Calorimetrische Werthbestimmung der Brennmaterialien.

Von

Franz Schwackhöfer.

Hierzu Tafel II.

Seitdem man angefangen hat die Kohle nicht mehr einfach nach Provenienz und nach Probemustern, sondern nach ihrem wirklichen Werthe zu kaufen, und seitdem man die Dampfkessel-Anlagen einer sorgfältigen Prüfung auf ihren Nutzeffect unterzieht, ist auch die Frage nach einer einfachen und hinlänglich genauen Brennwerthbestimmung der Heizmaterialien näher gerückt.

Von Seite der Dampfkessel-Untersuchungs- und Versicherungs-Gesellschaft in Wien wurden in den beiden letzten Jahren allein an 250 Heizversuche vorgenommen und eben so viele Kohlenuntersuchungen ausgeführt. Man hat sich bisher damit begnügt den calorischen Werth des Brennmaterials aus der Elementarzusammensetzung nach der Dulong'schen Formel zu berechnen. Dass auf solche Art nur rohe Näherungszahlen gefunden werden können, ist allgemein bekannt.

Die ersten verlässlichen Zahlen über den durch directe Verbrennung gefundenen calorischen Werth der Brennstoffe lieferte die Münchener Heizversuchs-Station. Die dort eingehaltene Methode setzt jedoch einen complicirten und sehr kostspieligen Beobachtungsapparat voraus, wie er einzig und allein nur dieser Station zur Verfügung steht. Ueberdies fallen die Resultate bei einem solchen Heizversuche im Grossen keineswegs um so viel genauer aus, dass es sich verlohnen würde auch an anderen Orten ähnliche Einrichtungen mit so grossem Kostenaufwande für diesen Zweck zu schaffen.

Dr. Bunte sagt*): »Nur dadurch, dass mit der Bestimmung der Verbrennungswärme, des totalen Heizwerthes der Brennstoffe, auch deren praktische Leistung ermittelt wurde, haben diese Werthe denjenigen

*) Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 26, 440.

positiven, realen und praktischen Hintergrund, durch den sie allein ein Anrecht besitzen, in der Praxis als Maassstab für die Werthbestimmung im Gebrauch und Verkehr mit Brennstoffen zu gelten. Gegen einen im Calorimeter gefundenen, selbst mit aller wissenschaftlichen Genauigkeit ermittelten Heizwerth wird sich die Praxis stets ablehnend verhalten. Und das mit Recht, denn es fehlt das Bindeglied, welches das wissenschaftliche Ergebniss mit der Praxis verknüpft. Wird aber durch Versuche, wie an der Münchener Station gezeigt, dass von dem totalen Heizwerth ein bestimmter, je nach Umständen wechselnder Theil verwerthet, ein anderer Theil, genau wie bei jeder anderen Feuerung, durch Aschenfall, in den Rauchgasen, mit Russ etc. verloren wird, so wohnt diesem Resultat eine Ueberzeugungskraft für den Praktiker inne, die eine abstract wissenschaftliche Beobachtung unmöglich besitzen kann.«

Diesen Passus hat Dr. Bunte wohl lediglich als Leiter der Münchener Station geschrieben, und ich zweifle, dass er in einer anderen Eigenschaft (eben so wenig als irgend ein anderer unbefangener Fachmann) diese Zeilen unterschreiben würde.

Bei der Werthbestimmung eines Brennstoffes handelt es sich in erster Linie um die Ermittlung des theoretischen Nutzeffectes, d. h. um die höchste Wärmemenge, welche der Brennstoff überhaupt (also unter den günstigsten Verbrennungsbedingungen) zu produciren vermag. Nur diese Zahl allein ist feststehend; jede andere auf praktischem Wege gefundene ist wandelbar. Dass diese höchste Leistung in der Praxis niemals erreicht werden kann, ist selbstverständlich und muss auch jedem Praktiker, welcher überhaupt einiges Verständniss vom Feuerungswesen hat, vollkommen klar sein. Wie weit man sich in der Praxis dieser theoretischen Zahl nähern kann, ist von verschiedenen Umständen abhängig: von der physikalischen Beschaffenheit der Kohle, von ihrem Verhalten im Feuer, von der Construction der ganzen Kesselanlage, von der Wartung des Feuers etc. Die Verluste durch den Kohlenabgang in den Aschenfall, durch das Abziehen der Essengase mit hoher Temperatur, durch Entweichen von Flugruss und unverbrannten Gasen und endlich durch Ausstrahlung werden bei ein und derselben Kohle bei verschiedenen Anlagen sehr ungleich gross ausfallen. Die Zahlen, welche die Münchener Station für diese einzelnen Verlustquellen angibt, gelten einzig und allein für die ganz aparte Kesselanlage der Station und sind daher für die Praxis, wo unter ganz anderen Bedingungen gearbeitet wird, nicht maassgebend.

Die praktische Ausnutzung der Kohle kann nur an der betreffenden Feuerungsanlage selbst ermittelt werden. Die Anwendung der hier gewonnenen Resultate auf eine andere Anlage könnte nur dann zulässig erscheinen, wenn letztere genau so beschaffen wäre, wie die Versuchsanlage, d. h. wenn alle Dimensionen dieselben sind, und in ganz gleicher Weise manipulirt wird, namentlich der Kohlenverbrauch in der Zeiteinheit, sowie die Schüthöhe und Vertheilung der Kohle am Roste in beiden Fällen vollkommen übereinstimmt.

Die ausserordentlich günstigen Resultate, welche bei manchen praktischen Heizversuchen gefunden wurden, haben ihren Grund nicht selten darin, dass der Betrieb bei den Versuchen ein sehr mässiger war. Es kann dann leicht vorkommen, dass bei der Probeheizung eine Wärmeausnutzung von 75 oder 80 Procent constatirt wird, während bei gewöhnlichem Betriebe, wo man gezwungen ist die Feuerung zu forciren, ein Nutzeffect von kaum 60 oder 65 Procent resultirt.

Endlich sind bei einem praktischen Heizversuche im Grossen auch noch verschiedene, scheinbar ganz geringfügige Nebenumstände zu berücksichtigen, welche das Resultat mehr oder minder beeinflussen. Man muss wissen, wie lange der betreffende Kessel bereits im Betriebe steht (wegen allfälligem theilweisen Verlegen der Feuerzüge mit Russ und Flugasche), welche Qualität das Speisewasser hat (wegen Absetzen von Kesselstein) und welche Temperatur dasselbe besitzt. Dass man die Temperatur des Speisewassers mit in Rechnung nimmt, ist selbstverständlich. Damit ist aber noch nicht alles gethan. Die Wärmeausnutzung der Heizgase ist eine ganz verschiedene, je nachdem mit kaltem oder heissem Wasser gespeist wird. Im ersteren Falle ist der Inhalt der Unterkessel kälter, die Wärmetransmission grösser und folglich auch die Wärmeausnutzung der abziehenden Gase eine bessere.

Dr. Bunte sagt weiter, dass die Kluft zwischen Theorie und Praxis, zwischen wissenschaftlichem Ergebniss und praktischer Consequenz nicht ausgefüllt ist, wenn man den totalen Heizwerth der Brennstoffe im Kleinen calorimetrisch bestimmt und die praktische Ausnutzung in einer beliebigen Dampfkesselanlage ermittelt. Als Beweis, zu welchen verhängnissvollen Irrthümern eine solche Einseitigkeit (wie Bunte meint) Veranlassung geben kann, führt er einen von Scheurer-Kestner vorgenommenen Heizversuch an, bei welchem der Strahlungsverlust 23,5 Procent der gesammten Wärmeproduction ausmacht.

