

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 vorgepflanzten 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, verbrannt 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.

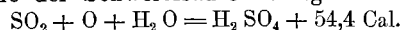
nimmt dieselben jede Minute vor. Nach Ablauf der sechsten Minute zündet man, der Ausgleich ist meist nach drei Minuten erreicht, man beobachtet dann noch fünf Minuten das Fallen der Temperatur. Aus den Beobachtungen berechnet man nach folgender abgekürzter Formel²¹⁾ die Correctur für Abkühlung:

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

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

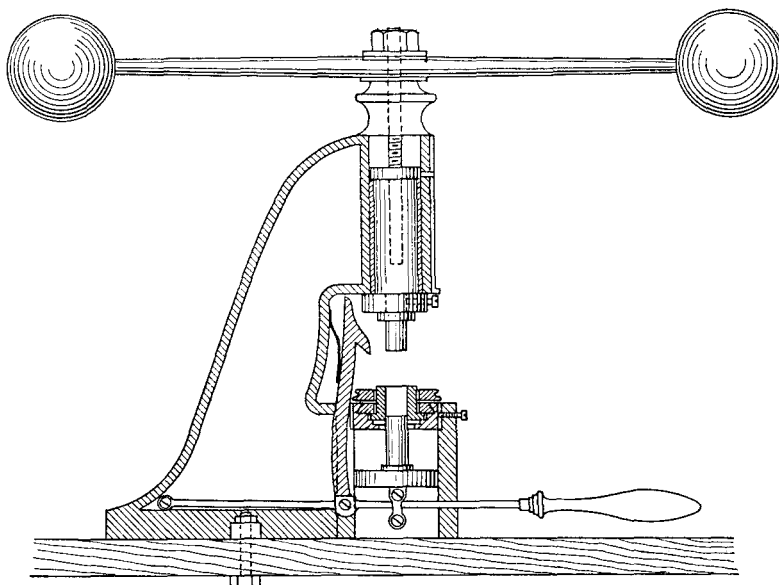


Fig. 9.

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 Titriren 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 titirt 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 Sodaauslösung, 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-Sulfaminbenzoesäureanhydrid). 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

$$v = -0,0022$$

$$v^1 = +0,0004 \quad \Sigma \Delta t = +0,0003$$

$$n = 3$$

$$\text{Endtemperatur corrigirt } 16,1883^\circ$$

$$\text{Anfangstemperatur } 14,870^\circ$$

$$\text{Temperaturerhöhung } 1,3183^\circ$$

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

Titirt 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	3572,6 cal.
" " 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 thatsächlich 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 Gesamtwasserstoff, 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 Heizversuchstation München 1882, S. 10 Anm.

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		Auf 1000 C. kommen disponibl. Wasserstoff		
	In 100 Theilen Rohkohle sind enthalten								Koks- ausbeute	fixen Kohlenstoff	flüchtige Be- standtheile	100 Theile Rohkohle enthaltene brennbare Substanz	100 Theile wasser- und aschefreie Substanz enthalten					fixer Kohlenstoff	flüchtige Be- standtheile			
	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	—	—	[3852 ²⁵⁾	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.																						
α) 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	26,04	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	0,97	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	54,31	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	18,67	25,37	44,04	66,93	5,96	0,85	3,29	22,97	6796	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	42,23	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	5,45	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	2,83	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	0,39	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	6931	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	6,28	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	7225	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	51,05	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	23,13	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													

No.	Zusammensetzung der Rohkohle							Calorimetrischer Heizwerth W. E.	100 Theile Rohkohle geben				100 Theile Rohkohle enthalten brennbare Substanz	Zusammensetzung der Reinkohle						Für 100 Th. Reinkohle berechn. sich		Auf 1000 C kommen disponibl. Wasserstoff
	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	Asche A		Koks ausbeute	fixen Kohlenstoff	flüchtige Bestandtheile	Kohlenstoff		Wasserstoff	Stickstoff	Schwefel	Sauerstoff	Verbrennungswärme	fixer Kohlenstoff	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	17,39	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	19,31	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	53,32	40	
Pyropissit 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. Briquettes.

