

Zeitschrift für angewandte Chemie.

1900. Heft 50.

Zur Atomgewichts-Frage.

Von zuständiger Seite ging der Redaction nachstehende Einsendung zu:

Die Einsetzung der engeren Atomgewichts-Commission, welche auf Vorschlag vom 12. Juni seitens der Deutschen chemischen Gesellschaft unter Zustimmung der sämtlichen Mitglieder der internationalen Vereinigung durch Ernennung von 3 Mitgliedern erfolgen soll, scheint bedauerlicherweise an einer Zersplitterung der Stimmen zu scheitern. Es wäre freilich wohl praktisch gewesen, gleich durch Nennung von Namen eine Directive zu geben und es soll hiermit versucht werden, dies nachzuholen, indem vorgeschlagen wird, die Stimmen auf die Herren Prof. Richards, Prof. Thorpe, Prof. Seubert, Prof. Clarke, Prof. Meldola und Prof. Clemens Winkler zu concentriren. Es sind diese Herren wohl die Hauptrepräsentanten der verschiedenen Richtungen und dürfen wir bei Jedem derselben überzeugt sein, dass er in der noch lange nicht von allen Seiten abschliessend beleuchteten Frage den Standpunkt einnehmen wird, den eben die Entwicklung der Frage mit sich bringt. Es muss dies ja ohne jegliche Voreingenommenheit geschehen und ohne der Furcht der Präjudicirung, welche durch die vorgepflögenen Verhandlungen unberechtigter Weise vorhanden sein könnte, einen Platz einzuräumen. So viel uns bekannt, gehören die Träger der erstgenannten 3 Namen bislang der Richtung $O = 16$, die letzteren 3 der Richtung $H = 1$ an; wir zweifeln aber nicht, dass Jeder derselben vorurtheilsfrei das kommende Material prüfen wird.

Diese Zeilen haben also nur den Zweck, das Zustandekommen einer absoluten Mehrheit für die 3 Mitglieder der engeren Commission zu unterstützen.

G.

Chemische und calorimetrische Untersuchung von Brennstoffen.

Von Dr. H. Langbein, Niederlössnitz-Dresden.

[Schluss von S. 1238.]

Bei Ausführung der Verbrennung verfährt man nun folgendermaassen: Die Substanz wird in einer Pastillenpresse (Fig. 9) zu einem Brikett leicht zusammengepresst; bei Braunkohlen genügt der leiseste Druck zum Zusammenhalten der Kohle, Wasserverlust tritt dabei nicht ein, wenn man lufttrockene Kohle verwendet. Man nimmt zu einem Versuch soviel Substanz, dass nur etwa 30 Proc. des vorhandenen Sauerstoffs ausgenutzt werden. Die Zündung wird durch Zündschnur oder eine Spirale von feinem Eisendraht bewirkt. Als Batterie verwendet man eine Chromsäuretauchbatterie oder bei Zündschnur einige Leclanché-Elemente. Die Verbrennungswärme der Zündschnur muss man vorher feststellen, von Eisendraht giebt 1 g 1601 cal., also z. B. 10 cm im Gewicht von 0,01059 g Eisen rund 17 cal. Der Draht wird einfach abgemessen, die Zündschnur gewogen. Das Schälchen mit der genau abgewogenen Pastille wird so am Halter angebracht, dass Draht oder Schnur die Substanz berühren. Dann wird die Bombe fest verschlossen und mit Sauerstoff gefüllt bis 25 Atm. Druck. Die Bombe kommt nun in das Calorimeter, welches mit einer genau gewogenen Menge Wassers gefüllt ist; sie braucht dabei nicht vollständig in das Wasser einzutauchen, es genügt, wenn das Wasser die Überwurfschraube gerade bedeckt, wie zwei Versuchsreihen mit verschiedener Wasserfüllung beweisen²⁰⁾. Einmal wurden 1800 g Wasser in das Calorimeter gebracht, das zweite Mal 2500 g, verbrannte wurde Phtalsäureanhydrid. Die ersten Bestimmungen ergaben 5299,0 Cal. (Mittel aus 8 Versuchen), die zweiten 5300,2 Cal. (Mittel aus 9 Versuchen). Die Temperatur des Calorimeterwassers wird zu Anfang nur wenig unter der der umgebenden Luft genommen, sodass ein ganz geringes Steigen des Thermometers erfolgt; etwa fünf Minuten, nachdem man das Rührwerk in Gang gesetzt hat, beginnt man mit den Temperaturbeobachtungen und

²⁰⁾ Journ. prakt. 89, 537.

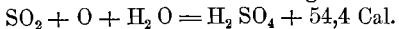
nimmt dieselben jede Minute vor. Nach Ablauf der sechsten Minute zündet man, der Ausgleich ist meist nach drei Minuten erreicht, man beobachtet dann noch fünf Minuten das Fallen der Temperatur. Aus den Beobachtungen berechnet man nach folgender abgekürzter Formel²¹⁾ die Correctur für Abkühlung:

$$\Sigma \Delta t = nv' + \frac{v+v'}{2},$$

v und v' bedeuten die Temperaturdifferenzen zwischen den einzelnen Minuten im Vor- und Nachversuch; n die Anzahl der Minuten des Hauptversuchs.

Die berechnete Correctur wird zu der Endtemperatur zugezählt resp. abgezogen

schweflige Säure, man muss also die Schwefelsäure auf diese reduciren. Die Bildungswärme der Schwefelsäure beträgt



Für 1 g berechnen sich daher 555 . 1 cal.

Die bei der Verdünnung der Schwefelsäure mit Wasser frei werdende Wärmemenge berechnet sich nach folgender Formel²²⁾:

$$w = \frac{17860 \cdot b}{98 \frac{b}{a} + 32,37}$$

darin bedeutet b die Menge des Wassers, a die Menge der Schwefelsäure in Grammen.

Wenn man jedesmal 10 ccm Wasser in die Bombe bringt, kann man mit voller

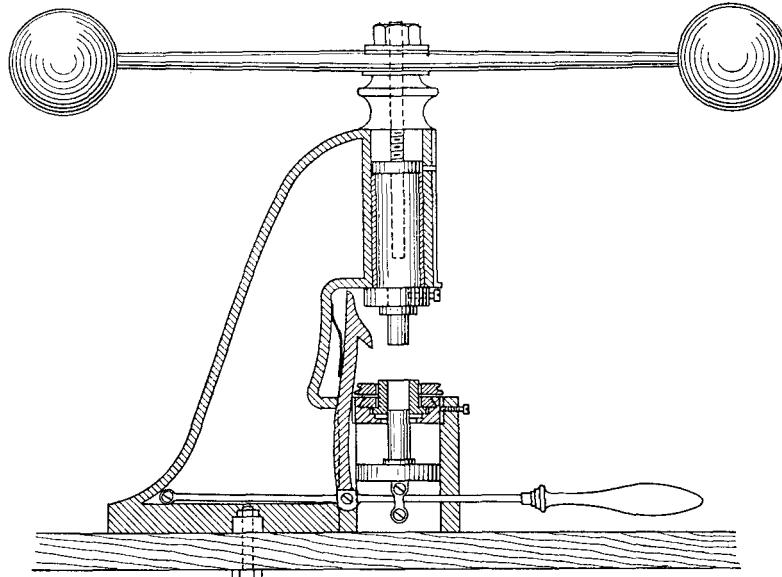


Fig. 9.

und die Differenz zwischen Anfangs- und Endtemperatur mit dem Wasserwerth des Apparates multiplicirt, um die Wärmeentwicklung zu berechnen. Von der so erhaltenen Zahl sind noch vier Grössen abzuziehen: 1. die Correctur für Zündung, 2. Correctur für gebildete Salpetersäure, 3. Correctur für gebildete Schwefelsäure, 4. die Verdampfungswärme des gebildeten und in der Bombe flüssig niedergeschlagenen Wassers. 1. wurde oben schon besprochen. 2. Bei der heftigen Verbrennung bildet sich aus dem im käuflichen Sauerstoff vorhandenen Stickstoff Salpetersäure, nach Berthelot werden bei der Bildung von in Wasser gelöster Salpetersäure 14,3 Cal. pro Gramm Mol. (63) frei. 3. Der in der Kohle vorhandene Schwefel verbrennt zu Schwefelsäureanhydrid, dieses löst sich zu verdünnter Schwefelsäure. In der Praxis erhält man

Genauigkeit für je 1 Proc. Schwefel 22,5 cal. in Abzug bringen, um die verdünnte Schwefelsäure auf gasförmige SO_2 zu reduciren.

Die Correcturen 2 und 3 werden zusammen nach Ausführung der Verbrennung durch Ausspülen der Bombe und Titiren der Säuren ermittelt. Die ausgespülte Flüssigkeit erhitzt man erst, um Kohlensäure zu entfernen, da die in der Bombe befindlichen 10 ccm Wasser bei dem Druck von 25 Atm. mit Kohlensäure gesättigt sind. Dann titriert man die heiße Flüssigkeit unter Zusatz von Phenolphthalein mit $\frac{1}{10}$ -N.-Barytwasser bis zur Neutralisation, man erhält so schwefelsauren und salpetersauren Baryt. Nun setzt man einen Überschuss einer Sodalösung, die zweckmäßig 3,706 g kohlensaures Natron im Liter enthält, zu und lässt einige Zeit stehen. Die Soda verwandelt den salpetersauren Baryt in kohlensauren Baryt,

²¹⁾ Ebenda 518.

²²⁾ Journ. prakt. Ch. 1891, S. 11.

welcher ausfällt, der schwefelsaure Baryt bleibt unverändert. Darauf wird die Flüssigkeit filtrirt und im Filtrat unter Zusatz von Methylorange die überschüssige Soda mit $\frac{1}{10}$ -N.-Salzsäure bestimmt. Als Beispiel führe ich folgenden Versuch an: Es wurden verbrannt 0,2237 g Saccharin (Ortho-Sulfaminbenzoësäureanhydrid). Zur Neutralisation wurden gebraucht 26,7 ccm Baryt, zugesetzt wurden 21,5 ccm Soda und nach dem Filtriren gebraucht 12,5 ccm Salzsäure. 10 ccm Baryt oder Salzsäure entsprechen 14,3 ccm Soda. Verbraucht waren also 3,6 ccm Soda für Salpetersäure (12,5 Salzsäure = 17,9 Soda; 21,5 — 17,9 = 3,6). 3,6 ccm Soda = 2,5 Baryt, von 26,7 gehen 2,5 ab für Salpetersäure, bleiben 24,2 für Schwefelsäure. 1 ccm = 0,0016 g Schwefel, 24,2 = 0,03872 g S. Das entspricht 17,31 Proc., theoretisch berechnen sich 17,49 Proc. S. Die Sodalösung ist so eingestellt, dass 1 ccm 1 cal. entspricht.

4. Die Correctur für Wasserdampf berechnet sich aus dem Gehalt der Kohle an Wasserstoff und hygroskopischem Wasser und ist gleich $(9H + W) \times 600$.

Folgendes Beispiel möge eine Verbrennung einer erdigen Braunkohle veranschaulichen:

Gewicht der Substanz 1,0104 g.

Calorimetrische Beobachtungen:

| Vorversuch | Verbrennung | Nachversuch |
|----------------|----------------|-----------------|
| 1. Min. 14,859 | 7. Min. 16,100 | 10. Min. 16,188 |
| 2. - 14,861 | 8. - 16,180 | 11. - 16,188 |
| 3. - 14,863 | 9. - 16,188 | 12. - 16,187 |
| 4. - 14,865 | | 13. - 16,187 |
| 5. - 14,868 | | 14. - 16,186 |
| 6. - 14,870 | | 15. - 16,186 |

v = - 0,0022
 v' = + 0,0004 $\Delta t = + 0,0003$
 n = 3

Endtemperatur corrigit 16,1883°
 Anfangstemperatur 14,870°

Temperaturerhöhung 1,3183°

Der Wasserwerth des Apparates betrug 2710 cal. Es ist also die beobachtete Wärmeentwicklung $1,3183 \times 2710 = 3572,6$ cal.

Titriert waren 37,0 ccm Baryt, und 8,2 Soda verbraucht.

Die Correctur für Eisendraht betrug 17,0 cal.

Ziehen wir zunächst ab von

Correctur für Zündung 17,0
 „ „ Salpetersäure 8,2 } 25,2 „

Von 1,0104 g entwickelt: 3547,4 cal.