Dass diesem Versuche total falsche Beobachtungen zu Grunde liegen,

weiss Dr. Bunte sehr wohl. Die calorimetrisch bestimmte Verbrennungswärme der Kohle ist viel zu hoch angenommen und der im Heizversuch ausgewiesene Schornsteinverlust zum Mindesten unwahrscheinlich. Ein solches Beispiel ist daher durchaus nicht beweiskräftig.

Bei den etwa 250 durch die Dampfkessel-Untersuchungs-Gesellschaft in Wien ausgeführten Heizversuchen, an welchen ich theils direct und theils indirect theilhaftig war, schwankte der Strahlungsverlust regelmässig (einige wenige abnorme Fälle ausgenommen) zwischen 4 und 10 Procent, kommt also der Wahrheit gewiss sehr nahe.

Die Kluft zwischen Theorie und Praxis, von welcher Bunte spricht, existirt hier thatsächlich nicht.

Es fällt mir nicht ein, die mit grosser Gewissenhaftigkeit und Sachkenntniss ausgeführten Untersuchungen der Münchener Station anzugreifen zu wollen; ich behaupte nur, dass man mit einem zweckmässig construirten kleinen Calorimeter zum Mindesten ebenso brauchbare Resultate erhalten kann, wie mit der grossen Münchener Versuchsanlage. Dabei hat das kleine Calorimeter — abgesehen von den unvergleichlich geringeren Herstellungskosten — auch den Vortheil, dass die Arbeit rasch von Statten geht. An einem Tage können von einem einzigen Beobachter ohne Uebereilung und ohne jegliche Beihülfe zwei Bestimmungen ausgeführt werden. Die Kosten der calorimetrischen Bestimmung sind daher auch nicht grösser, als die einer organischen Elementaranalyse, während ein Heizversuch (einschliesslich der Elementaranalyse) von der Münchener Station mit 220 Mark berechnet wird. Würde ein solcher Versuch alle nöthigen Aufschlüsse für die praktische Verwendung der Kohle im Grossen geben, und hätte derselbe wenigstens für eine gewisse Zeit einen bleibenden Werth, so wäre der Kostenaufwand hierfür gewiss nicht zu gross. Niemand wird aber behaupten wollen, dass Kohle von ein und derselben Provenienz auch nur einige Monate hindurch von ganz gleicher Qualität geliefert werden kann, und wenn selbst diese Möglichkeit vorhanden wäre, so fragt es sich noch: wer leistet Garantie, dass nicht schon die zweite Sendung eine wesentlich andere Qualität besitzt als die Probesendung, mit welcher der Heizversuch vorgenommen wurde?

Es ist hier nicht der Ort um des Weiteren auf diesen Punkt einzugehen, ich will nur erwähnen, dass die Lieferanten (respective Kohlen-gewerksbesitzer) bei Abschlüssen grösserer Lieferungen nach Qualität selbst erklären, sie seien nicht im Stande, längere Zeit (z. B. eine

Zuckerfabriks-Campagne) hindurch Kohle von gleicher Qualität zu garantiren und lassen sich in der Regel auch ganz anstandslos die contractlich vereinbarten Abzüge gefallen, wenn auf Grund der Analyse eine Abnahme der Qualität constatirt wird.

Die bisher bekannt gewordenen Calorimeter haben alle den Nachtheil, dass nur ganz kleine Quantitäten (Bruchtheile eines Grammes) der Kohle verbrannt werden können, und dass die Verbrennung niemals vollständig (d. h. ohne jede Rauchentwicklung und ohne Hinterlassung eines kohligen Rückstandes) gelingt. Diese Uebelstände sind bei unserem Calorimeter beseitigt. Die Dimensionen der Verbrennungskammer, sowie der übrigen Apparatheile sind so gewählt, dass bei jeder Bestimmung 8 bis 10 g Kohle verbrannt werden können.

Die Verbrennung geschieht im Sauerstoffgasstrom und wird so geleitet, dass ein Entflammen der Kohle nicht stattfindet. Die Verbrennungsproducte werden vor ihrem Austritt aus der Kammer nochmals mit Sauerstoff gemischt und durch eine Schicht glühender Zuckerkohle geleitet, um etwa noch vorhandene brennbare Gase oder Rauchproducte vollständig zu verbrennen.

Die Wasserfüllung ist so bemessen, dass bei der Verbrennung des angegebenen Kohlenquantums (5 bis 6 g Mineralkohle und 2 bis 4 g Zuckerkohle) eine Temperatursteigerung von beiläufig 10° C. resultirt. Die Thermometer sind in halbe Zehntelgrade getheilt und können mit Hülfe der Lupe Hundertelgrade abgelesen werden. Die beträchtliche Temperaturerhöhung von 10° C. macht besondere Vorsichtsmaassregeln zur Verhinderung der Wärmeausstrahlung nothwendig, welche bei den anderen Calorimetern nicht vorhanden sind.

Construction des Calorimeters.

Das auf Tafel II in $\frac{2}{15}$ der natürlichen Grösse schematisch dargestellte Calorimeter besteht aus folgenden Theilen:

A und A₁ die Verbrennungskammer, B das Mantelgefäss, C das innere Wassergefäss (das eigentliche Calorimetergefäss), D die innere Isolirungsschicht, E ein doppelwandiges Metallgefäss mit Wasserfüllung, F die äussere Isolirungsschicht, G ein Holzkübel, H das obere Wassergefäss, J eine ringförmige Korkplatte, K die Deckplatte, L der innere Mischer, M und M' die Mischvorrichtung für das äussere Wassergefäss, S und S₁ zwei Spiegel zur Beobachtung des Vorganges in der Verbrennungskammer T₁ bis T₁₀ Thermometer.

Der wesentlichste Theil ist die Verbrennungskammer. Dieselbe ist zweitheilig und aus starkem Platin angefertigt. Der untere Theil A dient zur Aufnahme der zu untersuchenden Mineralkohle und der obere A₁ zur Aufnahme von Zuckerkohle. Die Kammer ist bei a und bei b zu öffnen, um die Kohle einbringen und die beiden gebogenen Siebe c und d nach erfolgter Verbrennung behufs Reinigung herausnehmen zu können. Die Siebe sind aus Platinblech hergestellt und mit einer eigenen Maschine gelocht. Die Oeffnungen des unteren Siebes c sind so klein, dass sie nur im durchfallenden Lichte deutlich erscheinen. Das obere Sieb d besitzt etwas grössere Oeffnungen. Jedes derselben ist mit einem aufrechtstehenden Rande versehen, welcher dicht an die Gefässwand anschliesst und dadurch die Verschiebung des Siebes verhindert.

