universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Die chemische Technologie der Brennstoffe

Chemischer Theil

Fischer, Ferdinand

1897

Brennstoffe

urn:nbn:at:at-ubi:2-3644

Brennstoffe.

Brennstoffe im technischen Sinne nennt man alle die Stoffe, welche sich unter Licht- und Wärmeentwickelung mit dem atmosphärischen Sauerstoff vereinigen, d. h. verbrennen. Die wichtigsten festen Brennstoffe sind Holz, Torf, Braunkohle, Steinkohle; anhangsweise sind Stroh und Rinderdung zu erwähnen. Fette dienen fast nur als Leuchtstoffe; auch die fetten Oele, Erdöle, Theer u. dergl. flüssigen Brennstoffe dienen nur in beschränktem Maße als Heizstoffe.

Holz.

Holz ist der am längsten verwendete Brennstoff [1]), dessen Bedeutung neuerdings in den Culturstaaten durch die Kohle wesentlich eingeschränkt ist. Ueber die Wälder Europas werden folgende Angaben gemacht [2]):

	Gesammtfläche in 1000 ha	Forstungen und Holzungen in 1000 ha	Procente der Gesammtfläche
Europäisches Rußland . . .	551 964	200 000	36,9
Schweden	44 282	17 569	39,7
Deutschland	54 060	13 900	25,7
Oesterreich	30 002	9 777	32,5
Frankreich	52 840	9 388	17,7
Ungarn	32 311	9 168	28,4
Spanien	49 724	8 484	17,0
Norwegen	31 820	7 806	24,5
Italien	29 632	3 656	12,3
Rumänien	13 140	2 000	15,2
England	31 495	1 261	4,0
Serbien	4 859	969	19,9
Griechenland	6 469	850	13,1
Schweiz	4 139	781	18,9
Belgien	2 496	498	19,6
Portugal	8 962	471	5,3
Holland	3 297	230	7,0
Dänemark	3 957	190	4,8
	955 449	286 998	30,0

[1]) Holz als Baumaterial vergl. A. Mayer, Chemische Technologie des Holzes als Baumaterial (Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn) 1872; M. Paulet, Traité de la Conservation des bois (Paris 1876); R. Gottgetreu, Physische und chemische Beschaffenheit der Baumaterialien (Berlin 1880); Nördlinger, Die technischen Eigenschaften der Hölzer. — [2]) Fischer's Jahresber. 1888, 157.

Nach Chevandier beträgt der jährliche Zuwechs für 1 ha Bodenfläche im Schwarzwalde (Durchforstungsholz ungerechnet) 2900 kg trockenes Eichenholz, oder 3394 kg trockenes Fichtenholz, in den Vogesen 3650 kg Buchenholz. Danach ergeben sich für Deutschland jährlich etwa 50 Mill. Tonnen Holz, wovon etwa 40 Mill. Tonnen früher oder später verbrannt werden.

Holz besteht wesentlich aus secundärem Xylemgewebe, und nur im Innern bleibt ein verschwindender Rest von Mark, aus Grundgewebe bestehend, zurück, in welchem noch die primären Xylembündel getrennt eingelagert sind. Das Xylemgewebe des Cambiums unserer Bäume besteht wesentlich aus

Fig. 285.

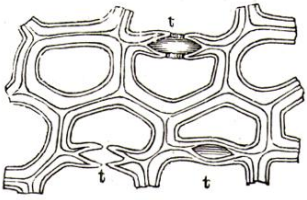


Fig. 286.

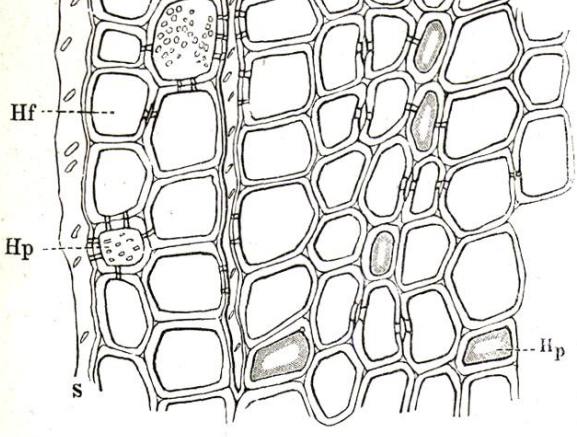
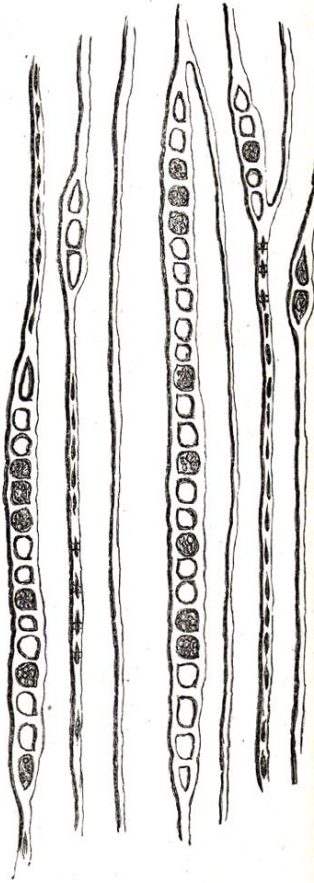


Fig. 286.



Mikroskopische Schnitte durch das Holz der Fichte (Abies pectinata). A. Querschnitt, 200fache Vergr.; B. Tangentialschnitt, 75fache Vergr.; *S* Markstrahlen; *G* getüpfelte Holzzellen; *Hp* Holzparenchym.

langgestreckten prosenchymatischen Zellen, deren Längsrichtung parallel der Achse des betreffenden Stammtheiles läuft. Dazwischen finden sich bei unseren Coniferen sehr schmale Markstrahlen, während bei den Laubhölzern breitere Strahlen vorkommen, und dadurch dem Holzgewebe verschiedenen

Charakter verleihen. Noch mehr unterscheiden sich die Nadel- und Laubhölzer durch die Tüpfelzellen. Bei diesen blieben nur kleine punktförmige Stellen, Tüpfel genannt, von der Verdickung ausgeschlossen; ist die Membran sehr verdickt, so bilden diese Stellen Tüpfelkanäle; die gehöften Tüpfel der Nadelhölzer erscheinen, von der Fläche gesehen, von einem weiten Hofe umgeben. Die Tüpfel stehen nämlich immer an derselben Stelle, wo in der Nachbarzelle ein solcher sich befindet; bei den gehöften sind nur die beiden entsprechenden Tüpfel nicht von der ursprünglichen Membran verschlossen, sondern haben einen offenen linsenförmigen Raum zwischen sich, so daß die Membran hier wirklich durchbrochen ist, und die Zellhöhlen mit einander in Verbindung stehen. Fig. 285 zeigt solche Zellen mit durchschnittenen gehöften, mit *t* bezeichneten Tüpfeln. Bei den Coniferen besitzen nur die prosenchymatischen Holzzellen sehr schöne, kreisrund ausgebildete Tüpfel, die sich auf den den Markstrahlen zugekehrten Wandungen befinden und daher sichtbar sind, wie Fig. 286 zeigt, welche das Bild eines Quer- und Tangentialschnittes von Fichte (Abies pectinata) darstellt. Die Tüpfel bei den Laubhölzern sind weit unregelmäßiger von Vorkommen, Gestalt und Anordnung; Fig. 287 (a. f. S.) zeigt die mikroskopischen Schnitte durch das Holz der Buche (Fagus silvatica).

Alle Zellbildungen, hervorgegangen aus dem protoplasmareichen Cambium, verlieren bald ihren stickstoffhaltigen Inhalt und damit ihre Fähigkeit zu wachsen, sich zu theilen und überhaupt Neubildungen zu vollziehen, und bilden in diesem Zustande das fertige Holz. Von da bilden die Zellen nunmehr ein ausgedehntes capillares Röhrensystem, welches die Aufgabe übernimmt, das Wasser von der Wurzel in die Krone des Baumes hinaufzuleiten. Die langgestreckten, oben und unten sich spindelförmig schließenden dickwandigen, aber dennoch hohlen Zellen, sind in ihrem Durchmesser bei den meisten unserer Holzarten so gering, daß ihr Hohlraum auf einem feinen Querschnitt weder mit bloßem Auge, noch mit der Lupe erkannt werden kann; am ehesten ist dies der Fall bei Ahorn, Erle, Weide. Die Holzzellen bei den Nadelhölzern sind im Allgemeinen deutlicher erkennbar, bei einigen werden sie einem scharfen Auge, in den meisten Fällen durch die Lupe, deutlich erkennbar. Das dem Auge sichtbare Gefüge des Holzes nennt man im gewöhnlichen Leben Holzfaser.

In der Mitte des Baumstammes steht das Mark, welches bei älteren Bäumen oft vollständig verschwindet; von diesem oder in einiger Entfernung von demselben laufen strahlenförmig nach allen Seiten des Umfanges, häufig bis in die Rinde sich fortsetzend, die Markstrahlen. Dieselben bilden auf dem Querschnitte, der Hirnseite des Holzes, grobe oder feine schwachglänzende Linien; nach den Radien des Stammes gespaltenes Holz zeigt dagegen die Markstrahlen auf ihrer platten Seite als mehr oder weniger breite Streifen, die sich vom Mittelpunkte zur Rinde ziehen und sich durch Glanz und Färbung von der umgebenden Holzmasse unterscheiden. Die Holzarbeiter nennen deshalb das den Markstrahlen nach gespaltene, durch seine Markstrahlen glänzende (spiegelnde) Holz Spiegelholz und die Markstrahlen selbst Spiegel, und die Fläche, in der sie verlaufen, Spiegelfläche (Fig. 288 a. S. 417). Die Markstrahlen sind bei einigen Holzarten bis zu 30 cm hoch, bei anderen

kaum sichtbar bis zu 2 mm hoch, bei einigen 1 mm breit, bei anderen nur 0,15 mm.

Das Holzgewebe, welches zwischen den Markstrahlen sich befindet, lagert sich in kreisförmigen Jahresringen um das Mark oder den Mittelpunkt des Stammes ab, indem auf die ältesten Schichten gegen außen die nächst

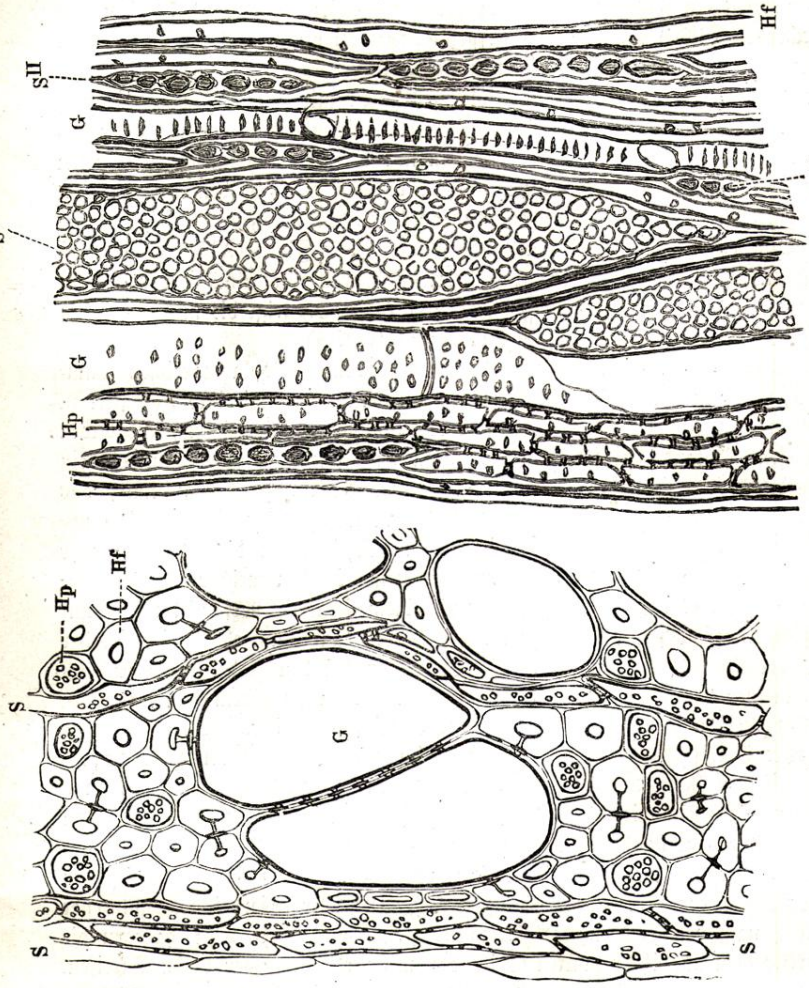


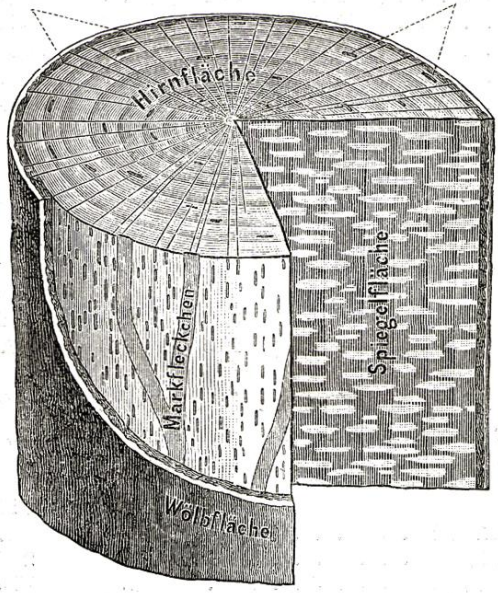
Fig. 287. Mikroskopische Schnitte durch das Holz der Rothbuche (Fagus silvatica). Querschnitt A 200fache Vergr., Tangentialschnitt B 100fache Vergr.; G getüpfelte Holzgefäße; S Markstrahlen und zwar S' breitere, S'' schmälere; Hp Holzparenchym; Hf starke verdickte Holzfasern. (Nach Dippel.)

jüngeren folgen und so fort bis zur Rinde, unter welcher die jüngsten Holzgewebe liegen und sich hier in der sog. Cambiumschicht (Bast) stets von neuem bilden, so daß die Zunahme jedes Baumstammes zwischen der Rinde und dem jüngsten Holze stattfindet. Es legen sich somit alle Jahre um den Stamm neue Schichten an, und werden so viele concentrische Ringe erzeugt als

der Baum Jahre zählt; da aber auch ein allmähliches Wachsen des Baumstammes in die Höhe stattfindet, so bildet jeder Holzring einen gestreckten Kegel, welcher von denen der folgenden Jahre vollkommen überdeckt und eingeschlossen wird. Bei einigen Holzarten finden sich charakteristisch längliche Markflecken, die ihre platten Seiten stets dem Kerne oder der Rinde zukehren und lediglich Markwiederholungen sind.

Die Rinde um einen Baumstamm bildet sich durch starke Verdunstung der Oberhaut (Epidermis), die vielen Zellsaft zur beschleunigten Ablagerung bringt und nach und nach die sog. echte Cuticula bildet, die durch ihre in-

Fig. 288.



Querschnitt durch einen Baumstamm mit seiner Spiegelfläche, seinen Markstrahlen und Markflecken. (Nach Nördlinger.)

crustirenden Substanzen und ihre wachsende Dicke mehr oder weniger undurchdringlich für Flüssigkeiten wird.

Der wichtigste Bestandtheil des Holzes ist der Zellstoff oder die Cellulose, $C_6H_{10}O_5$, in welchen die incrustirenden Stoffe (Lignin, Holzgummi u. s. w.) eingelagert sind.

Nach F. Schulze[1]) wird bei der Behandlung des Holzes mit Natronlauge ein Theil der Cellulose gelöst, nach H. Tauß[2]) schon beim Erhitzen mit Wasser. G. Lange[3]) erhitzt die Holzprobe mit Kalilauge; er fand an reiner Cellulose in Eichenholz 56 Proc., Buchenholz 53 Proc., Tannenholz 50 und

[1]) Liebig's Ann. **146**, 130. — [2]) Fischer's Jahresber. 1889, 1. — [3]) Zeitschr. physiol. Chem. **14**, 283; Fischer's Jahresb. 1890, 1.

Torf 44 Proc. H. Müller[1]) kocht die Holzprobe mit Wasser, behandelt mit Alkohol und Benzol, um Fett, Wachs, Harz u. dergl. zu lösen, extrahirt dann mit Ammoniak Farbstoff und pectoseartige Stoffe und behandelt mit Brom, um die Cellulose rein zu gewinnen. Er fand so:

Holzarten	Wasser	Wasser-extract	Harz	Cellulose	Incrust. Stoffe
Birken	12,48	2,65	1,14	55,52	28,21
Buchen	12,57	2,41	0,41	45,47	39,14
Buchsbaum	12,90	2,63	0,63	48,14	35,70
Ebenholz	9,40	9,99	2,54	29,99	48,08
Eichen	13,12	12,20	0,91	39,47	34,30
Erlen	10,70	2,48	0,87	54,62	31,33
Guajak	10,88	6,06	15,63	32,22	35,21
Kastanien	12,03	5,41	1,10	52,64	28,82
Kiefern	12,87	4,05	1,63	53,27	28,18
Linden	10,10	3,56	3,93	53,09	29,32
Mahagoni	12,39	9,91	1,02	49,07	27,61
Pappel (Schwarz-)	12,10	2,88	1,37	62,77	20,88
Tannen	13,87	1,26	0,97	56,99	26,91
Teak	11,05	3,93	3,74	43,12	38,16
Weiden	11,66	2,65	1,23	55,72	28,74

Th. Thomsen[2]) bezeichnet den in verdünnter Natronlauge löslichen Bestandtheil der incrustirenden Stoffe des Holzes mit Holzgummi, dessen Formel $C_6H_{10}O_5$; 100 Thle. Holz enthielten an Holzgummi:

	Peripherie	Mitte
Birke, alt	13,9	19,7
Birke, jung	24,9	26,4
Buche, alt	8,2	15,9
Buche, jung	11,9	11,3
Buche, jung	13,8	15,9
Eiche	(14,4)	10,7
Esche	9,7	10,7
Kirschbaum	19,3	15,4
Ulme	8,9	12,0

Nach F. Koch[3]) findet sich Holzgummi nur im Holze der Laubbäume, nicht in dem der Nadelhölzer. Dagegen fand A. Wieler[4]) für Pinus silvestris:

---

[1]) Hofmann, Wiener Ausstellungsbericht S. 27. — [2]) Journ. prakt. Chem. **19**, 146. — [3]) Fischer's Jahresb. 1887, 1. — [4]) Ebend. 1886, 1056.

Bestandtheile	Kernholz Proc.	Splintholz Proc.	Rinde Proc.
Durch Wasser extrahirt	6,99	3,31	42,43
„ Alkohol	4,41	2,87	3,69
Metarabinsäure	0,75	1,20	2,18
Sonstige in 0,1proc. NaOH löslich	2,56	2,38	1,84
Durch 1proc. NaOH löslich	2,57	4,66	4,32
Holzgummi	10,99	16,07	6,35
Sonstige durch 10proc. NaOH löslich	—	—	4,72
Durch Chlorwasser löslich	55,51	58,21	26,24
Cellulose aus dem Lignin-Rückstand ber.	22,77	23,85	7,35
Asche	0,78	0,37	0,77
Summe	107,33	112,82	99,89
Directe Cellulosebestimmungen	37,63	42,72	20,07
	39,11	38,98	22,01
	28,01	37,5	17,43

Die genaue Rindenanalyse ergab folgende Bestandtheile:

			Proc.
Davon ausziehbar durch			
Petroläther			4,59
Aether			2,79
Wasser			42,43
Davon wurden bestimmt als			
Gerbsäure	2,94	Proc.	
Andere durch Bleiacetat fällbare Stoffe	1,88	„	
Traubenzucker	2,96	„	
Saccharosen	6,49	„	
Gummi	2,17	„	
Metarabinsäure			2,18
Sonstige durch 0,1proc. NaOH ausziehbare Stoffe (vielleicht Eiweiß)			1,84
Stärke			6,25
Durch 1proc. NaOH lösliche Stoffe			4,32
Holzgummi			6,35
Pararabin			1,67
Calciumoxalat			2,09
Eiweißkörper			?
Durch Chlorwasser löslich (Lignin)			22,48
Cellulose aus dem Lignin-Rückstand ber.			7,35
Asche			0,77
			105,11

Harzgehalt befördert die Brennbarkeit des Holzes; Hampel[1]) fand durch Behandeln mit 90proc. Alkohol:

[1]) Mittheilungen d. technol. Gewerbemuseums 1882, 87.

	Proc.
Taxus baccata *L.*	7,514
Abies excelsa *D. C.*	2,734
Larix europaea *D. C.*	1,807
Pinus silvestris *L.*	1,744
Acer Pseudoplatanus *L.*	1,69
Fraxinus excelsior *L.*	1,47
Fagus silvatica *L.*	1,44
Betula alba *L.*	1,167

Wesentlich ist der Wassergehalt des Holzes, welcher nach Jahreszeit und Holzart ungemein verschieden ist und den Brennwerth des Holzes entsprechend herabdrückt (vergl. S. 425). Im Frühjahr ist der Wassergehalt allgemein höher als im Herbst und Winter, in den Aesten höher als im Stamm. Schubler und Hartig fanden folgenden Wassergehalt für frisches Holz:

	Schubler und Hartig Proc.	Hartig Proc.	Verschiedene Beobachter Proc.
Hainbuche oder Weißbuche (Carpinus betulus)	18,6	37	22 bis 41
Weide (Salix caprea)	26,0	42	30 „ 49
Ahorn (Acer Pseudo-platanus)	27,0	34	30 „ 36
Esche (Fraxinus excelsior)	28,7	27	14 „ 34
Birke (Betula alba)	30,8	47	24 „ 53
Eiche (Quercus pedunculata)	35,4	35	22 „ 39
Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum)	38,2	48	37 „ 52
Buche (Fagus silvatica)	39,0	39	20 „ 43
Kiefer (Pinus silvestris)	39,7	61	15 „ 64
Erle (Alnus glutinosa)	41,6	50	33 „ 58
Ulme (Ulmus campestris)	44,5	34	22 „ 44
Fichte (Abies excelsa)	45,2	56	11 „ 57
Linde (Tilia europaea)	47,1	52	36 „ 57
Lärche (Larix europaea)	48,6	50	17 „ 60
Schwarzpappel (Populus nigra)	51,8	52	43 „ 61

Die zweite Spalte enthält die Durchschnittswerthe der Hartig'schen Bestimmungen für die einzelnen Monate, wobei aber die Hölzer nur bis gut lufttrocken gebracht waren, so daß diese Werthe thatsächlich noch 10 bis 12 Proc. zu niedrig sind; die dritte Spalte desgleichen Grenzwerth anderer Beobachter[1]).

Die Untersuchungen der Forstakademie zu Eberswalde[2]) mit dem Holz der Fichte (und zwar dem Stammtheil 1,4 bis 4 m über dem Boden) ergaben, daß zwar der Splint wasserreicher ist als der Kern, daß aber das Verhältniß zwischen dem Wassergehalte in beiden Theilen außerordentlich schwankt und einigermaßen constante Zahlen nur in der Summe des Wassergehaltes vom ganzen Stammtheil (also vom Kern und Splint) erhalten wird. Der Wasser-

[1]) Vergl. Nördlinger, Die technischen Eigenschaften des Holzes, S. 65. — [2]) Fischer's Jahresber. 1883, 1200.

gehalt des Holzes, welcher bis zum Eintritt der Lufttrockenheit abgegeben wird, schwankt von 36 bis 44 Proc. des Gewichts bei der Fällung. Eine gesetzmäßige Folge ist nicht vorhanden, vielmehr die Reihenfolge der Monate folgende: Mai (Minimum), Juli, December, Juni, Februar, März, August, October, September, November, Januar, April (Maximum). Der Wassergehalt des lufttrockenen Holzes ist geringen Schwankungen unterworfen und geht nur von 10 Proc. auf 12 Proc. Die Monate folgen dabei in dieser Weise: October, (Minimum), Juli, August, September, Mai, März, Juni, November, Januar, April, Februar, December (Maximum), lassen also nur undeutlich die Sommermonate an den Anfang, die Wintermonate an den Schluß der Reihe treten. Die chemische Untersuchung ergab, daß auf Grund der chemischen Zusammensetzung ein wahrscheinliches Resultat über die etwaige größere oder geringere Dauer der in den einzelnen Monaten gefällten Hölzer zunächst noch nicht gezogen werden konnte. Kern und Splint zeigten überall wesentliche Unterschiede und ließen die geringere Dauerhaftigkeit des letzteren erklärlich finden. Die ausgeführten Festigkeitsversuche mit zehn Jahre lang im Freien und unter Dach aufbewahrten Holzproben ließen einen bestimmten Einfluß der Fällzeit nicht erkennen.

Versuche über die Wasseraufnahme von trockenem Holz wurden von Weißbach[1]), Maumené[2]) u. A. ausgeführt. F. Schödler[3]) fand, daß 1 qdc Hirnfläche Tannenholz in fünf Tagen 73 bis 129 g Wasser aufnahm, von der Sehnenfläche aus nur 11 g. Maumené fand, daß 100 Thle. trockenes Holz 9,37 bis 174,86 Thle. Wasser aufsaugen können, während das im gewöhnlichen Holze enthaltene Wasser von 4,61 bis 13,56 schwankte.

Beim Trocknen zieht sich das Holz zusammen, es schwindet. Nach Nördlinger beträgt die Größe des Schwindens beim Trocknen: I. nach der Richtung der Fasern, II. nach der Richtung des Stammhalbmessers, III. nach der Richtung senkrecht auf die Ebene der Spiegel in Procenten bei:

	I.	II.	III.		I.	II.	III.
Weißbuchen . .	0,21	6,82	8,00	Eschen	0,26	5,35	6,90
Rothbuchen . .	0,20	5,25	7,03	Espen	0,0	3,97	3,33
Feldahorn . .	0,0	2,03	2,97	Sahlweiden .	0,0	2,07	1,90
Ulmen	0,05	3,85	4,10	Linden	0,10	5,73	7,17
Ahorn	0,11	2,06	4,13	Föhren	0,0	2,49	2,87
Birken	0,50	3,05	3,19	Fichten	0,0	2,08	2,62
Eichen	0,0	2,65	4,10	Erlen	0,30	3,16	4,15

J. A. Frey[4]) verwandte mittelstarke, 75- bis 100jährige Stämme, welche anfangs Januar 1877 gefällt wurden. Der Wald war an einem Nordwestabhange, bei 750 bis 800 m über dem Meere gelegen. Etwa 60 cm über dem Stocke wurden Stücke von passender Länge abgesägt und hierauf sofort von jeder Holzart acht vollkommen genau gearbeitete Cubikdecimeter-Würfel hergestellt. Diese wurden gewogen, aus den acht Wägungen wurde das mittlere Gewicht von 1 cbdc und hieraus das specif. Grüngewicht für jede Holzart

[1]) Polyt. Journ. 99, 315. — [2]) Compt. rend. 87, 943. — [3]) Gewerbeblatt für Hessen 1879, 817. — [4]) Mitth. technol. Gewerbemus. 1883, 108.

Holzart	Grün	Sommertrocken	Abgetrocknet	Ausgetrocknet		Dürr		Verkohlt	
	Specif. Gew.	Specif. Gew.	Absolutes Gew. g	Specif. Gew.	Gew.-Verlust Proc.	Specif. Gew.	Gew.-Verlust Proc.	Specif. Gew.	Gew.-Verlust Proc.
Eiche	1,0745	0,9852	858	0,804	29,1	0,766	38,2	0,387	76,7
Esche	0,8785	0,8304	769	0,771	19,6	0,746	29,1	0,371	77,9
Buche . . .	1,0288	0,8160	756	0,747	33,5	0,700	41,7	0,319	82,3
Kiefer . . .	0,8734	0,7828	672	0,678	27,6	0,662	37,7	0,351	80,1
Ulme	0,9166	0,7502	626	0,635	35,5	0,595	42,6	0,284	81,9
Eibe	0,9030	0,7106	686	0,696	24,6	0,642	35,3	0,262	76,2
Ahorn . . .	0,9210	0,7044	674	0,637	33,1	0,604	40,3	0,247	81,4
Aspe	0,8809	0,6398	481	0,515	46,1	0,463	54	0,179	86,3
Lärche . . .	0,7633	0,6112	573	0,607	27,3	0,560	34,3	0,238	77,1
Weißtanne .	0,8041	0,5878	544	0,529	37,3	0,510	43,8	0,214	81
Linde . . .	0,7690	0,5810	483	0,505	41,6	0,484	47,7	0,240	84,1
Fichte . . .	0,5266	0,4931	465	0,487	13,1	0,457	23,1	0,193	73,3

Holzart	Procent. Schwindung								
	Ausgetrocknet			Dürr			Verkohlt		
	Achsial	Radial	Gesammt	Achsial	Radial	Gesammt	Achsial	Radial	Gesammt
Eiche	0,0	3,1	6,1	0,2	6,8	13,3	6	17	35,2
Esche	0,0	4,3	8,4	0,0	8,6	16,5	7	25	47,7
Buche . . .	0,0	4,3	8,4	0,0	7,5	14,4	6,5	22	43,1
Kiefer . . .	0,0	3,4	6,7	0,2	6,9	13,5	9	26,5	50,8
Ulme	0,3	3,4	7,0	0,1	5,9	11,8	9	20	41,4
Eibe	0,0	1,1	2,1	0,5	4,3	8,9	10,5	8	19,6
Ahorn . . .	0,0	1,7	3,4	0,0	4,5	8,9	8,5	13	30,7
Aspe	0,4	3,8	7,8	0,3	6,1	12,1	7	15	32,8
Lärche . . .	0,2	3,4	6,9	0,4	5,2	10,5	8,5	10,5	26,7
Weißtanne .	0,0	2,3	4,6	0,4	5,7	11,4	10	11	28,7
Linde . . .	0,0	5,7	11,1	0,1	8,8	16,9	8	25,5	48,9
Fichte . . .	0,0	3,1	6,1	0,3	5,7	11,3	9	10,5	27,1

berechnet. Von diesen acht Würfeln wurden vier zur Verkohlung bestimmt, welche zugleich auch zur Erhebung der Gewichtsveränderung durch „Abtrocknen“ dienten, und je zwei zum „Austrocknen“ und „Ausdörren“, wobei die Wahl so getroffen wurde, daß das mittlere Gewicht in jeder Gruppe möglichst genau dem allgemeinen Mittelgewichte der Holzart entsprach. Zur Feststellung des Gewichtes des Holzes im „sommertrockenen“ Zustande wurden aus den halbentrindeten, an luftigen Orten nach Wagnerart liegen gebliebenen Resten an-

fangs August noch je zwei Würfel verfertigt. Es erschien die Erhebung des Gewichtes in diesem Zustande deshalb wichtig, weil für mannigfache technische Verwendungen dieser Zustand die Regel ist. Die Abtrocknung wurde erzielt, indem man die zur Verkohlung bestimmten Würfel ohne jede weitere Vorkehrung bis Mitte Juni auf dem Estrichboden liegen ließ. Die Schwindung in diesem Grade der Trockenheit war noch unmeßbar und konnte daher kein specifisches Gewicht, sondern nur das absolute Gewicht erhoben werden. Der Zustand „ausgetrocknet" wurde dadurch erreicht, daß man die betreffenden Würfel in einem Zimmer luftig aufschichtete. Der Raum wurde bis Ende April meist geheizt und anfangs August dürfte der Zustand des Holzes ziemlich dem entsprochen haben, welchen man in der Regel als eine Folge des „jahrelangen Liegens unter Dach" bezeichnet. Zur Herstellung des Zustandes „dürr" wurden zuerst Versuche vorgenommen, das Holz chemisch trocken herzustellen. Da dies mißlang, so brachte man die Würfel anfangs Mai in den Darrraum einer Parquettenfabrik. Die Resultate dieser durch zwei Monate fortgesetzten Darrung bei allmählich steigender Temperatur, welche in den letzten 41 Tagen bis 100° betrug, wurden an Ort und Stelle durch Messungen und Wägungen festgestellt. Zur Verkohlung bediente man sich der Apparate einer Pulverfabrik. Die Würfel wurden in eingemauerten Retorten mittels überhitzter Luft vollständig verkohlt und nach vollendetem Verkohlungs- und Abkühlungsprocesse an Ort und Stelle gemessen und gewogen.

Der Aschengehalt des Kernholzes ist nach H. Zimmermann[1]) erheblich größer als der des Splints; letzterer betrug 0,28 bis 1 Proc., während Kernholz bis 8,8 Proc. Asche enthielt. Nach Moser enthalten 100 Thle. trockenes Holz:

	Asche	Schwefelsäure	Phosphorsäure	Kieselsäure	Chlor	Kali	Natron	Kalk	Magnesia
Roßkastanie	2,8	—	0,59	0,02	0,04	0,55	—	1,43	0,15
Buche	0,5	0,01	0,03	0,03	—	0,09	0,02	0,31	0,06
Eiche	0,5	0,01	0,03	0,01	—	0,05	0,02	0,37	0,02
Lärche	0,27	0,01	0,01	0,01	—	0,04	0,02	0,07	0,07
Kiefer	0,26	0,01	0,02	0,04	—	0,03	0,01	0,13	0,02
Birke	0,26	—	0,02	0,01	—	0,03	0,02	0,15	0,02
Tanne	0,24	0,01	0,01	0,02	—	0,04	0,02	0,12	0,01
Fichte	0,21	0,01	0,01	0,01	—	0,01	0,06	0,10	0,01

Patera[2]), Akermann und Särnström[3]) machen auf den Phosphorsäuregehalt der Holzasche aufmerksam in Rücksicht auf hüttenmännische Zwecke.

[1]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1893, 426; Moser, Chem. f. Land- und Forstwirthe (Wien 1870). — [2]) Wochenschr. d. österr. Ing.- u. Arch.-Ver. 1877, 158. — [3]) Jernkont. Ann. 1888, 303; Fischer's Jahresb. 1889, 2.

Chevandier[1]) fand bei 524 Aschenanalysen den mittleren Aschengehalt des Buchenholzes zu 1,06 Proc., des Kiefernholzes zu 1,04 Proc., des Fichtenholzes zu 1,02 Proc. Patera nimmt den Aschengehalt des Holzes zu 1 Proc., das Ausbringen der Kohle aus den verschiedenen Hölzern zu 20 Proc. an. Der Phosphorgehalt der Buchenholzasche ist im Mittel 2,97 Proc., der Tannen- und Fichtenholzasche 2,15 Proc., der Föhrenasche 3,21 Proc. und der Kiefernholzasche 1,99 Proc. Der Phosphorgehalt beträgt demnach in 100 Thln. Kohle:

Buchenholzkohle	0,1485 Proc.
Tannen- und Fichtenholzkohle	0,1078 „
Föhrenkohle	0,1605 „
Kiefernkohle	0,0995 „
Ostrauer Koks	0,024 bis 0,052.

Akermann fand nun, daß Laubhölzer vier bis fünf Mal so viel Phosphor enthalten als Nadelhölzer, unter welchen letzteren wieder Tanne mehr Asche, aber kaum so viel Phosphor wie Fichte enthält. Außerdem scheint aber noch festzustehen, daß die gleiche Holzart aus einer Gegend wenigstens doppelt so viel Phosphor enthalten kann, als dieselbe aus einer anderen Gegend; daß das Tannenholz der Winterfällung mehr Phosphor enthält als dasjenige der Frühjahrs- oder Sommerfällung; daß die Borke von Fichte und Tanne 12 bis 15 mal so viel Phosphor enthält, als das Stammholz; daß die Zweige der Nadel- und Laubhölzer bedeutend mehr Phosphor enthalten als die Stämme, und daß das Außenholz von Tanne und Fichte mehrere Male mehr Phosphor enthält als das Kernholz, während die Aschengehalte gleich sind.

Dem Eisen kann demnach unter Umständen durch Holzkohle mehr Phosphor zugeführt werden als durch Koks.

Auf die älteren Elementaranalysen verschiedener Hölzer von Schödler und Petersen, Gay-Lussac und Payer sei verwiesen, da sie nach Mayer[2]) nicht zuverlässig sind. Chevandier erhielt im Durchschnitt für Stammholz mit Rinde und Aesten (aschenfrei) bei:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff
Kiefer	51,76	6,12	41,36	0,76
Tanne	51,63	6,11	41,20	1,06
Weide	51,12	6,02	42,00	0,86
Birke	51,05	6,27	41,84	0,84
Eiche	50,42	5,99	42,69	0,90
Erle	50,38	6,26	42,54	0,82
Buche	49,76	6,05	43,31	0,87
Hainbuche	49,46	6,08	43,68	0,78

Gottlieb (vergl. S. 397) und Heintz[3]) fanden für bei 115° getrocknetes Holz:

---

[1]) Compt. rend. 24, 269. — [2]) A. Mayer, Technologie des Holzes, S. 41. — [3]) Brix, Heizkraft der Brennstoffe in Preußen (Berlin 1853), S. 378.

	Holzart	Kohlenstoff Proc.	Wasserstoff Proc.	Stickstoff Proc.	Sauerstoff Proc.	Asche Proc.
nach Gottlieb	Eiche	50,22	5,99	0,09	43,42	0,28
	Esche	49,77	6,26	0,07	43,37	0,53
	Hagebuche	49,48	6,17	0,06	43,77	0,52
	Buche, 130jährig	49,03	6,06	0,11	44,36	0,44
	„ 60 „	49,14	6,16	0,09	44,07	0,54
	Birke	48,88	6,06	0,10	44,67	0,29
	Tanne	50,36	5,92	0,05	43,39	0,28
	Fichte	50,31	6,20	0,04	43,08	0,37
nach Heintz	Eiche	48,94	5,94	—	43,09	2,03
	Buche	46,02	5,86	—	46,94	1,18
	Birke	48,89	6,19	—	44,93	0,99
	Kiefer, alter Stamm	49,87	6,09	—	43,41	0,63
	„ junger „	50,62	6,27	—	42,58	0,53
	Weißbuche	48,08	6,12	—	44,93	0,87

Eine Brennwerthbestimmung des Verf.[1]) von bei 110 bis 115° getrocknetem Eichenholz ergab:

	I.	II.	III.	Mittel
Brennwerth (bezogen auf Wasser)	4740	4729	4751	4740
Brennwerth (bezogen auf Dampf von 20°)	4421	4410	4432	4421

Die Dulong'sche Formel (S. 259) würde nur 4146 *w* und (bezogen auf Wasserdampf von 20° als Verbrennung) = 3827 *w* ergeben, entsprechend der Elementaranalyse:

Kohlenstoff	49,84 Proc.
Wasserstoff	5,83 „
Stickstoff	0,10 „
Sauerstoff	43,84 „
Asche	0,39 „

Würde dieses Holz mit 30 Proc. Wasser verbrannt, so wäre der Brennwerth, bezogen auf Wasserdampf von 20°, nur 2914 *w*; lufttrockenes Holz gibt etwa 3600 *w*.

Das specifische Gewicht der Hölzer im grünen und lufttrockenen Zustande ist nach Karmarsch[2]) und nach Winkler für in geheizten Räumen getrocknetes Holz:

---

[1]) Fischer's Jahresb. 1893, 5. — [2]) K. Karmarsch, Handbuch der mechanischen Technologie (Hannover 1866), S. 630.

Name der Holzarten	Specif. Gewicht nach Karmarsch						Specif. Gewicht v. getr. Holzwürfeln nach Winkler
	In frischem (grünem) Zustande			In lufttrockenem Zustande			
	Geringstes	Höchstes	Mittleres	Geringstes	Höchstes	Mittleres	
Ahorn	0,843	0,989	0,916	0,612	0,750	0,681	0,618
Apfelbaum	0,960	1,137	1,048	0,674	0,793	0,733	—
Birke	0,851	0,991	0,921	0,591	0,738	0,664	0,598
Birnbaum	—	—	—	0,646	0,732	0,689	—
Buche	0,852	1,109	0,980	0,590	0,852	0,721	0,560
Buchsbaum	—	—	—	0,912	1,031	0,971	—
Ceder	—	—	—	0,561	0,575	0,568	—
Ebenholz	—	—	—	1,187	1,331	1,259	—
Eibenholz	—	—	—	0,744	0,807	0,775	—
Eiche	0,885	1,128	1,006	0,650	0,920	0,785	0,663
Erle	0,809	1,011	0,910	0,423	0,680	0,551	0,443
Esche	0,778	0,927	0,852	0,540	0,845	0,692	0,619
Fichte (Rothtanne)	0,590	0,993	0,791	0,360	0,492	0,426	0,434
Föhre (Kiefer)	0,811	1,078	0,944	0,403	0,763	0,583	0,485
Kirschbaum	0,827	0,928	0,877	0,577	0,717	0,647	—
Lärche	0,671	0,924	0,797	0,473	0,565	0,519	0,441
Linde	0,678	0,878	0,778	0,375	0,604	0,489	0,431
Mahagoni	—	—	—	0,563	1,063	0,813	—
Nußbaum	—	—	—	0,660	0,811	0,735	—
Pappel	0,751	0,956	0,853	0,353	0,591	0,472	0,346
Pflaumenbaum	—	—	—	0,754	0,872	0,813	—
Pockholz	—	—	—	1,263	1,342	1,302	—
Roßkastanie	0,908	0,908	0,908	0,551	0,610	0,580	—
Tanne (Weiß-)	0,841	1,004	0,922	0,452	0,746	0,599	0,493
Ulme	0,878	0,958	0,918	0,568	0,684	0,626	0,518
Weide	0,715	0,906	0,810	0,392	0,580	0,486	0,501
Weißbuche	0,939	1,137	1,038	0,728	0,824	0,776	0,691
Weißdorn	—	—	—	0,871	0,871	0,871	—

Specif. Gewicht der Hölzer nach Hartig[1]), grün und bei 60° getrocknet:

	Grün	Trocken	
		Grenzen	Durchschnitt
Eiche (Q. pedunc.)	0,93 bis 1,28	0,69 bis 1,03	0,89 bis 0,80 schwer
Eibe (Taxus. bacc.)	0,97 „ 1,10	0,74 „ 0,94	
Esche (Frax. exc.)	0,70 „ 1,14	0,57 „ 0,94	0,79 bis 0,70 mittelschwer
Buche (Fag. silv.)	0,90 „ 1,12	0,66 „ 0,83	
Hainbuche (Carp. bet.)	0,92 „ 1,25	0,62 „ 0,82	
Akazie (Rob. pseud.)	0,75 „ 1,00	0,58 „ 0,85	

[1]) Nördlinger, Techn. Eigenschaften der Hölzer, S. 507.

	Grün	Trocken	
		Grenzen	Durchschnitt
Ulme (Ulm. camp.)	0,73 bis 1,18	0,56 bis 0,82	
Ahorn (A. camp.)	0,87 „ 1,05	0,61 „ 0,74	0,69 bis 0,60
„ (A. pseudopl.) . . .	0,83 „ 1,04	0,53 „ 0,79	ziemlich leicht
Birke (Bet. alba)	0,80 „ 1,09	0,51 „ 0,77	
Lärche (Larix eur.)	0,52 „ 1,00	0,44 „ 0,80	
Roßkastanie (Aesc. Hipp.) .	0,76 „ 1,04	0,52 „ 0,63	
Erle (Alnus gl.)	0,63 „ 1,01	0,42 „ 0,64	0,59 bis 0,50
Weide (Salix capr.)	0,73 „ 0,97	0,43 „ 0,63	leicht
Kiefer (Pinus silv.)	0,38 „ 1,03	0,31 „ 0,74	
Tanne (Ab. exc.)	0,40 „ 1,07	0,35 „ 0,60	0,49 bis 0,40
Linde (Tilia parvifol.) . .	0,61 „ 0,87	0,32 „ 0,59	sehr leicht
Pappel (Pop. nigra) . . .	0,73 „ 1,07	0,39 „ 0,52	

Die von Maumené (vergl. S. 421) gefundenen specifischen Gewichte ergaben fast dieselben Werthe, als sie das Jahrbuch des Pariser Längenbureaus enthält:

	Längenbureau	Maumené
Akazie	0,72 bis 0,82	0,7897
Mahagoni	0,56 „ 0,85	0,8343
Erle	0,55 „ 0,60	0,5698
Birke	0,73 „ 0,81	0,6562
Buchsbaum . . .	0,91 „ 1,32	1,0550
Ceder	0,49	0,5087
Weißbuche	0,76	0,7763
Eiche	0,61 bis 1,17	0,8245
Ahorn	0,64	0,6817
Esche	0,70 bis 0,84	0,7751 bis 0,8423
Pappel	0,39 „ 0,51	0,4709
Buche	0,66 „ 0,82	0,7559
Nußbaum	0,68 „ 0,92	0,6060
Ulme	0,55 „ 0,76	0,6610
Platane	0,65	0,6640
Tanne	0,53 bis 0,54	0,5324

Nach Th. Hoh[1]) ist das specifische Gewicht für

Erlenholz	0,553	Weißbuche	0,739
Eichenholz	0,660	Birke	0,753
Ahornholz	0,674	Rothbuche	0,770
Fichtenholz	0,704	Zwetschenbaum	0,829
Kirschbaum	0,709	Ebenholz	1,115.

Das Gewicht von 1 cbm (Festmeter) Holz ist natürlich gleich dem specifischen Gewichte in Tonnen oder 1000 kg; ein Festmeter Erlenholz wiegt somit nach Hoh 0,553 Tonnen oder 553 kg.

[1]) Ber. d. naturforsch. Ges. Bamberg 1877, 59.

Die Widerstände, welche sie trocken dem Zersägen entgegenstellen, wachsen nach Hoh in folgender Reihenfolge: Fichte, Erle, Kirsche, Birke, Eiche, Weißbuche, Rothbuche, Ahorn, Zwetsche, Ebenholz; feucht dagegen: Fichte, Eiche, Erle, Birke, Weißbuche, Kirsche, Rothbuche, Zwetsche, Ahorn, Ebenholz. Die Biegungselasticität giebt folgende aufsteigende Reihe: Ebenholz, Eiche, Ahorn, Zwetsche, Kirsche, Weißbuche, Birke, Fichte, Erle, Rothbuche; die Wasseraufnahmefähigkeit: Ebenholz, Weißbuche, Zwetsche, Ahorn, Fichte, Eiche, Rothbuche, Kirsche, Birke, Erle.

Brennholz wird nach sog. Raummetern (Stère) verkauft, d. h. nach Cubikmeter Raum, welcher mit Holzscheiten ausgesetzt ist, also einschließlich der Hohlräume; bei Stammholz rechnet man etwa $^3/_4$ Derbgehalt. Chevandier fand in den Vogesen als Durchschnittsgewicht von einer Stère:

	Stammholz	Knüppel von jungen Stämmen	Knüppel von Aesten
	kg	kg	kg
Eiche	371	317	277
Rothbuche	380	314	304
Weißbuche	370	313	298
Birke	338	318	269
Tanne	277	312	287
Fichte	256	283	281

Der Derbgehalt des Holzes, d. h. die Holzmenge, welche ein Raummeter Holz enthält, ist nach den Untersuchungen deutscher forstlicher Versuchsanstalten, bearbeitet von Bauer:

Festgehalt eines Raummeters in Procenten	Minimum	Maximum
Nutzscheite[1]), starke, Laub- und Nadelholz	78	82
„ schwache, Nadelholz		
Nutzknüppel, starke, Nadelholz	73	77
Brennscheite, starke, glatt, gerade, Laub- und Nadelholz		
Brennknüppel, starke, glatt, gerade, Nadelholz		
Nutzknüppel, starke, Laubholz		
„ schwache, Nadelholz		
Brennscheite, schwache, glatt, gerade, Laub- und Nadelholz	68	72
„ starke, knorrig, krumm, Nadelholz		
„ schwache, knorrig, krumm, Nadelholz		
Brennknüppel, starke, glatt, gerade, Laubholz		

[1]) Scheite sind Spaltstücke aus Stammabschnitten von mehr als 14 cm Dicke am schwächeren Ende, Knüppel sind ungespaltene Stammabschnitte von 7 bis 14 cm Dicke am schwächeren Ende, Reisig (Reisknüppel, Langreisig, Abfallreisig) ist Holz von weniger als 7 cm Stärke.

Festgehalt eines Raummeters in Procenten	Minimum	Maximum
Nutzknüppel, schwache, Laubholz	63	67
Brennscheite, starke, knorrig, krumm, Laubholz		
„ schwache, knorrig, krumm, Laubholz		
Brennknüppel, schwache, glatt, gerade, Laub- und Nadelholz		
„ schwache, krumm, knorrig, Nadelholz		
„ starke, krumm, knorrig, Laub- und Nadelholz		
Reisknüppel vom Stamme, Nadelholz	58	62
„ vom Stamme, Laubholz	53	57
Brennknüppel, schwache, krumm, knorrig, Laubholz		
Reisknüppel von Aesten, Nadelholz	48	52
Langreisig vom Stamme, Nadelholz		
Reisknüppel von Aesten, Laubholz	43	47
Abfallreisig vom Stamme, Nadelholz		
Stockholz	42	48
Langreisig vom Stamme, Laubholz	33	37
Abfallreisig vom Stamme, Laubholz	23	27
Langreisig von Aesten in Raummetern, Laub- und Nadelholz	13	17
Abfallreisig von Aesten in Raummetern, Laub- und Nadelholz		
Rinde, alte, von Eichen, geputzt und ungeputzt	38	42
„ alte, von Fichten und Tannen, ungeputzt	15	51

Torf[1]).

Die Verwendung des Torfes zur Bereitung von Speisen und zum Erwärmen des Körpers war in Nordwestdeutschland schon zur Zeit des Plinius (Hist. natur., 16. Buch, 1) bekannt.

[1]) Literatur: Dau, Handbuch über den Torf (Leipzig 1823). Wiegmann, Entstehung, Bildung und Wesen des Torfes (Braunschweig 1837 und 1842). Wieck, Torfbüchlein (Chemnitz 1839). A. Griesebach, Bildung des Torfes in den Emsmooren (Göttingen 1846). A. Bode, Anleitung zum Torfbetriebe in Rußland (Mitau 1846). Lesquereux (deutsch von Lengerke), Untersuchung der Torfmoore (Berlin 1847). Sendtner, Vegetationsverhältnisse von Südbayern (München 1854). Türrschmidt, Torffabrikation (Berlin 1859). Bromeis, Aufbereitung und Dichtung des Torfes (Berlin 1859). Vogel, Der Torf (München 1859). W. Leo, Torfwesen (Quedlinburg 1860). A. Vogel, Praktische Anleitung zur Werthbestimmung von Torfgründen (München 1861). Dullo, Torfverwerthung (Berlin 1861). Senft, Humus-, Marsch- und Torfbildungen (Leipzig 1862). Schenk zu Schweinsberg, Rationelle Torfverwerthung (Braunschweig, Vieweg, 1862). F. Versmann, Herstellung von condensirtem Torf (Hannover 1862). W. Leo, Compression des Torfes (Prag 1864). Schlickeysen, Fabrikation von Preßtorf (Berlin 1864). R. Andrée, Biermoos-Torf (Leipzig 1865). Seydel, Der Torf (Berlin 1873). A. Hausding, Industrielle Torfgewinnung und Torfverwerthung (Berlin 1876); Derselbe, Torfwirthschaft Süddeutschlands (Berlin 1878). A. Jentzsch, Die Moore der Provinz Preußen (Königsberg 1878). J. Matern, Fabrikmäßige Torfgewinnung (Wien 1880). E. Birnbaum und H. Birnbaum, Torfindustrie und Moorcultur

Torf findet sich in bauwürdigen Mengen nur in der gemäßigten Zone. In Deutschland finden sich bauwürdige Torflager besonders in den Provinzen Hannover (die Emsmoore umfassen fast 3000 qkm)[1], Schleswig-Holstein, Pommern, Brandenburg, Posen, Preußen, Westfalen, ferner in Oldenburg, Bayern, Württemberg, Baden. Die Vertheilung der Torfmoore ist sehr ungleich; in Ostpreußen z. B. enthält der Kreis Heydekrug 30,6 Proc. der gesammten Oberfläche an Torfmooren, andere Kreise dagegen nur 1 Proc. davon. Die Provinz Hannover hat 6600 bis 7150 qkm[1] (120 bis 130 Quadratmeilen) Torf, das Bourtanger Moor im Emsgebiet ist 1400 qkm, das Arembergsche 1500 qkm groß; Hannover enthält demnach $^1/_6$ seiner Gesammtoberfläche an Torf. Das Großherzogthum Oldenburg hat 1200 qkm Torf.

Im südlichen Bayern sind etwa 1100 qkm (nach Birnbaum, nach Hausding nur 600 bis 700) Torfmoore, davon kommen z. B. auf das Dachauer 210 qkm, das Erding-Freisinger 230 qkm, das Donaumoor bei Neuburg etwa 200 qkm, das Moor am Chiemsee 30 qkm. Die badischen und württembergischen Moore schätzt Hausding auf etwa 300 qkm, die österreichischen auf etwa 1400 qkm[2].

Besonders reich an Torfmooren sind Irland, Schottland, Norwegen und Schweden, das westliche und östliche Rußland, Holland, das nordwestliche Frankreich und ein Theil der Schweiz. Portugal hat ein großes, 1 m mächtiges, Torflager am Sadofluſſe, welches aber wenig ausgenutzt wird. In Italien und Spanien finden sich nur in ihren gebirgigen, nördlichen Theilen Moore, ebenso in Griechenland. Dagegen sind Nordamerika und Nordasien reich an Torfmooren.

Die Mächtigkeit der Torfmoore erreicht nicht selten 3 bis 6 m, das Moor von Allen in Irland sogar 12 m.

Ueber die Mengen des jährlich gewonnenen Torfes fehlt leider jede Angabe.

Torf bildet sich durch Zersetzung der verschiedensten Pflanzen in Gegenwart von Wasser bei mittlerer Temperatur. Einen aus Tangarten entstandenen sog. Meertorf, welchen Dau u. A. annehmen, gibt es nicht, wie besonders Früh (a. a. O.) zeigt; man kennt somit keine marine Torfbildung. Während noch Websky[3] als eigentliche Torfpflanze, ohne welche kein Torfmoor gebildet werde, das Torfmoos annimmt, zeigen Sendtner (s. d.), Lorenz[4], Senft (s. d.), Grieſebach (s. d.), Früh (a. a. O.), daß an der Torfbildung, mit

---

(Braunschweig 1880). J. Früh, Torf und Dopplerit (Zürich 1883). H. Stiemer, Der Torf und dessen Massenproduction (Halle 1883). Lasard, Torf, seine Bildung und Eigenschaften (Weimar 1884). v. Gieſe, Gewinnung und Verarbeitung des Torfes in der Eifel (Aachen 1892). Eiſelen, Handbuch des Torfweſens (Berlin 1802); Derſelbe, Betrachtungen über Torf als Brennmaterial (Berlin 1816). J. Beckmann, Beytrag zur Geſchichte der Erfindungen (Leipzig 1799), **4**, S. 393. — [1]) Eine Quadratmeile zu 55 qkm. — [2]) Hausding, Torfwirthſchaft Süddeutſchlands, 1878. v. Dechen, Die nutzbaren Mineralien im Deutſchen Reich (Berlin 1873). — [3]) Journal f. prakt. Chem. (1864), **92**, 65. — [4]) Moore von Salzburg; Flora 1858.

Ausnahme von Pilzen, alle Pflanzenarten betheiligt sind. Die Torfmoose (Sphagnum, Hypnum) sind besonders wichtig, weil sie nach Griesebach gesellig leben und in hervorragendem Grade die Fähigkeit haben, große Wassermengen aufzunehmen. Durch ihre Entwicklung ist somit ein weiterer Grund gegeben für dauernde Durchtränkung der Vegetation mit Wasser, ihre wasserhaltende Thätigkeit sorgt dafür, daß nicht allein die weitere Entwickelung der Pflanzendecke stets bei reichlichem Wasservorrath stattfindet, sondern daß auch die abgestorbenen Pflanzen unter Wasser, somit bei Luftabschluß, der Zersetzung anheimfallen. Diese Moosvegetation beginnt rings am Ufer des stagnirenden Wassers, sie dehnt sich aber bald über das ganze Wasser aus, namentlich wenn dasselbe so seicht ist, daß die Wurzeln der Moospflanzen den Grund erreichen können. Im Herbst stirbt die Vegetation ab, sie sinkt im Wasser unter und verfällt hier den Zersetzungsprocessen, durch die der Torf gebildet wird. Im Frühjahr bildet sich eine neue Moosdecke, die im Herbst wieder untersinkt. In dieser Weise wird allmählich das ganze stagnirende Wasser mit der entstehenden Torfschicht angefüllt.

Birnbaum (s. d.) führt als wichtig für die Torfbildung an: die gemeine und die Moorhaide (Calluna vulgaris und Erica tetralix), die Rasen- und Wollgräser (Eriophorum, namentlich vaginatum), die Riedgräser (Carex limosa, teretiuscula, ampullacea, vesicaria, pulicaris, paradoxa u. a.), Binsen Scirpus silvaticus, setaceus, caespitosus), Simsen (Juncus conglomeratus, silvaticus, filiformis u. a.), das gemeine Borstengras (Nardus stricta), auf den Hochgebirgen auch die Zwergkiefer (Pinus pumilio und mughus), das Schilfrohr (Typha latifolia und angustifolia), Kalmus (Acorus calamus), die Wasserlilien (Iris pseudacorus), die Wassergräser (Poa aquatica und calamagrostis), den Froschlöffel (Alisma), den Igelkolben (Sparganium), das Pfeilkraut (Sagittaria), die Minze (Mentha aquatica), die Sumpfdistel (Carduus palustris und crispus), Schachtelhalm (Equisetum palustre), Weiderich (Epilobium palustre), die Weiden (Salix aurita und repens). Manche Pflanzen, besonders die Vacciniumarten, überziehen den Boden so dicht, daß hierdurch die Verdunstung erschwert wird; sie wirken torfbildend, indem sie unten absterben und oben weiter wachsen. Durch die dichten Massen dieser verschiedenen Pflanzen wird das Wasser über seinen ursprünglichen Stand gehoben; auch über diesem vermögen die Moosvegetationen sich zu entwickeln, es wird eine Erhöhung des Moores über den ursprünglichen Wasserstand eintreten. Im Pangerfilz bei Rosenheim ist die Mitte 5 bis 7 m, im Mauererfilz sogar 8 m höher als das Ufer des ursprünglich mit Wasser gefüllten Beckens. Diese Hebung, die Bildung von Hochmooren, hört erst auf, wenn die Schwerkraft der capillaren Aufsaugung des Wassers durch die Moose das Gleichgewicht hält. Sobald in der angedeuteten Weise der ganze Behälter mit den schwammigen wasserdurchtränkten Moosmassen angefüllt ist, dienen diese auch anderen Sumpfpflanzen als Unterlage.

Das Wesen der Vertorfung ist noch unvollständig bekannt. Wiegmann, Senft u. A. versuchten aus verschiedenen Pflanzen in kleinem Maßstabe Torf zu gewinnen; Früh (a. a. O., S. 25) gelangt aber zu dem Schluß,

daß dadurch keine Torfstoffe erhalten werden. Websky, Vohl[1]), Birnbaum (a. a. O.) u. A. suchten die Vorgänge der Torfbildung durch Aschenanalysen zu erforschen; da aber das Wasser einestheils bei der Torfbildung lösliche Stoffe (Alkalien) fortführt, andererseits die mannigfaltigsten Stoffe im Torf ablagert, so ist auch hiermit wenig gewonnen. Wiegmann untersuchte Torfe verschiedenen Alters; eine entsprechende Zusammenstellung von Websky[2]) zeigt folgende Tabelle:

Nr.	Fundort	Analytiker	C	H	O	N	Asche
1	Grunewald	Websky	49,88	6,54	42,42	1,16	3,72
2	Moor von Reichswald .	Walz	49,63	6,01	44,36		3,50
3	Grunewald	Websky	50,33	5,99	42,63	1,05	2,85
4	Harz	Websky	50,86	5,80	42,57	0,77	0,57
5	Havelniederung	Jäkel	53,31	5,31	41,38		5,51
6	Unbekannt	Soubeiran	53,50	5,40	38,70	2,40	unbek.
7	Havelniederung	Jäkel	53,51	5,90	40,59		5,33
8	Neulaugen	W. Bär	55,31	5,91	38,88		9,37
9	Flotow	W. Bär	56,80	4,73	38,57		11,17
10	Havelniederung	Jäkel	56,43	5,32	38,25		8,13
11	Moor bei Hamburg . .	Jäkel	57,12	5,32	37,61		1,89
12	Buchfeld	W. Bär	57,18	5,20	32,58		9,87
13	Moor bei Reichswald .	Walz	58,69	7,04	35,32	1,79	2,04
14	Holland	Mulder	59,27	5,41	35,32		unbek.
15	Friesland	Mulder	59,42	5,87	34,71		unbek.
16	Linum	Jäkel	59,43	5,26	35,31		8,36
17	Linum	Websky	59,47	6,52	31,51	2,51	18,53
18	Linum	W. Bär	59,48	5,36	35,16		9,74
19	Moor bei Hundsmühl .	Websky	59,70	5,70	33,04	1,56	2,92
20	Linum	Websky	59,71	5,27	32,07	2,59	12,56
21	Princetown	Baux	60,00	6,00	33,80		10,00
22	Unbekannt	F. Baux	60,02	5,99	31,51	2,56	10,29
23	Linum	W. Bär	60,39	5,09	34,52		8,92
24	Boulcaire	Regnault	60,40	5,96	33,64		5,58
25	Friesland	Mulder	60,41	5,57	34,02		unbek.
26	Long	Regnault	60,89	6,21	32,90		4,61
27	Champ de Feu	Regnault	61,65	6,45	32,50		5,55
28	Harz	Websky	62,54	6,81	29,24	1,41	1,09
29	Moor von Reichswald .	Walz	63,86	6,48	27,96	1,70	2,70

Nr. 1. Sphagnum, im Sommer dem Grunewalder Moor bei Berlin entnommen.

„ 2. Aeußerst leichter Torf, keine Spur von Zersetzung zeigend, filzartiges Gewebe von Sphagnum.

[1]) Ann. d. Chem. **109**, 185. — [2]) Journ. f. prakt. Chem. **92**, 65.

Nr. 3. Erste Lage von Torf unter der lebenden Vegetationsdecke des Grunewalder Moors.
„ 4. Leichter Torf vom Harz, 800 m hoch über der Nordsee gestochen. Besteht fast nur aus Sphagnum.
„ 5. Leichter nur aus Pflanzenresten bestehender Torf.
„ 6. Lockerer rothbrauner Torf.
„ 10. Brauner schwerer Torf.
„ 13. Ziemlich leichter Torf.
„ 17. Ziemlich leichter Torf aus dem Linumer Torfstich. Er bildet eine dunkel rothbraune Masse, die unter dem guten schwarzen Torf liegt.
„ 19. Torf aus den Hochmooren Oldenburgs, schwarz, fest und hart. Enthält noch Spuren von Sphagnum, aber auch von Calluna vulgaris.
„ 20. Schwarzer Torf aus dem Linumer Moor. Beste Sorte dieses Lagers.
„ 23, 24, 25. Schwerer alter Torf.
„ 26. Schwerer schwarzer Torf mit einigen Pflanzenresten.
„ 27. Weniger zersetzter Torf mit wenigen Pflanzenresten.
„ 28. Brauner schwerer Torf, bester Torf des Oberharzes; die geringen Spuren von Pflanzenresten zeigen doch noch die Abstammung von Sphagnum.
„ 29. Sehr dichter schwerer Torf.

Danach beginnt die Zersetzung der Pflanzen, sobald sie von Wasser bedeckt werden. Aus der Zunahme des Kohlenstoffes und Abnahme des Wasserstoffgehaltes ist zu entnehmen, daß anfangs Methan und Wasser abgeschieden werden[1]); später wird auch Kohlensäure entwickelt. Nach Websky enthielt Gas unter einer Sphagnumdecke 2,97 Proc. Kohlensäure, 43,36 Proc. Methan und 53,67 Proc. Stickstoff. Nach Früh (a. a. O., S. 28) sind die wichtigsten den Torf charakterisirenden Umwandlungsproducte der Pflanzentheile die Ulminsäure[2]) und das Ulmin, Huminsäure und Humin, sowie Salze dieser Säuren[3]). Beachtenswerth ist, daß die Humussäuren, einmal getrocknet, sehr schwierig in Wasser löslich sind; schon Wiegmann schreibt: „Die Humussäure, einmal wirklich getrocknet, ist nur sehr schwer wieder in Wasser auflöslich“ (S. 17). Diese Eigenschaft ist allen geübten Torfstechern bekannt. Sie wissen, daß ein heftiger Regen die frisch abgelegten Torfziegel auswäscht und mürbe macht, daß hingegen einige Tage warmer Witterung eine Rinde erzeugen (Lorenz hält sie für einen „Harzbeschlag“, Flora 1858), welche den Torf zusammenhält und vor Auslaugung schützt.

Mulder[4]), welcher die humusartigen Stoffe zuerst studirt hat, lehrt schon, wie leicht Ulmin- und Huminsäure mit Alkalien zu in Wasser löslichen

[1]) Vergl. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 8, 634. — [2]) Ulminsäure wurde schon 1786 von Achard aus Torf hergestellt. — [3]) Dazu kommen die von Berzelius und Mulder beschriebenen Quellsäure und Quellsatzsäure als gewöhnlich in den Torfmooren auftretende Substanzen, welche mit gelber Farbe in Wasser löslich sind, und als Oxydationsprodukte jener beiden Säuren betrachtet werden, den Torf als solchen aber nicht weiter beeinflussen. — [4]) Ann. d. Chem. 1840; Journ. f. prakt. Chem. (1839) 17, 144).

Salzen sich verbinden, daß hingegen die entsprechenden Salze der Erdalkalimetalle und Metalle schwer löslich sind. Mulder und Senft haben ferner gezeigt, wie die ulmin- und huminsauren Alkalien gelöste Kalk-, Magnesia-, Eisen-, Mangansalze, ja selbst Silicate zersetzen und in die bezüglichen unlöslichen oder schwer löslichen Ulmiate und Humate verwandeln. Wiegmann fand schon, daß die Humussäuren zum Theil an Metallbasen gebunden seien, und Websky kam durch seine Analysen des Torfes zu der Ansicht, daß bei dem Torf, wo Kalk den Hauptbestandtheil der Asche bildet, sich dieser (falls er nicht als Gyps vorhanden) mit einem organischen Bestandtheil des Torfes (Huminsäure) chemisch verbinde. Diese Thatsachen erklären: Die geringe Menge Alkalien, welche von sämmtlichen Analytikern in den Torfaschen, gleichviel ob Hochmoor- oder Rasenmoortorf, gefunden wurde; ferner die verhältnißmäßig größere Menge Alkalisalze, das Vier- bis Fünffache, im Rückstand des eingedampften Torfwassers (Sendtner), sowie die allen Torfstechern geläufige Erscheinung, daß die Gesteine des Untergrundes sehr mürbe, ja häufig schneidbar geworden sind, in Folge ihrer chemischen Zersetzung durch die eindringenden humussauren Alkalien. Nach Conrad und Gutzeit[1]) schwankt die Zusammensetzung der Huminstoffe, welche sich neben noch unveränderter Holzfaser im Torf und in der Braunkohle u. s. w. finden, zwischen 62,3 bis 66,5 Proc. Kohlenstoff und 3,7 bis 4,6 Proc. Wasserstoff.

Die Cellulose ulmificirt sehr vollkommen und um so leichter, je jünger und saftreicher die betreffenden Zellen sind; ligninhaltige Stoffe vertorfen schwierig. Das Zellgewebe der Laubmoose vertorft langsam, sie gehören aber zu den besten Torfbildnern. Sphagneen können vollständig und homogen vertorfen. Harze und wachsartige Stoffe bleiben unverändert. Die Gerbstoffe verwandeln sich vollkommen in Humusstoffe. Bitumen ist im Torf nicht vorhanden. Holztheerartige Stoffe (Senft, S. 126) ergeben sich aus dem frischen Torf bei bloßem Erwärmen nicht, sondern erst bei einer Temperatur, wo er sich zu zersetzen beginnt; sie sind also nicht vorgebildet.

Durch Destillation des Torfes aus dem Aven-Thale (Finistère) mit überhitztem Wasserdampfe im luftverdünnten Raume hat E. Durin[2]) eine weiße, paraffinartige Masse gewonnen, welche die Reactionen von Fettsäuren zeigte. Eine ähnliche Masse wird durch Ausziehen von Torf bildenden Moosen mit Aether erhalten; sie bildet sich daher nicht erst bei der Umwandlung der Torfmoose zu Torf; Durin gibt ihr die Formel $C_{47}H_{94}O_2$. Nach Guignet[3]) entzieht Benzol dem Torf der Somme in geringer Menge eine wachsartige Substanz. De Molon beobachtete, daß die Torfe der Bretagne an Benzol und ähnliche Lösungsmittel eine braune harzige Substanz in größerer Menge abgeben. Dieser Torf liefert bei der Destillation im leeren Raum mit überhitztem Dampf eine erhebliche Menge von Paraffin. Mit 90grädigem Alkohol gibt der Torf der Somme eine hellgrüne Lösung, welche nach dem Erkalten eine erhebliche Menge von Pflanzenwachs abscheidet, gleich

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1886, 2844. — [2]) Compt. rend. 96, 652. — [3]) Compt. rend. 91, 888; Annal. industr. 1880, 757.

dem, wie man es in den Blättern findet. Die grüne Substanz zeigt die Eigenschaften des Chlorophylls.