Oder pro Gramm 3511 cal.

Die Kohle enthielt 2,84 Proc. H und 36,96 Proc. W. 1 g Kohle giebt also 0,6252 g Wasser, die Verdampfungswärme beträgt 375 cal. Die Kohle enthielt 4,96 Proc. S.,

es ist also die Correctur $4,96 \times 22,5 = 112$ cal.

Es wird also der Heizwerth 3511 — 487 = 3024 cal.

Oder 1 kg Kohle giebt 3024 W.-E.

Bunte berücksichtigt „im Interesse der Einfachheit und Sicherheit der Heizwerthbestimmung“ Salpetersäure und Schwefelsäure nicht²³⁾, und würde bei vorliegender Kohle 3144 W.-E. angeben oder ca. 4 Proc. mehr, als tatsächlich erreichbar sind. Da diese Correcturen sehr erheblich werden können, wie man sieht, schlage ich doch vor, sie allgemein zu berücksichtigen. Die Feststellung ist leicht, titriren gehört ja zu den einfachsten und sichersten chemischen Operationen. Ausserdem erledigt man so die Schwefelbestimmung auf die schnellste Weise, die Methode von Eschka ist ungleich zeitraubender.

Als Bunte die hohen Zahlen von Scheurer-Kestner bekämpfte, schrieb er²⁴⁾: „Da der Schwefel bei den calorimetrischen Verbrennungen meist zu Schwefelsäure verbrannt wird, in der Versuchsstation und bei der gewöhnlichen Verbrennung in atmosphärischer Luft aber nur zu Schwefligsäure, so ist hier eine der Ursachen gegeben, welche bei den calorimetrischen Bestimmungen zu höheren Werthen führen können.“ Es ist daher befremdlich, dass Bunte jetzt die Anbringung dieser Correcturen bekämpft. Die Höhe der Salpetersäurecorrectur steht in Zusammenhang mit der Temperaturerhöhung und beträgt bei Steinkohlen meist über 20 cal.

In folgenden Tabellen habe ich eine Anzahl von vollständigen Analysen aus meiner Praxis der letzten Jahre zusammengestellt. Der Heizwerth ist überall der calorimetrische, alle analytischen Bestimmungen habe ich doppelt ausgeführt. Die Verbrennungswärme der Reinkohle bezieht sich auf die Producte: Kohlensäure, schweflige Säure und flüssiges Wasser. Da diese Zahl nur als Vergleichszahl dienen soll, halte ich es für richtiger, dieselbe nicht mit den bei der Ermittlung des Wasserstoffs möglichen Fehlern zu belasten. In der letzten Spalte ist der sogenannte disponible Wasserstoff auf 1000 Kohlenstoff berechnet. Von dem Gesammtwasserstoff, der sich auf 1000 C. berechnet, zieht man denjenigen Theil ab, den der im Brennstoff vorhandene Sauerstoff zu Wasser binden kann, den über dieses Verhältniss vorhandenen H. bezeichnet man als disponibel.

²³⁾ Z. Ingen. 1900, 671.

²⁴⁾ Die Resultate der Heizversuchsstation München 1882, S. 10 Ann.

Tabelle I.

Chemische Zusammensetzung und Heizwerth von Brennstoffen. Von Dr. H. Langbein.

| No. | Zusammensetzung der Rohkohle | | | | | | | Calorimetrischer Heizwerth W.-E. | 100 Theile Roh- kohle geben | Zusammensetzung der Reinkohle | | | | | | | Für 100 Th. Reinkohle berechn. sich | | | |
|-----|--|-----------------------|----------------------|---------------|----------------------|-------------|------------|--|--------------------------------|--|-------------|------------|----------|------------|-----------------------------|--|---|--|--|--|
| | In 100 Theilen Rohkohle sind enthalten | | | | | | | | | 100 Theile Rohkohle enthaltbare Substanz | | | | | | | | | | |
| | Kohlen- stoff C | Wasser- stoff H | Stick- stoff N | Schwefel S | Sauer- stoff O | Wasser W | Asche A | | | Kohlenstoff | Wasserstoff | Stickstoff | Schwefel | Sauerstoff | Ver- brennungs- wärme | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Cellulose.

[44,45 6,17] — | — [49,38] — | — [3852²⁵⁾] 3,43| 3,43 96,57] — [44,45 6,17] — | — [49,38] 4185 | 3,43 96,57] 0

A. Holz (Sägemehl-Briketts).

1|39,24 4,74] — | — [34,15 21,12] 0,75| 3395 |12,79|12,04|66,09|78,13|50,22 6,07] — | — [43,71|4835|15,41|84,59] 12
2|45,69 5,55|0,14] — [36,03|12,15] 0,44| 4065 |10,92|10,48|76,93|87,41|52,27 6,35| 0,16] — [41,22|5077|11,99|88,01] 24

B. Torf.

1|47,97 4,21|1,15|0,25|25,57|19,58| 1,27| 4229 |29,80|28,53|50,62|79,15|60,60 5,32| 1,45|0,32|32,31|5778|36,05|63,95] 22
2|51,98 5,01] — [0,16|26,78|14,22| 1,85| 4767 |28,24|26,39|57,54|83,93|61,93 5,97] — [0,19|31,91|6104|31,44|68,56] 32

C. Braunkohle. I. Lignite und erdige Braunkohle.

a) Königreich und Provinz Sachsen, Altenburg (Meuselwitz).

| |
|--|
| 1 27,55 2,14 0,28 0,84 13,03 52,48 3,68 2167 24,37 20,69 23,15 43,84 62,83 4,88 0,64 1,92 29,73 5947 47,19 52,81] 19 |
| 2 25,89 2,00 0,39 0,74 11,36 56,60 3,02 1983 25,19 22,17 18,21 40,38 64,11 4,94 0,96 1,83 28,16 6017 54,90 45,10] 26 |
| 3 25,04 2,11 0,27 0,59 12,06 54,27 5,66 2034 22,46 16,80 23,27 40,07 62,49 5,27 0,68 1,47 30,09 6172 41,92 58,08] 24 |
| 4 26,85 2,20 0,29 0,80 11,27 53,89 4,70 2121 25,33 20,63 20,78 41,41 64,85 5,30 0,71 1,93 27,21 6192 49,82 50,18] 30 |
| 5 24,56 1,70 0,26 2,30 8,03 54,86 8,29 1924 26,07 17,78 19,07 36,85 66,66 4,62 0,70 6,24 21,78 6364 48,25 51,75] 28 |
| 6 28,91 2,32] — [0,80 10,76 52,76 4,45 2293 24,20 19,75 23,04 42,79 67,56 5,42 — 1,87 25,15 6392 46,15 53,85] 33 |
| 7 27,27 2,09 0,26 0,76 10,29 55,52 3,81 2171 22,88 19,07 21,60 40,67 67,06 5,13 0,64 1,87 25,30 6434 46,89 53,11] 29 |
| 8 28,30 2,37 0,41 1,17 9,86 49,38 8,51 2286 28,22 19,71 22,40 42,11 67,20 5,63 0,63 0,97 2,78 23,42 6435 46,81 53,19] 40 |
| 9 27,19 2,34 0,24 0,44 10,83 54,07 4,89 2214 23,32 18,43 22,61 41,04 66,25 5,70 0,58 1,07 26,40 6490 44,90 55,10] 36 |
| 10 29,42 2,34 0,36 2,04 9,61 51,31 4,92 2415 22,89 17,97 25,80 43,77 67,23 5,36 0,83 4,66 21,92 6506 41,06 58,94] 39 |
| 11 28,41 2,49 0,38 1,95 9,92 50,28 6,57 2431 25,00 18,43 24,72 43,15 65,85 5,76 0,89 4,52 22,98 6644 42,71 57,29] 44 |
| 12 24,52 2,12 0,22 0,24 8,28 59,03 5,59 1882 21,29 15,70 19,68 35,38 69,31 5,98 0,62 0,68 23,41 6645 44,37 55,63] 44 |
| 13 24,44 2,00 0,32 1,08 8,27 54,81 9,58 1985 24,90 15,32 20,79 36,11 67,68 5,54 0,88 2,99 22,91 6695 42,43 57,57] 40 |
| 14 27,93 2,31 0,27 1,70 9,08 53,73 4,98 2320 23,06 18,08 23,21 41,29 67,64 5,60 0,65 4,12 21,99 6702 43,79 56,21] 42 |
| 15 27,62 2,22 0,40 0,82 9,32 55,05 4,57 2261 23,58 19,01 21,37 40,38 68,39 5,50 0,98 2,03 23,10 6711 47,08 52,92] 38 |
| 16 28,72 2,86 0,40 1,97 9,30 50,83 5,92 2448 23,14 18,22 25,03 43,25 66,38 5,81 0,92 4,56 22,33 6719 42,13 57,87] 46 |
| 17 27,52 2,08 0,31 2,63 7,30 56,25 3,91 2242 21,20 17,29 22,55 39,84 69,08 5,21 0,76 6,60 18,35 6757 43,40 56,60] 42 |
| 18 28,96 2,63 0,38 1,45 10,62 48,79 7,17 2558 25,84 16,67 25,37 44,04 66,93 5,96 0,85 3,29 22,97 6736 42,39 57,61] 46 |
| 19 29,70 2,48 0,32 2,02 9,35 50,38 5,75 2566 25,33 19,58 24,29 43,87 67,70 5,66 0,72 4,60 21,32 6843 44,63 55,37] 45 |
| 20 30,80 2,47 0,39 1,38 8,54 52,00 4,42 2538 25,02 20,60 22,98 43,58 70,68 5,67 0,90 3,17 19,58 6845 47,27 52,73] 45 |
| 21 29,00 2,48 0,30 2,10 8,35 52,40 5,37 2445 24,42 19,05 23,18 42,28 68,68 5,88 0,71 4,97 19,76 6852 45,11 54,89] 50 |
| 22 23,23 2,21 0,38 2,70 6,78 55,60 9,10 1966 23,05 13,95 21,35 35,30 65,82 6,26 1,07 7,65 19,20 6854 39,52 60,48] 58 |
| 23 27,60 2,20 0,29 1,99 7,18 54,66 6,08 2246 22,82 16,74 22,52 39,26 70,31 5,61 0,74 5,07 18,27 6859 42,64 57,36] 48 |
| 24 28,26 2,18 0,38 1,76 7,48 54,00 5,94 2319 24,43 18,47 21,59 40,06 70,55 4,55 0,95 4,39 18,66 6893 46,11 53,89] 44 |
| 25 28,07 2,52 0,36 1,44 9,05 52,93 5,63 2404 22,57 16,94 24,50 41,44 67,74 6,08 0,86 3,47 21,85 6898 40,88 59,12] 50 |
| 26 34,40 3,25 0,46 1,91 11,00 41,28 7,70 3106 27,44 19,74 31,28 51,02 67,44 6,37 0,91 3,74 21,54 6918 38,70 61,30] 54 |
| 27 30,08 2,82 0,40 0,86 10,19 51,20 4,44 2610 20,59 16,15 28,21 44,36 67,82 6,37 0,91 1,94 22,96 6921 36,40 63,60] 52 |
| 28 29,86 2,76 0,31 0,93 10,07 53,12 3,49 2540 21,57 18,08 25,31 43,39 68,81 6,36 0,72 0,90 23,21 6351 41,67 58,33] 50 |
| 29 28,72 2,33 0,34 1,38 8,03 54,00 5,20 2381 23,34 18,14 22,66 40,80 70,37 5,70 0,83 3,38 19,72 6939 44,46 55,54] 46 |
| 30 27,40 2,34 0,38 0,29 8,05 58,28 3,26 2209 19,81 16,55 21,91 38,46 71,27 6,09 1,00 0,75 20,89 6984 43,03 56,97] 49 |
| 31 29,40 2,50 0,34 1,46 8,62 54,51 3,17 2437 21,16 17,99 24,33 42,32 71,00 5,91 0,74 3,45 18,90 7000 42,50 57,50] 52 |
| 32 29,82 2,37 0,26 1,90 7,27 51,85 6,53 2478 24,19 17,66 23,96 41,62 71,65 5,70 0,62 4,56 17,47 7009 42,43 57,57] 49 |
| 33 28,00 2,34 0,23 1,04 8,02 56,67 3,70 2320 19,86 16,16 23,47 39,63 70,42 5,90 0,60 2,62 20,46 7031 40,78 59,22] 48 |
| 34 30,11 2,64 0,37 1,67 8,65 51,60 4,96 2622 22,85 17,29 26,15 43,44 69,33 6,07 0,87 3,84 19,89 7063 39,80 60,20] 52 |
| 35 30,04 2,66 0,32 1,99 7,32 50,39 7,28 2557 24,80 17,52 24,81 42,33 70,96 5,78 0,75 4,70 17,31 7094 41,39 58,61] 58 |
| 36 29,29 2,38 0,31 2,13 7,16 52,94 5,79 2483 23,68 17,89 23,38 41,27 70,97 5,76 0,76 5,16 17,35 7096 43,35 56,65] 50 |
| 37 29,77 2,79 0,39 2,10 8,02 48,93 8,00 2623 24,36 16,36 26,71 43,07 69,13 6,49 0,91 4,88 18,59 7121 37,99 62,01] 60 |
| 38 30,78 2,56 0,29 1,04 8,00 52,21 5,12 2601 23,04 17,92 24,75 42,67 72,14 6,00 0,69 2,44 18,73 7155 42,00 58,00] 51 |
| 39 31,96 2,52 0,29 1,61 8,64 48,62 6,36 2818 23,10 16,74 28,28 45,02 71,00 5,59 0,64 3,58 19,19 7209 37,18 62,82] 44 |
| 40 28,81 2,54 0,26 2,13 7,19 53,50 5,57 2500 21,79 16,22 24,71 40,93 70,37 6,20 0,64 5,20 17,59 7223 39,63 60,37] 57 |
| 41 32,28 3,01 0,24 0,91 9,41 48,21 5,94 2868 25,44 19,50 26,35 45,85 70,43 6,56 0,52 1,99 20,50 7240 42,51 57,49] 57 |
| 42 31,28 2,68 0,46 3,42 5,27 46,67 10,22 2711 26,37 16,15 26,96 43,11 72,55 6,21 1,06 7,93 12,25 7277 37,46 62,54] 65 |
| 43 30,61 3,00 0,34 1,23 8,85 51,03 4,92 2762 22,84 17,92 26,11 44,03 69,52 6,80 0,78 2,79 20,11 7339 40,70 59,30] 62 |
| 44 28,13 2,22 0,43 0,43 6,16 63,69 3,94 1892 13,82 9,88 22,49 32,37 71,46 6,87 1,32 1,33 19,02 7396 30,52 69,48] 63 |
| 45 30,74 3,17 0,21 0,68 8,57 53,68 2,95 2742 17,47 14,52 28,85 43,37 70,88 7,32 0,48 1,57 19,75 7458 33,47 66,53] 68 |