In die untere Kammer A münden drei Röhren ein. Das Rohr e dient zur Sauerstoffzufuhr von unten, durch die Mineralkohle. Das Rohr f hat einen doppelten Zweck: 1) Sauerstoffzuleitung über die Mineralkohle, um die sich aus derselben entwickelnden Gase zu verbrennen und 2) Beobachtung der Verbrennung im untern Herd durch den Spiegel S₁. Durch Spiegelung an der blanken Innenseite des nach unten sich etwas erweiternden Rohres f lässt sich während der Verbrennung der ganze untere Feuerherd übersehen, was für die richtige Regulirung der Sauerstoffzuströmung und zur Erkennung des Schlusses der Verbrennung nothwendig ist. Das seitliche Rohr g mündet unter das Sieb d ein, ist mit kreuzförmigen Ansätzen versehen und an der Oberseite gelocht. Es dient zur Sauerstoffeinleitung in die obere Verbrennungskammer. Alle 3 Röhren (e, f und g) sind durch gut passende Uebersteckmuffen h h h mit den durch die Kuppe des Mantels gehenden Rohrstützen verbunden.

Das Mantelgefäss B ist aus Kupfer hergestellt, innen platinirt und aussen vernickelt. Zur Dichtung der Verschraubungen i und k dienen schwache Kautschukringe. Den oberen Schluss bilden die dicht auf einander geschliffenen Metallkapseln l und l₁. Jede Deckkapsel ist mit einer Glasplatte verschlossen und trägt einen Spiegel S beziehungsweise S₁. Beide Spiegel sind um die horizontale Axe drehbar.

Das centrale Rohr m dient zur Beobachtung der Verbrennung im oberen Herd. Beide Beobachtungsröhren (f und m) bestehen im oberen, aus dem Wasser herausragenden Theile aus Glas. (Das Rohr f ist in der Zeichnung um 90° verdreht. In Wirklichkeit stehen die Spiegel

S und S_1 hinter einander, so dass der Vorgang auf den beiden Verbrennungsherden gleichzeitig beobachtet werden kann.) An der tiefsten Stelle des Mantelgefässes mündet das Gasabsaugerohr n ein. Das Rohrende steht im Innern des Gefässes etwa 1 cm vor, damit das bei der Verbrennung entstehende und im Gefäss B condensirte Wasser nicht in die Schlange gelangt. Unter dem Gefässe ist das Rohr spiralförmig gewunden, steigt dann in gerader Richtung auf (in der Abbildung ist es der Deutlichkeit wegen etwas gebogen) und mündet in das doppelwandige Glasgefäss o, in welches das Thermometer T_7 mittelst eines Kautschukstöpsels dicht eingepasst ist.

Die Gasabströmung steht durch den Kautschukschlauch p mit der Flasche N und mittelbar durch diese mit den beiden Aspiratoren O und P (letzterer in der Zeichnung nicht ersichtlich) in Verbindung.

Das innere Wassergefäss C, sowie das Doppelgefäss E sind aus Kupfer hergestellt, innen und aussen vernickelt. Ersteres enthält das eigentliche Calorimeterwasser, während die Wasserfüllung des letzteren den Zweck hat, die durch die Isolirungsschicht D transmittirte Wärme aufzunehmen.

Die innere Isolirungsschicht D besteht aus Eiderdunen, die äussere F aus feinen Flaumen. Ueberdies ist das Gefäss C noch mit einer Filzlage umgeben.

Die Hartgummiklötze q , q_1 und q_2 halten die Gefässe in der richtigen Entfernung von einander.

Der Holzkübel G ist rund gedreht, aussen polirt und mittelst vier Laufrollen auf den beiden Schienen der Bodenplatte verschiebbar.

Das obere Wassergefäss H ist gleichfalls aus vernickeltem Kupfer hergestellt und hat den Zweck die aus C aufsteigenden Wasserdünste zu condensiren, sowie überhaupt die nach oben ausstrahlende Wärme aufzunehmen. Durch dieses Gefäss gehen Rohrstutzen für die beiden Thermometer T_1 und T_2 , für die Beobachtungsröhren f und m, sowie für die Führungsstangen des inneren Mischers. In dem Gefässe selbst befinden sich zwei Winkelthermometer T_5 und T_6 . (Im Aufriss ist nur eines dieser beiden Thermometer ersichtlich und zwar ist dasselbe in die Bildebene gedreht. In Wirklichkeit stehen die beiden Thermometer hinter den beiden Beobachtungsspiegeln S und S_1 .) Das Wassergefäss H ist an dem Holzring r mit Spangen befestigt und oben mit einer Filzplatte isolirt; nur die Unterseite ist frei.

Die Korkplatte J bedeckt die Isolirungsschichten D und F,

sowie das Doppelgefäß E. Diese Platte ist mit Wachs eingelassen und mit Firniss überstrichen, damit das Wasser, welches zufällig mit derselben in Berührung kommt, in die Poren des Korkes nicht eindringen kann.

Die Deckplatte K ist aus Hartgummi angefertigt und schliesst das Calorimetergefäß nach oben ab. In derselben sind die beiden Beobachtungsröhren f und m mittelst Kork fixirt, ferner sind Oeffnungen vorhanden für die Thermometer T_1 bis T_6 und für die Mischungsstangen. Um die Platte in verticaler Richtung heben zu können, sind an derselben zwei Seidenschnüre befestigt, welche über die Rollen s laufen und durch das Getriebe Q angezogen werden. Der Antrieb erfolgt durch eine archimedische Schraube, damit die Platte in jeder beliebigen Höhe stehen bleibt und ein freiwilliges Herabfallen derselben niemals vorkommen kann. Die beiden senkrechten Schienen t und t', welche den vier Laufrollen u als Führung dienen, verhindern jede seitliche Verschiebung der Platte.

Die Thermometer sind für grosse Empfindlichkeit construirt. Ihre Scala ist in halbe Zehntelgrade getheilt. Ein ganzer Grad hat die Länge von 1 cm, so dass die Hundertelgrade mit der Lupe noch genügend genau abgelesen werden können. In jeder Wasserfüllung befinden sich zwei Thermometer, deren Quecksilberreservoir so lang sind, dass sie die ganze Wasserschicht durchsetzen. Die beiden inneren Thermometer T_1 und T_2 sind mittelst Kork in die Deckplatte K eingepasst und werden nach Schluss der Verbrennung jedesmal herausgenommen. Die beiden äusseren Thermometer T_3 und T_4 sind in dem Schlussring des Doppelgefäßes E und die beiden oberen Thermometer T_5 und T_6 in dem Gefässe H ein für allemal fixirt.

Die Lupe zum Ablesen der Thermometer ist für die Orientirung des Auges mit zwei Visirfäden versehen. Die Thermometer T_7 bis T_{10} sind nur in $1/2$ Grade getheilt und werden mit freiem Auge abgelesen.

Die innere Mischvorrichtung L besteht aus einer ringförmigen, mit grossen Oeffnungen versehenen Kupferplatte. Als Führungsstangen dienen die beiden Glasröhren v und v_1 , welche oben und unten in Messingkapseln eingekittet sind. Die obere Führungsstange x ist aus Messingdraht hergestellt. Der Mischer wird mit Hülfe der Seidenschnur y, welche über zwei Rollen läuft, gehoben und sinkt durch sein Eigengewicht wieder zurück. Um zu verhindern, dass die Mischungsplatte über die Oberfläche des Wassers kommt, wird an der Schnur

ein kleiner Messingstab befestigt, welcher beim höchsten Stand des Mischers gegen die obere Querverbindung des Gestelles stösst.

