

Methode wurde in unserem Laboratorium in verschiedenen Richtungen geprüft und nicht nur zur Bestimmung des Talgtiters (200 bis 300 jährlich) angewandt, sondern auch zur Bestimmung der Erstarrungstemperatur aller möglichen Körper mit Erfolg benutzt.

Der Apparat<sup>1)</sup> ist eine Abänderung des zu kryoskopischen Bestimmungen benutzten Eykman'schen; er besteht aus einem 3 cm weiten und 11 cm hohen cylindrischem Gefäß, das in ein anderes, 5 cm weites eingeschmolzen ist; zwischen beiden Gefäßen ist eine Crooke'sche Leere hergestellt, so dass das innere Gefäß vom sogenannten Dewar'schen Vacuummantel umschlossen ist.

Die Bestimmung wird derart vorgenommen, dass das innere Gefäß mit der klar geschmolzenen Substanz beschickt wird und mittels eines Korkstopfens ein in  $\frac{1}{5}^{\circ}$  getheiltes Thermometer in der Mitte des Gefäßes befestigt wird; etwa  $5^{\circ}$  oberhalb der erwarteten Erstarrungstemperatur fängt man an, den Apparat stark und regelmässig von oben nach unten zu schütteln und hört mit dem Schütteln erst dann auf, wenn der Inhalt deutlich trüb und undurchsichtig geworden ist; je nach der Substanz bleibt die Temperatur beim Erstarren längere Zeit constant (z. B. Paraffin) oder sie fängt an zu steigen und erreicht ein Maximum, wo sie wiederum einige Zeit constant bleibt; das Steigen der Temperatur ist sehr verschieden und kann bei einigen Fetten bis zu  $5^{\circ}$  betragen, ist man in Bezug auf die Höhe des erwarteten Erstarrungspunktes unsicher, so kann man einen Vorversuch ausführen, indem man mit dem Schütteln bis zum Erscheinen der ersten Krystalle wartet, man wiederholt dann den Versuch, wie oben beschrieben.

In der folgenden Tabelle sind einige von uns gemachte Bestimmungen zusammengestellt. Besonders ist auf die sonst sehr schwierig und ungenau bestimmbaren Erstarrungstemperaturen für niedrig schmelzende Fette (Cacaoöl, Cocosöl) sowie von Gemischen von Ölsäure und Stearinsäure; diese Bestimmungen sind theilweise durch das Eintauchen des Apparates in kaltes Wasser, theilweise an kühlen Tagen im Freien ausgeführt.

Die Bestimmungen der Erstarrungstemperatur des Paraffins, sowie Mischungen von Paraffin und Mineralölen lassen sich auch sehr scharf durchführen; überhaupt scheint dieser Apparat ganz allgemein, besonders in schwierigen Fällen mit Erfolg anwendbar zu sein.

<sup>1)</sup> Zu beziehen von Franz Hugershoff Leipzig. Abbild. nächstes Heft.

Tabelle.

Hammeltalg, Titer 48,5	43,2
Cacaobutter	26,2
Cocosöl	22,6; 22,7
Fettsäuren aus Cottonöl	33,0
- - Sesamöl	23,4
- - Rapsöl	16,5
Oleinsäure (Saponificat)	9,0
- + 1 Proc. Stearin ( $51^{\circ}$ )	10,6
- + 3 - - -	13,1
- + 5 - - -	15,2
Paraffin schottisch 118 bis 120 F.	50,4; 50,4; 50,4
Ceresin	68,0
Schuppenparaffin galizisch	47,0
- + 10 Proc. Spindelöl	45,8
- + 40 - - -	39,8
- + 63 - - -	34,8
Phenol (käufliches)	40,1
Diphenylamin	52,7; 52,7

St. Petersburg, Mai 1899.

## Über Lagerungsverluste und Selbstentzündung von Steinkohlen.

Von

Ferd. Fischer.<sup>1)</sup>

Schon Plinius erwähnt die Selbstentzündung organischer Stoffe. Im Anfang des 18. Jahrh. tauchte die sonderbare Ansicht auf, dass bei lebenden Menschen die Selbstentzündung und Selbstverbrennung vorkommen könne. Erst den Ausführungen Liebig's<sup>2)</sup>, besonders seiner ausführlichen Abhandlung von 1850<sup>3)</sup> gelang es, diesen Aberglauben allmählich zu beseitigen.

Bekannt ist die Selbstentzündung organischer Stoffe, wie Heu, Kleie, Putzwohle u. dgl., ferner dass manche Steinkohlen beim Lagern an Werth verlieren (bes. Verkokung und Gasausbeute) oder auch sich selbst entzünden<sup>4)</sup>. Nach dem Berichte einer englischen Commission von 1877 verunglückten 1874 von 4485 Schiffen mit Kohlen nach Asien, Afrika und Amerika 60 Schiffe durch Selbstentzündung; von 77 Schiffen mit über 2000 t Ladung verunglückten 7 durch Selbstentzündung<sup>5)</sup>. Nach der von der deutschen Spediteur- und Rhedereizeitung geführten Statistik haben in den Jahren 1889 bis

<sup>1)</sup> Vortrag, gehalten auf der Hauptversammlung in Königshütte.