²⁵⁾ Nach meinen früheren Bestimmungen, Journ. f. prakt. Chemie 1892, S. 322, auf dampfförm. Wasser bezogen.

| Nr. | Zusammensetzung der Rohkohle | | | | | | | | Calorimetrischer Heizwert W.E. | 100 Theile Rohkohle geben Koks-ausbeute | Zusammensetzung der Reinkohle | | | | | | Für 100 Th. Reinkohle berechnet sich fixer Kohlenstoff | | | | |
|-----|--|------------------|-----------------|---------------|-----------------|-------------|------------|------|-----------------------------------|--|--|-------------|------------|----------|------------|-----------------|---|------|-------|-------|----|
| | In 100 Theilen Rohkohle sind enthalten | | | | | | | | | | 100 Theile wasser- und aschefreie Substanz enthalten | | | | | | | | | | |
| | Kohlenstoff C | Wasserstoff H | Stickstoff N | Schwefel S | Sauerstoff O | Wasser W | Achse A | W.E. | | | Kohlenstoff | Wasserstoff | Stickstoff | Schwefel | Sauerstoff | Verbranngswärme | flüchtige Bestandtheile | | | | |
| 46 | 30,85 | 3,02 | 0,40 | 1,18 | 6,92 | 54,00 | 3,63 | 2737 | 17,84 | 14,21 | 28,16 | 42,37 | 72,80 | 7,13 | 0,94 | 2,78 | 16,35 | 7604 | 33,54 | 66,46 | 70 |
| 47 | 33,53 | 3,51 | 0,30 | 0,80 | 8,10 | 50,98 | 2,78 | 3051 | 17,19 | 14,41 | 31,83 | 46,24 | 72,50 | 7,58 | 0,64 | 1,73 | 17,55 | 7666 | 31,16 | 68,84 | 74 |
| 48 | 29,95 | 3,23 | 0,24 | 1,98 | 5,70 | 53,36 | 5,54 | 2733 | 16,67 | 11,13 | 29,97 | 41,10 | 72,88 | 7,85 | 0,58 | 4,82 | 13,87 | 7850 | 27,08 | 72,92 | 84 |

β) Provinz Hannover.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----|
| 49 | 19,89 | 1,88 | 0,35 | 0,19 | 10,28 | 56,64 | 10,77 | 1422 | 22,04 | 11,27 | 21,32 | 32,59 | 61,05 | 5,77 | 1,07 | 0,58 | 31,53 | 5716 | 34,58 | 65,42 | 30 |
| 50 | 24,83 | 2,10 | 0,31 | 0,77 | 11,04 | 56,75 | 4,20 | 1916 | 22,84 | 18,64 | 20,41 | 39,05 | 63,57 | 5,38 | 0,80 | 1,97 | 28,28 | 6066 | 47,73 | 52,27 | 28 |
| 51 | 24,09 | 2,01 | 0,31 | 0,38 | 11,12 | 57,17 | 4,92 | 1849 | 22,90 | 17,98 | 19,93 | 37,91 | 63,54 | 5,30 | 0,81 | 1,00 | 29,35 | 6070 | 47,43 | 52,57 | 26 |
| 52 | 23,98 | 2,09 | 0,34 | 0,38 | 10,45 | 56,40 | 6,36 | 1842 | 23,16 | 16,80 | 20,44 | 37,24 | 64,38 | 5,60 | 0,90 | 1,02 | 28,10 | 6156 | 45,11 | 54,89 | 32 |
| 53 | 33,53 | 2,70 | 0,48 | 0,40 | 15,75 | 43,28 | 3,86 | 2873 | 29,40 | 25,54 | 27,32 | 52,86 | 63,43 | 5,11 | 0,91 | 0,76 | 29,79 | 6202 | 48,31 | 51,69 | 22 |

γ) Nieder-Lausitz.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----|
| 54 | 24,26 | 1,80 | — | 0,56 | 10,83 | 49,60 | 12,95 | 1834 | 30,34 | 17,89 | 20,06 | 37,45 | 64,78 | 4,80 | — | 1,49 | 28,93 | 5952 | 46,43 | 53,57 | 28 |
| 55 | 21,10 | 1,62 | 0,15 | 0,44 | 8,72 | 62,39 | 5,58 | 1545 | 20,41 | 14,83 | 17,20 | 32,03 | 65,86 | 5,06 | 0,46 | 1,37 | 27,25 | 6251 | 46,30 | 53,70 | 24 |
| 56 | 27,12 | 2,17 | 0,35 | 0,73 | 9,02 | 57,27 | 3,34 | 2082 | 21,65 | 18,31 | 21,08 | 39,39 | 68,84 | 5,02 | 0,90 | 1,85 | 23,39 | 6451 | 46,48 | 53,52 | 30 |
| 57 | 29,78 | 2,30 | 0,45 | 0,21 | 10,97 | 53,92 | 2,47 | 2378 | 21,78 | 19,81 | 24,30 | 43,61 | 68,29 | 5,28 | 1,04 | 0,48 | 24,91 | 6481 | 44,28 | 55,72 | 31 |
| 58 | 26,88 | 2,52 | 0,26 | 2,34 | 9,22 | 50,48 | 8,30 | 2284 | 26,20 | 17,90 | 23,32 | 41,22 | 65,22 | 6,09 | 0,63 | 5,68 | 22,38 | 6607 | 43,42 | 56,58 | 50 |

δ) Schlesien.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----|
| 59 | 34,15 | 3,01 | 0,75 | 0,81 | 15,98 | 36,28 | 9,02 | 2888 | 31,30 | 22,28 | 32,42 | 54,70 | 62,43 | 5,50 | 1,37 | 1,48 | 29,22 | 5974 | 40,73 | 59,27 | 30 |
|----|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----|

ε) Westpreussen.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----|
| 60 | 27,51 | 2,33 | 0,47 | 0,36 | 11,04 | 53,33 | 4,96 | 2172 | 24,01 | 19,05 | 22,66 | 41,71 | 65,95 | 5,60 | 1,14 | 0,86 | 26,45 | 6272 | 45,67 | 54,33 | 35 |
|----|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----|

ζ) Russland.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----|
| 61 | 42,66 | 3,02 | 0,69 | 2,31 | 10,55 | 28,24 | 12,53 | 3854 | 40,18 | 27,65 | 31,58 | 59,23 | 72,07 | 5,10 | 1,16 | 3,90 | 17,77 | 7069 | 46,68 | 53,82 | 40 |
|----|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----|

Pyropisit aus Ammendorf b. Halle (lufttrocken).

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|------|---|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|---|------|-------|------|------|-------|-----|
| 62 | 67,71 | 9,78 | — | 0,76 | 9,36 | 4,53 | 7,86 | 7567 | 13,82 | 5,96 | 81,65 | 87,61 | 77,29 | 11,16 | — | 0,87 | 10,68 | 9271 | 6,80 | 93,20 | 127 |
|----|-------|------|---|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|---|------|-------|------|------|-------|-----|