Der Stickstoffgehalt des Torfes wird in der Regel von dem Stickstoffgehalt der betreffenden Pflanzentheile herrühren, der im Vergleich mit andern Pflanzen nicht über 1 Proc. betragen wird, wahrscheinlich aber durch den der thierischen Einschlüsse vermehrt werden (mit Schwefel!). Diese sind nicht so selten wie Senft meint, und bisweilen in erheblichen Mengen vorhanden in Hoch- und Rasenmoortorf. Sie bestehen dann hauptsächlich aus Chitinskeletten von Milben, Larven, Mücken u. dergl., Schalen von kleinen Krustern. Nach H. Ritthausen[1]) ist die Anhäufung von Stickstoff in manchen Torfen als eine Folge der Absorption von Ammoniak durch humussaure oder ähnliche Salze, wobei ersteres chemisch gebunden wird, anzusehen. Der Umstand, daß aus Torf oder ähnlichen Massen bei der Behandlung nach gewissen Methoden, die man gewöhnlich zur Gewinnung und Bestimmung von Ammoniak einschlägt, davon nur geringe Mengen erhalten werden, beweist nichts gegen diese Annahme, sondern spricht nur dafür, daß die ursprünglich gebildeten Ammoniaksalze als solche nicht bestehen bleiben, vielmehr bei Fortdauer des Zersetzungsprocesses in den Kreis der Zersetzung mit hineingezogen werden und unter Abscheidung vielleicht von wenig Kohlensäure, oder von Sumpfgas, die stickstoffreichen unlöslichen Humusstoffe als Restproducte, in denen Ammoniak als solches nicht mehr existirt, hinterlassen. Dagegen meint M. v. Sivers[2]), der Stickstoff des Torfes stamme lediglich von dem Stickstoff der bezüglichen Pflanzen, da bei der Vertorfung wesentlich die stickstofffreien organischen Stoffe zerstört würden. A. Pagel[3]) findet, daß Torf keinen atmosphärischen Stickstoff aufnimmt, aber sehr begierig Sauerstoff, unter Entwicklung von Kohlensäure. Ferner bilden sich bei Luftabschluß in der Moorsubstanz durch Reduction von schwefelsauren Salzen Schwefelverbindungen, die zum Theil als Schwefelwasserstoff, zum Theil als Schwefelmetalle auftreten.

Man unterscheidet: Wiesen- und Hochmoore.

1. Die Wiesen-, Gras-, Grünlands- oder Niederungsmoore finden sich nach Birnbaum stets in der Nähe von Gewässern; sie folgen dem Laufe der Flüsse, erzeugen auf ihrer Oberfläche eine Menge saurer Gräser und bilden nasse, saure Wiesenländereien. Hat ihr Boden keinen torfartigen Zusammenhang, so bezeichnet man solche Grundstücke als Bruch. Die Bildung derselben erfolgt meist von den Ufern der Gewässer aus, doch gibt es auch Landseen, in denen sich der Torf von der Mitte aus erzeugte. Ländereien, die so niedrig liegen, daß sie während des Winters und Herbstes vollständig unter Wasser stehen und auch im Sommer sich sumpfig halten, eignen sich ebenfalls für diese Art der Torfbildung. Die Niederungsmoore erreichen in Norddeutschland eine Tiefe von 2 bis 3 m, in Südbayern nach Sendtner sogar eine Tiefe bis zu 10 m. Die Torfmasse ist tief schwarz, getrocknet fällt sie leicht aus einander; in der Heizkraft steht dieser Torf dem auf Hochmooren gewonnenen

[1]) Biedermann's Centralbl. 1878, 95. — [2]) Landw. Versuchsst. **24**, 183. — [3]) Landw. Jahrb. **6**, Supplementheft S. 351.

nach, da ihm die wachs- und harzartigen Beimengungen des letzteren fehlen. Der weiße Ueberzug, der sich zuweilen auf den von ihnen gewonnenen Torfstücken zeigt, rührt gewöhnlich von kohlensaurem Kalk her, der mit dem Wasser in sie gelangte. Der Untergrund dieser Moore liegt in und unter der Höhe des Sommerwasserspiegels.

2. Die Hochmoore sind bedeckt mit Haidekräutern (Calluna, Erica, Andromeda und Vaccinium), bei ihnen tritt das Sumpfmoos Sphagnum in großer Menge auf. Außerdem zeigt sich auf ihnen die Kiefer, namentlich die Zwergkiefer (vergl. S. 432). Ihr Untergrund liegt über dem Sommerwasserspiegel; in der Mitte sind sie höher als an den Rändern. Meist ist die Torfmasse dicht unter der Pflanzendecke gelblich; man kann in ihr ganz deutlich die Structur der Pflanzenreste erkennen; bei 1,25 bis 1,75 m Tiefe ist sie rothbraun, von da an bis zum Untergrunde nimmt die Tiefe der Färbung zu, der ganz untere ist pechschwarz, fest und vollständig amorph, doch findet man auch, daß unmittelbar auf der Unterlage und dem amorphen Torf noch Moostorf sich befindet, der von gelblicher Farbe ist und in dem man noch deutlich die Ueberreste von Moos erkennt; zuweilen finden sich auch Moostorfschichten zwischen schwarzem Torf. Diese Erscheinung hat darin ihren Grund, daß das Moos sich sehr schwer zersetzt und daß die Moosvegetation im Laufe der Torfbildungsperiode je nach den Feuchtigkeitsverhältnissen zu verschiedenen Zeiten üppiger oder dürftiger fortkam, in welchem letzteren Falle dann die Haidekräuter und andere Gewächse an deren Stelle traten.

Auf diese Weise entstanden auch die sog. Mischlingsmoore, die theils aus Grünlandsmooren, theils aus Hochmooren bestehen. So führt Sendtner an, daß in den südbayerischen Mooren auf Wiesenmooren sich Inseln von Hochmooren und umgekehrt vorfinden.

In Rücksicht auf die Pflanzenart, welche vorwiegend bei der Bildung des Torfes wirkte, unterscheidet man: Moos-, Haide-, Schilf-, Gras-, Holz-Torf; je nach dem Grade seiner Zersetzung und nach der Tiefe der Schichten, aus denen er stammt, bezeichnet man ihn als amorphen Torf, Speck- oder Pechtorf, wenn in den unteren Schichten des Lagers die Zersetzung der Pflanzen bis zur Vernichtung der Structur vorgeschritten ist, so daß die Schnittfläche des Torfes glänzend erscheint; als Fasertorf, Rasen- oder Moostorf, wenn die Structur der Pflanzenreste in ihm noch deutlich erkennbar ist; er besteht dann in seiner ganzen Masse aus einem lockeren, filzartigen Gewebe von hellerer Farbe, dessen specifisches Gewicht leichter ist als das des Pechtorfes; Torf von solcher Beschaffenheit findet sich namentlich in den oberen Schichten des Lagers.

Die Moosbrüche in der Provinz Preußen sind den bayerischen Moosbrüchen oder Filzen ähnlich; die Torfmasse ist sehr wasserhaltig, oft breiartig.

Pulvermoore bestehen aus einer vollständig ausgetrockneten, pulverigen, structurlosen Moormasse.

Nach J. Früh (a. a. O., S. 4) kann auf kalkigem Untergrund oder kalkhaltigem Wasser keine Sphagnumvegetation, mithin kein eigentliches Hochmoor entstehen. Er unterscheidet:

Hochmoor: 1. In Seen und Teichen mit kalkfreiem Waſſer. Die Bildung eines Sphagnetums beginnt am Rande und ſchreitet nach innen fort, um eine ſchwimmende Decke zu bilden, auf der ſich Algen, Droſeraceen, Vaccineen, vielleicht auch Eriophorum vaginatum anſiedeln, das Gewicht vermehren und die Pflanzendecke zum Sinken bringen, die bald wieder durch eine neue erſetzt wird. In der ſchweizeriſch-ſchwäbiſch-bayeriſchen Hochebene und den präalpinen Gebieten iſt dieſe Art der Hochmoorbildung hauptſächlich durch Sphag. cuspidatum Ehrh. vermittelt und von untergeordneter Bedeutung. In den größeren Waſſerbecken der norddeutſchen Seenplatten ſcheint ſie ziemlich häufig aufzutreten.

2. Auf kalkfreiem Untergrunde, der von weichem Waſſer berieſelt wird. (Hierher gehören zum Theil die Haidemoore Grieſebach's, begründet durch Erica tetralix und Calluna vulgaris, in deren Schatten jedoch die Sphagneen ſich ebenſo gut anſiedeln als ſie es in den Voralpen thun, ſobald eine humusartige Unterlage geſchaffen worden.) Der Untergrund muß alſo Thon ſein oder Sand, welcher wie in Norddeutſchland mittels fettem, thonigem Schlamm (Knick) waſſerdicht gemacht wurde.

Wieſenmoor oder Grünlandsmoor: 1. In Seen mit kalkreichem Waſſer. Die Torfbildung beginnt bei tieferen Becken wieder vom Ufer aus, und zwar vorzugsweiſe durch Cyperaceen (Carex, Scirpus), Phragmites mit Hypneen, namentlich Hyp. fluitans, scorpioides u. a., welche allmählich eine zähe, ſchwingende Decke bilden, die wieder unterſinkt — an ſeichten Stellen nebſt dieſen Gattungen durch Potamogetoneae, Juncagineae, Alismaceae, Typhaceae, Iris, Utricularia, Myriophyllum u. ſ. w. Hierher gehören z. B. die Vertorfungen von Seen der ſchweizeriſch-bayeriſchen Hochebene, der Moränenſeen Oberitaliens, deren Grund mit der ſog. Seekreide belegt iſt, und wohl auch der größte Theil jener Torfränder, welche die großen iriſchen Seen einſchließen u. ſ. w.

2. Wo die Erdoberfläche — gleichviel ob kalkiger oder thoniger Beſchaffenheit — fortwährend oder wiederholt durch hartes Waſſer befeuchtet wird, entſtehen die „ſauren Wieſen", die Wieſenmoore, Grünlandsmoore oder Raſenmoore (Lorenz), je nach dem ſpeciellen pflanzengeographiſchen Charakter, vorherrſchend aus Cyperaceen, Phragmites, Hypneen gebildet. Hierher ſind für die Schweiz zu zählen, außer jenen zahlreichen localen Verſumpfungen des Hügellandes, welche auf den erſten Blick glaciale Ablagerungen verrathen, die zahlreichen kleinen Torfmoore der Alpen bis zur Schneelinie, die Moore auf den Alluvialgebieten der größeren Flüſſe, die Moore des Berner Seeland u. ſ. w., die gewaltigen Wieſenmoore längs der verſchiedenen europäiſchen Flüſſe und Ströme u. ſ. f.

Miſchmoore: Viele Hochmoore in Ungarn, Böhmen, den Oſt- und Centralalpen, Jura, Oſtpreußen, Holland, ruhen auf mehr oder weniger entwickelten Raſenmooren. Sehr wahrſcheinlich haben die meiſten Hochmoore eine Raſenmoorbildung als Ausgangspunkt, ſo daß die Moore dann primär allgemein Raſenmoore ſind und erſt durch Aenderung der chemiſchen Beſchaffenheit des zufließenden Waſſers, ſecundär, in Hochmoore übergehen können.

Torfuntersuchungen	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Wasser	Asche	
Prov. Preußen, Moostorf von Labiau	43,61	5,17	1,51	35,98	13,36	1,37	Ritthausen (Centralbl. f. Agricultur 3 180)
„ „ „ bei Posniken . 0,6 m	45,16	4,65	1,13	30,40	16,94	1,72	
„ „ „ „ „ 0,6—1,2 m	44,33	4,48	1,12	30,15	18,19	1,73	
„ „ „ „ „ 1,2—2,4 m	45,86	4,65	1,27	30,59	15,89	1,74	
„ „ brauner Torf bei Waldau . .	41,02	4,27	2,58	23,79	16,42	11,92	
„ „ dunkelbrauner Torf von Wolla.	46,83	4,52	1,87	26,85	14,75	5,18	
„ „ Preßtorf bei Königsberg . . .	48,20	4,70		27,0	15,0	4,80	Gräbe
Linum-Flatow I.	50,36	4,20		34,27		11,17	Heintz (Bri S. 378)
„ „ II.	53,69	4,84		31,73	trocken	9,74	
„ „ III.	55,01	4,63		31,44		8,92	
Buchfeld-Neulangen I.	51,54	4,69		33,90		9,87	
„ „ II.	50,13	5,36		35,24		9,27	
Edensee	48,34	6,20		29,66	13,96	1,69	Aigner[1])
Bayern, Preßtorf von Kolber-Moor	55,60	5,87	0,85	32,70		4,98	R. Wagner
„ „ „ Hassel-Moor	58,94	5,15		31,95		3,96	
„ Stichtorf von Olching	44,78	6,56		44,96		3,70	Heizversuchs-station (Bayer Ind. Gew.-Bl. 1879, S. 245)
„ „ „ Staremberg	39,61	6,62		49,69		4,08	
„ „ „ Seeshaupt	45,60	6,75		45,81		1,84	
„ „ „ Erding	42,53	6,39		44,16		6,92	
„ „ „ Saline Rosenheim . .	44,29	6,91		47,92		0,88	
„ Maschinentorf von Saline Rosenheim .	43,87	6,85		46,15		3,13	
Baden, Muggenbronn	57,88	6,48	6,33	25,79		3,52	Petersen u Neßler (a. Birnbaum
„ Tiefenau	53,58	6,33	1,54	26,30		12,24	
„ Dürrheim	51,61	4,99	2,09	32,33		8,98	
„ Schluchsen	55,93	5,78	1,04	36,35	trocken	0,89	
„ Stockach	50,37	5,60	2,26	32,56		9,21	
„ Constanz[2])	46,75	3,57	2,68	32,23		14,76	
„ Willaringen	60,79	7,01	0,67	30,46		1,07	
Württemberg, dichter Torf von Schöpfloch . . .	53,59	5,60	2,71	30,32		8,10	Breuninge
„ mittlerer Torf von Sindelfingen .	45,44	5,28	1,46	26,21		21,60	
Rheinpfalz, dichter Torf von Rammstein . . .	62,15	6,29	1,66	27,20		2,70	
„ leichter Torf von Steinwenda . . .	57,50	6,90	1,75	31,87		2,04	
„ leichte Filzmasse von Niedermoor .	47,90	5,80		42,80		3,50	

Es gibt auch einen eigentlichen Algentorf, gebildet aus niedern, eine Gallerthülle absondernden Formen. Das ist der einzige gallertartige und — nach dem Trocknen — mit Wasser wieder die frühere Beschaffenheit annehmende Torf.

Bei der Vertorfung findet nach Früh keinerlei Gährung statt, wie Wiegmann, Senft u. A. behaupten, es ist lediglich eine sehr langsame Zersetzung der Pflanzen unter möglichst völligem Abschluß von Sauerstoff durch

[1]) Fischer's Jahresber. 1890, 2; der Torf enthält auch 0,15 Proc. Schwefel. — [2]) Bemerkenswerth wegen des wenigen Wasserstoffes.

Torfanalysen (Trockensubstanz)	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Asche	
Dichter Torf von Bremen	57,84	5,85	32,76	0,95	2,60	Breuninger
Desgleichen	57,03	5,56	34,15	1,67	1,57	
Grunewald	49,88	6,50	42,42	1,16	3,72	
Harz	50,86	5,80	42,70	0,77	0,57	Websky
Desgleichen	62,54	6,81	29,24	1,41	1,09	
Linum	59,47	6,52	31,51	2,51	18,53	
Hundsmühl	59,70	5,70	33,04	1,66	2,92	
Finnland, vom Ladogasee	49,92	5,95	—	1,88	0,57 bis 58,71	Johanson (Pharm. Z. Rußl. 1883)
Fast schwarzer Torf aus Prockuln in Kurland	48,23	5,34	26,34	2,33	17,73	Thoms (Landw. Vers. Riga, 1887)
Schwarzbrauner Torf aus Kurland	49,69	5,33	30,76	1,01	13,23	
Fast schwarzer Torf aus Koltzen in Livland	56,00	6,04	27,16	2,30	8,50	
Heller Moostorf aus Kurtenhof in Livland	50,38	6,96	40,98	0,82	0,84	
Lony, dunkelbrauner Torf	58,09	5,93	31,77		4,61	Regnault (nach Hausding)
Boulkaire bei Abbeville, dunkelbrauner Torf	57,03	5,63	29,67	2,09	5,58	
Champ du Feu bei Framont	57,79	6,11	30,77		5,33	
Friesland, dichter Torf	57,16	5,65	33,39		3,80	Mulder (nach Hausding)
Holland	50,85	5,64	30,25		14,25	
Friesland, leichter Torf	59,86	5,52	33,71		0,91	
Princetown bei Tavistock	54,00	5,40	30,40		10,00	Baux
Torf von Cappege in Irland	51,05	6,85	39,55		2,55	Kaun
Torf von Kulbeggen in Irland	61,04	6,67	30,46		1,83	
Blaßrothbrauner Torf mit Wurzeln von Philippstown in Irland	58,69	6,97	32,88	1,45	1,99	
Tiefschwarzbrauner, fester, dichter Torf von Wood of Allen in Irland	61,02	5,77	32,40	0,81	7,90	

Wasser und bei einer niederen Temperatur. Spaltpilze haben mit der Torfbildung nichts zu thun. Daher ist keine Wärmebildung zu bemerken und entstehen vorherrschend Ulminkörper (weniger Huminsubstanzen). Weder Frost noch Druck üben auf die Vertorfung einen nachweisbaren Einfluß aus. Die untersten oder ältesten Schichten eines Torfmoores sind nicht immer am stärksten vertorft[1]).

Torf bildet sich auch noch heute; die Zeitdauer, welche zur Bildung eines Torflagers erforderlich ist, hängt aber von den verschiedensten Umständen ab, so daß sie jedenfalls ungemein verschieden ist. Auf einigen Mooren bemerkte man einen Zuwachs von 0,75 m in 100 Jahren, während man unter besonders günstigen Verhältnissen in anderen Gegenden schon in 30 bis 50 Jahren einen

[1]) Dopplerit ist ebenfalls ein Vertorfungsproduct und besteht nach Früh (a. a. O. S. 80) wesentlich aus Ulmiaten (vergl. Fischer's Jahresb. 1883, 1206).

gleichen Zuwachs von 0,75 m erhielt. An manchen Orten sind noch bessere Resultate gewonnen, man beobachtete in einem Zeitraume von 70 Jahren eine Zunahme des Moors um 2 m, ja in 30 Jahren von 1,25 bis 2 m.

Die Analysen verschiedener Torfproben sind in den Tabellen S. 438 und S. 439 zusammengestellt.

Da Rasenmoortorf der Verunreinigung durch schlammiges Wasser, durch Sand, Staub u. dergl. ausgesetzt ist, so gehören die aschenreichen Torfe durchweg hierzu, während die aschenarmen Hochmoortorf sind. Nach H. Krause[1]) hatte die Asche verschiedener Schichten eines Torfmoores folgende Zusammensetzung:

	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	P_2O_5	CaO
Oberste Schicht	12,17	39,68	8,17	6,22	21,99
Schicht von 0 bis 1 m	10,89	46,07	4,89	3,83	22,03
Schicht von 1 bis 2 m	10,20	32,62	4,12	4,19	31,52
Schicht von 2 bis 3 m	9,01	28,82	3,55	4,59	35,05
Schicht von 3 bis 6 m	4,80	32,07	2,84	3,99	34,38
Untergrundschicht	9,14	28,00	3,37	4,75	25,75

	MnO	MgO	KCl	NaCl	SO_3
Oberste Schicht	0,95	2,89	1,84	3,23	2,79
Schicht von 0 bis 1 m	0,29	6,20	0,72	1,47	3,72
Schicht von 1 bis 2 m	0,39	8,53	1,15	2,20	5,09
Schicht von 2 bis 3 m	0,49	7,04	1,79	3,50	6,30
Schicht von 3 bis 6 m	0,19	7,63	2,25	4,32	7,34
Untergrundschicht	0,34	8,00	3,11	5,62	6,05

Nach Wolff enthielten zwei Torfaschen aus der Mark (I und II) und nach R. Wagner eine Torfasche von Preßtorf aus Kolbermoor in Ober-Bayern (III):

	I	II	III
Kalk	15,25	20,00	16,37
Thonerde	25,70	47,00	45,45
Eisenoxyd	5,50	7,59	7,46
Kieselerde	41,00	13,50	20,17
Calciumphosphat mit Gyps	3,10	2,60	—
Alkali, Phosphorsäure, Schwefelsäure u. s. w.			8,55

[1]) Landw. Versuchsst. 39, 440.

Analysen von Torfaschen nach Senft.

Aschenbestandtheile	Torf aus dem Havellande					Bei Cassel	Bei Hamburg
	schwerer dichter, brauner Torf mit wenig Pflanzenresten	leichter, lockerer, fast nur aus Pflanzenresten bestehender	Filz von Moosen und Riedgräsern	schwerer, aus dem Moor von Linum	schwerer, aus dem Moor von Frisack		
Kali	0,85	0,20	0,25	0,28	0,51	0,15	3,64
Natron	—	0,84	0,26	0,27	0,58	0,50	5,73
Kalk	45,73	33,29	37,00	39,34	33,32	5,81	14,72
Magnesia	—	3,03	3,04	2,43	1,65	0,69	24,39
Eisenoxyd	6,88	25,28	8,65	13,23	22,28	71,29	4,88
Thonerde	0,90	1,38	2,35	1,46	1,14	1,73	2,14
Kieselsäure	2,26	1,03	0,62	1,61	2,70	0,74	—
Schwefelsäure	8,68	5,69	4,49	5,79	5,23	10,98	17,94
Chlor	0,64	0,29	0,31	0,39	0,21	0,06	2,07
Kohlensäure	17,12	18,79	30,59	20,47	18,27	—	—
Phosphorsäure	3,58	1,13	1,07	5,47	1,43	6,29	3,83
Kohle	—	—	0,58	—	0,58	—	0,49
Sand	14,42	6,79	9,00	4,08	11,94	1,78	16,11
Lufttrockener Torf enthielt							
Asche	8,13	5,33	5,51	8,36	8,91	18,27	1,89
Wasser	17,63	19,32	18,89	31,34	21,82	26,60	18,83

Eine Brennwerthbestimmung des Verf.[1]) von Preßtorf aus Gifhorn gab als Brennwerth 5430 *w*, bezw. auf flüssiges Wasser als Verbrennungsproduct und 4961 *w* bezw. auf Wasserdampf von 20°. Die Tiegelprobe (sog. Immediatanalyse) ergab:

Wasser	11,90
Flüchtig	58,58
Koks, aschefrei	27,01
Asche	2,51

Die Elementaranalyse:

Kohlenstoff	56,02
Wasserstoff	5,57
Stickstoff	1,11
Sauerstoff	34,60
Asche	2,70

[1]) Fischer's Jahresber. 1893, 6.

Die Dulong'sche Formel (vgl. S. 425) ergibt nur 4953 *w* bezw. auf flüssiges Wasser oder nach den Berthelot'schen Zahlen (S. 408) 5072 *w*. Zuverlässige Brennwerthe sind somit auch für Torf nur durch Bestimmungen mittels Calorimeter zu erzielen; die Dulong'sche Formel gibt bestenfalls Näherungswerthe.

Bei der Gewinnung des Torfes ist zu berücksichtigen, daß Torf mit 80 bis 90 Proc. Wassergehalt am leichtesten zu verarbeiten ist. Trocknet das Moor zu stark aus, so wird die Verarbeitung schwer, zuweilen sogar unmöglich, weil trockener Torf die Bindekraft verliert. Gefrorener Torf ist nach dem Aufthauen in Folge der Lockerung ebenfalls schwieriger zu verarbeiten, gibt namentlich keinen Stichtorf, so daß es oft vortheilhaft ist, wenn das Torfmoor im Herbst mit Wasser überstaut wird. Andererseits ist vor der Gewinnung des Torfes meist eine Entwässerung des Moores durch Gräben u. dergl. erforderlich. Entsprechende Abfuhrwege u. dergl. sind selbstverständlich [1]).

Fig. 289.

Der Torf wird durch Handarbeit (Handtorf) oder mittels Maschinen gewonnen (Maschinentorf u. dergl.). Da nasser Torf durch Frost den Zusammenhang verliert, somit minderwerthig und selbst werthlos wird, so beginnt die Torfgewinnung, wo keine künstliche Trocknung eingeführt ist, nur in frostfreier Zeit.

Handtorf wird besonders durch Ausstechen der Stücke aus dem Moore gewonnen. Bei dem besonders in Süddeutschland üblichen senkrechten Stich steht der Arbeiter dabei auf der abzugrabenden Fläche, der sogenannten Stichbank, die eine Breite von 2 bis 4 m hat. Vor dem Stechen wird die obere, das Moor bedeckende, häufig mit Pflanzen bestandene, leichte, nicht zur Fabrikation sich eignende Schicht, die Bunkerde, mit dem Spaten entfernt. Zum Stechen gebraucht der Arbeiter das Torfeisen, Fig. 289. Dasselbe ist an beiden Enden im rechten Winkel gebogen, etwa 10,5 cm lang und 11,76 cm breit, die Seiten sind scharf geschliffen. Mit diesem Eisen, das an einem kurzen Stiele befestigt ist, stößt der Arbeiter in etwas schräger Richtung in den Torf, reißt mit einem Ruck das durch die Seiten des Eisens vollständig losgeschnittene Torfstück unten, wo es noch an dem Moore festsitzt, ab und legt es als fertige Sode neben sich nieder. Nach Angaben auf dem Donaumoore in Bayern kann ein Mann unter Beihülfe einer Frau, die das Abräumen der Stichbank und sonstige Nebenarbeiten verrichtet, 5000 bis 8000 Stück Torf täglich stechen [2]). Für das Tausend zu stechen zahlt man 50 bis 60 Pf., dazu für Trocknen und sonstige Nebenarbeiten noch 68 Pf., zusammen also etwa für 1000 lufttrockene Soden 1,28 Mk. Die Torfstücke haben im frischen Zustande eine Länge von 40 bis 45 cm, eine Breite von 11,76 cm und eine

[1]) Vergl. Birnbaum a. a. O. S. 38; Hausding a. a. O. S. 19. — [2]) Nach Hausding sticht ein Arbeiter nur 2000 bis 4000 Soden bei 11stündiger Arbeit; er gebraucht im Sommer ein Arbeitsfeld von etwa 240 a.

Dicke von 10,5 cm. Für 1000 Stück getrockneten Torf werden an Ort und Stelle 3,5 bis 5 Mk. bezahlt. Nachfolgende Zusammenstellung von Hausding gibt einen Ueberblick über die Gewinnungskosten des Stichtorfes in verschiedenen Mooren:

Torfwerk oder Moorbezirk	Mittleres Gewicht eines Cubikmeters Trockentorf kg	Gewinnungskosten von lufttrockenem Torf		Bemerkungen
		für 1 cbm	für 100 kg	
Deger Moor	245	2,70	1,10	einschließlich aller Nebenkosten und Transport zur Bahn
Werthensteiner Moor .	240	2,20	0,90	desgl.
Aiblinger Moor	240	1,40	0,60	lufttrocken in Haufen gesetzt einschließlich aller Nebenkosten
Kolber Moor	240—250	1,40	0,56—0,60	desgl. einschließlich aller Generalunkosten
Rosenheimer Moor . .	225	1,00	0,45	reiner Arbeitslohn für Trockentorf in abgedeckten Haufen
Raublinger Moor . . .	230	1,25	0,54	desgl.
Bührmoos	200	1,0—1,20	0,50—0,60	Arbeitslohn in abgedeckten Haufen
		1,60	0,80	einschließlich Entwässerungs- und sonstigen Betriebskosten
Chlumetz-Wittingen . .	400	1,40	0,35	im Moore in Prismen gesetzt
Buchscheiden	165	1,00	0,60	im Moore in Lagerschuppen gebracht
		1,64	1,00	auf dem Eisenwerke einschließlich aller weiteren Unkosten
Freudenberger Moor .	275	1,08	0,40	Arbeitslohn für Stich- oder Formtorf in Trockengerüste eingebracht

Der wagerechte Stich ist fast allgemein in Mittel- und Norddeutschland verbreitet. Nachdem die Oberfläche der Stichbank mit dem Spaten von der Bunkerde gesäubert, schneidet ein Arbeiter mit dem Stech- oder Vorstechspaten senkrecht die Torfstücke ihrer Länge und Breite nach ab, und zwar indem er damit am äußeren Rande der Stichbank beginnt. Ein anderer Arbeiter löst diese Theile mittels eines Eisens, des Auflegespatens, wagerecht ab und bringt sie nach oben.

Der Stichtorf wird im Freien, zuweilen auch in Schuppen vor Regen geschützt getrocknet.

Ist das Stechen des Torfes nicht ausführbar, weil die Masse zu schlammig oder zu ungleichartig ist, so wird sie durch Netze gehoben (Baggertorf) oder gegraben, zerkleinert und durch Treten mit den Füßen in eine gleichartige Masse verwandelt, dann wird sie in Stücke geschnitten oder mit der Hand, ähnlich dem Ziegelthon, in Formen gestrichen (Streichtorf). Nach dem Trocknen ist der geformte Torf dichter und daher werthvoller als der Stichtorf.

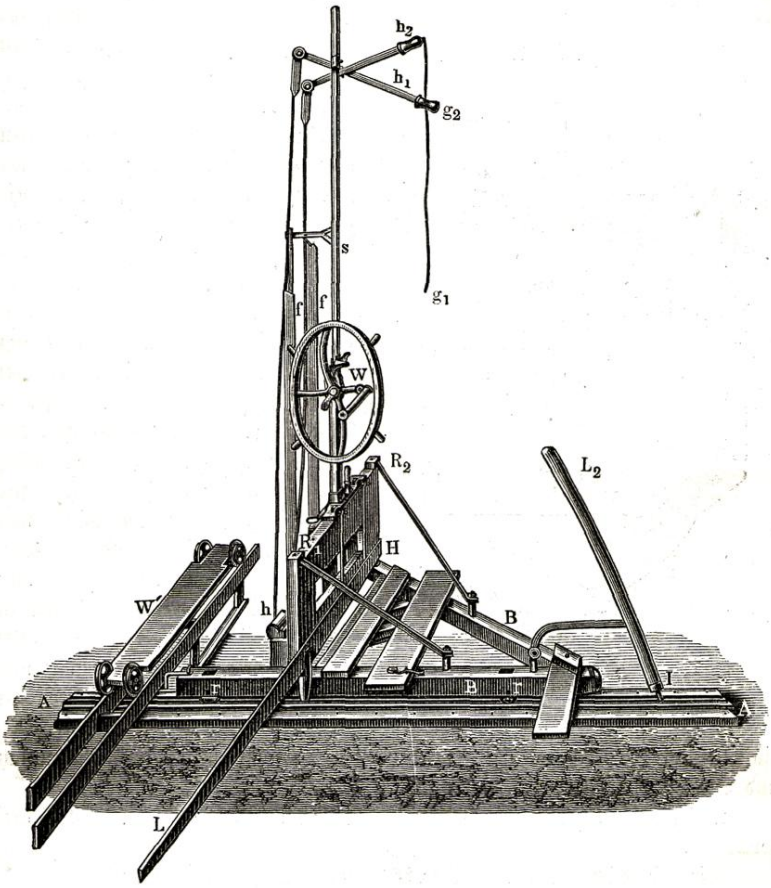
Vogel (a. a. O. S. 33) führt an, daß nach den beim Hüttenwerke Ebenau im Salzkammergute angestellten Versuchen sich die Arbeitskosten des Stichtorfes zu jenen des gebaggerten und gestrichenen Torfes wie 5 : 6 verhalten; dagegen gebraucht der erstere um 20 Proc. mehr Zeit zur Trocknung als der geschlagene und die Leistung verhält sich wie 5 : 3. Die Erfahrungen beim Betrieb der bayerischen Staatseisenbahnen stimmen hiermit nicht ganz überein; die Kosten beider Torfsorten stellen sich dort beinahe gleich. Die Qualität des gebaggerten Torfes (sog. Modeltorfes) ist zwar ungleich besser, als jene des Stichtorfes, jedoch nicht in dem Verhältnisse wie 5 : 3, sondern höchstens wie 5 : 4. Wahrscheinlich rührt dieses daher, daß in Bayern der Torf im Freien getrocknet wird, in Ebenau auf Trockengestellen.

Für die Gewinnung von Stichtorf durch Maschinen hat sich besonders die Brosowsky'sche Torfstechmaschine bewährt (D. R.-P. Nr. 16790, 19668 und 63737). Der wesentlichste Theil dieser Maschine ist der in Fig. 291 (a. S. 446) *A* und *B* in etwas größerem Maßstabe gezeichnete Schneideapparat, dessen Seitenmesser *ab*, *bc* und *cd* verschiedene Neigung gegen den Horizont haben und gleichsam einen nach oben, unten und vorn offenen Kasten bilden. Der hintere Theil dieses Kastens ist an einer schmiedeisernen Stange *s* befestigt, deren Ende zugeschärft ist und das Schneiden beim Eindringen des Schneideapparates in den Torf vorbereitet, indem es zugleich eine Art Führung in der Torfmasse darbietet. Die Verlängerung der Stange *s* bildet eine schmiedeiserne Zahnstange, in welche ein Getriebe *g*, welches auf der Kurbelradwelle *W*, Fig. 290, befestigt ist, eingreift. Durch Vor- oder Rückwärtsbewegung des Kurbelrades kann mittels des Getriebes und der Zahnstange und einer am Maschinengerüst angebrachten Führung der Schneideapparat gehoben und gesenkt und unter Benutzung des Gewichtes des Schneideapparates und der Zahnstange in den Torf bis zu einer Tiefe von 6 m getrieben werden. Zu bemerken ist, daß der Apparat nur an der Seite eines Grabens oder an einem vorher gegrabenen Loche beginnend schneiden kann, da sich die Verlängerung ll_1 des Schneideapparates in diesem von Torf leeren Raume nach unten bewegen muß. Das Messer *abcd* hat also nur an drei Seiten zu schneiden; an der einen Seite, wo die Verlängerung ll_1 sich befindet, wird das breite, ebene Bodenmesser *mn*, welches an beiden Seiten zugeschärft ist, angebracht. Das Ende dieses Messers bewegt sich in Nuthen und dient zum Abschneiden der Basis des von dem Schneideapparat beim Abwärtsgehen losgetrennten Torfprismas.

Seine Bewegung erhält das Messer *mn* durch zwei Ketten *h* und *i*, welche, an ihm im Punkte *p* befestigt, über zwei lange cylindrische Walzen *v*

und w geleitet sind und durch die Hebel $h_1 h_2$ (Fig. 290) mittels der Seile und Handhaben $g_1 g_2$ vor- und rückwärts gezogen werden. Während der Schneideapparat mittels des Zahnradgetriebes und des Kurbelrades nach oben gezogen wird, dient das Messer mn zugleich als Träger für das abgeschnittene Torfstück; damit dieses nicht umfalle, sind die Führungen f angebracht. Je nach der Tiefe, in die der Schneideapparat in dem Moore eingedrungen ist, hat das

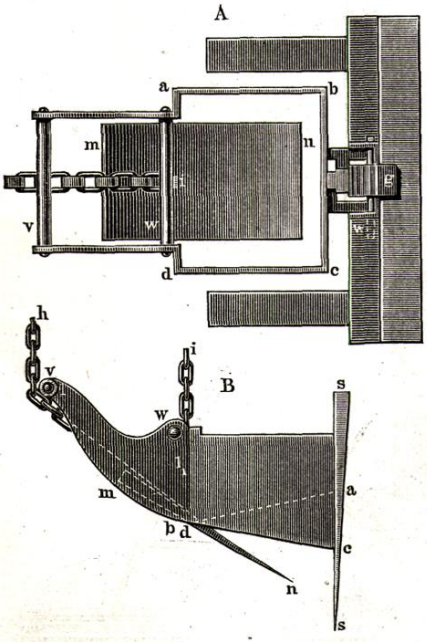
Fig. 290.



emporgehobene Torfprisma eine Länge von 3 bis 6 m und einen Querschnitt von ungefähr 60 × 70 cm, es wird durch Handarbeit in Stücke von 35 cm Länge und 15 × $12^1/_2$ cm Stärke zerlegt. Jedes so ausgestochene Parallelepiped aus Torf liefert auf je 3 m Länge 144 obiger Torfsoden. Diese werden auf kleine, auf Schienen laufende Wagen W' gebracht und zur Seite abgefahren.

Während dies geschieht, wird der Schneideapparat mit seiner Führung um die Breite des Messers auf dem parallelen Rahmen $R_1 R_2$ seitwärts verschoben. Dieser Rahmen ist so breit, daß vier Schnitte neben einander ausgeführt werden können, wonach die Maschine um die Länge des Messers ab vorwärts bewegt werden muß. Zu diesem Zwecke liegen die Balken B, welche den dreieckigen Rahmen bilden, auf zwei Rollen r, welche in Rinnen des Balkens A laufen, während der eine Balken dieses Rahmens auf der ebenen Seite des festliegenden Balkens H aufruht. In der Richtung der Breite der Maschine befindet sich ein Hebel L, dessen Ende um einen Bolzen auf und nieder bewegt werden kann Mittels dieses Hebels läßt sich der auf H ruhende Theil des Rahmens heben, so daß sein ganzes Gewicht auf den Rollen rr liegt. Bewegt dann ein zweiter Hebel L_2 von links nach rechts, so wird die Maschine in der Längenrichtung fortgezogen, da dieser Hebel in I seinen Stützpunkt hat.

Fig. 291.



Diese Maschinen haben sich bewährt. Der Preis ist je nach der Größe und dem Tiefgang verschieden, er beträgt bei 2, 3, 4 und 6 m Tiefgang etwa 470, 500, 560 und 600 Mk. Zur Bedienung der Maschine von kleinerem Tiefgange gehören drei, von größerem (5 bis 6 m) vier Mann, welche mit derselben in 12 Arbeitsstunden 10- bis 12000 Torfstücke von 30 cm Länge und 10,5, 12, ja 13 cm im Quadrat stark, kleinere 18000 fördern, einschließlich des reihenweisen Aufsetzens der Torfwürfel auf den Trockenplatz und Schneiden derselben zu Torfstücken.

Auf die Torfstechmaschinen von Challeton (D. R.-P. Nr. 62424) sei verwiesen.

Die Verdichtung des Torfes durch Schlämmen nach Challeton u. A.[1]) hat wenig Beifall gefunden. Wichtiger ist dagegen die Verwendung von Pressen, um dem Torfe größere Festigkeit zu geben.

Auf die alten Handpressen und hydraulischen Pressen (Vogel a. a. O.) sei verwiesen[2]); desgl. auf die Trockenpresse von Exter, welche in Haspelmoor

[1]) Bromeis a. a. O. S. 8; Vogel a. a. O. S. 88. — [2]) Torfmaschinen in Dingl. polyt. Journ.: Hebelpresse (1833) **49**, 236; (1835) 57, 79. W. d'Eresby's

verwendet wurde (Birnbaum a. a. O., S. 66). Da durch ſtarkes Preſſen der naſſen Torfmaſſe ſchlammige Torftheile verloren gehen, zudem der ſtark gepreßte Torf auch ſchlechter brennen ſoll (nach Vogel a. a. O., S. 75), ſo wendet man ſchwächere Preſſen an, welche weſentlich den Zweck haben, dem Torf eine beſtimmte Form und Feſtigkeit zu geben.

Von älteren Torfmaſchinen iſt die für Kugeltorf von Eichhorn beachtenswerth [1]). Der Torf wird ſo, wie er aus der Grube kommt, in einer Zerkleinerungsmaſchine (Quetſchwerk) zu einem möglichſt gleichartigen Brei verarbeitet und nun in der Maſchine weiter geformt. Fig. 292 (a. f. S.) zeigt einen Schnitt durch die Maſchine und läßt zugleich die Stirnwand des Cylinders ſehen; die Nebenfigur zeigt die Art der Einführung des Torfes in den rotirenden Cylinder. In den Speiſetrichter *T* wird der zu formende Torf durch die Oeffnung *a* eingetragen. Die archimediſche Schnecke *b* ſchiebt die Maſſe allmählich der Austragsöffnung *c* zu. *d* zeigt die Torfmenge, welche zu einer Kugel ausreicht. Sie iſt durch die Füllmaſchine vorgeſchoben und wird durch

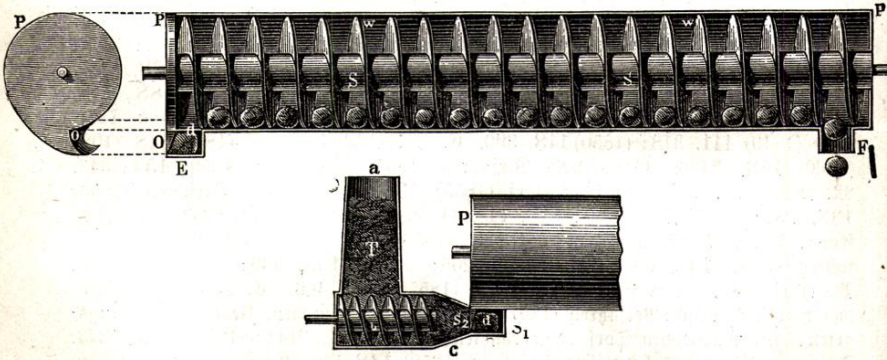
---

Torfpreſſe (1838) **67**, *34; **70**, 153; (1839) **73**, *446. Linning's Verfahren (1838) **68**, 126. Drevon, Desbordes und Boudon's Verkohlungsapparat (1838) **69**, 76; **70**, 154. C. W. Williams, Bereitung von Torfkoks (1839) **72**, 31; *289; **74**, *107. Friedr. Roſcher, Ueber Vorrichtungen zum Trocknen (1840) **78**, *257. Schafhäutl, Ueber verdichteten Torf und über eine Torfpreſſe (1843) **88**, *14. R. Mallet's Trockenofen (1846) **102**, *425. J. Rogers' Bereitung von Torfkohle (1849) **111**, 318; (1850) **118**, 390. C. Hills' Walzenpreſſe (1850) **118**, *102; (1860) **158**, *436. Gwynne's Verfahren (1855) **137**, 432; (1859) **154**, 343. M. Meißner, Ueber Maſchinentorf (1855) **138**, 65. Exter's Verfahren (1855) **138**, 234; (1857) **145**, 466; **148**, 148; (1859) **153**, 239; **154**, *344. Angerſtein, Ueber Darſtellung von Torfkohle (1856) **139**, *299. Challeton's Verfahren (1856) **141**, 69; (1857) **146**, 265; (1859) **153**, 239; (1864) **174**, 76. Bauſchinger, Ueber Exter's Torfpreſſe (1857) **145**, 466. C. Siemens, Ueber das württembergiſche Verfahren (1857) **146**, 270. Rühlmann, Ueber Verfahrungsarten, den natürlichen Torf zu verdichten (1858) **148**, *141; (1859) **154**, *343. Turner, Ueber das bayeriſche Verfahren (1858) **148**, 148. Crane's Preßverfahren (1859) **152**, 238. Mannhardt's Verfahren (1859) **152**, 239; **153**, 239. A. Vogel, Ueber Fortſchritte der mechaniſchen Torfbereitung in Bayern (1859) **152**, 272. W. Leo, Ueber das Verfahren in Lithauen (1859) **153**, 68. Zuſammenſetzung des verdichteten Torfes (1859) **153**, 239. F. H. Schröder bezw. A. Vogel, Zur Torfbereitungsfrage (1860) **156**, 128, 302; **157**, 39, 224. Torfbereitung in Schweden (1860) **156**, 320. W. Leo, Ueber Torfbereitung in Hannover (1860) **158**, 436. Schmitz's Reinigungsmaſchine (1860) **158**, 438. Schlickeyſen's Torfpreſſe (1861) **159**, 97; (1862) **163**, 92. A. Haidinger's Torfpreſſe (1862) **164**, *345. Welkner's Dörrapparat (1862) **165**, *184. Brunton, Ueber irländiſche Torfbereitung (1863) **167**, 468. Schlickeyſen's Torfpreſſe (1863) **168**, 156. Versmann-Schlickeyſen's Torfpreſſe (1863) **168**, 306; **169**, 373; **170**, 373. Dullo, Ueber Torffabrikation (1864) **172**, *331. Waſſerzieher, Ueber die Torffabrik in Langenberg (1864) **174**, 64, 112. Broſowsky's Torfſtechmaſchine (1865) **176**, *336. Torfbereitung zu Derrylea in Irland (1866) **181**, *195. R. Schmidt, Ueber Schlickeyſen's Torfpreſſen (1867) **183**, *177; (1870) **195**, 371. W. Schmidt's Torfpreſſen (1871) **200**, *454. Diesbach's Torfausbeutung (1871) **202**, *403, A. Buſch, Ueber die preußiſche Torfpreßmaſchine (1873) **208**, 346.

[1]) Wentz, Lintner und Eichhorn, Der Kugeltorf (Freiſing 1867); Bayer. Ind. Gew.-Bl. 1875, S. 201; Landw. Jahrb. 1878, 709.

die Messer O, von denen eines fest an der Oeffnung c des Fülltrichters befestigt ist, während das andere mit der Stirnwand des Cylinders P sich dreht, abgeschnitten. Durch die Eingangsmündung x wandert das Torfstück sofort in den 1,8 bis 2 m langen Cylinder. In dem Cylinder sind die Schneckenwindungen w aus Holz oder Metall an der Axe S fest angebracht. Bei der Drehung des Cylinders rollen die Torfstücke durch die Schneckenwindungen und verlassen dieselben zu Kugeln geformt bei m. 19 bis 20 Trommelumdrehungen genügen, um die Kugel, von 10 bis 14 cm Durchmesser, zu formen und dann dem Trockenapparat zu überliefern. Dieser besteht aus gemauerten oder gezimmerten Schächten von 5 bis 6 m Höhe und 3 bis 5 m Durchmesser. In diesem liegen die Torfkugeln auf Lattenrosten, zwischen denen ein warmer Luftstrom aufsteigt. Wenige Tage sollen genügen, um dem Torf die nöthige Trockenheit zu geben. Die Formtrommel verlangt eine Maschinenkraft von $^3/_8$ Pferden, sie macht 60 Umdrehungen die Minute und liefert in 24 Stunden 86000 Kugeln, welche einem Gewichte von 700 kg trocknen Torfes entsprechen.

Fig. 292.



Der Torf soll so dicht und fest sein, daß er weiten Transport erträgt, ohne zu zerbröckeln. In der Feuerung soll er den Luftzug erleichtern und soll sich zugleich so regelmäßig bei dem Verbrennen setzen, daß ein gewaltsames Schüren und Unterstützen der Bewegung nicht nöthig ist.

Hausding berichtet von zwei derartigen Fabriken, nämlich von der in Feilenbach bei Aibling und der in Wörschach bei Steinach im Ennsthale. Erstere wird durch Wasserkraft betrieben, letztere durch eine zehnpferdige Dampfmaschine. Die Trommeln haben nach Hausding eine kegelförmige Form, ihr Durchmesser beträgt bei der Einfallöffnung 75 cm, beim Ausgang 100 cm. Die Kugeln fallen in besondere Wagen, die nach ihrer Füllung von einem Arbeiter vor eine schiefe Ebene geschoben und hier durch einen mechanischen Aufzug nach einer 10 m hohen Plattform gezogen werden, woselbst sich die Trockenhäuser befinden. Die Trockenhäuser sind 120 m lange, 9 m tiefe, 10 m hohe Gebäude, die der Tiefe nach von oben bis etwa 2 m über dem Fußboden mit schrägen unter einem Winkel von 30 bis 45° abfallenden, unter sich

parallelen Lattenhorden ausgerüstet sind. Auf den Lattenhorden rollen die Kugeln nach unten und sammeln sich hier von unten nach oben an. Die Seitenwände sind ganz offen und kann die Luft ungehindert in das Innere zwischen die Torfkugeln, welche zwischen sich selbst naturgemäß Oeffnungen lassen, eintreten und das Trocknen bewirken. Es dauert jedoch das Trocknen in diesen Häusern drei bis vier Wochen. Das Material soll vorzüglich sein, doch be-

Fig. 293.

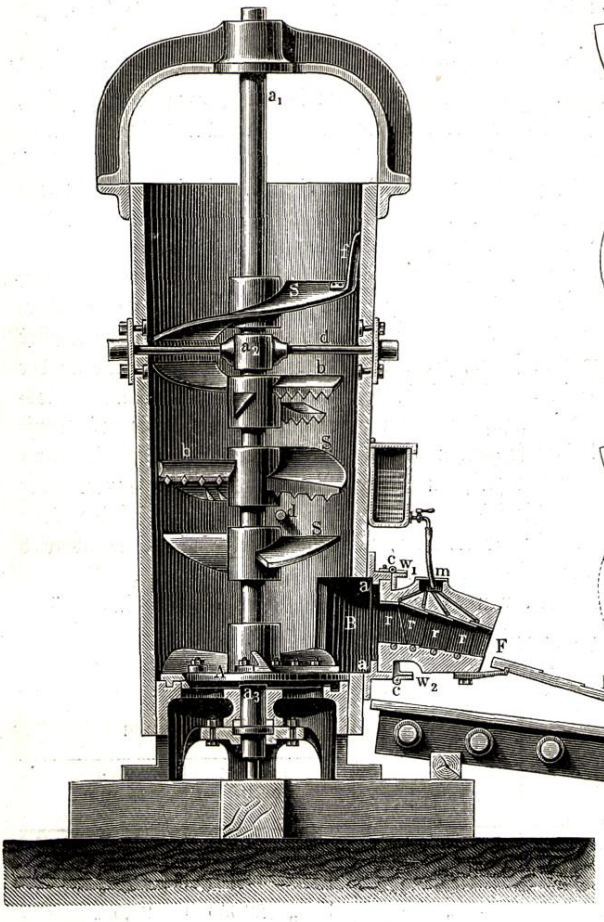
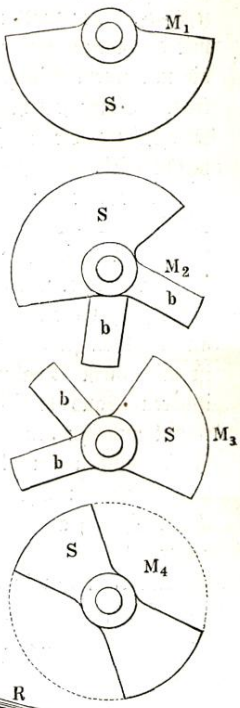


Fig. 294.



laufen sich die Fabrikationskosten von 100 kg bei einer täglichen Leistung von 100000 kg trockenen Torfes pro Tag auf 1,71 Mk., ein Betrag, der wesentlich höher ist als der bei dem gewöhnlichen Maschinentorf. Das Verfahren wird daher zur Zeit kaum noch angewendet.

Nach einem anderen Verfahren wird der Torfbrei durch ein oder mehrere

Paare Preßwalzen hindurchgeleitet; über die Walzen sind endlose Tücher gespannt, durch welche das ausgepreßte Wasser hindurchfiltrirt[1]).“

Die erste große Torfmaschinenanlage wurde von Schlickeysen (Berlin) im Jahre 1861 bei Riga aufgestellt, welche sich bewährte[2]). Die neueren Torfmaschinen von Schlickeysen haben theils liegende, theils stehende Mischcylinder (Fig. 293 u. 294 a. v. S.). In einem hohlen, senkrecht stehenden gußeisernen, nach unten hin trichterförmig zulaufenden Cylinder bewegt sich eine eiserne, mit sechs schaufelförmigen Messern versehene, ebenfalls senkrecht stehende Welle $a_1 a_2 a_3$. Der Boden des Cylinders ist an der Welle befestigt und dreht sich mit derselben. Ueber dem Boden A befindet sich seitwärts eine Oeffnung B, die mit einem Mundstück F versehen ist, aus welchem der Torfstrang heraustritt. Dieser sich mit der Welle drehende Boden ist ein Vorzug der Maschine, weil dadurch die Torfmasse vor ihrem Austreten noch einmal gründlich durchmischt wird.

Die mit der Welle sich drehenden Messer S sind, wie in Fig. 294 als $M_1 M_2 M_3 M_4$ besonders dargestellt, Schneckenflügel, die so vertheilt sind, daß sie eine archimedische Schraube bilden. Die Messer sind wagerecht an der Welle befestigt, und zwar so, daß ihre äußere Begrenzungslinie nicht eine ununterbrochen fortlaufende Schraube bildet; ferner sind sie unter sich verschieden, an einzelnen sind außerdem noch Rührarme b angebracht. Das oberste Messer ist mit einem Schaber f versehen, welcher bei der Drehung der Welle an der inneren Wand des Cylinders hinstreicht, den Rohtorf von der Wandung lostrennt und ihn den Messern zuführt. Um zu verhüten, daß sich die rohe Torfmasse zwischen den Messern festsetzt und mit der Welle herumgedreht wird, sind quer durch den Cylinder und zwischen je zwei Messern sogenannte Contremesser d am Bottich angebracht, die fest stehen. Bei Pferdebetrieb dreht sich die Welle anderthalb bis zwei Mal in der Minute, während dieselbe mit Dampfbetrieb 25 Umdrehungen in der Minute macht.

Nachfolgende Angaben von Hausding gewähren einigen Anhalt über die Leistungen und Kosten dieser Maschinen für Dampfbetrieb:

Bottichweite	Gewicht	Erforderliche Dampfkraft	Tagesleistung	
			Soden	cbm
mm	kg	Pferdekraft		
470	750	2 bis 3	10 bis 12000	15 bis 18
500	1250	4 „ 5	15 „ 20000	22,5 „ 30
570	1500	6 „ 8	20 „ 30000	30 „ 45
780	2000	8 „ 10	40 „ 50000	60 „ 75

[1]) Vergl. Schencke a. a. O. S. 58; Vogel a. a. O. S. 82. — [2]) Vergl. Birnbaum a. a. O. S. 73; Hausding a. a. O. S. 48; Polyt. Journ. 237, 116.

Die liegende Torfmaschine von Schlickeysen, Fig. 295 bis 298 (D. R.-P. Nr. 4282, 4283 und 4643) benutzt Preßformen; dieselben sind gleich

Fig. 295.

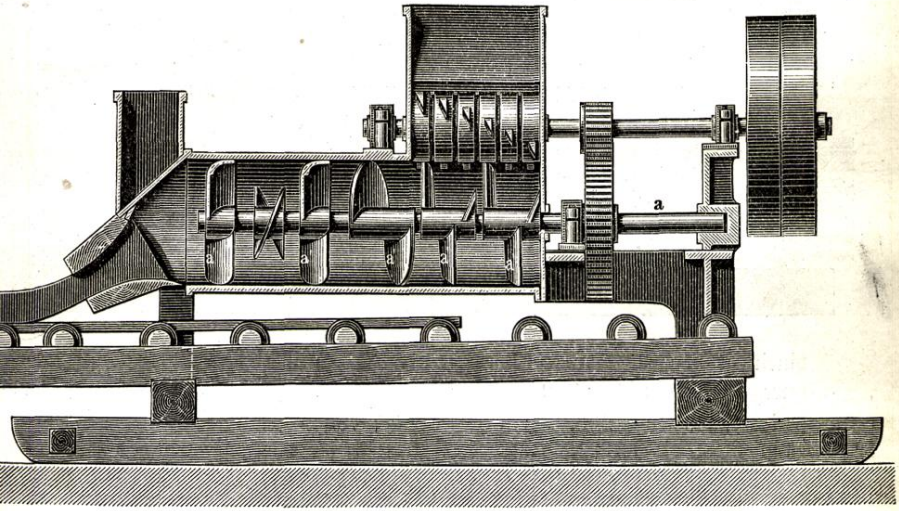


Fig. 296.

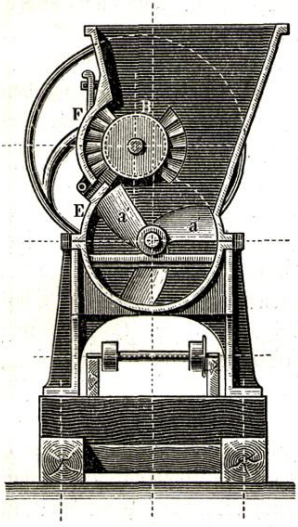
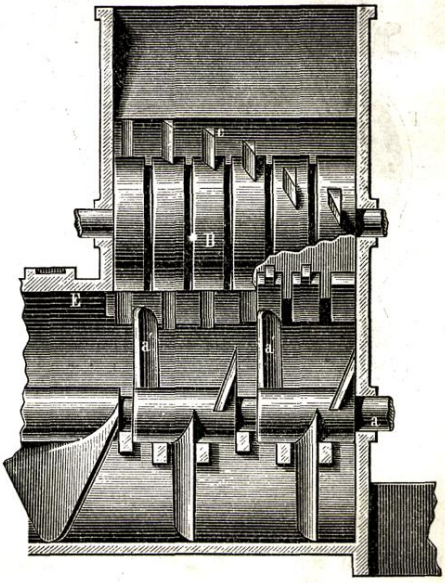


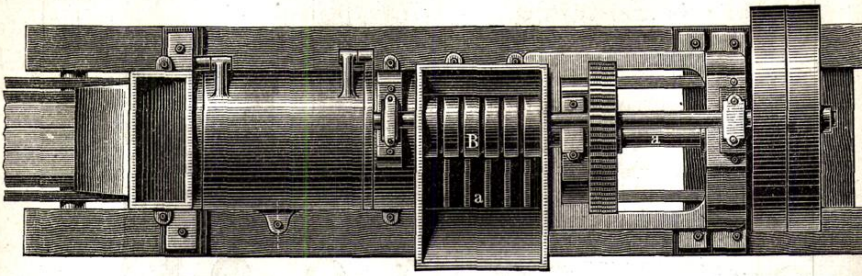
Fig. 298.



denen der Ziegelpressen mit schuppenförmigen Metallblechen und Bewässerung eingerichtet, und geben nach Auswahl einen, zwei, auch drei platte saubere Stränge

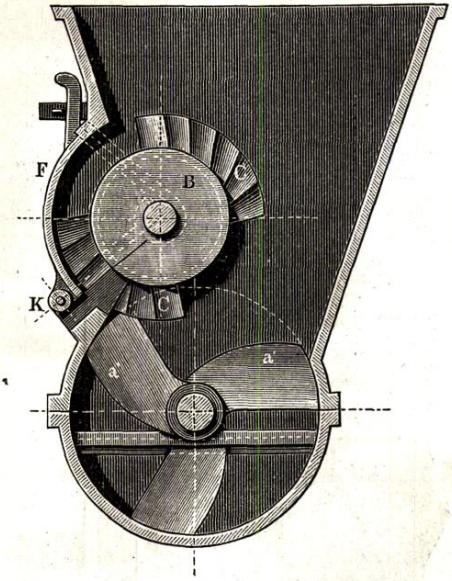
neben einander auf je 1 m lange breite Bretter. Die Zwischenwände der einzelnen Stränge sind zur Vermeidung von Stopfungen vor denselben entweder durch Herausziehen nach oben oder Drehen nach außen jederzeit leicht mittelst einer leichten Handbewegung aus der Ausflußöffnung zu entfernen und dann wieder

Fig. 297.



hinein zu bringen. Die Abschneidetische schneiden stets mit einer Handbewegung sämmtliche (1, 2 oder 3) Torfstränge, welche neben einander auf den je 1 m langen breiten Brettern liegen, auf einmal in 4 Längen, so daß man dann 4, 8 oder 12 Stück auf jedem Brett liegen hat, wodurch das Abheben und Ablegen wesentlich erleichtert wird.

Fig. 299.

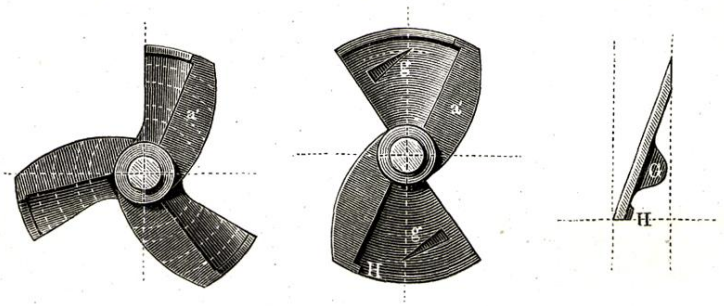


Gegen die Messerwelle a mit ihren Messern a' dreht sich eine Speisewalze B. Aus dieser Walze treten als neu eine Zahl Messer C heraus, welche ebenfalls wie die a' mittels ihrer Schräge den Torf vorschieben, aber außerdem den Zweck haben, indem je eins derselben zwischen zwei Messerflügel a' der Welle a durchschlägt, diese stets rein und frei zu halten von Verstopfungen durch Knoten oder Wurzeln. Diese Reinigungsmesser C und ihre Walze B werden ihrerseits wieder beim Austritt am Umfang der Messer a' durch einen Schaber K, der im Cylindermantel E festsitzt, von allem dazwischen haftenden Material gereinigt; sie sind durch eine Klappe F vor äußeren Verletzungen geschützt, und es wird auch durch diese verhütet, daß Menschen sich an den Messern verletzen können.

Im Allgemeinen haben Messer wie die der Messerwelle a nur eine in der Richtung der Axe pressende und verschiebende Wirkung, nicht aber eine

mischende und zermalmende, wenigstens nur zufällig. Um diesen letzteren Mangel zu beseitigen, sind den einzelnen Messerflügeln a' der Welle a auf der der Druckseite entgegengesetzten Fläche wieder kleine, annähernd senkrecht darauf stehende, scharfe und flache Secundärmesser g (Fig. 301) angebracht, die so gestellt sind, daß während des Ganges der Maschine stets nur eine Seite eines jeden dieser Messerchen, ähnlich den Hauptmessern, das Material nach seiner Druckseite vorschiebt, während die andere Seite desselben, wie bei jenen, frei geht. Dadurch ist man in der Lage, das in dem Thonschneider in dessen Längsrichtung sich gleichmäßig fortbewegende Material gleichzeitig ganz, je nach Stellung jedes einzelnen Secundärmesserchens und deren Aufeinanderfolge, nach außen oder innen zu verschieben, also wirklich in einander zu schieben, d. h. zu vermischen. Außerdem sind sämmtliche Messer a am Umfang im Winkel herumgebogen, so daß diese herumgebogenen Theile annähernd kleine dem Thon-

Fig. 300. Fig. 301. Fig. 302.



bez. Torfknetermantel concentrisch innere, beliebig breite Cylinderstreifen H (Fig. 302) bilden.

Die Torfmaschine von Lucht (Colberg) ruht sammt dem Elevator auf einem fahrbaren Gestelle mit sechs Rädern (Fig. 303 a. f. S.). Die Elevatoren sind entweder von Holz mit endloser Leinwand oder aus Eisen mit Schaufelkellen gefertigt. Das obere Elevatorende liegt wagerecht, wodurch der andere Schenkel ziemlich senkrecht gestellt werden kann, ohne daß die Schaufeln anstoßen; außerdem kann die Maschine beliebig weit von der Grube aufgestellt werden, indem der wagerechte Schenkel beliebig lang ausgeführt wird. Auf dem Fahrrahmen ist eine Windevorrichtung mit zwei Balanciers angebracht zum leichten Heben und Senken des Elevators. Vor dem Mundstück der Maschine liegt ein etwa 3 m langer Rollentisch zur Aufnahme der Sodenbretter, auf dem die Bretter durch die Soden bewegt werden. Bei Maschinenbetrieb wird eine 6 m lange Rollbahn vor dem Mundstück aufgelegt, welche zur Hälfte von dem Elevator aus durch Rollenbetrieb bewegt wird und die Bretter mit den Soden fortnimmt.

Auf die Torfmaschinen bezw. Torfpressen von R. Dolberg (D. R.-P. Nr. 9412), M. Friedrich (D. R.-P. Nr. 18115), Mecke und Sander (D. R.-P. Nr. 14645) und der Zeitzer Eisengießerei (D. R.-P. Nr. 38404) sei verwiesen.

Das Verfahren der Vorbehandlung von Torf behufs Herstellung von Preßtorf von J. M. A. Gérard (D. R.-P. Nr. 59640) ist dadurch gekennzeichnet, daß der durch Aufschlämmen in Wasser von Sand, Kalk, Thon u. dergl. befreite Torf als Schlamm in dünner Schicht zwischen endlosen Drahtgazebahnen gehalten, zunächst durch Abtropfvorrichtungen, darauf unter weiterer beiderseitiger Bedeckung mit aufsaugenden bezw. durchlässigen Bahnen (Filz) durch Auspreßwalzen, hiernach unter Zurücklassung dieser letzteren Bahnen durch eine hocherhitzte Trokkenkammer geführt wird, um neben der Abtreibung des restlichen Wassers zugleich eine theilweise Verkohlung zu bewirken, und daß nach dem Austritt aus letzterer der trockene und zum Theil verkohlte Torf durch eine geeignete Vorrichtung von den aus einander geführten Drahtgazebahnen abgelöst und in eine Knetvorrichtung befördert wird behufs Vermischung mit geeigneten flüssigen Bindemitteln; die Knetvorrichtung gibt dann den Torf als formbare Masse an eine Briquettepresse ab.

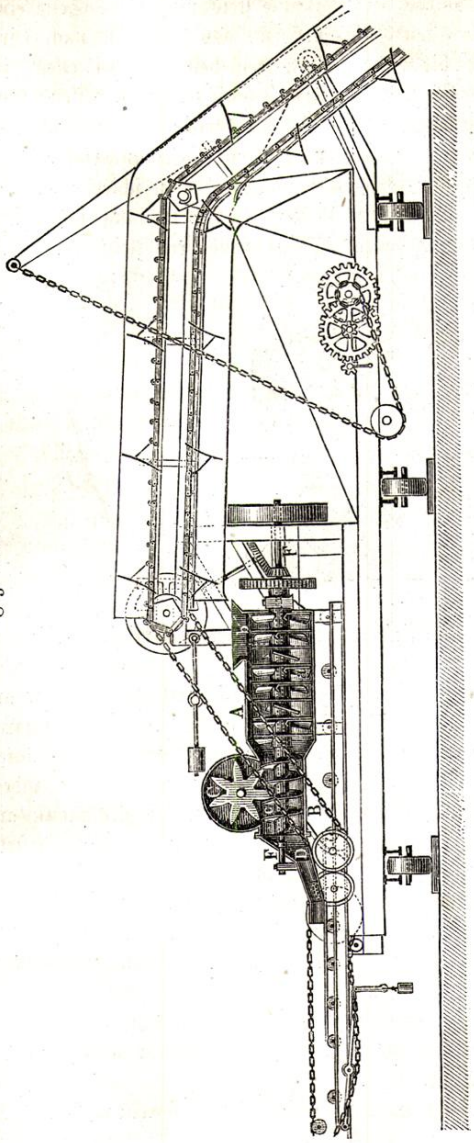


Fig. 303.

Welche Torfmaschine im gegebenen Falle vorzuziehen ist, hängt von örtlichen Verhältnissen, der verfügbaren Kraft, der Beschaffenheit des Moores und dergleichen ab.

Zum Trocknen des Maschinentorfes sind wiederholt Trockenöfen verwendet. Werden die Verbrennungsgase direct verwendet, so müssen sie mit soviel Luft gemischt

werden, daß die Temperatur nicht über 130° beträgt, um eine Entzündung des Torfes zu verhüten. Besser ist die Verwendung heißer Luft. Die älteren derartigen Vorrichtungen[1]) sind meist wieder verlassen, der höheren Kosten wegen. Von neueren ist die Trockenvorrichtung von Stauber[2]) (D. R.-P. Nr. 64692) und von Selwig und Lange (D. R.-P. Nr. 22223) beachtenswerth. Bei letzterer wird der frische Torf auf einem für Luft durchlässigen, sich langsam fortbewegenden Transporteur ausgebreitet, welcher sich in einer geschlossenen, langen Kammer befindet, und der Einwirkung eines ihn durchdringenden Stromes heißer Luft, erforderlichenfalls auch noch der directen Einwirkung von Wärme ausgesetzt wird. Jeder Transporteur besteht aus zwei durch Querbolzen *c* (Fig. 304 und 305) mit einander verbundenen Gliederketten *B*, welche über die Kettenscheiben *A* und *a* laufen. Jedes Glied trägt ein Stück gelochtes Metallblech oder Drahtgewebe *b*, welches 15 bis 25 mm länger ist als die Entfernung der Bolzen der Kette von einander beträgt. Diese Stücke sind um zwei an jedem Kettengliede außen angebrachte Zapfen drehbar. Befinden sie sich oben, so legt sich das vordere Stück mit seinem Ende auf den Anfang des nächstfolgenden, so daß sie auf der oberen Seite von *A*

Fig. 305.