<sup>2)</sup> Ann. Chem. u. Ph. (1844) 50, 331.

<sup>3)</sup> J. v. Liebig: Reden und Abhandlungen (Leipzig, 1874) S. 83 bis 114.

<sup>4)</sup> Fischer, Chemische Technologie der Brennstoffe S. 584; W. Döring, Feuer im Schiff, (Hamburg 1888); H. Walter, Schiffbruch im indischen Ocean (Leipzig, 1892); L. Häpke, Selbstentzündung von Schiffsladungen u. dgl. 2. Aufl. (Bremen 1893); Steinkohlenladungen in Kauffahrteischiffen, bearbeitet im Auftrage des Reichsamts des Innern (Berlin 1889).

<sup>5)</sup> Vgl. Z. Bergh. 1877, 303.

1896 155 mit Kohlen beladene Schiffe Unfälle gehabt, davon sind 40 verbrannt, 30 verschollen. —

Von den über Lagerungsverluste und Selbstentzündung der Steinkohle angestellten Versuchen sind folgende besonders beachtenswerth.

Grundmann<sup>6)</sup> sieht in der Oxydation des Schwefelkieses die Ursache des Zerfallens der Steinkohlen an der Luft und der Erhitzung derselben. Erfolgt durch Luftwechsel keine Abkühlung, so kann die Temperatur so hoch werden, dass sich aus dem Bitumen der Kohle Destillationsproducte entwickeln, die bei Anwesenheit von atmosphärischer Luft im Innern der Haufen sich entzünden. In Verbindung damit erwähnt er, dass man bei der Extraction der Steinkohlen mit Äther ein Harz gewinnt, dessen Gewicht stets reichlich das Doppelte von dem Gewichtsverluste der Steinkohlen betrage; es müsse daher eine Oxydation der Extractionsproducte stattgefunden haben.

Nach seinen fernerer Mittheilungen<sup>7)</sup> wurden 1861 auf Erbreichschacht der Königsgrube bei Königsbütte 3400 t Kleinkohle besonders aufgestürzt. Durchschnittsproben wurden nach dem Auffahren der letzten Tonne, dann nach 2, 5 und 9 Monaten genommen und untersucht. Bei der Probenahme im September und December war die Temperatur im Innern der Halde schon 0,3 m unter der Oberfläche so hoch, dass man die Kohlen kaum mit der Hand berühren konnte. Die Analysen ergaben:

	Frisch geförderte Kleinkohle Anfang August 1861	Dieselbe Kohle v. d. Halde					
		Ende September 1861		Ende Dec. 1861		Ende April 1862	
		Weiterseite	Innere der Halde	Weiterseite	Innere der Halde	Weiterseite	Innere der Halde
Kohlenstoff	79,14	76,90	71,75	72,32	71,80	71,49	
Wasserstoff	4,75	4,67	4,46	4,30	4,40	4,34	
Stickstoff	0,82	0,83	0,87	0,81	0,87	0,86	
Schwefel	0,64	0,66	0,75	0,73	0,75	0,74	
Sauerstoff	10,15	10,74	11,30	11,82	11,39	11,77	
Asche	4,52	6,19	10,87	9,92	10,76	10,81	
Aschenfrei ber.:							
Kohlenstoff	83,44	82,57	81,23	80,95	81,17	80,82	
Wasserstoff	5,00	5,01	5,00	4,92	4,97	4,91	
Stickstoff	0,86	0,90	0,99	0,90	0,98	0,98	
Sauerstoff	10,70	11,53	12,79	13,23	12,88	13,30	

Grundmann nimmt als Ausgangspunkt für die stofflichen Veränderungen der Kohlen den Aschengehalt der frischen Kohlen; die Kohlen hätten daher schon nach 5 Monaten

etwa 60 Proc. des Kohlenstoffes und Wasserstoffes verloren, was nicht richtig sein kann, ein weiterer Beweis, wie schwierig es ist aus solchen Massen eine zutreffende Durchschnittsprobe zu erhalten.

Es wurden ferner Ende Sept. 1861 2 t Stückkohlen von demselben Flötz, grössere Stücke und zerschlagene, gesondert in Kisten im Freien zur Verwitterung aufgestellt; die Untersuchung ergab:

	Frisch gef. Stückkohle Ende Sept. 1861	Dieselben Ende December 1861		Ende April 1862	
		grosse Stücke	zer-schlagen	grosse Stücke	zer-schlagen
Kohlenstoff	78,85	78,66	78,72	76,71	78,74
Wasserstoff	4,87	4,84	4,80	4,84	4,76
Stickstoff	0,84	0,90	0,98	0,83	0,95
Schwefel	0,69	0,69	0,67	0,68	0,67
Sauerstoff	10,35	10,38	10,20	12,22	10,18
Asche	4,42	4,52	4,64	4,73	4,71
Aschenfrei ber.:					
Kohlenstoff	83,09	82,99	83,22	81,09	83,22
Wasserstoff	5,13	5,11	4,97	5,12	5,03
Stickstoff	0,38	0,95	1,04	0,84	1,00
Sauerstoff	10,90	10,95	10,77	12,92	10,75

Also keine nennenswerthe Veränderung.