II. Briekets.*α) Königreich und Provinz Sachsen, Altenburg (Meuselwitz).*

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-------|------|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----|
| 1 | 52,34 | 4,30 | — | 1,12 | 20,94 | 12,96 | 8,34 | 4873 | 41,80 | 32,96 | 45,74 | 78,70 | 66,51 | 5,46 | — | 1,42 | 26,61 | 6586 | 41,88 | 58,12 | 32 |
| 2 | 50,27 | 4,40 | 0,54 | 1,07 | 18,57 | 17,90 | 7,25 | 4590 | 39,87 | 32,62 | 42,23 | 74,85 | 67,17 | 5,87 | 0,73 | 1,43 | 24,80 | 6595 | 43,58 | 56,42 | 41 |
| 3 | 52,58 | 4,07 | — | 1,13 | 18,67 | 14,27 | 9,28 | 4799 | 42,14 | 32,86 | 43,59 | 76,45 | 68,77 | 5,32 | — | 1,48 | 24,43 | 6676 | 42,98 | 57,02 | 33 |
| 4 | 52,67 | 4,71 | 0,82 | 1,17 | 19,11 | 14,42 | 7,10 | 4929 | 40,95 | 33,85 | 44,63 | 78,48 | 67,11 | 6,00 | 1,04 | 1,49 | 24,36 | 6702 | 43,13 | 56,87 | 44 |
| 5 | 51,82 | 3,89 | 0,65 | 1,13 | 16,77 | 18,18 | 7,56 | 4668 | 36,69 | 29,13 | 45,13 | 74,26 | 69,83 | 5,24 | 0,87 | 1,52 | 22,54 | 6717 | 39,22 | 60,78 | 35 |
| 6 | 49,63 | 4,42 | 0,63 | 3,20 | 16,64 | 14,51 | 10,97 | 4691 | 41,97 | 31,00 | 43,52 | 74,52 | 66,60 | 5,93 | 0,84 | 4,29 | 22,34 | 6732 | 41,60 | 58,40 | 47 |
| 7 | 49,46 | 4,14 | — | 1,70 | 16,55 | 18,99 | 9,16 | 4507 | 37,40 | 28,24 | 43,61 | 71,85 | 68,84 | 5,76 | — | 2,36 | 23,04 | 6742 | 39,30 | 60,70 | 42 |
| 8 | 50,54 | 4,31 | 0,72 | 1,34 | 17,90 | 17,64 | 7,55 | 4704 | 38,44 | 30,89 | 43,92 | 74,81 | 67,57 | 5,76 | 0,96 | 1,79 | 23,92 | 6742 | 41,29 | 58,71 | 41 |
| 9 | 50,65 | 4,38 | 0,78 | 1,32 | 17,58 | 17,92 | 7,27 | 4712 | 38,24 | 30,97 | 43,84 | 74,81 | 67,71 | 5,86 | 1,04 | 1,76 | 23,63 | 6757 | 41,40 | 58,60 | 44 |
| 10 | 49,21 | 2,41 | — | 1,76 | 17,10 | 18,83 | 8,89 | 4569 | 37,78 | 28,89 | 43,39 | 72,28 | 68,08 | 5,82 | — | 2,43 | 23,67 | 6792 | 39,96 | 60,04 | 42 |
| 11 | 52,08 | 4,56 | 0,71 | 2,22 | 15,45 | 16,66 | 8,32 | 4753 | 37,95 | 29,66 | 45,36 | 75,02 | 69,42 | 6,08 | 0,94 | 2,96 | 20,60 | 6797 | 39,54 | 60,46 | 51 |
| 12 | 50,56 | 3,93 | 0,62 | 5,11 | 14,43 | 16,67 | 8,68 | 4765 | 41,44 | 32,76 | 41,89 | 74,65 | 67,72 | 5,26 | 0,83 | 6,84 | 19,35 | 6801 | 43,88 | 56,12 | 42 |
| 13 | 49,75 | 4,18 | 0,72 | 1,67 | 14,92 | 13,86 | 14,90 | 4558 | 46,78 | 31,88 | 39,36 | 71,24 | 69,83 | 5,87 | 1,01 | 2,34 | 20,95 | 6832 | 44,74 | 55,26 | 46 |
| 14 | 56,36 | 5,03 | 0,65 | 2,83 | 16,43 | 10,98 | 7,72 | 5245 | 39,74 | 32,02 | 49,28 | 81,30 | 69,32 | 6,18 | 0,80 | 3,48 | 20,22 | 6867 | 39,38 | 60,62 | 53 |
| 15 | 51,60 | 4,56 | 0,65 | 2,11 | 15,39 | 16,23 | 9,46 | 4783 | 39,19 | 29,73 | 44,58 | 74,31 | 69,43 | 6,13 | 0,88 | 2,84 | 20,72 | 6898 | 40,01 | 59,99 | 51 |
| 16 | 50,27 | 4,40 | 0,56 | 3,43 | 13,10 | 18,45 | 9,79 | 4617 | 38,61 | 28,82 | 42,94 | 71,76 | 70,05 | 6,14 | 0,75 | 4,78 | 18,28 | 6921 | 40,16 | 59,84 | 55 |
| 17 | 52,51 | 4,34 | 0,42 | 2,81 | 15,56 | 16,90 | 7,46 | 4912 | 38,36 | 30,90 | 44,74 | 75,64 | 69,42 | 5,74 | 0,55 | 3,71 | 20,58 | 6938 | 40,85 | 59,15 | 46 |
| 18 | 49,87 | 4,66 | 0,57 | 3,57 | 15,42 | 15,36 | 10,55 | 4806 | 39,76 | 29,21 | 44,88 | 74,09 | 67,31 | 6,28 | 0,77 | 4,82 | 20,82 | 6947 | 39,42 | 60,58 | 55 |
| 19 | 51,77 | 4,22 | 0,42 | 2,87 | 13,95 | 16,43 | 10,34 | 4779 | 39,73 | 29,39 | 43,84 | 73,23 | 70,69 | 5,76 | 0,57 | 3,92 | 19,06 | 6972 | 40,13 | 59,87 | 47 |
| 20 | 52,91 | 4,57 | 0,30 | 2,50 | 13,85 | 15,33 | 10,54 | 4860 | 40,60 | 30,06 | 44,07 | 74,13 | 71,37 | 6,16 | 0,40 | 3,37 | 18,70 | 7013 | 40,55 | 59,45 | 53 |
| 21 | 52,63 | 4,62 | 0,49 | 3,07 | 15,25 | 15,19 | 8,75 | 4994 | 37,03 | 28,28 | 47,78 | 76,06 | 69,19 | 6,08 | 0,65 | 4,04 | 20,04 | 7014 | 37,18 | 62,82 | 52 |
| 22 | 56,78 | 4,86 | 0,68 | 3,58 | 14,09 | 10,19 | 9,82 | 5354 | 42,07 | 32,23 | 47,74 | | | | | | | | | | |

| No. | Zusammensetzung der Rohkohle | | | | | | | Calorimetrischer Holzwerth W.E. | 100 Theile Roh- kohle geben | | | Zusammensetzung der Reinkohle | | | | | | Für 100 Th. Reinkohle berechnet sich | |
|-----|--|---|---|---|---|---|---|---------------------------------------|--------------------------------|------------------|------------------------------|--|---|-----------------------------|----------------------|------------------------------|--|---|--|
| | In 100 Theilen Rohkohle sind enthalten | | | | | | | | Kohlen- stoff | Wasser- stoff | Stick- stoff | Schwefel | Sauer- stoff | Ver- brunnungs- wärme | fixer Kohlenstoff | flüchtige Be- standtheile | Auf 100 C kommen disponibl. Wasserstoff | | |
| | C | H | N | S | O | W | A | | fix | Kohlenstoff | flüchtige Be- standtheile | 100 Theile Reinkohle enthaltene brennbare Substanz | 100 Theile wasser- und aschefreie Substanz enthalten | Kohlenstoff | Wasser- stoff | Stick- stoff | Schwefel | Ver- brunnungs- wärme | Auf 100 C kommen disponibl. Wasserstoff |

III. Böhmisches Braunkohle.

| |
|--|
| 1 56,42 4,21 1,01 0,27 16,82 18,00 3,27 5249 42,32 39,05 39,68 78,73 71,66 5,35 1,28 0,34 21,37 7092 49,60 50,40 38 |
| 2 52,01 4,09 0,69 1,20 13,93 24,38 3,70 4852 39,32 35,62 36,30 71,92 72,31 5,69 0,96 1,67 19,37 7256 49,52 50,48 45 |
| 3 53,06 4,29 0,64 0,83 14,28 21,80 5,10 4962 39,33 34,23 38,87 73,10 72,58 5,87 0,88 1,13 19,54 7283 46,83 53,17 46 |
| 4 48,89 3,83 0,61 0,60 12,16 28,59 5,32 4450 35,39 30,07 36,02 66,09 73,97 5,79 0,92 0,91 18,41 7290 45,50 54,50 45 |
| 5 53,64 4,28 0,66 0,86 13,49 24,40 2,67 4948 38,04 35,37 37,56 73,93 73,66 5,87 0,91 1,16 18,40 7300 47,84 52,16 49 |
| 6 49,62 4,21 0,84 0,61 12,73 27,31 4,68 4584 36,47 31,79 36,22 68,01 72,95 6,18 1,24 0,90 18,73 7315 46,74 53,26 52 |
| 7 45,90 3,71 0,76 0,86 11,19 25,38 12,20 4218 45,58 33,38 29,04 62,42 73,53 5,94 1,22 1,38 17,93 7323 53,47 46,53 48 |
| 8 48,68 4,11 0,79 1,01 11,98 27,15 6,28 4533 36,97 30,69 35,88 66,57 73,12 6,17 1,19 1,52 18,00 7387 46,10 53,90 53 |
| 9 56,79 4,48 0,69 0,83 13,29 21,25 2,67 5278 38,18 35,51 40,57 76,08 74,65 5,89 0,91 1,09 17,46 7424 46,67 53,33 50 |
| 10 50,43 4,07 0,98 0,96 13,02 28,24 2,30 4774 37,14 34,84 34,62 69,46 72,61 5,86 1,42 1,38 18,73 7434 50,16 49,84 48 |
| 11 45,15 3,68 0,60 0,35 10,45 36,56 3,21 4013 30,59 27,38 32,85 60,23 74,96 6,11 1,00 0,58 17,35 7447 45,45 54,55 53 |
| 12 51,81 4,06 0,73 1,30 12,57 25,11 4,42 4881 37,73 33,31 37,16 70,47 73,52 5,76 1,03 1,84 17,85 7451 47,26 52,74 46 |
| 13 57,52 4,62 0,56 0,92 13,93 19,90 2,55 5546 39,91 37,36 40,19 77,55 74,17 5,96 0,72 1,19 17,96 7574 48,18 51,82 50 |
| 14 54,53 4,62 0,77 0,80 11,52 22,97 4,79 5166 36,63 31,84 40,40 72,24 75,49 6,39 1,06 1,11 15,95 7686 44,07 55,93 58 |
| 15 42,36 3,97 0,51 3,56 8,89 34,19 6,52 4241 28,60 22,08 37,21 59,29 71,45 6,71 0,86 6,00 14,98 7760 37,24 62,76 68 |

D. Steinkohle. a) Schlesien.

| |
|--|
| 1 74,61 4,44 1,15 0,53 11,03 6,00 2,24 7062 62,01 59,77 31,99 91,76 81,32 4,84 1,25 0,57 12,02 8000 65,14 34,86 42 |
| 2 69,68 4,36 1,15 1,55 9,62 4,32 9,32 6653 64,88 55,56 30,80 86,36 80,69 5,05 1,38 1,79 11,09 8007 64,33 35,67 45 |
| 3 74,37 4,50 1,29 1,10 8,72 2,74 7,28 6964 64,11 56,83 33,15 89,98 82,65 5,00 1,43 1,22 9,70 8027 63,16 36,84 46 |
| 4 71,93 4,60 1,11 1,23 8,06 3,06 10,01 6716 65,01 55,00 31,93 86,93 82,74 5,28 1,27 1,42 9,29 8033 63,27 36,73 50 |
| 5 74,00 4,73 1,10 0,98 7,86 3,69 7,64 6966 62,98 55,34 33,33 88,67 83,45 5,33 1,24 1,11 8,87 8166 62,41 37,59 51 |

β) Sachsen.

| |
|---|
| 6 67,52 4,58 1,35 1,67 10,27 3,09 11,52 6529 65,06 53,54 31,85 85,39 79,07 5,36 1,58 1,95 12,04 7958 62,70 37,30 48 |
| 7 57,90 3,88 0,84 1,71 6,75 11,84 17,08 5418 61,42 44,34 26,74 71,08 81,47 5,45 1,19 2,40 9,49 8007 62,38 37,62 53 |
| 8 71,77 4,63 1,40 0,66 9,56 10,06 1,92 6775 56,36 54,44 33,58 88,02 81,54 5,26 1,59 0,75 10,86 8050 61,85 38,15 47 |
| 9 75,13 4,88 1,02 0,52 11,79 3,11 3,55 7246 66,17 62,62 30,72 93,34 80,49 5,22 1,09 0,55 12,65 8065 67,09 32,91 45 |
| 10 66,07 4,22 0,91 1,71 7,99 10,80 8,80 6282 57,90 49,60 31,30 80,90 81,67 5,22 1,12 2,11 9,88 8122 61,31 38,69 49 |
| 11 72,49 4,56 1,19 1,31 8,85 4,28 7,32 6946 66,74 59,42 28,98 88,40 82,00 5,15 1,36 1,48 10,01 8165 67,22 32,78 48 |
| 12 69,77 4,52 — 1,25 9,33 8,66 6,47 6649 61,89 55,42 29,45 84,87 82,21 5,33 1,47 1,47 10,99 8192 65,30 34,70 48 |
| 13 71,73 5,10 1,41 1,29 9,68 7,86 2,93 7025 54,80 51,87 37,34 89,21 80,40 5,72 1,58 1,44 10,86 8237 58,14 41,86 54 |
| 14 64,91 4,37 — 2,38 6,57 7,77 14,00 6208 61,98 47,98 30,25 78,23 82,97 5,59 — 3,04 8,40 8302 61,38 38,67 54 |
| 15 70,24 4,90 1,73 1,12 5,81 10,89 5,81 6642 60,22 54,91 28,89 83,80 83,82 5,85 1,73 1,34 7,26 8320 65,52 34,48 59 |
| 16 65,15 4,42 0,90 1,82 7,21 3,37 17,13 6367 65,97 48,84 30,66 79,50 81,95 5,56 1,13 2,29 9,07 8338 61,43 38,57 54 |

γ) Saargebiet.

| |
|--|
| 17 77,48 4,80 1,31 0,66 9,87 2,50 3,38 7424 66,85 63,47 30,65 94,12 82,32 5,10 1,39 0,70 10,49 8179 67,43 32,57 46 |
| 18 76,58 4,77 1,38 1,24 8,78 3,04 4,21 7332 70,20 65,99 26,76 92,75 82,57 5,14 1,48 1,34 9,47 8203 71,15 28,85 48 |
| 19 77,30 5,18 0,74 1,02 7,93 2,18 5,65 7457 61,62 55,97 36,20 92,17 83,86 5,62 0,80 1,11 8,61 8407 60,72 39,28 54 |

δ) Westfalen.