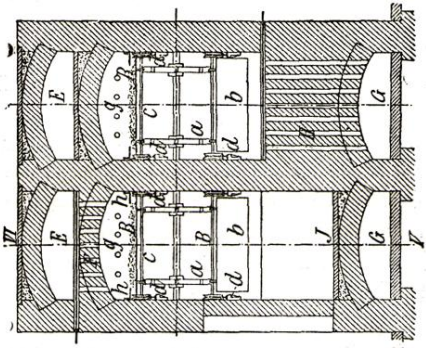
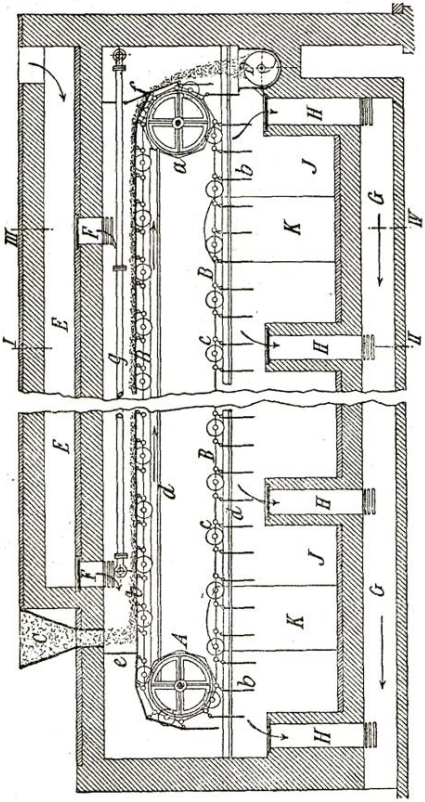


Fig. 304.



[1]) Vergl. Knapp: Chemische Technologie 1865, S. 179. — [2]) Fischer's Jahresb. 1892, 1120.

bis *a* eine ununterbrochene Fläche bilden. Beim Hinweggehen über die Scheiben *a* schlagen die Stücke *b* nach vorn über und hängen von der unteren Seite der Ketten nach unten herab. Die letzteren werden in der Mitte zwischen den Kettenscheiben durch Laufrollen unterstützt, welche, um die beiden Enden der Verbindungsbolzen *c* drehbar, unten sowohl wie oben auf seitlich angebrachten Schienen *d* laufen. Das Trockenmittel (heiße Luft, Verbrennungsgase, überhitzter Wasserdampf) tritt vom Kanale *E* aus durch Schlitze *F* in den Trockenraum und entweicht mit den Wasserdämpfen durch Schlitze *H* in den Kanal *G*. Außerdem können noch Holzrohre *g* angebracht werden. Der sich beim Trocknen bildende Torfstaub sammelt sich in den Räumen *J* und wird durch Thüren *K* entfernt. Der feuchte Torf fällt aus dem Fülltrichter *C* auf die obere Fläche des Transporteurs. Indem dieselbe langsam von *A* nach *a* fortschreitet, breitet sich der Torf auf ihr in gleichmäßig starker Schicht aus und wird bei Bewegung durch die Kammer unter Einwirkung der ihn durchstreichenden Luft und der an ihn außerdem abgegebenen Wärme getrocknet. Vom Ende des Transporteurs fällt der trockene Torf in eine Transportschnecke *D*, welche ihn aus der Kammer herausschafft. Um zu bewirken, daß der das Trocknen des Torfes bewirkende Luftstrom unbedingt durch die auf dem Transporteur liegende Torfschicht hindurchgeht, ist eine Art Abschluß zwischen derselben und den Seitenwänden der Kammer durch die seitlich an letzteren angebrachten Bleche *h*, welche bis in die Torfschicht hineinreichen, hergestellt. Vorn und hinten sind Scheidewände *e* und *f* aus Blech, letztere unten mit einer Klappe versehen, angebracht.

Mineralkohlen.

Geschichte und Statistik[1]). Die erste geschichtliche Angabe über Verwendung fossiler Kohlen als Brennstoff macht Theophrast (238 v. Ch.):

[1]) **Literatur.** Geschichtliches: P. Albinus, Meißnische Bergchronik (Dresden 1590). G. Agricola, Bermannus s. de re metallica (Basel 1530); Derſ., De ortu et causis subterraneorum (Basel 1544); Derſ., De natura eorum, quae effluunt e terra (Basel 1545); Derſ., De natura fossilium (Basel 1546). H. Cramer, Johannes Rhenanus 1879. Göppert, Preisfrage (Harlem 1848). A. v. Gutbier, Geognostische Beschreibung des Zwickauer Schwarzkohlengebirges 1834. E. Herzog, Geschichte des Zwickauer Steinkohlenbaues (Dresden 1852). The History of Fossil Fuel (London 1841). Singularium Andreae Libavii, cont. VIII libros bituminum et affinium historice, physice, chymice; de Petroleis, Ambra, Halosantho, Succino, Gagate, Asphalto, Pissaphalto, Mumia, Lithanthrace .... (Francofurti, P. Kopff, 1601). Medicus, Von dem Bau auf Steinkohlen (Mannheim 1768). Marco Polo, Reise in den Orient 1272 bis 1295, deutsch von Peregrin (Ronneburg 1802). J. Roth, Steinkohlen (Berlin 1866). Schmidt v. Bergenhold, Geschichte des Berg- und Hüttenwesens in Böhmen 1873. Voigt, Versuch einer Geschichte der Steinkohlen, der Braunkohlen und des Torfes (Weimar 1802). v. Voith, Mineralische Holzkohle (Nürnberg 1808). William, Naturgeschichte des Steinkohlengebirges (Leipzig 1798).

„Unter den zerbrechlichsten Steinen gibt es einige, die, wenn man sie ins Feuer bringt, wie angezündete Kohlen werden und lange so verbleiben. Von dieser

---

Chemie und Geologie der Kohlen: L. Achepohl, Das niederrheinisch-westfälische Steinkohlenbecken (Leipzig 1880, Essen 1883). E. Augener und A. Purgold, Das Braunkohlenbecken von Aussig (Prag-Teplitz 1874). Bergmann, Die mineralischen Brennstoffe Böhmens 1873. Demanet-Leybold, Betrieb der Steinkohlenbergwerke (Braunschweig 1885). C. Eichler, Ermittelung des Heizeffects der Braunkohlen (Berlin 1878). Felber, Bildung der Steinkohle (Herisau 1883). v. Festenberg-Packisch, Steinkohlenbergbau Niederschlesiens (Breslau 1886). Feistmantel, Steinkohlenbecken von Przilep (Prag 1873); Derſ., Mittelböhmische Steinkohlenablagerung (Prag 1883). H. Fleck und E. Hartig, Geſchichte, Statiſtik und Technik der Steinkohlen Deutſchlands und anderer Länder Europas (München 1865). R. Frantz, Deutſchlands Steinkohle (Breslau 1876). C. Fritſche, Die Brennſtoffe (Neuſtadt 1843). H. B. Geinitz: Geologie der Steinkohlen Deutſchlands und anderer Länder Europas (München 1865). H. de la Goupillière, Cours d'exploitation des mines (Paris 1885); Derſ., Rapport de la Commission chargée de l'étude des moyens propres à prévenir les explosions du grisou (Paris 1880). Göppert, Entſtehung der Steinkohlen (Haarlem 1848). Grundmann, Sind engliſche Steinkohlen beſſer als ſchleſiſche? (Waldenburg 1872). G. Gürich, Geologiſche Ueberſichtskarte von Schleſien (Breslau 1890). Hantken, Kohlenflötze Ungarns (Budapeſt 1878). v. Hauer, Die foſſilen Kohlen Oeſterreichs (Wien 1865). v. Hochſtetter, Aſien, ſeine Zukunftsbahnen und ſeine Kohlenſchätze (Wien 1876). H. Höfer, Kohlen- und Eiſenerzlagerſtätten Nordamerikas (Wien 1878). Th. v. Hohendorf, Auſſig-Teplitzer Braunkohlenbecken (Teplitz 1867). Hull, Coal Fields of Great Britain (London 1873). Jicinsky, Mähriſch-ſchleſiſches Steinkohlenrevier (Wien 1865). W. Jicinsky, Mähriſch-ſchleſiſches Steinkohlenrevier (Mähriſch-Oſtrau 1877). F. Jochams und H. Witmeur, Statistique des industries minières de Belgique 1875. Kosmann und Küntzel, Oberſchleſien, ſein Land und ſeine Induſtrie. Feſtſchrift (Gleiwitz 1888), S. 76. G. Kreiſcher und Cl. Winkler, Unterſuchungen über Sicherheitslampen (Freiberg 1883). Kupelwieſer und Schöffel, Die Kohlenreviere von Oſtrau u. ſ. w. (Wien 1870). Ch. Lallemand, Les lignites dans le nord de la Bohême (Paris 1881); auch Annal. des mines 1881. R. Lamprecht, Kohlenaufbereitung (Wien, Manz'ſche Buchh.). C. Fr. R. Lange, Der Abbau der Steinkohlenflötze (Saarbrücken 1885). C. Linkenbach, Aufbereitung (Berlin 1887). Lottner, Geognoſtiſche Skizze des weſtfäliſchen Steinkohlengebirges (Iſerlohn 1859). H. Mietſch, Geologie der Kohlenlager (Leipzig 1875). Die Mineralkohlen Oeſterreichs. Eine Ueberſicht der geologiſchen, Betriebs- und Abſatzverhältniſſe. Aus Anlaß der Pariſer Weltausſtellung zuſammengeſtellt im k. k. Ackerbau-Miniſterium (Wien 1878). Monographie des Oſtrau-Karwiner Steinkohlen-Revieres. Bearbeitet und herausgegeben vom berg- und hüttenmänniſchen Vereine in Mähr.-Oſtrau (Teſchen, Prochaska). R. Naſſe, Steinkohlenbergbau von Saarbrücken (Berlin 1886). R. Naſſe, Die Kohlenvorräthe der europäiſchen Staaten, insbeſondere Deutſchlands und deren Erſchöpfung (Berlin 1893). G. Natorp, Der niederrheiniſch-weſtfäliſche Steinkohlenbergbau (Düſſeldorf 1880). C. Naumann, Das Kohlenbaſſin von Flöha (Leipzig 1864). E. Noeggerath, Unterſuchungen über die Heizkraft der Steinkohlen des niederſchleſiſchen Revieres (Waldenburg 1881). V. Noback, Der Braunkohlenreichthum und die Braunkohlen-Bahnen Böhmens (Wien 1886). J. Pechar, Kohle und Eiſen in allen Ländern der Erde; Pariſer Ausſtellung (Berlin 1878). J. Pechar und A. Peez, Mineraliſche Kohle; Wiener Ausſtellung (Wien 1874). Petzhold, Beitrag zur Kenntniß der Steinkohlenbildung (Leipzig 1882). F. Poech, Das Förder- und Transportweſen des Steinkohlenbergbaues in Deutſchland, Belgien und Frankreich (Wien 1883). Pollack, Die böhmiſchen Braunkohlen (Dresden 1877). J. J. Rein, Japan nach Reiſeſtudien (Leipzig 1886). P. F. Reinſch, Unterſuchungen über die

Art sind diejenigen, die man in den Bergwerken der Gegend von Bena findet, und die durch die Fluthen dahin geführt worden; sie fangen Feuer, wenn man glühende Kohlen darauf wirft, und brennen fort, so lange man mit Blasen anhält, darnach erlöschen sie, können sich aber von Neuem entzünden. Auf diese Art dauern sie sehr lange; ihr Geruch aber ist sehr unangenehm. Auf dem Vorgebirge Erineas findet man einen Stein, welcher demjenigen gleich ist, den man in der Gegend von Bena antrifft; wenn man ihn brennt, so duftet er einen Harzgeruch aus und läßt eine Materie, ohngefähr wie erkaltete Erde, zurück. Diejenigen Steine, die man Kohle nennt und für den häuslichen Gebrauch gewinnt, sind erdartig. Sie brennen und entzünden sich wie Holzkohlen. Man findet sie in Ligurien, wo auch der Bernstein gegraben wird, und zu Elis auf den Bergen, über welche man nach Olympia geht. Ihrer bedienen sich die Schmiede."

Diese Angaben beziehen sich offenbar auf Braunkohlen.

Noch älter soll der Kohlenbergbau in England sein; in alten Bauen der Kohlenflötze von Monmouthshire und Leicestershire fand man Feuersteinwerkzeuge, in Derbyshire Werkzeuge aus Eichenholz, aber keinerlei Metalle, so daß diese Baue vor die Eisenzeit zurückzureichen scheinen[1]). Aus Funden von Kohlenschlacken in den Ruinen römischer Ansiedelungen in Durham, Northumberland, Lancashire, Worcester und auf dem Herde eines römischen Bades zu Wroxeter schließt man, daß die Römer bei ihrem Aufenthalt in England bereits Steinkohlen gebrannt haben. Um so auffallender ist es, daß Plinius[2]) Mineralkohle nicht erwähnt, oft aber Holzkohle, Holzschweelerei u. dergl. Auch Vitruv beschreibt die Verwendung von Holzkohlen für Bauzwecke, Estriche u. dergl.[3]). Mineralkohlen werden aber von ihm und anderen römischen und griechischen Schriftstellern nicht erwähnt[4]).

Von Bedeutung ist die Kohle erst in den letzten Jahrhunderten geworden.

Mikrostructur der Steinkohle (Leipzig 1881). Runge und Jüttner, Flötzkarte des Ruhrkohlenbeckens (Dortmund 1888). Schardinger, Braunkohlenrevier von Ellbogen-Carlsbad (Wien 1891. Schütze, Geognostik der niederschlesisch-böhmischen Steinkohlenbecken (Berlin 1882). W. Smyth, Coal and Coal-Mining (London 1869). D. Stur, Carbonflora (Wien 1885). F. Toula, Die Steinkohlen (Wien 1888). Don Ramon Oriol y Vidal, Carbones Minerales de Espana (Madrid 1874). M. Vollert, Der Braunkohlenbergbau im Oberbergamtsbezirk Halle (Halle 1889). Wagner, Bergrevier Aachen (Bonn 1881). E. Weiß, Fossile Flora der Steinkohlenformation (Bonn 1872). C. F. Zincken, Die Braunkohlen (Leipzig 1865); Derſ., Physiographie der Braunkohle (Leipzig 1867 u. 1871); Derſ., Die geologischen Horizonte der fossilen Kohlen (Leipzig 1883).

[1]) Nach Lyell (Antiquity of man, S. 55) fand man an der schottischen Küste, in der Pfarrei Dundonald, im Thon ein Bruchstück eines Ornamentes aus Cannelkohle in einer so tiefen Schicht, daß Lyell die Zeit seit der Einschwemmung desselben, mit Rücksicht auf die in bedeutend geringerer Tiefe liegenden Spuren römischer Ansiedelungen, auf ungefähr 5000 Jahre schätzt, also in das Zeitalter der Pharaonen versetzt. — [2]) Hist. natur. **33**, 94; **36**, 95. — [3]) Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern (Leipzig 1875 und 1884) **2**, 313; **3**, 134 und 166. — [4]) Den Etruskern diente die fossile Kohle, wie Otfried Müller berichtet, nur bei der Grundlegung von Gebäuden zur Ausfüllung, aber nicht als Brennstoff. Als solcher kam sie in Toscana in Aufnahme erst im 3. Jahrzehnt des jetzigen Jahrhunderts und wurde zuvörderst zur Unterfeuerung der Borsäurepfannen bei Monte Cerboli benutzt, bis sie durch die Hitze der überflüssigen Boraxdämpfe ersetzt wurde. Für ausgedehntere Zwecke kam der toscanische Kohlenbergbau i. J. 1838 in Aufnahme.

Deutschland.

Den Zwickauer Steinkohlenbau versetzt die Sage ins 10. Jahrhundert, bis in die Zeiten der gewerbfleißigen Sorbenwenden zurück. Auch der Name der noch einige Jahrhunderte älteren Stadt Zwickau, früher Zwickowe, d. h. Aue der Zwicz, eines slavischen Feuergottes, wird damit verknüpft. Den ersten sicheren Nachweis dieses Kohlenbergbaues enthält der noch im Archive vorhandene Pergamentcodex des Zwickauer Stadtrechts vom Jahre 1348: „Daz sullet ir wizzen, daz alle smide, di niderthalb der mur sitzen, mit nichte sullen smiden mit steinkoln." Urkundliche Erwähnung findet der Planitzer Kohlenberg zum ersten Male in einem Lehnbriefe von 1499, des Bockwaer Kohlenbaues aber im Stadtbuche des Zwickauer Rathsarchivs von 1493. Die Kohlen bei Oberhohndorf wurden 1530, die Reinsdorfer 1540 entdeckt, der Steinkohlenbau im Plauenschen Grunde begann 1540. Die ältesten gedruckten Nachrichten über den Zwickauer Kohlenbergbau gibt G. Agricola[1]) in seinen S. 457 angegebenen Schriften. Im „Bermannus" (S. 107) beschreibt er bereits drei Kohlenflötze, bespricht die brennenden Kohlengruben[2]), welche er mit dem Aetna und Vesuv vergleicht. Er wundert sich, daß Plinius nicht die Angaben von Theophrastus (S. 458) erwähnt. Die weitere Entwickelung des sächsischen Kohlenbaues bespricht ausführlich Herzog (s. d.). Entscheidend für dieselbe war die Einführung der Dampfmaschine; die erste wurde 1821 zu Zauckeroda im Plauenschen Grunde, die zweite 1826 auf dem Kohlenwerke zu Oberhohndorf aufgestellt; am 7. September 1845 wurde die Eisenbahn Zwickau-Leipzig eröffnet. An Zwickauer Kohlen wurden gefördert:

1770	36430	Scheffel (zu 90 bis 100 kg)
1790	30815	„ „
1800	62000	„ „
1810	61000	„ „
1820	65000	„ „
1830	165500	„ „
1840	780000	„ „
1850	4200000	„ „

Die Kohlenförderung im Ruhr-Kohlenbecken[3]) ist mindestens 600 Jahre alt. Das tief eingeschnittene Ruhrthal mit seinen steilen, bis 50 m hohen Felswänden, an welchen unzählige Kohlenflötze zu Tage ausstreichen, mußte allerdings früh zur Steinkohlengewinnung anregen. In einem zu Dortmund erhaltenen Kaufbriefe von 1302 werden auch Kohlenkrafften in Aplerbeck genannt. Andere Urkunden von 1317 und 1319 erwähnen ebenfalls die Ver-

[1]) Ackermann = Agricola war 1519 bis 1522 Lehrer in Zwickau. — [2]) Das Kohlenflötz zwischen Ober-Planitz und Nieder-Kainsdorf brennt seit undenklichen Zeiten. Ende des 16. Jahrhunderts war es erloschen, wurde aber 1641 durch kaiserliche Soldaten wieder entzündet; vergl. Herzog S. 60 und 81. — [3]) Vergl. W. Runge, Ruhr-Steinkohlenbecken S. 311.

wendung von Steinkohlen. Nach einer Mittheilung der Dortmunder Chronik zogen 1389 während einer Belagerung die Schmiede über die Emscher und holten 100 Malter Steinkohlen. Nach den Aachener Stadtrechnungen wurden dort schon 1333 Steinkohlen allgemein zur Heizung öffentlicher Gebäude verwendet[1]). 1353 schaffte die Stadt Aachen ein geaichtes Normalmaß für Steinkohlen an, welches von Lüttich geliefert wurde[2]). Die Kohlenzeche Hagenbeck bei Essen erhielt bereits am 15. April 1575 eine Bergordnung. Die Zeche Sälzer und Neuach wird schon um 1623, Schölerpad 1678 erwähnt.

Immerhin war die Steinkohlengewinnung im Ruhr-Kohlenbecken bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts ohne sonderliche Bedeutung, da genügend Holz vorhanden war, und der Vertrieb der Kohlen durch Pferdetreiber auf schlechten Landwegen war schwierig. Die i. J. 1772 erfolgte Schiffbarmachung der Ruhr förderte den Absatz nach dem Rheine wesentlich. Aber erst die Entwickelung der Eisenindustrie Westfalens und der Eisenbahnen in den 40er und 50er Jahren erhoben die Ruhr-Kohle zur heutigen Bedeutung. Die von M. Neuß verfaßte Festschrift: „Mittheilungen aus der Geschichte des Königlichen Oberbergamts zu Dortmund und des niederrheinisch-westfälischen Bergbaues“ gibt u. a. die nachstehende Tabelle über Production, Absatz, Werth, Zahl der Zechen und der Belegschaften.

	Production t	Werth derselben Mk.	Absatz t	Werth desselben Mk.	Zahl der Zechen	Belegschaft
1792	176 676	683 667	151 127	583 527	154	1 357
1800	230 558	1 039 015	204 384	921 630	158	1 546
1810	368 679	1 738 432	333 950	1 572 701	177	3 117
1820	425 369	2 279 140	392 157	2 102 047	161	3 556
1830	571 434	3 367 558	549 399	3 145 404	172	4 457
1840	990 352	6 396 330	956 978	6 006 312	221	8 945
1850	1 665 662	10 385 094	1 683 692	9 995 004	198	12 741
1860	4 365 834	28 055 022	4 038 396	25 990 158	281	29 320
1870	11 812 528	67 626 048	10 957 358	62 731 912	220	51 391
1880	22 495 204	102 953 856	21 179 972	96 981 971	202	80 152
1890	37 402 494	312 779 932	35 466 949	296 593 957	175	138 739

In Wettin fand man beim Schürfen auf Kupferschiefer statt dessen i. J. 1466 Steinkohlen, hatte aber keine lohnende Verwendung; erst 1583 begann dort die Förderung. An der Saar begann der Kohlenbergbau i. J. 1529, in Niederschlesien und vielleicht auch in Oberschlesien noch vor dem dreißigjährigen Kriege. 1850 wurde im Saargebiet die erste Eisenbahn

[1]) Zeitschr. f. Bergrecht 1872, S. 481. — Die Kohlenlager an der Inde und Worm bei Aachen sollen schon im 11. Jahrhundert bekannt gewesen sein (Fischer's Jahresber. 1894, 13). — [2]) „Kolkulen“ im Wurm-Revier bei Herzogenrath werden im 12. Jahrhundert erwähnt (Echo der Gegenwart vom 7. Mai 1873).

eröffnet; welchen Einfluß dieselbe auch hier auf den Kohlenabsatz der königlichen Saarbrücker Gruben hatte, zeigt folgende Zusammenstellung [1]):

Im Jahre	Absatz zum directen Verbrauch als Kohle			
	Eisenbahnabsatz t	Wasserabsatz t	Landabsatz t	Für Kokereien t
1850	18 720	128 952	312 106	124 720
1855	575 686	98 334	347 432	438 938
1860	986 614	73 017	312 870	542 009
1865	1 624 112	51 095	411 607	720 171
1870	1 412 856	356 588	356 061	527 790
1875	2 484 556	571 639	402 715	865 463
1880	3 107 694	549 073	413 934	949 804

Die anfangs noch sehr mangelhaften Feuerungseinrichtungen und die geringe Sachkenntniß lassen es erklärlich erscheinen, daß die Steinkohlenfeuerungen stark rauchten. Daß diese Belästigungen arg gewesen sein müssen, geht aus der Verordnung gegen die Zwickauer Schmiede (S. 459) und den englischen Gesetzen (S. 477) hervor. Von vielen Seiten wurde sogar behauptet, der Rauch sei gesundheitsschädlich. So sollte die Pest i. J. 1611 besonders im Feuerviertel (Wohnungen der Schmiede) in Zwickau und im benachbarten Kohlendorfe Bockwa gehaust haben. Auch die Schwindsucht sollte von Steinkohlenrauch kommen. Büntingen (a. a. O. S. 131) bestreitet, daß Steinkohlenrauch in freier Luft schädlich sei und meint, die in England auftretenden Krankheiten seien wesentlich der unzweckmäßigen Lebensweise der Engländer zuzuschreiben, sowie den offenen Kaminen, während die deutschen Oefen die Luft nicht verunreinigen würden. Er empfiehlt die Verwendung von Steinkohle zum Heizen, Kochen, Salzsieden u. dergl., wenn man einen eisernen Rost verwende. Auch C. A. Scheidts [2]) hält bei zweckmäßiger Behandlung der Kohlen den Rauch nicht für schädlich, ja J. G. Grüger [3]) versichert, daß, da das Salz zu Halle noch mit Holz gesotten worden, die wässerigen Dünste der Salzsohle zu öfteren scorbutischen Krankheiten der Salzsieder oder sog. Halloren Gelegenheit gegeben, welche nunmehro, da das meiste Salz bei Steinkohlen (sind doch wohl Braunkohlen! F.) nicht mehr zu spüren wären.

Braunkohlenbergbau scheint jünger zu sein und ist jedenfalls erst in neuerer Zeit von Bedeutung geworden. Die Braunkohlengruben am Meißner wurden 1578 von Rhenanus eröffnet, der die Kohle in Allendorf zum Salzsieden verwandte; da dieses Schwierigkeit machte, ließ er 1588 einen eisernen Rost anfertigen, vielleicht der erste überhaupt. Wenn Bün-

[1]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenk. 1884, 535. — [2]) Vergl. Medicus, Steinkohlen (1768) S. 167. — [3]) Cramer a. a. O. S. 36.

tingen (a. a. O. S. 85) erwähnt, daß sich am salzigen See und bei Eisleben sehr viel Kohlen finden, so bezieht sich dieses wohl auf Braunkohlen.

Welchen gewaltigen Einfluß die Dampfmaschine auf die Kohlenförderung Deutschlands hatte, wurde bereits erwähnt. Folgende Tabelle zeigt die Entwickelung der Mineralkohlenförderung Deutschlands in den letzten 40 Jahren.

Deutschlands Kohlenproduction.

Im Jahre	Steinkohlen		Braunkohlen	
	Menge t	Werth Mk.	Menge t	Werth Mk.
1848	4 383 565	25 697 334	—	—
1853	8 328 760	51 325 722	—	—
1860	13 672 000	80 730 000	—	—
1862	15 576 278	83 097 894	5 144 060	—
1866	21 629 746	127 320 114	—	—
1868	25 704 758	145 791 087	7 174 000	20 006 000
1870	26 397 770	163 537 080	7 605 000	22 053 000
1871	29 373 272	218 351 295	8 483 000	26 213 000
1872	33 306 418	296 668 500	9 018 000	29 496 000
1873	36 392 280	403 645 296	9 753 000	34 627 000
1874	35 918 614	387 182 871	10 740 000	39 232 000
1875	37 436 368	297 484 634	10 368 000	36 885 000
1876	38 454 428	263 678 277	11 096 000	38 442 000
1877	37 576 071	217 087 721	10 700 000	35 921 000
1878	39 590 000	207 916 000	10 930 000	34 459 000
1879	42 026 000	205 703 000	11 445 000	35 227 000
1880	46 972 262	245 657 178	12 145 000	36 710 000
1881	48 697 784	252 492 324	12 818 210	38 025 984
1882	52 094 895	268 064 974	13 238 030	36 022 372
1883	55 943 004	293 628 448	14 499 644	39 006 988
1884	57 233 875	298 780 192	14 879 945	39 578 345
1885	58 320 398	302 942 159	15 355 117	40 377 832
1886	58 020 612	300 727 000	15 616 984	40 270 000
1887	60 333 984	311 077 000	15 883 634	40 165 000
1888	65 386 120	341 063 330	16 573 963	40 896 384
1889	67 342 171	385 079 880	17 601 466	44 349 314
1890	70 039 046	530 766 000	19 012 481	49 768 838
1891	73 715 618	589 518 000	20 556 625	54 165 828
1892	71 372 193	526 979 176	21 171 857	58 505 898
1893	73 908 999	498 466 000	21 567 218	55 003 000

Demnach zeigte d. J. 1892 einen geringen Rückgang. Vertheilt auf die einzelnen Staaten ergibt sich für Deutschland (einschl. Luxemburg):

(Aus den Vierteljahrsheften zur Statistik des Deutschen Reiches; herausgegeben im Kaiserlich Statistischen Amt in Berlin.)

	Staaten bezw. Landestheile	Werke mit Productionsbetrieb Anzahl	Gesammte Förderung in absatzfähigen Producten 1892 Menge t	Gesammte Förderung in absatzfähigen Producten 1892 Werth Mk.	Abzug von der Gesammtförderung für den eigenen Verbrauch Menge t	Abzug von der Gesammtförderung für den eigenen Verbrauch Werth Mk.	Durchschnittliche tägliche Belegschaft auf den Werken (Durchschnitt nach den Lohnlisten ermittelt) unter Tage Köpfe	über Tage männliche Arbeiter Köpfe	über Tage weibliche Arbeiter Köpfe	überhaupt Köpfe
Steinkohlen	Preußen	343	65 442 558	470 709 823	3 948 225	27 773 943	198 266	54 609	5 323	258 198
	Bayern	22	776 659	7 653 938	63 607	392 276	3 716	849	241	4 806
	Sachsen	36	4 212 875	39 758 682	560 449	1 758 383	15 921	4 866	453	21 240
	Elsaß-Lothringen .	2	792 510	7 466 248	23 560	117 952	3 070	998	36	4 104
	Uebrige deutsche Staaten	4	147 591	1 390 475	10 398	94 526	744	323	—	1 067
	zus. Deutsches Reich	407	71 372 193	526 979 176	4 606 239	30 197 080	221 717	61 645	6 053	289 415
Braunkohlen	Preußen	410	17 219 033	47 652 132	3 376 734	9 248 019	13 118	16 553	745	30 416
	Bayern	8	15 130	69 696	1 763	7 045	56	55	4	115
	Sachsen	109	927 860	2 698 729	110 808	276 816	1 115	1 157	158	2 470
	Hessen	10	216 821	798 356	28 106	155 481	340	243	—	583
	Braunschweig . . .	5	593 849	1 940 306	58 909	190 762	444	371	—	815
	Sachsen-Altenburg .	42	1 240 812	2 475 379	93 088	169 541	704	741	165	1 610
	Anhalt	11	904 527	2 757 354	59 849	178 809	971	355	—	1 326
	Uebrige deutsche Staaten	4	53 825	113 946	6 860	12 783	70	69	6	145
	zus. Deutsches Reich	599	21 171 857	58 505 898	3 736 117	10 239 256	16 858	19 544	1 078	37 480

Dagegen betrug die Förderung der Jahre 1862, 1872 und 1882 in Tonnen:

	Steinkohle			Braunkohle		
	1862	1872	1882	1862	1872	1882
Preußen (einschließlich Hannover u. s. w.)	13 590 390	29 523 776	47 097 376	3 999 681	7 449 636	10 795
Bayern	307 946	412 412	512 628	50 262	12 067	17
Sachsen	1 902 467	2 946 261	3 784 147	428 615	601 448	618
Baden	9 376	11 715	8 522	—	—	—
Elsaß-Lothringen	—	290 205	518 525	—	2 233	?
Großherzogthum Hessen	—	—	—	31 968	46 576	28
Braunschweig	—	498	—	119 418	185 295	287
Oldenburg, Mecklenburg, Waldeck, Lippe	—	106 772	105 864	—	4 065	12
Thüringische Staaten	24 288	14 779	762	173 321	249 279	747
Anhalt	—	—	—	340 795	467 454	749

Die Verhältnisse des Steinkohlenbergbaues in Preußen zeigen die Tabellen S. 466 bis 471.

In der folgenden Uebersicht sind diejenigen Steinkohlenbergwerke des Oberbergamtsbezirks Breslau zusammengestellt, deren Förderung im Jahre 1892 100 000 t überstieg.

Name des Bergwerks	Kreis	Förderung t
Königin Luise einschl. Guido	Zabrze	2 516 428
Königsgrube mit Pachtfeld „Zum hohen Kreuz“	Beuthen	1 138 835
Königin Luise-Pachtfeld mit Catharina und Oscar	Zabrze	275 092
Consl. Paulus-Hohenzollern	Beuthen	1 101 309
Gräfin Laura	Kattowitz	834 269
Ver. Mathilde mit Pachtfeld consl. Schlesien	Beuthen	695 741
Laurahütte	Kattowitz	612 158
Consl. Florentine mit Carnallsfreude	Beuthen	590 355
Consl. Hohenlohe mit Pachtfeld Ferdinand	Kattowitz	581 190
Consl. Concordia mit Pachtfeldern Borsig, Johann August, Ludwigsglück und Maria Anna	Zabrze	549 002
Consl. Heinitz	Beuthen	380 809
Hedwigswunsch	Zabrze	348 401
Neue consl. Radzionkau	Tarnowitz	299 052
Comb. Gottessegen mit Pachtfeldern Euphemia und Franziska	Kattowitz	260 023

Name des Bergwerks	Kreis	Förderung t
Consl. Brandenburg mit Pachtfeldern Ruda, Catharina und Oscar	Zabrze	247 782
Max und Jung Anna Südfeld	Kattowitz	246 836
Consl. Wolfgang mit Pachtfeldern Catharina, Maximiliane, Gute Schiffahrt und Bessere Zukunft	Zabrze	226 205
Comb. Hugozwang mit Köpfeloben, Beatensegen I W. u. Alexandrine	Kattowitz	185 205
Ludwigsglück mit Pachtfeldern Borsig und Altenberg II	Zabrze	178 656
Emma mit Pachtfeldern Mariahilf und Weihnachtsabend	Rybnik	160 439
Consl. Georg	Kattowitz	159 768
Lythandra mit Pachtfeld Cicero	Beuthen	100 968
Consl. Giesche	Kattowitz	1 084 243
Ferdinand und Ferdinand Ia	„	476 071
Myslowitz mit Feldsegen	„	435 171
Cleophas mit Beatensegen Ost und Zur Gottes Gnade	„	316 948
Consl. Deutschland	Beuthen	544 893
Consl. Schlesien	„	408 558
Emanuelsegen	Pleß	146 739
Ver. Glückhilf mit Pachtfeldern Friedrich Stolberg und Friedenshoffnung	Waldenburg	786 486
Consl. Fuchs und Pachtfeldern Emilie und Anna	„	550 242
Friedenshoffnung	„	415 362
Consl. Fürstensteiner	„	400 267
Consl. Carl Georg Victor	„	251 277
Consl. Abendröthe	„	129 776
Consl. Melchior	„	129 174
Consl. Gottes Segen	„	106 419
Consl. Gustav	Landeshut	107 378

2. Oberbergamtsbezirk Halle lieferte 1892 in zwei Werken nur 19 660 t gegen 29 233 t in 1882; Wettin ist am 11. Febr. 1893 geschlossen.

3. Im Oberbergamtsbezirk Clausthal lieferten die Staatswerke am Deister 309 702 t (68 632 weniger als 1891), am Osterwald nur 18 983 t, das Schaumburger Werk 250 489 t, das Bantorfer Privatwerk 78 220 t, Ilfeld a. H. lieferte nur 787 t Kohlen.

4. Im Oberbergamtsbezirk Dortmund standen 1892 179 Bergwerke mit insgesammt 213 selbständigen Förderanlagen im Betriebe. Von 175 Werken wurden 36 853 502 t Steinkohlen im Werthe von 271 663 689 Mk. gefördert, d. i. gegen das Vorjahr eine Verminderung um 548 992 t und um 41 116 243 Mk. Vier Werke standen noch in Aus- und Vorrichtung bezw. Aus- oder Umbau. Die Zahl der durchschnittlich beschäftigten Arbeiter betrug 142 247 Mann, das sind 3 508 mehr als i. J. 1891.

1. Oberbergamtsbezirk Breslau	Betriebene Werke	Zahl der Arbeiter überhaupt	Förderung		Absatz		Durchschnittswerth für 1 t	Förderung auf 1 Arbeiter	Dampfmaschinen	
			Menge	Werth	Zum Verkauf einschl. Deputate	Selbstverbrauch für den Bergwerksbetrieb einschließlich Haldenverluste			Zahl	Pferdekräfte
			t	Mk.	t	t	Mk.	t		
A. Oberschlesien.										
Vom Staate betriebene Werke.										
Königsgrube einschl. Zum hohen Kreuz	2	3 774	1 138 835	6 793 925	1 082 473	59 707	5,97	302	34	4 155
Königin Luise-Grube mit Guido .	2	9 155	2 516 428	16 135 952	2 380 100	134 013	6,41	275	75	7 912
Vom Staate verpachtete Werke.										
Königin Luise-Grube-Pachtfeld nebst den Pachtfeldern Catharina und Oskar	2	761	275 092	1 366 158	262 169	16 072	4,97	361	14	746
Vom Staate verliehene Werke.										
Bergrevier Beuthen	15	14 256	4 477 419	24 466 914	4 183 017	278 011	5,46	314	214	14 836
„ Kattowitz	8	4 958	1 523 524	8 543 755	1 381 055	135 604	5,61	307	64	5 130
„ Königshütte	18	4 970	1 555 992	7 561 608	1 457 050	101 690	4,86	313	92	6 467

„ Tarnowitz	3	1 367	340 390	1 654 503	298 711	39 971	4,86	249	33	6 199
„ Nikolai	5	1 257	195 635	935 815	186 510	8 047	4,78	156	13	538
„ Ratibor	13	2 982	584 314	3 147 730	509 603	69 068	5,39	196	62	2 570
Andere Werke.										
Herrschaft Myslowitz-Kattowitz . .	20	8 422	2 648 745	15 699 391	2 339 336	322 361	5,93	315	137	15 465
Standesherrschaft Beuthen . . .	3	2 381	954 843	5 185 890	915 227	42 017	5,43	401	29	1 488
„ Pleß	5	942	226 272	1 171 558	217 984	7 261	5,18	240	19	331
Oberschlesien *) 1892	96	55 225	16 437 489	92 663 199	15 213 235	1 213 822	5,64	298	786	65 837
„ 1891	92	54 752	17 725 793	99 725 979	16 447 426	1 182 095	5,63	324	751	66 860
„ 1882	109	35 416	10 888 172	43 021 642	9 888 222	910 608	3,95	307	558	43 074
B. Niederschlesien.										
Bergrevier Oestlich-Waldenburg .	16	2 597	403 080	2 571 824	367 993	33 978	6,38	155	61	3 377
„ Westlich-Waldenburg .	25	15 276	3 005 712	24 208 779	2 631 478	362 019	8,05	197	281	16 829
„ Görlitz	1	30	2 961	29 653	2 592	369	10,01	99	3	13
Niederschlesien 1892	42	17 903	3 411 753	26 810 256	3 002 063	396 366	7,86	191	345	20 219
„ 1891	42	17 244	3 385 749	28 003 910	3 032 802	366 423	8,27	196	313	18 339
„ 1882	45	12 797	2 902 775	17 963 678	2 692 114	212 496	6,19	227	236	10 170

*) Oberschlesien förderte

1861	2 658 333 t	Steinkohle,
1865	4 256 927 „	„
1870	5 854 403 „	„
1875	8 228 369 „	„
1880	10 110 721 „	„
1885	12 842 128 „	„
1893	17 095 531 „	„

Zum Absatze, einschließlich zum eigenen Gebrauche, gelangten von den Privatwerken insgesammt 36 728 667 t Steinkohlen, gegen 37 253 827 t im Vorjahre, d. i. eine Abnahme von 525 160 t. 3597 Dampfmaschinen hatten 268 915 Pferdestärken.

Die Förderung der i. J. 1892 im Regierungsbezirk Münster im Betriebe gewesenen 11 Zechen betrug 3 816 551 t, gegen 3 511 810 t in 1891; die Belegschaft bestand aus 15 254 Arbeitern, gegen 13 554 im Vorjahre. Die Förderung vertheilt sich auf die einzelnen Werke wie folgt:

Prosper Schacht II	657 423 t	Ewald	342 987 t
Recklinghausen	544 689 „	Graf Moltke	291 863 „
Hugo	385 620 „	König Ludwig	283 142 „
Graf Bismarck Schacht II	383 458 „	Schlägel u. Eisen	208 783 „
Oberhausen Schacht Osterfeld	379 800 „	General Blumenthal	203 382 „
		Nordstern	135 404 „

Im Regierungsbezirk Arnsberg standen i. J. 1892 117 Steinkohlenbergwerke, außerdem die Betriebsabtheilung Schacht I der Zeche Graf Bismarck (vergl. Regierungsbezirk Münster), mit 89 801 Arbeitern im Betriebe. 114 Werke förderten zusammen 22 610 392 t Steinkohlen zum Werthe von 166 793 750 Mk. Eine Förderung von 100 000 t und mehr hatten folgende Zechen aufzuweisen:

1. Consolidation	1 037 912 t	28. Graf Bismarck Schacht I	290 000 t
2. Ver. Rhein-Elbe u. Alma	937 664 „	29. Ver. Hannibal	280 361 „
3. Hannover	673 950 „	30. Heinrich Gustav	276 637 „
4. Shamrock	639 770 „	31. Zollern	274 707 „
5. Centrum	633 424 „	32. Julia	272 319 „
6. Pluto	615 437 „	33. Hörder Kohlenwerk	272 239 „
7. Ver. Germania	517 709 „	34. Gneisenau	267 489 „
8. Ver. Stein u. Hardenberg	503 324 „	35. Monopol	251 841 „
9. Neu-Iserlohn	488 328 „	36. Ver. Hamburg	240 767 „
10. Unser Fritz	479 036 „	37. Massener Tiefbau	237 423 „
11. Wilhelmine Victoria	451 667 „	38. Ver. Franziska Tiefbau	225 727 „
12. Victor	448 213 „	39. Amalia	223 397 „
13. Erin	440 630 „	40. Courl	223 101 „
14. Holland	395 187 „	41. Glückauf Erbstolln	212 727 „
15. Eintracht Tiefbau	394 240 „	42. Lothringen	212 264 „
16. Königsgrube	393 375 „	43. Ver. Präsident	202 293 „
17. Fröhliche Morgensonne	359 032 „	44. Hansa	198 338 „
18. Hibernia	357 179 „	45. Friederica	193 830 „
19. Königsborn	349 776 „	46. Ver. Maria Anna u. Steinbank	190 333 „
20. Friedrich der Große	348 977 „	47. Prinz-Regent	186 782 „
21. Ver. Constantin der Große	344 504 „	48. Vollmond	181 188 „
22. von der Heydt	341 684 „	49. Mont Cenis	176 548 „
23. Ver. Westfalia	339 277 „	50. Louise u. Erbstolln	173 980 „
24. Mansfeld	317 078 „	51. Graf Schwerin	173 884 „
25. Dannenbaum	309 219 „	52. Julius Philipp	171 448 „
26. Dorstfeld	306 870 „	53. Margaretha	157 894 „
27. Hasenwinkel	292 788 „	54. Prinz von Preußen	157 037 „
		55. Tremonia	156 597 „
		56. Caroline bei Harpen	149 903 „

57. Eiberg	149 747 t	67. Westhausen	124 471 t
58. Siebenplaneten	142 482 „	68. Braaker Mulde	124 377 „
59. Ver. Carolinenglück	141 216 „	69. Ver. General u. Erbstolln	121 731 „
60. Altendorf	139 579 „	70. Herminenglück Liborius	119 961 „
61. Crone	139 076 „	71. Carl Friedrich Erbstolln und Brockhauser Tiefbau	108 616 „
62. Ver. Bommerbänker Tiefbau	138 775 „	72. Ringeltaube	104 774 „
63. Borussia	137 553 „	73. Ver. Trappe	103 657 „
64. Ver. Bickefeld Tiefbau	134 679 „	74. Ver. Wiendahlsbank	101 562 „
65. Bruchstraße	134 063 „		
66. Ver. Schürbank u. Charlottenburg	131 689 „		

Im Regierungsbezirk Düsseldorf standen i. J. 1892 42 Bergwerke und die beiden selbständigen Schachtanlagen Oberhausen I und II und Prosper I in Förderung. Bei einer Belegschaft von 35 595 Mann förderten diese Zechen insgesammt 10 179 495 t Steinkohlen. Eine Production von mehr als 100 000 t hatten folgende Zechen aufzuweisen:

Zollverein	1 039 673 t	Langenbrahm	222 773 t
Dahlbusch	805 049 „	Graf Beust u. Ernestine	197 511 „
Concordia	539 097 „	Friedrich Ernestine	197 199 „
Oberhausen Schacht I und II	521 322 „	Westende	190 505 „
Cölner Bergwerksverein	457 073 „	Ver. Hagenbeck	175 775 „
Ver. Helene u. Amalie	438 904 „	Carolus Magnus	163 999 „
König Wilhelm	405 336 „	Johann Deimelsberg	158 703 „
Königin Elisabeth	399 937 „	Hercules	156 589 „
Ver. Bonifacius	398 332 „	Ludwig	156 043 „
Neu-Essen	397 833 „	Ver. Pörtingssiepen	135 901 „
Prosper, Schacht I	335 357 „	Ver. Wiesche	119 635 „
Deutscher Kaiser	326 437 „	Humboldt	110 482 „
Mathias Stinnes	263 151 „	Roland	106 249 „
Ver. Sälzer u. Neuack	257 206 „	Rheinische Anthracit-Kohlenwerke	103 639 „
Victoria Mathias	253 308 „	Ver. Sellerbeck	103 029 „
Wolfsbank u. Neu-Wesel	242 137 „	Ver. Rosenblumendelle	101 828 „
Alstaden	240 421 „		

5. Oberbergamtsbezirk Bonn. Die Gesammt-Steinkohlenförderung des Bezirks betrug 8 160 997 t zum Werthe von 74 553 220 Mk. gegen 8 375 811 t zum Werthe von 80 996 298 Mk. im Vorjahre. Die Förderung ist somit um 214 814 t, im Werthe aber um 6 443 078 Mk. gesunken. — Besonders wichtig sind die Staatswerke bei Saarbrücken:

Name und Nummer (I—IX) der Gruben (Berginspectionen)	Förderung t	Geldwerth der Förderung überhaupt Mk.	Geldwerth der Förderung durchschnittlich für 1 t Mk.	Pf.	Mittlere Belegschaft unter Tage	über Tage	in Summe	Förderung auf einen Arbeiter t	Dampfmaschinen Zahl	Effective Pferdestärken
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
Kronprinz I	415 445	3 589 445	8	64	1 549	387	1 936	215	36	2 335
Gerhard II	686 873	7 775 402	11	32	2 657	765	3 422	201	79	5 735
v. d. Heydt III	636 676	7 200 806	11	31	2 292	673	2 965	215	59	3 450
Dudweiler IV	486 646	4 443 082	9	13	1 987	430	2 417	201	34	3 013
Sulzbach V	595 791	5 487 235	9	21	2 284	284	2 568	232	42	5 307
Reden VI	681 325	6 574 784	9	65	2 949	618	3 567	191	69	3 762
Heinitz VII	1 018 333	10 458 279	10	27	3 298	1 033	4 331	235	49	3 843
König VIII	746 401	7 575 975	10	15	2 583	549	3 132	238	55	2 354
Friedrichsthal IX	510 707	4 621 896	9	05	1 891	433	2 324	220	42	5 055
Göttelborn X	135 379	1 225 180	9	05	652	102	754	180	13	344
Fischbach XI	345 314	3 221 780	9	33	1 311	343	1 654	209	37	5 449
Summe 1892	6 258 890	62 173 864	9	93	23 453	5 617	29 070	215	515	40 647
Dagegen 1891	6 389 960	66 931 852	10	47	23 209	5 374	28 583	224	480	36 338
„ 1883	5 892 821	45 015 883	7	64	19 872	4 206	24 078	245	326	21 577
„ 1882	5 480 181	40 705 824	7	43	19 122	3 739	22 861	240	310	19 738

Kokerei der Grube Heinitz lieferte an Koks { im Jahre 1892 48 279 t mit 49,96 Proc. Ausbringen, „ „ 1891 55 208 „ „ 50,19 „ „ „ „ 1882 63 995 „ „ 53,58 „ „

Für die Tonne großer und kleiner Koks berechnet sich ein durchschnittlicher Verkaufspreis von 15,11 Mk., gegen 16,46 Mk. in 1891 und 21,26 Mk. in 1890. Auf den Privat-Koksanstalten wurden dargestellt 559 759 t, gegen 520 776 t im Vorjahre.

Das Steinkohlenbergwerk Rheinpreußen, welches seit dem 1. Januar 1892 dem Bergreviere Düren angehört, förderte 363 108 t, gegen 339 062 t, d. i. 24 046 t mehr als im Vorjahre. Die Koksproduction betrug 54 155 t, gegen 57 925 t. — Grube Hostenbach (Reg. Trier) förderte 1892 nur 131 000 t (gegen 159 887 in 1891), Grube Eschweiler-Reserve (Reg. Aachen) förderte 151 843 t.

Uebersicht über den Steinkohlenbergbau im Preußischen Staate im Jahre 1892 nach Steinkohlenbecken[1]).

Kohlenbecken	Betriebene Werke	Anzahl der Arbeiter	Kohlenförderung			Haldenwerth der Förderung	
			im Ganzen	durchschnittlich		im Ganzen	durchschnittlich auf 1 t
				auf eine Grube	auf einen Arbeiter		
			t	t	t	Mk.	Mk.
Oberschlesien . . .	96	55 225	16 437 489	171 223	298	92 663 199	5,64
Niederschlesien . .	42	17 903	3 411 753	81 232	191	26 810 256	7,86
Wettin u. Löbejün	2	103	19 660	9 830	191	201 184	10,23
Hannover (Wealdenkohle) . . .	9	2 948	455 240	50 582	154	3 765 386	8,27
Grafschaft Hohnstein	2	14	1 309	655	94	8 860	6,77
Schaumburg (1/2)	1	854	125 245	125 245	147	1 228 406	9,81
Minden	2	73	7 220	3 610	99	83 415	11,55
Ibbenbüren . . .	2	1 347	217 204	108 602	161	2 050 902	9,44
Ruhr.	174	141 997	36 969 549	212 469	260	271 886 761	7,35
Aachen	11	6 963	1 404 709	127 701	202	8 263 380	5,88
Saar.	14	30 771	6 393 180	456 656	208	63 748 084	9,97
Zusammen	355	258 198	65 442 558	184 345	253	470 709 833	7,19
Dagegen 1891	354	252 178	67 528 015	190 757	268	527 225 051	7,81
„ 1889	338	212 382	61 436 991	181 766	289	332 581 059	5,41
„ 1888	352	198 222	59 475 351	168 964	300	291 918 935	4,91
„ 1881	400	162 179	43 780 545	109 451	270	216 973 961	4,96
„ 1880	405	155 006	42 172 944	104 134	272	210 617 066	4,99

[1]) Vergl. Fischer's Jahresber. 1891, 120; 1890, 223.

Braunkohlenförderung des Preußischen Staates während des Jahres 1892 nach Provinzen.

Provinz	Betriebene Werke			Arbeiter	Fördermenge (absatzfähig)			Haldenwerth der Förderung			
	des Staates	der Privaten	zusammen		im Ganzen t	auf eine Grube t	auf einen Arbeiter t	im Ganzen Mk.	durchschnittlich auf eine Grube Mk.	einen Arbeiter Mk.	1 t Mk.
Westpreußen	—	1	1	2	430	430	215	2 452	2 452	1 226	5,70
Brandenburg	—	113	113	7 540	4 598 076	40 691	610	12 918 060	114 319	1 713	2,81
Posen	—	7	7	99	28 149	4 021	284	104 569	14 938	1 056	3,71
Schlesien	—	35	35	1 266	456 843	13 052	361	1 716 754	49 050	1 356	3,76
Sachsen	4	189	193	18 168	10 925 139	56 607	601	30 388 776	157 455	1 672	2,78
Hannover	—	4	4	131	53 844	13 461	233	152 836	38 209	661	2,84
Hessen-Nassau	4	33	37	1 298	293 353	7 928	226	1 193 645	32 [illegible]1	920	4,07
Rheinprovinz	—	38	38	1 812	863 199	22 716	476	1 775 040	30 922	648	1,36
Summe 1892	8	420	428	30 416	17 219 033	40 231	566	47 652 132	111 337	1 567	2,77
Dagegen 1891	8	427	435	29 046	16 739 984	38 483	576	43 568 357	100 157	1 500	2,60
„ 1889	8	416	424	24 612	14 205 047	33 502	577	35 328 133	83 321	1 435	2,49
„ 1888	8	411	419	23 408	13 207 888	31 522	564	32 159 347	76 753	1 374	2,43
„ 1883	8	430	438	21 197	11 826 630	27 001	558	31 759 552	72 510	1 498	2,69
„ 1882	8	422	430	20 108	10 798 091	25 112	537	29 570 722	68 769	1 470	2,73
„ 1881	8	448	456	19 959	10 412 153	22 834	522	31 268 991	68 572	1 567	3,00
„ 1880	8	461	469	19 757	9 874 888	21 055	500	30 165 766	64 319	1 526	3,06

Die wichtigsten Werke sind zur Zeit:

Name der Grube	Lage	Höhe der Förderung 1892
		t
Concordia	Nachterstedt	565 159
Johanne Henriette	Unseburg	401 359
Ottilie Kupferhammer	Oberröblingen	397 940
Anna	Zschipkau	328 743
Ilse	Bückgen	318 344
Marie	Reppist	309 000
Luise	Bitterfeld	277 491
Deutsche Grube	Zscherndorf	262 087
Auguste	Bitterfeld	256 989
Wilhelminensglück	Clettwitz	243 430
Haul	Luckenau	241 388
Emilie und Werner	Harbke	234 038
Heye I	Särchen	225 155
Henkels Werke	Senftenberg	222 031
Marie	Kl. Räschen	217 815
Walthers Hoffnung	Stedten	204 831
Marie Louise	Neindorf	205 478
Victoria	Hötensleben	203 159
Alfred	Tornitz	192 085
Hermine	Greppin	184 310
Caroline	Osfleben	178 191
Emma	Streckau	167 195
Altzscherben	Zscherben	165 026
Nr. 278	Prehlitz	163 945
Naumburg	Deuben	160 302
N. Nr. 6	Greppin	158 181
Hedwig	Wildschütz	152 885
Neue Sorge	Näthern	150 051
Meuro-Stolln	Senftenberg	143 144
Henriette	Sallgast	140 211
Georg	Aschersleben	140 183
Staatswerk	Eggersdorf	139 865
„	Löderburg	137 894
Jacobsgrube	Börnecke	137 827
Vereinsglück	Prehlitz	137 570
Nr. 315/21	Webau	136 238
Präsident	Schönfließ	135 053
Sophie	Wolmirsleben	127 639
Reschke'sche Werke	Reppist	126 482

Die Einfuhr und Ausfuhr Deutschlands betrug:

Jahr	Steinkohlen Einfuhr	Steinkohlen Ausfuhr	Braunkohlen Einfuhr	Braunkohlen Ausfuhr
1850	502 008	1 493 276	—	—
1860	782 030	1 943 778	—	—
1870	1 681 573	4 007 400	—	—
1880	2 058 767	7 236 466	3 081 466	19 200
1885	2 375 905	8 955 518	—	—

Dagegen betrug:

	Einfuhr 1892	Einfuhr 1893	Ausfuhr 1892	Ausfuhr 1893
Braunkohlen .	6 701 309	6 705 672	18 582	22 756
Koks	465 726	439 182	1 717 893	1 902 424
Steinkohlen . .	4 436 983	4 664 047	8 971 055	9 677 304
Preß- und Torfkohlen . . .	75 788	102 992	120 560	171 356

Der Verkauf von Kohlen im Inlande betrug darnach:

1891	69 212 000 t
1892	66 587 000 „
1893	67 925 000 „

Auf den Kopf der Bevölkerung kommen somit etwa:

1891	1 385 k
1892	1 359 „
1893	1 386 „

Oesterreich.

Der Steinkohlenbergbau Böhmens ist in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts, der auf Braunkohlen in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts begonnen[1]). Nach Pechar (a. a. O.) wurde aber in Böhmen 1550 der erste Braunkohlenbergbau und 1580 der erste Steinkohlenbergbau ins Leben gerufen. Erst im 17. und 18. Jahrhundert sind in anderen Ländern der Monarchie (Steiermark, Niederösterreich und Mähren) weitere Kohlenbergbaue eröffnet worden. Durch Jahrhunderte dienten indessen die Mineralkohlen nur einem ganz unbedeutenden Localbedarfe, da die Verkehrsmittel für eine weitere Verführung derselben fehlten und der Reichthum der vorhandenen Wälder für die Zwecke des Hausbedarfes und der noch im Anfang der Entwickelung begriffenen Industrie ausreichenden Brennstoff darbot. Dem entsprechend lieferte Oesterreich im Jahre:

1819	94 607 t	Mineralkohle
1830	211 298 „	„
1840	469 212 „	„
1845	721 707 „	„
1850	944 323 „	„

[1]) Mineralkohlen Oesterreichs 1878, S. 161.

Sodann, getrennt in Steinkohlen und Braunkohlen:

	Steinkohlen t	Braunkohlen t
1850	584 068	360 255
1855	1 180 449	920 601
1860	1 948 189	1 548 306
1865	2 836 884	2 232 419
1870	4 295 775	4 060 169
1875	5 185 234	7 666 812
1880	6 644 728	9 434 040
1885	7 378 665	10 514 155
1890	8 931 065	15 329 057
1891	9 192 885	—
1892	9 241 126	16 190 275

An der Steinkohlenproduction waren betheiligt mit Tonnen:

	1882	1886	1892
Böhmen	3 305 271	3 316 610	3 688 714
Niederösterreich	44 738	54 364	46 387
Mähren	908 693	1 011 227	1 179 790
Schlesien	1 958 342	2 529 118	3 693 542
Steiermark	153	362	214
Galizien	341 805	509 567	632 479
Krain	—	30	—

Braunkohlen:

	1882	1886	1892
Böhmen	6 496 560	8 351 530	13 153 998
Steiermark	1 757 403	1 864 295	2 171 186
Oberösterreich	264 673	267 973	363 135
Krain	130 400	120 937	136 174
Mähren	108 694	105 335	111 022
Kärnten	90 138	76 795	68 474
Istrien	66 554	67 623	86 888
Dalmatien	22 086	29 612	53 288
Tirol	23 750	21 629	24 686
Vorarlberg	7 800	13 990	—
Niederösterreich	19 489	8 343	1 615
Galizien	8 136	2 698	19 261
Schlesien	598	595	548

Ungarn lieferte:

	Braunkohle t	Steinkohle t
1862	264 933	324 300
1872	855 793	617 186
1891	2 427 126	1 019 352
1892	2 741 391	1 052 214

Großbritannien.

Die erste geschichtliche Erwähnung der Steinkohle ist wohl die Angabe in der Chronik der Abtei von Peterborough aus dem Jahre 852, daß ein

Lehnsmann dieses Klosters u. a. auch 12 Ladungen Kohlen liefern müsse. Im 12. Jahrhundert bildete die Kohle in England bereits einen Handelsartikel. Wie der Handelswerth der Kohle gestiegen sein mag, läßt sich nach einer Urkunde Heinrich's III. vom Jahre 1239 vermuthen, in welcher derselbe den Bürgern von Newcastle den Kohlenbergbau, gegen die für damalige Zeit außerordentlich hohe Abgabe von 100 Pfund jährlich überträgt. Um jene Zeit erfolgte in England bereits der Aufschluß in den verschiedenen Kohlenbecken, und gegen Ende des 13. Jahrhunderts scheint auch in Schottland die Kohle in ausgedehnterer Weise gewonnen worden zu sein. Trotz verschiedener widriger Verhältnisse wurden die Kohlen auch für den Hausbedarf verwendet und zu Anfang des 14. Jahrhunderts war die Benutzung derselben in London bereits eine so allgemeine, daß ernstliche Bedenken wegen der dadurch herbeigeführten Luftverpestung auch dort entstanden. Schon 1273 beschwerte sich der Adel Londons bei Eduard I. über den überhand nehmenden Rauch der „sea coals", und i. J. 1306 bat das Parlament den König Eduard I. um Erlaß eines Verbotes, bezüglich der Benutzung „der Seekohle", wie man damals vorwiegend die Steinkohle von Newcastle bezeichnete. Dieses Verbot erfolgte, nach welchem in London und seinen Vorstädten die Bewohner unter Androhung harter Strafen angewiesen wurden, wieder Holz zu feuern. Allein kaum 20 Jahre später landeten nicht bloß zahlreiche Kohlenschiffe wieder an den Ufern der Themse, sondern selbst im königlichen Palaste wurde die Seekohle von Newcastle gebrannt. Eduard III. beförderte den Kohlenbergbau, Richard II. legte den ersten Zoll auf die von Newcastle nach London kommenden Kohlenschiffe und Heinrich V. stellte 1421 bereits besondere Commissäre zur Beaufsichtigung der Kohleneinfuhr an. Ein späteres Verbot des Kohlenbrennens von der Königin Elisabeth († 1603) und die Beschwerde der City von London 1649 gegen diese „nuisance and offensive commodity" konnten die weitere Entwickelung der Kohlenindustrie Englands nicht aufhalten. Nach Büntingen (a. a. O., S. 84) wurden englische Kohlen bereits im 17. Jahrhundert nach Hamburg, Holland und Dänemark gebracht (vgl. S. 458).

Die Kohlenproduction Großbritanniens betrug (1 ton = 1016 k):

Im Jahre	in 1000 tons	sodann:	tons
1800	10 100	1881. . .	154 184 300
1840	34 572	1882. . .	156 499 977
1850	45 328	1883. . .	163 737 327
1855	65 298	1884. . .	160 757 779
1860	85 387	1885. . .	159 351 418
1865	99 662	1886. . .	157 518 482
1870	110 785	1887. . .	162 119 812
1875	133 977	1888. . .	169 936 219
1880	146 969	1889. . .	176 916 724
		1890. . .	181 614 288 oder
		1890. . .	184 520 116 t
		1891. . .	188 446 792

Die Kohlenproduction Großbritanniens betrug (in 1000 tons) nach Bezirken:

	1890	1889
Südwales und Monmouth . .	29 415	28 064
Schottland	24 249	23 217
Süd-Durham	22 198	21 979
Lancashire	22 124	21 708
Yorkshire	22 339	21 976
Staffordshire	13 774	13 937
Derbyshire	10 456	10 093
Nord-Durham	8 067	8 328
Northumberland	9 446	8 794
Notts	6 862	6 583
Nord-Wales	2 976	2 896
Cumberland	1 740	1 740
Warwickshire	1 744	1 701
Gloucestershire	1 420	1 360
Leicestershire	1 456	1 337
Sommersetshire	922	876
Worcestershire	923	894
Shropshire	693	710
Cheshire	678	620
Irland	102	103
	181 614	176 916

Der Werth der Steinkohle an der Grube wird auf 75 Millionen Pfund Sterling oder etwa 1500 Millionen Mark angegeben.

Braunkohlen wurden 1890 nur 2630 t gewonnen.

Die Kohlenausfuhr betrug i. J. 1851 erst 3 500 000 t, i. J. 1891 aber 31 500 000 t.

Belgien[1]).

Die Steinkohlen im Bisthum Lüttich sollen 1198, nach der Chronik Lamberts des Kleinen i. J. 1213 entdeckt worden sein. Das Steinkohlengebiet, welches

[1]) Die Gewinne des belgischen Steinkohlenbaues scheinen sehr mäßig zu sein (Fischer's Jahresb. 1889, S. 170).

Von dem producirten Werth entfielen in den letzten Jahren:

	1892	1891
Auf die Arbeiter	54,4 Proc.	52,2 Proc.
„ allgemeine Betriebsunkosten .	37,8 „	33,3 „
„ Betriebsgewinn	5,8 „	14,5 „

Es zeigen diese Jahre mithin eine Steigerung des Arbeiteranttheils und der allgemeinen Betriebsunkosten und als Folge davon eine andauernd recht erhebliche Minderung des Betriebsgewinnes an dem producirten Werth.

Von den 1892 im Ganzen im Betrieb befindlichen Kohlenbergwerken (271 gegen 272 i. J. 1891) arbeiteten mit Gewinn nur 82, welche einen Ueberschuß von

etwa $^1/_{22}$ des Flächeninhaltes des ganzen Landes umfaßt, bildet durch die Abflachung einer kohlenhaltigen Kalkformation eine tiefe Mulde, und streicht von Südwest nach Nordost über Quiévrain, Mons, Charleroi, Namur und Lüttich. Am Samsonbache, unweit von Namur, in der Mitte der Mulde, tritt die Kohle an die Oberfläche; von hier neigt sich der Boden einerseits im Westen gegen Mons, um das Becken vom Hennegau, andererseits gegen Osten, um das Becken von Lüttich zu bilden. Die Folge dieser Lagerung ist, daß sich das Kohlenbecken von Namur aus nach Ost und West immer mehr vertieft.

Die drei Kohlenbecken im Hennegau: Mons, Charleroi und Centra, sowie das von Lüttich liefern etwa gleiche Kohlenmengen, das von Namur ist viel unbedeutender.

Die Kohlenproduction betrug:

Jahr	Belgien t	Davon Hennegau t
1830	2 347 000	1 913 677
1840	3 929 962	2 951 781
1845	4 919 156	3 670 486
1850	5 820 884	4 420 761
1855	8 409 330	6 458 416
1860	9 609 895	7 506 720
1865	11 840 703	9 206 058
1870	13 697 118	10 196 530
1875	15 011 331	10 968 175
1880	16 886 698	—
1885	17 437 603	—
1890	20 365 960	—
1891	19 675 644	14 250 300
1892	19 538 117	—

Der Werth der Kohlenproduction betrug in 1892 rund 201 288 000 Frcs. An Arbeitslohn wurden an 88 806 Arbeiter unter Tage und 29 772 zu Tage 113 509 000 Frcs. gezahlt.

Die mittlere Stärke der abgebauten Flötze betrug 1892 0,63 m (1891 0,64 m), die mittlere Abbautiefe 410 m (1891 400 m), die größte durchschnittliche Abbautiefe (im Becken von Mons) betrug 545 m.

Die Einfuhr betrug 1892 1 750 000 t, die Ausfuhr 6 200 000 t Kohle und Koks.

Frankreich.

Steinkohlen wurden schon vor 1321 zu Rochela-Molière im Loirethal gewonnen. Im 16. Jahrhundert fand Kohlenförderung zu Brassac und Grand-'Combe statt, am Ende des 17. Jahrhunderts zu Decize und es wurden französische Kohlen in Concurrenz mit englischen nach Paris geschafft. Während des 18. Jahrhunderts nahm die Wichtigkeit der Kohlenindustrie sehr zu; 1720

16 273 000 Frcs. brachten, mit Verlust 42, deren Fehlbetrag 4 511 000 Frcs. betrug. Im Jahre 1891 ergaben dagegen 105 Bergwerke einen Gewinn von 38 034 000 Frcs. und nur 28 einen Verlust in Höhe von 2 173 000 Frcs.

entdeckte Graf Déſandrouins Kohlen zu Fresnes und 1734 zu Anzin. Die erſte Dampfmaſchine wurde 1732 nach Frankreich gebracht und zum Auspumpen des Waſſers in den Gruben von Anzin benutzt. 1789 lieferten die Gruben von 16 Provinzen 240 000 t Steinkohlen. Die Steinkohlenförderung betrug dann:

	t		t
1802	844 180	1860	8 309 622
1811	773 694	1865	11 600 000
1820	1 093 658	1870	13 330 308
1830	1 862 665	1875	16 957 000
1840	3 003 382	1880	19 362 000
1850	4 433 567	1885	19 511 000
1855	7 453 000	1890	25 591 545 [1]

Ferner in den Jahren 1891 und 1892:

Steinkohlenbecken.	Anzahl der Conceſſionen im Betriebe 1891	Production 1891 t	1892 t
Valenciennes, le Boulonnais	33	13 486 000	14 699 858
Saint-Etienne und Rive-de-Gier, Sainte-Foy l'Argentière, Communay, le Roannais	44	3 823 000	3 557 927
Alais, Aubenas, le Vigan	21	2 192 000	2 082 254
Le Creuſot und Blanzy, Decize, Epinac und Aubigny-la-Ronce, Bert, la Chapelle-ſous-Dun, Sincey	15	1 977 000	1 937 895
Aubin, Carmaux, Rodez, Saint-Perdoux	21	1 552 000	1 311 602
Commentry und Doyet, Saint-Eloy, l'Aumance	13	1 119 000	1 162 829
Braſſac, Champagnac und Bourg-Laſtic, Langeac	12	339 000	334 234
Graiſſeſſac	6	249 000	208 835
Ahun, Bourganeuf, Cublac, Meymac u. Argentat	7	205 000	214 388
Le Drac, Maurienne-Tarentaiſe und Briançon, Oiſans, Chablais und Faucigny	58	202 000	192 378
Ronchamp	2	190 000	208 088
Le Maine, Baſſe-Loire, Bouvant u. Chantonnay	12	168 000	153 785
Summe (Steinkohlen)	244	25 502 000	26 064 073
Braunkohlenbecken.			
Fuveau, Manosque, La Cadière	21	474 000	437 568
Bagnols, Orange, Banc-Rouge, Bayac u. Célas, Méthamis	12	28 000	28 294
Gouhenans, Norroy	3	13 000	10 494
Millau und Trévezel, Eſtavar, la Caunette, Simeyrols, Murat	12	7 000	6 845
La Tour-du-Pin, Hauterives, Douvres	4	1 000	1 586
Summe (Braunkohlen)	52	523 000	484 787

Die Braunkohlengewinnung betrug 1862 etwa 250 000 t, 1882 aber 557 000 t; die Förderung hat daher neuerdings abgenommen.

[1] Dazu 158 000 Torf (Fiſcher's Jahresb. 1889, 171; 1893, 181).

Spanien.

