

16 Kalorimetrische Bestimmung des Heizwertes gasförmiger Brennstoffe.

$$a = n \cdot v' + \frac{v + v'}{2};$$

hierbei ist:

n = Dauer der Verbrennung im Hauptversuch in Minuten ausgedrückt.

v und v' der mittlere Temperaturunterschied zwischen den einzelnen Minuten des Vor- beziehungsweise Nachversuches, wobei die Temperaturabnahme mit positivem, die Zunahme mit negativem Vorzeichen eingesetzt wird.

Diese Korrektur a wird zur gefundenen Temperaturerhöhung t hinzuaddiert.

Unter Berücksichtigung aller Korrekturen ist demnach der Heizwert für 1 g Brennstoff:

$$H = \frac{(W + w) \cdot (t + a) - a_n - a_s - z}{g} - 6 (F + 9 H);$$

hierbei bedeutet:

W die gewogene Wassermenge,

w den Wasserwert des Kalorimeters,

g das Gewicht des Brennstoffes,

t die gefundene Temperaturerhöhung im Hauptversuch,

a die Korrektur für den Wärmeaustausch mit der Umgebung während des Hauptversuches,

a_n die Korrektur für die Salpetersäurebildung, die für 1% Salpetersäure 2,27 Kalorien beträgt.

a_s die Korrektur für die Bildung von Schwefelsäure an Stelle von Schwefeldioxyd, die für 1% Schwefel 22,5 Kalorien beträgt,

z die Korrektur für die Zündung (bei Flüssigkeiten auch für die eventuell verwendete brennbare Umhüllung),

F den Gehalt an hygroskopischem Wasser,

H den Wasserstoffgehalt des Brennstoffes.

β. Heizwertbestimmung gasförmiger Brennstoffe.

Mit dem Kalorimeter von Junkers.

Bei der Bestimmung des Heizwertes mit diesem Apparate wird eine gemessene Gasmenge in einem Bunsenbrenner verbrannt und die entstehende Wärme auf eine gemessene Wassermenge übertragen, deren Temperaturerhöhung festgestellt wird.

Der Bau des Instrumentes ist aus Fig. 6 ersichtlich.

Das zuströmende Gas wird durch eine Gasuhr gemessen und dann in einem Bunsenbrenner verbrannt. Die Verbrennungsgase nehmen den durch die Pfeile angedeuteten Weg und geben dabei ihre Wärme an das das Rohrbündel *b* umfließende Wasser ab. Das Überlaufrohr *h* bedingt ein gleichmäßiges Durchfließen des Wassers; der Hahn *i* reguliert die Durchflußgeschwindigkeit. Die Thermometer *k* und *l* dienen zur Feststellung der Temperatur des zu und abfließenden Wassers. (Während des Versuches wird das abfließende Wasser in einem Meßgefäß aufgefangen.)

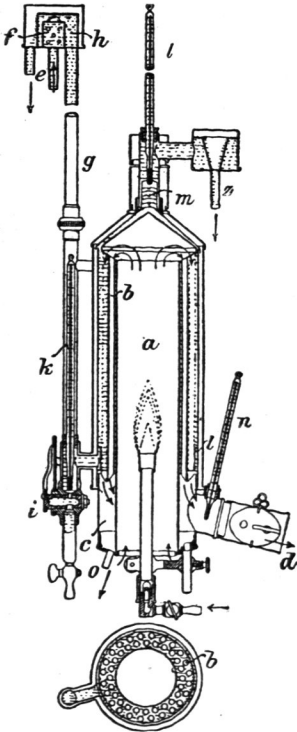


Fig. 6. Kalorimeter von Junkers.

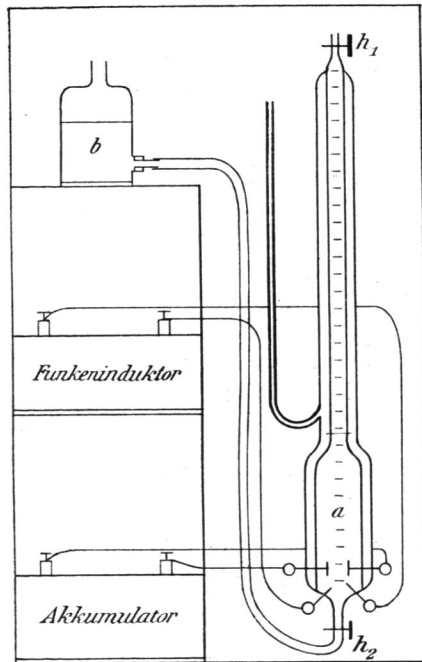


Fig. 7. Uniongaskalorimeter.

Das Thermometer *n* gestattet die Kontrolle der Temperatur der austretenden Verbrennungsgase, die mit der Temperatur im Versuchsraum übereinstimmen muß. Bei *o* fließt das bei der Verbrennung erzeugte und kondensierte Wasser ab, das in einem Meßgefäß gesammelt wird.