| |
|--|
| 20 81,99 4,94 1,67 0,66 6,07 2,02 2,65 7893 67,17 64,52 30,81 95,33 86,01 5,18 1,75 0,69 6,37 8583 67,68 32,32 51 |
| 21 81,92 4,58 — 1,36 5,85 1,43 4,86 7805 73,38 68,52 25,19 93,71 87,42 4,89 — 1,45 6,24 8602 73,12 26,88 49 |
| 22 81,21 4,71 — 1,40 5,88 1,30 5,50 7769 75,14 69,64 23,56 93,20 87,14 5,05 — 1,50 6,31 8617 74,72 28,28 49 |
| 23 75,18 4,14 1,38 0,86 4,62 1,12 12,70 7203 83,55 70,85 15,33 86,18 87,23 4,80 1,60 1,00 5,37 8625 82,21 17,79 47 |
| 24 79,68 4,08 1,56 1,18 2,85 3,43 7,22 7491 81,47 74,25 15,10 89,35 89,17 4,56 1,74 1,32 3,21 8654 83,10 16,90 47 |
| 25 70,93 3,68 1,46 1,50 1,69 5,68 15,06 6649 79,85 64,79 14,47 79,26 89,49 4,64 1,84 1,89 2,14 8683 81,74 18,26 49 |

ε) England.

| |
|--|
| 26 62,86 4,35 1,33 1,82 7,18 9,82 12,64 6009 61,38 48,74 28,80 77,54 81,07 5,61 1,71 2,35 9,26 8129 62,86 37,14 55 |
| 27 76,68 4,89 1,49 1,11 5,69 1,51 8,63 7404 70,43 61,80 28,06 89,86 85,83 5,44 1,65 1,24 6,34 8543 68,78 31,22 55 |

ζ) Spanien.

| |
|--|
| 28 67,06 4,08 — 1,11 9,64 8,26 9,85 6278 59,54 49,69 32,20 81,89 81,89 4,98 — 1,36 11,77 7996 60,68 39,32 42 |
|--|

Steinkohlen-Briketts. a) Sachsen.

| |
|--|
| 1 64,38 4,23 0,91 1,74 7,16 10,46 11,12 6139 57,82 46,70 31,72 78,42 82,11 5,39 1,16 2,22 9,12 8201 59,55 40,45 51 |
|--|

β) Westfalen.

| |
|--|
| 2 81,65 3,85 0,60 1,44 3,10 1,29 8,07 7704 85,01 76,94 13,70 90,64 90,08 4,24 0,66 1,59 3,43 8738 84,89 15,11 43 |
|--|

| No. | Zusammensetzung der Rohkohle | | | | | | | Calorimetrischer Heizwerth W.-E. | 100 Theile Rohkohle geben | | | 100 Theile Rohkohle enthaltbare Substanz | | | Zusammensetzung der Reinkohle | | | | | Für 100 Th. Reinkohle berechn.sich | Auf 1000 C kommen disponibl. Wasserstoff |
|-----|--|------------------|------------------|----------------|---------------|-----------------|-------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------|------------------------------|---|-------------|-------------|-------------------------------|----------|------------|-----------------------------|--|--|---|
| | In 100 Theilen Rohkohle sind enthalten | Kohlenstoff C | Wasserstoff H | Sickstoff N | Schwefel S | Sauerstoff O | Wasser W | | Koks- ausbeute | fixer Kohlenstoff | flüchtige Be- standtheile | 100 Theile Rohkohle enthaltbare Substanz | Kohlenstoff | Wasserstoff | Sickstoff | Schwefel | Sauerstoff | Ver- brennungs- wärme | | | |

E. Anthracit. α) Westfalen.

| |
|---|
| 1 84,22 3,50 1,30 0,99 3,12 1,20 5,67 7684 91,76 86,09 7,04 93,13 90,43 3,76 1,40 1,06 3,35 8461 92,44 7,56 37 |
| 2 80,57 3,49 1,32 2,52 2,71 1,00 8,39 7569 89,66 81,27 9,34 90,61 88,91 3,84 1,46 2,78 3,01 8572 89,69 10,31 39 |
| 3 85,42 3,82 1,59 1,23 3,09 0,95 3,90 7975 91,47 87,57 7,58 95,15 89,78 4,01 1,67 1,29 3,25 8615 92,03 7,97 40 |

β) Süd-Ungarn.

| |
|---|
| 4 75,31 3,48 0,90 3,48 0,44 0,88 15,51 7024 87,26 71,75 11,86 83,61 90,07 4,16 1,07 4,16 0,54 8633 85,81 14,19 45 |
| 5 77,89 3,58 0,96 3,72 0,57 0,75 12,53 7295 86,99 74,46 12,26 86,72 89,82 4,13 1,11 4,29 0,65 8641 85,86 14,14 45 |
| 6 77,47 3,61 1,09 3,71 0,09 0,83 13,10 7255 86,78 73,68 12,39 86,07 90,01 4,19 1,26 4,31 0,23 8661 85,60 14,40 45 |

γ) England.

| |
|--|
| 7 87,07 8,09 1,11 1,43 2,62 2,31 2,37 7902 91,29 88,92 6,40 95,32 91,35 3,25 1,16 1,50 2,74 8483 93,29 6,71 32 |
|--|

F. Koks.**1. Braunkohlenkoks. Königreich Sachsen.**

| |
|---|
| 1 42,88 1,38 — 1,12 6,30 10,17 38,15 3511 — — — 51,68 82,97 2,67 — 2,16 12,20 7057 — — 14 |
| 2 46,85 1,57 — 1,37 4,60 9,21 36,40 4073 — — — 54,39 86,13 2,89 — 2,52 8,46 7727 — — 22 |

a) Steinkohlenkoks. α) Provinz Sachsen.

| |
|---|
| 68,86 0,45 — 1,14 1,27 12,72 15,56 5575 — — — 71,72 96,01 0,62 — 1,59 1,78 7915 — — 4 |
|---|

β) Westfalen.

| |
|--|
| 85,45 0,41 — 1,44 1,69 0,63 10,38 6919 — — — 88,99 96,02 0,46 — 1,62 1,90 7809 — — 3 |
|--|

G. Flüssige Brennstoffe.

| No. | Bezeichnung | Spec. Gewicht bei 15° | 100 Theile enthalten | | | Heizwerth pro kg | Verbrennungswärme (auf flüss. Wasser bezogen) |
|-----|-------------------|--------------------------|----------------------|-------------|------------|---------------------|---|
| | | | Kohlenstoff | Wasserstoff | Sauerstoff | | |
| 1 | Paraffinöl . . . | 0,915 | 85,42 | 11,33 | 3,25 | 9 790 | 10 440 |
| 2 | dgl. . . . | 0,890 | 85,58 | 11,49 | 2,93 | 9 836 | 10 454 |
| 3 | Solaröl | 0,825 | 85,48 | 12,31 | 2,21 | 9 988 | 10 653 |
| 4 | Petroleum | 0,796 | 84,76 | 14,09 | 1,15 | 10 305 | 11 066 |
| 5 | dgl. . . . | 0,789 | 85,24 | 14,34 | 0,42 | 10 335 | 11 109 |
| 6 | Benzin | 0,716 | 85,2 | 14,8 | — | 10 359 | 11 157 |

Die chemische Constitution der Kohlensubstanz ist uns noch ganz unbekannt. Wir wissen nur, dass die Kohlen umgewandelte Holzsubstanz darstellen. Aus den vorliegenden Tabellen sehen wir, wie mit allmählich vorschreitender Verdichtung der Kohlensubstanz der Sauerstoffgehalt abnimmt, von Cellulose zu Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthracit von 44 bis ca. 3 Proc. Zugleich nimmt der Kohlenstoffgehalt zu von 44 bis 90 Proc. Der Wasserstoffgehalt ist aber nur geringen Schwankungen unterworfen, eine nothwendige Folge davon ist, dass die flüchtigen Bestandtheile der Kohlesubstanz, welche aus Kohlenwasserstoffen und Sauerstoffverbindungen bestehen, bei der Cellulose am höchsten und beim Anthracit am niedrigsten sein müssen, 96 Proc. gegen ca. 10 Proc. Bei ein und derselben Gruppe muss die Ausbeute an flüchtigen Bestandtheilen um so höher sein, je mehr dis-

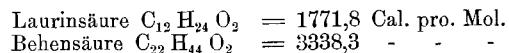
ponibler Wasserstoff vorhanden ist. So nimmt bei erdigen Braunkohlen der Gehalt an flüchtigen Bestandtheilen von 45 bis 73 Proc. zu, der disponibile Wasserstoff von 19 bis 84. Eine Kohle von besonders hoher Ausbeute an flüchtigen Bestandtheilen stellt der sogen. Pyropissit dar (No. 62) mit 93 Proc. und 127 disponiblem Wasserstoff.

Diese Schwellenkohle par excellence, welche getrocknet röthlich-gelb aussieht, wird jetzt nicht mehr gefunden, ich verdanke eine kleine Probe der Liebenswürdigkeit des Herrn Dr. Höland, Ammendorf bei Halle. Für jetzige Verhältnisse stellt die Kohle 49 mit 73 Proc. flüchtigen Bestandtheilen schon eine sehr gute Schwellenkohle dar. Während wir bei Destillation von Braunkohlen mehr Paraffine erhalten mit offenen Kohlenstoffketten, bekommt man bei Steinkohlen, welche nur wenige CH₃-Gruppen enthalten können, mehr

Verbindungen mit ringförmiger Kohlenstoffbindung. Eine gewisse Rolle spielt auch der Stickstoff und der organisch gebundene Schwefel.

Diese Verhältnisse lassen es begreiflich erscheinen, dass es kaum gelingt, eine allgemein gültige Formel aufzustellen zur Berechnung des Heizwerths aus der Zusammensetzung, obgleich die Verbrennungswärme abhängig ist von der Zusammensetzung. Vielleicht ist es nicht uninteressant, diese Verhältnisse einmal näher zu betrachten. Der Vorgang der Verbrennung besteht bekanntlich darin, dass sich die Atome von Kohlenstoff und Wasserstoff, welche den Brennstoff bilden, mit Sauerstoff zu Kohlensäure und Wasser vereinigen. Bei dieser Verbindung mit Sauerstoff tritt bedeutende Wärmeentwicklung auf, welche wir mit dem Namen „Verbrennungswärme“ belegen. Den Vorgang der Verbrennung selbst müssen wir uns nun in verschiedene Phasen zerlegt denken. Jeder feste Körper besteht aus Molekülaggregaten, diese Aggregate müssen zunächst in Moleküle zerlegt werden, dann müssen die Moleküle in den gasförmigen Zustand übergeführt und in Atome gespalten werden. Die freien Atome von Kohlenstoff oder Wasserstoff vereinigen sich dann mit Sauerstoff zu gasförmigen Verbrennungsprodukten. Die bei der Verbrennung entwickelte Wärmemenge ist also gleich der Wärmeabsorption, die man bei der Zerlegung der Moleküle beobachten würde, vermehrt um die Verbindungswärme der freien Atome mit Sauerstoff. Die letztere Grösse ist constant für jedes Element, die Arbeit aber, welche zur Sprengung der Moleküle aufgewendet werden muss, ist natürlich je nach Grösse und Dichte derselben verschieden. So fand Berthelot bei den allotropen Modificationen des Kohlenstoffs für: Diamant 7859, Graphit 7901, Holzkohle 8137 cal. pro g. Es geht daraus hervor, dass bei den drei Modificationen zur Sprengung der Molekülaggregate ganz verschiedene Arbeit erforderlich ist, und zwar ist dieselbe beim Diamant, der den härtesten Kohlenstoff darstellt, am grössten. Die Verbrennungswärme des freien Kohlenstoffatoms lernen wir aus allen drei Zahlen nicht kennen, denn auch bei der Holzkohle ist Arbeit aufgewendet worden zur Zerlegung der Moleküle. Es ist daher wohl begreiflich, dass man zur Berechnung von Verbindungen, welche Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff in gegenseitiger Bindung enthalten, nicht wie Dulong die Zahl für Holzkohle für Kohlenstoff und die für gasförmigen Wasserstoff benutzen darf. Ferner ist natürlich in der Koblesubstanz der Sauerstoff nicht mit