Der Steinkohlenbergbau Spaniens begann Mitte des 18. Jahrhunderts, indem i. J. 1742 die erste Concession zu einem Kohlenschachte in Villanueva del Rio bei Sevilla ertheilt wurde. Obgleich reichlich Steinkohle vorhanden, entwickelt sich der Kohlenbergbau nur langsam. Braunkohle ist zwar reichlich vorhanden, die Förderung ist aber gering; nur in Barcelona ist sie irgend nennenswerth. Die Förderung betrug:

Jahr	Steinkohle t	Braunkohle t
1830	10 524	—
1840	19 248	—
1845	36 201	500
1850	62 923	10 000
1855	91 314	18 000
1860	320 899	18 952
1865	461 396	34 359
1870	621 832	40 095
1875	628 810	25 689
1880	847 167	38 472[1]
1890	1 179 779	30 303
1891	1 2=6 000	28 147
1892	1 424 185	37 011
1893	1 531 810	34 100

Die Steinkohlenproduction in den einzelnen Provinzen betrug:

	1892 t	1893 t
Oviedo (Asturien)	781 620	810 000
Cordoba	250 000	310 000
Palencia	148 204	149 850
Sevilla	106 218	103 660
Ciudad Real	79 000	88 000
Gerona	34 143	40 300
León	25 000	30 000
	1 424 185	1 531 810

Portugal förderte 1889 an 20 539 t Kohlen, im Anthracitbecken des Douro und dem Steinkohlenbecken am Cap Mondego.

Rußland.

Im Kaukasus, Ural, Altai, sowie der jetzigen Kirgisensteppe ist der Bergbau schon uralt, wie die verlassenen Gruben beweisen, als die Russen diese Gebiete einnahmen. Diese selbst trieben bis in das 15. Jahrhundert hinein

[1] Nach anderen Angaben 825 790 t Steinkohlen, 21 338 t Braunkohlen und 200 t Torf (Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenind. 1882, 117).

keinen Bergbau, und es dauerte drei Jahrhunderte, bis mit dem Berggesetz Peters des Großen (1719) der Grubenbetrieb zu geregelter Entwickelung kam.

Die Production betrug nach Pechar:

	Steinkohle t	Braunkohle t
1840	15 000	—
1850	52 000	—
1860	131 200	—
1867	433 709	3 607
1870	683 260	9 028
1875	1 675 400	33 869

Nach anderen Angaben:

1863	282 244	25 000
1882	3 773 665	27 619

Zuverlässige Angaben[1]) liegen für 1888 vor; darnach betrug die Production:

Steinkohle	282 533 662	Pud =	4 628 252 t
Anthracit	31 529 441	„ =	516 491 „
Braunkohle	2 530 811	„ =	41 458 „
	316 593 914	Pud =	5 186 201 t

Davon kommen in runden Zahlen:

	Steinkohle Mill. Pud	1000 t
auf das Königreich Polen	146	= 2392
„ „ Donetz-Gebiet	105,25	= 1724,1
„ „ Moskauer Gebiet	16,9	= 276,8
„ den Ural	12,75	= 208,9
„ das Gebiet von Kusnetzk (Gouvernement Tomsk)	1	= 16,5
„ das Gestade des Stillen Oceans	0,6	= 9,8

In geringerer Menge wurde Steinkohle im Kaukasus und der Kirgisensteppe gefördert. Braunkohle fand sich im Königreich Polen ($1^1/_2$ Mill. Pud = 24 570 t), in Turkestan, dem Kaukasus, dem Bezirk von Kieff-Jelisawetgrad und in der Kirgisensteppe. Der Anthracit stammt aus dem Donetz-Gebiet. An der Kohlengewinnung nehmen 16 Gouvernements und Gebiete Theil; die wichtigsten sind:

Petrikau	147 338 835	Pud =	2 413 593 t
Jekaterinoßlaw . . .	85 607 371	„ =	1 402 355 „
Don-Gebiet	51 152 348	„ =	838 939 „
Perm	12 757 123	„ =	208 977 „
Rjasan	9 222 496	„ =	151 076 „
Tula	7 642 535	„ =	125 194 „
Tomsk	1 010 387	„ =	16 551 „

[1]) Rigaische Industr.-Ztg. 1891, 97; vergl. Fischer's Jahresb. 1892, 180.

Die Steinkohleneinfuhr betrug 1888:

	Mill. Pud			Mill. Pud		
in die Ostseehäfen . . .	69,5	= 1 138 496 t	(—	1	= —	16 380 t)
„ „ Schwarzmeerhäfen	15	= 244 719 „	(+	11,5	= +	188 384 „)
über die Landgrenze . .	11,09	= 181 668 „	(—	1	= —	16 380 „)
	95,59	= 1 565 883 t	(+	9,5	= +	155 624 t)

Die Zahl der Bergwerke betrug 330, der Schachte und Stollen 1062, der Arbeiter 37 957, der Dampfmaschinen 384 mit 14 656 Pferdekräften.

Auf den 336 Kohlengruben, die i. J. 1890 im Betriebe standen, wurden gewonnen:

Steinkohle	321 849 785	Pud
Anthracit	36 483 528	„
Braunkohle u. s. w.	8 870 732	„
zusammen:	367 204 045	Pud

Nach den neuesten Angaben des russischen Bergdepartements sind i. J. 1892 in Rußland 422 010 500 Pud (= 6 963 165 t) Mineralkohle gewonnen worden. Von dieser Gesammtmenge entfielen auf Anthracit 38 604 469 Pud, Steinkohlen 377 993 409 Pud und Braunkohlen, bituminöse u. dergl. Kohlen 5 412 622 Pud. Auf die einzelnen Bassins vertheilt sich die Production 1892 wie folgt:

Donetz	217 532 677	Pud
Dombrowa	175 993 231	„
Ural	14 275 797	„
Moskowisches	10 971 815	„
Kusnezk (Gouvernement Tomsk) . .	1 193 077	„
Kaukasisches	1 036 793	„
Küstengebiet	776 460	„
Kiew-Jelissawetgrad	124 000	„
Kirgisensteppe	106 450	„
Olonez	200	„

Holland hat bis jetzt nur die „Domanialgrube“ und „Prick“, welche beide in der Gemeinde Kirchrath, 8 km von Haarlem entfernt liegen. Augenblicklich wird ein drittes Steinkohlenbecken erschlossen, welches die Fortsetzung der Wormmulde in das Limburg'sche Gebiet hinein ist. Die Kohlenförderung ist unbedeutend (vgl. S. 460).

Dänemark ist ebenfalls arm an Kohle. Steinkohle kommt nur auf der Insel Bornholm vor, wo von einer Actiengesellschaft auf zwei Gruben eine minderwerthige Kohle gefördert wird. Die Ausbeute betrug früher 6000 bis 7500 t, wovon 3000 t dem eigenen Bedarfe dienten, in letzterer Zeit ist dieselbe aber noch gesunken. Braunkohle findet sich in Jütland sowohl wie auf den Inseln; die Production ist indessen sehr unbedeutend und bestreitet nur den Bedarf der nächsten Umgebung.

Schweden hat nur wenig und meist minderwerthige Kohle, da der Aschengehalt 3 bis 43 Proc. beträgt. In Ablagerungen des nordwestlichen Theiles der Landschaft Skäne (Schonen), die dem Ende der Trias- und dem Anfange der Jura-Periode angehören, kommen die einzigen Steinkohlenflötze

Schwedens vor, welche bei Zöganäs, Lilleshon, Helsingborg und anderen Orten gebrochen werden. Die Förderung betrug:

1863	36 257 t
1873	60 162 „
1876	92 352 „
1882	249 000 „
1893	199 933 „

Für 1890 wurden 2 343 895 hl angegeben. 1892 wurden 1 573 224 t Steinkohlen und 44 872 t Koks eingeführt.

Norwegen hat keine Kohlenförderung. 1876 ist durch Bohrung ein Steinkohlenlager auf der kleinen Insel Andö nachgewiesen.

Italien hat nur ein unbedeutendes Steinkohlenlager in der Provinz Udine; das Anthracitvorkommen im Thale von Aosta (Piemont) liefert jährlich nur etwa 600 t[1]). Ausgedehnte Braunkohlenbecken sind in Toscana, Ligurien, in den Provinzen Vicenza, Verona und Bergamo und auf der Insel Sardinien.

Die Braunkohlenförderung betrug:

	t	
1860	etwa 50 000	
1870	70 000	
1875	101 640	
1882	214 000	
1891	289 286	Mineralkohlen und 39 272 t Torf.

Schweiz. Steinkohlen finden sich in den Cantonen Wallis, Zürich, Freiburg, Bern, Waadt und Thurgau. Für das Jahr 1870 bezw. für 1871 giebt eine Zusammenstellung des eidgenössischen statistischen Bureaus in Bern die Gesammtproduction zu 17 367 t im Gesammtwerthe von 255 000 Frcs., das abzubauende Kohlenareal zu 73,6 ha, die Zahl der Arbeiter zu 180 an. Von Anthracit wurden in derselben Zeit in drei Gruben in Wallis 1813 t gefördert. Braunkohlen finden sich in den Cantonen Zürich, Waadt, St. Gallen und Freiburg. 1870 wurden auf 13 Gruben 17 996 t Braunkohlen gefördert. Die gesammte Förderung an Mineralkohlen beträgt jetzt kaum 6000 t.

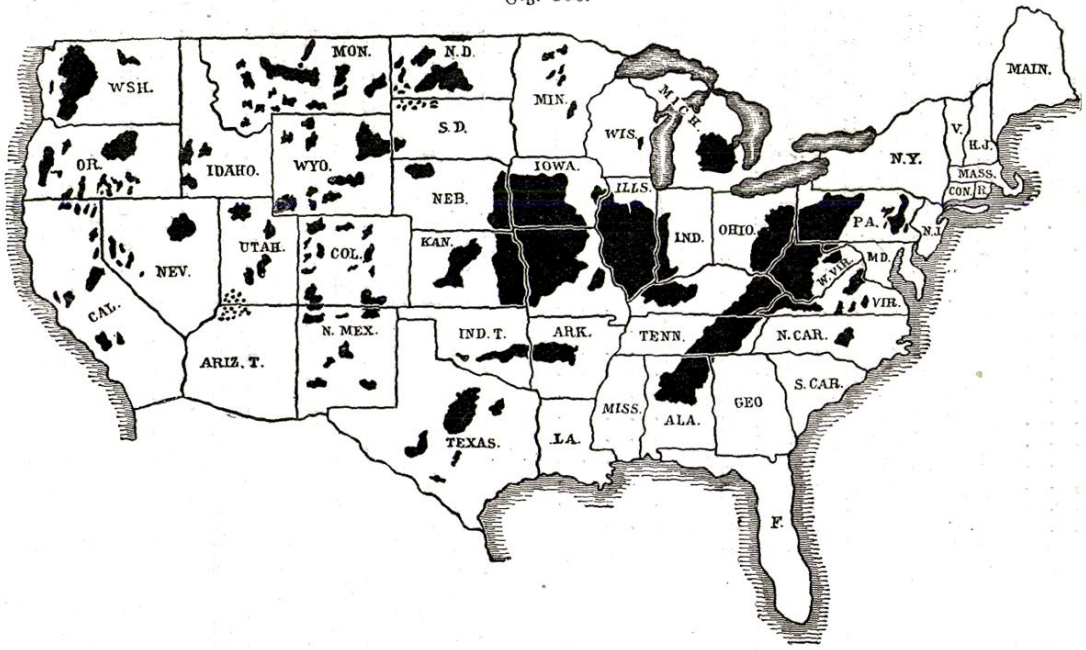
Griechenland fördert nur unbedeutende Kohlenmengen. Steinkohlen finden sich auf den Jonischen Inseln. Braunkohle findet sich in Euböa, an der Ostseite von Attika, bei Korinth und an der Westküste des Peloponnes. Früher wurde dieselbe in unbedeutenden Mengen nur auf Euböa und in Attika gewonnen, neuerdings aber auch auf der Insel Antiparos. In Attika werden Braunkohlengruben bei dem Dörfchen Markopulo von einer hellenischen Gesellschaft ausgebeutet. Die gesammte Förderung an Mineralkohle beträgt nur etwa 5000 t.

Rumänien besitzt keine Steinkohle, wohl aber an verschiedenen Orten Braunkohle, von der aber wenig gefördert wird.

---

[1]) Oesterr. Zeitschr. 1883, 612; Fischer's Jahresber. 1894, 133.

Fig. 306.



Kohlenbecken der Vereinigten Staaten von Nordamerika.

Die Türkei hat nur ein einziges aufgeschlossenes Kohlenlager, nämlich jenes von Eregli an der asiatischen Küste des Schwarzen Meeres, zwischen dem Bosporus und Ineboli, dessen seit 20 Jahren von dem Staate betriebene Ausbeutung aber ganz unbedeutend ist. Auf der Insel Imbros fördert eine deutsche Gesellschaft Kohlen. Kohlenflötze im Balkan werden noch nicht ausgenützt. In Macedonien wurden schon an vielen Stellen Kohlenlager nachgewiesen. In den im Sommer trocken liegenden Flußbetten der in den Vadar einmündenden Seitenthäler treten Braunkohlenflötze in einer Mächtigkeit bis zu 0,5 m zu Tage, beispielsweise in der Umgebung von Köprülu und Üsküb.

In Bosnien sind reiche und mächtige Braunkohlenflötze, welche indessen bei dem vorhandenen Reichthum an Holz bisher ganz unbeachtet gelassen wurden. Ebenso hat Serbien im Kreise Tschuprija bei dem Dorfe Senje ein großes Steinkohlenlager.

Vereinigte Staaten von Nordamerika.

Die Kohlenförderung der Vereinigten Staaten begann nach Höfer[1]) i. J. 1820 mit 365 t und betrug 1830 erst 232 870 t. Dagegen giebt Pechar folgende Tabelle (berechnet auf metrische Tonnen = t).

Jahr	Steinkohle und Braunkohle	Anthracit	Steinkohle	Anthracit
			Durchschnittspreis für 1 t	
	t	t	Mk.	Mk.
1830	1 119 801	212 970		24,78
1840	2 117 222	1 024 351		30,28
1850	1 850 781	3 925 179		15,03
1860	5 239 183	9 964 032	14,33	14,04
1866	7 888 231	14 318 322	24,53	23,95
1867	11 338 516	14 575 174	20,53	18,05
1868	12 647 010	16 063 433	19,78	15,94
1869	12 082 915	16 637 689	20,53	21,93
1870	17 930 843	18 104 815	19,49	18,13
1871	24 389 233	17 667 425	19,49	18,42
1872	23 705 841	22 437 428	19,25	15,45
1873	28 573 714	23 247 016	20,03	17,64
1874	25 652 663	22 014 064	19,12	18,79
1875	26 448 234	20 984 981	18,25	18,13

[1]) Vergl. besonders Höfer und Pechar; s. S. 457.

und für das Jahr 1875:

Nord-Amerikas Vereinigte Staaten und Gebiete	Steinkohle t	Anthracit t	Braunkohle t
Maine	60 960	—	—
Rhode Island	—	11 176	—
Pennsylvania	10 668 000	20 973 805	—
Maryland	2 380 257	—	—
Virginia	—	—	80 467
North Carolina und Georgia	101 600	—	—
Arkansas	9 144	—	—
Washington Territory	—	—	90 322
West Virginia	1 117 600	—	—
Kentucky	381 000	—	—
Tennessee	365 760	—	—
Ohio	4 416 199	—	—
Indiana	812 800	—	—
Illinois	3 556 000	—	—
Michigan	12 192	—	—
Missouri	762 000	—	—
Oregon	—	—	29 261
Utah	—	—	35 560
Wyoming Territory	—	—	282 448
Nebraska	1 321	—	—
Iowa	1 624 000	—	—
Kansas	279 400	—	—
California	—	—	168 758
Colorado	—	—	152 400
Nevada	—	—	1 016
Vereinigte Staaten	25 608 002	20 984 981	840 232 [1]

Die officielle Statistik [2]) faßt unter der Bezeichnung bituminöse Kohle Steinkohle und die verhältnißmäßig geringen Mengen Braunkohle und Lignit zusammen:

[1]) Wie Blömeke (Berg- und Hüttenm.-Ztg. 1888, 106) die Braunkohlenförderung für 1884 auf 74 910 228 t angeben kann, ist unerfindlich. — [2]) Mineral Resources of the United States (Washington 1892).

Kohlenfelder	1887 Short tons	1890 Short tons
Anthracit:		
Neu England	6 000	—
Pennsylvania	39 506 255	46 468 641
Colorado und Neu Mexiko	36 000	(unter Kohlen)
Bituminöse Kohle.		
Triassie.		
Virginia	30 000	19 346
Nord Carolina	—	10 262
Appalachian.		
Pennsylvania	30 866 602	42 302 173
Ohio	10 301 708	11 494 506
Maryland	3 278 023	3 357 813
Virginia	795 263	764 665
West Virginia	4 836 820	7 394 494
Kentucky	950 903	1 206 120
Tennessee	1 900 000	2 169 585
Georgia	313 715	228 337
Alabama	1 950 000	4 090 409
Northern.		
Michigan	71 461	74 977
Central.		
Indiana	3 217 711	3 305 737
Kentucky	982 282	1 495 376
Illinois	10 278 890	15 292 420
Western.		
Iowa	4 473 828	4 021 739
Missouri	3 209 916	2 735 221
Nebraska	1 500	2 259 922
Kansas	1 596 879	
Arkansas	150 000	399 888
Indian Territory	685 911	869 229
Texas	75 000	184 444
Rocky Mountains.		
Dakota	21 470	30 000
Montana	10 202	517 477
Idaho	500	—
Wyoming	1 170 318	1 870 366
Utah	180 021	318 159
Colorado	1 755 735	3 094 003
Neu Mexiko	508 034	375 777
Pacific Küste.		
Washington	772 612	1 263 689
Oregon	31 696	61 514
California	50 000	110 711
Einschließlich des Gebrauchs der Kohlenzechen	129 975 557	157 788 656

Nach den neuesten Angaben (Am. Manuf. 1894, 553) betrug die Kohlenproduction im Jahre 1893:

	Product		Werth	
Alabama	5 138 693	Short tons[1])	5 111 583	$
Arkansas	574 763	„	773 347	„
California	72 603	„	167 555	„
Colorado	3 677 526	„	4 605 939	„
Georgia	372 740	„	365 972	„
Illinois	19 949 564	„	17 827 595	„
Indiana	3 721 751	„	3 977 425	„
Indian Terr.	1 252 110	„	2 148 637	„
Iowa	3 901 026	„	5 072 763	„
Kansas	2 553 641	„	3 184 651	„
Kentucky	3 005 010	„	2 610 973	„
Maryland	3 651 631	„	3 209 719	„
Michigan	45 979	„	82 462	„
Missouri	2 897 428	„	3 560 599	„
Montana	913 460	„	1 836 073	„
Neu Mexico	601 145	„	948 248	„
North Carolina	17 000	„	25 500	„
North Dakota	49 580	„	56 150	„
Ohio	13 140 770	„	12 253 794	„
Oregon	41 683	„	164 500	„
Pennsylvania	44 098 053	„	35 208 473	„
Tennessee	1 908 974	„	2 057 977	„
Texas	302 136	„	688 267	„
Utah	413 205	„	611 092	„
Virginia	813 568	„	684 623	„
Washington	1 264 877	„	2 920 876	„
Westvirginia	10 649 985	„	8 225 312	„
Wyoming	2 439 311	„	3 290 904	„
Bituminöse Kohle*	127 498 212	Short tons,	121 671 009	$
Pennsylvania Anthracit	53 950 400	„	85 684 465	„
Gesammt	181 448 612	Short tons,	207 355 474	$

* Einschließlich geringer Mengen Anthracite in Colorado, Neu Mexico und Virginia.

Canada.

Im südlichen Theile Canadas ist das acadische Kohlenbecken; die Abtheilung Neu-Braunschweig ist ohne Bedeutung, Cap Breton hat gute Gaskohle, Neu-Schottland liefert besonders Kesselkohlen. Die Kohlenproduction Neu-Schottlands betrug:

1785	1 668 tons
1800	8 401 „
1820	9 980 „
1840	101 198 „
1860	322 593 „
1870	568 277 „
1880	954 659 „
1884	1 261 650 „

[1]) Short ton = 2000 Pfund = 907,1 k; 1 long ton = 2240 Pfund = 1016,1 k.

Nach Höfer lieferte das acadische Kohlenbecken:

1830	25 240 t
1840	98 267 „
1850	163 728 „
1860	304 129 „
1870	625 769 „
1874	1 872 720 „
1875	781 165 „

Im Jahre 1890 lieferte Canada 3 117 661 tons Kohlen (Berghztg. 1894, Nr. 9).

Neu-Foundland hat Steinkohlen, Manitoba Braunkohlen, Britisch-Columbia besonders Braunkohle. Im Jahre 1893 lieferte Britisch-Columbia an Mineralkohlen:

Nanaimo Colliery	469 312 tons
Wellington Colliery	337 334 „
East Wellington Colliery	27 472 „
Union Colliery	143 927 „
North Thompson Colliery	250 „
Gesammt	978 295 tons.

Dagegen im Jahre 1870 nur 29 863 t Kohlen.

Sonstige Staaten Amerikas.

Mexico liefert erst in neuerer Zeit Kohlen, besonders im Staate Coahuila nahe den Städten Sabinas, San Felipe, Hondo und Alamo; die kohlenführenden Schichten gehören der Kreideformation an, entsprechend den cretaceischen Steinkohlenlagern von Colorado, Utah und Wyoming. Sie bilden die Fortsetzung des gleichaltrigen, jenseits des Rio grande del Norte gelegenen Steinkohlenlagers. Weit ausgedehnte, ziemlich mächtige Anthracitlager sollen im Staate Sonora, am Golf von Californien, nachgewiesen sein. Von geringerer Bedeutung sind die in den Staaten Puebla und Jalisco liegenden Lager (Eng. Min. J. 1894).

Honduras, San Salvador, Nicaragua und Costarica haben Kohlenlager, die aber noch sehr wenig ausgebeutet werden.

Cuba liefert Braunkohlen und hat Steinkohlenlager.

Brasilien hat Steinkohlenlager in der Provinz Santa Catharina und Rio Grande do Sul; die Förderung ist gering.

Chile hat besonders in der Provinz Concepcion Braunkohlenlager; die Förderung betrug im Jahre 1875 360 000 t, 1880 356 000 t; im Süden wird Anthracit gewonnen (Fischer's Jahresber. 1893, 9).

Columbien und Venezuela haben reiche Kohlenlager, aber sehr geringe Förderung.

Peru hat reiche Steinkohlenlager; das Lager in der Provinz Otuzco hat 4 bis 6 m Mächtigkeit, die der Provinzen Huamachuco und Llaray bis 4 m (vergl. Fischer's Jahresber. 1893, 10). Reiche Lignitlager haben Arequipa und Puno (Berghztg. 1894).

Bolivia und Argentinien haben Kohlenlager, aber nur geringe Förderung.

Im arctischen Gebiete sind auf Grönland und Spitzbergen Kohlenlager nachgewiesen.

Asien.

China. In China war nach Marco Polo (s. d.) im Anfang des 13. Jahrhunderts die Mineralkohle schon allgemein im Gebrauche; nach Le Comte sollen sie dort schon seit 2000 Jahren zum Hausbrande gebraucht werden, und seit mehr als 1000 Jahren Kohlensteine aus Kohlenklein und Thon als Bindemittel gemacht werden. Nach anderen Angaben läßt sich der Gebrauch von Kohle in China im 3. Jahrh. nachweisen. In den westlichen Gebirgen sollen die Steinkohlenlager von unglaublicher Ausdehnung, China überhaupt das kohlenreichste Land der Welt sein. Besonders reich an guter Kohle ist die Provinz Schansi; v. Richthofen[1]) hat nachgewiesen, daß der größere Theil der südlichen Hälfte dieser Provinz in einer Ausdehnung von ungefähr 91 000 qkm ein ununterbrochenes Kohlenfeld bildet, welches für die Gewinnung der Kohle Verhältnisse bietet, wie sie in gleich vortheilhafter Weise kein anderes Kohlenlager von ähnlicher Ausdehnung in irgend einem Theile der Erde aufweist. Läge es in Europa, meint v. Richthofen, so würde sich der materielle Fortschritt unseres Continentes jeder Schätzung entziehen. Obgleich alle 18 Provinzen des Reiches Kohlenlager haben, beträgt die Förderung nur etwa 4 000 000 t; nach v. Richthofen Ende der siebziger Jahre:

Provinz Schansi, Anthracit	1 000 000 t,
„ „ bituminöse Kohle	700 000 „
„ Hunan, Kohle im Allgemeinen	600 000 „
Kohlenfeld von Loping in Kiangsi	75 000 „
Der Rest von Kiangsi und die Provinzen Kwangsi, Kwangtung, Fokiën, Tschekiang, Kiangsu, Nganhwéi Hupéi und Kwéitschóu, zusammen	20 000 „
Distrct Tsing-hwa in Honan	60 000 „
Der Rest der Provinz Honan	40 000 „
Die Provinzen Sz'tschwan und Yünnan	50 000 „
„ „ Schensi und Kansu	40 000 „
„ Provinz Schantung	200 000 „
„ „ Tschili	150 000 „
„ „ Schöngking (südliche Mantschurei)	20 000 „
Zusammen	2 965 000 t.

Japan. Die wichtigsten Kohlenfelder liegen im nordwestlichen Theile der Insel Kiushiu, im Districte Karatsu, und auf der Insel Takashima in der Nähe von Nagasaki. Die Karatzukohle lagert nach J. Rein (s. d.) in einer Sandsteinformation. Die Kohlenflötze beginnen an den Bergeshängen und bedecken in einer Mächtigkeit von 1,5 m eine Fläche von etwa 100 km. Das genannte Kohlenfeld ergiebt eine Ausbeute von täglich etwa 100 t reiner Kohle

[1]) Oesterr. Monatsschr. f. d. Orient 1878, Nr. 1.

(1886). Am ergiebigsten zeigt sich das Kohlenfeld auf der Insel Takashima nahe bei Nagasaki. Jene Lager sollen sich sogar unter dem Meere entlang bis zur Insel Kiushiu hinüberziehen. Die Tagesausbeute der Kohlenwerke von Takashima beziffert sich auf 1000 t. Die Kohlen gelangen nach dem Stapelplatze Nagasaki, woselbst fast alle Schiffe anlaufen, um ihre Kohlenvorräthe zu ergänzen. Auf der Insel Kiushiu befinden sich folgende Kohlenfelder im Abbau:

Hirado	Ausdehnung	400 km,
Imabuko	„	155 „
Mike	„	40 „
Taku	„	90 „

Auf der Insel Amakusa, westlich von Kiushiu, sowie in den Provinzen Kii und Owari wird in geringeren Mengen Anthracit gefunden. In der Umgebung von Tokio befindet sich ein größeres Kohlenfeld, dessen Ausbeute indessen zur minderwerthigen Sorte gehört. Braunkohlen und Lignite enthält der nördliche Theil der Insel Nippon. Die Kohlenwerke in Japan werden nach zeitgemäßer Technik mit verbesserten Maschineneinrichtungen abgebaut. Die Gesammtausbeute belief sich im Jahre 1871 auf 112 369 t, im Jahre 1881 auf 700 000 t, im Jahre 1885 aber auf 1 254 000 t.

H. J. Munroe und Thonard[1]) gaben für 1874 an:

Insel Takashima im Hafen von Nagasaki . .	73 589 t
Becken von Miike	67 385 „
District von Imabuku, Becken von Karastu .	33 088 „
„ „ Taku, „ „ „ .	22 553 „
„ „ Karastu, „ „ „ .	59 221 „
„ „ Hirado, „ „ „ .	64 171 „
Das übrige Japan schätzungsweise	76 233 „
Zusammen . . .	396 240 t.

Asiatisches Rußland. Die Steinkohlenlager gehören theils der Steinkohlen-, theils der Juraformation an; die wichtigsten sind: die Steinkohlenlager am östlichen Abhange des Ural, die von Kusnetzk am Altai im Gouvernement Tomsk in Sibirien (seit 1850 gefördert, 1870 = 5730 t), Nischne-Tugunska im Jenisseigebiete, in der Kirgisensteppe (seit 1840, im Jahre 1870 etwa 20 000 t), die Lager im Kaukasus und in Transkaukasien, das Turkestansche Kohlenlager, im Osten von Samarkand, Insel Sachalin u. a. Bei Tiflis wird Braunkohle gewonnen.

Asiatische Türkei hat das einzige Steinkohlenbergwerk von Eregli (Heraclea pontica), welches seit 1841 in höchst mangelhafter Weise ausgebeutet wird, so daß trotz des reichen Vorkommens jährlich nur etwa 125 000 t gewonnen werden. Ferner sind Kohlen in Kurdistan und Zacho nachgewiesen.

Arabien hat im südlichen Theile Kohlenlager. Persien hat zahlreiche Kohlenlager, die aber erst sehr wenig abgebaut sind. Auch Bochara und Ost-Turkestan haben große Kohlenlager, deren Ausbeute aber bis jetzt sehr gering ist.

---

[1]) Rev. univers. des miners 1877.

Ost-Indien. Steinkohlen werden seit 1775 gewonnen, die Eingeborenen verwenden aber bis heute fast nur Holz und getrockneten Kuhdung. Nach v. Hochstetter liegen die Kohlenfelder Vorder-Indiens in einer Gegend, welche nördlich vom Ganges begrenzt ist und südlich bis über den Godáveri sich erstreckt, während sie in ostwestlicher Richtung von der Umgegend von Calcutta bis zum Nerbudda (Narbada) reichen. Außerhalb dieses Gebietes liegen nur die Kohlenfelder von Kutsch-Behar (in den Darjeeling Territories) am Südabhange des Himâlaya im oberen Flußgebiete des Tista (eines Zuflusses des Brahmaputra) und die Kohlenvorkommnisse in Ober-Assam, im Ditrugarh- und Sibsagar-District. Hinter-Indien hat Kohlen in Birma und Tonking.

Java und Sumatra haben Kohlenlager, sehr reich ist Borneo daran; seit 1892 sind hier Maschinen eingeführt und Bahnen gebaut, so daß hier die Kohlenproduction bald bedeutender werden wird. Auch die Philippinen liefern etwas Kohlen.

Die Kohlenförderung von Ost-Indien und den anderen englischen Besitzungen in Asien betrug 1889 2078000 t.

Afrika.

Bis jetzt sind hier wenig Kohlenlager bekannt. Geringe Kohlenlager sind aufgefunden in Aegypten, Nubien, Abessynien, in Ost-Afrika am Sambesi und in Mosambique. Capland hat Braunkohlen und Anthracit; die Capcolonie förderte im Jahre 1890 33021 t Kohlen, welche aber hohen Aschengehalt haben (Fischer's Jahresber. 1893, 9). Algier fördert Braunkohle, auch Steinkohlenlager sind neuerdings aufgefunden.

Australien.

Neu-Südwales ist reich an Kohlen; Kohle ist 1796 bei Newcastle Harbour entdeckt und wird seit 1802 gefördert; die Förderung betrug:

1830	4000 t,
1840	30256 „
1850	71216 „
1860	368862 „
1870	868564 „
1875	1329729 „

Auch West-Australien und Queensland haben Kohlen. 1889 betrug die Kohlenproduction Australiens 4000000 t.

Tasmanien lieferte 1875 aus vier Gruben 7719 t Kohlen, 1889 aber 41000 t.

Neu-Seeland hat mehrere Kohlenlager, welche 120000000 t Kohlen enthalten sollen (Engineer 45, 21); die Förderung betrug im Jahre 1889 596000 t (Berghztg. 1894, 9).

Neu-Caledonien enthält ebenfalls Kohlenlager.

Erschöpfung der Kohlenvorräthe.

Bei der gewaltigen Steigerung der Kohlenförderung ist es wohl gerechtfertigt zu fragen, wie lange die vorhandenen Kohlenvorräthe noch ausreichen werden?

Schon i. J. 1859 hat Hull eine genauere Berechnung der Ausdehnung und Mächtigkeit aller bauwürdigen Kohlenfelder Englands ausgeführt. Er fand, daß der verfügbare Kohlenvorrath dieses Landes 80 000 Millionen Tonnen betrage, was bei der damaligen jährlichen Ausbeute von weniger als 100 Millionen Tonnen noch für acht Jahrhunderte ausreichen werde. Einige Jahre später zeigte Stanley Jvons, daß der Zeitraum von 800 Jahren viel zu hoch gegriffen sei, daß vielmehr weit früher die englischen Kohlenfelder bis zu 1200 m Tiefe erschöpft sein würden und schon vor Schluß des kommenden Jahrhunderts die Ausbeute so kostspielig werden müsse, daß England nicht mehr im Preise der Steinkohlen mit dem Auslande wetteifern könne. William Armstrong hat im Jahre 1863 in der Versammlung der British Association in Newcastle die Erschöpfung des auf 80 Milliarden Tonnen geschätzten Kohlenvorrathes, bei fortsteigender Production, in etwa 200 Jahren vorherberechnet. Diese Ergebnisse führten 1866 zur Einsetzung einer königlichen Commission unter dem Vorsitze des Herzogs von Argyll, die nach fünfjähriger Arbeit ihren Bericht erstattete. Hiernach sind in den eröffneten Kohlenflötzen noch 90 200 Millionen Tonnen Kohlen enthalten, während noch 56 300 Millionen Tonnen Kohlen in unangebrochenen Lagern vorhanden sein müssen. Der Gesammtreichthum Englands an Steinkohlen berechnet sich demnach auf 146 500 Millionen Tonnen. Hierbei sind alle Flötze bis zu 0,3 m Mächtigkeit und einer Tiefe von nicht über 1200 m in Rechnung gezogen. Solche von weniger als 0,3 m Mächtigkeit sind heute nicht bauwürdig, aber auch für die Zukunft werthlos. In größerer Tiefe als 1200 m ist die Gewinnung von Kohlen aber zu theuer, theilweise auch unausführbar; dazu kommt, daß dort eine Gesteinstemperatur von etwa 44° herrschen muß und daß in größerer Tiefe wahrscheinlich überhaupt wenig Kohle vorhanden sein dürfte. Alle diese Umstände vereinigt, lassen es wenig wahrscheinlich werden, daß der Gesammtreichthum Englands an brauchbaren Steinkohlen größer ist als der oben angegebene Werth, vielleicht ist er sogar noch erheblich geringer. Geht man nun nach Sydney Lupton von der Ausbeute des Jahres 1883 aus und nimmt einen Zuwachs derselben von $3^1/_4$ Proc. jährlich an (was den Jahren 1854 bis 1883 entspricht), so läßt sich leicht berechnen, daß der gesammte unterirdische Vorrath Englands an Steinkohlen schon nach 105 Jahren erschöpft sein wird. Allerdings wird die jährliche Zunahme nicht ununterbrochen fortfahren, bis das letzte Stück Kohle zu Tage gefördert ist, sondern sie wird in verhältnißmäßig kurzen Zeiträumen ihre größte Höhe erreichen und dann mehr und mehr sinken, indem die Kohle seltener und theurer wird.

Williams[1]) berechnete, daß der gesammte Kohlenvorrath in etwa

[1]) Fischer's Jahresber. 1889, 169.

100 Jahren erschöpft sein würde, und zwar für Süd-Wales schon in 46 Jahren, Northumberland und Durham in 94 Jahren, Schottland in 92 Jahren.

Henry Hall, Bergwerks-Inspector des Vereinigten Königreiches, hat den Kohlenvorrath Großbritanniens auf 100 Milliarden Tonnen geschätzt, mit Einrechnung aller Kohlenlager, die noch ausbeutbar sind, das heißt nicht in einer Tiefe liegen, in welcher die Ausbeutung durch die Erdwärme oder die Förderungskosten unmöglich würde. Unter Berücksichtigung des steigenden Kohlenverbrauchs berechnet er die Dauer des Kohlenvorrathes auf 200 Jahre.

R. Nasse[1]) stützt sich auf den am 27. Juni 1871 erstatteten Bericht der englischen Commission, welcher den Gesammtkohlenvorrath Englands (einschließlich 48465 Millionen Tonnen in mehr als 4000 Fuß = 1220 m Tiefe) auf 195 Milliarden Tonnen schätzt. Er nimmt eine abnehmende Steigerung der Förderung an:

Jahr 1900	217,9	Mill.	engl.	Tonnen	(Zunahme	20	Proc.),
„ 1910	250,6	„	„	„	„	15	„
„ 1920	275,7	„	„	„	„	10	„
„ 1930	289,4	„	„	„	„	5	„

„In den beiden letzten Decennien (von Anfang 1871 bis Ende 1890) sind in Großbritannien und Irland im Ganzen 2954 Millionen engl. Tonnen Steinkohlen gefördert worden. Von Anfang des Jahres 1891 bis Ende 1930 werden bei der angenommenen Steigerung im Ganzen weitere 9800 Millionen, von Anfang 1871 bis Ende 1930 also im Ganzen 12754 Millionen Tonnen gefördert sein. Die von der Kohlencommission ermittelten Gesammtvorräthe an Steinkohlen würden sich daher bis zum Jahre 1930 auf 182191 Millionen oder auf rund 182 Milliarden engl. Tonnen vermindert haben und für eine Jahresförderung von rund 290 Millionen Tonnen alsdann noch 628 Jahre ausreichen oder, wenn nicht schon lange vor dem Herannahen der Erschöpfung eine allmähliche Abnahme der Förderung einträte, im Jahre 2558 erschöpft sein. Am frühesten wird diese Abnahme im nordenglischen Kohlenbecken, dem von Durham-Northumberland, sich bemerklich machen, von dessen Förderung (39,7 Millionen engl. Tonnen im Jahre 1890) zur Zeit fast ein Viertel (9,3 Millionen Tonnen im Jahre 1890) zur See ausgeführt wird."

Angesichts der Berechnungen englischer Fachleute erscheinen diese Ausführungen auffallend günstig; ob die 48 Milliarden Tonnen Kohlen aus der gewaltigen Tiefe gefördert werden können, ist doch recht zweifelhaft.

Die preußischen Oberbergämter erhielten im Sommer 1890 vom Handelsminister den Auftrag, „Ermittelungen darüber anzustellen, welcher Kohlenvorrath nach den bis jetzt erfolgten wirklichen Aufschlüssen, sowie nach der heutigen Kenntniß der in Betracht kommenden geognostischen Verhältnisse und der auf dieselben zu begründenden hinreichend zuverlässigen Schätzungen in den verschiedenen Steinkohlenbecken des Staates vorhanden sei". Aus der Zusammenstellung der Ergebnisse sollte zu ersehen sein, „inwieweit die ermittelten Kohlenvorräthe a) in den einzelnen Steinkohlenbecken, b) innerhalb der

[1]) Nasse: Die Kohlenvorräthe, S. 35.

Berechtsamsgrenzen bestehender gegenwärtig betriebener, bezw. nicht betriebener Bergwerke und Grubenbezirke oder im freien Felde, und c) in den Tiefen bis zu 700 m, von 700 m bis 1000 m und von mehr als 1000 m anstehen".

Für das Ruhrbecken ergab sich nach Nasse (a. a. O. S. 11), daß Ende 1890

	innerhalb der Berechtsamsgrenzen		in bergfreiem Felde	im Ganzen
	bestehender, gegenwärtig betriebener Bergwerke	nicht betriebener Bergwerke		
	Millionen Tonnen			
a) bis 700 m Tiefe	5 046	3 781	1 800	10 627
b) von 700 bis 1000 m Tiefe .	3 385	2 515	1 594	7 494
c) in mehr als 1000 m Tiefe .	6 702	3 550	1 636	11 888
im Ganzen	15 133	9 846	5 030	30 009

oder rund 30 Milliarden Tonnen Steinkohlen anstanden.

Runge[1]) berechnet die Vorräthe auf 33 Milliarden Tonnen, welche noch für 800 bis 1000 Jahre ausreichen, wenn die Förderung allmählich langsamer steigt:

Im Jahre 1900 . . . . . 45,5 Mill. Tonnen,
„ „ 1920 . . . . . 57,5 „ „
„ „ 1940 . . . . . 61,6 „ „

Während für das Saarbecken früher[2]) nur eine Nachhaltigkeit von 166 Jahren angenommen wurde, beträgt nach M. Kliver und Nasse die abbaufähige Kohlenmenge

	auf den Flötzen		im Ganzen
	über 60 cm	von 30 bis 60 cm	
a) bis zu 1000 m Tiefe	8 957	3 177	12 134
b) in mehr als 1000 m Tiefe	4 931	1 644	6 575
oder im Ganzen	13 888	4 821	18 709

[1]) Ruhr-Steinkohlenbecken, S. 309. — [2]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenw. 1884, 89.

Millionen Tonnen. Bringt man für unbauwürdige Feldestheile und Sicherheitspfeiler 25 Proc. in Abzug, so verbleiben auf Flötzen über 60 cm 10416 Millionen Tonnen, welche noch für 833 Jahre ausreichen würden.

Die Kohlenablagerungen bei Aachen enthalten (Millionen Tonnen):

	Inde-Mulde	Wurm-Mulde
bis zu 700 m Tiefe	76	528
von 700 bis 1000 m	39	428
und mehr als 1000 m	—	116
	115	1072

zusammen 1187 Millionen, welche ohne Steigerung der Förderung noch für 800 Jahre ausreichen würden.

Für Oberschlesien ergibt sich der Kohlenvorrath bis zu 1000 m Tiefe:

auf den Flötzen	in den betriebenen Bergwerken	in den nicht im Betriebe befindlichen Feldern und im bergfreien Felde	im Ganzen
	Millionen Tonnen		
in den Schatzlarer Schichten	1 062	16 434	17 496
in den oberen Ostrauer Schichten . . .	3 296	11 084	14 380
in den unteren „ „ . . .	1 429	10 542	11 971
im Ganzen	5 787	38 060	43 847

Nasse schätzt die Förderung für

1900 auf 23,5 Millionen Tonnen,
1920 „ 38,3 „ „
1950 „ 58,2 „ „

u. s. w., so daß die Kohlen noch für 700 Jahre ausreichen würden.

In Niederschlesien stehen auf den über 50 cm mächtigen Flötzen an:

a) bis 700 m Tiefe . . . . . 754 Millionen Tonnen,
b) von 700 bis 1000 m Tiefe . 155 „ „
c) in mehr als 1000 m „ . 26 „ „
im Ganzen . . 935 Millionen Tonnen,
Hiervon gehen in Sicherheitspfeilern verloren . . . . 110 „ „
so daß im Ganzen . . . 825 Millionen Tonnen

gewinnbar verbleiben, welche in 250 Jahren zu Ende sein werden.

Nach den oberbergamtlichen Ermittelungen ist anzunehmen, daß zu Ibbenbüren und zu Osnabrück bis zu 700 m und bezw. bis zu 1000 m Tiefe im Ganzen mindestens 136 Millionen, ferner in der Wälderthonformation bei Obernkirchen, am Deister, am Süntel und am Osterwalde 120 Millionen und im Ilefelder Becken etwa 5 Millionen Tonnen Steinkohlen anstehen.

Im Königreich Sachsen stehen nur noch 400 Millionen Tonnen Kohlen an, welche in 100 Jahren erschöpft sein werden.

Der Braunkohlenvorrath im Oberbergamt Halle (vergl. S. 473) wird auf 3,7 Milliarden Tonnen geschätzt, in ganz Deutschland auf 5 Milliarden, entsprechend 3 Milliarden Steinkohlen.

Die voraussichtlich gewinnbaren Kohlenvorräthe Deutschlands betragen nach Nasse:

Steinkohlen:

an der Ruhr (einschl. weiterer Aufschl.) .	50,0	Milliarden	Tonnen,
an der Saar	10,4	„	„
bei Aachen	1,8	„	„
in Oberschlesien	45,0	„	„
in Niederschlesien	1,0	„	„
im Königreich Sachsen	0,4	„	„
in den übrigen kleineren Becken	0,4	„	„
oder im Ganzen . . .	109,0	Milliarden	Tonnen.

Hierzu: Braunkohlen als

Steinkohlen berechnet	3,0	Milliarden	Tonnen,
demnach im Ganzen . . .	112,0	Milliarden	Tonnen.

Oesterreichs Steinkohlenvorräthe sind nicht genauer bekannt, die Braunkohlenvorräthe wenig. Nach Noback (a. a. O.) hat das Teplitz-Brix-Kommotauer-Revier noch 3500 Millionen Tonnen abbauwürdige Braunkohle, welche noch für 350 Jahre hinreichen. Nasse schätzt die gesammten Kohlenvorräthe Oesterreich-Ungarns auf 17 Milliarden Tonnen, welche für 500 Jahre reichen würden.

Frankreichs Kohlen sollen nach Lapparent[1]) bei der jetzigen Förderung von 24 Millionen Tonnen noch für 700 bis 800 Jahre ausreichen; das würden etwa 17 Milliarden Tonnen sein. Soll die jetzige Einfuhr von 10 Millionen Tonnen ebenfalls gedeckt werden, während der Gebrauch nicht steigt, so würden die Kohlenvorräthe in 500 Jahren erschöpft sein.

Belgiens Kohlenvorräthe schätzt Nasse auf 15 bis 16 Milliarden Tonnen, welche für 700 bis 800 Jahre reichen würden.

Die Kohlenvorräthe Nordamerikas werden auf 684 Milliarden Tonnen geschätzt, welche bei entsprechender Steigerung der Förderung in 650 Jahren erschöpft sein werden.

Wenn hiernach auch noch gewaltige Kohlenvorräthe vorhanden sind, so sind diese doch keineswegs unerschöpflich, vielmehr ist anzunehmen, daß die Erschöpfung noch früher eintritt, als Nasse annimmt. Die heutige Cultur Europas wird dann unhaltbar sein. Jedenfalls ist es sehr wichtig, die vorhandenen Vorräthe gut auszunutzen[2]).

---

[1]) Lapparent: Question du charbon de terre (Paris 1890).

[2]) Vgl. Fischer, Taschenbuch für Feuerungstechniker, 2. Aufl.

Kohlenchemie.

Kohlenanalysen wurden allerdings schon eine Menge ausgeführt. Tabelle S. 498 u. 499 zeigt zunächst Analysen von Braunkohlen aus der Magdeburger Gegend von Alberti u. Hempel, welche für den Magdeburger Dampfkesselverein ausgeführt wurden, Tabelle S. 499 verschiedene Analysen; sie sind leider unvollständig, da weder Stickstoff noch Schwefel bestimmt wurden. Tabelle S. 500 enthält Analysen deutscher und österreichischer Braunkohlen, Tabelle S. 501 Analysen österreichischer Braunkohlen von Schwackhöfer.

Braunkohlen Zeche	Ort	Wasser	Asche	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel	Analyse stammt aus dem Jahre
Emilie Werner	Harbke	45,00	4,63	36,00	2,27	12,10	1880
„ „	„	46,90	6,42	31,91	2,34	12,43	1886
„ „	„	41,09	5,17	36,48	2,85	13,60	1886
Johanne Henriette . .	Unseburg	46,00	7,07	30,90	2,51	13,52	1881
„ „ . .	„	40,00	6,64	34,62	2,94	15,60	1885
Marie	Atzendorf	46,02	5,88	31,80	2,37	13,93	1881
Anhalt	Frohse	50,00	6,06	30,00	2,47	11,47	1876
„	„	46,98	6,53	30,05	2,19	14,25	1881
„	„	42,00	6,99	35,05	3,07	12,89	1882
„	„	45,20	6,03	33,70	3,01	12,06	1885
„	„	44,10	5,79	31,20	2,63	16,28	1885
August Ferdinand . .	Harbke	47,82	6,83	29,74	2,28	13,33	1882
„ „ . .	„	58,10	5,97	23,65	1,76	10,52	1885
„ „ . .	„	50,56	5,67	28,69	2,79	12,29	1885
„ „ . .	„	47,00	6,89	30,92	2,35	12,84	1886
„ „ . .	„	38,80	6,36	37,82	3,18	13,84	1886
Marie Louise	Reindorf	41,00	10,84	32,37	2,03	13,76	1876
„ „	„	39,10	7,55	35,20	2,85	15,30	1885
Jacobsgrube	Börnecke	46,10	6,40	31,17	2,63	13,70	1882
Prinz Wilhelm	Helmstedt	49,50	5,35	30,80	2,63	11,72	1882
„ „	„	46,61	5,53	31,84	2,58	13,44	1885
„ „	„	39,90	7,20	34,61	2,75	15,54	1885
Trendelbusch	„	45,00	5,78	33,72	2,65	12,85	1882
Grube Treue	Trendelbusch-Offleben	48,00	6,68	30,27	2,68	12,37	1882
„ „		44,60	6,15	32,68	2,55	14,02	1885
Meuselwitz	Leipzig	43,00	7,02	32,70	2,83	14,45	1882
Sophie	Wolmirsleben	45,00	7,92	32,54	2,35	12,19	1882
Reichenwalde	Frankfurt a. O.	45,00	4,27	35,07	2,52	13,14	1882
Friedr. Christian . . .	Aschersleben	48,00	6,71	29,94	2,43	12,92	1882
„ „ . . .	„	42,00	6,39	35,04	3,07	12,89	1882
Concordia	Nachterstedt	42,08	6,33	34,47	3,14	13,98	1876
„	„	44,50	5,54	33,90	2,68	12,90	1882
„	„	42,00	5,81	35,90	3,07	13,22	1885

Zeche	Ort	Wasser	Asche	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel	Analyse stammt aus dem Jahre
Concordia	Nachterstedt	44,00	8,01	34,36	2,96	14,67	1885
Louise	Hötensleben	46,10	7,97	30,48	2,64	12,81	1874
Alfred	Gnadau	46,00	7,51	30,90	2,50	13,09	1876
Caroline	Offleben	46,00	5,96	33,31	2,41	12,32	1876
Bertha	Hamersleben	47,00	6,93	31,83	3,24	11,00	1876
Georg	Aschersleben	49,00	7,16	29,37	2,36	12,11	1882
Hercynia	Thale	50,00	4,80	30,17	2,16	12,87	—
Meißner		40,90	7,98	36,44	2,62	12,06	—
Verein Eintracht . . .	Wellnitz	45,70	7,37	33,90	2,51	13,52	—
Carl	Förderstedt	49,60	6,37	28,64	1,84	13,55	—
Alexander	„	46,40	5,68	31,73	2,46	13,73	—
Gute Hoffnung	Mühlingen	44,23	7,30	30,78	2,75	14,44	1885

Braunkohle von	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff u. Stickstoff	Wasser	Asche	
Perleberg a. d. Elbe	64,07	5,03	27,55	trocken	3,35	Heintz (Brix 378)
Frankfurt a. d. O.	59,65	4,86	26,41		9,09	
Rauen, Stückkohle	61,38	4,91	23,57		10,14	
„ Förderkohle	59,00	4,55	25,77		10,68	
„ Preßkohle	55,59	4,16	19,06		21,19	
Tollwitz I	64,70	5,63	18,11		11,56	
„ II	62,07	5,56	19,90		12,47	
Zscherben	64,26	5,76	17,44		12,54	
Stecha	64,53	5,17	25,35		4,95	
Biere	52,80	4,99	15,67		26,54	
Schöningen, Trendelbusch . .	60,97	4,92	24,54		9,57	Frühling und Schulz (B.- u. Hüttenztg. 1877, 359)
„ Prinz Wilhelm .	63,16	5,16	24,51		7,17	
„ Treue	64,31	5,63	21,23		8,83	
Josefizeche Davidsthal	59,23	5,99	11,88	16,12	6,78	Münchener Vers. (Bayr. Ind. 1881, 96)
Agneszeche „	61,97	6,31	11,82	14,06	5,84	
Falkenau „	49,79	4,43	12,58	28,92	4,28	
Rudiayzeche bei Bilin	49,22	3,75	15,23	25,92	5,88	
Duxer Salonkohle	52,03	4,26	15,22	23,35	5,14	
Lepeny, Siebenbürgen, v. Hangenden . .	73,42	4,80	14,43	3,60	3,75	Priwoznik (Fischer's J. 1888, 2)
„ „ Mittelbank .	69,00	5,00	13,30	2,30	10,40	
„ „ v. Liegenden	72,70	5,07	14,13	3,90	4,20	
Rostolac, Serbien	53,59	3,37	20,11	17,08	5,85	Lojanitsch (Ber. d. Ges. 1887, 2717)
Lea reka	49,91	3,27	23,11	16,01	7,70	
Vojnik	54,32	3,60	21,93	12,74	8,01	
Miliva	59,44	4,14	24,73	10,33	1,36	

Braunkohlen von	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Schwefel	Wasser	Asche	Analytiker
Uslar, Braunkohlen	30,04	2,10	14,80	0,76	1,12[1])	50,12	1,06	F. Fischer
Gangelsberg b. Berlin (vergl. S. 502)	31,71	2,09	10,05	0,62	0,60[1])	49,89	4,04	F. Fischer
Webau, Braunkohlen	61,38	6,03	13,41	0,50	0,37[1])	—	8,31	F. Fischer
Kaltennordheim (s. Weimar), Lignit	48,70	4,48	22,64	—	—	22,88	1,30	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Balkenstein (Bayern), Lignit	56,68	4,20	32,91	Spur	0,70	3,31	2,20	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Antonstolln b. Hausen, „	60,60	3,33	26,64	—	0,96	4,30	4,17	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Bauersberg (s. Weimar), dunkel Lignit	56,23	5,17	26,18	—	0,67	10,77	0,98	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Bauersberg (s. Weimar), hell Lignit	60,44	5,30	22,01	Spur	0,86	10,74	0,65	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Kaltennordheim, Braunkohlen	43,80	3,67	19,36	—	—	27,35	5,73	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Antonstolln (Bayern), „	34,80	3,00	20,70	2,40	3,80	22,40	12,90	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Roth „ „	39,10	2,75	8,25	0,90	6,50	23,50	19,00	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Bauersberg „ „	34,10	2,74	15,41	Spur	1,91	15,44	30,44	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
„ „ „ erdig	24,60	2,59	23,00	—	4,32	17,00	28,50	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Balkenstein (Bayern), Pechkohle	75,10	4,30	18,80	—	—	2,70	1,10	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Hillenberg „ „	74,00	3,35	17,75	—	1,10	1,80	2,00	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Antonstolln „ „	72,45	3,80	13,73	—	1,50	3,00	5,55	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Dietgeshoff b. Tann (Preußen), Pechkohle	70,60	3,54	20,75	—	0,70	2,80	1,61	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Wüstensachsen (Preußen), Pechkohle	76,17	3,90	17,52	—	0,30	0,55	1,56	Klinger und Reichardt (B und Hüttenzt 1879, 225)
Schallthal (Steiermark), Lignit	48,20	4,87	34,68	—	0,13	11,54	0,71	Schöffel (Fische J. 1887, 2)
Diosgyör (Ungarn), Pechkohle	44,79	3,10	7,88	0,95	1,45	26,77	15,06	Berghztg. 1887, 169
Carpanothal (Istrien), Braunkohle, untere Schicht	63,69	5,03	13,12	1,79	7,53	1,46	8,84	Hanke (Fische J. 1887)
Carpanothal (Istrien), Braunkohle, obere Schicht	64,26	4,85	13,03	1,04	8,53	1,57	8,29	Hanke (Fische J. 1887)
Carpanothal (Istrien), Braunkohle, obere Schicht	65,86	4,84	11,45	1,22	8,93	1,53	7,68	Hanke (Fische J. 1887)
Dux, Nelsonschacht	65,15	5,08	17,64	—	—	5,69	6,44	John u. Fo lon (Fische J. 1888, 1)
„ Antonzeche	47,23	4,02	18,98	—	0,11	23,86	5,80	John u. Fo lon (Fische J. 1888, 1)
Brix, Theresiengrube	50,84	4,69	16,32	—	—	24,75	3,40	John u. Fo lon (Fische J. 1888, 1)
„ Saxonia	44,06	2,43	5,75	—	1,40	36,90	9,46	John u. Fo lon (Fische J. 1888, 1)
Banjaluca, lufttrocken	35,86	4,32	24,42	—	4,83	20,01	10,56	John u. Fo lon (Fische J. 1888, 1)
Dux-Ladowiz	44,36	3,51	14,33	0,54	—	31,59	5,67	Nevole (Fische J. 1888, 2)
Mantauer Klara-Schacht	53,59	3,46	9,71	0,35	—	15,83	17,06	Nevole (Fische J. 1888, 2)
Bilin	52,75	3,19	9,72	0,47	—	29,82	4,05	Nevole (Fische J. 1888, 2)
Ajka	27,61	5,30	32,12	—	0,45	26,49	8,03	Cech (Org. f. benz. 1885, 99

[1]) Flüchtiger Schwefel; vergl. S. 502.

Oesterreichische Braunkohlen (nach Schwackhöfer)	Aschen- und wasserfreie Kohle				Schwefel	Wasser	Asche
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff			
Thallern, Niederösterreich	69,93	5,05	23,96	1,36	0,65	19,73	15,78
Wolfsegg-Traunthal, Oberösterreich .	66,69	4,75	27,27	1,29	0,32	30,09	9,35
Leoben, Grieskohle, Steiermark . . .	70,97	4,88	23,35	0,80	0,33	11,34	10,22
„ Stückkohle „ . . .	72,53	4,91	21,73	0,83	0,40	10,58	6,10
Fohnsdorf, Würfelkohle, „ . . .	72,51	5,08	21,43	0,98	1,20	10,78	10,98
Köflach, Stückkohle	66,94	5,42	26,85	0,79	0,29	28,08	5,86
Trifail	70,03	5,03	23,33	1,61	1,31	21,71	9,88
Arsa, Küstenland	72,19	4,77	21,55	1,49	7,89	2,02	13,12
Aussig, Annaschacht, Böhmen	60,85	5,49	33,02	0,64	0,92	25,90	4,77
Karbitz, Austria-Teutoniaschacht, Böhmen	71,92	5,60	21,37	1,11	0,54	26,25	7,04
Mariaschein, Elbe-Collierz, Böhmen .	70,78	5,27	23,01	0,94	0,44	27,42	4,72
„ Bohemia, Böhmen . . .	71,90	5,18	21,78	1,14	0,29	29,64	3,29
Dux, Eleonorenschacht, „ . . .	72,76	5,51	19,57	2,16	0,24	28,55	5,03
„ Stückkohle, Böhmen	73,06	5,27	21,21	0,46	0,76	29,00	6,80
„ Mittelkohle, „	73,34	5,34	20,49	0,83	0,42	23,71	5,55
„ Liptitz, Franziskaschacht	73,76	5,55	19,87	0,82	0,43	32,29	4,45
„ Ladowitz, Frauenlobschacht . . .	72,47	5,56	20,80	1,17	1,50	26,71	6,08
Bilin, Amalienschacht	71,20	5,51	22,32	0,97	1,58	27,31	7,55
„ Emeranzeche	73,36	5,65	19,13	1,86	0,57	25,90	6,04
Ossegg, Nelsonschacht, Nußkohle . . .	73,33	5,43	19,98	1,26	1,46	22,87	4,94
„ „ Glanzkohle . .	75,55	5,41	18,33	0,71	0,41	28,73	5,52
„ „ Grobgries . .	73,73	5,34	20,27	0,66	1,26	26,45	5,33
Brux, Mariahilf	71,88	5,25	21,67	1,20	0,66	34,07	10,84
„ „ Nußkohle	73,05	5,39	20,42	1,14	0,44	34,58	7,68
„ Juliusschacht I	73,79	5,55	19,74	0,92	0,76	27,42	5,40
„ „ II	73,79	5,55	19,74	0,92	1,41	22,46	8,83
„ Victoria-Tiefbau	73,70	4,99	20,38	0,93	1,75	27,10	5,72
„ Guidoschacht	72,21	5,49	21,32	0,98	0,63	26,47	5,23
„ Humboldt	74,68	5,46	19,03	0,83	0,99	26,82	5,44
Neufeld (Ungarn), Würfelkohle . . .	60,89	5,18	33,08	0,85	2,76	42,45	13,97
„ „ Grieskohle	67,00	5,35	26,35	1,30	2,09	23,92	27,07
Siebenbürgen, Egeres	71,47	5,28	21,87	1,38	4,58	13,54	12,99

Der Schwefelgehalt der Braunkohlen wird in sehr vielen Analysen nicht berücksichtigt, ein nicht zu rechtfertigender Mangel, da der Schwefelgehalt mancher Braunkohlen sehr hoch ist, so daß bei Nichtberücksichtigung desselben die Zahlen für Sauerstoff viel zu hoch ausfallen. Bayerische Kohlen enthalten z. B. bis 6,5 Proc., istrische (Tabelle S. 500) sogar 9 Proc. Schwefel. Spanische Lignite enthalten nach Villot[1]) 0,2 bis 5,3 Proc. Schwefel und 2 bis 14 Proc. Asche, Braunkohlen von Schönstein, Oesterr.-Schlesien, enthalten bei 20 Proc. Asche viel Schwefel[2]). Da nähere Angaben fehlen, so ist dieses wohl Gesammtschwefel (nach Eschka o. dgl.). Die Asche von ungarischer Kohle enthält aber z. B. 15 Proc. Schwefelsäure (SO_3)[3]), eine Braunschweiger Kohle nach Untersuchung des Verf. 4,1 Proc. Gesammtschwefel, aber nur 1,8 Proc. flüchtigen Schwefel, so daß 2,3 Proc. in der Asche bleiben, also für Feuerkohle unschädlich waren (vgl. S. 522). Schwackhöfer (vgl. S. 509) behauptet, der (flüchtige) Schwefel sei als Schwefelkies vorhanden, gehöre daher nicht zur eigentlichen Kohle und sei — wie auf S. 501 — gesondert aufzuführen. Bei vielen Kohlen trifft das jedenfalls nicht zu, vielmehr ist der Schwefel sehr oft organisch gebunden.

Analysen von Steinkohlen wurden bereits von Thomson[4]) im Jahre 1820 ausgeführt, sodann von Richardson[5]), Karsten[6]), Regnault[7]), Schönberg[8]), Brückner[9]), Keck[10]), Feichtinger[11]), Casselmann[12]), v. Hauer[13]), Grundmann[14]), auf welche, wie auch auf die unvollständigen Analysen der Münchener Anstalt[15]), von Brix[16]), H. S. Poole[17]), Fleck[18]), Sauerwein[19]) und des berggewerkschaftlichen Laboratoriums[20]) hingewiesen sei.

Tabelle S. 504 zeigt eine Zusammenstellung der neueren Analysen deutscher Steinkohlen.

Die erste umfassende Untersuchung deutscher Kohlen wurde von W. Stein[21]) ausgeführt. Aus der eingelieferten Kohlenprobe, etwa 10 k, wurden erst verschiedene Stücke ausgesucht (2 bis 3 k), welche dem äußeren Anschein nach die mittlere Beschaffenheit der Kohlensorte darstellten. Diese wurden zur Pfefferkorngröße zerkleinert und zur Ausführung mehrerer Einzelanalysen verwendet, um die vorkommenden Verschiedenheiten in der Zusammensetzung kennen zu lernen. Dann wurde die ganze Kohlenmenge, einschließlich der genannten

---

[1]) Ann. des mines 1877, 339. — [2]) Oesterr. Zeitschr. Bergh. 1887, 133. — [3]) Fischer's Jahresber. 1887, 2. — [4]) Annals of Philos. 14. — [5]) Journ. f. pr. Chem. (1837) **11**, 165. — [6]) Karsten, Untersuchungen über die kohligen Substanzen des Mineralreichs (Berlin 1826). — [7]) Journ. f. pr. Chem. **13**, 143. — [8]) Ebendas. **17**, 417. — [9]) Ebend. **53**, 421. — [10]) Kunst- u. Gew.-Bl. 1857, 411. — [11]) Ebend. 1863, 211. — [12]) Ann. d. Chem. **89**, 372. — [13]) Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1850, 609. — [14]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenw. **9**, 360; **10**, 333; **12**, 175. — [15]) Bayer. Ind.- u. Gew.-Bl. 1879, 241; 1881, 1. — [16]) Brix: Heizkraft (Berlin 1853). — [17]) Eng. Min. Journ. 1876 (I), 419. — [18]) Dingl. Journ. **180**, 460; **181**, 48; **195**, 434. Fleck und Hartig, Steinkohlen Deutschlands, S. 274. — [19]) Mitth. des Hannov. Gewerbevereins. — [20]) Muck: Steinkohle (Leipzig 1891). — [21]) Stein: Untersuchung der Steinkohlen Sachsens 1857.

Proben, gepulvert und hiervon die Analyse ausgeführt; z. B. (S. 51):

	Kohlenstoff		Wasserstoff	
	aschenhaltig	aschenfrei	aschenhaltig	aschenfrei
I	74,27	78,91	4,42	4,70
II	77,34	82,09	5,00	5,31
III	78,41	82,26	5,07	5,32
Mittel	76,67	81,09	4,83	5,11
Dir. gef.	77,11	82,20	2,81	3,22

Die Analyse der Hauptdurchschnittsprobe gibt also ganz erheblich weniger Wasserstoff als der berechnete Durchschnitt, ja verglichen mit Probe III. bei gleichem Kohlenstoffgehalte (aschenfrei) 2,1 Proc. Wasserstoff weniger, d. h. bezogen auf den vorhandenen Wasserstoff 40 Proc. weniger.

Dagegen gab (Analyse 41) Probe III. aschenfrei 3,30 Proc., die Durchschnittsprobe aber 6,17 Proc. Wasserstoff. Bei anderen Kohlen schwankt besonders der Kohlenstoffgehalt, z. B.:

	Kohlenstoff:		Wasserstoff:	
	aschenhaltig	aschenfrei	aschenhaltig	aschenfrei
I	61,97	69,01	2,83	3,16
II	74,58	78,58	4,32	4,56
III	76,03	78,70	4,35	4,50
IV	78,74	79,37	4,57	4,61
V	83,39	87,73	5,14	5,41
Mittel	74,92	78,68	4,24	4,45
Dir. gef. . . .	76,03	78,74	4,35	4,51

Obgleich also die Einzelproben „dem äußeren Ansehen nach die mittlere Beschaffenheit der Kohlensorte darstellten", ergeben sich Unterschiede von 19 Proc. Kohlenstoff und 2,3 Proc. Wasserstoff der aschenfreien Kohle. So bedeutende Schwankungen in der Zusammensetzung der Kohle einer Grube werden allerdings nicht häufig vorkommen; die Tabelle S. 508 zeigt eine Anzahl der mitgetheilten Durchschnittsanalysen. Nicht minder auffallend ist aber andererseits die Uebereinstimmung der von Bunte[1]) mitgetheilten Analysen (s. S. 506) von Gaskohlen; so gleichartige Zusammensetzung, wie z. B. Hansakohle (Jahresbericht 1888, 105) zeigt, ist doch wohl nur Zufall.

Beachtenswerth sind die Analysen von Grundmann[2]) (S. 509).

Analysen österreichischer Kohlen giebt besonders Schwackhöfer[3]). Als Schwefel wird nur flüchtiger angegeben (vergl. S. 502). Von den zahlreichen Analysen mögen folgende (S. 510) angeführt werden, welche meist Durchschnittswerthe mehrerer Analysen darstellen. Darnach haben die österreichischen Steinkohlen meist einen hohen Aschengehalt. Der Kohlenstoffgehalt der Kohlensubstanz schwankt von 70,3 bis 87,8 Proc. Andere Analysen österreichischer Steinkohlen zeigt Tabelle S. 511.

---

[1]) Journ. f. Gasbel. 1888, 863; Fischer's Jahresber. 1888, 104. — [2]) Carnall's Zeitschr. 9, 10 u. 11. — [3]) F. Schwackhöfer, Chemische Zusammensetzung der in Oesterreich-Ungarn verwendeten Kohlen (Wien 1893). — Seine Angriffe auf den Verfasser wurden bereits in der Zeitschr. f. angew. Chem. 1893, S. 398 zurückgewiesen.

Deutsche Steinkohle	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Asche	Wasser	
Ruhrkohlen.								
Sälzer und Neuack, I . . .	79,63	4,08	1,22	4,43	0,88	6,76	3,00	F. Fischer. Polyt. J. **248**, 73; F.
„ „ „ II . . .	76,01	4,26	1,01	4,42	1,21	9,96	3,13	scher's Jahresbe
Hansa	80,18	5,29	0,61	8,10	0,52	4,22	1,08	1881, S. 1047
Germania	80,91	3,11	0,91	7,14	0,51	7,42	—	1883, S. 1289
Shamrock	85,15	4,62	6,20		1,04	1,94	1,06	1885, S. 1210 1297.
Sälzer und Neuack	85,62	4,65	1,71	5,93	—	2,09	—	Heintz a. a. O.
Franziskatiefbau	77,10	4,55	11,79		—	6,56	—	
Rhein, Elbe und Alma . . .	81,38	5,03	4,38		2,08	5,61	1,52	
Bonifacius	80,88	5,51	4,53		1,37	5,92	1,79	
Kohlscheid	87,86	5,21	0,95		0,74	4,04	1,20	
Königsgrube	72,21	4,83	8,91		1,38	7,40	5,27	Düsseldorfer Versuc 1880 (Polyt. **250**, 75).
Zollverein	76,92	4,69	6,51		1,54	6,26	4,08	
Holland	81,61	4,56	7,11		1,25	3,50	1,97	
Pluto	83,84	4,78	6,63		1,15	2,08	1,52	
Germania	80,83	4,42	5,90		1,12	6,21	1,52	
Königin Elisabeth	85,62	5,30	3,00		1,10	3,72	1,26	
Cosolidation	81,75	5,11	9,09		1,04	1,35	1,66	
Pluto	80,97	5,05	9,27		0,41	2,78	1,52	
Ewald	79,27	5,13	10,36		0,63	2,43	2,18	
Harpener	79,01	4,32	5,61		1,12	9,48	0,46	
Saarkohlen.								A. Bauer (Polyt. **280**, 66).
Maybach, Flötz II	79,67	5,21	8,37		0,70	4,45	1,60	
Kreuzgräben, Flötz I	80,43	5,24	7,94		0,49	4,45	1,45	
Heiniz I	79,64	5,02	10,52		0,53	2,94	1,33	
Camphausen, Flötz III . . .	80,35	5,21	7,84		0,86	4,52	1,22	
Louisenthal, Würfel	70,33	4,67	11,39		1,05	7,74	4,82	
Duttweiler	83,63	5,19	0,60	9,06	—	1,52	—	
Inde- und Worm-Revier.								Heintz a. a. O.
Centrum bei Eschweiler . . .	63,69	4,07	1,25	7,00	—	3,99	—	
„ Flötz Gyn	90,62	4,50	1,31		—	3,57	—	
Athgrube bei Aachen	90,41	4,03	4,11		—	1,45	—	
Deisterkohle.								
Bantorf	67,41	4,37	1,36	8,28	2,34	16,24	—	F. Fischer.