Die Mischvorrichtung im äusseren Doppelgefäss besteht aus zwei wellenförmig gebogenen Kupferblechen M, die an Glasröhren befestigt sind, welch' letztere mit der Hand auf und ab bewegt werden. Auf solche Art wird das Wasser im cylinderförmigen Zwischenraum von E gemischt. Um auch das zwischen den beiden Böden befindliche Wasser in Bewegung zu setzen ist noch ein durchbrochener Flügel M_1 vorhanden, welcher an einer Glasröhre sitzt und durch Drehung derselben einen Viertelkreisbogen beschreibt.

Das Holzgestell R ruht auf drei Stellschrauben, um den Apparat genau vertical stellen zu können.

Zu dem Calorimeter gehören noch folgende Armaturstücke. Für die Zuströmung: ein Sauerstoffgasometer U (in der Zeichnung nicht ersichtlich), ein Trockenthurm V mit Natronkalkfüllung, eine Flasche W als Mediator, um jeden der drei Zweigströme mittelst der Schraubenquetscher z_1 z_2 z_3 nach Belieben reguliren zu können, ohne die beiden anderen dadurch zu alteriren. In dieser Flasche wird auch die Temperatur des zuströmenden Sauerstoffes gemessen (Thermometer T_8); ferner drei Waschflaschen mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt, davon I, II und III um die Stärke des Sauerstoffstromes und IV, um die Menge der zuströmenden Luft beurtheilen zu können. Der freie Lufteintritt in das Mantelgefäss B ist nothwendig, damit in der Verbrennungskammer immer normaler Druck herrscht. Schon bei geringer Druckdifferenz entsteht Rauch. Für die Abströmung dient eine Flasche N um die geringste Rauchbildung wahrnehmen zu können, ferner zwei Aspiratoren O und P. Von der Flasche N gehen drei Schläuche ab: 1 kommt vom Mantelgefäss B, 2 und 3 führen zu den Aspiratoren.

Der Aspirator O dient zur Aufsammlung der Hauptmenge des Gases und P zur Absaugung eines aliquoten Theiles des Gasgemisches für die Analyse. Beide Aspiratoren sind in $\frac{1}{4}$ Liter geaicht und mit Wasser gefüllt, auf welchem sich eine circa 1 cm starke Oelschicht befindet.

Wasserwerth des Calorimeters.

Die Ermittlung des Wasserwerthes geschah nach der bekannten Mischungsmethode. Im Ganzen wurden sieben Bestimmungen ausgeführt, wovon fünf brauchbare Resultate ergaben.

Bei drei Bestimmungen war das Gefäss C leer und durch Stehen-

lassen über Nacht das ganze Calorimeter auf die Lufttemperatur gebracht. Am nächsten Morgen wurde die Temperatur im äusseren Wasserring E, im oberen Wassergefäss H und im inneren leeren Gefäss C genau bestimmt.

Eine passende Flasche mit 5200 cc Wasserfüllung wurde im Wasserbade auf circa 36° C. erwärmt, sodann herausgenommen, aussen trocken abgewischt, mit einem Kautschukstöpsel verschlossen, durch mehrmaliges Umwenden das Wasser gemischt, die Flasche mit einem dicken Flanellsack umhüllt, nach einigen Minuten die Temperatur des Wassers genau bestimmt und dasselbe durch Umstürzen der Flasche rasch in das Gefäss C entleert, sodann das Calorimeter durch Herablassen der Deckplatte K verschlossen. Durch das centrale Beobachtungsrohr m wurde ein Thermometer in die demontirte, leere Verbrennungskammer eingeführt, der Mischer zeitweise in Action gesetzt und jener Punkt bestimmt, bei welchem der Temperatúrausgleich zwischen T_1 und T_2 einerseits und dem mittleren durch m eingeführten Thermometer andererseits stattgefunden hatte.

Bei den anderen vier Bestimmungen wurde in gleicher Weise vorgegangen, nur mit dem Unterschiede, dass das Gefäss C nicht leer, sondern mit 2600 cc Wasser von der Lufttemperatur beschickt war und dann weitere 2600 cc Wasser von circa 45° C. zugegossen wurden.

Der Wasserwerth des oben fertig montirten Gefässes H wurde auf ähnliche Art (durch Eintauchen in Wasser von bestimmter Temperatur und Mischen) viermal bestimmt; jener des Doppelgefässes sammt Mischvorrichtung wurde aus dem Gewichte berechnet.

Bei den fünf Bestimmungen wurden für das innere Gefäss C sammt Mantelgefäss B, Platinkammer A und A_1 und Mischer L folgende Zahlen erhalten:

291,8	} Mittel rund 291.
288,3	
284,4	
297,6	
292,2	

Für das obere Gefäss H sammt Thermometer wurde der Wasserwerth mit 52 und für das äussere Doppelgefäss E sammt Thermometer und Mischvorrichtung mit 615 gefunden.

Einschliesslich der Wasserfüllung ergeben sich somit folgende Zahlen:

Inneres Gefäss	{	Wasserwerth . . . 291	}	= 5491
		Wasserfüllung . . . 5200	}	
Oberes Gefäss	{	Wasserwerth . . . 53	}	= 460
		Wasserfüllung . . . 407	}	
Aeusseres Gefäss	{	Wasserwerth . . . 615	}	= 5115
		Wasserfüllung . . . 4500	}	

Bereitung der Zuckerkohle und Bestimmung des calorischen Werthes derselben.

Zur Bereitung der Zuckerkohle wurde Hutmelis in nussgrosse Stücke zerschlagen und in einem hessischen Tiegel bei gelinder Hitze verkohlt. Die stark aufgeblähte, kohlige Masse wurde in einem zweiten bedeckten Tiegel im Holzkohlenfeuer durch etwa zwei Stunden der Weissglühhitze ausgesetzt, nach dem Abkühlen in reiskorngrösse Stücke zerkleinert und durch Absieben vom feinen Pulver befreit. Letzteres wurde bei einer neuerlichen Verkohlung dem schmelzenden Zucker beigemischt. Auf solche Art wurden circa 2 kg Zuckerkohle bereitet. Von derselben wurden zwei Elementaranalysen und acht calorimetrische Bestimmungen ausgeführt.

Die Elementaranalyse ergab folgende Resultate:

€	{	I. Bestimmung 97,22	}	Mittel 97,27
		II. « 97,32	}	
H ₂ Θ	{	I. « 8,40	}	« 8,47
		II. « 8,54	}	
Asche	{	I. « 0,53	}	« 0,54
		II. « 0,55	}	

Daraus berechnet sich folgende Elementarzusammensetzung:

€	97,27
H	0,78
H ₂ Θ chemisch gebunden .	1,41
Asche	0,54

Nach der modificirten Dulong'schen Formel berechnet sich der absolute Wärmeeffect mit

$$\frac{8080 \times 97,27 + 34462 \times 0,78 - (620 \times 1,41)}{100} = 8120 \text{ Calorien.}$$

Von den 8 directen Bestimmungen des calorischen Werthes durch Verbrennung gaben 6 brauchbare Resultate und zwar:

7960	} Mittel 7982 *)
7967	
8003	
8009	
8006	
7946	

Arbeit mit dem Calorimeter.