Wasserstoff im Verhältniss von H_2O verbunden. Darauf beruhen die Fehler der Dulong'schen Regel, die sich um so mehr geltend machen, je mehr O ein Brennstoff enthält. Bei Steinkohlen und Anthraciten deckt die zu hohe Zahl für Wasserstoff die zu niedrige Zahl für Kohlenstoff, bei Braunkohle sind die Differenzen oft erheblich, bei Cellulose oder Paraffinölen hört jede Berechnung auf. Ich habe früher von folgenden Überlegungen ausgehend, andere Werthe für C und H berechnet. Ein Werth, der mit grosser Sicherheit thermisch festgestellt ist, ist der der Homologie. Die Differenz bei homologen Verbindungen CH_2 an C gebunden beträgt 156 Cal. im Mittel. Betrachten wir z. B. die beiden Fettsäuren



$$\text{Differenz } 10 CH_2 = 1566,5$$

$$\text{oder } CH_2 = 156,6$$

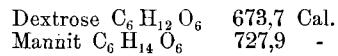
$$\text{oder Hexamethylbenzol } C_{12}H_{18} = 1712,2$$

$$\text{Benzol } C_6H_6 \dots \dots \dots = 777,3$$

$$6 CH_2 \dots \dots \dots = 934,9$$

$$\text{oder } CH_2 = 155,8$$

Als Mittel von zahlreichen derartigen Werthen können wir 156 nehmen. Im Äthan haben wir C_2H_6 , welches wir zerlegt denken können in $2 CH_2 + H_2$, für festgedachtes Äthan haben wir 366,4 Cal.; ziehen wir davon $2 CH_2 = 312$ ab, so erhalten wir 54,4 Cal. für H_2 ; denselben Werth erhalten wir für H_2 bei den verschiedensten Reactionen, wenn wir von abnormalen Verhältnissen absehen, z. B.



$$H_2 \dots \dots \dots = 54,2$$

$$\text{Hexahydrobenzol } C_6H_{12} = 939,1 \text{ Cal.}$$

$$\text{Hexan } C_6H_{14} \dots \dots = 993,9$$

$$H_2 \dots \dots \dots = 54,8$$

Als Mittelwerth können wir 54 annehmen.

Ziehen wir nun von $CH_2 = 156$ den Werth für $H_2 \dots \dots = 54$ ab, dann haben wir für C an C gebunden . 102 Cal. pro Mol.

Wir haben also bis jetzt die Werthe:

$$C = 102 \text{ Cal. pro Mol. oder } = \frac{102}{12} \cdot 1000 \\ = 8500 \text{ cal. pro Gramm}$$

$$H_2 = 54 \text{ Cal. pro Mol. oder } = \frac{54}{2} \cdot 1000 \\ = 27000 \text{ cal. pro Gramm.}$$

Wir können diese Werthe bei einfacheren thermochemischen Berechnungen benutzen und controliren z. B.

$$\text{Methan } CH_4 = CH_2 + H_2 = 102 + 108 \\ = 210, \text{ gefunden } 209,9.$$

$$\text{Diphenyl } C_{12}H_{10} = C_{12} = 1224 + 5 H_2 \\ = 270 \text{ zusammen } 1494 \text{ Cal., gefunden } 1494,3.$$

Nicht so einfach liegt die Sache beim Sauerstoff. Bei der Destillation von Kohlen erhalten wir Alkohole, Phenole, Äther, Ketone und Säuren. Betrachten wir einmal den er-

niedrigenden Einfluss des Sauerstoffs bei diesen Verbindungen, obgleich ein Rückschluss aus den Destillationsproducten auf die ursprüngliche Gruppierung der Atome nur unsicher ist.

Wir finden im Mittel für:

Alkohole und Phenole :C.OH;

O = - 45 Cal. pro Mol.

Ather :C—O—C; ; O = - 25;

Ketone C :O; O = - 42

Säuren .C^{OH}:O O₂ = - 107 oder
:O = - 107 - 45(OH) = - 62.

Wir wissen nicht, mit welcher Gruppierung der Elemente wir es in den Kohlen

leicht kommt ein Werth, der etwa dem der Carboxylgruppe entspricht, der Wirklichkeit näher. Hier giebt ja auch die Dulong'sche Regel zufällig oft sehr gut stimmende Zahlen, während ich manchmal auch Differenzen bis über 140 W.-E. bei meinen Analysen beobachtet habe. Eine ausnahmslos gültige Regel lässt sich wahrscheinlich für Brennstoffe ebensowenig wie für wissenschaftliche Berechnungen aufstellen, da ja bei isomeren Verbindungen die Differenzen infolge der abweichenden Constitution oft sehr erheblich sind. Hierfür seien folgende Beispiele angeführt:

| | | | | |
|---|--|-----------------|--|--------------------|
| Anissäure C ₆ H ₄ | $\left\{ \begin{array}{l} \text{COOH} \\ \text{O} \cdot \text{CH}_3 \end{array} \right.$ | 5887 cal. pro g | | Differenz 111 cal. |
| o. Oxy-p. Toluylsäure C ₆ H ₃ | $\left\{ \begin{array}{l} \text{COOH} \\ \text{OH} \\ \text{CH}_3 \end{array} \right.$ | 5776 cal. pro g | | |
| Sarkosin | $\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{N} \cdot \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \\ \\ \text{Alanin} \\ \\ \text{CH} \cdot \text{NH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$ | 4505 cal. pro g | | Differenz 150 cal. |
| | | | | |
| Hydrazobenzol C ₆ H ₅ .NH.NH.C ₆ H ₅ | | 8685 cal. pro g | | Differenz 208 cal. |
| Benzidin NH ₂ .C ₆ H ₄ .C ₆ H ₄ .NH ₂ | | 8477 - - - | | |

zu thun haben, wir können deshalb nicht von vornherein einen Werth für Sauerstoff als wahrscheinlich hinstellen, sondern wir könnten einen solchen nur aus einem sehr umfangreichen Analysenmaterial von Kohlen ableiten. Das bis jetzt vorliegende Material halte ich hierfür nicht für ausreichend.

Für Holz und Torf können wir, wie es scheint, den aus Cellulose sich ergebenden Werth für O benutzen. Derselbe beträgt O = - 40,8 Cal. pro Mol.; - 2550 cal. pro g. Die Formel für diese Brennstoffe würde dann lauten:

Heizwerth =

$$\frac{8500 \text{ C} + 27000 \text{ H} + 2500 \text{ S} - [2550 \text{ O} + 600(9 \text{ H} + \text{W})]}{100}$$

Der Unterschied zwischen dieser Formel und der Dulong'schen wird aus folgenden Beispielen leicht klar:

| | calori-metrisch | Nach Dulong (Verbands-formel) | Diff. cal. | obige Formel | Diff. cal. |
|------------------------|-----------------|----------------------------------|------------|--------------|------------|
| Cellulose | 3852 | 3600 | - 252 | 3852 | 0 |
| Holz ²⁶⁾ 1. | 3395 | 3187 | - 208 | 3361 | - 34 |
| - 2. | 4065 | 3957 | - 108 | 4090 | + 25 |
| Torf ²⁷⁾ 1. | 4229 | 4068 | - 161 | 4223 | - 6 |
| - 2. | 4767 | 4610 | - 157 | 4736 | - 31 |

Für Braunkohlen und Steinkohlen scheint der Werth für O = - 40,8 zu gering, viel-

²⁶⁾ s. Tab. I.

²⁷⁾ s. Tab. I.

²⁸⁾ Die Bestimmung des Heizwerthes von Brennstoffen von H. v. Jüptner, Sammlung chem.-techn. Vorträge, herausgegeben von Prof. Dr. B. Ahrens II. Bd., 12. Heft, 1898.

Heizwerth über 150 W.-E. Die äussersten Differenzen sind — 1676,8 und + 960,8 W.E.

Bei der Dulong'schen Regel liegen Differenzen von 100 bis 150 W.-E. nach Ansicht von Bunte etwa innerhalb der unvermeidlichen Analysenfehler^{29).}

Aus der grossen Zahl von Heizwerthbestimmungen ohne Elementaranalyse, die ich ausgeführt habe, füge ich für die Zwecke der Praxis noch eine Tabelle bei über Untersuchungen, die ich für den Sächsischen

Dampfkessel-Revisionsverein (Hauptsitz Chemnitz, Nebenstellen Dresden, Leipzig, Reichenbach) vorgenommen habe. Die Proben stammen von Verdampfversuchen und waren in Blechbüchsen verpackt. In der letzten Spalte findet sich die Verdampfung auf 65 Proc. Nutzeffect berechnet, weil dieser Werth der mittleren Wirkungsweise der Kessel im regelmässigen Betriebe entspricht nach den Feststellungen gen. Vereins.

Tabelle II.

Untersuchungen im Auftrage des Sächs. Dampfkessel-Revisionsvereins.

Von Dr. H. Langbein.

| Bezeichnung | 100 Theile Rohkohle enthalten | | | | 1 kg Rohkohle verdampft kg Wasser | |
|--|-------------------------------|-------|--------------------|-----------|--------------------------------------|-------------------------|
| | Wasser | Asche | brennbare Substanz | Heizwerth | theoretisch | bei 65 Proc. Nutzeffect |
| A. Erdige Braunkohle. | | | | | | |
| Leipziger Braunkohlenwerke A.-G. Albersdorf | | | | | | |
| b. Markranstädt | 53,41 | 7,16 | 39,43 | 2334 | 3,66 | 2,38 |
| - | 51,75 | 7,50 | 40,75 | 2400 | 3,76 | 2,44 |
| - | 53,04 | 6,77 | 40,19 | 2333 | 3,66 | 2,38 |
| - | 56,00 | 8,08 | 34,92 | 2012 | 3,16 | 2,05 |
| Wilhelm-Schacht, Borna | 55,30 | 4,24 | 40,46 | 2202 | 3,46 | 2,25 |
| - | 54,40 | 5,49 | 40,11 | 2217 | 3,48 | 2,26 |
| Germania-Schacht, Rositz | 54,07 | 4,84 | 41,09 | 2214 | 3,47 | 2,26 |
| - | 55,52 | 5,03 | 39,45 | 2332 | 3,66 | 2,38 |
| Leipziger Thonwaarenindustrie i. Brandis . . . | 51,35 | 12,77 | 35,88 | 1783 | 2,80 | 1,82 |
| Meuselwitzer Bezirk | | | | | | |
| Union | 52,35 | 4,59 | 43,06 | 2530 | 3,97 | 2,58 |
| Fortschritt | 52,55 | 5,68 | 41,77 | 2379 | 3,67 | 2,39 |
| - | 53,43 | 4,30 | 42,27 | 2486 | 3,90 | 2,54 |
| - | 57,97 | 5,87 | 36,16 | 2133 | 3,35 | 2,18 |
| - | 48,35 | 5,73 | 45,92 | 2703 | 4,24 | 2,76 |
| Friedensgrube | 54,90 | 4,62 | 40,48 | 2338 | 3,67 | 2,39 |
| ohne Bezeichnung | 54,93 | 4,93 | 40,14 | 2313 | 3,63 | 2,36 |
| - | 54,39 | 6,13 | 39,48 | 2417 | 3,79 | 2,46 |
| - | 53,90 | 4,15 | 41,95 | 2415 | 3,79 | 2,46 |
| - | 53,33 | 4,66 | 42,01 | 2414 | 3,79 | 2,46 |
| - | 53,71 | 5,50 | 40,79 | 2337 | 3,67 | 2,39 |
| - | 53,25 | 4,38 | 42,37 | 2520 | 3,96 | 2,57 |
| - | 53,11 | 4,12 | 42,77 | 2546 | 4,00 | 2,60 |
| - | 52,67 | 4,48 | 42,85 | 2503 | 3,93 | 2,55 |
| - | 53,20 | 4,12 | 42,68 | 2526 | 3,96 | 2,57 |
| Agnesgrube Zeiditz | 54,28 | 11,33 | 34,39 | 1714 | 2,69 | 1,75 |
| Grube Marie b. Bitterfeld | 52,76 | 10,33 | 36,91 | 1866 | 2,92 | 1,90 |
| | 48,63 | 9,24 | 42,13 | 2339 | 3,87 | 2,51 |
| B. Briketts. | | | | | | |
| Vereinsglück, Meuselwitz | 14,81 | 10,76 | 74,43 | 4929 | 7,73 | 5,02 |
| Germania-Schacht Rositz | 14,88 | 6,19 | 78,93 | 4900 | 7,69 | 5,00 |
| - | 15,47 | 6,36 | 78,17 | 4822 | 7,57 | 4,92 |
| Melbis, Altenburger Kohlenwerk | 16,30 | 8,71 | 74,99 | 4734 | 7,43 | 4,83 |
| Würfelbriketts „Industrie“ v. Braunkohlenwerk Bockwitz, Nieder-Lausitz, Millygrube | 14,35 | 4,48 | 81,17 | 4701 | 7,38 | 4,80 |
| C. Böhmisches Braunkohle. | | | | | | |
| Moritz-Schacht, Brucher Werke | 25,60 | 2,69 | 71,71 | 4907 | 7,70 | 5,00 |
| - | 25,09 | 3,05 | 71,86 | 4910 | 7,71 | 5,01 |
| - | 21,35 | 3,28 | 75,37 | 5147 | 8,08 | 5,25 |
| - | 27,13 | 3,89 | 68,98 | 4755 | 7,46 | 4,85 |
| - | 24,40 | 2,67 | 73,93 | 4948 | 7,77 | 5,05 |
| - | 22,83 | 2,20 | 74,97 | 5102 | 8,01 | 5,21 |