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

1	52,34	4,30	—	1,12	20,94	12,96	8,34	4873	41,30	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	4,21	—	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	32,25	47,74	79,99	70,98	6,08	0,85	4,47	17,62	7097	40,32	59,68	55
23	57,61	4,92	0,66	3,62	14,23	8,96	10,00	5442	42,62	32,62	48,42	81,04	71,09	6,07	0,81	4,47	17,56	7113	40,25	59,75	54
24	49,76	4,06	0,51	1,83	13,03	22,91	7,90	4625	36,22	28,32	40,87	69,19	71,92	5,87	0,74	2,64	18,83	7200	40,93	59,07	49

β) Westpreussen.

25	45,51	3,79	0,55	0,83	16,49	20,07	12,76	4064	41,95	29,19	37,98	67,17	67,76	5,63	0,82	1,24	24,55	6535	43,45	56,55	38
26	51,80	4,24	0,66	0,68	19,62	13,61	9,39	4823	44,67	35,28	41,72	77,00	67,27	5,51	0,85	0,88	25,49	6667	45,82	54,18	35

γ) Rheinprovinz.

27	49,78	3,33	0,46	2,18	22,94	15,15	6,16	4431	48,30	42,14	36,55	78,69	63,26	4,23	0,58	2,77	29,16	5975	53,55	46,45	8
----	-------	------	------	------	-------	-------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------	-------	------	-------	-------	---

No.	Zusammensetzung der Rohkohle							Calorimetrischer Heizwerth W.-E.	100 Theile Roh- kohle geben			100 Theile Rohkohle enthalten brennbare Substanz	Zusammensetzung der Reinkohle					Für 100 Th. Reinkohle berechn. sich		Auf 1000 C kommen disponib. Wasserstoff
	In 100 Theilen Rohkohle sind enthalten												100 Theile wasser- und aschefreie Substanz enthalten							
	C	H	N	S	O	W	A		Koks- ansaube	fixen Kohlenstoff	flüchtige Be- standtheile		Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Schwefel	Sauerstoff	Ver- brennungs- wärme	fixer Kohlenstoff	

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. α) 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	8,30	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	61,33	38,67	54
15	70,24	4,90	1,73	1,12	5,81	10,89	5,31	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	25,28	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	85,33	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. α) 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	100 Theile Roh- kohle geben			Zusammensetzung der Reinkohle					Für 100 Th. Reinkohle berechn. sich		Auf 1000 C. kommen disponibl. Wasserstoff
	In 100 Theilen Rohkohle sind enthalten								Kohl- asche	fixen Kohlenstoff	flüchtige Be- standtheile	100 Theile wasser- und aschefreie Substanz enthalten					fixer Kohlenstoff	flüchtige Be- standtheile	
	Kohlen- stoff C	Wasser- stoff H	Stick- stoff N	Schwefel S	Sauer- stoff O	Wasser W	Asche A					Kohl- asche	fixen Kohlenstoff	flüchtige Be- standtheile	Kohlenstoff	Wasserstoff			

E. Anthracit. a) 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	3,09	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

2. Steinkohlenkoks. α) Provinz Sachsen.

1	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.

1	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 Kohlen-
substanz ist uns noch ganz unbekannt. Wir
wissen nur, dass die Kohlen umgewandelte
Holzsubstanz darstellen. Aus den vorlie-
genden Tabellen sehen wir, wie mit allmäh-
lich vorschreitender Verdichtung der Kohlen-
substanz 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 noth-
wendige Folge davon ist, dass die flüchtigen
Bestandtheile der Kohlesubstanz, welche aus
Kohlenwasserstoffen und Sauerstoffverbindun-
gen bestehen, bei der Cellulose am höchsten und
beim Anthracit am niedrigsten sein müssen,
96 Proc. gegen ca. 10 Proc. Bei ein und der-
selben 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 disponible 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 disponiblen Wasserstoff.