Nachdem das Calorimetergefäß C mit 5200 cc Wasser von der Lufttemperatur gefüllt ist, werden für jede Verbrennung von der zu prüfenden feinpulverigen Mineralkohle in der Regel 5—6 und von der Zuckerkohle 2—4 g abgewogen. Das Kohlenquantum muss so gewählt werden, dass die Temperaturerhöhung des Calorimeterwassers von 10° C. nicht viel abweicht. Die Resultate fallen nur dann genau aus, wenn bei allen Versuchen sowohl die Verbrennungsdauer, als auch die Temperatursteigerung annähernd die gleiche ist. Es muss daher bei einer jeden Kohle ein Vorversuch gemacht werden, um die richtigen Verhältnisse zu finden. Liegt die Elementar-Analyse der betreffenden Kohle vor (was in der Regel der Fall ist), so lässt sich schon daraus die Menge der Mineralkohle und Zuckerkohle, welche für eine Verbrennung nothwendig ist, mit hinlänglicher Genauigkeit berechnen. Die Verbrennungsdauer beträgt 55—60 Minuten. Die Temperatursteigerung hat man durch Anwendung einer grösseren oder geringeren Menge Zuckerkohle in der Gewalt.

Die Mineralkohle wird in der Platinkammer A abgewogen. Bei vorsichtiger Gebahrung fällt von der fein gepulverten Mineralkohle keine Spur durch das Sieb c. Ist das Sieb nicht genügend fein gelocht, so lässt sich dadurch abhelfen, dass man auf dasselbe etwas gröbere, abgeseibte Zuckerkohle ausbreitet, abwägt und dann erst das Mineralkohlenpulver aufschüttet.

Nach dem Abwägen wird die Platinkammer zusammengesetzt, mit Hülfe der Muffen im Mantelgefäß B befestigt und letzteres verschraubt.

*) Favre und Silbermann fanden für Zuckerkohle den Werth von 8040, Grassi fand 7714. Die Kohle, welche Grassi verwendete, war offenbar nicht genügend durchgeglüht.

Man wartet 15 bis 30 Minuten, bis das Gefäss B, welches sich durch das Anfassen mit den Händen etwas erwärmt hat, wieder abgekühlt ist, lässt sodann die Deckplatte herab, fügt die Thermometer T_1 , T_2 und T_7 ein, stellt die erforderlichen Schlauchverbindungen her und setzt die beiden Spiegel auf.

Man wartet nun so lange bis die Temperatur constant geworden ist, liest sodann alle Thermometer ab und beginnt mit der Verbrennung.

Zu diesem Ende lässt man Sauerstoff durch das Beobachtungsrohr f in die Mitte der Verbrennungskammer eintreten, hebt die Verschlusskapsel mit dem Spiegel S ab, bringt durch Einfallenlassen eines kleinen glimmenden Holzkohlensplitters durch das Rohr m die Zuckerkohle in A_1 zur Entzündung und setzt den Spiegel wieder auf. Gleich darauf lässt man den grossen Aspirator O in Wirksamkeit treten, verschliesst die Flasche N und setzt nach einigen Minuten auch den kleinen Aspirator P in Action.

Der Wasserausfluss wird so regulirt, dass in O ungefähr $\frac{5}{6}$ und in P $\frac{1}{6}$ des ganzen Gasquantums aufgesammelt wird. Das Gesamtgasvolumen beträgt bei jeder Verbrennung etwa 25—30 Liter.

Die Gluth zieht sich in der Zuckerkohlenschicht allmählich nach abwärts, verlischt oben und brennt nur unten auf dem Sieb d fort. Sobald die Gluth unten angelangt ist (was sich an dem Lichtreflex durch das Rohr f wahrnehmen lässt), erfolgt auch die Entzündung der Mineralkohle in der unteren Kammer von selbst, indem kleine glühende Zuckerkohletheilchen durch das gross gelochte Sieb d auf die Mineralkohle fallen. (Manchmal dauert es einige Zeit, bis diese Entzündung stattfindet; um nicht zu lange warten zu müssen, kann man in diesem Falle die Mineralkohle mittelst eines glimmenden Holzkohlensplitters anzünden, den man durch das Beobachtungsrohr f einfallen lässt.) Nachdem die Mineralkohle an einer Stelle glüht, verstärkt man den Sauerstoffstrom durch f und lässt auch durch das Rohr g Sauerstoff eintreten. Die Gluth verbreitet sich alsbald über die ganze Oberfläche der Mineralkohle und die Verbrennung dieser letzteren erfolgt allmählich von oben nach unten. Gegen das Ende der Verbrennung wird die Sauerstoffzuführung durch g abgesperrt und jene durch e dafür geöffnet.

Bei regelrechtem Gange muss die Kohle ruhig fortglimmen, ohne zu flammen; es darf keine Spur von Rauch in der Flasche N zum Vorschein kommen (was lediglich von der richtigen Regulirung der beiden Sauerstoffströme abhängt) und muss sowohl die Mineralkohle, als

auch die Zuckerkohle vollständig ausbrennen. Selbst bei ganz correcter Füllung und Zusammenstellung des Apparates gehört aber immer noch gewisse Uebung dazu, die Verbrennung tadellos zu Ende zu führen.

Während der Verbrennung wird in regelmässigen Zeitintervallen (immer nach Auslauf von je 2 Litern aus dem grossen Aspirator) das Thermometer T_7 abgelesen und sodann der Mischer einige Mal auf und ab bewegt.

Ist die Kohle auf beiden Feuerheerden ausgebrannt, so werden die Sauerstoffzuleitungen abgesperrt und die beiden Aspiratoren ausser Thätigkeit gesetzt. Man mischt jetzt so lange, bis die beiden inneren Thermometer T_1 und T_2 gleiche Temperatur zeigen, wartet bis keine Temperaturerhöhung mehr stattfindet und liest alsdann alle Thermometer (einschliesslich T_9 für Lufttemperatur und T_{10} für die Temperatur des Gases im grossen Aspirator) der Reihe nach ab. Das Temperatur-Maximum im Gefäss C bleibt durch etwa 5 Minuten vollkommen constant, so dass sich dieser Punkt mit voller Sicherheit bestimmen lässt. Das Sinken der Temperatur geht auch später, so lange das Calorimeter noch geschlossen ist, nur sehr langsam vor sich.

Nach der Ablesung werden die Thermometer T_1 und T_2 entfernt und die beiden Spiegel abgenommen. Die Deckplatte wird mittelst des Getriebes langsam gehoben, der Holzkübel zurückgeschoben, das Mantelgefäss geöffnet und die Platinkammer demontirt.

Das Gefäss C wird mit Hülfe eines Hebers entleert, trocken ausgewischt und ist sodann zur neuerlichen Beschickung mit dem Normalquantum Wasser von der Lufttemperatur bereit. Desgleichen wird das Mantelgefäss B innen und aussen abgetrocknet, das Schlangenrohr ausgeblasen und der Mischer, sowie die Unterseite des Gefässes H von dem anhaftenden Condensationswasser befreit.

Nachdem das Gasvolumen in den beiden Aspiratoren abgelesen ist, wird O durch den Hahn α so weit mit Wasser gefüllt, dass bei β Oel zum Vorschein kommt. Das im kleinen Aspirator P befindliche Gas wird analysirt. Das abgesaugte Gas besteht durchschnittlich aus:

50—60 Vol. % Kohlensäure,

0,2—0,8 « « Kohlenoxyd,

10—15 « « Sauerstoff,

30—40 « « Stickstoff

und ist mit Wasserdampf vollkommen gesättigt.