²⁹⁾ Die Resultate der Heizversuchsstation München 1882, S. 10.

| Bezeichnung | 100 Theile Rohkohle enthalten | | | | 1 kg Rohkohle verdampft kg Wasser | |
|--|-------------------------------|-------|----------------------------|---------------|---|-------------------------------|
| | Wasser | Asche | brenn- bare Substanz | Heiz- wert | theore- tisch | bei 65 Proc. Nutzeffect |
| Alexander-Schacht, Ossegg | 19,90 | 2,55 | 77,55 | 5546 | 8,71 | 5,66 |
| - | 22,24 | 2,59 | 75,17 | 5224 | 8,22 | 5,34 |
| - | 22,58 | 1,93 | 75,49 | 5340 | 8,38 | 5,45 |
| - | 18,03 | 3,70 | 78,27 | 5520 | 8,66 | 5,63 |
| - | 21,05 | 2,80 | 76,15 | 5380 | 8,45 | 5,49 |
| Habsburg-Schacht, Brüx | 27,83 | 2,91 | 69,26 | 4773 | 7,49 | 4,87 |
| - | 26,53 | 4,44 | 69,08 | 4723 | 7,41 | 4,82 |
| - | 27,28 | 4,46 | 68,26 | 4705 | 7,39 | 4,80 |
| - | 24,48 | 6,54 | 68,98 | 4750 | 7,45 | 4,84 |
| - | 23,30 | 5,76 | 70,94 | 4889 | 7,67 | 4,99 |
| Johann-Schacht, Brucher Werke | 24,07 | 2,42 | 73,51 | 5089 | 7,99 | 5,19 |
| - | 23,90 | 2,79 | 73,31 | 5108 | 8,02 | 5,21 |
| - | 22,14 | 2,95 | 74,91 | 5121 | 8,04 | 5,23 |
| Marie, Ossegg | 19,52 | 8,85 | 71,63 | 5119 | 8,04 | 5,23 |
| - | 24,80 | 5,28 | 69,92 | 4927 | 7,73 | 5,02 |
| - | 17,22 | 9,77 | 73,01 | 5076 | 7,97 | 5,18 |
| Theodor | 30,43 | 6,35 | 63,22 | 4328 | 6,79 | 4,41 |
| Elly | 26,21 | 7,29 | 66,50 | 4876 | 7,65 | 4,97 |
| Barbara | 33,20 | 3,49 | 63,31 | 4166 | 6,54 | 4,25 |
| - | 30,25 | 4,86 | 64,89 | 4193 | 6,58 | 4,26 |
| - | 35,22 | 4,07 | 60,71 | 4035 | 6,33 | 4,11 |
| - | 30,58 | 4,98 | 64,44 | 4207 | 6,60 | 4,29 |
| Pluto-Schacht, Brüx | 23,10 | 2,45 | 74,45 | 5079 | 7,97 | 5,18 |
| - | 28,00 | 4,32 | 72,68 | 4984 | 7,82 | 5,08 |
| - | 23,06 | 2,86 | 74,08 | 5059 | 7,94 | 5,16 |
| - | 22,40 | 4,47 | 73,13 | 5014 | 7,87 | 5,12 |
| Julius-Schacht, Brüx | 26,51 | 5,72 | 67,77 | 4725 | 7,42 | 4,82 |
| Elisabeth-Schacht, Ullersdorfer Revier | 36,87 | 5,37 | 57,76 | 3811 | 5,98 | 3,89 |
| Amalia-Schacht, Bilin | 32,72 | 5,18 | 62,10 | 4208 | 6,61 | 4,29 |
| Franziska-Schacht | 33,32 | 3,59 | 63,09 | 4168 | 6,54 | 4,25 |
| - | 30,63 | 4,21 | 65,16 | 4371 | 6,86 | 4,46 |
| Bernhard-Schacht, Falkenau | 39,91 | 5,57 | 54,52 | 3619 | 5,68 | 3,69 |
| Fortschritt-Schacht, Ossegg | 25,12 | 3,06 | 71,82 | 5108 | 8,02 | 5,21 |
| Frischglück-Schacht, Ossegg | 30,19 | 8,65 | 61,16 | 4172 | 6,55 | 4,25 |
| Nelson-Schacht, Ossegg | 24,89 | 4,58 | 70,53 | 4978 | 7,81 | 5,08 |
| Grohmann-Schacht, Eisenberg | 27,36 | 5,21 | 67,43 | 4767 | 7,48 | 4,86 |
| Neusattel | 29,99 | 7,18 | 62,83 | 4561 | 7,16 | 4,65 |
| - | 30,46 | 9,32 | 60,22 | 4519 | 7,09 | 4,61 |
| Guthmann-Schacht, Eisenberg | 33,23 | 6,02 | 60,75 | 4127 | 6,48 | 4,21 |
| - | 22,91 | 3,09 | 74,00 | 4989 | 7,83 | 5,09 |
| Johann Liebig-Schacht v. Duxer Kohlenverein | 36,56 | 3,21 | 60,23 | 4013 | 6,30 | 4,10 |
| Frankenauer Revier | 33,89 | 7,33 | 58,78 | 4183 | 6,57 | 4,27 |
| Gemisch von Moritz-Schacht No. II } | 29,03 | 8,42 | 62,55 | 4069 | 6,38 | 4,15 |
| und Saxonia Triebschütz No. I } | 28,12 | 5,93 | 65,95 | 4400 | 6,91 | 4,49 |
| Gemisch von Pluto- und Johann-Schacht | 22,83 | 4,06 | 73,11 | 4951 | 7,77 | 5,05 |
| Gemisch von Johann-Schacht und Zwickauer Steinkohle zu gleichen Theilen | 14,25 | 5,93 | 79,82 | 5827 | 9,15 | 5,95 |
| D. Steinkohle. | | | | | | |
| Bezirk Zwickau | | | | | | |
| Wilhelm-Schacht | 14,08 | 7,22 | 78,70 | 6108 | 9,59 | 6,28 |
| - | 10,89 | 7,42 | 81,69 | 6395 | 10,03 | 6,52 |
| - | 9,81 | 5,80 | 84,39 | 6591 | 10,35 | 6,73 |
| - | 9,36 | 9,31 | 81,33 | 6388 | 10,03 | 6,52 |
| - | 15,55 | 6,25 | 78,20 | 6042 | 9,48 | 6,16 |
| - | 10,17 | 4,82 | 85,01 | 6698 | 10,52 | 6,84 |
| - | 10,53 | 6,16 | 83,31 | 6578 | 10,33 | 6,71 |
| - | 14,84 | 6,05 | 79,11 | 6144 | 9,64 | 6,27 |
| - | 8,82 | 7,13 | 84,05 | 6575 | 10,32 | 6,71 |
| - | 15,45 | 5,98 | 78,57 | 6132 | 9,63 | 6,26 |
| Brückenberg-Schacht | 10,94 | 7,04 | 82,02 | 6497 | 10,20 | 6,63 |
| - | 10,52 | 5,67 | 83,81 | 6557 | 10,29 | 6,69 |
| - | 10,08 | 5,57 | 84,35 | 6671 | 10,47 | 6,81 |
| - | 7,08 | 5,56 | 87,36 | 6932 | 10,88 | 7,07 |
| - | 8,66 | 6,47 | 84,87 | 6649 | 10,44 | 6,79 |
| - | 8,40 | 4,93 | 86,67 | 6781 | 10,65 | 6,92 |
| Bürger-Schacht | 13,83 | 16,10 | 70,07 | 5336 | 8,38 | 5,45 |
| - | 11,43 | 10,71 | 77,86 | 6028 | 9,46 | 6,15 |

| Bezeichnung | 100 Theile Rohkohle enthalten | | | | 1 kg Rohkohle verdampft kg Wasser | |
|--|-------------------------------|-------|----------------------------|----------------|---|------------------------------|
| | Wasser | Asche | brenn- bare Substanz | Heiz- werth | theore- tisch | bei 65 Proc. Nutzefekt |
| Bahnhof-Schacht | 14,32 | 15,02 | 70,66 | 5334 | 8,38 | 5,45 |
| - | 11,84 | 17,08 | 71,08 | 5418 | 8,51 | 5,53 |
| Vereinsglück | 15,11 | 5,75 | 79,14 | 6228 | 9,78 | 6,36 |
| Deutschland | 8,67 | 10,36 | 80,97 | 6868 | 10,78 | 7,91 |
| Morgenstern Waschklarkohle | 15,66 | 9,30 | 75,04 | 5842 | 9,17 | 5,96 |
| Zwickauer Kohle ohne Bezeichnung | 17,47 | 9,11 | 73,42 | 5559 | 8,73 | 5,67 |
| - | 10,71 | 6,08 | 83,21 | 6518 | 10,23 | 6,65 |
| - | 11,97 | 5,70 | 82,33 | 6555 | 10,29 | 6,69 |
| - | 9,82 | 8,11 | 82,07 | 6473 | 10,16 | 6,16 |
| Waschklarkohle | 23,85 | 6,80 | 69,35 | 5278 | 8,28 | 5,38 |
| - | 12,78 | 15,21 | 72,01 | 5425 | 8,51 | 5,53 |
| - | 12,15 | 21,68 | 66,17 | 5006 | 7,86 | 5,11 |
| - | 12,39 | 5,25 | 82,36 | 6537 | 10,26 | 6,67 |
| Waschklarkohle | 18,73 | 7,05 | 74,22 | 5729 | 8,99 | 5,84 |
| - | 13,25 | 9,38 | 77,37 | 5999 | 9,42 | 6,12 |
| - | 13,36 | 10,33 | 76,31 | 5986 | 9,39 | 6,10 |
| Arnimsches Werk in Planitz | 15,08 | 4,30 | 80,62 | 6172 | 9,69 | 6,30 |
| Kästner-Schacht Bockwa | 18,98 | 11,05 | 69,97 | 5355 | 8,41 | 5,47 |
| Oberhohndorfer Kohle | 30,14 | 22,61 | 47,25 | 3375 | 5,30 | 3,45 |
| Schader-Schacht, Schlammkohle-Abfall und Waschkohle | 29,80 | 22,87 | 47,33 | 3600 | 5,65 | 3,67 |
| Schader-Schacht, Schlammkohle | 26,79 | 16,66 | 56,55 | 4302 | 6,75 | 4,39 |
| Gemisch | 9,18 | 38,00 | 52,82 | 3797 | 5,96 | 3,87 |
| Kokscole | 24,21 | 5,70 | 70,00 | 5387 | 8,46 | 5,50 |
| Abfallkohle | 9,31 | 22,94 | 67,75 | 5178 | 8,13 | 5,28 |
| - | 12,11 | 14,97 | 72,92 | 5617 | 8,82 | 5,73 |
| Gottes-Segen, Lugau | 13,63 | 3,10 | 83,27 | 6399 | 10,04 | 6,52 |
| - | 16,00 | 3,96 | 80,04 | 6134 | 9,65 | 6,27 |
| - | 19,22 | 6,37 | 74,41 | 5694 | 8,94 | 5,81 |
| - | 15,31 | 4,20 | 80,49 | 6279 | 9,86 | 6,41 |
| Hedwig-Schacht, Ölsnitz | 14,66 | 3,58 | 81,76 | 6351 | 9,97 | 6,48 |
| - | 11,85 | 21,00 | 67,15 | 5077 | 7,97 | 5,18 |
| - | 12,79 | 23,57 | 63,64 | 4840 | 7,60 | 4,94 |
| - | 11,48 | 20,98 | 67,54 | 5172 | 8,12 | 5,28 |
| - | 14,94 | 3,76 | 81,30 | 6304 | 9,89 | 6,43 |
| - | 13,52 | 19,04 | 67,44 | 5167 | 8,11 | 5,27 |
| Lugau-Ölsnitzer Kohle Waschklarkohle | 18,60 | 6,32 | 75,08 | 5699 | 8,94 | 5,81 |
| - | 19,01 | 5,88 | 75,11 | 5834 | 9,16 | 5,95 |
| - | 12,17 | 6,51 | 81,32 | 6337 | 9,90 | 6,43 |
| Kaisergrube, Gersdorf b. Ölsnitz | 11,45 | 4,05 | 84,50 | 6666 | 10,46 | 6,80 |
| - | 12,28 | 4,31 | 83,41 | 6445 | 10,12 | 6,58 |
| - | 12,78 | 4,01 | 83,21 | 6416 | 10,07 | 6,54 |
| Kgl. Steinkohlenwerk Oppel-Schacht, Zaukerode | 11,30 | 3,64 | 85,06 | 6713 | 10,54 | 6,85 |
| - | 9,07 | 15,42 | 75,51 | 5923 | 9,30 | 6,04 |
| - | 8,99 | 16,23 | 74,78 | 5920 | 9,29 | 6,04 |
| Oberschlesische Kohle | 6,12 | 5,90 | 87,98 | 6732 | 10,57 | 6,86 |
| E. Steinkohlen-Briketts. | | | | | | |
| Morgenstern, Zwickau | 9,16 | 9,58 | 81,26 | 6427 | 10,09 | 6,56 |
| Bernhard Müller, Ölsnitz | 8,01 | 14,29 | 77,70 | 6054 | 9,50 | 6,17 |
| F. Koks. | | | | | | |
| Gaskoks der Gasanstalt Chemnitz | 15,05 | 9,01 | 75,94 | 5935 | 9,32 | 6,06 |