Deutsche Steinkohlen	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Asche	Wasser	
Schlesien.								
Guidogrube	77,79	4,85	10,07		0,57	5,05	1,67	A. Bauer
Emanuelsegen	66,57	4,24	0,90	14,65	0,90	4,17	9,47	
Nyslowitz, Tiefbau	66,45	3,75	1,35	12,57	0,93	5,87	10,01	
Ferdinandgrube, Förderkohle	70,26	4,06	0,99	11,99	0,86	8,29	4,41	
„ Nuß	71,46	4,11	0,90	11,55	0,66	5,97	6,00	
Waterloo, Nuß	70,44	4,00	0,92	13,91	0,52	5,05	5,68	
Wildensteinsegen, Würfel	68,71	3,80	1,21	12,55	0,59	4,08	9,65	
„ Nuß	70,84	3,81	1,05	12,39	0,56	3,19	9,08	Schwackhöfer, a. a. O., S. 52. Als Schwefel ist nur der flüchtige angegeben.
Königshütte, Förderk.	60,27	3,27	0,68	10,72	1,22	20,83	4,23	
„ Nuß	73,36	4,32	1,10	10,22	0,41	5,44	5,56	
Paulusgrube, Würfel	75,39	4,27	0,97	11,77	0,52	3,12	4,48	
„ Nuß	71,22	3,82	0,97	11,23	0,53	9,05	3,71	
Westendgrube, „	70,62	4,06	0,78	13,27	0,92	5,69	5,58	
Morgenroth, „	69,28	3,83	1,05	13,18	0,60	3,93	8,73	
Waldenburg, „	75,28	4,27	0,93	8,98	0,90	8,39	2,15	
„ Förderk.	71,84	4,19	0,77	10,01	0,93	11,03	2,16	
Leurode, Josephflötz	79,13	4,30	0,96	7,74	2,18	4,39	2,84	
Morgenroth, Paulusflötz	82,40	4,90	9,10		—	3,60	—	Fleck, zahlreiche unvollständige Analysen (Polyt. J. **195**, 446).
„ Veronicaflötz	86,60	4,70	6,60		—	2,10	—	
Königin-Louisengrube	73,91	4,85	2,49	15,10	—	3,65	—	Heintz, a. a. O., zahlr. unvollst. Anal.
Waldenburg	71,82	4,27	0,50	7,95	—	10,29	5,17	Nevole (Zeitschr. f. angew. Chem. 1887, S. 302).
Leurode	63,06	4,00	0,58	8,59	—	16,01	7,76	
Juliusschacht	69,90	4,28	0,54	8,80	—	8,67	7,81	
Bayern.								
Fischelbach	82,04	4,34	2,32	11,30	1,60	8,32	—	Schafhäutel (Kunst- u. Gewerbebl. 1857, S. 411).
Riesbach	73,06	4,90	1,76	20,32	5,36	1,08	—	
„	72,77	6,38	1,41	20,92	4,44	1,12	—	
„	50,00	4,00	17,00		3,00	16,00	10,00	Heyrowsky 1884.
„	49,99	4,15	19,36		2,77	11,11	15,39	Münchener Vers.-St. (Bayer. Ind.- u. Gewerbebl. 1881, S. 1). Die Schwefelbest. bez. sich nicht auf dieselb. Proben.
Hausham	53,64	4,80	19,97		3,53	13,06	8,53	
Penzberg	56,20	5,04	18,10		2,77	10,34	10,32	
Peissenberg	55,70	3,99	17,95		3,42	10,27	12,09	
Schlierſee	64,38	5,04	21,22		—	9,36	—	Fleck u. Hartig a. a. O., S. 285.
Baden.								
Berghaupten, beste	80,92	3,65	7,37		—	8,06	—	
Baden-Baden	86,01	3,97	6,90		—	3,07	—	

Kohlen-Zeche	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Schwefel	Stickstoff	Wasser	Asche	Kohlensubstanz	Reinkohle C	Reinkohle H	Reinkohle O + S + N	100 Rohkohle geben Koks
Schlesische Kohlen.												
Oberschlesien:												
Guidogrube	80,37	4,86	7,12	0,94	1,32	2,75	2,64	94,61	84,95	5,14	9,91	65,3
Königin-Louisengrube	79,79	4,92	7,01	0,80	1,37	2,19	3,92	93,89	84,98	5,24	9,78	66,0
„ „ Pochhamer Flötz	79,72	4,89	7,26	0,71	1,38	2,88	3,16	93,96	84,85	5,20	9,95	64,8
„ „ Poremba Flötz	80,29	4,87	6,71	0,71	1,46	2,43	3,53	94,04	85,38	5,18	9,44	64,6
Deutschlandgrube	79,67	4,88	7,47	0,89	1,27	2,93	2,89	94,18	84,59	5,18	10,23	63,8
Florentine	77,27	4,75	8,99	0,60	1,27	4,14	2,98	92,88	83,20	5,11	11,69	62,5
Orzesche	74,04	5,20	8,85	1,15	1,33	3,55	5,88	90,57	81,75	5,74	12,51	59,7
Niederschlesien:												
Glückhilfgrube Wrangel und v. d. Haydtschacht	79,72	4,77	4,00	1,19	1,07	2,05	6,74	91,21	87,40	5,23	7,37	68,8
Friedenshoffnunggrube (Charlottenburg)	79,88	4,98	5,58	1,25	1,14	1,35	5,82	92,83	86,05	5,36	8,59	66,9
Ostrau-Karviner Gaskohle	76,98	4,94	6,82	0,84	1,09	1,95	7,38	90,67	84,90	5,45	9,65	65,8
Dombrauer Gaskohle (Budapest)	79,10	5,08	7,18	0,82	1,20	2,45	4,17	93,38	84,71	5,44	9,85	62,8
Westfälische Kohlen.												
Rhein-Elbe-Alma	79,82	4,96	4,79	0,82	1,25	3,00	5,36	91,64	87,10	5,41	7,49	69,9
Pluto	71,93	4,51	5,30	1,56	1,32	2,42	12,96	84,62	85,00	5,33	9,67	72,1
Bonifacius	73,28	4,63	4,93	1,50	1,46	2,74	11,46	85,80	85,41	5,40	9,19	70,2
Wilhelmine Victoria	75,85	4,74	5,81	0,92	1,46	2,60	8,62	88,78	85,44	5,34	9,22	69,4

Consolidation	78,94	5,21	5,19	0,88	1,52	1,64	6,62	91,74	86,05	5,68	8,27	69,0
Hibernia	82,97	5,08	5,29	0,81	1,53	2,10	2,22	95,68	86,72	5,31	7,97	67,2
Zollverein *	83,33	5,11	5,76	1,20	1,58	0,97	2,05	96,98	85,93	5,27	8,80	67,8
Dahlbusch	81,04	5,20	5,04	0,82	1,57	2,12	4,21	93,67	86,52	5,55	7,93	67,6
Unser Fritz	74,80	4,75	6,10	0,85	1,39	2,46	9,65	87,89	85,11	5,40	9,49	68,4
Königsgrube	78,93	5,11	5,74	0,94	1,42	2,00	5,86	92,14	85,66	5,55	8,79	66,7
Hansa	79,16	5,16	5,67	1,85	1,53	1,95	4,68	93,37	84,78	5,53	9,69	66,0
Holland	77,81	4,96	6,77	1,47	1,48	1,40	6,11	92,49	84,13	5,36	10,51	66,6
Hugo	79,73	5,22	6,75	0,88	1,43	1,65	4,34	94,01	84,81	5,55	9,64	65,7
Friedrich der Große	79,66	5,13	5,90	1,32	1,65	1,98	4,36	93,66	85,05	5,48	9,47	65,0
Bismarck	68,15	4,46	6,54	1,56	1,26	5,10	12,93	81,97	83,14	5,44	11,42	65,4
Ewald	77,38	5,04	5,75	0,82	1,54	2,78	6,87	90,35	85,64	5,58	8,78	63,0
Saarkohle.												
Heinitz I.	77,29	4,97	7,48	0,72	1,06	2,00	6,48	91,52	84,45	5,43	10,12	66,4
Sächsische Kohlen.												
Plauenscher Grund v. Burgksche Kohlenwerke	69,29	4,73	5,35	1,73	1,32	4,00	13,58	82,42	84,07	5,74	10,19	64,0
Hohndorf-Bokwa. Vereinigtes Feld (Leipzig)	73,51	4,74	7,26	1,21	1,21	8,60	3,47	87,93	83,60	5,39	11,01	59,1
Erzgebirgischer Verein	67,87	4,89	7,88	1,05	1,20	6,93	10,18	82,89	81,88	5,90	12,22	58,9
Vereinsglück Zwickau	72,55	4,81	8,48	0,78	1,21	8,85	3,32	87,83	82,60	5,48	11,92	54,2
Zwickau-Brückenbergschacht (Dresden)	73,27	5,42	7,08	1,27	1,27	6,72	4,97	88,31	82,97	6,14	10,89	56,5
Zwickau-Oberhohndorf. Wilhelmschacht	72,70	5,03	7,92	0,89	1,27	8,15	4,04	87,81	82,79	5,73	11,48	54,4
Bürgergewerkschaft	68,75	4,91	7,70	2,13	1,22	7,79	7,50	84,71	81,16	5,80	13,04	54,9
Böhmische Kohlen.												
Sulkow	72,59	4,92	7,81	0,73	1,35	6,80	5,80	87,40	83,06	5,63	11,31	58,6
Thurn und Taxis	71,97	5,36	8,11	0,71	1,36	5,61	6,88	87,51	82,24	6,13	11,63	56,3

Sächsische Kohle (nach Stein)	Rohkohle			Aschenfrei				
	Asche	Schwefel, flüchtiger	Gesammt-schwefel	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Koksausbeute
Oberhohndorf (Zwickauer Kohle) I	2,98	1,26	1,67	83,23	5,52	0,27	10,98	61,8
„ „ „ II	0,74	0,30	1,21	83,28	4,55	0,44	11,73	47,7
„ „ „ III	8,58	1,19	2,35	83,68	3,81	0,32	12,18	68,0
Bockwa „ „ I	7,07	1,07	2,17	87,94	5,24	0,25	6,58	70,2
„ „ „ II	8,10	0,16	0,51	83,65	6,30	0,32	9,74	63,8
Planitz „ „ I	4,26	0,01	0,55	48,84	4,63	0,23	10,74	63,9
„ „ „ II	8,67	2,84	3,73	89,06	5,94	0,40	4,58	62,2
Zwickau „ „ I	8,47	1,27	2,28	90,93	5,02	0,10	3,96	66,0
„ „ „ II	3,65	0,56	0,91	82,23	4,29	0,60	12,88	84,4
„ „ „ III	7,20	1,43	1,64	82,20	3,22	0,44	14,14	70,5
„ „ „ IV	3,18	1,75	2,30	80,05	5,83	0,46	13,65	57,2
Niederwürschnitz „ „ I	2,14	1,62	1,87	83,65	6,42	0,34	9,59	66,5
„ „ „ II	8,33	2,54	2,65	81,17	4,67	0,68	13,47	69,7
„ „ „ III	9,05	—	0,81	78,65	3,56	0,12	17,67	64,8
Lugau „ „	5,70	2,40	2,76	85,83	3,59	0,21	10,37	52,6
Gückelsberg „ „	12,19	—	0,63	93,85	2,57	0,04	3,54	92,5
Flöha „ „	54,48	—	0,69	83,94	2,81	0,29	12,96	81,2
Hähnichen (Plauen'scher Grund) I	30,77	—	1,06	87,09	4,89	0,65	7,37	65,7
„ „ „ II	6,98	1,31	2,09	82,16	3,52	0,47	13,85	68,2
Potschappel „ „ I	11,75	0,17	1,80	84,45	5,66	0,40	9,55	76,0
„ „ „ II	15,25	—	1,65	78,21	4,31	0,20	17,28	58,7
Gittersee „ „ I	9,94	0,05	0,77	81,46	5,27	0,26	13,01	69,1
„ „ „ II	36,36	0,22	2,76	77,92	5,38	0,33	16,37	76,8
Burgk „ „ I	35,42	2,99	7,88	73,43	4,28	0,24	22,05	67,0
„ „ „ II	10,86	0,46	1,30	86,98	4,91	0,48	7,63	72,5
Königliche Werke „ „ I	24,64	0,36	3,30	79,15	5,36	0,20	15,29	64,8
„ „ „ „ II	12,92	1,74	6,65	87,68	5,09	0,36	6,87	54,8

Französische Steinkohlen untersuchte besonders Scheurer-Kestner (S. 151 und 398).

Englische Steinkohlen wurden von Playfair und H. de la Beche[1]) eingehend untersucht; einen Auszug der Analysen zeigt Tabelle (S. 512). Kohlen aus Südwales untersuchte Thomas[2]):

[1]) Mechan. Magazine 1848, No. 1285; Dingl. polyt. Journ. 90, 212 u. 263. — [2]) Fischer's Jahresber. 1881, 989.

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Asche	Wasser
Rhondda-Thal	85,57	4,51	3,11		1,57	4,54	0,70
Obergorki	84,10	4,76	3,79		1,28	5,43	0,64
Oberes Flötz, Neath-Thal . . I	88,29	3,65	2,47		0,77	3,63	1,19
„ „ „ „ . . II	89,59	4,87	3,35		0,56	1,06	0,57
6-Fuß Flötz	87,85	4,67	3,77		1,07	2,00	0,64

Oberschlesische Kohle nach Grundmann	Rohkohle		Aschenfrei			
	Asche	Schwefel	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff
Königsgrube, Hoffnungsflötz	1,24	0,38	81,57	4,94	0,72	12,77
„ Gerhardsflötz	2,19	0,81	87,16	5,43	0,69	6,72
Königin Louisengrube, Schuckmannsflötz — Oberbank, ob. Lage	4,69	0,80	84,94	5,60	1,12	8,34
„ unt. „	1,62	0,66	85,79	4,99	1,10	8,12
Unterbank, ob. „	0,86	0,10	85,70	5,42	1,13	7,75
„ mittl. „	1,26	0,13	85,40	5,53	1,21	7,85
„ unt. „	1,12	0,14	82,88	5,30	0,94	10,88
Brandenburggrube bei Ruda — Oberbank	3,05	0,54	82,65	4,97	0,98	11,40
Unterbank	3,43	0,25	84,03	5,20	0,72	10,05
Orzegowgrube, 36 zöll. Niederbank	4,60	0,27	85,50	5,44	0,79	8,28
„ 10- „ Oberbank	6,43	0,49	85,03	4,96	0,54	9,47
„ 18- „ Niederbank, Oberfl.	9,49	0,71	82,87	5,44	0,73	11,02
„ 15- „ Mittelbank, „	7,71	0,50	83,27	5,65	0,93	10,75
„ 12- „ Oberbank, „	10,23	0,63	81,91	5,82	0,98	11,35
Eugenienglück, Oberbank	2,13	1,14	84,35	5,19	0,86	9,61
„ 1. Mittelbank	1,61	0,29	81,00	4,99	0,79	13,22
„ 2. „	2,16	0,29	80,97	5,43	0,90	12,70
„ Unterbank	3,03	0,27	81,09	6,50	0,75	11,66
Louisenglückgrube, Niederflötz — Schrammfirste	1,91	0,33	83,37	4,97	1,16	10,51
Schrammbank	3,11	1,04	85,65	5,15	1,18	8,02
Oberbank	3,20	0,49	84,18	4,68	1,07	10,07
Mittelbank	3,86	1,09	86,80	5,18	1,45	6,57
Unterbank	2,83	0,74	82,95	5,56	1,36	10,13
Sohlenbank	2,76	0,47	87,50	5,88	1,62	6,01
Beategrube, Oberflötz, Oberbank	2,54	0,27	85,38	5,49	1,00	8,12
„ „ Mittelbank	4,38	0,17	79,70	5,14	1,28	13,88
„ „ Unterbank	5,13	1,63	84,41	5,49	0,88	9,21
„ Niederflötz, Oberbank	3,98	0,78	80,90	5,19	1,04	12,88
„ „ Mittelbank	12,29	0,47	80,61	5,30	1,51	11,98
„ „ Unterbank	1,66	0,44	81,90	5,17	1,31	11,62

Oesterreichische Kohlen (nach Schwackhöfer)	Rohkohle			Aschenfrei			
	Wasser	Asche	Schwefel	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff
Oesterreich.							
Grünbach, Jodlhoferflötz	5,44	2,52	0,41	76,46	4,80	17,75	0,99
„ Caroliflötz	5,39	5,88	0,79	75,60	4,89	18,49	1,02
„ Antoniflötz	5,22	2,49	0,55	70,34	5,19	23,43	1,04
Böhmen.							
Kladno, Marianschacht, Würfel	11,08	5,99	0,53	78,52	4,91	15,65	0,92
„ „ Kleinkohle	11,45	17,11	1,10	77,78	4,81	16,30	1,11
„ Pruhonschacht, Würfel	12,24	9,84	0,72	80,28	4,66	14,00	1,06
„ „ Förderkohle	11,22	18,68	0,46	80,35	4,54	13,94	1,17
„ Barréschacht, „	8,07	14,61	0,77	81,43	4,48	12,77	1,32
Libusin (Schlan), Förderkohle	14,27	9,35	0,69	80,11	4,53	14,06	1,30
Schlan	18,92	13,91	0,92	73,89	5,02	19,36	1,73
Pilsener Becken, Radnic	12,02	12,86	1,85	76,92	4,57	17,38	1,13
„ „ Tremosna, Stück	11,47	6,48	0,69	82,08	5,02	11,70	1,20
„ „ „ Nuß	10,48	7,06	0,60	80,98	4,77	13,16	1,09
„ „ Littitz, Würfel	5,82	16,02	0,93	82,01	5,09	11,85	1,05
„ „ „ Nuß	6,45	11,88	0,85	80,99	5,03	12,91	1,07
„ „ Miröschau	8,02	11,34	1,13	79,68	4,86	14,00	1,46
„ „ Nürschau, Pankrazzeche, Würfel	8,82	7,56	0,47	82,51	4,71	11,72	1,06
„ „ Mantau, Austriaschacht	7,50	15,49	1,07	80,88	4,80	12,99	1,33
Nordöstliches Böhmen, Schatzlar	3,98	24,01	1,29	79,79	4,86	14,21	1,14
„ „ Qualisch	6,14	22,92	1,57	78,99	4,78	14,47	1,76
Mähren.							
Rossitz, Ferdinandschacht	1,07	23,90	1,96	86,45	4,71	7,93	0,91
„ Juliusschacht	1,59	14,59	1,85	87,80	4,82	6,47	0,91
„ Simonschacht	1,42	16,55	2,94	86,52	4,36	7,57	1,55
„ Zbeschau	3,38	15,42	2,96	85,68	4,31	8,39	1,62
Mährisch-Ostrau, Carolinengrube	6,24	8,96	1,04	79,48	4,61	14,79	1,12
„ „ Hermenegildgrube	3,19	11,94	0,39	81,04	4,67	13,06	1,23
„ „ Gutmann, Förderk.	2,68	10,67	0,66	82,95	4,83	11,36	0,86
Schlesien.							
Polnisch-Ostrau, Wilczek	3,25	9,57	0,80	82,55	4,71	12,05	0,89
„ „ Zwierzina	3,03	9,92	0,68	82,72	4,81	11,38	1,09
„ „ Heinrichglückzeche	2,75	6,30	2,50	77,82	5,08	15,92	1,18
Orlau-Lazy, Carl	3,59	4,59	0,34	81,82	4,49	12,92	0,77
Poremba	6,41	9,86	1,00	77,88	4,82	15,30	1,05
Karwin, Würfelkohle	3,16	3,53	0,69	83,18	4,85	10,82	1,15
Ungarn.							
Fünfkirchen, Förderkohle	3,30	22,45	2,75	82,86	4,60	11,70	0,84

Oesterreichische Kohlen	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Asche	Wasser	
Eibenberger a. d. Pielach	68,64	4,90	9,22		2,02	14,71	0,51	Horn (Fischer's Jahresb. 1893, 7).
Schindelecker (Nieder-Oesterreich)	62,06	3,93	11,19		2,64	19,38	0,80	
Tremoschna	51,97	3,22	0,48	9,33	—	12,78	22,22	Revole (Fischer's Jahresb. 1888, 2).
Fürstenstein	68,03	4,38	0,38	9,08	—	11,83	6,30	
Ostrau	71,93	4,82	0,70	8,62	—	9,71	4,22	
Kladno	58,36	3,65	0,45	9,67	—	15,50	12,37	
Ostrau	78,70	4,50	10,40		—	4,40	2,00	John und Foullon (Jahrb. der Reichsanstalt, Wien 1886, 331).
Hermsdorf	78,54	4,50	9,21		—	1,30	6,45	
Schadowitz, Sedlowitz	80,50	3,55	11,59		0,37	0,16	3,83	
„ Idastollen	75,00	3,99	12,42		1,12	0,23	7,24	
„ Budaschin	73,01	4,24	11,81		1,10	0,30	9,54	
Dobrau	78,10	4,65	11,08		1,26	2,90	2,01	
Mustapic	82,61	3,99	6,48		—	0,95	5,96	Losanitsch (Fischer's Jahresb. 1888, 3).
Osipaonica	76,40	3,73	4,80		—	1,34	13,73	
Szekul, Ungarn 1. Flötz	66,58	4,64	1,61	13,59	0,79	11,94	0,86	Berg- u. Hütten-Ztg. 1884, 536.
Szekul, Ungarn 2. „	72,51	4,78	1,59	10,53	0,85	8,80	0,94	
Szekul, Ungarn 3. „ hängend	60,37	4,68	1,64	13,55	0,52	18,75	0,49	
Szekul, Ungarn 3. „ liegend	39,46	2,96	1,57	9,22	0,55	45,64	0,60	
Szekul, Ungarn 4. „	69,85	4,96	1,63	15,37	1,48	6,02	0,69	
Siebenbürgen, Zsilthal	75,00	5,00	1,20	8,80	0,50	9,50	—	Talatschek (Oesterr. Zft. 1880, 2817).

Englische Kohlen	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Asche	Koksausbeute
Wales.							
Duffryn	88,26	4,66	1,45	0,60	1,77	3,26	84,3
Nixons Merthyr	90,27	4,12	0,63	2,53	1,20	1,25	79,1
Machen Rock Vein	71,08	4,88	0,95	17,87	1,37	3,85	65,2
Abercarn	81,26	6,31	0,77	9,76	1,86	2,04	68,4
Graigola	84,87	3,84	0,41	7,19	0,45	3,24	85,5
Tree Quarter Rock Vein	75,15	4,93	1,07	5,04	2,85	10,96	62,5
Brymbo Main	77,87	5,09	0,57	9,52	2,73	4,22	55,4
Mittel aus 36 Proben	83,78	4,79	0,98	4,15	1,43	4,91	72,6
Newcastle.							
Haswell, Walsend	83,47	6,68	1,42	8,17	0,06	0,20	62,7
Willington	86,81	4,96	1,05	5,22	0,88	1,08	72,2
Newcastle, Hartley	81,81	5,50	1,28	2,58	1,69	7,14	64,6
Hedley's „	80,26	5,28	1,16	2,40	1,78	9,12	72,3
West Hartley Main	81,85	5,29	1,69	7,53	1,13	2,51	59,2
Broomhill	81,70	6,17	1,84	4,37	2,85	3,07	59,2
Mittel aus 18 Proben	82,12	5,31	1,35	5,69	9,24	3,77	60,7
Lancashire.							
Ince Hall, Pemberton	68,72	4,76	1,20	18,63	1,35	14,34	56,5
„ „ „ Yard	80,78	6,23	1,30	7,53	1,82	2,34	60,6
Balcarras, Lindsay	83,90	5,66	1,40	5,53	1,51	2,00	57,8
Cadwell and Thomson Higher Delf	75,40	4,83	1,41	19,98	2,43	5,95	54,2
Wigan	78,86	5,29	0,86	9,57	1,19	4,23	60,0
Blackbrook Little Delf	82,70	5,55	1,48	4,89	1,07	4,31	58,5
Haydock, Higger	77,33	5,56	1,01	12,02	1,03	3,05	51,1
Moß Hall	75,53	4,82	2,05	7,98	3,04	6,58	55,7
Mittel aus 28 Analysen	77,90	5,32	1,30	9,53	1,44	4,88	60,2
Schottland.							
Wellewood	81,36	6,28	1,53	6,37	1,57	2,89	59,2
Walsend Elgin	76,09	5,22	1,41	5,05	1,53	10,70	58,5
Dalkeith Coronation	76,94	5,20	Sp.	14,37	0,38	3,10	53,5
Killmarnok	79,82	5,82	0,94	11,31	0,86	1,25	49,3
Mittel aus 8 Proben	78,53	5,61	1,00	9,69	1,11	4,03	54,2
Derbyshire.							
Loscoe Soft	77,49	4,86	1,64	12,41	1,30	2,30	52,8
Fitzwilliams Efecar	81,93	4,85	1,27	8,58	0,91	2,46	61,6
Butterly Co's Langley	77,97	5,58	0,80	9,86	1,14	4,65	54,9
Mittel aus 7 Analysen	79,68	4,94	1,41	10,28	1,01	2,65	59,3

Folgende Analysen besserer englischer Steinkohlen stellt Pechar (a. a. O. S. 20) zusammen:

	Trockene Kohle						Aschenfrei				Analytiker
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	Schwefel	Asche	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff	
Stückkohle von Westhartley (Norden)	84,53	5,70	5,05	1,29	0,08	3,35	87,54	5,90	5,23	1,33	Grundmann[1])
Beste Kohle von Newcastle (Norden) .	84,31	5,09	7,24	1,49	0,13	1,73	85,92	5,18	7,38	1,51	„
Cannelkohle von Newcastle (Norden) .	86,17	5,81	3,71	1,14	0,07	3,11	88,99	6,00	3,83	1,18	„
Seaton-Dampfkesselkohle (Norden) .	78,65	4,65	14,21	—	0,55	2,49	80,54	4,76	14,70	—	Dick
Low-Main-Flötzkohle (Norden) . . .	78,69	6,00	10,07	2,37	1,51	1,36	81,01	6,17	10,38	2,44	Taylor
Nußkohle von Sunderland (Norden) .	74,94	5,12	5,15	1,33	0,77	12,66	86,59	5,98	5,95	1,54	Grundmann
Schmiedekohle (Norden)	82,72	5,24	6,35	1,49	0,26	3,95	86,35	5,47	6,61	1,57	„
Nußkohle von Hartlepool (Norden) .	74,75	4,90	10,72	1,14	0,75	7,74	81,69	5,36	11,74	1,21	„
Maschinenkohle von Grimsby (Süd-Wales)	82,26	5,73	7,41	1,34	0,17	3,08	85,02	5,93	7,66	1,39	„
Ellveinkohle (Süd-Wales)	82,56	5,36	8,22	1,65	0,75	1,46	84,92	5,48	8,40	1,70	Road
Kohle von Dowlais (Süd-Wales) . .	89,33	4,43	3,25	1,24	0,55	1,20	90,93	4,51	3,30	1,26	Riley
Kohle von Wolverhampton (Staffordshire)	78,57	5,29	12,88	1,84	0,39	1,03	79,88	5,34	13,02	—	Vaux
Wigan Cannelkohle (Lancashire) . .	84,07	5,71	7,82	—	—	2,40	85,81	5,85	8,34	—	Regnault
Kohle von Ayrshire (Schottland) . .	76,08	5,31	13,33	2,09	1,23	1,96	78,59	5,49	13,77	2,15	Rowney
Splintkohle aus den Elgingruben (Schottland)	80,63	6,16	10,61	1,77	0,84	1,43	82,50	5,28	10,68	1,36	„
Bogheadkohle	61,04	9,22	4,40	0,33	0,32	24,23	80,90	12,48	5,60	1,02	Matter

[1]) Vergl. Berg-, Hütten- u. Salinenk. 9, 360; 10, 333; 12, 175.

W. Thomson [1]) gibt folgende Zusammenstellung:

	Nixons Navigation Collieries, Glam	Thakerley Collieries Tyldesley	Tyldesley Coal Co.	Upper Drumgray Seam			Bickershaw Collieries, Leigh, near Manchester					Pendleton 4 ft.
				Bottom of Seam	Hard Midrib	Top of Seam	Bickershaw Main	Pemberton 5 ft.	Crombourke	Wigan 4 ft.	Bickershaw 7 ft.	
Verkokung:												
Flüchtige Stoffe	11,722	30,103	32,085	25,633	24,264	27,553	29,809	32,287	31,666	28,314	31,228	28,527
Sog. fixer Kohlenstoff	84,046	50,276	57,755	65,037	60,899	64,629	63,870	56,464	57,871	64,099	61,212	65,661
Elementaranalyse:												
Kohlenstoff	88,029	68,134	74,464	75,484	72,130	75,049	78,930	72,409	69,774	76,487	73,913	79,760
Wasserstoff	4,112	4,777	5,105	4,982	4,672	5,123	4,904	5,158	4,819	4,964	4,858	4,893
Sauerstoff	1,977	4,861	8,251	7,865	6,565	9,391	7,239	8,844	12,445	8,458	11,320	7,517
Stickstoff	0,961	1,218	1,528	1,590	1,253	1,757	1,565	1,408	1,333	1,437	1,668	1,429
Schwefel	0,689	3,389	0,492	0,749	0,543	0,862	1,041	0,932	1,166	1,067	0,681	0,589
Asche	3,216	14,902	4,086	6,549	12,576	4,286	1,961	4,550	3,313	1,749	0,960	1,912
Wasser	1,016	4,719	6,074	2,781	2,261	3,532	4,360	6,699	7,150	4,838	6,600	3,900
Zus. der Kohlensubstanz:												
Kohlenstoff	92,585	86,257	83,342	83,945	85,240	82,182	85,203	82,453	78,956	83,733	80,551	85,215
Wasserstoff	4,325	6,047	5,713	5,541	5,521	5,610	5,294	5,873	5,453	5,434	5,294	5,227
Stickstoff	1,011	1,542	1,710	1,768	1,481	1,924	1,689	1,603	1,508	1,574	1,818	1,527
Sauerstoff	2,079	6,154	9,235	8,746	7,758	10,284	7,814	10,071	14,083	9,259	12,337	8,031
Brennwerth [2]), gefunden	8340	6448	7069	7384	6954	7533	7465	7242	7456	7552	7417	7736
„ berechnet	8459	6972	7430	7493	7166	7443	7778	7267	6787	7549	7176	7819

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1889, 525. — [2]) Vgl. Fischer's Jahresber. 1886, 1059; 1889, 9.

	Russische Kohlen	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Asche	Wasser	
	Tkwibuli, Kaukasus[1]) I	45,46	5,25	0,87	19,75	1,11	7,60	8,92	Syrkin (Bergh. Ztg. 1892, 428).
	„ „ II	78,42	5,13	1,04	14,09	1,32	—		
Südrußland	Roubejnoé, Splintkohle	71,02	5,02	17,51		2,90	4,00	trocken	Hagemans (Fischer's Jahresb. 1887, 17).
	„ Flötz 7	75,35	5,12	16,48		0,85	2,20		
	Lissitchansk	66,26	4,32	14,37		3,82	11,23		
	Serbinovka	73,60	5,27	16,61		0,17	4,36		
	Golonovka, Tiefe 34 m	78,50	4,07	15,44		0,58	1,40		
	„ „ 28 m	75,40	3,87	15,53		0,33	5,40		
	Onspensk	72,28	3,46	20,06		0,70	3,50		
	Mikhailovsky	74,69	5,43	16,87		0,15	2,86		
	Orckhovsky	76,93	4,95	13,59		1,53	3,00		
	Lomowatka	78,40	3,48	12,61		1,22	4,28		
	Petrowsk	76,57	3,40	8,56		2,54	8,93		
	Sangarowka	83,01	3,70	11,27		0,62	2,02		
	Bogodonkow	83,65	4,41	9,44		Sp.	2,50		
	Nihitowsk	69,07	4,60	10,00		5,60	8 10	2,60	Zinken (Bergh. Ztg. 1880, 429).
	Podnikitowsk	79,40	5,50	7,15		2,90	4,40	0,60	
	Anatoliewsk	77,40	5,40	6,90		3,80	5,60	0,80	
	Andreewsk	68,52	4,77	7,75		1,35	16,30	1,30	
	Koutschenkowo, Südrußland	81,52	4,81	12,94		0,74	0,73	1,70	Alexejew (vgl. S. 405).

[1]) Analyse stimmt nicht. F.

	Amerika, Asien u. a.	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Asche	Wasser	
Colorado Cy. Denver	Walsen Mine	72,16	4,81	1,31	9,55	—	8,60	2,97	Chicagoer Ausstellung.
	Roux Mine, Huertsano Cy.	68,17	4,82	0,80	12,60	0,72	10,45	2 48	
	Newcastle Mine, Garfield Cy.	69,61	3,94	1,48	10,11	0,53	12,00	2,58	
	Berwind Mine, Las Animas Cy.	74,22	5,44	1,46	7,30	0,59	4,75	1,24	
	Eagle Wille Mines, Las Animas Cy.	74,63	4,66	0,47	7,89	0,55	11,05	0,75	
	Cresteb Butte, Gunnison Cy.	74,70	5,23	1,72	11,49	0,55	4,00	2,66	
	Sopris Mine, Las Animas Cy.	78,85	5,46	0,99	4,48	0,60	8,90	0,52	
	Picton Mine, Huertsano Cy.	72,30	5,38	1,29	12,31	0,60	5,05	3,27	
	Robinson Mine, Huertsano Cy.	73,20	5,27	1,36	11,33	0,67	5,55	2,62	
	Santa Clara Mine, Huertsano Cy.	67,36	5,67	1,21	8,58	0,40	14,40	1,08	
	Coal Creek Mine, Fremont Cy.	69,49	4,73	1,35	12,97	—	4,00	7,26	
Pennsylvanien	First Pool Mine	78,36	4,61	1,10	9,40	1,15	5,38	—	Chicagoer Ausstellung.
	Shaner Mine	80,10	4,35	1,08	8,41	0,65	5,40	—	
	Jumbo Mine	76,60	4,46	1,05	10,22	1,30	6,35	—	
Chili	Conceptions Bay	70,55	5,76	0,95	13,24	1,98	7,52	—	Plaifair u. H. de la Beche (Polyt. Journ. 90, 263) und Grundmann (Zeitschr. f. Berg-, Hütten u. Salinenk. 9, 360; 10, 333; 1, 175).
	Port Famine	64,18	5,33	0,50	22,75	1,03	6,21	—	
	Chirique	38,98	4,01	0,58	13,38	6,14	36,91	—	
	Laredo Bay	58,67	5,52	0,71	17,33	1,14	16,63	—	
	Talcahuano Bay	70,71	6,44	1,08	13,95	0,94	6,92	—	
	Colcurra Bay	78,30	5,50	1,09	8,37	1,06	5,68	—	
Patagonien, Sandy Bay	I	62,25	5,05	0,63	17,54	1,13	13,40	—	
" " "	II	59,63	5,68	0,63	17,45	0,96	15,64	—	
Sydney		82,39	5,32	1,23	8,32	0,70	2,04	—	
Borneo	I	64,52	4,47	0,80	20,75	1,45	7,74	—	
"	II	54,31	5,03	0,98	24,22	1,14	14,32	—	
"	III	70,33	5,41	0,67	19,19	1,17	3,23	—	
Van Diemens-Land	Südcap	63,40	2,89	1,27	1,01	0,98	30,45	—	
	Tingal	57,21	3,38	1,20	7,80	1,32	29,09	—	
	Ostküste, Douglas-Fluß	70,44	4,20	1,11	9,27	0,70	14,38	—	
	Whale's Head	65,86	3,18	1,12	7,20	1,14	8,67	—	
	Tasman's Halbinsel	65,54	3,36	1,91	1,75	1,03	26,41	—	
	Schonten Insel	64,01	3,55	0,94	3,38	0,85	27,17	—	
Japan	Storachi, Insel Yesso	77,00	5,70	11,00		0,60	2,80	2,90	Pariser Ausstellung 1878 nach Pechar.
	Karatsu	69,40	5,20	11,90		1,20	1,60	2,70	
	Takaschina	78,60	5,80	8,70		0,70	4,90	1,30	
	Miike, Gaskohle	69,30	5,50	4,90		3,50	16,30	0,50	
China	Tai-chic, Proc. Shansi	I 85,71	4,35	0,98	3,66	0,51	4,80	0,80	Häußermann u. Naschold (Zeitschr. f. ang. Ch. 1894, 265)
	Lao-lung-K'on, Prov. Hunan	II 89,82	2,38	0,72	3,94	0,24	2,90	2,00	
	Kua-t'on-k'u, Prov. Shansi	III 86,18	3,43	1,08	4,11	0,80	4,40	1,55	
	Tang-schan	IV 82,56	5,00	1,19	6,93	0,50	3,82	0,57	
Cap der guten Hoffnung		61,02	3,21	2,19	2,18	0,45	30,88	0,07	North (Ann. Mines 12, 542)

Anthracite	Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel	Asche	Wasser	
Förderkohlen	75,41	1,51	0,42	1,82	4,14	16,70	—	F. Fischer, Bergakad. (Gastechn. 1885, 200).
Nußkohlen	85,45	1,48	2,77		3,11	7,19	—	
Häsestollen, weiche Stückkohlen	86,92	1,83	1,66		2,08	3,73	3,87	Kämper 1863.
„ harte „	84,95	1,90	0,59		3,72	5,40	3,44	
„ weiche Brocken	80,33	1,68	1,55		3,88	8,79	3,77	
„ harte „	74,52	1,66	0,58		5,61	14,35	3,28	
„ Förderkohlen	71,65	1,56	0,93		6,09	16,32	3,45	
Lechtingerstollen, weiche Brocken	81,75	1,86	0,00		3,98	8,56	3,85	
Dreibänke, Mittelbank	85,34	3,25	2,21		5,30	9,20	—	Daub 1877.
„ Unterbank	74,61	1,95	3,83		8,60	19,61	—	
Bückelsberg, Sachsen	82,42	2,66	0,03	10,38	0,19	4,32	—	Stein (vergl. S. 503).
Schönfeld, „	61,47	1,34	0,06	7,91	0,29	28,84	—	
Orselia bei Genua	72,46	0,80	1,51		0,23	21,50	3,50	John (Z. angew. 1893, 285).
Ponticats	91,16	3,11	0,91	2,74	0,86	1,12	—	Lecornu (Ann. d. Min. 14, 319).
Timber Flötz	93,00	3,08	0,54	1,67	0,68	1,03	—	
Jones u. Co.	91,44	3,46	0,21	2,58	0,79	1,52	—	Dingl. 90, 212.
Pembrokeshire (reine Stücke) Lowerflötz	94,18	2,99	0,50	0,76	0,59	0,93	—	C. H. Perkins (Engineering 1880, II, 261).
Pembrokeshire (reine Stücke) Kilgettyflötz	93,27	2,72	0,18	2,47	0,15	1,21	—	
Bigflötz, Amanthal	92,56	2,11	4,68		0,12	0,43	0,11	
Braßflötz, Swanseathal	91,11	3,58	3,24		0,59	1,51	—	
Nixon's Merthyr	90,27	4,12	0,63	2,53	1,20	1,25	—	
Sablé	87,22	2,49	3,39		—	6,90	—	Jacquelin.
Isère	94,00	1,49	0,85		—	4,00	—	
Mayenne	91,45	4,18	2,12		—	2,25	—	Regnault (aus Knapp).
Lamure	89,77	1,67	3,99		—	4,57	—	
Macot	71,49	0,92	8,12		—	26,47	—	
Amerika, Denver, Ruby Mine	87,56	3,11	0,13	2,69	0,89	4,15	0,72	Fischer's Jahresb. 1893, 181.
„ „ Anthrazite Mine	89,45	3,33	0,66	1,19	0,78	4,00	0,59	
„ Pennsylvanien	86,91	2,80	3,89		0,43	5,97	—	Schulze (Dingl. 245, 81).

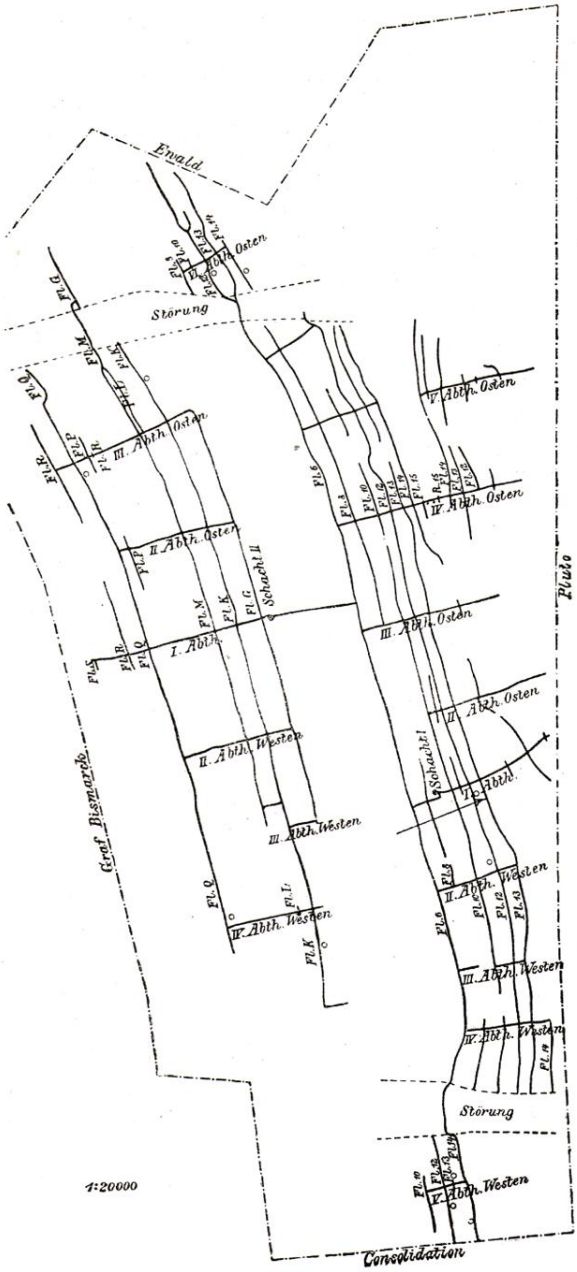


Fig. 307.

Flötzkarte von „Unser Fritz“.

Analysen russischer Steinkohlen zeigt die Tabelle S. 515, amerikanischer u. a. Kohlen die Tabelle S. 516. Die meisten Untersuchungen amerikanischer und sonstiger ausländischer Kohlen beschränken sich leider auf Wasser, Koksprobe, Asche und Schwefel, deren Wiedergabe nicht lohnt. Tabelle S. 517 zeigt Analysen verschiedener Anthracite.

Um die Schwankungen in der Zusammensetzung der Kohlen einer Grube kennen zu lernen, untersuchte der Verf.[1]) mit Dr. Guericke 24 Kohlenproben der Zeche „Unser Fritz“. Fig. 307 zeigt die Flötzkarte. Der Schwefel wurde durch Verbrennen im Sauerstoffstrom bestimmt. Zur Bestimmung des Stickstoffes wurde etwa 1 g der Probe mit 20 ccm Schwefelsäure unter Zusatz von 8 bis 10 g krystallisirtem Kaliumsulfat in bekannter Weise gekocht. Nach etwa zwei Stunden ist die Zersetzung beendet, so daß nach Zusatz von Natronlauge das gebildete Ammoniak abdestillirt werden konnte.

Folgende Tabellen zeigen das Ergebniß der Analysen. Der Kohlenstoffgehalt der aus Schacht I geförderten Kohle schwankt daher von 76,3 (Anal. 9) bis 83,2 Proc. (Anal. 14), der aus Schacht II von 74,5 (Anal. 19) bis 83,1 Proc. (Anal. 20), berechnet auf wasserfreie Kohle.

				Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	Schwefel, flüchtig	Asche
1	II. Flötz K. IV, Westen.	II. Sohle,	Oberbank	80,13	4,98	1,35	10,57	0,83	2,14
2	II. Flötz K. III, Osten.	II. Sohle,	Unterbank	78,01	4,85	1,26	10,94	0,91	4,03
3	II. Flötz Q. III, Osten.	II. Sohle,	Oberbank	80,03	4,96	1,59	9,77	0,98	2,67
4	Desgl.		Unterbank	77,70	4,67	1,34	11,18	1,86	3,25
5	II. Flötz Q. IV, Westen.	II. Sohle,	Oberbank	80,14	4,81	1,15	11,23	0,62	2,05
6	Desgl.		Unterbank	77,57	4,75	1,24	12,57	0,70	3,17
7	II. Flötz 14. V, Osten.	II. Sohle,	Oberbank	81,83	4,88	1,48	9,80	0,91	1,10
8	Desgl.		Unterbank	81,44	4,88	1,42	8,54	0,85	2,87
9	I. Flötz 14. V, Westen.	II. Sohle,	Oberbank	76,30	4,39	1,69	8,15	1,42	8,05
10	Desgl.		Unterbank	79,59	4,74	1,58	8,49	0,69	4,91
11	I. Flötz 13. V, Westen.	II. Sohle,	Oberbank	82,74	4,81	1,68	8,17	0,54	2,06
12	Desgl.		Unterbank	81,34	4,86	1,56	8,95	0,86	2,43
13	I. Flötz 12. II, Westen.	III. Sohle,	Oberbank	83,09	4,68	1,43	9,14	0,51	1,15
14	Desgl.		Mittelbank	83,15	4,84	1,32	8,74	0,42	1,53
15	Desgl.		Unterbank	78,88	4,70	1,27	8,80	1,98	4,37
16	I. Flötz 12. V, Westen.	II. Sohle,	Oberbank	81,67	4,47	1,30	8,57	0,83	3,16
17	Desgl.		Mittelbank	80,57	4,94	1,65	8,77	1,08	2,99
18	Desgl.		Unterbank	79,05	4,82	1,38	7,39	1,63	5,73
19	II. Flötz 12. VI, Osten.	II. Sohle,	Oberbank	74,47	4,37	1,22	8,77	3,29	7,88
20	Desgl.		Mittelbank	83,08	4,95	1,48	7,97	0,77	1,75
21	Desgl.		Unterbank	81,20	5,03	1,34	9,29	0,98	2,16
22	I. Flötz 12. I,	II. Sohle,	Oberbank	81,52	4,68	1,29	9,25	0,62	2,64
23	Desgl.		Mittelbank	81,72	4,78	1,33	9,70	0,42	2,05
24	Desgl.		Unterbank	80,64	4,53	1,35	9,23	1,15	3,10

[1]) Fischer's Jahresber. 1894, 5.

Laufende Nr.	Schacht	Flötz	Asche	Schwefel, flüchtig	Asche und schwefelfreie Kohle						
					Proc. Zusammensetzung				Auf 100 Atome C kommen Atome		
					Kohlenstoff	Wasserstoff	Stickstoff	Sauerstoff	H	N	O
1	II	K. IV, O	2,14	0,83	82,58	5,13	1,39	10,90	74,6	1,4	9,9
2	II	K. III, U	4,03	0,91	82,08	5,10	1,33	11,49	74,6	1,4	10,5
3	II	Q. III, O	2,67	0,98	83,06	5,15	1,65	10,14	74,4	1,7	9,2
4		U	3,25	1,86	81,88	4,92	1,41	11,79	72,1	1,5	10,8
5	II	Q. IV, O	2,05	0,62	82,34	4,94	1,18	11,54	72,0	1,2	10,5
6		U	3,17	0,70	80,69	4,94	1,29	13,08	73,5	1,4	12,2
7	II	14. O	1,10	0,91	83,52	4,98	1,51	9,99	71,6	1,6	9,0
8		U	2,87	0,85	84,59	5,07	1,47	8,87	71,9	1,5	7,9
9	I	14. O	8,02	1,42	84,28	4,85	1,87	9,00	69,0	1,9	8,0
10		U	4,91	0,69	84,31	5,02	1,67	9,00	71,5	1,7	8,0
11	I	13. O	2,06	0,54	84,95	4,94	1,72	8,39	69,8	1,7	7,4
12		U	2,43	0,86	84,11	5,03	1,61	9,25	71,7	1,6	8,3
13	I	12. II, O	1,15	0,51	84,50	4,76	1,45	9,29	67,6	1,5	8,2
14		M	1,53	0,42	84,81	4,94	1,35	8,90	69,8	1,4	7,9
15		U	4,37	1,98	84,24	5,02	1,36	9,38	71,5	1,4	8,4
16	I	12. V, O	3,16	0,83	85,06	4,66	1,35	8,93	65,7	1,4	7,9
17		M	2,99	1,08	83,99	5,15	1,72	9,14	73,6	1,8	8,2
18		U	5,73	1,63	85,33	5,20	1,49	7,98	73,2	1,5	7,0
19	II	12. VI, O	7,88	3,29	83,83	4,92	1,37	9,88	70,4	1,4	8,8
20		M	1,75	0,77	85,23	5,08	1,52	8,17	71,5	1,5	7,2
21		U	2,16	0,98	83,83	5,19	1,38	9,60	74,3	1,4	8,6
22	I	12. I, O	2,64	0,62	84,27	4,84	1,33	9,56	68,9	1,4	8,5
23		M	2,05	0,42	83,79	4,90	1,36	9,95	70,2	1,4	8,9
24		U	3,10	1,15	84,22	4,73	1,41	9,64	67,4	1,4	8,6

Vorstehende Tabelle zeigt den Gehalt der Rohkohle an Asche und Schwefel (flüchtigen), die übrigen Bestandtheile auf Reinkohle berechnet. Obgleich ein Theil dieses Schwefels zweifellos organisch gebunden, somit Bestandtheil der Reinkohle ist, wurde der Schwefel hier nicht mitgerechnet, da die Menge des organisch gebundenen Schwefels noch nicht genau zu bestimmen ist. Die von den meisten Analytikern ausschließliche Bestimmung des Gesammtschwefels (nach Eschka u. s. w.) führt zu falschen Schlüssen, da durch Nichtberücksichtigung des in der Asche bleibenden Schwefels die Zahlen für Sauerstoff zu niedrig erscheinen.

Für beide Schächte ergeben sich daher folgende Grenzwerthe:

		I	II
Asche		1,2 bis 8,0 Proc.	1,1 bis 7,9 Proc.
Schwefel, flüchtig .		0,4 „ 2,4 „	0,6 „ 3,3 „
Reinkohle	Kohlenstoff . .	83,8 „ 85,3 „	80,7 „ 85,2 „
	Wasserstoff . .	4,7 „ 5,2 „	4,9 „ 5,2 „
	Stickstoff . .	1,3 „ 1,9 „	1,3 „ 1,7 „
	Sauerstoff . .	8,0 „ 10,0 „	8,2 „ 13,1 „

Selbst die Kohlensubstanz desselben Flötzes ist nicht gleich zusammengesetzt (z. B. Anal. 17 und 18); solche gewaltige Schwankungen, wie sie Stein (S. 503) beobachtete, werden aber wohl selten vorkommen.

Es ergibt sich daraus ferner, daß die Kohlen der mit Buchstaben bezeichneten Flötze verhältnißmäßig sauerstoffreicher sind als die der übrigen. Dabei ist zu beachten, daß das Hangende der Grube größtentheils aus Schieferthon besteht (welcher von Bergleuten als „sehr faul" bezeichnet wird), zum kleineren Theile aus Sandstein. Daß hier eine nachträgliche Oxydation stattgefunden hätte, ist nicht anzunehmen, da die Kohle wenig geneigt ist, Sauerstoff aufzunehmen. Die Proben 22 bis 24 sind sämmtlich einer Stelle entnommen (durch einen Pfeil bezeichnet), welche seit dem Jahre 1878 dem Wetterzuge ausgesetzt war, und doch zeigte die Analyse keine nennenswerthe Abweichung in der Zusammensetzung, so daß die Oxydation von Wasserstoff und Schwefel, sowie auch die Aufnahme von Sauerstoff nur ungemein gering sein kann. —

Nachfolgende Analysen westfälischer sogen. Eßkohlen verglichen mit Nixon's Steam Navigation coal, welche in der deutschen und englischen Marine als Normalkohle bei Ermittelungen über die Leistung der Schiffe und Maschinen verwendet wird, wurden im Laboratorium der Bergakademie zu Berlin ausgeführt [1]):

	Asche	Schwefel	Wasser- und aschenfrei			
			C	H	O + N	Koksausbeute aschenfrei
Nixon's Steam Navigation coal	2,78	0,10	92,71	4,26	3,03	90,3
Zeche Ringeltaube bei Annen. Flötz II	1,56	0,18	91,14	4,87	3,99	85,0
Zeche Ringeltaube bei Annen. Flötz III. Dritte Tiefbausohle	1,54	0,24	90,57	4,46	4,97	88,2
Zeche Ver. Hamburg bei Annen. Flötz III. Dritte Tiefbausohle . .	1,45	0,29	90,28	4,27	5,44	87,5
Nachtigall-Tiefbau bei Bommern. Flötz II	0,82	0,65	91,75	4,78	3,46	85,4
Zeche Ver. Hamburg bei Annen, Mittelpacken aus dem Muldenstück der Wittener Mulde	4,43	0,68	89,51	4,34	6,15	85,5
Zeche Bickefeld	3,94	1,45	91,99	4,27	3,74	86,4

[1]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenk. 25, 75.

Cannelkohle (Parrotkohle) brennt an der Flamme entzündet wie ein Licht (candle); wegen ihres hohen Wasserstoffgehaltes gibt sie hohe Gasausbeute. Sie hat meist ein festes gleichmäßiges Gefüge und muscheligen Bruch. Sog. Stellarit wirft beim Brennen Funken aus. Eine Abart der Cannelkohle ist die Bogheadkohle[1]), welche besonders bei Torban-Hill bei Bathgate (Edinburg) vorkommt, und besonders als Gaskohle verwendet wird. Penny fand in der Bogheadkohle:

Kohlenstoff	81,16	aschenfrei
Wasserstoff	11,24	
Stickstoff	1,22	
Sauerstoff	5,97	
Schwefel	0,41	
Asche	21,22	

Bogheadkohle von Nesiutta enthält nach Buchner[2]) 50 Proc. Asche. C. Zinken[3]) giebt folgende Analysen von Cannel- und Bogheadkohle:

	C	H	O	N	S	Asche	Beobachter
Schottische Bogheadkohle . . .	61,04	9,22	4,40	0,77	3,25	24,23	Mathes
Cannelkohle von Wigan . . .	80,07	5,53	8,10	2,12	1,50	2,70	Baur
„ „ „ . . .	84,07	5,71	7,82	—	—	2,40	„
„ „ Newcastle . .	86,17	5,81	3,71	1,14	0,07	3,11	„
„ „ Breckenridge .	68,13	6,49	2,99	2,27	2,47	12,13	Peters
Torbanit von Torban-Hill . .	66,00	8,58	5,83	0,55	0,70	21,18	How
(Torban mineral) von Torban-Hill	64,02	8,90	5,66	0,55	0,50	20,82	Anderson
(Torban mineral) von Torban-Hill	80,39	11,19	7,11	1,30	—	—	„
Bathvillit im Torbanit . . .	58,89	8,56	7,23	—	—	25,52	„
Im Carbon von Bathville in Schottland, Stellarit in der Grafschaft Pictou, Canada .	80,96	10,15	0,68	5,58	—	8,21	How

Analysen von in deutschen Gaswerken verwendeten Zusatzkohlen ergaben nach Bunte[4]):

---

[1]) Jahresber. d. chem. Technol. 1859, 685; 1860, 574; 1861, 660; 1868, 797; 1879, 1170; 1890, 108. — [2]) Fischer's Jahresber. 1881, 986. — [3]) Ebend. 1881, 989; Berg- und Hüttenm. Ztg. 1881, 230, 242; 1882, 237; vgl. Oesterr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenk. 1888, 183. — [4]) Fischer's Jahresber. 1890, 108.

Herkunft und Gaswerk, welches die Kohle verwendet	Elementare Zusammensetzung									Verkokung	
	100 Thle. Rohkohle enthalten							100 Thle. Reinkohle enthalten		Rohkohle	Reinkohle
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Schwefel	Stickstoff	Wasser bei 110°	Asche	Kohlenstoff	Wasserstoff	Koks	Koks
Deutsche Zusatz-Kohlen											
Consolidation Cannel (Karlsruhe)	80,88	5,70	5,62	1,23	1,27	0	5,30	85,41	6,02	60,60	58,39
Böhmische Plattelkohle, Würfel (München)	59,96	5,56	7,93	1,08	1,00	3,33	21,24	79,38	7,36	52,13	40,90
Böhmische Plattelkohle, Stücke (München)	60,07	5,66	7,76	1,16	1,16	3,04	21,15	79,24	7,46	51,99	40,68
Böhmische Braunkohle (Falkenau), (Karlsruhe)	63,50	6,38	8,41	3,12	0,41	10,75	7,43	77,61	7,80	31,68	29,64
Ausländische Zusatz-Kohlen											
Tyne Boghead Cannel (Darmstadt)	73,09	5,73	5,66	0,67	1,29	0,15	13,41	84,55	6,63	60,22	54,15
Tyne Boghead Cannel (Karlsruhe)	67,35	5,35	3,79	3,27	1,01	0	19,23	83,37	6,62	61,20	51,96
Kilbride Cannel (Karlsruhe)	74,54	6,38	9,20	0,66	1,43	4,46	3,33	80,84	6,92	46,46	46,77
Plidderie Cannel (Altona)	76,61	6,75	7,25	0,66	1,24	1,77	5,72	82,82	7,29	46,79	44,40
Earl of Hopetown Cannel (Altona)	74,91	6,07	7,87	1,61	1,26	4,83	3,45	81,67	6,62	43,72	43,84
Earl of Hopetown Cannel (Darmstadt)	76,38	6,35	6,54	2,02	1,82	1,60	5,29	82,03	6,82	45,37	43,04
Schottische Woodville Boghead (Gaswerk)	76,39	6,57	7,37	1,76	1,22	3,09	3,60	81,87	7,04	44,00	43,30
Schottische Star Boghead (Gaswerk)	69,86	7,35	7,31	0,58	1,14	2,54	11,22	81,01	8,52	40,71	34,19
Australische Shale Boghead (Gaswerk)	69,81	8,43	4,85	0,54	0,81	0,29	15,77	83,17	10,04	30,58	17,63

Cannelkohle aus dem Ostrau-Karwiner Becken hatte nach M. Gröger[1]) folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	76,66
Wasserstoff	5,14
Sauerstoff	9,37
Stickstoff	1,72
Verbrennlichen Schwefel	0,78
Wasser	2,12
Asche	4,21

Ueberblicken wir diese zahlreichen Analysen, so ergibt sich eine ganz außerordentliche Mannigfaltigkeit in der procentischen Zusammensetzung der Kohlen, selbst der organischen Substanz, also ohne Rücksicht auf Wasser, Asche und Schwefel[2]). Weder zwischen Braunkohlen (S. 500) und Steinkohlen (S. 506), noch zwischen diesen und Anthracit (S. 517) gibt es eine scharfe Grenze. Viele Analytiker berechnen den Sauerstoff als mit Wasserstoff gebunden und bezeichnen den übrig bleibenden Wasserstoff als „disponibeln" (vgl. S. 395). So meinten Fleck und Hartig (a. a. O. S. 231), daß das Verhältniß des disponibeln und nicht disponibeln Wasserstoffs zum Kohlenstoff der wichtigste Maßstab zur Charakteristik der Kohlen sei, daß z. B. die Eigenschaft der Kohlen zu backen und dichte, feste Koks zu liefern, hauptsächlich von der Menge des disponibeln Wasserstoffes abhängig sei und nur schwierig eintrete, sobald auf 1000 Thle. Kohlenstoff weniger als 40 Thle. disponibeln Wasserstoff komme. Die Menge der aus den Steinkohlen zu erzielenden Gase soll unter gleichen Verhältnissen dem nicht disponibeln Wasserstoff proportional wachsen. Sie unterscheiden:

Auf 100 Thle. Kohlenstoff:	
Disponibler Wasserstoff	Nicht disponibler Wasserstoff
bis 40	bis 20 = Sinterkohlen und Anthracit,
„	über 20 = Gas- und Sandkohlen,
über 40	bis 20 = Backkohlen,
„	über 20 = Back- und Gaskohlen.

Diese Eintheilung trifft aber nicht zu. Auch die von Regnault[3]) vorgeschlagene Eintheilung der Kohlen nach dem Sauerstoffgehalte ist nicht zutreffend:

I.	Anthracit	(2,62 O + N)
II.	Fette, harte Kohle	(4,47 O + N)
III.	Fette Schmiedekohle	(5,74 O + N)
IV.	Fette Kohle mit langer Flamme, Gaskohle	(8,89 O + N)
V.	Trockene Kohle mit langer Flamme	(16,39 O + N)

Besser ist die Eintheilung nach der Koksausbeute (S. 112), welche aber, wie die Tabellen S. 506 und 507 zeigen, nicht unmittelbar mit den Analysen in Beziehung gebracht werden können. Bessere Uebersicht über die Zusammen-

[1]) Fischer's Jahresber. 1893, 8. — [2]) Obgleich letzterer zum großen Theil organisch gebunden ist. Vgl. Nachträge. — [3]) Fischer's Jahresber. 1889, 30.

setzung der Kohlen gewährt ferner die Umrechnung auf Atome, wie S. 520 ausgeführt wurde.

Um die näheren Bestandtheile der Kohlen zu erforschen, wurden diese mit Lösungsmitteln und verschiedenen Reagentien behandelt.

Durch Behandeln der Kohlen mit Aether, Chloroform, Benzol und Schwefelkohlenstoff haben verschiedene Chemiker geringe Mengen löslicher Stoffe erhalten. W. Smith[1]) behandelte drei japanesische Kohlen folgender Zusammensetzung:

	A	B	Miike Kohle
Kohlenstoff	69,66	73,98	74,22
Wasserstoff	5,35	4,20	5,84
Sauerstoff	12,92	12,66	5,61
Stickstoff	1,12	1,53	1,11
Schwefel	0,72	0,80	3,15
Wasser	3,13	2,27	0,62
Asche	7,10	4,56	9,45
Kohlenausbeute	59	58	60,5

mit Benzol, es lösten sich von:

A	0,57 Proc.
B	1,18 „
Miike	9,50 „

Die in letzterer Kohle enthaltenen öligen Stoffe erinnern an Erdöl. Smith glaubt, daß die bituminösen Stoffe aus den Oelen und Fetten der Pflanzen, aus denen die Kohlen entstanden sind, gebildet wurden, und daß sie daher weit reichlicher vorkommen in Kohlen von verhältnißmäßig jüngerem Ursprung.

P. Siepmann[2]) erhielt beim Behandeln westfälischer Gaskohle mit Chloroform 1,25 Proc. einer bei 80° schmelzenden Masse folgender Zusammensetzung:

Kohlenstoff	83,46 Proc.
Wasserstoff	7,93 „
Sauerstoff	4,27 „
Stickstoff	2,71 „
Schwefel	1,63 „

E. Guignet[3]) behandelte die Kohlenproben mit Phenol. Die in ein gröbliches Pulver gebrachte Steinkohle wird bei 110° völlig getrocknet und dann in ein unfühlbares Pulver verwandelt. Hierauf erhitzt man sie mit völlig wasserfreiem Phenol auf 100°. Die Flüssigkeit färbt sich stark braun; man

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1891, 975; 1892, 591. — [2]) Muck a. a. O. S. 71. — [3]) Compt. rend. 88, 590.

filtrirt warm durch ein doppeltes, getrocknetes Papierfilter. Beim Abkühlen setzt sich ein Theil der braunen Masse ab; um sie vollständig zu trennen, braucht man nur gewöhnlichen Alkohol hinzuzufügen, worauf sich reichliche Mengen brauner Flocken absetzen und die Flüssigkeit vollkommen klar wird. Durch Waschen der braunen Masse mit Alkohol auf einem kleinen Filter wird jede Spur des Phenols beseitigt. Der in Phenol lösliche Theil beträgt fast 2 Proc. von dem Gewichte der Steinkohle; doch wurde diese Grenze sogar überschritten, wenn man die Pulverisirung des Materials aufs Aeußerste trieb. Die auf solche Weise extrahirte braune Substanz wird durch Salpetersäure schwer angegriffen, wobei ein gelbes Product entsteht. Behandelt man die fein gepulverte Steinkohle mit Salpetersäure, so erhitzt sich das Gemenge ziemlich stark unter Entwickelung rother Dämpfe. Nach der Destillation aus dem Wasserbade und mehrmaligem Cohobiren wurde filtrirt und die überschüssige Säure durch Eindampfen beseitigt. Der Rückstand hiervon enthielt Eisenoxyd und Schwefelsäure (von den Pyriten), ferner Oxalsäure und Trinitroresorcin (Oxypikrinsäure). Diese Stoffe lassen sich leicht abscheiden, wenn man den Rückstand mit Wasser aufnimmt und mit kohlensaurem Baryt zum Sieden erhitzt. Hierdurch scheiden sich das Eisenoxyd, die Schwefelsäure und die Oxalsäure ab, während das Bariumoxypikrat in Lösung bleibt. Durch Fällung des Baryts mittelst Schwefelsäure wurde die Oxypikrinsäure in krystallinischem Zustande erhalten. Die mit Salpetersäure behandelte und vollkommen ausgewaschene Steinkohle enthielt nitrirte Producte, welche mehr oder weniger analog der Nitrocellulose sind, sich in den gewöhnlichen Flüssigkeiten nicht lösen und nach dem Trocknen bei der Erhitzung unter Entwickelung rother Dämpfe oxydiren. Weiter konnte ein gewisser Theil von Huminsubstanzen durch Behandlung von Alkalien gelöst werden, welche sich bald in Berührung mit dem Steinkohlenrückstande braun färbten. Guignet hält es für wahrscheinlich, daß die Steinkohle immer einige harzige und wachsartige Stoffe enthält, welche kaum verändert sind, schwer durch Lösungsmittel angegriffen werden, aber bei der Behandlung mit Salpetersäure Oxypikrinsäure liefern. Um nach Resorcin oder verwandten Verbindungen zu suchen, wurde die fein gepulverte Steinkohle mit Natronlauge von 40° B. gemengt, zur Trockne gebracht, bei 110° in einem gußeisernen Gefäße erhitzt und aus einer eisernen Retorte bei 400° destillirt. Man erhielt eine gelbliche durchscheinende Flüssigkeit, in welcher sich Ammoniak und Anilin, aber kein Resorcin fanden. Der Rückstand von der Destillation löste sich zum großen Theile in Wasser auf; die Lösung war dunkelbraun und schied nach dem Sättigen mit einer Säure große Mengen einer braunen Substanz ab, welche dem unter den Namen Ulmin, Huminsäure u. dergl. bekannten Stoffe gleicht. Es ist ein celluloseartiger Stoff in der Steinkohle, welcher durch das Natron bei höherer Temperatur angegriffen wird; denn wenn man dieselbe in der Kälte mit concentrirter oder rauchender Schwefelsäure behandelt, so färbt sich die Flüssigkeit braun und gibt auf Zusatz von Wasser und nach dem Sättigen der Säure ähnliche Producte wie durch Einwirkung von Natronlauge. Das Gemenge von Schwefelsäure und Salpetersäure, welches Fremy (vgl. S. 527) zur

Unterscheidung der Steinkohlen, Anthracite und Lignite vorgeschlagen hat, greift auch die Steinkohle an; allein es gibt nitrirte Producte, welche mit Huminkörpern gemischt sind und sich schwieriger trennen lassen als die Producte der Einwirkung der Salpetersäure für sich. — Guignet[1]) hat somit gezeigt, daß beim Behandeln von Steinkohle mit Salpetersäure sich verschiedene, in Wasser lösliche Stoffe, wie Oxalsäure, Trinitroresorcin u. s. w. bilden und daß noch wasserstoffhaltige, nitrirte, explosive Producte und humusartige Körper, welche theilweise in Alkalien mit brauner Farbe löslich sind, hinterbleiben.

