. (Wasser.) (Eigentliche kalorimetrische Methode.)

Letztere teile ich ein:

- 1. in solche, bei welchen die Verbrennung bei konstantem Druck stattfindet, und zwar unter Benutzung
  - a) der Schmelzwärme,
  - b) der Temperaturerhöhung,
  - c) der Verdampfungswärme des Wassers als Maßstab für die entwickelte Wärmemenge;
- 2. in solche, bei welchen die Verbrennung bei konstantem Volumen erfolgt, und zwar unter Benutzung
  - a) der Schmelzwärme,
  - b) der Temperaturerhöhung des Wassers als Maßstab für die entwickelte Wärmemenge.

### A. Bestimmung des Heizwertes aus der zur Verbrennung verbrauchten Sauerstoffmenge.

J. J. Welter<sup>1)</sup> schloß im Jahre 1821 aus den Versuchen von Rumford, Crawford, Lavoisier und Laplace, welche den Heizwert verschiedener Stoffe durch Verbrennung bestimmt hatten, daß die von der Gewichtseinheit des verbrauchten Sauerstoffes erzeugten Wärmemengen für die einzelnen Brennstoffe gleich seien oder zu einander in einem einfachen Verhältnisse ständen.

Die Richtigkeit dieses Gesetzes schien bekräftigt durch die Erwägung, daß der Sauerstoff der eigentliche Wärmeerzeuger sei, daß also der Sauerstoff verbrenne.

Bei der praktischen Durchführung der auf diesem Gesetze beruhenden Heizwertbestimmungen handelte es sich also darum, das Gewicht des Sauerstoffes zu bestimmen, welcher zum Verbrennen eines bestimmten Brennstoffgewichtes verbraucht wurde.

Dieses geschah in der Weise, daß eine sauerstoffhaltige Metallverbindung mit dem Brennstoff in einem geschlossenen Gefäße geglüht und aus dem Gewicht des reduzierten Metalles die Sauerstoffmenge berechnet wurde.

So bestimmte Berthier<sup>2)</sup> die Bleimenge, welche die verschiedenen Brennstoffe beim Glühen mit Bleiglätte (PbO) im geschlossenen Tiegel lieferten.

Es bildet nämlich theoretisch:

1 kg C mit (PbO): 34 kg Blei, und

1 » H » (PbO): 103,7 kg Blei

bei der Reduktion zu Pb und Verbrennung zu CO<sub>2</sub> bzw. H<sub>2</sub>O.

Ist nun der Heizwert von C oder H bekannt, so kann man für andere Brennstoffe den Heizwert aus dem bei der Verbrennung gebildeten Bleigewichte berechnen.

Berthier nahm als Ausgangspunkt den von Despretz gefundenen Heizwert des Kohlenstoffes (Holzkohle) mit

<sup>1)</sup> Ann. de chimie et de phys. 1821, XIX, 425.

<sup>2)</sup> Dingl. 1835, LVIII, S 391.

7815 Kal. an. Da dieser beim Glühen mit PbO (und Verbrennen zu CO<sub>2</sub>) das 34fache seines Gewichtes an Blei erzeugt, so ist jedes durch ein Brennmaterial reduziertes kg Blei äquivalent  $\frac{7815}{34} = \text{ca. } 230 \text{ Kal.}$

Professor A. Schrötter<sup>1)</sup> verwendete in gleicher Weise Bleioxychlorid bei der Untersuchung der österreichischen Braunkohlen.

Lewis Thompson<sup>2)</sup> glühte die feingepulverte Kohle mit Kaliumdichromat in einem gusseisernen Tiegel und bestimmte den Gewichtsverlust. Dieser Betrag, vermindert um das Gewicht der verbrannten Kohle, sollte das Gewicht des verbrannten Sauerstoffes ergeben.

Die Anwendbarkeit des Welterschen Gesetzes für genauere Versuche wurde aber schon in Frage gestellt durch die Untersuchungen Despretz's<sup>3)</sup>, welcher mit einem vollkommeneren Kalorimeter sehr abweichende Resultate von den Zahlen Rumfords, Crawford's etc., also den dem Welterschen Gesetze zugrunde liegenden Werten fand.

Ich habe die von Thomsen (1873) — durch Verbrennung — bestimmten Heizwerte einiger Brennstoffe (C von Favre & Silbermann 1852) auf 1 kg zur Verbrennung erforderlichen Sauerstoff umgerechnet und in Tabelle I eingetragen. Diese Werte zeigen so große Verschiedenheiten, daß dieselben auf Beobachtungsfehler bei der kalorimetrischen Heizwertbestimmung nicht zurückgeführt werden können.

Speziell beim Kohlenstoff ergibt sich ein aufsergewöhnlich niedriger Wert. Dieses erklären Bethke u. Lürmann<sup>4)</sup> durch die bei dem Übergang des festen Kohlenstoffes in gasförmigen Zustand gebundene Wärme. Mit Rücksicht hierauf berechnen sie den Heizwert des gasförmigen Kohlenstoffes zu 11382 Kal. und — bezogen auf 1 kg verbrannten Sauerstoff — zu 4195 Kal.

<sup>1)</sup> Dingl. 1850, CXVI, S. 115.

<sup>2)</sup> The Mining Journal 1876, Nr. 16.

<sup>3)</sup> Ann. de chim. et de phys. 1828, XXXVII, S. 180.

<sup>4)</sup> Dingl. 1876, CCXX, S. 182.