Bei unvollständigen Analysen schlägt Bunte³⁰⁾ vor, einen mittleren Gehalt für Wasserstoff in Anrechnung zu bringen, denselben Vorschlag macht Hempel³¹⁾ und ich habe früher schon auf diese Möglichkeit hingewiesen³²⁾. Bei Steinkohlen und Anthra-

citen hat man durch die Koksausbeute einen guten Anhalt, da der Gehalt an Wasserstoff um so geringer sein muss, je weniger flüchtige Bestandtheile erhalten werden. Man kann deshalb wohl folgende Tabelle von Gruner³³⁾ benutzen:

³⁰⁾ Z. Ingen., 1900, 671.

³¹⁾ Gasanalytische Methoden 1900, S. 394.

³²⁾ Z. öffentl. Ch., 97, S. 76.

³³⁾ Muck, Chemie der Steinkohle 1891, S. 14.

| Bezeichnung der Typen oder Klassen | Beschaffenheit des Koks | Menge der flüchtigen Bestandtheile Proc. | Gehalt der Reinkohle an Wasserstoff |
|--|---|--|-------------------------------------|
| Trockne Steinkohle mit langer Flamme | pulverförmig od. höchstens gefrittet | 40—50 | 5,5—4,5 |
| {Fette Steinkohle m. lang. Flamme, Gaskohle | geschmolzen aber stark zerklüftet | 32—40 | 5,8—5 |
| Eigentliche fette Kohlen oder Schmiedekohlen | geschmolzen bis mittelm. compact. | 26—32 | 5 —5,5 |
| Fette Steinkohle m. krz. Fl. oder Kokskohle | geschmolzen, sehr comp., wen. zerklüft. | 18—26 | 5,5—4,5 |
| Magere oder an- thracitische Steinkohlen | gefritten oder pulverförmig | 10—18 | 4,5—4 |

An Stelle der Koksausbeute bei Gruner habe ich hier die Ausbeute an flüchtigen Bestandtheilen gesetzt. Für eine Einbeziehung der Verbrennungswärme fehlt es vorläufig noch an ausreichendem Material.

Bei Braunkohlen spielt die Koksausbeute auch eine Rolle, sie ist aber nicht so zuverlässig, wir können hier aber mit Berücksichtigung der Verbrennungswärme ziemlich sichere Werthe für den Wasserstoff ableiten. Bei abnorm hoher oder niedriger Verbrennungswärme wird es stets geboten sein, den Wasserstoff direct zu ermitteln.

| Verbrennungswärme der Reinkohle | Flüchtige Bestandtheile | Wasserstoffgehalt der Reinkohle |
|---------------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Erdige Braunkohle | | |
| 5700—6300. Mittel 6100 | 50,3 | 5,3 |
| 6300—6800. - 6600 | 55,5 | 5,5 |
| 6800—7100. - 6950 | 57,8 | 6,0 |
| 7100—7400. - 7250 | 61,7 | 6,3 |
| 7400—7850. - 7650 | 68,9 | 7,5 |

| Verbrennungswärme der Reinkohle | Flüchtige Bestandtheile | Wasserstoffgehalt der Reinkohle |
|--|-------------------------|---------------------------------|
| Briketts 6500—7200. Mittel 6850 | 58,8 | 5,8 |
| Böhmischa Braunkohle 7100—7600. Mittel 7350 | 52,1 | 5,9 |

Wenn man also in einer Kohle hygroskopisches Wasser, Asche, Koks und die Verbrennungswärme bestimmt hat, dann kann man den für die Verdampfungswärme des Wassers abzuziehenden Werth mit grosser Sicherheit ableiten. Ein Beispiel mag das zeigen. Es seien gefunden: Wasser 54,51 Proc., Asche 3,17 Proc., brennbare Substanz 42,32 Proc., Verbrennungswärme der Reinkohle 7000 Cal., flüchtige Bestandtheile 57,5 Proc. Dann ist nach obiger Tabelle der H-Gehalt $\frac{42,32 \cdot 6}{100} = 2,54$ Proc., also für Rohkohle $\frac{77,37 \cdot 600}{100} = 464$ W.-E. Eine feststehende Zahl, z. B. für Steinkohlen 250 W.-E. abzuziehen, wie Bunte vorschlägt, ist deshalb nicht möglich, weil die brennbare Substanz in Steinkohlen beträchtlich schwankt, bei Zwickauer Kohlen z. B. (Tabelle II) liegt dieselbe zwischen 66 und 85 Proc. Obige Rechnung ist jedenfalls einfach und sicherer.

Schliesslich möchte ich noch ein Beispiel einer vollständigen Analyse nach dem Formular anführen, welches ich von geringen Änderungen abgesehen seit ca. 6 Jahren benutze.

Bericht über die Untersuchung von

Braunkohle bez.:

für
die Gewerkschaft

Die Untersuchung der am eingegangenen Kohlensendung (Gewicht kg, Verpackung) wurde mit fein gemahlener lufttrockener Kohle ausgeführt und das Resultat auf die Rohprobe umgerechnet.

A. Chemische Untersuchung.

1. Allgemeine Zusammensetzung.

In 100 Theilen Rohkohle sind enthalten:

| | |
|----------------------------------|--------|
| Hygroskopisches Wasser | 55,52 |
| Asche | 3,81 |
| Brennbare Substanz | 40,67 |
| | 100,00 |

2. Elementar-Analyse.

100 Theile Rohkohle enthalten:

| | |
|--|--------|
| Kohlenstoff (C) | 27,27 |
| Wasserstoff (H) | 2,09 |
| Schwefel (S) | 0,76 |
| Sauerstoff (O) (u. Stickstoff) | 10,55 |
| Wasser (W) | 55,52 |
| Asche (A) | 3,81 |
| | 100,00 |

3. Verkokung im Tiegel.

| | | |
|-------------------------------|-----------------------------------|--------|
| Die Rohkohle giebt: | 22,88 Proc. Koksausbeute | |
| Sie enthält daher: | | |
| | Fixen Kohlenstoff | 19,07 |
| | Flüchtige Bestandtheile | 21,60 |
| | Wasser | 55,52 |
| | Asche | 3,81 |
| | | 100,00 |

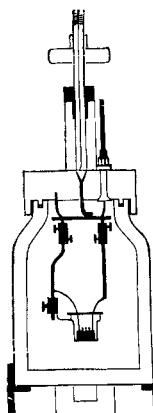


Fig. 10.

B. Calorimetrische Untersuchung.

Der Heizwerth der lufttrocknen Kohle (Wassergehalt 19,50 Proc.) wurde durch Verbrennen derselben in der calorimetrischen Bombe in Sauerstoff bei einem Drucke von 25 atm. und Beobachtung der Temperatursteigerung im Calorimeter ermittelt. Die Zündung wurde durch Eisendraht bewirkt. Von der beobachteten Wärmeentwickelung sind abzuziehen: Die von der Zündung herrührende Wärme, die Bildungs- und Verdünnungswärme von Salpetersäure (entsteht bei der heftigen Verbrennung aus dem im künstlichen Sauerstoff vorhandenen Stickstoff) und Schwefelsäure (entsteht aus dem Schwefel der Kohle) sowie die Verdampfungswärme des bei der Verbrennung gebildeten und in der Bombe flüssig niedergeschlagenen Wassers.

Der Heizwerth bezieht sich auf die Producte: Kohlensäure, Schweflige Säure, gasförmig, Wasserdampf von gewöhnlicher Temperatur.

| Versuchsergebniss: | I. | II. |
|--|-------------|-------------|
| Gewicht der verbrannten Kohle | 0,9882 g | 0,9760 g |
| Gewicht des Wassers in Calorimeter und Bombe | 2333,4 g | |
| Wasserwerth der Bombe etc. | 376,6 g | |
| Wasserwerth des ganzen Apparates (W) | 2710,0 g | |
| Temperaturerhöhung beobachtet | 1,7457° | 1,7188° |
| Correctur für Abkühlung | 0,0043° | 0,0053° |
| Wirkliche Temperaturerhöhung (T) | 1,7500° | 1,7241° |
| Beobachtete Wärmeentwicklung (WT) | 4742,5 cal. | 4672,3 cal. |
| Correctur für { Zündung . . . 10,2 } | 25,6 - | 10,2 } |
| { Salpetersäure . . . 15,4 } | 15,1 - | 25,3 - |
| Verbrennungswärme der angewandten Kohle | 4716,9 cal. | 4647,0 cal. |
| Verbrennungswärme pro Gramm Kohle | 4773 - | 4761 - |
| Mittelwerth | 4767 cal. | |

Die lufttrockene Kohle enthielt 80,50 Proc. wasserfreie Substanz
Die Rohkohle enthielt 44,48 Proc. wasserfreie Substanz,

$$\text{es ist also die Verbrennungswärme der Rohkohle } \frac{44,48}{80,50} \cdot 4767 = 2634 \text{ cal.}$$

| | | |
|--|-------------------------------------|----------|
| 1 g Rohkohle giebt 0,7433 g Wasser, es ist daher die | Correctur für Wasserdampf | 446 cal. |
| Correctur für verdünnte Schwefelsäure reducirt auf gasförmige schweflige Säure | 17 - | 463 - |

Der Heizwerth pro Gramm Rohkohle beträgt 2171 Grammcalorien.

1 kg Rohkohle giebt 2171 Wärme-Einheiten.

1 kg Kohle verwandelt theoretisch 3,41 kg Wasser von 0° in Dampf von 100°.

C. Vergleichswerte.

1. Zusammensetzung der brennbaren Substanz (von welcher die Rohkohle 40,67 Proc. enthält), auf 100 Th. berechnet:

| | |
|-----------------------|--------|
| Kohlenstoff | 67,06 |
| Wasserstoff | 5,13 |
| Schwefel | 1,87 |
| Sauerstoff | 25,94 |
| | 100,00 |

2. Auf 1000 Theile Kohlenstoff berechnen sich:

| | |
|---|----|
| Gesamtwasserstoff | 76 |
| davon kann der vorhandene Sauerstoff binden | 47 |
| also sogen. disponibler Wasserstoff | 29 |

3. Die Verbrennungswärme der wasserfreien Substanz berechnet sich zu 5883 cal.
die Verbrennungswärme der wasser- und aschefreien Substanz berechnet sich zu 6434 cal.
Beide Werthe beziehen sich auf die Producte: Flüssiges Wasser, gasförmige Kohlensäure und schweflige Säure.