Uebergießt man nach R. J. Friswell[2]) fein gepulverte, bituminöse Kohle mit ihrem doppelten Gewicht 49 proc. Salpetersäure, so findet eine heftige Reaction statt, und es wird, je nach der Art der angewandten Kohle, die ganze Menge oder der größte Theil derselben in eine in verdünnter Sodalösung lösliche Substanz verwandelt, welche durch Salzsäure wieder gefällt, nach dem Trocknen als glänzendschwarze Masse von muscheligem Bruch erscheint. Dieselbe ist in heißem Wasser etwas löslich und scheidet sich daraus beim Erkalten in tiefbraunen Flocken aus; bei 100° wird die Masse schwarz.

Nach Wiesner[3]) wird Braunkohle durch ein Gemisch von Kaliumchromat und Schwefelsäure leicht zerstört, Steinkohle nur theilweise, Anthracit wenig oder gar nicht.

Bartoli und Papasogli[4]) haben gefunden, daß alle natürlichen oder künstlich hergestellten Kohlen, deren Wasserstoffgehalt mindestens 1 Proc. beträgt, durch die passend geleitete Einwirkung von Natriumhypochlorit vollständig zerstört werden. Neben einer reichlichen Menge einer noch nicht genügend definirten sauren Substanz entsteht dabei in der Regel Kohlensäure, Oxalsäure und Mellithsäure, bei Ligniten außerdem etwas Chloroform, bei Steinkohlen ein sehr reizendes gasförmiges Product. Entsprechende Untersuchungen wurden ferner von Fremy[5]), Marsilly[6]) und Berthelot[7]) ausgeführt.

Nach Giraud[8]) gibt Steinkohle beim Kochen mit Schwefelsäure 4 Proc. Pyromellithsäure.

Nach Kremers[9]) geben Steinkohlen bei der trockenen Destillation Ammoniak, Braunkohlen Essigsäure. Nach Zinken (a. a. O. S. 1) kann auch der umgekehrte Fall vorkommen.

P. F. Reinsch[10]) empfiehlt Kochen mit Kalilauge. Nach längerem Kochen gröblich gepulverter Steinkohle mit starker Kalilauge erhält man nach Verdünnung mit Wasser und längerem Stehen einen Niederschlag, welcher alle die unlöslichen Bestandtheile der Steinkohle enthält und vorzügliches Material zur mikroskopischen Untersuchung liefert. Die überstehende tief dunkelbraune Flüssigkeit filtrirt, ergibt auf dem Filter nur sehr wenig schleimige Substanz,

---

[1]) Compt. rend. **88**, 592. — [2]) Proc. Chem. Soc. 1892, 9. — [3]) Fischer's Jahresber. 1892, 111; vgl. das. 1886, 1058. — [4]) L'Orosi 1884, 125. — [5]) Compt. rend. **52**, 114; Wagner's Jahresber. 1861, 706. — [6]) Wagner's Jahresber. 1863, 751. — [7]) Zeitschr. f. analyt. Chem. 1869, 481. — [8]) Bull. soc. chim. **11**, 389. — [9]) Pogg. Ann. **84**, 74. — [10]) Dingl. polyt. Journ. **256**, 222; Fischer's Jahresber. 1885, 1205.

welche sich unter dem Mikroskope aus winzig kleinen, undurchsichtigen, jedoch verschieden gestaltigen Theilchen zusammengesetzt zeigt; darunter befinden sich einzelne der Körperchen von bestimmter organischer Form, welche den unlöslichen Rückstand der Hauptsache nach ausmachen. Unter dem Mikroskope erweist sich die alkalische filtrirte Auflösung als völlig gleichartig, von einer grau braunrothen Färbung. Aus dieser alkalischen Auflösung erhält man die aufgelöste amorphe Substanz der Steinkohle durch Uebersättigen mit Salzsäure oder Salpetersäure, Digeriren und Stehenlassen. Nach 24 Stunden hat sich die amorphe Substanz abgesetzt, während die überstehende Flüssigkeit nur schwach gelblich gefärbt ist. Nach Abfiltrirung der Flüssigkeit und mehrmaligem Auswaschen erhält man diesen Bestandtheil der Steinkohle im reinen Zustande als eine voluminöse, gallertartige Masse, auf dem Finger zerrieben von lebhaft graubraunrother Färbung. Beim Austrocknen schwindet diese Substanz um mehr als das zehnfache ihres Volumens im feuchten Zustande. Wird die ausgetrocknete Substanz mit Wasser befeuchtet, so quillt sie auf und wird breiartig. Weder concentrirte Salzsäure, Salpetersäure und Schwefelsäure, noch concentrirte Flußsäure zeigen die geringste Einwirkung auf diese Substanz. Mit concentrirter Salpetersäure erwärmt, wird die Substanz, unter Entwickelung von Salpetrigsäure, allmälig zersetzt. Die meisten Steinkohlen geben nur geringe Mengen dieses Stoffes; verschiedene russische Kohlen enthalten 5 bis 15 Proc. desselben. Nach Reinsch ist daher die Steinkohle aus zwei verschiedenen, durch ihr abweichendes Verhalten gegen alkalische Lösungen verschiedene Stoffe zusammengesetzt.

Schinnerer und Morawsky[1]) schmolzen Kohlenproben mit Kalium oder Natriumhydrat; die Schmelze von Lignit gab an Aether Brenzcatechin ab, die von Steinkohle nicht. Lignit, welcher vorher mit Aether ausgezogen war, gab aber kein Brenzcatechin.

P. Reinsch machte ferner die Beobachtung, daß die Steinkohle zum großen Theil aus durchscheinenden Kügelchen von 0,13 bis 0,24 mm Durchmesser besteht, welche unter Mithülfe des Polarisationsapparates ein schwarzes Kreuz, wie der Kalkspath zeigen; außerdem besteht die Kohle aus einem dunklen, undurchsichtigen Fasergebilde von verschiedener Form und seltenen zellenähnlichen Bildungen. In welcher Menge jene Kügelchen in der Steinkohle enthalten sind, geht daraus hervor, daß ein Dünnschliff von 4 qm Größe Hunderte von solchen Kügelchen zeigt und fast ganz daraus zu bestehen scheint. H. Reinsch[2]) meint, diese Bildungen seien mehr oder weniger veränderter Chenopodin. — A. Petzhold (s. o.) ist nicht damit einverstanden.

W. Luzi[3]) erinnert daran, daß es schwarze Kohlenstoffverbindungen gibt. Wenn Graphit mit chlorsaurem Kali und concentrirtester Salpetersäure anhaltend und wiederholt oxydirt wird, so verwandelt er sich schließlich in gelbe dünntafelförmige Kryställchen von rhombischem Habitus, die sogenannte Graphitsäure oder das Graphitoxyd, $C_{24}H_9O_{13}$ ($C_{28}H_{10}O_{15}$ nach Berthelot). Beim

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 4, 185. — [2]) Journ. prakt. Chem. 22, 188. — [3]) Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1893, 96.

Erhitzen auf 250° zersetzt sich dasselbe mit explosionsartiger Heftigkeit und es hinterbleibt eine Verbindung von der Zusammensetzung: $C_{44}H_6O_6$. Dieses Pyrographitoxyd des natürlichen Graphites ist an sich von tiefster Schwärze und gänzlicher Undurchsichtigkeit, er hat vollkommen das Aussehen von gewöhnlichem amorphen, elementaren Kohlenstoff, obgleich er doch eine Sauerstoff und Wasserstoff enthaltende bestimmte Kohlenstoffverbindung ist. Der aus Gußeisen auskrystallisirende Graphit gibt bei der Behandlung mit dem genannten Oxydationsgemische gelbe oder gelbgrünliche Kryställchen von der Zusammensetzung $C_{28}H_8O_{12}$, welche beim Erhitzen mit großer Heftigkeit zersetzt werden. Dabei hinterbleibt ein Körper von der Zusammensetzung: $C_{46}H_5O_5$; diese Verbindung, das Pyrographitoxyd des Gußeisengraphites, ist ebenfalls vollkommen schwarz und undurchsichtig wie Kohlenstoff. Der Graphitit gibt ein Pyrographititoxyd, welches zwar sonst andere andere Eigenschaften als die Pyrographitoxyde hat, aber doch ebenfalls schwarz und undurchsichtig ist. Luzi meint, da schwarze, undurchsichtige, organische Verbindungen existiren, so müsse man, um sich ein Bild von der Zusammensetzung der Steinkohlen und auch Anthracite zu machen, in erster Linie diese Verbindungen berücksichtigen. Es sei vielleicht nicht ausgeschlossen, daß unter Umständen der Verkohlungsproceß in der Natur so verlaufen könne, daß die entstehende Kohle nicht ein Gemenge verschiedener organischer Verbindungen, sondern nur eine einzelne schwarze Kohlenstoffverbindung darstelle.

Trotz aller dieser Arbeiten wissen wir von der Constitution der Kohlen also noch fast nichts[1]). Vielleicht haben derartige, aber systematisch durchgeführte Untersuchungen in Verbindung mit Brennwerthbestimmungen mehr Erfolg.

Brennwerth der Kohlen.

Die Frage nach dem Brennwerth der Kohlen hat sich seit Niederschrift der Uebersichten S. 129 und 403 weiter geklärt[2]).

Scheurer-Kestner[3]) führte weitere Versuche mit dem S. 153 und 398 beschriebenen Calorimeter, jetzt aber mit reinem Sauerstoff aus. Vier Proben aus dem Becken von Nord (I. bis IV.) und Charleroi (V. bis X.) ergaben (Brennwerth bezw. auf Wasserdampf als Verbrennungsproduct und aschenfrei):

---

[1]) Krämer hält die Kohlen für Anhydride hochcondensirter Glycole und Glycolsäuren und deren Oxy- und Amidoabkömmlinge; leider fehlen hierfür noch die genügenden analytischen thermochemischen Grundlagen; vgl. Fischer's Jahresber. 1887, 113; 1890, 630. — [2]) Die Münchener Versuche und Bunte's Angriffe wurden richtig gestellt in Zeitschr. f. angew. Chem. 1891, 114, 141; 1892, 490; vgl. das. 1889, 70; ferner Zeitschr. d. deutsch. Ing. 1884, 400. — Wie mangelhaft der Münchener Versuchskessel war, geht auch daraus hervor, daß trotz sorgfältiger Wartung (in dem mitgetheilten Versuche) der Wärmeverlust durch Herdrückstände 4,1 Proc., durch unvollständig verbrannte Gase 8, durch heiße Gase 21,1, zusammen 33,2 Proc. betrug, während dieser Verlust bei dem Hannoverschen Betriebsdampfkessel (Fischer's Jahresber. 1885, 1298) sich nur auf 11,8 Proc. stellte. — [3]) Compt. rend. 106, 1092 und 1230; Fischer's Jahresber. 1888, 15.

I. Fette Kohle von Anzin. Grube Lebret. II. Magere Kohle von Anzin. Grube Lambrecht. III. Magere Kohle von Anzin. Grube Saint-Louis. IV. Magere Kohle von Aniche. V. Magere Kohle von Bascoup I. VI. Magere Kohle von Sart-les-Moulins I. VII. Ungewaschene Kohle von Gilly-les-Charleroi und Viviers. VIII. Mittelfeste Kohle von Monceau-Fontaine-Martinez. Grube Monceau. IX. Magere Kohle von Bascoup II. X. Magere Kohle von Sart-les-Moulins II.

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.
Fester Kohlenstoff	77,2	86,2	82,2	84,8	84,42	84,13	86,71	82,71	82,79	85,74
Flüchtiger Kohlenstoff	7,3	6,0	1,8	4,6	7,66	3,01	3,75	0,57	2,11	7,97
Gesammtkohlenstoff	84,5	92,2	84,0	89,4	92,08	87,14	90,46	83,28	84,90	93,71
Wasserstoff	4,2	4,0	3,7	4,0	6,04	6,31	3,76	3,98	4,58	4,10
Stickstoff	—	0,9	0,7	0,6	0,84	0,84	0,65	0,89	0,69	0,73
Sauerstoff	11,3	2,9	11,6	6,0	1,04	5,71	5,13	11,85	9,83	1,45
Flüchtige Stoffe	22,8	13,79	17,78	15,25	15,58	15,87	13,29	17,29	17,31	14,26
Koks	Fest	Pulv.	Pulv.	Pulv.	Pulv.	Pulv.	Pulv.	Fest	Pulv.	
Zusammensetzung des flüchtigen Theils.										
Kohlenstoff	31,9	43,8	10,2	30,2	49,3	18,9	28,2	3,3	12,2	56,0
Wasserstoff	18,5	29,3	20,8	26,3	38,5	39,8	28,2	23,2	26,6	28,6
Sauerstoff und Stickstoff	49,6	26,9	69,0	43,5	12,2	41,3	43,6	73,5	61,2	15,4
Brennwerth, gefunden	9257	8664	8460	8522	8639	8460	8553	8499	8437	8435
Brennwerth aus den Elementen berechnet	8048	8625	7861	8376	9199	8870	8406	7849	8194	8760
Brennwerth nach Dulong	7641	8518	7441	8159	9161	8665	8221	7459	7844	8708
„ „ Cornut	8276	8799	7916	8512	9419	8960	8549	7908	8259	8992

Kohlenproben aus dem Becken von Pas-de-Calais ergaben:

A Fette Kohle von Courrières. B Mittelfette Kohle von Noeud. Grube I. C Fette Kohle von Dourges I. D Fette Kohle von Courcelles-les-Lens. E Magere Kohle von der Grube Douvrin (Lens). F Fette Kohle von Dourges II. G Fette Kohle von Dourges III. H Fette Kohle von Lens. I Magere Kohle von Meurchin. K Fette Kohle von Béthune. L Magere Kohle von Douvrin.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L
Fester Kohlenstoff	76,32	79,75	78,60	76,27	87,34	78,29	75,74	72,25	86,63	69,39	86,48
Flüchtiger Kohlenstoff	14,57	3,21	13,11	9,93	3,84	3,98	6,01	14,30	4,02	15,56	1,07
Gesammtkohlenstoff	90,89	82,96	91,75	86,20	91,18	82,27	81,75	86,55	90,65	84,95	87,55
Wasserstoff	4,07	3,42	3,13	3,93	3,96	4,89	5,41	3,83	3,76	6,35	3,77
Stickstoff	0,94	0,64	0,91	0,93	0,41	0,89	0,79	0,91	0,69	0,90	0,60
Sauerstoff	4,10	12,98	4,21	8,94	4,45	11,86	12,05	8,71	4,90	7,80	8,08
Flüchtige Antheile	23,68	20,25	21,40	23,73	12,66	21,71	24,26	27,75	13,37	30,61	13,52
Koks	Aufgebläht	Stücke	Aufgeb.	Aufgeb.	Pulv.	Aufgeb.	Aufgeb.	Aufgeb.	Pulv.	Aufgeb.	Pulv.
Zusammensetzung der flüchtigen Stoffe:											
Kohlenstoff	61,7	67,5	61,5	42,1	30,5	18,4	24,7	51,7	30,0	50,9	7,8
Wasserstoff	17,3	15,7	14,7	16,5	31,6	23,0	22,3	13,7	28,0	20,5	28,0
Sauerstoff und Stickstoff	21,0	16,8	23,8	41,4	37,9	58,6	53,0	34,6	42,0	28,6	64,2
Verbrennungswärme, gefunden	8814	8790	8726	8647	8642	8634	8562	8446	8438	8360	8340
Verbrennungswärme aus den Elementen berechnet	8509	7794	8320	8104	8508	8091	8174	8103	8414	8704	8167
Verbrennungswärme nach Dulong	8274	7234	8170	7785	8337	7662	7754	7784	8237	8423	7876
Verbrennungswärme nach Cornut	8963	7773	8725	8941	8620	8218	8357	8544	8535	9184	8207

Bei Untersuchung von drei Sorten französischen (I. bis III.) und drei böhmischen Braunkohlen (IV. bis VI.) fand Scheurer-Kestner[1]) früher:

	Wasser	Asche	Reinkohle			Brennwerth	
			Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Gefunden	Nach Dulong berechnet
I	8,27	15,96	72,98	4,04	22,98	6483	6295
II	1,00	20,70	70,57	5,44	23,99	7363	6533
III	7,82	6,70	60,31	4,85	28,84	6991	5782
IV	2,39	3,56	76,58	8,27	15,15	7924	8343
V	10,41	3,80	66,51	4,72	28,77	6358	5759
VI	10,60	4,01	67,60	4,55	27,85	6311	5827

Fig. 308.

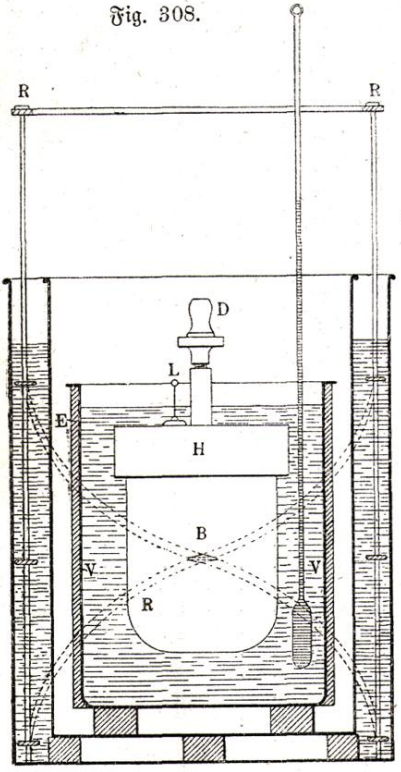


Fig. 309.

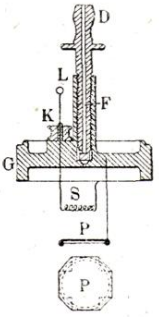


Fig. 310.

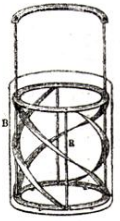


Fig. 311.

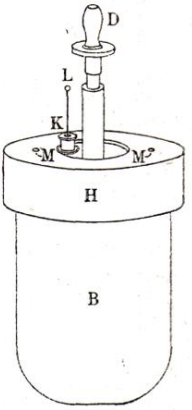
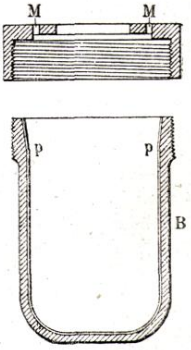


Fig. 312.



[1]) Compt. rend. 73, 1332.

Scheurer-Kestner und Meunier Dollfus[1]) haben jetzt auch Brennwerthbestimmungen mit der Berthelot'schen Bombe ausgeführt. Sie verwendeten eine Stahlbombe *B* (Fig. 308 bis 312), welche im Inneren zum Schutz gegen saure Verbrennungsgase mit Platinblech *p* überzogen ist. Der sorgfältig gewogene Brennstoff, dessen Verbrennungswärme man bestimmen will, wird im Inneren der Bombe mittelst eines mehrfach durchlochten Platinbleches *P* aufgehängt; darüber befindet sich eine Eisenspirale *S* von bekanntem Gewicht, die durch einen elektrischen Strom zum Verbrennen gebracht werden kann, wobei sie den zu untersuchenden Brennstoff entzündet. Das mit Filzhülle *E* umgebene Messinggefäß *V* enthält 2 Liter Wasser. Die Verschlußkapsel *H* mit Sicherungsspinte *M* hält den Deckel *G*, dessen Schraubenventil *F* das Mundstück *D* für Sauerstoffeinlaß trägt. Durch die Elfenbeinhülse *K* geht der Platindraht *L*. Das Wasser des äußeren Gefäßes wird durch Rührer *R* in Bewegung erhalten. Steht der Sauerstoff unter 25 At. Druck, so soll die Verbrennung vollständig sein.

Nachdem die ersten mit Hülfe der Bombe gemachten Bestimmungen zu Ergebnissen geführt hatten, die um einige Procent geringer waren als die nach dem früheren Verfahren gewonnenen, wurde der ältere Apparat von Favre und Silbermann wieder vorgenommen und mit ihm unter Anwendung der von Berthelot empfohlenen Vorsichtsmaßregeln Vergleichsversuche angestellt. Dabei zeigte sich in der That, daß der Apparat von Favre und Silbermann früher höhere Zahlen ergeben hatte als jetzt.

Eine Ronchamp-Kohle hatte nach Walther Meunier folgende chemische Zusammensetzung:

Bestandtheile	der Rohkohle in Proc.	der reinen Kohle nach Abzug der Asche in Proc.
Kohlenstoff	76,80	flüchtig 77,86 / fest 10,22 = 88,08
Wasserstoff	4,42	5,07
Schwefel	1,05	1,20
Sauerstoff und Stickstoff	4,93	5,65
Asche	12,80	—
	100,00	100,00

Die Kohle lieferte nachstehendes Ergebniß der calorimetrischen Untersuchung mittelst der Berthelot'schen Bombe:

Gewicht der verwendeten Kohle	0,943 g
Temperatur zu Anfang des Versuches	11,735°
„ nach 1 Min.	14,000°
„ „ 2 „	14,600°

[1]) Bull. de Mulh. 1891, 577.

Temperatur nach 3 Min.	14,650°
„ „ 4 „	14,640°
„ „ 5 „	14,630°
„ „ 6 „	14,620°
„ „ 7 „	14,600°
„ „ 8 „	14,590°
Höchsttemperatur	14,650°
Anfangstemperatur	11,735°
Temperaturerhöhung	2,915°
Correction	+ 0,039°
Zusammen	2,954°

Nun betrug der Wasserwerth des Calorimeters 2400; man erhält somit 2,954 . 2400 = 7089 W.-E., oder nach Abzug von 22 W.-E. für die Eisenspirale: 7067 W.-E. Da das Gewicht der verbrannten Kohle 0,934 g betrug, so ergibt sich für die Verbrennungswärme der Rohkohle der Werth: 7067 : 0,943 = 7494 W.-E.

Als Mittel der chemischen Untersuchung mehrerer Kohlenpastillen fanden sich: 0,857 Proc. Wasser und 12,08 Proc. Asche, zusammen 12,94 Proc. Somit ergibt sich für die Verbrennungswärme der reinen Kohle der Werth: (7494 . 100) : (100 — 12,94) = rund 8620 W.-E.

Drei Wales-Kohlen und die Kohle von Douvrin (Nord-Frankreich) ergaben:

Kohle von	Penry Kiber	Best Eldon	Pyman's Merthyr	Douvrin
Nach der Doulong'schen Formel (W.-E.)	8382	8082	8513	8015
Summe der Verbrennungswärmen des in der Kohle enthaltenen C und H (W.-E.)	8703	8501	8685	8365
Mit der calorimetrischen Bombe gefunden (W.-E.)	8697	8264	8700	8408

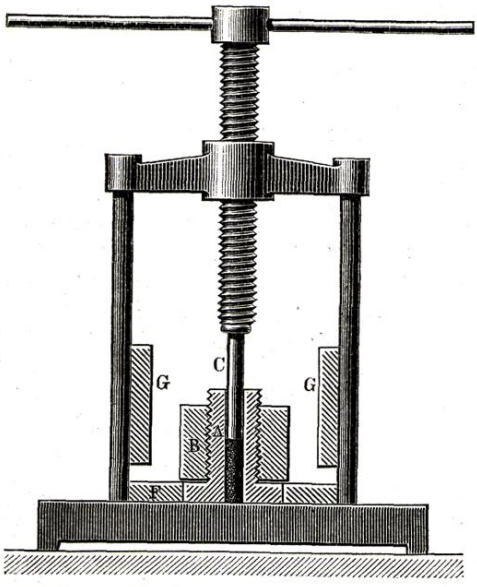
P. Mahler[1]) bestimmte in einer vereinfachten Bombe den Brennwerth (bezw. auf flüssiges Wasser) von sieben Kohlenproben:

[1]) Génie civ. 1892, 192; Bull. soc. d'encourag. 1892, 346; Zeitschr. f. angew. Chem. 1892, 491. — Mahler'sches Calorimeter liefert Golaz in Paris für 1050 Frcs. (Zeitschr. f. Rübenz. 1894, 757).

	Proc. Zusammensetzung						Brennwerth		
	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff u. Schwefel	Stickstoff	Wasser	Asche	Gefunden	ber. nach Dulong	ber. für C+H
Flammkohle von St. Marie (Blanzy) . . .	79,38	4,97	8,72	1,13	3,90	1,90	7866	7750	8124
Gaskohle von Commentry	80,18	5,25	7,19	0,98	3,00	3,40	7870	7964	8273
Gaskohle von Lens . . .	83,73	5,22	6,01	1,00	1,05	3,00	8395	8292	8550
Fettkohle von Treuil (St. Etienne)	84,55	4,77	4,59	0,84	1,25	4,00	8392	8267	8463
Halbfette Kohle von St. Mare (Anzin)	88,47	4,14	3,16	1,18	1,35	1,70	8393	8429	8564
Anthracitische Kohle von Kebao (Tongking) . .	85,75	2,73	2,67	0,60	2,80	5,45	7828	7749	7861
Pennsylvanischer Anthracit	86,45	1,99	1,50	0,75	3,45	5,90	7484	7590	7649

Da der Schwefel nicht bestimmt wurde, so sind die Zahlen von Dulong nicht genau; immerhin weichen dieselben um — 1,6 bis + 1,5 Proc. von den gefundenen ab, bei vergleichenden Versuchen somit Unterschiede bis 3,1 Proc. — Ob übrigens die von Berthelot[1]) selbst empfohlene Prüfung der Verbrennungsproducte mit Palladiumchlorür auf Kohlenoxyd ausgeführt wurde, die Verbrennung also thatsächlich immer vollkommen war, steht nicht fest.

Fig. 313.

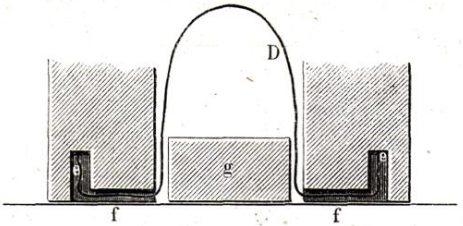


W. Hempel[2]) hat die Berthelot'sche Bombe ebenfalls vereinfacht. Das Pressen der Kohlenproben geschieht in einer getheilten Form. Die Preßform wird gebildet aus einer der Länge nach durchbohrten und quer durchschnittenen

[1]) Compt. rend. 115, 201; Berthelot, Praktische Anleitung z. Ausführung thermochemischer Messungen (Leipzig 1893). — [2]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1892, 389.

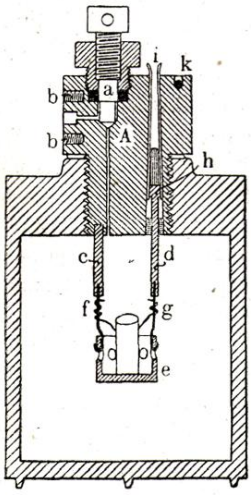
Schraube *A* (Fig. 313 a. v. S.), welche mittelst der Mutter *B* zusammengepreßt werden kann. In die Form paßt der cylindrische, aus gehärtetem Stahl hergestellte Stempel *C*. Der einzupressende Platindraht wird in der aus Fig. 314 ersichtlichen Weise in das Bodenstück eingelegt. Der Draht wird in die Löcher *e* und Rinne *f* ganz zweckmäßig mit etwas Wachs festgeklebt und so gebogen, daß er in einem Halbring über dem Bodenstück der Form in den inneren Hohlraum derselben hineinragt.

Fig. 314.



Die Form wird dann mit der Mutter *B* fest zusammengeschraubt, hierauf mit 1,5 g Kohlenstaub gefüllt und unter einer Schraubenpresse der Stempel *C* heruntergedrückt. Um die durch die Pressung gebildeten Kohlencylinder aus der Form zu nehmen, schraubt man die Mutter *B* ab und nimmt die beiden Theile der Schraube *A* auseinander. Gewöhnlich sitzt dann der gebildete Kohlencylinder ganz fest in der einen Hülfe. Man kann denselben leicht von dem Eisen trennen, indem man ihn mit einem kleinen Meißel vorsichtig durch einen leichten Schlag ablöst. Durch die beschriebenen Operationen gelingt es, einen hohlen Kohlencylinder herzustellen, in dessen Mitte ein Platindraht steckt, dessen freie Enden an zwei Stellen herausragen. Nach jedem Gebrauch wird die Form gut gereinigt und geölt. Der Ueberschuß des Oeles wird aus dem Inneren der Form vor jeder Benutzung sorgfältig ausgewischt.

Fig. 315.

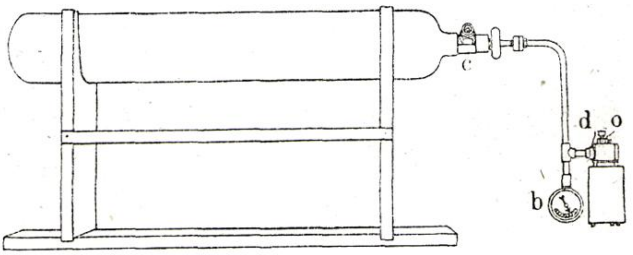


Von dem so hergestellten Kohlencylinder werden durch vorsichtiges Reiben alle etwa nur lose daran hängenden Theilchen entfernt und so viel abgeschnitten, daß er etwa 1 g wiegt. Unter Berücksichtigung des Gewichtes des Platindrahtes wird dann auf einer feinen Wage das genaue Gewicht ermittelt.

Die Verbrennung erfolgt in einer eisernen Autoclave, deren Einrichtung aus Fig. 315 ersichtlich ist. Dieselbe ist aus einer eisernen Röhre hergestellt, indem in diese ein etwa 10 mm starker Boden und ein etwa 30 mm starker Deckel eingeschraubt und hart eingelöthet sind. Das so gebildete Gefäß hat ungefähr 250 ccm Inhalt und muß auf einen Druck von 50 At. geprüft sein. Als Verschluß dient ein Kopfstück *A*; dasselbe hat ein Schraubenventil *a* und ist bei *b* zum Anschrauben an eine Flantsche hergerichtet. In dasselbe ist der eiserne Stift *c* fest eingeschraubt, der Stift *d* hingegen für elektrische Ströme isolirt eingesetzt. In die Stifte *c* und *d* sind etwa 0,8 mm starke Platindrähte *f* und *g* eingeschraubt und eingelöthet, welche

das aus feuerfestem Thon hergestellte Näpfchen *e* tragen. Die Isolirung des Poldrahtes *d* erreicht man, indem man über die conische Verstärkung *h* desselben ein Stück dünnwandigen Gummischlauchs *i* zieht, den man vorher durch das lange conische Loch des Verschlußstückes geschoben hat und dann unter gleichzeitigem starken Ausziehen des Schlauches den Poldraht *d* scharf eindrückt. Der untere Theil des Gummischlauches wird so abgeschnitten, daß er etwa 1 cm weit unter der Oberfläche des Eisenkopfes im Loche steckt; den oberen Theil läßt man etwas über den Kopf herausragen. Um ein Verbrennen des Gummischlauches im Inneren des Loches zu vermeiden, stopft man den unteren Theil desselben mit Asbest aus. Der durch das Pressen hergestellte Kohlencylinder wird durch einfaches Umwickeln seiner Platindrähte um die Platinträger *f* und *g* in Elektricität leitende Verbindung mit denselben gebracht. Die Dichtung des Ventiles und des Kopfstückes erfolgt durch Bleiplättchen. Nachdem das Kopfstück fest in das Autoclavengefäß eingeschraubt ist, erfolgt die Füllung mit Sauerstoff. Zu diesem Zweck wird dasselbe in der aus Fig. 316 ersichtlichen Weise mit einem Sauerstoffbehälter verbunden. Zwischen Sauer-

Fig. 316.

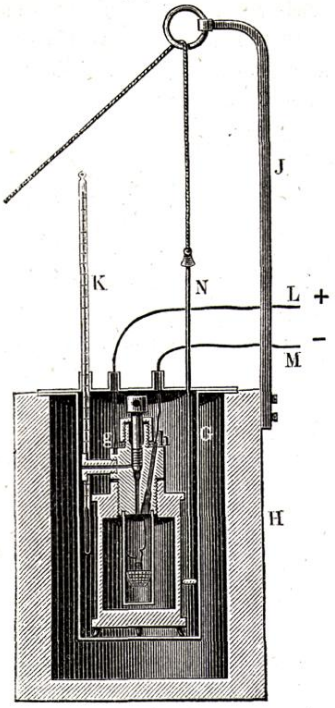


stoffbehälter und Autoclave ist ein Manometer eingeschaltet. Die Füllung geschieht in der einfachsten Weise, indem man erst das Ventil *a* um eine ganze Drehung aufschraubt und dann das Ventil *c* ganz vorsichtig öffnet. Ist der Druck in der Autoclave auf 6 At. gestiegen, so schließt man *c*, läßt den Sauerstoff, welcher die Autoclave erfüllt, wieder heraus, indem man die Flantsche *d* etwas aufschraubt, wodurch der größte Theil des Stickstoffes, welcher in derselben enthalten ist, ausgespült wird und läßt nun so viel Sauerstoff in die Autoclave strömen, bis der Druck 12 At. entspricht. Hierauf schließt man die Ventile und stellt die Autoclave in der aus Fig. 317 ersichtlichen Weise im Calorimetergefäß auf.

Das Calorimeter wird gebildet aus dem mit einem Deckel versehenen Metallgefäß *G* (Fig. 317 a. f. S.), welches mit einem Abstand von etwa 2 cm in das Holzgefäß *H* gehängt ist und 1 Liter Wasser enthält. In dem Calorimeter befindet sich ein feines Thermometer *K*, an welchem man noch Hundertelgrade schätzungsweise ablesen können muß, und eine Rührvorrichtung *N*. Die Rührvorrichtung besteht aus einem kreisförmig gebogenen Blech, welches mittelst zweier Führungsstangen und einer Schnur, die durch einen Ring geht, auf und ab bewegt werden kann. Mittelst der Poldrähte *L* und *M* und der

Queckſilbercontacte *i* und *k* (vgl. auch Fig. 315) wird der Apparat mit einer Tauchbatterie verbunden. Nach dem Zuſammenſtellen des Calorimeters wartet man ſo lange, bis das Thermometer bei zwei in einem Intervall von fünf Minuten gemachten Ableſungen keine Differenz mehr zeigt. Iſt dies erreicht, ſo wird durch Eintauchen der Batterie der in der Kohle eingeſchloſſene Platindraht zum Glühen gebracht und dadurch die Entzündung derſelben herbeigeführt. Unter fortwährendem Umrühren beobachtet man das Thermometer ſo lange, bis es anfängt wieder zurückzugehen. Anfangs- und Endtemperatur werden notirt. Die eigentliche calorimetriſche Beſtimmung beanſprucht etwa 15 Minuten Zeit; die geſammten Vorbereitungen dazu können in einer Stunde leicht ausgeführt werden.

Fig. 317.



Die Wärmecapacität des ganzen Apparates (Autoclave und Calorimeter) ermittelt man am beſten durch Verbrennung eines Körpers von bekannter Verbrennungswärme, deſſen Menge man ſo bemißt, daß ungefähr die gleiche Wärmemenge erzeugt wird, die 1 g Steinkohle hervorbringt.

Folgende Analyſen und calorimetriſche Beſtimmungen ſind von P. Otto ausgeführt:

Kohlen Nr.	Aſche	Waſſer	S	N	C	H	O	Heizwerth gefunden	Heizwerth berechnet
1	9,5	6,85	1,5	2,6	67,45	5,3	6,8	6958	7019
2	9,2	6,64	1,5	2,6	67,31	5,3	7,45	6958	7016
3	5,31	7,25	0,97	1,8	72,3	5,3	7,17	7471	7351
4	5,38	6,97	0,97	1,4	72,7	5,1	7,18	7471	7345
5	4,4	9,1	0,75	3,1	72,25	5,7	4,7	7540	7613
6	2,4	1,7	1,4	—	72,1	0,4	0,4	5619	5981

Die letzte Probe gab alſo 6,4 Proc. weniger als die Dulong'ſche Formel.

Häußermann und Naschold fanden für die vier chinesischen Kohlen (S. 516) mit der Berthelot-Mahler'schen Bombe:

	Gefunden	Nach Dulong berechnet	Differenz
1	8230	8267	— 0,5 Proc.
2	7856	7909	— 0,7 „
3	7507	7349	+ 2,1 „
4	8438	8096	+ 4,0 „

A. Bauer (S. 530) fand mit der S. 401 beschriebenen Form des vom Verf. angegebenen Calorimeters Abweichungen von + 2 bis — 2,7 Proc. von der Dulong'schen Formel. Zwei Saarkohlen ergaben z. B.:

	I.	II.
Kohlenstoff	79,64	80,35
Wasserstoff	5,02	5,21
Sauerstoff (+ N)	10,52	7,84
Schwefel	0,53	0,86
Wasser	1,33	1,22
Asche	2,94	4,52
Brennwerth, gefunden	7666	7518
„ berechnet	7514	7729

Schwackhöfer[1]) fand bis 3,7 Proc. mehr und 3 Proc. weniger, als die Dulong'sche Formel gibt. In seinen späteren Veröffentlichungen (vgl. S. 510) verwendet er aber ausschließlich diese Formel, scheint also von seinem Calorimeter (S. 394) selbst nicht sonderlich erbaut zu sein.

W. Thomson[2]) hat bei Verwendung seines Apparates (S. 404) die Verbrennungsproducte nicht untersucht, so daß die Vollständigkeit der Verbrennung zweifelhaft ist und wahrscheinlich seine Brennwerthbestimmungen zu niedrig sind, keineswegs aber zu hoch und doch gab die Kohle Crombouche (Nr. 9) um 10 Proc. höheren Brennwerth als die Dulong'sche Formel, wie nachfolgende Zusammenstellung die Ergebnisse mit 12 englischen Kohlen zeigt:

---

[1]) Vgl. Bd. I, S. 392; Zeitschr. f. angew. Chem. 1893, 397 und 398. — [2]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1889, 525.

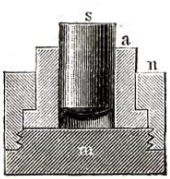
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Verkokung:												
Flüchtige Stoffe. . . .	11,722	30,103	32,085	25,633	24,264	27,553	29,809	32,287	31,666	28,314	31,228	28,527
Sogenannter fixer Kohlenstoff.	84,046	50,276	57,755	65,037	60,899	64,629	63,870	56,464	57,871	64,099	61,212	65,661
Elementaranalyse:												
Kohlenstoff	88,029	68,134	74,464	75,484	72,130	75,049	78,930	72,409	69,774	76,487	73,913	79,760
Wasserstoff	4,112	4,777	5,105	4,982	4,672	5,123	4,904	5,158	4,819	4,964	4,858	4,893
Sauerstoff	1,977	4,861	8,251	7,865	6,565	9,391	7,239	8,844	12,445	8,458	11,320	7,517
Stickstoff	0,961	1,218	1,528	1,590	1,253	1,757	1,565	1,408	1,333	1,437	1,668	1,429
Schwefel	0,689	1,389	0,492	0,749	0,543	0,862	1,041	0,932	1,666	1,067	0,681	0,589
Asche	3,216	14,902	4,086	6,549	12,576	4,286	1,961	4,550	3,313	2,749	0,960	1,912
Wasser	1,016	4,719	6,074	2,781	2,261	3,532	4,360	6,699	7,150	4,838	6,600	3,900
Zusammensetzung der Kohlensubstanz:												
Kohlenstoff	92,585	86,257	83,342	83,945	85,240	82,182	85,203	82,453	78,956	83,733	80,551	85,215
Wasserstoff	4,325	6,047	5,713	5,541	5,521	5,610	5,294	5,873	5,453	5,434	5,294	5,227
Stickstoff	1,011	1,542	1,710	1,768	1,481	1,924	1,689	1,603	1,508	1,574	1,818	1,527
Sauerstoff	2,079	6,154	9,235	8,746	7,758	10,284	7,814	10,071	14,083	9,259	12,337	8,031
Brennwerth:												
Gefunden	8340	6448	7069	7384	6954	7533	7465	7242	7456	7552	7417	7736
Berechnet	8459	6972	7430	7493	7166	7443	7778	7667	6787	7549	7176	7819

H. Langbein[1]) macht in einem Rundschreiben folgende Angaben:

Bezeichnung der Kohle	Hygroskopisches Wasser Proc.	Asche in wasserfreier Substanz Proc.	Koks in aschefreier Substanz Proc.	Zusammensetzung der wasser- und aschefreien Kohle C	H	N	S	O	Heizwerth[1]) der Rohkohle W.-E.	Heizwerth der wasser- und aschefreien Kohle W.-E.
Böhmische Braunkohle.	18,00	3,99	49,59	71,58	5,35	1,28	0,35	21,44	5238	6789
Zwickauer Steinkohle .	7,86	3,18	58,09	80,33	5,71	1,58	1,44	10,94	7008	7905
Westfälischer Anthracit .	1,20	5,74	92,44	90,44	3,75	1,40	1,06	3,35	7692	8269
Rositzer Briket	12,61	7,90	—	68,72	5,76	0,74	2,10	22,68	5141	6491

Vergleichende Versuche des Verf.[2]) wurden in folgender Weise ausgeführt. Die Proben werden in die Form 8 bis 12 mm hoher und 13 mm dicker Cylinder gebracht. Holzkohle u. dgl. kann aus einem Stück geschnitten werden, Holz wird durch Sägen oder Raspeln zerkleinert, Torf wird gröblich zerstoßen, Braunkohle und Steinkohle werden gepulvert, dann gepreßt. Getheilte Formen haben den Uebelstand, daß die Proben beim Auseinandernehmen der Form leicht der Länge nach gespalten werden, besonders aber, daß das Auseinanderschrauben oft große Schwierigkeit macht. Diese Uebelstände werden durch die ungetheilte Form (Fig. 318) vermieden, welche dem sogen. Diamantmörser ähnlich ist.

Fig. 318.



Auf der vierkantigen Bodenplatte *m* wird der Stahlring *a* durch die sechskantige Mutter *n* gehalten. Nach Einfüllen der Probe wird der Stempel *s* niedergepreßt, — eine Copirpresse auf eiserner Platte genügt dazu —, dann Mutter *n* abgeschraubt, der Theil *a* auf einen ringförmigen Untersatz gestellt und durch Niederpressen des Stempels *s* die Probe herausgedrückt. Schmiermittel sind nicht erforderlich, m. E. auch unzulässig.

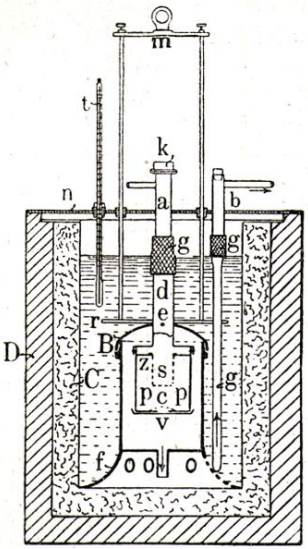
Die Probecylinder werden in Wägegläschen (mit Glasstopfen) gebracht; bei der Verwendung werden sie in denselben bei 110° getrocknet (Stickstoffstrom ist hier nicht erforderlich), gewogen und sofort ins Calorimeter gebracht.

Zu den Brennwerthbestimmungen selbst ist zu bemerken, daß der Einsatz *pv* (Fig. 319 a. f. S.) aus Silber und Platin, auch aus Nickel hergestellt werden kann; selbst der Korb *s* kann aus Nickeldrahtnetz bestehen, so daß bei

[1]) Der Heizwerth bezieht sich auf die Verbrennungsproducte: CO_2, Wasserdampf von 100°, SO_2. — [2]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1890, 594; 1892, 542; 1893, 575; 1894, 19 und Nachtrag.

Herstellung des Apparates Edelmetalle völlig vermeidbar sind. Die Herstellungskosten desselben werden dadurch auf etwa die Hälfte ermäßigt [1]).

Fig. 319.



Für alle technischen Zwecke genügt die Ablesung des Thermometers *t* mit Lupe (mit großem Gesichtsfeld), da ein geübter Beobachter auch hiermit bis 0,01° genau ablesen kann. Dann kann aber auch der Rührer *mr* unmittelbar mit der Hand bewegt werden, der bisherige Schnurbetrieb also fortfallen.

Bei der jetzt so rasch ausgeführten Verbrennung ist die gleichzeitige Elementaranalyse [2]) nur unter Verwendung weiter U-Röhren mit Natronkalk u. s. w. ausführbar. Da die Wasserstoffbestimmung aber besondere Sorgfalt erfordert, andererseits die Elementaranalyse in der (S. 126) erwähnten Weise so einfach und rasch ausführbar ist, so werden bei der jetzigen Brennwerthbestimmung besser nur die unvollständigen Verbrennungsproducte bestimmt. Es ist dann auch nicht erforderlich, den zugeführten Sauerstoff zu trocknen. Zur besseren Beurtheilung des Gasstromes verbindet man mit dem Rohr *b* zunächst eine kleine Waschflasche mit Kalilauge, dann zwei 2,5 bis 3 cm weite U-Rohre mit grobkörnigem Natronkalk und ein gleiches Rohr mit grobkörnigem Chlorcalcium, sodann ein Rohr mit einer Schicht Kupferoxyd, welches, wie bei Elementaranalysen, durch einen Vierflachbrenner erhitzt wird. Daran schließt sich ein gewogenes Chlorcalciumrohr und eine oder zwei Natronkalkröhren. Dünnwandige, 2 bis 2,5 cm weite und 12 cm lange U-Rohre wiegen gefüllt, mit Kautschukstopfen und Verbindungsröhren 80 bis 100 g. Die Verbindungsrohre müssen 3 bis 4 mm, die Schläuche 4 bis 5 mm innere Weite haben, um den Gasstrom nicht zu hemmen.

---

[1]) Universitätsmechaniker W. Apel in Göttingen z. B. liefert einen solchen Apparat (ohne Thermometer) für 100 Mk. — [2]) Zur Elementaranalyse der Brennstoffe ist zu bemerken, daß besonders Holz und leichter Torf in zerkleinertem Zustande nach dem Trocknen ungemein hygroskopisch sind, so daß ein genaues Abwägen der Proben sehr schwierig ist. Dieser Uebelstand wird dadurch gehoben, daß man mit einer kleinen Handwage etwa 0,4 g der lufttrockenen Probe abwiegt und in 8 bis 10 mm dicke Cylinder preßt, welche nun im offenen Wägegläschen im Trockenschrank bei 110 bis 115° getrocknet werden. Das Trocknen wird befördert, wenn man durch das Trockenglas oder — bei mehreren Proben — durch den Trockenschrank gegen Ende des Trocknens langsam trockene Luft leitet. Damit feuchte Proben nicht durch den entweichenden Wasserdampf aus einander getrieben werden, läßt man die Temperatur langsam steigen. Steht eine Wasserstrahlluftpumpe zur Verfügung, so empfiehlt sich das Trocknen unter Luftverdünnung.

Da bei der Verbrennung der Probe nur 1,5 bis 2 Liter Sauerstoff verbraucht werden, so kann man den größten Theil des verwendeten Sauerstoffs in einem Gasometer auffangen, nur muß die Verbindung des letzten Absorptionsrohres mit der Gasometerglocke so beschaffen sein, daß dieselbe etwas saugend wirkt, keinesfalls aber Gegendruck ausübt. Es ist stets zu beachten, daß durch den ganzen Apparat bis 6 Liter Sauerstoff minutlich durchgeleitet werden können, ohne daß im Calorimeter ein Gegendruck entsteht, welcher die Glaskappe *k* oder gar den ganzen Deckel abschleudert.

Von dem feingeraspelten Holz oder Torf wiegt man mit einer kleinen Handwage etwa 1 g, von Kohle etwa 0,8 g ab, preßt in etwa 12 mm dicke Cylinder und trocknet, wie bei den Proben für Elementaranalyse angegeben. Zur Erleichterung der Entzündung kann man die Mitte der oberen, nach innen gewölbten Fläche der Stücke mit einer Korkfeile o. dgl. vorher etwas rauhen. Für manche Zwecke kann man die Probestücke ohne künstliche Trocknung verwenden.

Bei Ausführung des Versuches entnimmt man mittelst Pincette dem gewogenen Gläschen ein Preßstück (dessen Gewicht durch Zurückwiegen des Gläschens bestimmt wird), schiebt es in den Korb *s*, so daß die Vertiefung nach oben kommt, hängt *p* in die tellerartige Fortsetzung von *d*, setzt den Deckel[1]) fest auf das Calorimeter, wie die Fig. 319 zeigt und dann die ganze Vorrichtung in das Gefäß *B*. Aufsatz *a* wird mit der Sauerstoffzuleitung, *b* mit den Absorptionsapparaten verbunden, die erforderliche Menge Kühlwasser eingegossen, der Deckel *n* aufgelegt, das Thermometer *t* eingesetzt und abgelesen, wenn die Temperatur sich nicht ändert. Nun läßt man einen schwachen Sauerstoffstrom eintreten, wirft einen kleinen glühenden Kohlensplitter (1,5 bis 2 mg) ein, setzt sofort *k* wieder fest auf und verstärkt gleichzeitig den Sauerstoffstrom. Sobald nach wenig Secunden das schwache Leuchten des Aufsatzes *a* die beginnende Verbrennung anzeigt, läßt man den Sauerstoff so rasch eintreten, daß in der Minute 5 bis 6 Liter zugeführt werden. Zeigt die abnehmende Helligkeit des Aufsatzes *a*, daß die Verbrennung nachläßt, so mäßigt man den Sauerstoffstrom auf etwa $^1/_3$. Bei Holz, Torf und Braunkohlen dauert die Verbrennung nur etwa anderthalb, bei Steinkohlen etwa zwei Minuten[2]). Nach weiteren zwei bis zweieinhalb Minuten zeigt das Thermometer *t* den höchsten Stand[3]) und damit das Ende des Versuches. Der Apparat wird aus einander genommen und die Gewichtszunahme der mit dem Kupferoxydrohre verbundenen Chlorcalcium- und Natronkalkrohre bestimmt, um die unverbrannten Gase festzustellen.

Für die Berechnung ist Folgendes zu bemerken. Bei vorliegenden

---

[1]) Unter Verwendung von etwas Schmiermittel aus geschmolzenem Kautschuk und Vaseline. — [2]) Um die Verbrennungsproducte in die Absorptionsrohre überzuführen, läßt man dann noch 1 bis 1,5 Liter Sauerstoff, oder — wenn der überflüssige nicht aufgefangen wird — Luft durchgehen. — [3]) Bei dem von mir verwandten Silberapparat; bei schweren Nickelapparaten dauert der Temperaturausgleich etwa eine Minute länger.

Bestimmungen wurden 1600 g [1]) Kühlwasser verwendet, so daß der Gesammtwasserwerth des Calorimeters 1710 war. Die Wärmeübertragung des Calorimeters für 1^0 Temperaturunterschied und Minute entspricht nur $4\,w$ bei sorgfältiger Trockenhaltung der Füllung C. Da der Versuch kaum vier Minuten dauert, so ist die bez. Correction gering.

Die Temperaturzunahme des Kühlwassers betrug z. B. am Ende der 1. Minute $1{,}2^0$, der 2. Minute $2{,}5^0$, der 3. Minute $2{,}9^0$ und der 4. Minute $3{,}0^0$; die mittlere Temperatur kann daher für die einzelnen Minuten angenommen werden:

1. Minute	zu	$0{,}6^0$	entsprechend	$2{,}4\,w$
2. „	„	$1{,}8^0$	„	$7{,}2$ „
3. „	„	$2{,}7^0$	„	$10{,}8$ „
4. „	„	$2{,}9^0$	„	$11{,}6$ „
				$32{,}9\,w$

Für alle praktischen Zwecke erscheinen daher weitläufige Berechnungen überflüssig; es genügt, $^2/_3$ der Temperatursteigerung als Durchschnitt anzunehmen, hier also 2^0, somit $2 \times 4 \times 4 = 32$.

Vor der Entflammung entweicht zuweilen eine geringe Menge brennbarer Gase, welche als Wasser und Kohlensäure zur Wägung gelangen. Für 1 mg Wasser sind $3{,}2\,w$ (bez. auf Wasserdampf als Verbrennung, bez. 3,8 bez. auf flüssiges Wasser), für 1 mg Kohlensäure $1{,}55\,w$ in Rechnung zu setzen. Wie nachfolgende Versuche zeigen, läßt sich diese Correction gering halten. Unverbrannte Rückstände kommen nicht vor.

Die Gase entweichen je nach der Schnelligkeit des Gasstromes 1 bis 3^0 wärmer, als das Kühlwasser ist, also etwa 5^0 wärmer als der eintretende Sauerstoff. Bei 7 bis 8 Liter Sauerstoff entspricht der dadurch verursachte Wärmeverlust etwa $12\,w$, also soviel wie die Zünderkohle gibt. Diese beiden Correctionen gleichen sich daher aus.

Im Calorimeter wird der größte Theil des gebildeten Wassers verflüssigt. Wird der Brennwerth auf flüssiges Wasser als Verbrennungsproduct berechnet (W), so sind für je 10 mg dampfförmig entweichendes Wasser $6{,}1\,w$ zuzuzählen; bezieht sich aber der Brennwerth auf Wasserdampf von 20^0 (D), so sind für je 10 mg verflüssigtes Wasser $6{,}1\,w$ abzuziehen. Man kann die Menge des verflüssigten Wassers bestimmen, indem man das Calorimeter nach der Verbrennung äußerlich trocknet und nach Entfernung der Aufsätze a und b nebst Schlauchansatz g wiegt. Nun wird das Calorimeter geöffnet, durch Erwärmen auch innen getrocknet und wieder gewogen [2]). Genau, aber umständlich ist es, das Wasser durch einen trocknen Luftstrom in ein gewogenes Chlorcalciumrohr überzuführen. Kennt man die Elementarzusammensetzung des Brennstoffes, so läßt sich die Menge des entwichenen Wasserdampfes leicht berechnen. Sie läßt sich aber auch bestimmen, wenn man die Temperatur der abziehenden Gase durch ein in b eingesetztes Thermometer (ganze Grade ge-

[1]) Man kann sich hierzu eine Meßflasche einrichten mit Marke für 15 und 20^0. Die specifische Wärme des Wassers bei etwa 20^0 ist hier als 1 angenommen. Vgl. S. 65. — [2]) Das im Calorimeter niedergeschlagene Wasser enthält bei Kohlen auch Schwefelsäure und Schwefligsäure, welche hier nicht berücksichtigt wurden.

nügen) bestimmt. Entweichen z. B. die Gase mit 23°, so enthält 1 Liter 20,4 mg Wasser, bei Verwendung von 8 Liter Sauerstoff also 163 mg, entspr. 99 *w*. Wurde der Sauerstoff aber bei 19° feucht eingeführt, so enthielt er bereits 130 mg Wasser, so daß nur 33 mg entführt wurden, entspr. 20 *w*. Etwas Wasser scheint aber als Nebel entführt zu werden, so daß die Menge desselben meist 10 bis 15 mg größer ist.

Für manche technische Zwecke hinreichend genau kann man die Wärmeabgabe des Calorimeters und den entführten Wasserdampf dadurch ausgleichen, daß man das Kühlwasser 2° kälter nimmt als die Umgebung und den zugeführten feuchten Sauerstoff.

Zur Einübung des Verfahrens eignet sich Zellstoff gut.

Bestes Filtrirpapier wurde mit salzsäurehaltigem Wasser verrührt, der erhaltene Zellstoff gut ausgewaschen, in Filtrirpapier gehüllt an der Luft getrocknet, dann in 0,8 bis 1,5 g schwere Cylinder gepreßt und diese bei 110 bis 115° getrocknet. Der Versuch mit der schwersten Probe ergab z. B.:

Angewendet (aschenfrei) 1452 mg.
Temperaturzunahme des Calorimeters 3,52°, entspr. 6019 *w*.
Wärmeverlust des Calorimeters 32 *w*.
Unvollständige Verbrennung:
Geb. 2 mg Wasser entspr. 7 *w*
„ 10 „ Kohlensäure „ 23 „
Wasser verflüssigt 750 mg, somit[1]) dampfförmig 57 mg entspr. 35 *w*.

Somit Brennwerth (W) = 6109 *w*, oder für 1 g = 4207 *w*. Drei andere Versuche ergaben 4220, 4174 und 4202, im Mittel somit 4200 *w*. Die Dulong'sche Formel würde für Zellstoff $C_6H_{10}O_5$ (44,44 Proc. Kohlenstoff) nur 3591 *w* geben[2]).

Eichenholz, trocken, ergab bei der Elementaranalyse:

Kohlenstoff	49,84 Proc.
Wasserstoff	5,83 „
Stickstoff	0,10 „
Sauerstoff	43,84 „
Asche	0,39 „

Eine Brennwerthbestimmung:

Angewendet 1,211 g.
Temperaturzunahme 3,29°, entspr. 5626 *w*.
Wärmeverlust des Calorimeters 35 *w*.

---

[1]) Zellstoff giebt beim Verbrennen 55,56 Proc. Wasser, 1,452 g somit 807 mg. — [2]) F. Stohmann und H. Langbein (Journ. f. prakt. Chem. 45, 305) fanden mit der Bombe für

Cellulose ($C_6H_{10}O_5$)	678,0 Cal.
Stärkemehl „	677,5 „
Dextran „	666,2 „

bei constantem Druck, während die Dulong'sche Formel nur $72 \times 8{,}1 = 583{,}2$ Cal. ergeben würde.

Unvollständige Verbrennung:

3 mg	geb.	Wasser	entspr. 11 *w*
28 „	„	Kohlensäure	„ 43 „
Wasser verfl.		590 mg	entspr. 360 *w*
„ dampff.		43 „	„ 26 „
Somit Brennwerth		(*W*)	. . 5741 „
„		(*D*)	. . 5355 „

Auf 1 g berechnet und zusammengestellt mit zwei anderen Versuchen:

	I.	II.	III.	Mittel
Brennwerth (*W*) . .	4740	4729	4751	4740
„ (*D*) . .	4421	4410	4432	4421

Die Dulong'sche Formel würde nur $(W) = 4146$ und $(D) = 3827$ *w* ergeben.

Preßtorf. Die Tiegelprobe (sog. Immediatanalyse) ergab:

Wasser	11,90
Flüchtig	58,58
Koks, aschefrei	27,01
Asche	2,51

Die Elementaranalyse:

Kohlenstoff	56,02
Wasserstoff	5,57
Stickstoff	1,11
Sauerstoff	34,60
Asche	2,70

Zwei Brennwerthbestimmungen:

	I.	II.
Angewendet	968 mg	914 mg
Temperaturzunahme des Calorimeters	3,02°	2,84°
Entsprechende Wärme	5164 *w*	4856 *w*
Correction des Calorimeters	28 „	30 „
„ für gebundenes H_2O	7 „	10 „
„ „ „ CO_2	33 „	42 „
Verflüssigtes Wasser	445 mg	413 mg
Wasserdampf	40 „	45 „
Brennwerth (*W*)	5256 *w*	4965 *w*
„ (*D*)	4961 „	4686 „
Oder für 1 g:		
Brennwerth (*W*)	5430 *w*	5432 *w*
„ (*D*)	5125 „	5127 „

Nach der Dulong'schen Formel wäre $(W) = 4953$ *w*.

Westfälische Steinkohle, trocken, enthielt:

Kohlenstoff	77,29 Proc.
Wasserstoff	4,55 „
Schwefel	0,75 „
Stickstoff	0,98 „
Sauerstoff	11,99 „
Asche	4,44 „

Zwei calorimetrische Versuche gaben:

	I.	II.
Angewendet	758 mg	837 mg
Temperaturzunahme	3,37°	3,71°
Entsprechende Wärme	5763 *w*	6344 *w*
Correction des Calorimeters	30 „	29 „
Unvollständige Verbrennung:		
Für gebundenes H_2O	6 „	0 „
„ „ CO_2	29 „	30 „
Verflüssigtes Wasser	265 mg	290 mg
Wasserdampf	45 „	53 „
Brennwerth (*W*)	5855 *w*	6435 *w*
„ (*D*)	5667 „	6226 „
Somit für 1 g:		
Brennwerth (*W*)	7726 *w*	7688 *w*
„ (*D*)	7475 „	7438 „

Nach der Dulong'schen Formel wäre Brennwerth *W* nur 7289.

Wenn es daher auf 5 bis 10 Proc. mehr oder weniger nicht ankommt, mag man auch ferner die Dulong'sche Formel als richtig bezeichnen.

Zuverlässige Brennwerthe erhält man nur durch calorimetrische Bestimmungen, welche in der angegebenen Weise in jedem Laboratorium ohne Schwierigkeit ausführbar sind [1]).

Kohlenasche.

Braunkohlenasche hat, wie nachfolgende Analysen zeigen, verschiedene Zusammensetzung:

	I.	II.	III.
Kieselsäure	26,15	12,00	34,53
Thonerde	7,58	9,00	16,86
Eisenoxyd	9,97	56,21	14,53
Kalk	23,96	12,50	13,33
Magnesia	8,98	2,25	0,86
Alkalien	5,39	Spur	6,06
Schwefelsäure	15,38	7,50	13,40
Phosphorsäure	2,11	0,54	0,84
Zink	0,05	—	—
Kupfer	Spur	—	—
Mangan	Spur	—	—

[1]) Daß die Dulong'sche Formel für einzelne technische Zwecke ausreichen kann, habe ich nicht bestritten; habe ich (als Mitglied der gemeinsamen Commission des Vereins deutscher Ingenieure und der Dampfkesselvereine) es doch selbst veranlaßt, daß in die damaligen „Normen" die Dulong'sche Formel aufgenommen wurde. (Vgl. Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1882. Zeitschr. deutsch. Ing. 1884, 399.)

I. Asche von Lignit von Trifail nach Priwoznik (Journ. f. prakt. Chem. 1888, 3).

II. Lignit der Minerva-Grube Herault, nach Baroulier (Ann. d. Mines 1883, 137).

III. Braunkohle von Dioszyör, Ungarn (Fischer's Jahresb. 1887, 2).

Braunkohle von San Raphael, Argentinien, enthielt nach J. Kyle (Chem. News **66**, 211):

Kohlenstoff	60,59 Proc.
Wasserstoff	8,63 „
Stickstoff	1,43 „
Schwefel	4,23 „
Sauerstoff	25,12 „
Asche	0,63 „

Die Asche (in heißer verdünnter Salpetersäure löslich):

Vanadiumpentoxyd, V_2O_5	38,22 Proc.
Phosphorpentoxyd, P_2O_5	0,71 „
Schwefelsäure, SO_3	12,06 „
Calciumoxyd, CaO	8,44 „
Eisenoxyd, Fe_2O_3	4,98 „
Thonerde, Al_2O_3	3,32 „
Kali, K_2O	1,73 „

In der Säure unlöslich:

Kieselsäure, SiO_2	13,70 Proc.
Eisenoxyd, Fe_2O_3	9,42 „
Thonerde, Al_2O_3	5,26 „
Magnesia, MgO	0,83 „

Steinkohlenasche hat z. B. folgende Zusammensetzung:

Steinkohlenasche	Königsgrube nach Grundmann	New-Castle nach Taylor	Westliche Kohlenfelder Missouri nach Schweitzer	Nach Kremers				
				Inde-Revier bei Aachen	Waldenburg	Zwickau		
Eisenoxyd	16,06	15,96	75,90	60,79	54,47	6,36	25,83	74,02
Thonerde	18,95	12,19	7,46	2,21	8,31	31,36	22,47	5,28
Kalk	3,21	9,99	0,40	19,23	3,44	1,08	2,80	2,26
Magnesia	1,97	1,13	0,39	5,03	1,60	0,35	0,52	0,26
Kali	2,05	1,17	—	0,35	0,07	0,11	0,60	0,53
Natron	Spur	—	—	0,08	0,29	—	0,28	—
Kieselsäure	55,40	59,56	14,34	1,70	31,30	60,23	45,13	15,48
Schwefelsäure	1,73	8,2	0,71	10,71	0,52	0,23	2,37	2,17
Phosphorsäure	0,36	—	0,14	—	—	—	—	—
Chlor	Spur	—	—	—	—	—	—	—
Manganoxyd	—	—	0,99	—	—	—	—	—

Viele Steinkohlenaschen enthalten Phosphorsäure; Le Chatelier[1])

[1]) Wagner's Jahresb. 1873, 963.

fand bis 3 Proc. Phosphorsäuregehalt. A. Carnot[1]) fand in Steinkohlen bis 0,06 Proc. Phosphor; er führt den Phosphor auf die Sporen oder Pollenkörner zurück. H. Reinsch[2]) fand in Steinkohlen bis 1 Proc. Phosphorsäure, A. S. Mc Creath[3]) bis 0,17 Proc. Phosphor, in den daraus dargestellten Koks 0,28 Proc.

Die Asche westfälischer Steinkohlen enthält nach Platz[4]) bis 0,5 Proc. Kupfer, Blei und Zink. Aschenanalysen oberschlesischer Steinkohlen ergaben nach Jensch[5]):

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Sand	39,45	26,07	3,86	6,89	6,43	9,20
Lösliches SiO_2 .			20,94	38,34	28,20	27,45
Al_2O_3	18,23	27,80	20,63	15,84	23,82	28,57
Fe_2O_3	15,68	19,84	26,02	19,27	18,58	10,76
MnO	1,33	0,42	2,84	1,17	1,43	0,20
ZnO	0,26	0,37	1,12	0,09	0,55	0,86
PbO	0,021	0,069	0,058	0,037	0,082	0,056
CdO	0,008	0,001	0,003	0,005	0,004	0,002
CaO	6,02	11,15	6,40	2,16	3,29	7,45
MgO	2,44	4,21	4,69	0,81	0,87	2,00
Alkalien	2,17	0,76	2,98	2,10	3,09	2,09
SO_3 (Ges.) . .	12,83	7,38	9,48	11,84	12,61	10,88
P_2O_5	1,29	1,48	0,85	1,09	0,97	0,23

I. Ungewaschene Würfelkohlen vom Schmiederschacht bei Poremba.
II. Gewaschene Kohlen ebendaher aus der Kohlenwäsche der Friedenshütte.
III. Staubkohlen vom Schmiederschacht.
IV. Staubkohlen der Wolfsganggrube (Valentinschacht bei Ruda).
V. Staubkohlen vom Gotthardschacht der Paulusgrube bei Morgenroth.
VI. Kleinkohlen vom Aschenbornschacht der Gottessegengrube bei Antonienhütte.

Nach Poleck[6]) enthält der Schwefelkies der Steinkohlen auch Nickel; Schulze[7]) fand in Steinkohlen Thallium und Lithium. Manche Steinkohlen enthalten auch Schwerspath, andere Chlornatrium.

Macadam[8]) erinnert an den Arsengehalt des in Steinkohlen eingelagerten Schwefelkieses; Steinkohlenruß enthielt 0,089 bis 0,117 Proc. Arsenigsäure.

---

[1]) Compt. rend. 99, 154. — [2]) Jahrbuch 26, 317. — [3]) Iron 1879, 679. — [4]) Fischer's Jahresb. 1887, 15; 1889, 12. — [5]) Chem. Ind. 1887, 54. — [6]) Inauguraldissertation 1869. — [7]) Fischer's Jahresb. 1886, 1069. — [8]) Journ. Pharm. Soc. Dec. 1878.

Gasgehalt der Kohlen, schlagende Wetter.

Welches Unheil die den Kohlen entströmenden Gase anrichten können, zeigt z. B. folgende Zusammenstellung der Explosionen schlagender Wetter[1]) in Oberbergamtsbezirk Dortmund:

Jahr	Anzahl der betriebenen Steinkohlenwerke	Förderung t	Belegschaft	Anzahl der				Auf 1 Million Tonnen Förderung kommen		Von 1000 Arbeitern wurden durch schlagende Wetter		Tödtlich verunglückt	
				Explosionen	Todten	Verletzten	Beschädigten	Explosionen	Beschädigte	getödtet	beschädigt	überhaupt Mann	davon durch schlagende Wetter Proc.
1888	172	33 223 614	105 445	73	18	90	108	2,20	3,2	0,17	1,02	306	5,88
1889	167	33 855 110	115 497	67	54	97	151	1,98	4,46	0,47	1,31	330	16,36
1890	177	35 469 290	127 794	91	43	112	155	2,57	4,37	0,34	1,21	379	11,35
1891	175	37 402 494	138 739	86	109	155	264	2,30	7,06	0,79	1,90	454	24,00
1892	176	36 853 502	142 247	75	47	120	167	2,03	4,53	0,33	1,17	363	12,95
		176 804 010	629 722	392	271	574	845	2,22	4,78	0,43	1,34	1 832	14,79
1861 bis 1887		458 124 985	1 869 851	1 564	1 129	2 247	3 376	3,41	7,37	0,60	1,81	6 329	17,84

[1]) Hoppe-Seyler erwähnt, daß das Vorhandensein entzündbarer Luft in Steinkohlenflötzen und ihr Ausströmen bei der Gewinnung der Steinkohle, sowie das Ausströmen entzündlicher Gase aus Sümpfen, Seen u. dgl. bereits im vorigen Jahrhundert in weiteren Kreisen bekannt war, schon vor dem Briefe von Alexander Volta an seinen Freund, den Pater Campi, vom 14. November 1776, welcher diesen Gegenstand behandelt; doch ist Volta als der eigentliche Entdecker dieser Naturerscheinung anzusehen, um so mehr, als er zum ersten Male die chemischen Eigenschaften des entwickelten Gases untersucht und dabei gefunden hat, daß dasselbe in bestimmten Volumenverhältnissen mit atmosphärischer Luft gemischt werden muß, um eine möglichst starke Explosion bei der Entzündung der Mischung zu bewirken. Auch hat Volta festgestellt, daß diese entzündbare Luft nicht bloß in unter Wasser stehendem Lande, sondern auch in solchem Boden sich entwickelt, welcher nur sehr wenig vermodernde Pflanzenstoffe enthält; er erkannte ihr Fehlen in solchem Boden, der keine organischen Stoffe einschließt, und ihr reichliches Vorkommen in jeder Erde, welche an pflanzlichen und thierischen Resten reich ist (J. 1886, 1060).