Die geringe Menge von Kohlenoxyd entsteht durch Reduction aus der Kohlensäure beim Durchstreichen der glühenden Zuckerkohle. Bei richtiger Regulirung der Sauerstoffzufuhr bleibt der Kohlenoxydgehalt des Gasgemisches in der Regel unter 0,5 %.

Bei jeder Analyse wird auch auf anderweitige brennbare Gase (Wasserstoff und Kohlenwasserstoffe) geprüft, und sobald selbst nur Spuren derselben vorhanden sind, die betreffende calorimetrische Bestimmung als unverlässlich verworfen.

Berechnung des absoluten Wärme-Effectes der untersuchten Kohle.

Als Rechnungsbeispiel ist die Wilczek-Ostrauer Steinkohle (Nr. 1 der angeschlossenen Tabelle) gewählt.

Zu dem Versuche wurden

5,016 g Mineralkohle und

2,750 g Zuckerkohle

verwendet.

Beobachtungs-Resultate.

Temperaturablesungen am Calorimeter					Mittlere Temperaturen in Graden Cels.	
Thermometer	Vor	Nach	Differenz	Mittel	des zuströmenden Sauerstoffes . 17,9 (T ₈)	
Äusseres Gefäss E	T ₃	18,01	18,20	0,19	} 0,20	der zuströmenden Luft 18,0 (T ₉)
	T ₄	18,02	18,23	0,21		des abströmenden Gases . . . 22,1 (T ₇)
Inneres Gefäss C	T ₁	18,05	28,54	10,49	} 10,49	des Gases im Aspirator . . . 18,0 (T ₁₀)
	T ₂	18,05	28,54	10,49		Barometerstand 750 mm.
Oberes Gefäss H	T ₅	18,04	21,80	3,76	} 3,78	Wasser- { aus O = 23,5 } Summa 28 l.
	T ₆	18,04	21,84	3,80		auslauf { aus P = 4,5 }
					Reductionsfactor*)	
					$1 + 0,00366 \times 18 \times \frac{760}{750} = 1,07.$	

*) Zur Reduction der Gasvolumina von 18° C. und 750 mm Quecksilberdruck auf das Volumen bei 0° und 760 mm Druck.

Gas - Analyse			Berechnung der Wärmecapacität des abströmenden Gases			
	Vol. o/o	Liter	Um- wandlungs- factor *)	= Grammen	spec. Wärme	= Wärme- capacität
Kohlenoxyd . .	0,4	0,11	$\times \frac{1,2515}{1,07}$	= 0,13	$\times 0,2425$	= 0,03
Kohlensäure . .	51,3	14,36	$\times \frac{1,9666}{1,07}$	= 26,42	$\times 0,2025$	= 5,35
Sauerstoff	12,6	3,53	$\times \frac{1,2936}{1,07}$	= 4,27	$\times 0,2175$	= 0,93
Stickstoff	33,5	9,38	$\times \frac{1,2566}{1,07}$	= 10,97	$\times 0,2438$	= 2,67
Wasserdampf**)	2,2	0,62	$\times \frac{0,8064}{1,07}$	= 0,46	$\times 0,4805$	= 0,22
Summe . .	100,0	28,00				9,20

Wärmecapacität $\times$ ° C. = Calorien,

9,20 $\times$ 22,1 = 203,3.

Durch die abziehenden Gase werden demnach 203,3 Calorien entführt.

Berechnung der zugeströmten Luft und des freien Sauerstoffes.

Im abströmendem Gas sind 10,97 g Stickstoff enthalten, entsprechend:

$$\frac{10,97 \times 100}{77} = 14,25 \text{ g atmosphärischer Luft.}$$

*) Zur Verwandlung der Gasvolumina (Liter bei 18° C. und 750 mm) in Grammen:

$$\frac{\text{Litergewicht (bei 0° und 760 mm) in Grammen}}{\text{Reductionsfactor}} = \text{Grammen.}$$

**) Das Gas ist bei der Abströmungs-Temperatur mit Wasserdampf gesättigt. Die Menge Wasserdampf in Volumprocenten (V) ergibt sich aus der Formel

$V = \frac{e}{0,01 b}$, worin e den Dunstdruck in mm und b den Barometerstand bedeutet. Der Temperatur von 18° C. entspricht ein Dunstdruck von 15,33 mm, daher

$$V = \frac{15,33}{7,50} = 2,2.$$

Sauerstoff im Kohlenoxyd	$\frac{0,13 \times 4}{7} =$	0,07
» in der Kohlensäure	$\frac{26,42 \times 8}{11} =$	19,21
» zur Verbrennung des H in der Mineral- und Zucker-		
kohle	$\frac{3,10 \times 5 + 0,78 \times 2,8}{100} \times 8 =$	1,41
» zur Verbrennung des S in der Mineralkohle		
	$\frac{0,39 \times 5}{100} =$	0,02
» ungebunden =		4,27
		<u>24,98</u>
» in der zugeströmten Luft (14,25—10,97)		— 3,28
» als solcher zugeströmt		<u>21,70</u>

Durch die zuströmenden Gase (Luft und Sauerstoff) wurden zu-
geführt:

	<i>g</i>	spec. Wärme °C.	=	Calorien.
Luft	14,25	$\times 0,238 \times 18,0 =$		61,0
Sauerstoff	21,70	$\times 0,218 \times 17,9 =$		84,7
				<u>145,7</u> Calorien

Zusammenstellung der Resultate.

	Wasser- Werth. *)	Tempt. Zunahme.	Calorien
Wärmeabgabe an das innere Gefäss C . .	$5491 \times 10,49 =$		57600,6
» » » obere » H . .	$460 \times 3,78 =$		1738,8
» » » äussere » E . .	$5115 \times 0,20 =$		1023,0
Wärmeverlust durch Bildung von Kohlenoxyd	$2403 \times 0,13 =$		312,4
» » das abziehende Gas (203,3—145,7) =			<u>57,6</u>
			60732,4
Durch die Zuckerkohle producirt	$7982 \times 2,75 =$		<u>21950,5</u>
» » Mineralkohle »			<u>38781,9</u>
	$\frac{38782,9}{5,016} =$		7732 Calorien.

*) Siehe pag. 463.

Bei der 2. Bestimmung wurden 7784 Calorien gefunden.