Diese Schweißkohle par excellence, welche
getrocknet röthlich-gelb aussieht, wird jetzt
nicht mehr gefunden, ich verdanke eine
kleine Probe der Liebesswürdigkeit des Herrn
Dr. Höland, Ammendorf bei Halle. Für
jetzige Verhältnisse stellt die Kohle 49 mit
73 Proc. flüchtigen Bestandtheilen schon eine
sehr gute Schweißkohle dar. Während wir
bei Destillation von Braunkohlen mehr Para-
fine 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 Molecülaggregate, diese Aggregate müssen zunächst in Molecüle zerlegt werden, dann müssen die Molecüle in den gasförmigen Zustand übergeführt und in Atome gespalten werden. Die freien Atome von Kohlenstoff oder Wasserstoff vereinigen sich dann mit Sauerstoff zu gasförmigen Verbrennungsproducten. Die bei der Verbrennung entwickelte Wärmemenge ist also gleich der Wärmeabsorption, die man bei der Zerlegung der Molecüle 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 Molecüle 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 Molecülaggregate 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 Molecüle. 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 Kohlesubstanz 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

Laurinsäure $C_{12}H_{24}O_2 = 1771,8$ Cal. pro Mol.
Behensäure $C_{22}H_{44}O_2 = 3338,3$ - - -

Differenz $10 CH_2 = 1566,5$
oder $CH_2 = 156,6$
oder Hexamethylbenzol $C_{12}H_{18} = 1712,2$
Benzol C_6H_6 = 777,3
 $6 CH_2$ = 934,9
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 abnormen Verhältnissen absehen, z. B.

Dextrose $C_6H_{12}O_6 = 673,7$ Cal.
Mannit $C_6H_{14}O_6 = 727,9$ -
 H_2 54,2 -
Hexahydrobenzol $C_6H_{12} = 939,1$ Cal.
Hexan C_6H_{14} 993,9 -
 H_2 54,8 -

Als Mittelwerth können wir 54 annehmen.

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

Wir haben also bis jetzt die Werthe:

C = 102 Cal. pro Mol. oder $= \frac{102}{12} \cdot 1000$
= 8500 cal. pro Gramm
 $H_2 = 54$ Cal. pro Mol. oder $= \frac{54}{2} \cdot 1000$
= 27 000 cal. pro Gramm.

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

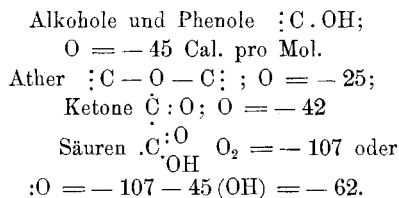
Methan $CH_4 = CH_2 + H_2 = 102 + 108 = 210$, gefunden 209,9.

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

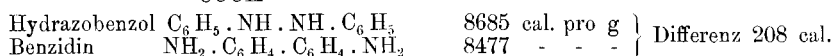
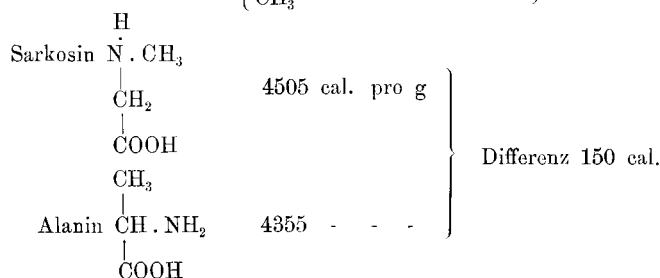
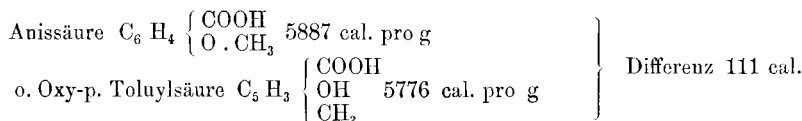
Nicht so einfach liegt die Sache beim Sauerstoff. Bei der Destillation von Kohlen erhalten wir Alkohole, Phenole, Äther, Ketone und Säuren. Betrachten wir einmal den er-

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:



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



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:

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

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-

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:

Es ist deshalb auch nicht auffallend, dass isomere Kohlen, die aus verschiedenen Gruben stammen, oft ganz abweichenden Heizwerth besitzen.

Bei flüssigen Brennstoffen muss man die Schmelzwärme berücksichtigen, wenn man obige Zahlen für C und H benutzen will. Für Koks oder Holzkohle ist selbstverständlich die Zahl 8500 für C viel zu hoch.