Vergleicht man die durch schlagende Wetter in den wichtigeren Staaten Europas in dem Jahrzehnte 1871 bis 1880 verursachten Tödtungen, so ergiebt sich Folgendes:

Preußen	324	Mann,
Großbritannien	2686	„
Belgien (1871 bis 1879)	426	„
Frankreich	513	„
Oesterreich (1875 bis 1880)	61	„
Sachsen	161	„
Zusammen	4471	Mann.

Daher erforderte der Steinkohlenbergbau, der in zehn Jahren überhaupt 21 256 Menschenleben kostete, von dieser Zahl allein 4471 oder 21 Proc. durch Explosionen von schlagenden Wettern[1]).

Nach Haslacher[2]) hätten die von 1861 bis 1881 in Preußen vorgekommenen 332 Explosionen vermieden werden können, wenn die Wetterversorgung so reichlich und vollständig gewesen wäre, um alle auftretenden schlagenden Wetter bis zur Unschädlichkeit verdünnen und fortführen zu können. Der Wetterwechsel besteht immer in einem in derselben Richtung ununterbrochen durch die Grube streichenden Luftstrome oder Wetterstrome, welcher entweder dadurch bewirkt wird, daß man von Tage aus unter Druck frische Wetter in den Wetterstrom hineinbläst, oder durch Verdünnung der Grubenwetter dieselben aus der Grube heraussaugt und statt ihrer an dem entgegengesetzten Ende des Wetterstromes frische Wetter einfallen läßt.

Trotz des besten Wetterwechsels ist die Beschaffung guter Sicherheitslampen[3]) und passende Sprengmittel[4]) sehr wesentlich.

[1]) Vgl. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenk. **29**, 283 u. 379; **30**, 144; **33**, 339; Berg- u. Hüttenm. Jahrb. 1881, 194. — [2]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenk. **30**, 378. In 146 Fällen war die Ursache offenes Geleucht, in 44 das unbefugte Oeffnen der Sicherheitslampe, in 7 der verbotene Gebrauch von Feuerzeug, also in 197 Fällen eine offene Flamme, welche sich hätte vermeiden lassen. In 74 Fällen traf die Schuld die geschützte Flamme, d. h. die Sicherheitslampe selbst, nämlich in 19 das Schadhaftwerden der Lampe, in 11 das Glühendwerden des Drahtkorbes und in 44 das Durchschlagen der Flamme durch das Drahtnetz, und zwar 37 Mal in Folge heftiger Bewegung der Lampe und 7 Mal wegen zu großer Geschwindigkeit des Wetterzuges. In 66 Fällen war die Pulverflamme bei der Sprengarbeit Ursache der Entzündung, in einem Falle steckten sich die Wetter am Wetterofen an und in 8 Fällen blieb die Ursache unbekannt. Von diesen 340 Fällen waren in 219 die schlagenden Wetter durch langsame Entbindung entstanden, daher die Ventilation sehr mangelhaft gewesen sein muß; in 46 Fällen gab das Anhauen von Bläsern oder Gasklüften zu ihrem plötzlichen Auftreten Veranlassung, während in 42 Fällen die Ansammlung von Gasen, besonders im „alten Manne", und in 27 Fällen Störungen der Ventilation das verstärkte Vorhandensein der schlagenden Wetter verursacht haben. Einfluß der Luftdruckänderung auf Explosionen s. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenk. **29**, 309 u. 380. — [3]) Vgl. Kreischer und A. Winkler: Sicherheitslampen; Polyt. Journ. **240**, 50; Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenk. **29**, 359 und 369. — [4]) Vgl. Fischer's Jahresb. 1882, 1064; Berg- u. Hüttenm. Jahrb. 1881, 153; Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenk. **29**, 345; Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1884, 790; 1885, 300.

Die Bedeutung des Kohlenstaubes[1]) für die Entstehung von Grubenexplosionen ist noch nicht völlig geklärt; jedenfalls werden aber weitaus die meisten Explosionen durch Grubengase veranlaßt oder doch eingeleitet.

Grubengase bestehen wesentlich aus Methan. Nach Schondorf[2]) bestand ein Bläser[3]) in dem zum Wälderthan gehörenden Kohlenwerk bei Oberkirchen aus:

Kohlensäure	2,56
Methan (CH_4)	60,46
Aethan (C_2H_6)[3])	37,62

Grubenwetter daselbst enthielten:

Kohlensäure	0,246	bis 0,097	Proc.
Methan	0,119	„ 1,197	„
Aethan	0,011	„ 0,347	„

Er gibt ferner folgende Analyse einer Grubenluft, in welcher die Lampen das Gas anzeigten, indem sie eine blaue Flammenhülle erkennen ließen:

Stickstoff	77,272
Sauerstoff	17,942
Kohlensäure	0,409
Methan	4,517
Aethan	0,063

Den ausführlichen Tabellen über die Grubenwetter in preußischen Steinkohlenbergwerken seien folgende Angaben entnommen:

---

[1]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenk. **29**, 310; **32**, 575; Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenk. 1885, 358 u. 472; 1886, 10; Annal. d. mines **15**, 2; Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1879, 442; Fischer's Jahresb. 1882, 1064; 1885, 1206; 1887, 859. — [2]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenk. **24**, 73; **31**, 145 u. 435; **32**, 509; **33**, 277. Man nennt „Bläser" eine Art von Gasquellen, deren Dauer mitunter zwar bloß ganz kurz ist, aber auch ebenso nach Monaten und Jahren zählen kann. In der Kohlengrube Tyne hat man einen Bläser gehabt, der während eines Jahres 168 bis 196 cbm Gas in der Minute ergab. Zu Wellesweiler (Saarbrücken) hielt ein Bläser während 50 Jahren an. Man hat selbst zu verschiedenen Zeiten das Gas zu Beleuchtungszwecken aufgefangen, und Jars führt im vorigen Jahrhundert ein Leuchtfeuer an der Küste von Whitehaven an, welches durch Grubengas gespeist wurde. Das Dorf Fredonia bei Buffalo war gegen 1830 durch eine Gasquelle beleuchtet, welche aus einer Kohlenschicht kam. Georg Stephenson hat von 1831 bis 1835 die Tagesanlagen der Grube Wilmington mit dem Gase eines Bläsers erleuchtet, welches in der Grube aufgefangen wurde. Aehnliche Beispiele finden sich noch heute in England. — [3]) Schulz hält das in Grubenwettern aufgefundene Aethan für besonders gefährlich, ohne aber eigene Versuche auszuführen (Wochenschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1883, 184).

Ort der Probenahme		Zusammensetzung der Wetter			Wettermenge pro Minute cbm	Zahl der		Durchschnittsförderung pro Stunde t
		O + N	CO_2	CH_4		Arbeiter	Pferde	
Niederrheinisch-Westfälisches Steinkohlenbecken.								
1. Zeche Westfalia bei Dortmund, Schacht Kaiserstuhl, den 13. October 1882.								
Südlicher Wetterquerschlag in der Wettersohle	Ausziehender Gesammtstrom	98,664	0,246	1,090	1 053,00	210	8	75
Südlicher Wetterquerschlag in der Wettersohle	Ausziehender Strom des Flötzes P	99,325	0,117	0,558	195,00			
Oestliche Abbaustrecke Nr. 7 in der II. westlichen Abtheilung des Flötzes P über der Wettersohle	Vor Ortsstoß	97,627	0,247	2,126				
Westliche Abbaustrecke Nr. 4 in der II. westlichen Abtheilung des Flötzes P über der I. Tiefbausohle	Vor Ortsstoß: an der Firste	96,847	0,324	2,829				
	„ „ Sohle	98,839	0,150	1,011				
	gemischt	98,584	0,201	1,215				
2. Zeche Zollern bei Dortmund, den 24. October 1882								
Nördlicher Hauptquerschlag in der I. Tiefbausohle	Ausziehender Strom des Nordflügels	99,308	0,253	0,439	795,00	178	8	32,98
1,5 m aufgefahrenes Ueberhauen aus der östlichen Grundstrecke des Flötzes B, II. östliche Abtheilung in der II. Tiefbausohle		92,459	0,405	7,136				

Ort der Probenahme		Zusammensetzung der Wetter			Wettermenge pro Minute cbm	Zahl der		Durchschnittsförderung pro Stunde t
		O + N	CO_2	CH_4		Arbeiter	Pferde	
Westlicher Pfeiler Nr. 3 in der II. östlichen Abtheilung des Flötzes B über der II. Tiefbausohle	Vor Ortsstoß: am Pfeilerhöchsten	99,364	0,226	0,410				
	in der Pfeilermitte	99,585	0,165	0,250				
	in der Förderstrecke	99,693	0,167	0,140				
Hauptwetterüberhauen über der Wettersohle im Flötz Nr. 1	Ausziehender Strom des Südflügels	99,204	0,325	0,471	572,00	86	8	19,60
3. Zeche Pluto bei Wanne, Schacht I, den 11. November 1882.								
Nördlicher Wetterquerschlag in der Wettersohle	Ausziehender Strom von den nördlichen Flötzen	98,861	0,811	0,328	692,60	147	8	41,30
Oestliche Grundstrecke im Flötz Nr. 4 in der I. östlichen Abtheilung der III. Tiefbausohle	Vor Ortsstoß	99,875	0,092	0,033				
Oestliche Grundstrecke im Flötz Nr. 2 in der I. östlichen Abtheilung der III. Tiefbausohle	Vor Ortsstoß	99,908	0,058	0,034				
Nördlicher Hauptquerschlag in der II. Tiefbausohle	Theil des ausziehenden Stromes von den Vorrichtungsarbeiten in Flötz Nr. 8 zwischen der III. und II. Tiefbausohle	99,891	0,049	0,060				
Westliche Abbaustrecke Nr. 2 in der I. östlichen Abtheilung des Flötzes Nr. 8 über der III. Tiefbausohle		99,698	0,269	0,033				

4. Zeche Maria bei Hongen, den 15. November 1883.								
Im Wettercanal zum Ventilator auf dem Wetterschacht Nr. 1	Ausziehender Strom des Wetterschachtes Nr. 1	98,264	0,977	0,759	462,00			
Im Wettercanal zum Ventilator auf dem Wetterschacht Nr. 2	Ausziehender Strom des Wetterschachtes Nr. 2	97,738	0,698	1,564	268,00			
Westliche Grundstrecke im Flötze C (II. R) Nordflügel in der 360 m-Sohle, westlich des tonnlägigen blinden Wetterschachtes	Ausziehender Strom aus der Tiefbauabtheilung	97,437	0,359	2,204	308,00			
Hauptquerschlag in der 360 m-Sohle im Sattelhöchsten von Flötz Nr. 4	Ansammlung von Schlagwettern an der Firste	85,217	0,096	14,687				
Westliche Grundstrecke im Flötz Nr. 13 (I. R) Nordflügel in der 250 m-Sohle	Durch den Förderschacht Nr. 2 ausziehender Strom des Westfeldes	98,830	0,520	0,650	86,00			
5. Zeche Westfalia bei Dortmund, den 30. Januar 1884.								
Südlicher Hauptquerschlag in der II. Tiefbausohle im Hangenden von Flötz B	Ausziehender Strom des Südfeldes	99,174	0,743	0,083	304,00	147	7	29,50
Nördlicher Hauptwetterquerschlag in der I. Tiefbausohle	Ausziehender Strom des Nordfeldes	98,875	0,519	0,606	208,00	152	4	25,00
Wetterquerschlag von Flötz Nr. 7 nach Flötz Nr. 16 in der II. östlichen Abtheilung der I. Tiefbausohle	Ausziehender Strom von den Flötzen Nr. 8, 9, 11 und 12 über der III. Tiefbausohle, sowie Nr. 9 und Nr. 16 über der II. Tiefbausohle	99,319	0,328	0,353	154,00	152	4	25,00
II. östlicher Theilungsquerschlag in der II. Tiefbausohle im Hangenden von Flötz Nr. 12.	Ausziehender Strom von den Flötzen Nr. 8, 9, 11 und 12 über der III. Tiefbausohle	99,628	0,252	0,120	106,00	116	4	15,00
Oestliche Abbaustrecke Nr. 7 in der II. östlichen Abtheilung auf Flötz Nr. 16 über der II. Tiefbausohle	Vor Ort:							
	an der Firste	95,869	0,775	3,356				
	in der halben Streckenhöhe	96,050	0,755	3,195				
	an der Sohle	97,702	0,589	1,709				

Ort der Probenahme		Zusammensetzung der Wetter			Wettermenge pro Minute cbm	Zahl der		Durchschnittsförderung pro Stunde t
		C + N	CO_2	CH_4		Arbeiter	Pferde	
6. Zeche Unser Fritz, Schacht I, bei Wanne, den 9. April 1884.								
Nördlicher Querschlag in der I. Tiefbausohle, nahe beim Schachte	Ausziehender Strom des Westfeldes	99,304	0,302	0,394	147,00	108	4	16,50
Oestliche Grundstrecke im Flötz Nr. 6 in der I. östlichen Abtheilung der I. Tiefbausohle	Ausziehender Strom des Ostfeldes	99,216	0,406	0,378	258,00	131	6	26,50
Südlicher Querschlag in der I. Tiefbausohle im Liegenden von Flötz Nr. 6.	Ausziehender Strom des Südfeldes	99,146	0,496	0,358	344,00	103	3	18,25
Oestliche Grundstrecke auf Flötz Nr. 11 in der I. östlichen Abtheilung der I. Tiefbausohle	Ausziehender Strom der II. östlichen Abtheilung der Flötze Nr. 10, 11, 12 und 13 über der II. Tiefbausohle	99,289	0,326	0,385	222,00	82	2	14,00
Südlicher Querschlag in der I. Tiefbausohle im Liegenden von Flötz Nr. 11	Ausziehender Strom der südlichen Abtheilung der Flötze Nr. 12 und Nr. 13 Südflügel über der II. Tiefbausohle	99,108	0,585	0,307	132,00	21	1	4,25
Saarbrücker Steinkohlenbecken.								
Kgl. Steinkohlengrube König-Wellesweiler, Abtheilung König, den 1. August 1883.								
Oestliche Grundstrecke auf Flötz Waldemar aus dem Hauptquerschlage in der Saarsohle nördlich des Ventilatorschachtes	Ausziehender Strom des gesammten Westfeldes	99,298	0,362	0,340	745,58	390	7	40,40

Westliche Grundstrecke im Flötz Nostiz aus dem I. westlichen Querschlage in der Saarsohle	Ausziehender Strom der hangenden und mittleren Partie des Westfeldes	98,994	0,530	0,476	198,54	169	4	21,60
I. westlicher Querschlag in der Saarsohle im Liegenden von Flötz Aster	Ausziehender Strom der liegenden Partie des Westfeldes	98,772	0,660	0,568	56,00	36	1	4,00
Südlicher Wetterquerschlag, südlich des Ventilatorschachtes in der Saarsohle	Ausziehender Strom des gesammten Ostfeldes	99,338	0,346	0,316	1213,00	548	4	73,30
I. östlicher Hauptquerschlag im Liegenden von Flötz Grolmann in der Saarsohle	Ausziehender Strom der liegenden Partie des Ostfeldes	99,448	0,358	0,194	443,66	237	2	34,60
Zeche Ver. Glückhilf bei Waldenburg (Schlesien), den 8. September 1883.								
Im Ventilatorgehäuse am Hedwigschacht	Gesammtausziehender Strom vom Hedwig-Schachtsystem	99,156	0,511	0,333	819,00	400	—	80,00
Luftzuführungsraum des Guibal-Ventilators am Wrangel-Schacht	Ausziehender Strom vom Wrangel-Schachtsystem	99,414	0,311	0,275	892,00	201	—	38,00
Wetterschwebende, zu Bremsberg I im Flötz Nr. 5 gehörig, zwischen der II. und I. Tiefbausohle nördlich des Wrangel-Schachtquerschlages	Dieser Strom ventilirt die Vorrichtungs- und Abbauarbeiten im Flötz Nr. 5 zwischen der III. und II. Tiefbausohle	99,118	0,142	0,740	165,43	25	—	7,00
Zeche Conf. Friedenshoffnung bei Waldenburg, den 8. September 1883.								
Hauptwetterstrecke im Flötz Nr. 3 in der IV. Tiefbausohle (Wettersohle) südlich des Ventilatorschachtes	Ausziehender Strom von Flötz Nr. 2, 3, Starkesflötz und Nr. 4 im Baufelde südlich des Hauptsprunges	98,729	0,353	0,918	375,22	239	—	28,50
Südlicher Querschlag Nr. 2 von Flötz Nr. 2 nach dem Straßenflötz in der Wettersohle	Ausziehender Strom vom Straßenflötz im Baufelde südlich des Hauptsprunges	98,720	0,297	0,983	103,45	25	—	0,40
Streichende Strecke Nr. 6 im Flötz Nr. 5, im Bereiche des Bremsschachtes Nr. I auf Flötz Nr. 4 in der V. Tiefbausohle	Dieser Strom ventilirt auf Flötz Nr. 5 die streichende Strecke Nr. 6 und die Wetterstrecke auf diesem Flötz auf eine Länge von etwa 500 m	98,683	0,119	1,198	133,40	6	—	0,35

A. Winkler[1]) fand in Grubenluft bis 0,2 Proc. Methan und 2,7 Proc. Kohlensäure. Eine Grube lieferte täglich bis 1043 cbm Methan und 8000 cbm Kohlensäure.

Förster und Winkler[2]) fanden in der Grubenluft bei Zwickau nur 0,003 bis 0,077 Proc. Methan.

J. Mauerhofer[3]) bespricht die verschiedenen Versuche zur Verwerthung der Grubengase. Dieselben enthielten 2 bis 2,9 Proc. Kohlensäure und 88,8 bis 95 Proc. Methan; sie wurden probeweise zur Beleuchtung mit Magnesiakämmen verwendet.

Playfair[4]) fand:

	Sumpfgas	Stickstoff	Sauerstoff	Kohlensäure	Wasserstoff
Walsend (Bensham)	77,50	21,00	—	1,30	—
„ (pipe above ground)	92,80	6,90	0,60	0,30	—
Hebburn (24 feet below Bensham)	91,80	6,70	0,90	0,70	—
„ (ditto a month after)	92,70	6,40	—	0,90	—
„ (Bensham)	86,50	11,90	—	1,60	—
Jarrow (Bensham)	83,10	14,20	0,40	2,10	—
„ (five quarter) . . .	93,40	4,90	—	1,70	—
„ (low main)	79,70	12,13	3,00	—	3,00
„ (low main)	70,70	15,30	8,00	2,00	—
Well gate (five quarter seam)	98,20	1,30	—	0,50	—

Thomas[5]) fand in Kohlengruben von Wales:

	Sumpfgas	Stickstoff	Kohlensäure	Sauerstoff	Aethylwasserstoff
Bläser	97,65	1,85	0,50	—	—
„	96,74	2,79	0,47	—	—
„	94,84	5,06	0,10	—	—
„	95,05	0,69	4,26	—	—
„	47,37	41,58	0,90	10,15	—
„	95,47	3,91	0,62	—	—
„	95,51	2,53	1,96	—	—
„	94,78	3,60	0,72	—	0,90
„	95,56	3,98	0,35	0,11	—
Bohrloch in der Kohle	97,31	2,31	0,38	—	—
„ „ „ „	96,54	3,02	0,44	—	—
„ „ „ „	74,86	20,30	0,15	4,69	—
„ „ „ „	97,37	2,21	0,42	—	—
„ „ „ „	95,42	3,98	0,60	—	—

Beim Erwärmen der Kohlenproben auf 100° entwickelten sie nach Thomas in der Luftleere

---

[1]) Fischer's Jahresb. 1882, 1062. — [2]) Jahrb. f. Berg- u. Hüttenw. Sachsen 1883, 96. — [3]) Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1893, 300. — [4]) Vgl. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenk. **29**, 286. — [5]) Journ. Chem. Soc. **13**, 812 u. 820.

Menge des im luftleeren Raume bei 100° entwickelten Gases	Kohle	Methangas	Stickstoff	Sauerstoff	Kohlensäure
55,9 ccm	Bituminöse Kohle . . .	—	62,78	0,80	36,42
61,2 „	„ „ . . .	0,40	80,11	2,72	16,77
55,1 „	„ „ . . .	63,76	29,75	1,05	5,44
24,0 „	„ „ . . .	2,68	69,07	6,09	22,16
39,7 „	„ „ . . .	31,98	56,34	2,25	9,43
73,6 „	Halbbituminöse Kohle . .	72,51	14,51	0,64	12,34
194,8 „	Dampfkessel-Kohle . . .	87,30	7,33	0,33	5,04
250,1 „	„ . . .	81,64	4,66	0,49	13,21
218,4 „	„ . . .	84,22	9,88	0,44	5,46
147,4 „	„ . . .	67,47	12,61	1,02	18,90
375,4 „	„ . . .	83,92	3,49	0,34	9,25
149,3 „	„ . . .	73,47	14,62	0,56	11,35
215,4 „	„ . . .	82,70	11,12	0,54	5,64
555,5 „	Anthracit	93,13	4,25	—	2,62
600,6 „	„	84,18	1,10	—	14,72

Gasgehalt der Braunkohle untersuchte J. W. Thomas[1]). Blätteriger Lignit. Erhitzen auf 50° von 100 g durch 12 Tage gab 56,1 ccm Gas, bestehend in 100 Thln. aus 87,25 CO_2, 0,24 O, 3,59 CO und 8,92 H_2O. Von einem zweiten, auf 50° erhitzten Muster wurden 100 g 18 Tage auf 100° erhitzt; es wurden 59,9 ccm Gas freigemacht, das aus 89,53 CO_2, 5,11 CO, 0,33 C_nH_{2n} und 5,03 N bestand. Erhitzen auf 150° führte Zersetzung herbei; unter den Producten fanden sich Mercaptan, Schwefelallyl und andere geschwefelte organische Körper vor. Bei 200° wurden etwa 18 ccm Gas erhalten, die, vorzüglich in den zuletzt übergehenden Theilen, aus 82,06 CO_2, 2,82 H, 14 CO, 0,49 C_2H_4, 0,48 C_3H_6 und 0,27 N bestanden. Schon bei 100° schwärzte sich das Quecksilber der Sprengelpumpe; bei 250° war die Einwirkung des Schwefels auf das Quecksilber so heftig, daß die Fallröhre der Pumpe verstopft wurde.

Dichter, brauner Lignit. Erhitzen auf 50° (gleichfalls von 100 g) gab 48,5 ccm aus 96,23 CO_2, 0,11 O, 2,42 CO, 1,24 N und einer Spur C_nH_{2n} bestehendes Gas. Bei 100° sublimirte Schwefel in kleinen Krystallen und bei 185° trat Zersetzung ein. Bei 200° freigemachtes Gas enthielt 86,30 CO_2, 7,41 CO, 2,08 C_nH_{2n}, 3,34 CH_4, 0,53 C_3H_8 und 0,34 N.

Dichter, erdiger Lignit, ohne holzartige Structur, von schwärzlicher Farbe, an den Spaltflächen reichlich mit Eisenoxyd belegt. Zersetzung begann bei 180°. Die bei 200° entbundenen Gase waren 0,41 H_2S, 91,68 CO_2, 0,41 C_nH_{2n}, 7,12 CO, 0,38 N und Spuren von H.

E. v. Meyer[2]) erhitzte die Kohlenproben unter Wasser auf 100° und untersuchte die entweichenden Gase. Die volumprocentige Zusammensetzung der Gase zeigt folgende Tabelle. Kohlenwasserstoffe fehlten bei der Burgk-Kohle, sonst sind sie meist in großer Menge vorhanden.

---

[1]) Chem. News 1877, 249. — [2]) Journ. f. prakt. Chem. 5, 144 und 407; 6, 360; Wagner's Jahresb. 1872, 890; 1873, 957.

	CO_2	O	N	CO	CH_4	C_2H_6	Schwefelsäure absorbirt	100 g Kohle gaben Gas ccm
Plauen.								
Schacht Burgk, harter Schiefer	48,7	1,8	49,5	—	—	—	—	—
„ „ weicher Schiefer	38,2	1,2	60,6	—	—	—	—	—
„ „ Maschinen-Schiefer	54,9	1,2	43,9	—	—	—	—	—
Zwickauer Brückenberg.								
Schichtenkohle aus 700 m Teufe. Frischer Anbruch, sehr dichte, ausgezeichnet schiefrige Kohle	2,42	2,51	23,17	—	71,90	—	—	38,0
Zackkohle aus 680 m Teufe. Frischer Anbruch, schiefrig, glänzende matte Schichten Pechkohle	4,02	0,62	50,36	—	45,00	—	—	25,5
Zackkohle aus 656 m Teufe. 1½ Jahr dem Wetterstrom ausgesetzt, etwas verwittert erscheinend, Bruch im Innern glänzend	2,25	0,70	23,89	—	73,16	—	—	18,6
Lehekohle aus 560 m Teufe. Frischer Anbruch, harte schiefrige Kohle von glänzendem Bruch	0,60	Spur	48,00	—	51,40	—	—	54,8
Schichtenkohle, fünf Jahre dem Wetterstrom ausgesetzt . . .	16,70	4,90	55,15	—	3,17	18,61	1,47	18,2
Dieselbe, eine Woche später untersucht	11,40	3,80	60,98	—	3,44	18,88	1,50	—
Dieselbe, zwei Wochen später untersucht	12,10	1,10	65,16	—	3,19	16,85	1,60	—
Lehekohle, fünf Jahre dem Wetterstrom ausgesetzt	7,62	2,44	50,75	—	15,88	22,35	0,96	13,6
Dieselbe, eine Woche später untersucht	10,10	2,60	50,53	1,82?	10,18	23,32	1,45	—
Dieselbe, zwei Wochen später untersucht	11,18	2,82	67,99	—	—	16,36	1,65	—
Westfalen.								
Gaskohle von Zeche Zollverein	7,50	2,59	89,91	—	—	—	—	22,5
„ „ „ Consolidation	2,56	4,11	58,48	—	24,85	—	—	17,4

	CO_2	O	N	CO	CH_4	C_2H_6	Schwefelsäure absorbirt	100 g Kohle gaben Gase ccm
Fettkohle von Zeche Constantin:								
Flötz Sonnenschein, frisch deutlich geschichtet, etwas Schwefelkies enthaltend	4,87	2,66	75,82	—	16,65	—	—	50,6
Dieselbe, jahrelang dem Wetterstrom ausgesetzt	11,12	2,88	78,60	—	7,40	—	—	43,2
Flötz Dickebank, frisch, der vorigen sehr ähnlich	2,18	2,12	70,51	—	25,19	—	—	43,3
Dieselbe, jahrelang dem Wetterstrom ausgesetzt	15,84	3,06	74,53	—	6,57	—	—	41,2
Flötz Präsident, frisch, undeutlich schiefrig, mürbe, reich an Faserkohle	5,82	1,99	60,62	—	31,57	—	—	59,2
Dieselbe, jahrelang dem Wetterstrom ausgesetzt	7,68	2,24	86,77	—	3,31	—	—	43,6
Flötz Wilhelm, frisch, undeutlich geschiefert, stellenweise faserig graphitglänzend	1,30	1,60	66,85	—	30,25	—	—	54,4
Dieselbe, jahrelang dem Wetterstrom ausgesetzt	4,35	3,35	81,18	—	11,12	—	—	39,2
Flötz Franziska, frisch, deutlich geschiefert, reich an Schwefelkies	2,02	0,90	86,43	—	10,65	—	—	54,5
Dieselbe, jahrelang dem Wetterstrom ausgesetzt	2,15	3,14	91,28	—	3,43	—	—	39,6
Flötz Leonhardt, frisch wie die vorige	3,72	0,39	90,19	—	5,70	—	—	42,0
Dieselbe, jahrelang dem Wetterstrom ausgesetzt	8,49	3,57	87,94	—	Spur	—	—	36,4
Saarbrücken (Grube Kronprinz).								
Wahlschieder Flötz.								
Grubenluft	4,05	15,17	78,13	—	2,65	—	—	—
Kohle 120 m tief (zwei Wochen nach d. Fördern). Regelmäßig geschichtet, reich an Schwefelkies. Aussehen verwittert .	8,51	0,25	23,55	—	63,86	3,88	—	—
Kohle 120 m tief (zehn Wochen gelagert), s. Nr. 4	33,66	0,81	36,73	—	24,08	4,72	—	42,0
Kohle 152 m tief (zwei Wochen). Weniger hart und ärmer als Nr. 4	4,85	—	22,27	—	72,88	—	—	—

	CO_2	O	N	CO	CH_4	C_2H_6	Schwefelsäure absorbirt	100 g Kohle gaben Gase ccm
Schwalbacher Flötz.								
Kohle 116 m (drei Wochen). Deutlich geschichtet, nicht sehr stark und verhältnißmäßig arm an Schwefelkies . . .	4,57	0,26	37,41	—	51,84	4,92	—	—
Kohle 116 m (fünf bis sechs Wochen), s. Nr. 7	49,85	1,39	33,62	—	15,04		—	32,0
Kohle 156 m (drei bis vier Wochen). Mürbe, von verwittertem Aussehen, reich an Schwefelkies	38,05	1,16	32,40	—	15,06	13,06	—	19,0
Kohle 110 m (fünf Wochen). Ziemlich hart, regelmäßig geschichtet	29,50	3,09	45,49	—	12,44	9,48	—	25,0
Kohle 148 m (vier Wochen). Unregelmäßig geschichtet, auf den Bruchflächen zahlreiche Verwitterungsproducte (von Schwefelkies) zeigend . . .	15,22	0,56	32,10	—	52,12	—	—	22,5
Grube Geislautern.								
Flötz Nr. 4 (sechs Wochen). Deutlich geschichtet, von stark verwittertem Aussehen . . .	19,19	0,97	38,68	—	37,94	3,22	—	26,0
Flötz Nr. 5 (acht Wochen). Unregelmäßig geschichtet, reich an Schwefelkies, viel Faserkohle enthaltend	35,66	2,63	48,64	—	9,46	3,61	—	21,2
Flötz Nr. 6 (sechs Wochen). Deutlich geschichtet, nicht sehr hart	26,12	1,20	17,03	—	55,65	—	—	53,0
Grube Gerhard.								
Flötz Anna (vier bis fünf Wochen). Nicht geschichtet, sehr hart und von glänzendem muscheligen Bruch	Spur	—	8,24	—	91,76	—	—	188,0
Flötz Sophie (vier bis fünf Wochen). Beschaffenheit der vorigen	1,83	—	7,38	—	90,79	—	—	158,0
Flötz Max (vier bis fünf Wochen). Beschaffenheit der vorigen	2,90	—	7,27	—	89,93	—	—	180,0

Neuerdings wurden von W. Mc. Connel[1]) fünf Proben staubfreie Stückkohle von Ryhope erhitzt, und zwar die erste durch 5 Stunden auf 40 bis 70°, die zweite durch 19 Stunden auf 70 bis 92°, die übrigen durch 44, 24 und 27 Stunden auf 100°. Dabei ergaben 100 g Kohle 81,8 ccm Gase, deren allgemeine Zusammensetzung die folgende war:

Kohlensäure	0,72 Proc.
Sauerstoff	9,41 „
Gase der Methanreihe	16,91 „
Andere Kohlenwasserstoffe	0,00 „
Stickstoff	72,95 „

Dann zerkleinerte man gleiche Kohle zu feinem Pulver, von welchem 208 g, durch 26 Stunden im luftleeren Raume auf 100° erhitzt, 109 ccm Gas von folgender Zusammensetzung ergaben:

Kohlensäure	0,85 Proc.
Sauerstoff	6,95 „
Kohlenoxyd	Spur
Gase der Methanreihe	18,40 „
Andere Kohlenwasserstoffe	1,10 „
Stickstoff	72,70 „

Wahrscheinlich werden Gasgemenge dieser beiden Arten bei der ersten Einwirkung der Explosionswärme aus dem Kohlenstaub frei und folgt denselben sofort weiteres, durch theilweise Destillation des Staubes entbundenes Gas nach, so daß eine beständige Entwickelung stattfindet, ohne daß die Kohle selbst verbrennt. Bei 100° wird auf keinen Fall das ganze in der Kohle eingeschlossene Gas frei. Bei einem folgenden Versuche setzte man 90 g Ryhope-Kohle zuerst in 2 Thln. durch bezw. 44 und 34 Stunden der Wasserdampfhitze aus und erhielt dadurch 122,2 ccm Gas auf 100 g Kohle; dann wurde die Kohle abermals, und zwar durch 12 Stunden erhitzt, bis alle Gasentwickelung aufhörte. Ferner setzte man dieselbe durch 14 Stunden, bis zum Aufhören der Gasentbindung, einer Temperatur von 130° und sonach in gleicher Art einer solchen von 184° aus, und erhielt dabei Gasmengen von 20 und 7 ccm von nachstehender Zusammensetzung in Volumtheilen:

	bei der Temperatur von 130°	184°
Kohlensäure	8,5	5,8
Sauerstoff	4,0	27,0
Kohlenoxyd	0,0	0,0
Gase der Methanreihe	9,9	4,6
Andere Kohlenwasserstoffe	1,8	0,0
Stickstoff	75,8	62,6

Endlich wurde wieder nach Aufhören der Gasentwickelung die Kohle gepulvert und bei 100° ergaben sich noch 34 ccm Gas mit folgenden Bestandtheilen:

[1]) Engin. 57, 144; Fischer's Jahresb. 1894, 10.

Kohlensäure	4,4
Sauerstoff	1,2
Kohlenoxyd	1,0
Gase der Methanreihe	37,7
Andere Kohlenwasserstoffe	2,6
Stickstoff	53,1

Die mit einer Dampfkesselkohle von der Grube Seaton Delaval ausgeführten Proben lieferten andere Resultate. Bei Erwärmung einiger Partien bis auf 100° entwickelte sich eine bedeutende Menge Gas von der mittleren Zusammensetzung:

Kohlensäure	10,26
Sauerstoff	8,03
Stickstoff	82,20

Bei Behandlung von Stückkohle erhielt man mehr Kohlensäure und weniger Sauerstoff, aber keine Methane und sonstigen Kohlenwasserstoffe.

Kohlenbildung.

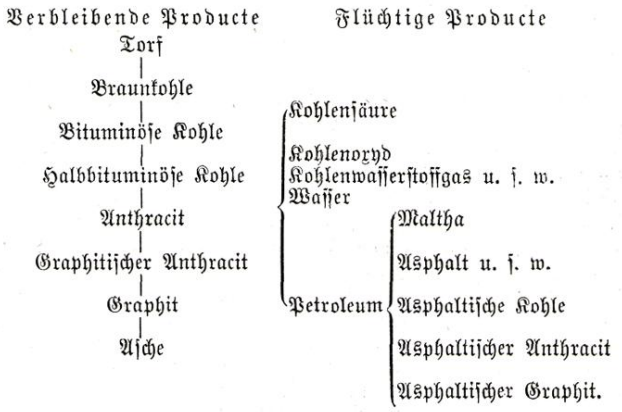
So lange Steinkohlen verwendet werden, hat man sich auch mit der Frage nach der Herkunft derselben beschäftigt. Agricola[1]) bezeichnet die Steinkohle als einen in der Erde verhärteten fetten, harzigen, mit schwefliger Materie verhärteten Saft. Encelius hält die Steinkohle für veränderten Torf. Nach C. A. Scheidl[2]) bestehen die Steinkohlen „aus einer wässerigen Feuchtigkeit, einem scharf schmeckenden Schwefelgeiste, einem doppelten Erdöle, einem sauren Salze, und einer lockeren Sumpferde". Büntingen (a. a. O. S. 34 u. 40) bestreitet entschieden, daß Steinkohle aus untergegangenen Wäldern entstanden sei, er stellt (S. 48) die verschiedenen Ansichten über die Art der Kohlen zusammen und meint (S. 68), Steinkohle enthalte 1. Sal nitrosum chalcantinum, 2. Sulphus, quod inest bitumini, 3. Liquor mercurialis. Er hat bereits Steinkohle destillirt, der Gestank hat aber „das ganze Haus erfüllet, daß fast niemand bleiben können".

Seit etwa 100 Jahren nehmen die Untersuchungen und Theorien über die Bildung der Kohlen wissenschaftliche Form an. Die Aufzählung aller derselben gehört hier nicht wohl her und muß bezüglich derselben auf die geologischen Specialwerke[3]) verwiesen werden. Hier sollen daher nur die in den letzten 15 Jahren veröffentlichten Arbeiten in der von den betreffenden Verfassern beliebten Form mitgetheilt werden, um ein Bild der heutigen Ansichten über Kohlenbildung zu geben[4]).

---

[1]) Natura fossilium 4, 594. — [2]) Medicus, Steinkohlen, S. 161; aus Abh. d. Chur-Bayer. Akad. d. Wissensch. 1, 169. — [3]) C. F. Zinken, Physiographie der Braunkohle (Leipzig 1867); H. Wietzsch, Geologie der Kohlenlager (Leipzig 1875); W. Runge, Ruhr-Steinkohlenbecken (Berlin 1892). — [4]) Nur der Absonderlichkeit wegen mögen auch die Behauptungen von Kleinschmidt (Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1887, 78) erwähnt werden, welche sich wesentlich auf die Behauptung von Hirshing stützen, daß eine fortwährende Rückbildung von Kohle aus

Nach J. S. Newberry[1]) ist jede Bemühung, eine Steinkohle, eine Braunkohle oder einen Anthracit zu definiren oder zu beschreiben, thöricht, weil dieselbe weder eine feste Zusammensetzung hat, noch eine bestimmte Substanz ist, sondern einfach einer conventionellen Gruppe von Substanzen angehört, welche einen Theil von einer unbegrenzten und untheilbaren Reihe von Körpern ausmachen. Er gibt hierfür folgende Uebersicht:



Torf. Trockene Pflanzensubstanz besteht aus etwa 50 Proc. Kohlenstoff, 44 Proc. Sauerstoffgas, etwas Stickstoffgas und 6 Proc. Wasserstoffgas. In einem Torfmoore finden wir den oberen Theil der Scala sehr deutlich dargestellt: Pflanzen mit der normalen Zusammensetzung von Cellulose wachsen an der Oberfläche. Die erste Torfschicht besteht aus gebräunten und zum Theil zersetzten Pflanzensubstanzen, welche vielleicht bereits 20 Proc. von den das Holz zusammensetzenden Stoffen verloren und einen größeren Kohlenstoffgehalt erlangt haben. Wenn wir in der Torfschicht weiter hinabsteigen, so finden wir sie homogener und dunkler, während wir an der Sohle des Moores, 3 bis 6 m von der Oberfläche, einen schwarzen kohligen Brei antreffen, welcher getrocknet einigen Sorten von Kohlen gleicht und denselben in der Zusammensetzung sich nähert. Dieser hat die Hälfte der Substanz der ursprünglichen Pflanze verloren und zeigt ein wesentliches Anwachsen des relativen Kohlenstoffgehaltes.

Braunkohle (Lignit). Jeder Zoll der Mächtigkeit des Torfmoores bildet eine Phase in der fortschreitenden Veränderung von Holzsubstanz zu Braunkohle, ein Ausdruck, mit welchem nicht nur verkohltes Holz, sondern der verkohlte Pflanzenstoff des Tertiärs, der Kreide, des Jura und der Trias bezeichnet werden soll. Die Braunkohlen oder jüngeren Steinkohlen gehören Torfschichten an, welche längere oder kürzere Zeit hindurch unter Thon, Sand oder festem Gesteine verbrannt worden und mehr oder weniger auf dem Wege der Verkohlung fortgeschritten sind. Wie bei dem Torfe, so bei der Braunkohle finden wir, daß sie in verschiedenen geologischen Niveaus verschiedene Stadien der Destillation darstellt. Die Tertiärkohle unterscheidet sich leicht durch den größeren Gehalt an Wasser und Sauerstoff, sowie

---

kohlensaurem Kalk stattfinden könne, daß also eine Cubikmeile Kalkstein 84 Millionen Tonnen Kohlen bilden könne. Kleinschmidt vergißt anzugeben, woher die erforderliche Wärme zur Zerlegung des $CaCO_3$ herkommen soll. — [1]) Annal. of the New-York Academ. of Science 1882; Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1882, 439; ferner School of Mines Quarterly 1883; Oesterr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenk. 1883, 418.

durch eine geringere Menge von Kohlenstoff von den Kreidekohlen und diese dadurch wieder von der Triaskohle.

Alle Kohlen tertiären oder mesozoischen Alters werden unter einen Namen (Lignit) zusammengefaßt; es ist aber einleuchtend, daß sie von einander so verschieden sind, wie der neue und schwammige Torf von dem alten und ganz verrotteten in den Torfmooren.

Steinkohle. Nach Uebereinkunft nennen wir den Torf, welcher in der carbonischen Periode abgelagert worden ist, bituminöse Kohle. Eine Untersuchung der Steinkohlenschichten in verschiedenen Ländern hat gezeigt, daß die Torfschichten der carbonischen Periode, obschon wie andere etwas variirend, in der Art der Vegetation, aus welcher sie hervorgegangen sind, einen gemeinschaftlichen Charakter erkennen lassen, durch welchen sie von den jüngeren Kohlen sich unterscheiden, indem sie weniger Wasser enthalten, weniger Sauerstoffgas und mehr Kohlenstoff und gewöhnlich die Eigenschaft zu koken besitzen, welche die jüngeren Kohlen selten haben. Gleichwohl zeigen die carbonischen Kohlen eine große Verschiedenheit, und es würde thöricht sein, ihre Zusammensetzung durch eine einzige Formel ausdrücken zu wollen, indessen steht doch fest, daß die Steinkohlen auf der ganzen Erde bestimmte Gruppenmerkmale haben, an welchen sie erkennbar sind, das Resultat der langsamen Zersetzung der Substanz der in der Carbonzeit gewachsenen Pflanzen, welche durch eine umfassende und allgemeine Veränderung sich genähert haben den Producten einer bestimmten Phase der natürlichen Destillation des Pflanzenstoffs. Ein erfahrener Geologe wird nicht irre gehen in der Bestimmung des Horizontes einer Gruppe von Kohlen carbonischen Alters, sowie von solchen der Kreide oder der Tertiärformation.

Anthracit. In der vorcarbonischen Periode war die Landvegetation offenbar nicht hinreichend, um mächtige und ausgedehnte Torfschichten zu bilden, aber Reste von Pflanzen kommen in allen älteren Formationen vor, obschon nur als Anthracit oder Graphit — die letzten der verbleibenden Producte.

Wir finden Graphitlager in den laurentischen Schichten von Canada und Anthracit in dem Untersilur von Upper Church und Kilnaleck in Irland.

Gümbel (vgl. S. 580) schreibt[1]), daß „gerade so wie bei der Torfbildung zweierlei Arten schon vorliegen, auch die Natur bei der Kohlenbildung verschiedene Wege eingeschlagen hat“. Die Steinkohlenformation ist als Inlandsbildung anzusehen, entstanden in Thälern und Mulden des Festlandes oder auch in Niederungen an der Meeresküste. In diesen Vertiefungen und flachen Einsenkungen trat Moorbildung auf, die im Verein mit großen Ueberschwemmungen Anlaß zur Flötzbildung gab. Als mitwirkende Factoren können Einschwemmungen von Pflanzenmaterial aus den benachbarten höher gelegenen Wäldern angesehen werden, gerade so wie auch angenommen werden kann, daß „von der Sumpfvegetation selbst der in eine Art Fäulniß übergegangene Pflanzendetritus abgeschwemmt und den unter tieferem Wasser stehenden Stellen des Sumpfes zugeführt wurde“. Kohlenflötze, die nicht dem Carbon angehören und sich zwischen marinen Ablagerungen finden, wie z. B. die Kohlenschmitze in den Gosauschichten des Brandenbergerthales nördlich vom Inn, deuten darauf hin, daß durch Flüsse ein Aussüßen einer Meeresbucht verbunden mit Einschwemmung von Pflanzenresten stattgefunden hat. Gleiches dürfte für ein Flötz bei Häring in Tirol und für die Kohlenlagerstätten von Miesbach, Pensberg u. a. O. in Bayern gelten, in welchen bituminöser Kalk mit brakischen Conchilien neben Landschnecken und Pflanzenresten eingelagert

[1]) Sitzungsber. d. bayer. Akad. d. Wiss. 1883, 111.

erscheint. Diese Annahme einer allochthonen Seetorfbildung hält Winklehner[1]) nicht ganz gerechtfertigt, da mit dem Begriff Torf die Entstehung an Ort und Stelle verbunden ist, eine Bildung aus lebenden Pflanzen und nicht aus eingeschwemmten Pflanzenresten. In Sümpfen mag durch Einschwemmung von Pflanzenresten sich ein kohliger Schlamm am Grunde absetzen, nie aber wird ohne Mitwirkung lebender Moorvegetation eigentlicher Torf entstehen. Auf primärer Lagerstätte befindlicher Torf ist stets autochthone, nie allochthone Bildung (vgl. S. 433).

Lesquereux[2]) weist hin auf die Torfbildung, die in einem Wasserbecken vor sich geht, das zu tief ist, als daß eine gewöhnliche Hochmoorbildung vor sich gehen konnte. Auf der Oberfläche des Wasserbeckens vegetiren schwimmende Moose der Gattung Sphagnum und bilden bald bei der Raschheit ihres Wachsthums ganze schwimmende Decken mit stetig zunehmender Mächtigkeit. Bei der kurzen Lebensdauer dieser Wassermoose stirbt Pflanze für Pflanze ab, schwimmt eine Zeit lang auf der Wasseroberfläche, bis sie dann im schon zersetzten Zustande langsam niedersinkt, um, durch die überdeckende Wasserdecke vor dem Einflusse der Atmosphäre geschützt, dem eigentlichen Vertorfungsprocesse anheimzufallen. Die schwimmende Pflanzendecke erneut sich wieder und gewinnt in Folge des schnellen Wachsthums der Sphagneen stets an Mächtigkeit. Geringe Schlammeinschwemmungen, vereinigt mit dem durch Luftströmungen herbeigeführten Staube, genügen, um einen Boden zu schaffen, der nicht nur für Wasserpflanzen, sondern auch für verschiedene Grasarten und selbst Kräuter, wie Erica tetralix u. s. w., geeignet ist, so daß diese bald die schwimmende Vegetationsdecke überziehen und mit ihren vielverzweigten Wurzeln zu einem festen Ganzen verbinden. Die schwimmenden Sphagnumgewebe breiten sich vorerst nur an den Rändern des Wasserbeckens aus, dringen aber immer weiter vom Ufer weg, bis endlich die ganze Wasseroberfläche unter der Pflanzendecke verschwindet. Ist dieser Teppich von Sphagneen einmal mit Gräsern und Kräutern überzogen, so ist in Folge der auftretenden Humusbildung auch ein Boden für Bäume geschaffen, die zuerst nur vereinzelt gedeihen, im Laufe längerer Zeit aber selbst ganze Wälder entstehen lassen können, so daß an der Stelle des einstigen Wasserbeckens Birken, Erlen, Weiden, Fichten und Tannen in großer Zahl und wohl entwickelt angetroffen werden. Diese Waldvegetation unterliegt aber früher oder später dadurch, daß das Wachsthum der tragenden Decke nicht gleichen Schritt hält mit dem Wachsthum des Waldes, einer mechanischen Zerstörung, einem Zerreißen, so daß die mächtige Pflanzendecke sammt dem Walde untersinkt und von den Fluthen begraben wird, um einem Verkohlungsproceß anheimzufallen. Auf der nunmehr freien Oberfläche des Wasserbeckens beginnt übrigens der Vorgang der Ueberdeckung mit Moosgewebe auf's Neue und damit ist der Anstoß zur Wiederholung der geschilderten Vorgänge gegeben.

P. Reinsch (1881) hält die Kohlenflötze für Meeresalgenbildungen, wie

[1]) Berg- u. Hüttenm. Zeitung 1888, 417. — [2]) Report of the Geological Survey. U. S. 1886.

ja auch schon Mohr für Algenkohlen eintrat (vgl. S. 528). Nach C. E. Bertrand und B. Renault[1]) sind für die Bildung von Gaskohlen sogen. schwarze Wasser, welche Humus- und Ulminsäuren enthalten, erforderlich.

Bertrand meint, daß sich in einem stillen Waldsee schwarze und weiße, d. h. kalkhaltige Wasser ruhig mischen und dadurch die „ulmose" Substanz gezwungen werde, sich amorph in Flocken niederzuschlagen, eingewehte oder eingeschwemmte Pflanzentheilchen dabei mit niederreißend. Diese ulmose Masse bildet jedoch an sich noch nicht die Kohle selbst, sondern liefert nur die braune Grundmasse derselben, in die alle anderen Bestandtheile eingebettet sind. Erwägt man, daß bei dieser Niederschlagsweise nothwendig auch das hinzutretende „weiße" Wasser an seinem Mineralgehalte („Härte") einbüßen wird, so erklärt sich, was Bertrand allerdings nicht berücksichtigt, hierdurch leicht der hohe Aschengehalt, den viele Bogheadkohlen aufweisen (z. B. von Torbanehill) und der sonst ganz räthselhaft wäre, da Bertrand ausdrücklich anführt, daß sich von eingeschwemmten klastischen Mineraltheilchen auch nicht eine Spur finde[2]). Die zweite von Bertrand geforderte natürliche Bedingung der Gaskohlenbildung nennt er „Wasserblüthen" (fleurs d'eau), „zu gewissen Jahreszeiten und insbesondere die warmen, ruhigen, sehr hellen Perioden hindurch bedeckt sich die Oberfläche der ruhigen Gewässer mit mikroskopischer Vegetation, welche den Eindruck eines fetten oder eines staubigen Grüns macht. Kommt ein Gewitter, ein Windstoß, kürzere und kältere Tage oder höherer Wasserstand, so verschwinden die Wasserblüthen". Unsere Wasserlinsendecken sind also nicht in Vergleich zu ziehen. In solcher Weise sollen sich in den Bildungs-Gewässern der Bogheadkohlen zeitweise ungeheure Mengen freischwimmender, vielzelliger Gallert-Algen eingestellt haben; von der Oberfläche regneten die Thallen derselben noch lebend auf den Grund (durch welche Veranlassung, ist nicht gesagt) und liefern deren Zellwände als jetzt goldgelb durchsichtige Körperchen die Hauptmasse der Bogheadkohlen; so soll ihre Masse in der Bogheadkohle von Autun, deren jetziges Volumen auf ein Sechstel des ursprünglichen geschätzt wird, 75 Proc. des Ganzen betragen, ihre Anzahl im Cubikcentimeter 250000 bis 1000000 Stück; für den Kerosenschiefer von Joadja Creek wird ihre Masse bis zu 90 Proc. steigend angegeben. Außer diesen Algen-Thallen finden sich als Bitumenlieferanten innerhalb der Kohlen noch ungeheure Mengen von Pollenkörnern und Sporenkapseln, eingeweht aus den umgebenden Wäldern. Cordaites-Pollen ließ sich bei Autun specifisch bestimmen, im Kerosenschiefer und Torbanit treten dagegen Sporen auf. Trotz ihrer gewaltigen Anzahl kommen die Pollenkörner und Sporen (bis zu 26000 Stück im Cubikcentimeter bei Autun, 11000 bis 219000 im Kerosenschiefer) an Masse doch kaum in Betracht.

Von accessorischen Bestandmassen treten außer den Pollen, Sporen und den schon erwähnten verkohlten Pflanzentheilen, welche die ulmose Grundmasse bei ihrer Präcipitation mit niederriß, nicht selten Excremente von Fischen und Amphibien auf, deren Koprolitenform nicht allein wunderbar erhalten ist, sondern innerhalb welcher auch noch die eigenthümlichen Bandwürmer und Bacterien erkannt werden konnten, ferner Fischkadaver in den verschiedensten Erhaltungszuständen (dagegen fehlen auffälligerweise Diatomeen), sowie eine stickstofffreie, asphaltähnliche Masse, Thelotit genannt, die tropfenweise zunächst bei der Kohlenablagerung, später auch auf Eintrocknungsspalten infiltrirt sein soll; durch Verwesung an Vegetabilien an der Oberfläche entstanden, soll sich der Thelotit, oft zugleich mit von ihm imprägnirten oder umhüllten Pflanzentheilen, im Wasser niedergeschlagen haben. Nachträglich auf Spalten infiltrirte Kieselsäure hat eigenthümliche Knötchen entstehen lassen. An einzelnen Stellen findet sich die Bogheadkohle erfüllt von einem besonderen, nun auch als gelbe Masse auftretenden Schleimpilze (Bretonia Hardingheni).

---

[1]) Memoire de Soc. Belge d. Géol. 7, 45. — [2]) Vgl. Glückauf 1894, 715.

Diese Verhältnisse waren also die Bedingungen für die Bildung bituminöser Kohle; so lange sie ungestört walteten, welche Periode Bertrand als eine einzige saison bezeichnet und in der er eine trockene Jahreszeit vermuthet, sei allemal ein ganzes Flötz von beliebiger Mächtigkeit entstanden. Trat eine Aenderung der Verhältnisse ein, so war auch das Niederschlagsproduct ein anderes, allerdings meist der Bogheadkohle immerhin nahestehendes oder verwandtes; so erscheint es ganz naturgemäß, daß Hangendes und Liegendes der bauwürdigen Flötze einen diesen ähnlichen Bestand besitzen und daß in ihnen auch, in Folge Wiedereintritts der erforderlichen Verhältnisse, linsenförmige Bestandmassen oder selbst ganze, wenn auch unbauwürdige Flötze (so das bis zu 12 cm mächtige Flötz „faux Boghead" im Hangenden des constant 25 cm mächtigen abgebauten Flötzes von Autun) von normaler Algenkohle wiederkehren, umschlossen von algenarmen oder algenfreien Schichten; als solche finden sich bei Autun bituminöse Schiefer, die zahlreiche, secundär gebildete Krystalle (welcher Art?) und ferner Kieselnadeln enthalten, welche von einer einzelligen Gallertalge herstammen, deren Gallertmasse, im Gegensatze zu derjenigen der vielzelligen Algen, eine eigenthümliche Anziehungskraft oder chemische Wahlverwandtschaft für Kieselsäure besessen haben soll. Angehäufte Fisch- und Batrachierreste sind in diesen Schiefern stellenweise auch in eine gelbe Substanz umgewandelt, die von derjenigen vegetabilischer Abkunft nach dem Aussehen nicht unterscheidbar ist und Bertrand zu den Aussprüchen veranlassen: „Es gibt Kohlen animalischer Herkunft, in denen man wunderbare Erhaltungszustände findet" und „die hinreichend gallertigen oder von Schleim imprägnirten Coprolithen lieferten unter diesen Umständen auch eine animalische Kohle".

Diesen bituminösen Schiefern und der eigentlichen Bogheadkohle ist eben noch immer die „ulmose" Grundmasse und oft auch der Pollen- oder Sporenreichthum gemeinsam.

Treten auch diese zurück und zwar zu Gunsten verkohlter Pflanzenreste, von denen ja auch die Bogheadkohlen immer einen Theil als accessorische Bestandtheile führen, so resultirten mehr oder weniger normale Kohlenflötze; diese sehr gewöhnliche Verknüpfung liefert den Beleg dafür, daß die normale Kohlenbildung, etwa aus eingeschwemmten Baumstämmen nach der Erklärungsweise von Ochsenius, die protogene, am Vegetationsorte stattfindende Algenkohlenbildung nicht ausschließt, sondern beide Arten der Genese mit einander verknüpft sein können.

Nach v. Fritsch[1]) lassen die Kohlenflötze deutlich erkennen, wie die Braunkohle in wechselnden Lagen vertheilt und wiederum die Schweelkohle von der Feuerkohle sichtbar getrennt ist. Man meint, daß die Schweelkohle, welche wesentlich andere Eigenschaften als die Braunkohle besitzt, eine Kohle im eigentlichen Sinne des Wortes gar nicht sei. Insbesondere ist die Frage, ob zwei Stoffe von so wechselndem specifischen Gewichte durch Wasser von einander getrennt werden, oder ob sie zusammen entstanden und nach einander in Abwechselung sich gebildet haben. Nach Fritsch zeigte sich der Pyropissit[2]) in seiner reinsten, weißen Abart fast frei von dem Zellengewebe der Pflanzen, welches man in der Braunkohle mit großer Leichtigkeit nachweisen kann, nur amorphe harzige Theilchen findet man in der Schweelkohle. Erkennt man die Braunkohle als lediglich organische Gewebe mit den hinzutretenden Umwandlungsproducten an, so liegen in der Schweelkohle lediglich Kohlenwasserstoffe mit mehr oder weniger Harzgehalt vor, und letzteres mußte, wenn die Masse ins Wasser kam, sich nach und nach sondern von der eigentlichen Kohle,

[1]) Verhandl. d. deutsch. Bergmannstages in Halle 1889. — [2]) Vgl. Dingler 232, 465.

es mußte das leichtere Harz schwimmen und sich in besonderen Lagen absetzen, während die Kohle von größerem Gewicht ihre gesonderte Lage bildete. Die Richtigkeit dieser Theorie vorausgesetzt, könnte die Braunkohle bei Halle nicht an Ort und Stelle gewachsen, sondern müßte aus dem Wasser zusammengeschwemmt sein. Für ein solches Zusammenschwemmen spricht noch, daß sich in den Kohlen Gebilde maritimen Ursprungs finden. Wollte man die Braunkohlenflötze für an Ort und Stelle gewachsen, die mit ihnen wechsellagernden Meeresschichten aber für andere Gebilde erklären, so wäre man damit an eine stete Auf- und Niederbewegung des Bodens gebunden, welche aufsteigend eine Moorvegetation ermöglichte und niedergehend eine Bedeckung mit Sand und Thon herbeiführte. Für derartige Bodenschwankungen fehlen aber nachweisbare Belege, man müßte dann besonders Wellungen in bedeutend stärkerem Maße antreffen, als dies thatsächlich der Fall ist. Es muß vielmehr eine einheitliche Bewegung bei Bildung der Braunkohle angenommen werden, und diese kann man sich nur so denken, daß das Meer in ein mit zahlreichen Pflanzen bewachsenes Gebiet trat, daß es hier die ehemaligen Thäler füllte und von diesen weiter hinauf landeinwärts stieg, wo es sich mehr und mehr ausbreitete. Mit dieser Hypothese stehe die Erscheinung in gutem Einklange, daß das Gebiet mit den ältesten Meerthierresten im Verhältniß kleiner, als diejenigen Gebiete, in denen man den Meerthierresten mittleren Alters, und noch kleiner als diejenigen, in welchen man der oberen Thierwelt begegnet. Der fragliche Landstrich war zur Zeit der Braunkohlenbildung mit einer reichen Vegetation bedeckt, unter der sich auch viele tropische Pflanzen, wie Palmen, Lorbeeren u. s. w. befanden. Ein große Menge dieser Gewächse waren Träger von Harz, welches sich in der Schweelkohle zusammenhäufte. Aber nicht bloß Coniferen, sondern auch Laubholzarten, welche Harz lieferten, wie Wachsbäume, Feigen mit ihren großen Milchsaftgefäßen grünten in der dichten Vegetation jener Vorzeit, und in der That werden in der Braunkohle sehr viele Reste von Laubgefäßen nachgewiesen.

Nach W. S. Gresley[1]) sind die kohlebildenden Pflanzen nicht am Orte des jetzigen Flötzes gewachsen. In den Steinkohlenbecken von Leicestershire und Süd-Derbyshire fand er die Stigmarien, die Wurzelstöcke der Farrenbäume, nicht regelmäßig an den Liegendthon der Flötze gebunden, sondern in den Thonen ganz unregelmäßig vertheilt, weshalb sie selbständige Bildungen sein dürften. Wenn Stigmarienwurzeln mit einem Stamme in Verbindung waren, so lagen sie mehr im Hangenden als Liegenden des Flötzes. Andere Bedenken stützen sich auf die öfter beobachtete Abwesenheit des Liegendthones; auf die scharfe Trennung zwischen den Kohlenflötzen selbst und den daneben und darunter liegenden Flötzen; auf die ausgesprochene Schichtung (lamination) jedes Flötzes und seiner Trennung in Bänke von verschiedenem Mineralcharakter (insbesondere Aschengehalt, Glanz, Brennwerth), welche Trennung oft weithin zu verfolgen ist; auf die Einschlüsse von eingeschwemmten Geröllen; auf das örtliche Vorkommen von Wassermollusken, von Fischen u. dgl. in der Kohle selbst, sowie

[1]) Iron 30, 36. Fischer's Jahresber. 1887, 14.

auf den Umstand, daß viele Kohlenflötze von Steinsalz durchsetzt sind und daß mit ihnen manchmal marine Fossilien vorkommen.

Nach C. Ochsenius[1]) sind die Steinkohlenlager durch Zusammenschwemmen von Pflanzen gebildet. Die durch O. Lang[2]) angeführte Erklärung der Bildung bituminöser Kohle am Ausflusse der Nogat (vergl. Fig. 320 bis 323) bestätigt die Ochsenius'sche Theorie, sie trifft gewiß für

Fig. 320.

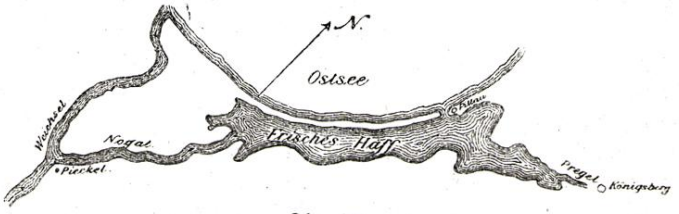


Fig. 321.

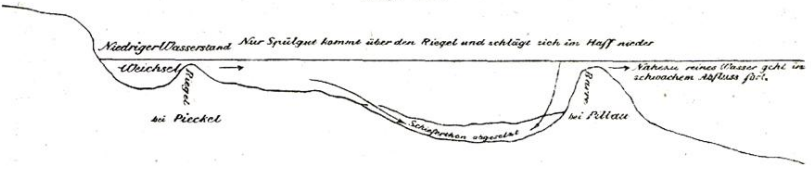


Fig. 322.

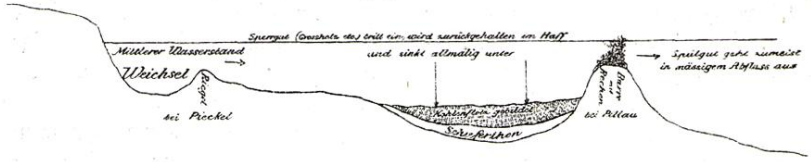
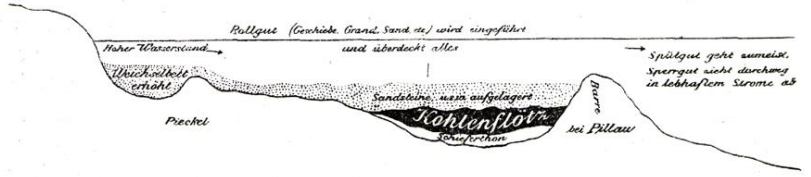


Fig. 323.



viele Kohlenablagerungen ein; Ochsenius' Aussprüche: Denken wir uns einen Strom, der aus einem großen Waldgebiete seine Zugänge erhält, einen Arm absendend, der einen nebenliegenden Landsee speist, und in dem Arme in der Nähe der Abzweigstelle einen Theilverschluß in Gestalt eines Querriegels, so lösen sich mit der Veränderlichkeit des Wasserstandes, bezw. des Flußbettes alle Räthsel der Kohlenbildung auf einfachste Weise — könnte man nach Büttgenbach[3]) ganz zustimmen, wenn statt der Kohlenbildung gesagt wäre: mancher Steinkohlenbecken (z. B. Sachsen, Saarbrücken) und aller Braunkohlenbildungen[4]).

[1]) Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1892, 67 u. 154; Glückauf 1894, 649. — [2]) Glückauf 1894, 715. — [3]) Ebend. 1894, 936. — [4]) Vergl. dagegen Fischer's Jahresb. 1895, 6.

Bei den rheinischen Braunkohlenlagern konnte nach Büttgenbach eine Ortsvegetation sicher nicht aufkommen auf einem Liegenden, welches, wie an den Ausläufern des rheinischen Vorgebirges, aus Sandschichten von 98 bis 99,5 Proc. Kieselsäure besteht. Die darauf lagernde Schicht Braunkohle, welche bis 30 m Mächtigkeit hat, zeigt Hölzer aller Art; gut conservirte Stämme liegen meist horizontal, oder in schwacher Neigung darin gebettet; vertical stehende kommen höchst selten vor und können auf dem sterilen Liegenden nicht gewachsen sein. Die Steinkohlenflötze verbreiten sich auf ungeheure Flächen von mehreren hundert Quadratmeilen bei annähernd gleichmäßiger Dicke, mit Zwischengliedern, welche sie von einander scheiden, die denselben Charakter auf der ganzen Fläche beibehalten. Die vorkommenden Verschiedenheiten sind durch spätere mechanische Einflüsse entstanden. Diese durch spätere starke Faltungen wenig geänderte Gestaltung spricht dafür, daß es eben die am Orte entstandene Vegetation war, welche dort versunken ist. Betrachtet man den Durchschnitt einer Steinkohlenablagerung, so zeigen sich die Linien, womit die Flötze angedeutet sind, in Streifen von so gleichmäßiger Dicke, daß in den Zeichnungen die Unterschiede nicht mal angegeben werden können; dagegen zeigen die Durchschnitte der Braunkohlenablagerungen, auch da, wo sie flötzartig vorkommen, daß man für sie die Bezeichnung „Flötze“ eigentlich nicht anwenden kann. Es sind vielmehr an einander gereihte Stöcke, welche in ihrer Mächtigkeit von 1 bis 50 m wechseln; wo sie mit dem flötzartigen Charakter auftreten, sind diese Streifen von so unregelmäßigen Gebilden, schwellen in kurzen Distanzen von einigen Kilometern auf das 10- oder 20fache ihrer Mächtigkeit an, und nehmen einige 1000 m weiter auch wieder so rasch ab. Sie stellen mehr flache, linsenförmige Einlagerungen, als eigentliche Flötze dar. Das müßte dann doch auch bei angeschwemmtem Steinkohlenmaterial der Fall gewesen sein.

Nach M. Williams[1]) ist die Steinkohle durch Umwandlung zusammengeschwemmter Baumstämme unter Wasser entstanden, und zwar ist diese Umwandlung durch den noch heute thätigen Bacillus Amylobacter erfolgt, welche Tieghem[2]) in der Kohle aufgefunden hat. Wenn Bruchstücke junger Coniferen im Wasser liegen, so entwickelt sich daran der Erreger der Buttersäuregährung, Bacillus Amylobacter, welcher die Gewebe angreift und die Zellenmembran unter Buttersäurebildung völlig auflöst, bis schließlich von der ganzen Wurzel nur die Cuticula und die Gefäße übrig bleiben. Zugleich hinterläßt der Bacillus im Innern des zerstörten Organes sichtbare Spuren seiner Thätigkeit. Man findet in den Lücken des Gewebes dünne Fäden in lebhafter Theilung, einzelne Stäbchen, welche sich krümmen oder eine glänzende Spore am Ende tragen. Nach beendeter Zersetzung findet man in der die verschwundenen Zellen ersetzenden Flüssigkeit eine sehr große Anzahl freier Sporen zusammengeballt oder frei herumschwimmend. Ph. v. Tieghem hat nun in Dünnschliffen, welche von B. Renault aus Gesteinen der Steinkohlenformation hergestellt wurden, sehr zahlreiche Coniferenwurzeln gefunden, welche große

[1]) Journal of Sciences 1880, 81; Fischer's Jahresber. 1880, 917. — [2]) Compt. rend. 89, 1102.

Aehnlichkeit mit Taxus und Cypressen haben. Dabei wurde dieselbe Zerstörung der Gewebe beobachtet, welche als letzten Rest nur die Cuticula und die Gefäße zurücklassen, indem sich dieselben Spuren fanden, von der lebhaften Entwickelung des Bacillus im Innern der angegriffenen Organe als dünne, in Glieder getheilte Fäden oder gekrümmte Stäbchen, von welchen oft jedes eine Spore trägt, oder aber zahllose freie Sporen, welche theils als wolkige Flocken in der die Lücken ausfüllenden Kieselsäure eingebettet, theils an der Cuticula und den Gefäßen angeklebt sind. In den Sümpfen der Steinkohlenperiode sind demnach die Pflanzen durch denselben Organismus zerstört, als dieses noch heute geschieht.

Nach W. Spring[1]) ist die Steinkohle, wie Torf, durch Vermoderung entstanden, da bei stattgefundenem Destillationsproceß wasserstoffreichere Producte hätten in das umliegende Gestein dringen müssen.