Das Mittel aus beiden Bestimmungen ergibt daher:

7758 Calorien.

Die organische Elementar-Analyse dieser Kohle ergab folgende Resultate:

Kohlenstoff . . .	{ I. 77,22 II. 77,34 }	Mittel . .	77,28
Gesammt-Wasser .	{ I. 43,20 II. 43,62 }	" . .	43,41
Hygroskop. Wasser	{ I. 2,93 II. 2,89 }	" . .	2,91
Stickstoff . . .			0,19
Schwefel . . .	{ I. 0,41 II. 0,37 }	Mittel . .	0,39
Asche . . .	{ I. 4,21 II. 4,03 }	" . .	4,12
Kohlensäure . .	{ in der Kohle 1,07 " " Asche 6,70		

Daraus berechnete Kohlenstoff-Correctur

$$\frac{4,12 \times 6,7}{100} = 0,28 \quad \begin{array}{r} 1,07 \\ - 0,28 \\ \hline 0,79 \text{ Kohlensäure} \end{array}$$

$$0,79 \times \frac{3}{11} = 0,22 \text{ Kohlenstoff.}$$

Corrigirter Kohlenstoff-Gehalt **77,28 — 0,22 = 77,06.**

$$\text{Wasserstoff } \frac{43,41 - 2,91}{9} = 4,50.$$

Demnach stellt sich die Elementar-Zusammensetzung wie folgt:

Kohlenstoff	77,06
Wasserstoff	4,50
Sauerstoff	11,22
Stickstoff	0,19
Hygroskop. Wasser	2,91
Asche	4,12
	<hr/> 100,00

Aus dieser Zusammensetzung berechnet sich die Verbrennungswärme nach der Dulong'schen Formel mit

$$\frac{8080 C + 34462 \left(H - \frac{O}{8} \right)}{100} = 7295 \text{ Calorien.}$$

Bei der directen Bestimmung im Calorimeter wurden 7758 Calorien gefunden. Es ergibt sich somit eine Differenz von $7758 - 7295 = 463$ Calorien oder $\frac{463 \times 100}{7295} = 6,35$ Proc. des Heizwerthes zu Gunsten der directen Bestimmung.

Nachfolgende Tabelle enthält die Resultate von 37 Kohlenuntersuchungen. Die meisten dieser Kohlenproben wurden bei Heizversuchen im Grossen entnommen und repräsentiren das Mittel aus 10 bis 50 Meter-Centner. Die Probenahme geschah mit grosser Sorgfalt. Aus der gesammelten grossen Durchschnittsprobe wurde nach der von Scheurer-Kestner angegebenen Methode der successiven Theilung die Probe für die chemisch-physikalische Untersuchung genommen. Einige Proben wurden auch von den Kohlengewerken direct eingesandt.

Von jeder Kohlenprobe wurden mindestens zwei Elementar-Analysen und zwei calorimetrische Bestimmungen ausgeführt. Als zulässige Maximal-Differenzen wurden angenommen:

im C-Gehalt	0,3	Procent
» H-Gehalt	0,1	»
» H ₂ O-Gehalt	0,2	»
» Aschen-Gehalt	0,4	»
» calorischen Werthe	1,0	»

Tabellarische Uebersicht

geordnet nach der Differenz des nach Dulong berechneten und des durch directe Verbrennung der Kohle im Calorimeter gefundenen Werthes.

No.	Bezeichnung der Kohle.	Elementar-Zusammensetzung						Gehalt an ver- brenn- lichem Schwefel	Calorien		Differenz	
		C	H	O	N	hygro- sko- pisches H ₂ O	Asche		be- rechnet nach Dulong*)	direct er- mittelt	in Calo- rien	in % des be- rechn. Werth.
1	Wilczek- Ostrauer-Steinkohle	77,06	4,50	11,22	0,19	2,91	4,12	0,39	7295	7758	+ 463	+ 6,35
2	Erzherzog-Albrecht. Ostrauer-Steinkohle.	74,21	4,19	9,82	0,33	3,22	8,23	0,71	7016	7443	+ 427	+ 6,09
3	Königshütte- Steinkohle. Preussen.	70,38	4,07	11,85	0,59	8,82	4,29	0,44	6535	6920	+ 385	+ 5,91
4	Karwiner-Larisch. Ostrauer-Steinkohle.	73,72	4,25	10,39	0,31	3,96	7,37	0,50	6973	7368	+ 395	+ 5,67
5	Morgenstern- Steinkohle. Preussen.	61,10	3,17	13,93	0,41	9,07	12,32	0,57	5430	5728	+ 298	+ 5,49
6	Hermenegilde- Steinkohle. Nieder-Schlesien.	71,02	4,17	11,46	0,18	2,60	10,57	0,21	6683	6992	+ 309	+ 4,62
7	Dombrauer- Steinkohle. Poln.-Ostrau.	74,69	4,23	12,42	0,07	3,03	5,56	0,50	6959	7280	+ 321	+ 4,61
8	Carolinen-Steinkohle. Preussen.	61,42	3,23	13,64	0,24	7,29	14,18	0,78	5487	5758	+ 271	+ 4,57
9	Glückshilf I Steinkohle. Waldenburg.	70,50	3,94	9,28	0,19	1,60	14,49	0,63	6654	6955	+ 301	+ 4,52
10	Jaklowetz-Steinkohle Nieder-Schlesien.	72,59	3,90	10,08	0,20	2,40	10,83	0,35	6775	7044	+ 269	+ 3,97
11	Waterloo-Steinkohle. Preussen.	69,70	3,74	13,60	0,40	6,28	6,28	0,40	6335	6571	+ 236	+ 3,73

*) Ohne Berücksichtigung des hygroskopischen Wassers und des verbrennlichen Schwefels.

No.	Bezeichnung der K o h l e .	Elementar-Zusammensetzung						Gehalt an ver- brenn- lichem Schwefel	Calorien		Differenz	
		C	H	O	N	hygro- sko- pisches H ₂ O	Asche		be- rechnet nach Du- long	direct er- mittelt	in Calo- rien	in o/o des be- rechn. Werth.
12	Pilsen-Priesen- Komotauer- Steinkohle.	46,48	3,41	14,21	0,22	29,14	6,54	0,34	4317	4477	+ 160	+ 3,71
13	Michalkowitz- Steinkohle. Nieder-Schlesien.	70,47	3,88	11,13	0,27	3,07	11,18	0,26	6552	6753	+ 201	+ 3,07
14	Georg-Steinkohle. Preussen	65,93	3,51	13,69	0,29	7,93	8,65	0,48	5947	6120	+ 173	+ 2,91
15	Zuckerfabrik-Skro- chowitz-Steinkohle C. Provenienz unbekannt.	72,08	4,06	11,65	0,42	4,13	7,66	0,58	6720	6885	+ 165	+ 2,46
16	Westende-Steinkohle. Preussen.	71,02	3,89	12,78	0,42	4,60	7,29	0,65	6528	6665	+ 137	+ 2,10
17	Glückshilf II. Steinkohle. Waldenburg.	70,83	3,94	9,22	0,30	1,69	14,02	0,79	6635	6822	+ 137	+ 2,05
18	Fanny-Steinkohle. Preussen.	66,39	3,82	14,79	0,31	8,30	6,39	0,50	6043	6159	+ 116	+ 1,92
19	Wildensteinsegen- Steinkohle. Preussen.	67,01	3,58	12,95	0,24	8,56	7,66	0,48	6090	6202	+ 112	+ 1,84
20	Bustěhrad- Kladnoer- Braunkohle.	57,27	3,17	11,00	0,21	9,07	19,28	0,02	5246	5342	+ 96	+ 1,83
21	Brüxer-Braunkohle.	50,09	3,44	15,73	0,29	26,43	4,02	0,18	4554	4631	+ 77	+ 1,69
22	Ajka-Braunkohle.	46,26	2,74	13,69	0,10	16,44	20,77	1,85	4093	4160	+ 67	+ 1,64
23	Neuroder- Wenzeslausgrube. Förder-Kleinkohle.	74,22	4,24	10,38	0,35	3,92	6,89	1,02	7010	7113	+ 103	+ 1,47
24	Salgo-Tarjaner Braunkohle. Ungarn.	51,81	3,79	13,97	0,67	11,37	18,39	0,94	4889	4950	+ 61	+ 1,25
25	Ferdinandgrube- Steinkohle. Ober-Schlesien.	73,50	4,26	13,06	0,29	5,16	3,73	0,31	6845	6907	+ 62	+ 0,91