Wem es auf Differenzen bis zu 1600 W.-E. nicht ankommt, der kann auch den Heizwerth nach H. v. Jüptner aus der Koks- ausbeute berechnen²⁸⁾. Der Schwefel wird dabei überhaupt nicht berücksichtigt, weil derselbe im höchsten beobachteten Falle eine Differenz von „nur“ 186 Calorien giebt. H. v. Jüptner führt zum Beweis der Richtigkeit seiner Constanten 94 Analysen mit calorimetrisch bestimmtem Heizwerth von Alexejew, Fischer, Lord und Haas, Mahler, Miklaschewski, Muck, Noyes, Taggart und Craver, Thomsen, W. Meunier an. Bei 44 von diesen Analysen beträgt die Differenz zwischen calorimetrischem und nach v. Jüptner berechnetem

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

²⁶⁾ s. Tab. I.

²⁷⁾ s. Tab. I.

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 Analysenfehler²⁹⁾.

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 Thonwarenindustrie 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
-	52,76	10,33	36,91	1866	2,92	1,90
Grube Marie b. Bitterfeld	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
Würfelbriquetts 'Industrie' v. Braunkohlenwerk						
Bockwitz, Nieder-Lausitz, Millygrube	14,35	4,48	81,17	4701	7,38	4,80
C. Böhmishe 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- werth	theora- 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, Brûx	27,83	2,91	69,26	4773	7,49	4,87
-	26,53	4,44	69,03	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, Brûx	23,10	2,45	74,45	5079	7,97	5,18
-	23,00	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
-	26,51	5,72	67,77	4725	7,42	4,82
Julius-Schacht, Brûx	36,87	5,37	57,76	3811	5,98	3,89
Elisabeth-Schacht, Ullersdorfer Revier	32,72	5,18	62,10	4208	6,61	4,29
Amalia-Schacht, Bilin	33,32	3,59	63,09	4168	6,54	4,25
Franziska-Schacht	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 Triebsschütz 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	6,23
-	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. Nutzeffect
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	7,01
Morgenstern Waschklarkohle	15,66	9,30	75,04	5842	9,17	5,96
-	17,47	9,11	73,42	5559	8,73	5,67
Zwickauer Kohle ohne Bezeichnung	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
Arnimisches 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
- Kokskohle	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
-	11,30	3,64	85,06	6713	10,54	6,85
Kgl. Steinkohlenwerk Oppel-Schacht, Zaukerode	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	gefrittet 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
Böhmische 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 6 Proc., also für Rohkohle $\frac{42,32 \cdot 6}{100} = 2,54$ Proc. Der Werth $9H + W$ ist $= 9 \times 2,54 + 54,51 = 77,37$ und die Verdampfungswärme $\frac{77,37 \cdot 600}{100} = 464$ 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
	<u>100,00</u>

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
	<u>100,00</u>

3. Verkokung im Tiegel.

Die Rohkohle giebt:	22,88 Proc. Koksasbeute	
Sie enthält daher:	Fixen Kohlenstoff	19,07
	Flüchtige Bestandtheile	21,60
	Wasser	55,52
	Asche	3,81
		<u>100,00</u>

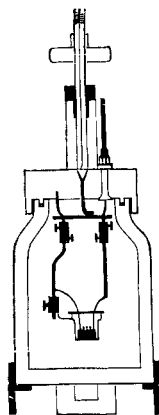


Fig. 10.

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 Wärmeentwicklung sind abzuziehen: Die von der Zündung herrührende Wärme, die Bildungs- und Verdünnungswärme von Salpetersäure (entsteht bei der heftigen Verbrennung aus dem im käuflichen 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 } { Salpetersäure . 15,4 }	25,6 - 10,2 } 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,		
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.	463 -
Correctur für verdünnte Schwefelsäure reducirt auf gasförmige schweflige Säure	17 -	
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. Vergleichswerthe.

- 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	<u>25,94</u>
	100,00
- Auf 1000 Theile Kohlenstoff berechnen sich:

Gesamtwasserstoff	76
davon kann der vorhandene Sauerstoff binden	47
also sogen. disponibler Wasserstoff	29
- Die Verbrennungswärme der wasserfreien Substanz berechnet sich zu 5883 cal.
die Verbrennungswärme der wasser- und aschefreien Substanz berechnet sich zu 6434 -
Beide Werthe beziehen sich auf die Producte: Flüssiges Wasser, gasförmige Kohlensäure und schweflige Säure.