Petzold[2]) beobachtete, daß Piloten, welche den festen Untergrund (Dolerit) erreichten, über den Eisenschuh zusammengestaucht wurden und daselbst eine dickere Wulst aus zermalmtem Holze erhielten, die dreimal schwerer als ein frischer Pfahl von gleicher Länge ist; die beiden Dichten verhalten sich wie 1,066 : 0,500. Andere Pfähle wurden umgebogen, so daß der Schuh neben dem Pfahle nach aufwärts gerichtet ist, wobei jedoch ebenfalls die Wulstbildung auftritt. Ueberdies erschienen einige eingetriebene Pfähle am unteren Ende verkohlt. Petzold nimmt an, daß der Sitz der Verkohlung im Innern zu suchen ist und weist darauf hin, daß dieser Proceß insbesondere am untersten Ende dort vor sich ging, wo der Eisenschuh umgebogen und nach aufwärts gekrümmt ist. Diese Verkohlung unterscheidet sich jedoch von jener in Meilern, daß die gebildeten Destillationsproducte im vorliegenden Falle nicht entweichen konnten. Die genaue Untersuchung der kohligen Producte ergab sowohl Anthracit, als auch Braunkohle (nur hier deutlich erkennbares Pflanzengewebe im Dünnschliff sichtbar).

Nach Lallemand und Durand[3]) sind die böhmischen Braunkohlen unter Mitwirkung von Basaltausbrüchen aus Torf entstanden. In den Meeresstillen entwickelten sich unter dem Einflusse eines fast tropischen Klimas Wälder von Bäumen der heißen Zone, besonders von Palmen. Noch heute findet man die Reste dieser Vegetation unter der Form eines fetten, glänzenden, sehr reinen und sehr gesuchten Lignites, den man zu Salesl und Binova gewinnt. An diesen zwei Punkten zählt man nicht weniger wie 13 Kohlenlager von 80 und mehr Centimeter Stärke, die von Tuffbänken getrennt und nach allen Richtungen von Durchbrüchen glasiger Gesteine durchsetzt werden, die an den Berührungsstellen den Lignit in Koks verwandelt haben. Aber noch merkwürdiger ist die wunderbare Erhaltung, in welcher man, eingeschlossen im Tuff und in unmittelbarer Berührung mit den Kohlen, die fossilen Reste jener Flora antrifft, Stamm- und Stieltrümmer, Blatt- und Fruchtabdrücke u. s. w. Die Einwirkung der vulkanischen Ausbrüche auf die während der Tertiärzeit an-

[1]) Fischer's Jahresber. 1888, 9; Bull. soc. chim. 49, 11. — [2]) A. Petzold, Beitrag zur Kenntniß der Steinkohlenbildung (Leipzig, 1882). — [3]) Soc. de l'industr. minér. Oct. 1882; Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1883, 153.

gehäuften pflanzlichen Massen erscheint im Lignitgebiet des nordwestlichen Böhmens nicht zweifelhaft. Ueberall, wo dieselben erfolgen konnten, sind die Pflanzenreste heute noch vollkommen erhalten und der Lignit gleicht hier beinahe der Steinkohle. In den Gegenden ohne Vulkanausbrüche dagegen sind kaum einige Spuren der alten Pflanzen übrig geblieben, deren Charakter fast unerkennbar ist.

Nach Grand' Eury[1]) gestattet die Zergliederung und Zersetzung der fossilen Pflanzen nicht die Annahme von heftigen mechanischen Wirkungen, welche durch die Ueberschwemmungen und Flüsse in Wirksamkeit treten. Die Zersetzung ging größtentheils an der Luft rasch vor sich und wurde durch die Maceration ergänzt. Die Desaggregation und Zerstreuung des Holzes als Faserkohle setzt sehr energische klimatische Einflüsse voraus. Die stärker als gewöhnlich ausgetrockneten Hölzer und Gewebe haben die Faserkohle gebildet. Die Zertrümmerung und der einer Auflösung ähnliche Proceß der Pflanzensubstanzen ging innerhalb der carbonischen Sümpfe sehr weit. Die in den Gesteinen liegenden Abdrücke wurden durch die Wässer aus der Nähe zugeführt und außerhalb der Ablagerungsflächen gelegenen Sümpfen oder denselben benachbarten überschwemmten Wäldern entnommen. Die in den Sümpfen vor dem Transport ausgelaugten und aufgeweichten Reste sind nicht lange geschwommen. Die auf die Rinde reducirten Stengel waren leer und gewöhnlich schon sehr zusammengefallen zur Zeit ihrer Ablagerung und Bedeckung mit Schlamm. Die abgeplattete Gestalt der Abdrücke und der körnige und leichte Zustand der Modersubstanzen waren ihrer regelmäßigen Ablagerung auf einer sehr großen Fläche günstig.

Die Kohle ist unstreitig pflanzlichen Ursprungs. Nach ihrer mechanischen Structur ist sie ein sedimentäres Gestein. Am Ort ihres Wachsthums befindliche Pflanzen sind in der Kohle nur die Stigmarien. Aber ihre Gegenwart setzt eine Ablagerung in tiefem Wasser voraus. Die Abdrücke treten in der Kohle auf gleiche Art abgelagert und geordnet auf, wie in den Schiefern, und nicht regellos verwirrt, sondern die Organe derselben Pflanzen noch anhängend oder wenigstens nahe bei einander, wie es der Fall wäre, wenn die Kohle aus einer Vegetation an Ort und Stelle entstünde. Die Pflanzensubstanz, welche die Kohle zusammensetzt, ist übrigens dieselbe, welche die Schiefer schwärzt und sie kohlig oder bituminös macht. Die Kohle ist aus einer langsamen und ruhigen Ablagerung der Producte der Zersetzung von Pflanzen entstanden. Diese Stoffe wurden riesigen sumpfigen Wäldern entnommen.

Einige Arten der Kohlenpflanzen konnten in den Ablagerungsflächen und auch während der Ablagerungen wachsen, so wie Pflanzen überschwemmter Gegenden. Die aufrechten Stämme und eingewurzelten Stöcke befinden sich am Orte ihres Wachsthums. Aber die fossilen Wälder zeigen die ursprünglichen carbonischen Wälder nur in abgeschwächter unterbrochener Ausdehnung; sie drangen zeitweise in die Ablagerungsbecken vor, ließen aber die Hügel und Höhen nackt, denn die carbonische Vegetation bestand ausschließlich aus Wasser-

[1]) Annal. des mines 1882, 185.

und Sumpfpflanzen. Die fossilen Wälder sind nicht durch reißende Ströme verwüstet worden, sie sind durch Zunahme der Wasserschichte abgestorben; die Stämme wurden fortgetragen, die zurückbleibenden Stöcke sind hohl.

Die Stöcke im Liegenden der Kohlenflötze sind in der Ebene der Liegend-Sohle abgeschnitten. Häufig setzen Bäume auf Kohlenflötzen auf, aber sie sind von ihnen unabhängig. Die fossilen Wälder begleiten die Kohlenflötze so wie auch die ruhig abgelagerten Schichten; sie deuten einfach an, daß zur Bildung der Kohlenflötze eine Ruheperiode nöthig war. Die fossilen Wälder sind übrigens vielen Schichten fremd und auf einige isolirte Bäume beschränkt.

In Bezug auf Entstehungsart ist der Lignit von der Braunkohle zu trennen, welche nicht aus Holz, sondern fast ganz auf analoge Art wie die Kohle gebildet worden ist. Sie hat sich am Grunde der Seen angehäuft, an deren Boden sich die hohen Gräser der Ufer ansammelten, denn es gibt in den Gesteinen fast keine am Orte ihres Wachsthums befindlichen Pflanzen. Der Lignit ist großentheils aus unverkohlten Hölzern zusammengesetzt, welche durch Ueberschwemmungen in Sümpfe geführt wurden. Die Gräser der Umgebung wurden ebenfalls durch die Ueberschwemmungen mitgerissen, wenn das zu tiefe Wasser ihnen nicht mehr gut gestattete, sich zwischen den abgelagerten Hölzern zu entwickeln.

Der Torf ist in Bezug auf die Bildungsbedingungen ebenfalls kein Product einer einzigen Entstehungsart (Gebirgstorf und Sumpftorf).

Die Kohle kann unbedingt nicht dem Sphagneen-Torf verglichen werden; die Torflager tiefer Sümpfe allein stellen in sehr unvollkommener Weise die Entstehung der Schwarzkohlen, und die Ablagerungen in Teichen die Entstehung gewisser blätteriger Braunkohlen dar. An die Bildungsart des Lignites erinnert höchstens der Torf sumpfiger Wälder.

Gegenwärtig herrscht die Entstehung von Brennstoffen durch Torfbildung; zur Zeit der Entstehung der Braunkohlen waren die limnischen Bildungen vorherrschend; die Schwarzkohle bildete sich überall gleichartig durch Anschwemmung in sich einsenkenden Becken, unter besonderen, zusammenwirkenden Umständen.

In allen geologischen Perioden bildeten sich in den Wasserbecken Brennstoffe durch Transport, aber mit von einer Epoche zur anderen sehr verschiedenen Mitteln und sehr ungleicher Wirksamkeit[1]).

Die experimentale Methode zur Feststellung der Entstehungsart der Kohle muß die Blätter-, Rinden- und Modersubstanzen zum Gegenstande ihrer Beobachtungen machen und die wirklichen Bedingungen der Umwandlungen berücksichtigen.

Die Umwandlung in Kohle hat mit den amylumhaltigen Substanzen begonnen und zuerst die ernährenden Zellgewebe und Rinden angegriffen. Die fossilen Pflanzenreste haben einen plastischen Zustand durchgemacht und haben diesen in den gewöhnlichen Gesteinen lange Zeit beibehalten. Der Grad der Umwandlung ist in den verschiedenen Gesteinen nicht der gleiche. An den

[1]) Vergl. Berg- u. Hüttenm. Jahrb. 1883, 342.

Contactflächen mit den Gesteinen hat keine Abgabe kohliger Substanzen stattgefunden; jene, welche die Gesteine schwarz färben, wurden in aufgelöstem Zustande mit dem Schlamm zugeführt. Die Modersubstanzen haben eine der aus der directen Umwandlung der Rinden und Blätter entstandenen analoge Kohle gebildet. Die in Kohle umgewandelten, sehr dichten und kohlenstoffreichen chlorophyllischen Gewebe haben keine sehr bedeutende Volumsreduction erfahren. Dasselbe gilt von den Flötzen.

Bei der Untersuchung durch Transparenz ist die amorphe Kohle der organisirten ähnlich; in der letzteren erfüllt der Zelleninhalt und die aufgelöste Hülle das Gewebe mit einer Art festen, flockigen und gelblichen Bitumens.

Die Kohle in Massen war ein homogener Teig und ist bei einer großen Consistenz viel länger geschmeidig geblieben als die Gesteine. Die Umwandlung in Kohle endete mit einer Austrocknung, welche der Kohle die Härte und den Glanz gegeben hat. Die Umwandlung in Kohle geschah unter Einwirkung schwacher Einflüsse.

Das Grubengas wird, auf irgend eine Art in den anderen Kohlenwasserstoffen aufgelöst, in der braunen Masse der transparenten Kohle zurückgehalten, welche an der Luft leicht gewisse leichte Kohlenwasserstoffe abgibt und beständigere Kohlenwasserstoffe enthält.

Der Aschengehalt hatte durch seine Menge und Beschaffenheit einen gewissen Einfluß bei der Umwandlung in Kohle.

Der Zustand der Zersetzung der Pflanzenreste im Augenblick ihrer Anhäufung in Flötzen war von bedeutendem Einfluß auf die Beschaffenheit der Brennstoffe; der Einfluß in Folge der botanischen Verschiedenheiten der Pflanzenreste war nahe gleich Null. Der Gang der Umwandlung in Kohle hat nicht alle durch die jüngeren Brennstoffe gekennzeichneten Uebergangsstadien durchschritten.

Die Umwandlung der Steinkohle geschah unter dem Einfluß einer nicht sehr hohen Temperatur. Die Umwandlung ging zuerst sehr rasch vor sich, bei einer höheren unterirdischen Temperatur als der der gegenwärtigen, besonders in größerer Tiefe. Der Gesteinsdruck hat wenig zur Umwandlung beigetragen. Die Dichtheit der Gesteine hat, indem sie die Gase zurückhielt, eine größere Wirkung auf die Beschaffenheit der Brennstoffe ausgeübt. Zu den Ursachen, welche der Schwarzkohle den anderen mineralischen Brennstoffen gegenüber so vortheilhafte Eigenschaften verliehen haben, gehört ihre Entstehung aus besonders kohlenstoff-, wasserstoff- und stickstoffreichen Rinden und Blättern, aus Modersubstanzen und aus amylum- und gummireichen Resten der Zerstörung sehr saftiger Gewächse.

In den carbonischen Schiefern gibt es keine freien Kohlenwasserstoffe, die festen und flüssigen freien Kohlenwasserstoffe sind mineralischen Ursprungs. Die Kohlen sind keiner Destillation unterworfen gewesen. Sie haben sich nach und nach auf nassem, und nicht unter dem Einflusse des Feuers auf trockenem Wege gebildet.

Nach E. Fremy[1]) enthält Lignit (le lignite xyloide, bois fossile)

[1]) Compt. rend. 88, 1047.

noch bemerkenswerthe Mengen von Ulminsäure, kann aber nicht gleichgestellt werden weder mit dem Holze, noch mit dem Torfe, weil er durch Salpetersäure in gelbes Harz verwandelt wird und weil er vollständig in Hypochloriden löslich ist. Die gemeine Braunkohle (le lignite compacte ou parfait) enthält nur eine geringe Spur von Ulminsäure, löst sich aber noch in Salpetersäure und den unterchlorigen Säuren. Die Steinkohle und der Anthracit sind charakterisirt durch ihre Unlöslichkeit in den neutralen Lösungsmitteln, Säuren, Alkalien und unterchlorigen Säuren.

Die Versuche mit Anthracit von Daubrée und die mit Steinkohle von Baroullier bestimmten ihn zu der Annahme, daß die Umwandlung in Steinkohle sich vollzieht durch die Einwirkung der Hitze und des auf die Pflanzensubstanz ausgeübten Druckes. Um diesen Vorgang zu verfolgen, wurden Pflanzengebilde und die sie am häufigsten begleitenden Substanzen lange Zeit hindurch in an beiden Enden geschlossenen Glasröhren bis zwischen 200 und 300° erhitzt. Es wurde festgestellt, daß dabei die Pflanzenstoffe eine wesentliche Umwandlung erlitten; sie wurden schwarz, leicht zerbrechlich, entwickelten Feuchtigkeit, Säuren, Gase, Theer, aber sie behielten ihre ursprüngliche organische Form, sie erfuhren eine Schmelzung nicht und lieferten ein festes Product, welches nicht die geringste Aehnlichkeit mit der Steinkohle hatte. Bei Verwendung von Zucker, Stärkemehl, Gummiarten, Chlorophyll, sowie fetten und harzigen Substanzen, welche in den Pflanzenblättern angetroffen werden, wurde die Erfahrung gemacht, daß diese Stoffe in Substanzen sich umwandeln, welche eine gewisse Analogie mit der Steinkohle haben. Sie sind schwarz, glänzend, oft geschmolzen, durchaus unlöslich in neutralen Lösungsmitteln, Säuren und Alkalien, ganz verschieden von der Kohle, denn beim Erhitzen zur Rothgluth verhalten sie sich wie wirkliche organische Substanzen, entwickeln Feuchtigkeit, Gase, Theere und lassen als Rückstand einen harten und glänzenden Koks zurück. Die Analysen dieser Körper, welche er Steinkohlensubstanzen (substances houillères) nennen will, weisen die Aehnlichkeit ihrer Zusammensetzung mit derjenigen der Steinkohle nach:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff
Zuckersteinkohle	66,84	4,78	28,43
Stärkemehlsteinkohle	68,48	4,68	26,84
Steinkohle von arabischem Gummi .	78,78	5,00	16,22

Fremy meint, daß die Substanzen in den Zellen der Pflanzen, wie Zucker, Stärkemehl, die Gummiarten, eine wichtige Rolle bei der Erzeugung der Steinkohle gespielt haben, da sie unter dem Einflusse der Hitze und des Druckes in schwarze, in den Lösungsmitteln unlösliche Massen sich umgewandelt haben, welche den Steinkohlen durch ihre Eigenthümlichkeiten und ihre Zusammensetzung sehr nahe stehen.

Es handelte sich noch darum, festzustellen, auf welche Weise die Pflanzgebilde ihre organische Form verlieren konnten, um eine anorganische Masse zu bilden, wie sie die Steinkohle ist; es war dazu nöthig, an den organischen Pflanzenstoffen diejenige steinige Umbildung (transformation houillères) zu bewirken, welche die sie begleitenden nicht organisirten Körper zeigten. Bei

Braunkohlen und Torf trat die Ulminsäure in dem Maße auf, als die Holzgebilde ihre Organisation verloren hatten. Sobald die Vertorfung vorgeschritten war, enthielt die betreffende Masse nur unbedeutende Reste von organischer Bildung, dagegen bis 50 und 60 Proc. Ulminsäure. In fossilen Hölzern wurden ziemlich dicke, schwarze und glänzende Lagen von Ulminsäure angetroffen, welche aus der Umwandlung der Vasculose entstanden waren und zwar neben den Holzfasern, welche noch nicht vollständig desorganisirt waren. Diese Beobachtung zeigte die Umwandlung an Ort und Stelle und eines Theils des Holzes in Ulminsäure selbst im Innern der Holzmasse.

Fremy schließt daraus, daß die Pflanzen zuerst in Torf sich verwandeln, ehe sie Steinkohlen erzeugen und daß in diesem Zustande das Verschwinden der organischen Gebilde Folge einer Art von torfiger Gährung („fermentation, tourbeuse") ist, was Van Tieghem bestätigt (S. 572).

Um aber diese Hypothese durchzuführen, blieb noch zu beweisen, daß die Ulminsäuren und besonders diejenige des Torfes, gleich wie die vorher von Fremy untersuchten Körper in Steinkohle sich verwandeln können. Es wurden drei Arten von Ulminsäure versucht: 1. Ulminsäure aus Torf. 2. Zuckerhuminsäure (l'acide saccharhumique). 3. Ulminsäure und Vasculose durch Alkalien gewonnen. Alle diese Ulminsäuren haben unter dem doppelten Einflusse von Hitze und Druck in steinkohlige Substanzen sich umgewandelt.

Die Dauer der Operation, welche bis auf 200 Stunden ausgedehnt ward, hat in dem Producte eine Vermehrung des Kohlenstoffs bewirkt, wie aus den nachstehenden Zusammensetzungen der künstlichen Steinkohlen ersichtlich ist:

	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff
Steinkohle aus Ulminsäure nach 24stündiger Erhitzung . . .	67,48	5,84	26,68
desgl. nach 72stündiger Erhitzung	71,72	5,03	23,25
„ „ 120 „ „	76,06	4,99	18,95
„ aus Ulminsäure der Vasculose	76,43	5,31	18,26

Diese Analysen zeigen, daß die Ulminsäure, möge sie nun aus Torf oder aus einem Bestandtheil des Holzes, der Vasculose, ausgezogen sein, in einen Körper sich verwandelt, welcher dieselbe Zusammensetzung als die natürliche Steinkohle zeigt, und welcher, wie diese, in allen Lösungsmitteln unlöslich ist.

Die Zuckerhuminsäure verhält sich so wie die Torfulminsäure. Von der Ulminsäure der Vasculose ist die Schmelzbarkeit bemerkenswerth; wenn sie vor der steinkohligen Umwandlung sich erzeugt, so kann sie für die Entstehung fetter und schmelzbarer Steinkohlen Erklärung geben.

Um die Beobachtungen über die Körper, welche bei der Bildung der fossilen Brennstoffe noch in Betracht zu ziehen sind, zu vervollständigen, wurden die Aenderungen zum Gegenstande einer Untersuchung gemacht, welche die aus den Blättern durch Alkohol gezogenen Gemenge von Chlorophyll, fettigen und harzigen Körpern unter dem Einflusse der Hitze und des Druckes erleiden. Ein solches Gemenge wurde unter Druck 150 Stunden erhitzt und lieferte das vor dem Versuche in Alkalien lösbare eine schwarze, klebrige, riechende, in kaustischen

Alkalien durchaus unlösliche Substanz, welche ein Analogon der natürlichen Bitumen darstellt.

Fremy stellt folgende Schlüsse auf:

1. Die Steinkohle ist nicht eine organisirte Substanz; Regnault, dessen wichtige paläophytologische Arbeiten der Akademie bekannt sind, bestätigte noch neulich diese wichtige Thatsache auf meine desfallsige Anfrage.
2. Die Pflanzenabdrücke, welche die Steinkohle zeigt und welche so gründlich durch den Schöpfer der Paläophytologie Ad. Brogniart und seinen Nachfolger untersucht worden sind, sind in der Steinkohle wie in den Schiefern oder jeder anderen Mineralsubstanz entstanden: die Steinkohle war eine bituminöse und plastische Masse, auf welcher die Conturen der Pflanzentheile leicht sich abformen konnten.
3. Sobald ein Stück Steinkohle an seiner Oberfläche Pflanzenabdrücke zeigt, so kann es sich treffen, daß die darunterliegenden Kohlentheile das Product der Umänderung derjenigen Pflanzenstoffe nicht sind, welche durch die in der Form noch erhaltenen äußeren Membrane bedeckt wurden.
4. Die hauptsächlichsten Körper der Pflanzenzellen erzeugen, der doppelten Einwirkung der Hitze und des Druckes ausgesetzt, Stoffe, welche eine große Analogie mit der Steinkohle zeigen.
5. Ebenso verhalten sich die Ulminsäuren, sowohl diejenigen, welche im Torfe vorkommen und als die, welche künstlich dargestellt worden sind.
6. Die Farbstoffe, die Harze und Fette, welche aus den Pflanzenblättern ausgezogen werden können, verwandeln sich, der Einwirkung der Hitze und des Druckes unterworfen, in Körper, welche dem Bitumin nahe stehen.
7. Auf Grund der beschriebenen Experimente kann man annehmen, daß die Steinkohlen erzeugt habenden Pflanzen eine torfliche Gährung erfahren haben, welche die ganze organische Structur zerstört hat und daß durch einen weiteren Proceß aus dem Torfe in Folge der Einwirkung der Hitze und des Druckes Steinkohle sich gebildet hat.

Nach Hoppe-Seyler[1]) ist anzunehmen, daß die Steinkohlen aus Huminstoffen durch Erhitzung entstehen, weil kaum eine andere Möglichkeit übrig bleibt. Backende Kohle kann nur dann aus ihnen entstehen, wenn noch andere Einschlüsse in den Torf- und Braunkohlenlagern enthalten sind. Kohlensäure und Methan sind die so häufig in den Steinkohlen eingeschlossenen und stark comprimirten Gase. Wie es aber geschehen kann, daß in den Bläsern der einen Steinkohlenflötze fast reines Methan, in anderen ein Gemisch von Kohlensäure und Methan, in wieder anderen fast allein Kohlensäure auftritt, dürfte sich aus den bisher gemachten Erfahrungen noch nicht genügend erklären lassen.

A. Carnot[2]) suchte festzustellen, welchen Einfluß die Natur der Pflanzen auf die daraus gebildete Kohle habe. Die sorgfältig ausgewählten Probestücke folgender Stammpflanzen ergaben aschenfrei:

		Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	Stickstoff
Calamodendron . .	(5 Proben)	82,95	4,78	11,89	0,48
Cordaites	(4 „)	82,84	4,88	11,84	0,44
Lepidodendron . . .	(3 „)	83,28	4,88	11,55	0,39
Psaronius	(4 „)	81,64	4,80	13,12	0,44
Ptychopteris	(1 „)	80,62	4,85	14,53	
Megaphytum . . .	(1 „)	83,37	4,40	12,23	

[1]) Pharm. Centralh. 1892, 20. — [2]) Fischer's Jahresber. 1886, 1058.

Bei der trockenen Destillation ergaben sich folgende Zahlen:

	Flüchtige Bestandtheile	Fester Rückstand	Ansehen des Koks
Calamodendron	35,3	64,7	gut backend
Cordaites	42,2	57,8	ziemlich aufgetrieben
Lepidodendron	34,7	65,3	gut backend
Psaronius	39,5	60,5	ein wenig aufgetrieben
Ptychopteris	39,4	60,6	desgl.
Megaphytum	35,5	64,5	gut backend
Eine ganz gleiche Behandlung ergab für Kohle vom großen Flötz	40,6	59,4	ein wenig aufgetrieben

Carnot glaubt daher, daß die Stammpflanzen einen Einfluß auf das Verhalten der Kohle haben.

Vielfach hat man durch mikroskopische Untersuchung der Kohlen Aufschlüsse über die Bildung derselben zu erhalten versucht, so Hutton[1]), Witham[2]), Petzhold[3]), Fischer und Rüst[4]), Reinsch[5]) und Gümbel[6]). Letzterer behandelte die Kohlenproben mit chlorsaurem Kalium und Salpetersäure und untersuchte die Pflanzenreste mikroskopisch. Fig. 324 zeigt dieselben in 100facher Vergrößerung.

1. Lignit aus der Braunkohle von Imberg, Gruben a, b, c im Tangentialhirn- und Radialschnitt.
2. Rindenstück aus dem tertiären Lignit der Röhn.
3. Tertiäre Faserkohle aus der Braunkohle des Traunthales.
4. Verschiedene Pflanzengewebe aus dem Mattkohlenstreifchen der tertiären Pechkohle von Peißenberg.
5. Verschiedenes Holzgewebe aus dem Glanzkohlenstreifchen der tertiären Pechkohle von Peißenberg und Miesbach.
6. Holzgewebe mit Markstrahlen aus der Pechkohle von Penzberg.
7. Faserkohle aus der Pechkohle von Oberbayern.
8. Holzzellen aus der Augenpechkohle von Penzberg.
9. Gewebetheile aus einem verkohlten Stamme der Pechkohle von Miesbach.
10. Holzgewebe aus einer Gagatkohle der cretacischen Schichten Schlesiens.
11. Holzgewebe aus einem Liasgagat von Boll mit Markstrahlen und Harzgängen.
12. Holzgewebe aus einem Liasgagat aus der Gegend von Banz bei Staffelstein, Oberfranken; a) im Dünnschliff; b) in dem Aschenrückstand; XX sehr stark vergrößert.
13. Anthracit aus Pennsylvanien mit Holzgewebe nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit.

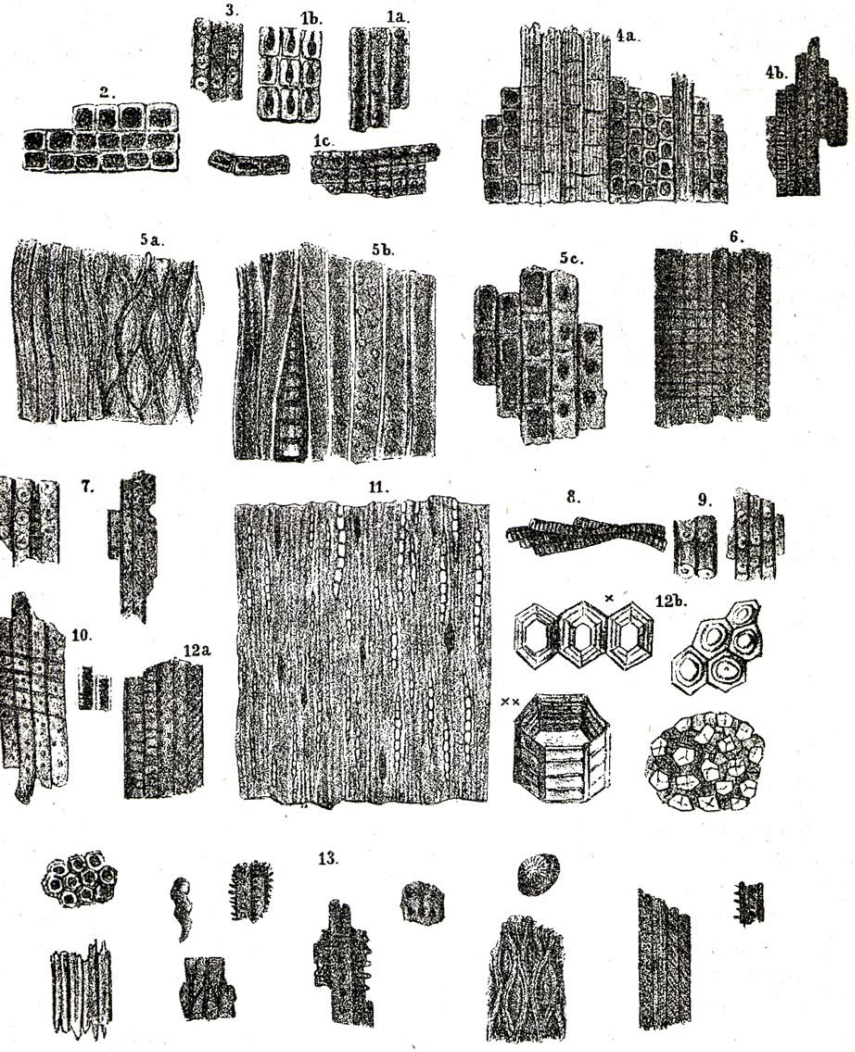
Während die Feststellung der Steinkohlenpflanze sehr schwierig, meist sogar unmöglich ist, lassen sich in der Braunkohle die Pflanzenreste viel leichter bestimmen[7]). Als Beispiel möge nur die Mittheilung von F. Sandberger[8]) über die Braunkohlen vom Bauersberge im Rhön angeführt werden.

---

[1]) Proc. of Geolog. Soc. (London 1833). — [2]) Witham, The internal structure of fossils vegetables (London 1833). — [3]) Petzholdt, Beiträge zur Kenntniß der Steinkohlenbildung (Leipzig 1882). — [4]) Zeitsch. f. Krystallogr. 1883, 209. — [5]) Reinsch, Mikroskopische Untersuchung der Steinkohle (Leipzig 1881 u. 1883). — [6]) Gümbel, Beiträge zur Kenntniß der Texturverhältnisse der Mineralkohlen. Sitzungsber. d. bayer. Akad. d. Wissensch. 1883, 111. — [7]) Vergl. Zincken, Braunkohle (Leipzig 1871). — [8]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1879, 190.

Als Bewohner der nach einander am Bauersberge bestandenen Moore selbst müssen vor Allem die Cupressineen bezeichnet werden, deren oft trefflich erhaltene Stämme die Lignitflötze zusammensetzen. Von Bäumen finden sich ferner Weiden (Salix angusta und varians), Erlen (Alnus Kefersteini), Birken, von denen eine,

Fig. 324.



Betula subpubescens, der jetzt auf Torfmooren unter anderen auch am schwarzen Moore häufigen B. pubescens überaus ähnlich ist, während die andere, B. prisca, mit einer Art des Himalaya-Gebirges verwandt scheint, eine Schwarzpappel, Populus latior, der nordamerikanischen Rosenkranz-Pappel (P. monilifera) gleichend, endlich ein Gagelstrauch, Myrica deperdita, der ebenfalls nordamerikanischen

M. pennsylvanica analog. Von niederen Pflanzen, die auf dem Moore selbst wuchsen, verdient Leucothoe protogaea, ein Torfmoos (Hypnum) und ein Schafthalm (Equisetum sp.) erwähnt zu werden, auch die noch unbekannte Pflanze, von welcher die zahlreichen Früchte herrühren, die von Kaltennordheim als Carpites Websteri bekannt sind, dürfte hierher gehören. Der auf trockenerem Standorte in der Umgebung des Moores befindliche stattliche Hochwald bestand aus sehr verschiedenartigen Bäumen. Es befanden sich darunter Buchen (Fagus Deucalionis und Haidingeri), welche zwischen europäischen und amerikanischen lebenden Arten in der Mitte stehen, Kastanien (Castanea recognita), der südeuropäischen eßbaren Kastanie ungemein ähnlich, immergrüne Eichen (Quercus Drymeia und argute-serrata) aus jetzt mexicanischer Gruppe, eine der europäischen sehr nahe verwandte Ulme (Ulmus Bronii), neben welcher aber auch ein Repräsentant der jetzt rein kaukasischen Ulmen-Gattung Planera (Pl. Ungeri) sich vorfindet.

Die Gruppe der Ahorne ist reich vertreten. Neben Formen, welche dem nordamerikanischen rothen Ahorn gleichen (Acer trilobatum), treten auch Arten aus der europäischen Abtheilung der Maßholder (Acer integrilobum und angustilobum) auf. Von Eschen ist eine der kaukasischen Fraxinus oxyphylla verwandte Art bekannt; der Amberbaum (Liquidambar europaeum), japanische Zimmtbäume (Cinnamomum lanceolatum und Scheuchzeri), Ebenholzbäume (Diospyros brachysepala), Seifenbäume, Hickorys (Carya ventricosa analog der lebenden C. myristicaeformis), Sennesbäume von tropisch-amerikanischem Typus (Cassia phaseolithes, hyberborea und lignitum), das wunderbare Podogonium Knorrii, dann der südasiatische Flügelsame (Pterospermites vagans) gehörten ebenfalls zu den höheren Bäumen des Waldes. An ihnen kletterten der fossile Weinstock (Vitis teutonica analog der nordamerikanischen Fuchstraube V. vulpina), aber ebensowohl auch echte Lianen (Banisteria teutonica) herauf, welche jetzt gänzlich auf die Urwälder Brasiliens beschränkt sind. Die reichfrüchtige Gardenia Wetzleri (analog der G. lutea aus Abyssinien und G. Thunbergi vom Cap), so wie die Büsche des Glyptostrobus europaeus (analog dem Gl. heterophyllus aus Japan) dürften zu den strauchartigen Gewächsen gehört haben, Reste von beiden kommen sehr häufig vor. —

Aus diesen verschiedenen Untersuchungen und theoretischen Erörterungen geht hervor, daß die Kohlen aus den verschiedensten Pflanzen gebildet wurden, welche theils zusammengeschwemmt, theils aber auch an Ort und Stelle gewachsen sind. Diese verschiedenartigen Pflanzen haben auf die Art und Zusammensetzung der Kohlen zweifellos Einfluß ausgeübt, mehr aber noch die Umstände, unter denen die Pflanzen allmählich in Kohle übergeführt wurden. Bituminöse Kohle findet man dem entsprechend meist nur in ungestörten Ablagerungen, während bei Störungen bezw. Verwerfungen eine mehr oder weniger entgaste Kohle gefunden wird. Die Beurtheilung von Steinkohle wird sehr oft noch dadurch erschwert, daß schon ein Stück verschieden zusammengesetzt ist. Oft zeigt ein Kohlenstück glänzende, tiefschwarze Streifen, die sogenannte Glanzkohle, meist mit geringem Gasgehalt und wenig Asche, ferner mattgrau-schwarze Streifen, die sogenannte Mattkohle, mit hohem Gasgehalt und viel Asche. Ein sehr häufiger Bestandtheil der Kohle ist die Faserkohle, eine nicht verkokbare, abfärbende, feinfaserige Kohlenart mit geringem Gasgehalt und viel Asche, welche anscheinend aus den verschiedensten Pflanzen entstanden ist. Ferner kommen Streifen von Cannelkohle, Pseudocannelkohle, Brandschiefer u. s. w. zuweilen in einem Stücke einer Kohle vor. Nach H. Winklehner[1]) besteht die Glanzkohle aus einer braunen, in dünnen

[1]) Berg- und Hüttenm. Zeitung 1888, 371.

Splittern scheinbar völlig texturlosen Masse, welche auch nach der Behandlung mit der Bleichflüssigkeit nur geringe Spuren von pflanzlicher Textur wahrnehmen, dagegen nach weiterer Einwirkung eine Zusammensetzung aus verschiedenartigem Pflanzengewebe erkennen läßt. Mattkohle zeigt bei der mikroskopischen Untersuchung Prosenchymgewebe, welches von blattähnlichen Pflanzentheilen herstammt; nebenbei finden sich häufig Epidermishäutchen, sporenartige Gebilde, Nadeln von Faserkohle und Partikelchen von Thonschiefer. Von der Mattkohle zum Brandschiefer einerseits und zur Cannelkohle andererseits finden sich alle Uebergangsstufen, die auch unter dem Mikroskope eine stetig fortschreitende Zunahme an Thonschiefertheilchen, welche dem stark zerfallenen Pflanzengewebe beigemengt sind, erkennen lassen.

Jede Kohle besteht daher aus einer ganzen Anzahl sehr verschiedener Verbindungen, deren Trennung und nähere Untersuchung noch nicht gelungen ist (vergl. S. 521 und 529).

Selbstentzündung der Kohlen.

Die Selbstentzündung der Kohlen in Schiffen[1]) und auf Lagerplätzen hat seit Jahren die Aufmerksamkeit der bezw. Fachkreise erregt[2]), dennoch sind die Ansichten darüber noch recht verschieden.

---

[1]) Vergl. W. Döring, Feuer im Schiff (Hamburg 1888); H. Walter, Schiffbruch im Indischen Ocean (Leipzig 1892); L. Häpke, Selbstentzündung von Schiffsladungen u. dergl., 2. Aufl. (Bremen 1893); Steinkohlenladungen in Kauffahrteischiffen, bearbeitet im Auftrage des Reichsamts des Innern (Berlin 1889). — [2]) J. Liebig schrieb 1866 folgenden Brief an den Vorstand der Seeschiffahrtsgesellschaft in Vegesack:

„München den 18. Novbr. 1866.

Aus allen vorhandenen Erfahrungen geht deutlich hervor, daß die Selbstentzündung der Steinkohlen auf ihrem Gehalte an Schwefeleisen beruht, welches in der Kohlenmasse, fein getheilt, eingebettet ist, und daß die Gegenwart von Wasser und Luft die nächsten Bedingungen der Selbstentzündung sind.

Die Mittel zur Verhinderung der Selbstentzündung sind damit angezeigt. Benetzung der Kohle mit See- oder anderem Wasser, sowie Ventilation sind durchaus nachtheilig und müssen vermieden werden. Zunächst sollte die Wahl der Kohlen in Betracht gezogen werden; es gibt an Schwefeleisen reiche und arme; auch unter den letzteren finden sich Stücke, welche reich an Schwefeleisen sind und diese sind leicht an zahlreichen gelben metallischen, mit bloßen Augen sichtbaren Punkten zu erkennen, welche die Stücke stellenweise durchziehen. Unter den rheinischen Kohlen kommen solche Stücke häufig vor, weniger unter den englischen, sehr selten unter den Anthracitkohlen. An Schwefeleisen reiche Kohlen sollten, soweit als dies geht, für die Heizung von Dampfschiffen ausgeschlossen werden; da aber Schwefeleisen in den gewöhnlich vorkommenden Sorten beinahe nie fehlt, so ist streng darauf zu achten, daß die Kohlen nicht in nassem Zustande oder im Regen eingeladen werden.

Ich wiederhole, daß ohne Gegenwart von Wasser (Nässe oder feuchtes Lager) bis jetzt keine Selbstentzündung wahrgenommen ist. Wäre es möglich, den Zutritt von Luft ganz abzuschließen, so wäre das ein sicheres Zeichen und unfehlbares Vorbeugungsmittel; aber dieser Abschluß ist nicht möglich. Sehr viel könnte aber in dieser Beziehung gethan werden, wenn man die Kohlen beim Einladen in das Schiff

M. Balcke (D. R.-P. Nr. 67583) will die Selbstentzündung der Kohlen in Schiffen u. s. w. durch kräftige Lüftung vermeiden. Er behauptet: „Die Erwärmung und Selbstentzündung der Kohlen entsteht, wenn die Feuchtigkeit in Verbindung mit der stagnirenden Luft eine Zersetzung des Schwefelkieses, welcher den Kohlen stets beigemengt ist, herbeiführt.

Zur Lagerung von Kohlenvorräthen empfehlen Diß & Co. in Düsseldorf (D. R.-P.), Kohlenvorräthe in cementirten Behältern mit Wasser bedeckt aufzubewahren, um Selbstentzündungen zu verhüten.

F. Poech[1]) will die Kohlen in einer Grube einlagern, in welche Wasserdampf eingeleitet wird.

v. Balzberg[2]) will, sobald Erwärmung der Kohlen eintritt, Kohlensäure einleiten.

Zur Verhütung der Selbstentzündung von Kohlenlagern wird nach J. H. C. Behnke und Chemische Fabrik vorm. Hell u. Sthamer (D. R.-P. Nr. 77 281) unmittelbar durch Verbrennung erzeugte Kohlensäure nach Umständen zusammen mit Ammoniak oder dessen Carbonaten in die Kohlenlager eingeführt. Hierdurch soll die atmosphärische Luft und das Methangas ausgetrieben werden.

Henning[3]) beobachtete mehrere Selbstentzündungen in Lagerschuppen der Danziger Gasanstalt, welche nach Einrichtung ausgiebiger Lüftungsschächte nicht mehr eintraten. Dagegen verwirft Kunath[4]) den Einbau von hölzernen Kanälen oder Schloten.

Die Selbstentzündung der Kohle in Schiffen untersuchte besonders die englische Commission[5]).

Aus den Angaben des „Committee of Lloyds“ ergibt sich, daß 1874 bei 31116 Schiffen mit 13 369 012 t Kohlen Ladung 70 Unglücksfälle durch Feuersbrunst stattfanden. Von diesen Schiffen waren 26 631 mit 10 513 831 t Kohle für europäische Häfen bestimmt und unter diesen hatten nur 10 unter Selbstentzündung zu leiden, so daß auf die 4485 Schiffe mit 2 855 831 t Kohle nach Asien, Afrika und Amerika 60 Unglücksfälle kommen.

Weiter zeigen diese Angaben, daß die Zahl der auf Selbstentzündung zurück zu führenden Unglücksfälle zugleich mit dem Tonnengehalte der Ladungen wächst. Dies ergibt sich deutlicher, wenn der europäische Handel in Abzug gebracht wird. Die Angaben stellen sich dann für 1874 wie folgt:

---

schichtweise mit gewöhnlichem Steinkohlentheer besprengen würde, so zwar, daß die Stücken mit einer dünnen Theerschicht überzogen werden, welche den Einfluß der Luft und namentlich auch den des Wassers abhält und sie in dieser Weise schützt. Kohlen in großen Stücken sind weit weniger gefährlich als Kohlenklein, welches der Luft und dem Wasser mehr Oberfläche darbietet; ebenso sollten Kohlen, die an der Luft leicht und von selbst zersplittern und zerfallen, vermieden werden.“ ꝛc.

[1]) Oesterr. Zeitschr. Bergh. 1894, 320. — [2]) Daselbst 1895, 319. — [3]) Journ. f. Gasbel. 1877, 518. — [4]) Fischer's Jahresber. 1892, 48; 1893, 73. — [5]) Report of the Royal Commissioners appointed to inquire into the spontaneous combustion of coal in ships, together with appendix, minutes of evidence and index. Presented to both houses of Parliament by Command of Her Majesty (1877).

2109	Schiffe	mit	unter	500 t	Ladung	erlitten	5	Unglücksfälle	od. unter	¼ Proc.
1510	„	„	500 bis	1000 t	„	„	17	„	über 1	„
490	„	„	1000 „	1500 t	„	„	17	„	3½	„
308	„	„	1500 „	2000 t	„	„	14	„	4½	„
77	„	„	über	2000 t	„	„	7	„	9	„

Besonders bemerkenswerth erscheint die Zahl der Unglücksfälle in den nach San Francisco bestimmten Schiffen. Nach Abzug der Schiffe mit unter 500 t Ladung, von denen keines Schaden litt, zeigt die Zusammenstellung 9 Unglücksfälle auf 54 Schiffe. Diese vermehren sich wieder mit der Vergrößerung der Ladung bis zu der erschreckenden Thatsache, daß von 5 mit über 2000 t Ladung nach San Francisco bestimmten Schiffen 2 durch Selbstentzündung zu Schaden kamen [1]).

Es ist also erwiesen, daß Selbstentzündung vorwiegend eingetreten ist in Schiffen mit über 500 t Ladung, die nach der Westküste Südamerikas, nach San Francisco oder nach asiatischen Häfen (ausschl. die Häfen des Mittelländischen und Schwarzen Meeres) bestimmt waren. Von diesen Schiffen kamen 1874 über 4 Proc. zu Schaden; und obgleich die Zahl der Schiffe nur 1184 betrug bei einer Gesammtsumme von 31 116, so ereigneten sich auf denselben doch 51 von den 70 überhaupt eingetretenen Unglücksfällen.

Nach Ansicht der Commission unterliegt es keinem Zweifel, daß gewisse Kohlensorten zur Verschiffung ganz und gar untauglich sind und daß andere Sorten nur auf geringe Entfernungen und mit Vorsicht verschifft werden sollten. Besonders wird getadelt, daß die kiesreichen Stücke nicht mehr so sorgfältig ausgesucht werden als früher, und daß Kleinkohle verschifft wird. Es ist daher auf passende Ladevorrichtungen zu sehen, damit möglichst wenig Gruß entsteht. Nach Zeugenaussagen über den Feuchtigkeitsgehalt der Kohlen will es „scheinen, daß Feuchtigkeit bei gewissen Kohlensorten, besonders den kieshaltigen, auf Selbstentzündung hinwirkt; indessen haben die Aussagen einiger Zeugen auf uns den Eindruck gemacht, daß man Feuchtigkeit für Unglücksfälle verantwortlich machen will, die weit außerhalb ihres Einflusses liegen, während es uns bei anderen Aussagen schien, als ob der Einfluß des Wassers, das in jeder Kohle schon vorhanden ist, die sich noch auf natürlicher Lagerstätte befindet, nicht genügend anerkannt worden ist".

Die verschiedenen Zeugenaussagen über die Wirkung der Ventilation widersprechen sich völlig. Capitän und Rheder sind meist gegen Lüftungseinrichtungen. Von keinem der 70 Schiffe, welche 1874 durch Selbstentzündung zu Grunde gingen, wird berichtet, daß es nicht ventilirt gewesen sei, während es von 38 fest steht, daß sie ventilirt waren; unter letzteren befanden sich 35 Schiffe von über 500 t Ladung. Das hervorragendste Beispiel wird durch die vier Schiffe Euxine, Oliver Cromwell, Calcutta und Corah geliefert. Diese Schiffe, auf die mehrere unserer Zeugen verwiesen, wurden zu Newcastle zu gleicher Zeit mit der nämlichen Kohle aus demselben Flötz nach dem Kippsystem geladen, indem bald das eine, bald das andere sich unter dem Gerüst

[1]) Vergl. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- und Salinenw. 1877*, 305; Deutsche Baugewerbezeitung 1877*, 505.

befand. Alle hatten 1500 bis 2000 t Ladung. Oliver Cromwell, Euxine und Calcutta waren nach Aden, die Corah nach Bombay bestimmt. Erstere drei waren durch und durch ventilirt, das vierte gar nicht. Die drei ersteren verbrannten vollständig, die Corah brachte ihre Ladung unversehrt nach Bombay.

Die Commission gelangt zu folgenden Schlüssen:

1. Gewisse Kohlensorten sind für weite Verschiffungen durchaus gefährlich.
2. Die Zerkleinerung der Kohle beim Transport von der Grube in den Schiffsraum, die Verschiffung feuchter kieshaltiger Kohle und besonders das Anbringen von Ventilationsvorrichtungen innerhalb der Kohlenmasse führen zu Selbstentzündung selbst bei Kohlensorten, die an und für sich zum weiteren Transport nicht ungeeignet sind.
3. Selbstentzündungen würden seltener vorkommen, wenn Rheder und Versicherer diese Thatsachen beachten würden.
4. Kohlenladungen sollten auf weiten Fahrten von Zeit zu Zeit an verschiedenen Stellen mittelst des Thermometers untersucht und das Resultat in das Logbuch eingetragen werden.
5. Um Explosionen vorzubeugen, sollte man dem explodirbaren Gase durch eine bei jeder Witterung wirksame Oberflächenventilation ununterbrochen freien, von den Luken unabhängigen Ausweg in die Atmosphäre verschaffen.
6. Um die Kohlensorten kennen zu lernen, welche zur Selbstentzündung neigen, sollten die Inspectors of Mines angewiesen werden, alle Fälle von Selbstentzündung, bei denen Kohle aus ihren Districten sich auf den fraglichen Schiffen befand, zu untersuchen, und die Kohlenexporteure müßten verpflichtet werden, auf ihren Specificationen die Kohle stets namentlich zu bezeichnen.
7. Neue Gesetze über den Seetransport von Kohle sind nicht weiter erforderlich, als um unsern Vorschlag wegen der von den Inspectors of Mines vorzunehmenden Untersuchungen in Kraft zu setzen und um eine ausführliche Specification der ausgeführten Kohle bei den Königlichen Zollbehörden zu veranlassen.

Als Anhang ist ein Bericht von F. A. Abel und J. Percy beigegeben.

Nach deren Ansicht scheint Schwefelkies die einzige in der Kohle vorkommende Schwefelverbindung zu sein, welche in Folge der durch das Vorhandensein von Feuchtigkeit begünstigten Oxydation und unter mechanischen, für die Ansammlung der bei der Oxydation frei werdenden Wärme günstigen Bedingungen im Stande ist, die sogenannte Selbstentzündung hervorzurufen. Die poröseren und leichter oxydirbaren Theile der Kohle, welche bekanntlich in Flötzen verschiedener Gruben in größerer oder geringerer Menge und Vertheilung enthalten sind, unterliegen der Oxydation durch Absorption atmosphärischen Sauerstoffs; und indem nun eine große Oberfläche dessen Einwirkung ausgesetzt wird, und die Wärme sich unter günstigen Umständen ansammelt, beschleunigen sich gegenseitig Oxydation und Temperaturerhöhung, bis schließlich die Entzündungstemperatur für die Theilchen erreicht ist, welche am feinsten vertheilt und am leichtesten entzündbar sind. Die Zerkleinerung der Kohle, welche stets in größerem oder geringerem Grade vor und während der Verschiffung eintritt, begünstigt die Absorption des Sauerstoffs und vermehrt daher die Neigung zur Selbstentzündung. In einer Reihe werthvoller Versuche von Richters (S. 587) und Anderen über die Verwitterung der Kohlen ist gezeigt worden, daß von frisch gewonnener Kohle eine beträchtliche Menge Sauerstoff absorbirt wird, und daß darauf sich Kohlensäure und Wasser aus der Kohle entwickeln, während ein Theil des Sauerstoffs zur Bildung fester Sauerstoffverbindungen verbraucht wird. Freiwillige Oxydation der Kohle durch den Sauerstoff der Luft ist also unzweifelhaft festgestellt und dies ist ohne Frage eine der Hauptursachen der Selbstentzündung.

Selbstentzündung von Kohle, wenn dieselbe durch Oxydation poröser und leicht oxydirbarer kohlenstoffhaltiger Substanzen, die in der Kohle vorkommen, herbei-

geführt wird, scheint durch Vorhandensein von Wasser in der Kohle oder durch dessen Zuführung zur Ladung nicht begünstigt zu werden; im Gegentheil werden die Poren der Kohle dadurch, daß sie naß wird, mehr und mehr mit Wasser angefüllt und verlieren in gleichem Maße die Fähigkeit, Sauerstoff aufzunehmen. Die Gegenwart von Wasser wirkt also in manchen Fällen der Oxydation entgegen; ist dagegen Schwefelkies vorhanden, so beschleunigt sie die Selbstentzündung.

Wenn Kohle aus an Sumpfgas reichen Schichten kurz nach der Förderung verschifft wird, so ist augenscheinlich große Neigung vorhanden, im Schiffs- oder Kohlenraum und den mit ihnen in Verbindung stehenden Räumlichkeiten eine explosible Atmosphäre zu bilden, und man sollte in solchen Fällen alle Mittel aufbieten, dem Gase Ausweg in die Luft zu verschaffen.

Die einzige nützliche Anwendung der Ventilation zur Vermeidung von Explosionen würde die sein, daß man einen Zug über die Oberfläche der Kohle hinweg wieder direct in die Atmosphäre herstellt, um die Entfernung des brennbaren Gases zu beschleunigen[1]).

Um die Neigung einer Kohlenladung zur Selbstentzündung zu vermeiden, könnte das einzige möglicherweise zu erreichende Ziel der Lüftung das sein, eine schnelle Abführung der entwickelten Wärme herbeizuführen, indem man kalte frische Luft schnell durch die Masse der Kohle treibt. Einen solchen Erfolg zu erreichen, erscheint indessen selbst dann zweifelhaft, wenn die kräftigsten Mittel künstlicher Ventilation auf das sorgfältigste angewandt werden, und wenn sich die Kohle im für Luftdurchlaß günstigsten mechanischen Zustande befindet; es ist keine Frage, daß jedes auf einem Schiff praktisch verwendbare Ventilationsverfahren diesen Erfolg nicht erreichen würde, wenn man auch die Thatsache nicht in Betracht zieht, daß der mechanische Zustand einer solchen Ladung einem freien Luftdurchzug ganz entgegen ist. Es erscheint daher nicht möglich, mit Hülfe von Ventilation die Ansammlung von Wärme in irgend einem Theile der Ladung zu verhindern. Die Luftcirculation, die man möglicherweise in dem weniger dicht gelagerten Theile der Ladung einrichten könnte, würde nur sehr wenig zur Kühlung beitragen, und die Circulation in den dicht liegenden Massen kleiner Kohle kann, wenn überhaupt welche stattfindet, nur sehr schwach sein, so daß, wenn sich Wärme entwickelt, dieselbe sich auch ungestört ansammeln wird. Ja es würde sogar die Entwickelung derselben durch frische Sauerstoffzufuhr möglicherweise befördert werden, indem eine allmähliche Erneuerung der die Kohlentheilchen umgebenden Luft stattfindet, so daß also früher oder später ein Zeitpunkt eintritt, wo durch Ventilation die Entwickelung der Wärme befördert wird und zwar bevor die wirklich eingetretene Entzündung den vollständigen Abschluß der Luft verlangt. —

Lange glaubte man, daß die in den Kohlenflötzen vorkommenden Schwefelkiese die hauptsächliche, wenn nicht die einzige Ursache der Grubenbrände wären. Noch 1853 meinte Regnault, daß nichtkiesige Steinkohlen bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unverändert wären.

Varrentrapp stellte schon im Jahre 1865[2]) die Oxydation der Kohle beim Ueberleiten von Luft fest. Richters[3]) stellte umfassende Versuche mit schlesischer Kohle an; er schließt:

1. Die Verwitterung ist die Folge einer Aufnahme von Sauerstoff, welches einen Theil des Kohlenstoffes und Wasserstoffes der Steinkohlen zu Kohlensäure und Wasser oxydirt, anderntheils direct in die Zusammensetzung der Kohle eintritt.
2. Der Verwitterungsproceß beginnt mit einer Absorption von Sauerstoff. Erwärmen sich in Folge dieses oder eines anderen Vorganges die Kohlen

[1]) Fischer's Jahresber. 1887, 15. — [2]) Dingl. **175**, 156; **178**, 380; vergl. daselbst **166**, 231. — [3]) Dingl. **190**, 400; **195**, 316 u. 449; **196**, 317.

während der Lagerung, so tritt nach Maßgabe der Temperaturerhöhungen eine mehr oder weniger energische chemische Reaction des Sauerstoffes auf die verbrennliche Substanz der Kohlen ein, anderenfalls verläuft der Oxydations- (Verwitterungs-) Proceß so langsam, daß sich in der Mehrzahl der Fälle die innerhalb Jahresfrist eintretenden Veränderungen technisch wie analytisch kaum mit Sicherheit feststellen lassen.

3. Die Feuchtigkeit als solche hat direct keinen begünstigenden Einfluß auf die Verwitterung. Gegentheilige Beobachtungen werden sich immer auf den Umstand zurückführen lassen, daß manche, besonders an leicht zersetzbaren Schwefelkies reiche, oder in Berührung mit Wasser bald zerfallende Kohlen sich unter gleichen Verhältnissen im feuchten Zustande ausnahmsweise rascher erhitzen als im trocknen.
4. So lange die Temperaturerhöhung gewisse Grenzen (170 bis 190°) nicht übersteigt, treten bei der Verwitterung bemerkenswerthe Gewichtsverluste nicht ein; das Verhalten der Kohle zum Sauerstoffe läßt vielmehr geringe Gewichtszunahmen annehmbar erscheinen.
5. Für die Erklärung der Abnahme des Brennwerthes, des Verkokungswerthes (bezüglich der Quantität), der Backfähigkeit und des Vergasungswerthes, welche die Kohlen durch die Verwitterung erleiden, bedarf es nicht der von mehreren Seiten unterstellten Annahme einer „neuen Gruppirung der Atome". Vielmehr erklären sich die angedeuteten Verschlechterungen hinreichend aus der absoluten und relativen Abnahme des Kohlenstoffes und Wasserstoffes und der absoluten Zunahme des Sauerstoffes, die in Folge der Verwitterung eintritt.

Nach Th. Newbigging[1]) wird die Selbstentzündung der Kohlen durch Schwefelkies oder auch durch Sauerstoffaufnahme der bituminösen Kohle veranlaßt.

Um einen Anhaltspunkt für die Beurtheilung der Selbstentzündbarkeit der Kohlen zu haben, wurde empfohlen[2]), die Feuchtigkeitsmenge zu bestimmen, die eine lufttrockene Kohle aus der Luft entnimmt, da man aus der Menge der aufgenommenen Feuchtigkeit auf die Absorptionsfähigkeit der betreffenden Kohle schließen kann. Folgende Tabelle gibt (angeblich) über das Verhalten verschiedener Kohlensorten Aufschluß:

Möglichkeit zur Selbstentzündung	Pyritgehalt in Proc.	Feuchtigkeitsgehalt in Proc.
Sehr gering	1,13	2,54
	1,01 bis 3,04	2,75
	1,51	3,90
Mittelmäßig	1,20	4,50
	1,08	4,35
	1,15	4,75
Groß	1,12	4,85
	0,83	5,30
	0,84	5,52
	1,00	9,01

H. Hädicke[3]) tränkte Holzkohle mit gefälltem Schwefeleisen; im schwachen Sauerstoffstrome trat bei etwa 250° Entzündung des Schwefeleisens ein. In

[1]) Fischer's Jahresber. 1890, 32. — [2]) Stahl und Eisen 1892, 809. — [3]) Verhandl. d. Vereins f. Gewerbfl. 1880, 473.

atmosphärischer Luft trat keine Entzündung des Schwefeleisens ein; Feuchtigkeit verminderte die Entzündung im Sauerstoff. Hädicke meint, Kohlenladungen auf Schiffen würden wohl lediglich durch Putzwolle oder Gase entzündet, nicht durch Schwefelkies.

Von R. Tatlock[1]) wurden einige Kohlensorten feinst gepulvert und, damit die eingeschlossenen Gase entweichen konnten, 24 Stunden in freier Luft gelassen. Hierauf wurden die Kohlen bei 100° gut getrocknet, ihr Schwefelsäuregehalt bestimmt und dann $1^1/_2$ Stunden auf etwa 180° erwärmt. Die Kohlen zeigten im Durchschnitt eine Gewichtszunahme von etwa 2 Proc., die Zunahme an Schwefelsäure betrug aber kaum 0,1 Proc.

Daß der Schwefelkies auf den Berghalden der Kohlenzechen bei der Selbstentzündung eine Rolle spielt, hält R. Cremer[2]) auf Grund seiner Untersuchungen auf zahlreichen westfälischen Gruben für wahrscheinlich, da hier der Schwefelkies, in den Waschbergen in concentrirten Mengen lagernd, geeignet sei, durch Oxydation und die dadurch entstehende Temperatur eine Entzündung der ihn umlagernden Kohle zu bewirken.

In den Gruben zu Poullaouen (Finistère) hat man nachgewiesen, daß die einen verlassenen Feldestheil mitten in kiesigem Gestein umgebende Luft nach einiger Zeit nur 9,6 Proc. Sauerstoff, keine Spuren von Kohlensäure und keine anderen Gase außer Stickstoff enthielt. Nur die Kiese konnten, indem sie sich von selbst oxydirten, nach und nach über die Hälfte Sauerstoff der umgebenden Luft entziehen. Dem entsprechend erklärt Durand[3]) die Selbstentzündung der Kohle in der Grube dadurch, daß sich zunächst der in der Kohle vorhandene Schwefelkies erhitzt und entzündet, dann unterstützt durch die Bewegungen der Massen und die Einwirkung des Staubes die Kohlen bis zur Entzündung erwärmt.

Als nach Fayol[4]) gepulverte Kohle und Schwefelkies bei 200° erwärmt wurden, hatte nach vier Tagen die Kohle 6 Proc., der Kies nur 3,5 Proc. Sauerstoff aufgenommen (vergl. S. 108). Kohle absorbirte den Sauerstoff somit schneller als Kies. Als ferner 900 g Kohlenpulver und 3350 g gepulverter Schwefelkies in Blechbüchsen gefüllt in eine Trockenkammer gestellt wurden, verhielten sich Kohle und Kies bis zu 135° fast gleich; dann blieb die Kiestemperatur fast unverändert, die Temperatur des Kohlenpulvers stieg aber schnell, bis nach einigen Stunden die Entzündung eintrat. In einem auf 200° erwärmten Raume erhitzte sich die Kohle rasch, erreichte nach 40 Minuten etwa 200° und entzündete sich, während der Kies erst etwa 150° warm war. Reine Kohle erhitzt sich somit schneller als reiner Kies. Weitere Versuche ergaben, daß ein Zusatz von Schwefelkies die Entzündung des Kohlenpulvers keineswegs beschleunigt.

G. Arth[5]) prüfte in entsprechender Weise 1. Steinkohle aus der Grube Frankenholtz mit 8,1 Proc. Sauerstoff; 2. aus Drocourt (Pas de Calais) mit

[1]) Journ. Soc. Chem. Indust. 1890, 1112; Zeitschr. f. angewandte Chem. 1891, 222. — [2]) Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1894, 1106. — [3]) Vergl. Berg- und Hüttenm. Zeitung 1882, 444. — [4]) Compt. rend. Soc. ind. minérale 1882, 66; Fischer's Jahresber. 1883, 1208. — [5]) Bull. chim. 1894 (Juli).

3,7 Proc. Sauerstoff; 3. aus Aiseau-Prêle (Charleroi) mit 1,6 Proc. Sauerstoff. Die Kohlen wurden bald nach der Förderung aus den Gruben in Stücke zerschlagen. Da es sich weniger um eine mittlere Probe handelte, als darum, möglichst gleichmäßiges Material zu gewinnen, so wurden alle weniger reinen Stücke entfernt. Die tauglichen Stücke wurden zerkleinert und durchgesiebt, auf dem Siebe blieben Stücke von 3,11 mm. Die Proben teilte man in vier Theile. Der erste wurde unmittelbar untersucht, den zweiten that man in eine stehende Glasröhre, durch welche ununterbrochen ein Wasserstrahl aus der Wasserleitung (stark mit Luft gesättigtes Moselwasser) von unten nach oben ging. Der dritte Theil wurde in einen weithalsigen Kolben gebracht und so viel Wasser hinzugefügt, daß es 5 bis 6 cm über den Kohlen stand. Der Kolben blieb während der Dauer der Versuche offen, das Wasser wurde nicht erneuert. Den vierten Theil ließ man an der Luft in einem Holzkasten, worin man die Kohle in 10 cm hohen Schichten aufstapelte. Der Kasten blieb unbedeckt und in den Wänden brachte man Oeffnungen zum Abfluß des Regenwassers und zur freien Bewegung der Luft an. Auf diese Weise konnte man gleichzeitig die Wirkung des fließenden und des stehenden Wassers, sowie die der Atmosphäre auf eine und dieselbe Sorte Kohle vergleichen. Die Versuche dauerten 12 Monate. Sie noch länger fortzusetzen, hielt man für unnöthig, weil Steinkohle selten länger unbenutzt liegen bleibt und der Zweck der Versuche der war, praktische Resultate zu erzielen. Nach Ablauf dieser Frist wurde die bei 95° getrocknete Kohle analysirt. Wie die Tabelle zeigt, war die Oxydation unter Wasser unmerkbar; ähnlich verhielt sich die S. 520 besprochene Kohle.

	Asche	Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff	C Proc. in d. organischen Bestandtheilen	H Proc. in d. organischen Bestandtheilen
Kohle Nr. 1.						
Anfänglich	2,08	81,69	5,79	8,15	83,42	5,91
Nach 12 Monaten						
Im fließenden Wasser	1,75	82,24	5,70	7,88	83,70	5,80
Im stehenden Wasser	1,82	82,15	5,62	7,94	83,67	5,72
An der Luft	1,96	81,45	5,58	8,80	83,08	5,49
Kohle Nr. 2.						
Anfänglich	4,08	85,06	5,20	3,68	88,68	5,42
Nach 12 Monaten						
Im fließenden Wasser	4,33	85,70	5,26	2,71	89,58	5,49
Im stehenden Wasser	4,78	84,67	4,87	3,74	88,92	5,11
An der Luft	5,77	82,78	5,00	4,54	87,84	5,30
Kohle Nr. 3.						
Anfänglich	2,86	89,83	3,88	1,59	92,41	3,99
Nach 12 Monaten						
Im fließenden Wasser	2,64	89,30	3,79	2,61	91,70	3,89
Im stehenden Wasser	3,31	89,01	3,84	2,05	92,05	3,97
An der Luft	3,19	88,77	3,99	2,38	91,69	4,05

Daß thatsächlich einige Kohlen rasch Sauerstoff aufnehmen, wurde bereits von Stein (vergl. S. 501); Richters (s. S. 587); den Verf. (S. 108) u. A. nachgewiesen (vergl. S. 520). Dem entsprechend sieht V. B. Lewes[1]) die Oxydation der bituminösen Bestandtheile der Kohle als Ursache der Entzündung an. Die Explosion in Kohlenschiffen wird durch den Methangehalt der frischgeförderten Kohle herbeigeführt. Daher ist die Explosionsgefahr in Kohlenschiffen am größten während der ersten 10 Tage nach dem Einladen frischer Kohlen; die Entzündung wird dadurch veranlaßt, daß das Gasgemisch mit einer Flamme in Berührung kommt. Es sollten daher nur solche Kohlen verladen werden, welche wenigstens einen Monat gelagert haben. Da die Gasentwickelungen erst allmählich stattfinden, so ist es erklärlich, daß 1873 bei 26231 Verschiffungen nach europäischen Häfen nur 10 Selbstentzündungen erfolgten, während 4485 Verladungen nach Asien, Afrika und Amerika deren nicht weniger als 60 ergaben. Ein anderer wichtiger Umstand liegt in der jetzigen Ventilation des Schiffsraumes, die eine der hauptsächlichsten Gründe der Selbstentzündung bildet.

Eine neue Gefahrquelle liegt in der Temperaturzunahme in der Nähe des Laderaumes durch die Anwendung von Maschinen mit dreifacher Expansion und von hochgespannten Kesseln. Diese Zunahme hat man auf den Kriegsschiffen nachgewiesen, welche Truppen nach Indien transportiren. Man kann dieselbe zu 5° annehmen und im December 1883 wurde auf dem Crocodil beginnender Kohlenbrand nachgewiesen. Daraus folgt nach Lewes, daß die zu verschiffenden Kohlen möglichst großstückig und kiesfrei sein müssen, da der Kies sie leicht zerkleinert; an der Luft getrocknet, dürfen sie höchstens 3 Proc. Feuchtigkeit enthalten. Alle für weite Reisen bestimmten Kohlen müssen vor der Verfrachtung mindestens einen Monat vorher gefördert sein; sie sind ohne jede Abfallbildung zu verladen. Keinesfalls darf sich Kohlenklein unter den Schiffsluken anhäufen. Lewes empfiehlt Behälter mit flüssiger Kohlensäure mit einzulagern, deren Öffnung durch leicht schmelzbare Pfropfe geschlossen sind. —

Die Lagerungsverluste mancher Kohlen sind beachtenswerth; Grundmann[2]) fand beim einjährigen Lagern 9 bis 11 Proc. Verlust; Thompson[3]) gibt sogar an, daß die Hälfte der Heizkraft beim Lagern an feuchter Luft verloren geht.

Reder[4]) beobachtete, daß einige Kohlen keine Verluste beim Lagern erleiden.

J. Kolb[5]) fand für französische Kohlen nur geringe Verluste beim Lagern an der Luft[6]).

Wie es nach der überaus verschiedenen Beschaffenheit und Zusammensetzung der Kohlen schon erwartet werden konnte, verhalten sich die Kohlen dem Einflusse der Luft gegenüber sehr verschieden. Einige erwärmen sich rasch und

---

[1]) Industries 1890, 386; Revue univers. 1890, 217; 1892, 107. — [2]) Wagner's Jahresber. 1863, 752; 1870, 770. — [3]) Dingl. 178, 161. — [4]) Wagner's Jahresber. 1870, 770. — [5]) Bull. soc. chim. 1873, 180. — [6]) Vergl. Dingl. (1882) 245, 359.

neigen zur Selbstentzündung, andere verlieren beim Lagern mehr oder weniger stark an Brennwerth, andere wieder verändern sich an der Luft nur sehr wenig und zeigen keine Selbstentzündung. Jede Kohle, welche gelagert oder verschifft werden soll, sollte daher vorher untersucht werden, ob sie leicht Gase entwickelt oder Sauerstoff aufnimmt.

Im nächsten Abschnitt, bei Braunkohlenpreßsteinen und bei Herstellung von Koks, wird weiter auf die Lagerungsverluste von Kohlen eingegangen werden.