No	Bezeichnung der K o h l e .	Elementar-Zusammensetzung						Gehalt an ver- brenn- lichem Schwefel	Calorien		Differenz	
		€	H	Θ	N	hygro- sko- pisches H ₂ Θ	Asche		be- rechnet nach D u - l o n g	direct er- mittelt	in Calo- rien	in % des be- rechn. Werth.
26	Morgenroth-Kohle. Steinkohle. Preussen.	68,90	3,75	14,03	0,36	9,87	3,09	0,39	6318	6366	+ 48	+ 0,76
27	Julius-Schacht- Steinkohle. Rossitz.	72,01	4,09	10,57	0,16	3,09	10,08	0,51	6773	6796	+ 23	+ 0,34
28	Zuckerfabr. Skrocho- witz-Steinkohle A. Provenienz unbekannt.	77,36	4,26	10,70	0,32	3,10	4,26	0,60	7257	7280	+ 23	+ 0,32
29	Zuckerfabr. Skrocho- witz-Steinkohle B. Provenienz unbekannt.	76,39	4,49	10,63	0,27	2,77	5,45	0,47	7260	7276	+ 16	+ 0,22
30	Eugenie-Steinkohle. Preussen.	69,05	4,01	12,61	0,23	6,47	7,63	0,69	6417	6431	+ 14	+ 0,22
31	Freiensteiner- Braunkohle. Steiermark.	60,66	4,06	18,89	0,26	10,93	5,20	0,19	5487	5443	- 44	- 0,80
32	Veronika-Steinkohle. Preussen.	75,87	4,56	10,96	0,20	3,69	4,72	0,53	7230	7166	- 64	- 0,89
33	Chasé-Steinkohle. Preussen.	72,28	3,88	12,50	0,37	7,89	3,08	0,69	6641	6578	- 63	- 0,95
34	Pankraz-Braunkohle. Böhmen.	67,21	3,77	10,01	0,26	7,58	11,17	0,39	6299	6217	- 82	- 1,30
35	Neuroder- Wenzeslausgrube Josef-Flötz.	79,13	4,40	8,36	0,34	2,84	4,93	2,18	7548	7406	- 142	- 1,88
36	Köflacher-Lignit.	44,42	3,57	16,85	0,09	27,62	7,45	0,41	4092	3989	- 103	- 2,52
37	Louisenglück- Steinkohle. Preussen.	70,24	3,84	12,32	0,73	9,09	3,78	0,43	6468	6265	- 203	- 3,12

Die Zahl aller bisher von mir und meinen beiden Assistenten Herren E. Wagner und H. Smattosch calorimetrisch untersuchten Kohlen beträgt 55. Die übrigen in der Tabelle nicht angeführten 21 Proben sind Gemische von zwei oder mehreren Kohlensorten, welche bei Heizversuchen entnommen wurden. Dabei sind die ersteren Untersuchungen, welche mit dem noch mangelhaften Calorimeter ausgeführt wurden, nicht mitinbegriffen. Im grossen Ganzen sind die von uns gefundenen calorischen Werthe im Verhältniss zu den nach der Dulong'schen Formel berechneten Wärme-Einheiten etwas höher als bei den Versuchen der Münchner Station, wie nachstehende Zusammenstellung zeigt.

Differenz zwischen der im Calorimeter beobachteten und der nach Dulong berechneten Verbrennungswärme in Procenten des berechneten Werthes.	Zahl der untersuchten Kohlen		Procent von der Anzahl der untersuchten Kohlen	
	Bunte *)	Schwachhöfer	Bunte	Schwachhöfer
Plus.				
Zwischen 6 u. 7 0/0 (Maximum 6,35 0/0)	—	4	—	7,27
„ 5 „ 6 „	—	5	—	9,09
„ 4 „ 5 „	1	4	2,78	7,27
„ 3 „ 4 „	—	4	—	7,27
„ 2 „ 3 „	1	6	2,78	10,91
„ 1 „ 2 „	3	10	8,33	18,18
„ 0 „ 1 „	3	9	8,33	16,36
Minus.				
Zwischen 0 u. 1 0/0	7	6	19,44	10,91
„ 1 „ 2 „	5	3	13,89	5,46
„ 2 „ 3 „	1	2	2,78	3,64
„ 3 „ 4 „	9	2	25,00	3,64
„ 4 „ 5 „	3	—	8,33	—
„ 5 „ 6 „	1	—	2,78	—
„ 6 „ 7 „ (Maximum 6,48 0/0)	2	—	5,56	—
	36	55	100,00	100,00

Ein genauer Vergleich ist allerdings nicht zulässig, weil nicht dieselben Kohlen an beiden Orten untersucht wurden. So viel lässt sich aber doch entnehmen, dass die von uns gefundenen Werthe sich jenen

*) II. Bericht der Heizversuchs-Station München 1881.

der Münchner Station nähern und bedeutend abweichen von den Zahlen, welche Scheurer-Kestner angibt.

Die Differenzen zwischen den beobachteten und den nach Dulong berechneten Wärme-Einheiten sind Theils plus, Theils minus, ohne dass sich dieses Verhalten in Beziehung zur Elementar-Zusammensetzung der Kohle bringen liesse. Bei ungefähr $\frac{1}{4}$ aller von uns ausgeführten Bestimmungen liegen die in Rede stehenden Differenzen innerhalb der Beobachtungsfehler (nämlich 1 % des calorischen Werthes, plus oder minus). Bei allen übrigen Bestimmungen sind die Unterschiede jedoch so bedeutend, dass sie nicht vernachlässigt werden können. Bei einer jeden genauen Kohlenuntersuchung ist daher die calorimetrische Brennwertbestimmung unerlässlich.

Ueber Milchfettbestimmungen.

Von

Prof. Dr. **Leo Liebermann.**

1. Die volumetrische Methode.

Vor einiger Zeit habe ich in dieser Zeitschrift eine neue, volumetrische Methode zur Bestimmung des Fettgehaltes der Milch publicirt. *) Dieselbe wurde von C. H. Wolff **) einer Prüfung unterzogen, wobei er fand, dass meine Methode um 0,2 % mehr Fett gab als die directe gewichtsanalytische, Eintrocknen der Milch auf Quarzsand und Extraction mit Aether. Zugleich gab er auch eine anscheinend plausible Erklärung dieses Befundes, welche darin besteht, dass 50 cc Aether, mit 50 cc mit Kali versetzter Milch geschüttelt, nach der Trennung der beiden Flüssigkeiten, was ihr Volum betrifft, eine ähnliche Aenderung erfahren dürften wie Wasser und Aether, wenn sie mit einander geschüttelt werden, so dass die bei meiner Methode resultirende Aetherfettlösung thatsächlich nicht mehr einem gleichen Volum Milch entsprechen würde, sondern um so viel mehr, als sich Aether in der Milch gelöst hatte, da der in der Flüssigkeit gelöste Aether nach Soxhlet kein Fett in Auflösung hält. Kurz die ätherische Fettlösung wäre nach

*) Diese Zeitschrift **22**, 383.

), Pharmaceutische Centralhalle 1883 p. 435; diese Zeitschrift **23, 87.