Der Heizwert für 1 l Gas berechnet sich aus der Formel:

$$H = \frac{\text{Wassermenge (in Litern), die in 1' das Kalorimeter durchfließt}}{\text{Gasmenge (in Litern), die in 1' verbrannt wird}} (t - t')$$

Da das Volumen der Gase sich mit der Temperatur und dem Drucke ändert, so ist das auf 0° und den Normalbarometerstand 76 cm reduzierte Gasvolumen einzusetzen.

Bei der Berechnung nach obiger Formel erhält man den oberen Heizwert; der untere oder praktische Heizwert ergibt sich nach Abzug der Kondenswärme des bei der Verbrennung entstehenden Wassers, die durch Multiplikation des während der Verbrennung aus O ausfließenden Wasservolumens (in cm³) mit 600 erhalten wird.

Mit dem Uniongaskalorimeter.

Das Junkersche Kalorimeter ist nur für größere Gasmengen und Gasgemische, die im Bunsenbrenner verbrannt werden können, verwendbar. Wo dies nicht zutrifft, ist das Uniongaskalorimeter zu empfehlen. Dieses (Fig. 7) besteht aus einer im unteren Teile zylindrisch erweiterten gläsernen Meßröhre a, die oben und unten durch Hähne (h₁ und h₂) verschließbar ist. Am unteren Ende sind Platin-drähte eingeschmolzen, von denen 2 in kleine Platinbleche enden, während die beiden anderen zur Erzeugung einer Funkenstrecke dienen. Die Meßröhre ist allseits von einer zweiten Röhre umgeben, die ein kapilläres Ansatzrohr mit einer Skala besitzt. Der Raum zwischen den beiden Röhren ist mit Petroleum gefüllt. Mittels der Flasche b, die mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser enthält, wird zunächst in das Meßrohr ein bestimmtes Gasvolumen gebracht, hierauf durch den Dreiwegehahn h₁ die Gaszufuhr abgesperrt und durch neuerliches Senken von b Luft eingesaugt, bis die Sperrflüssigkeit den unteren Hahn h₂ erreicht hat. Nun werden beide Hähne geschlossen, der Stand des Petroleumfadens in der Kapillare abgelesen, durch einen elektrischen Funken die Verbrennung des Gases herbeigeführt und das Steigen des Petroleums in der Kapillare beobachtet.

Zum Schlusse wird das Meßrohr mittels der Flasche b mit angesäuertem Wasser gefüllt, durch Einschalten des Akkumulators 20 cm³ Knallgas entwickelt, hierzu wie früher Luft gebracht und die Verbrennung durch den Funken durchgeführt.

Die Berechnung der Verbrennungswärme erfolgt durch Vergleich der Zunahmen, welche das Volumen des Petroleums einerseits bei der Verbrennung des zu prüfenden Gases, andererseits der des Knallgases erfährt.

Der Heizwert des Knallgases wird dabei mit 2020 Kalorien für 1 m³ angenommen.

Gase, die so wenig brennbare Bestandteile enthalten, daß sie für sich allein nicht brennbar sind, werden mit einem gemessenen Knallgasvolumen vermischt. Aus kohlendioxidgehaltenen Gasen muß das Kohlendioxyd vorher durch Kalilauge entfernt werden.

Die Fehler betragen etwa 1%, nur bei Wasserstoff und sehr armen Gasen gegen 5%.

Zu bemerken ist noch, daß die Heizwertbestimmung hier bei konstantem Volumen erfolgt, während in Junkers Kalorimeter konstanter Druck herrscht. Der Unterschied der beiden Heizwerte ist meist so gering, daß er praktisch vernachlässigt werden kann. Bei Wasserstoff, wo er den höchsten Wert besitzt, beträgt er rund 1% des gesamten Heizwertes.

b) Berechnung des Heizwertes von Brennstoffen.

Bei solchen Brennstoffen, die Mischungen sind, von deren Bestandteilen die Verbrennungswärme bekannt ist, ergibt sich die gesamte Verbrennungswärme als Summe der Verbrennungswärmen der Bestandteile.

Als Beispiel möge das Wassergas, ein Gemenge von Wasserstoff und Kohlenmonoxyd dienen:

1 m³ Wassergas enthält (theoretisch) 0,5 m³ Wasserstoff und 0,5 m³ Kohlenmonoxyd.

Demnach ist:

$$\text{für CO: } 0,5 \times 2580 = 1290 \text{ Kalorien}$$

$$\text{für H}_2: 0,5 \times 3040 = 1520 \quad \text{,,}$$

$$\text{Also Heizwert für 1 m}^3 \text{ Wassergas} = 2810 \text{ Kalorien.}$$

Nach dem Vorschlage von Dulong wurde aber auch die Verbrennungswärme zusammengesetzter Brennstoffe unter der Voraussetzung berechnet, daß sie Gemische aus den Elementen darstellen. Es ergab sich so die folgende Dulong'sche Formel:

$$Q = \frac{8100 C + 34600 \left(H - \frac{O}{8} \right)}{100}$$

für Steinkohlen (C, H, O bedeuten die durch die Elementaranalyse gefundenen prozentischen Mengen dieser Elemente).