In einer späteren Versuchsreihe über die Kohlen der Reviere Laurahütte und Rosdizin (a. a. O. S. 352) wurde Staubkohle der „Karls-hoffnung“ frisch, dann nach 6 und 12 Monate langem Lagern untersucht:

	Staubkohle	Nach 6 Monaten	Nach 12 Monaten
Kohlenstoff	78,03	74,25	70,67
Wasserstoff	5,21	4,71	4,63
Stickstoff	0,74	0,56	0,67
Sauerstoff	9,04	11,69	12,54
Schwefel	1,01	0,95	1,07
Asche	5,96	7,84	10,41
Aschenfrei:			
Kohlenstoff	83,88	81,41	79,88
Wasserstoff	5,60	5,16	5,23
Stickstoff	0,80	0,61	0,73
Sauerstoff	9,72	12,82	14,16

Reder<sup>8)</sup> fand, dass englische und Stadthagener Kohlen bei fast einjähriger Lagerung weder im Gewicht noch an praktischem Heizwerth Einbusse erlitten. Ibbenbürener Kohlen verloren in einem Jahre 1,4 Proc., Kohlen der Zeche Couel in Westfalen nichts an Gewicht; der praktische Heizwerth Ibbenbürener Kohlen war um 6 Proc., der der westfälischen um 2,5 Proc. vermindert. In Töpfen aufgestellte schlesische und englische Kohle hatte nach einem Jahre an Gewicht etwas zugenommen. — Analysen der Kohlen wurden nicht ausgeführt, die Versuche sind daher für die Aufklärung der Verwitterungsverhältnisse der Kohlen nicht verwertbar.

<sup>6)</sup> Ztschr. f. d. Berg- Hütten- u. Salinenw. 1861, 199 u. 350.

<sup>7)</sup> Das. 1862, 325.

<sup>8)</sup> Zft. d. Ver. deutsch. Eisenbahnverwaltungen 1866, No. 32; Wagner's Jahresb. 1866, 722.

L. Thompson<sup>9)</sup> unterscheidet für Steinkohlen eine „Trockenfäule“ (dry rot) und eine „Nassfäule“ (wet rot). Bei ersterer nimmt die Kohle Sauerstoff auf und gibt Kohlensäure ab; bei der Nassfäule erhitzt sich die in grossen Haufen aufgeschichtete feuchte Kohle, es tritt eine Art Gährung ein, bei welcher sich ein Theil des Wasserstoffes verflüchtigt und der zurückgebliebene Kohlenstoff Sauerstoff aufnimmt. Trockne Kohlen verloren an der Luft während 6 Monaten 8 Proc. an „Heizkraft“, in grossen Haufen feuchtgelagerte Kohle verlor aber in derselben Zeit beinahe die Hälfte ihrer Heizkraft. — Eine solche „Gährung“ ist nicht denkbar.

Die Untersuchungen über Heizwerthverminderung und Gewichtsverlust eingelagerter Steinkohlen, welche kürzlich von G. Götting und H. Minssen (D. Zucker. 1898, 1040) angestellt wurden, sind nicht als sachgemäss zu bezeichnen. Dieselben nahmen am 6. Mai 1898 von einem zwischen dem 1. und 31. August 1897 auf dem Hofe der Zuckerfabrik Klettendorf aufgeschütteten Haufen Kohlen aus dem Krugschacht der Königsgrube Doppelproben aus der Mitte (II) und von der Oberfläche (III); ferner eine Doppelprobe einer Ladung Kohlen aus demselben Schacht, welche am 6. Mai frisch auf dem Fabrikhofe anlangte (I). Je eine Probe wurde von Götting und von H. Noack getrennt untersucht.

		Wassergehalt bei der Probenahme	Lufttrocken				
			Wasser	Kohlenstoff	Wasserstoff	Asche	Schwefel
I.	Götting	10,48	5,58	69,37	4,02	9,04	1,26
	Noack	—	—	—	—	6,96	—
II.	G.	7,16	3,86	70,31	3,96	9,35	1,13
	N.	—	—	—	—	10,6	—
III.	G.	6,25	3,85	69,86	3,93	9,51	1,09
	N.	—	—	—	—	8,1	—

Götting schliesst daraus, dass die Kohlen in den 8 Monaten ihres Lagerens im Freien 1,6 bez. 2,6 Proc. an Brennwerth verloren hätten.

Die Übereinstimmung seiner Analysen mit der Voraussetzung ist um so überraschender, als die Aschenbestimmungen in den beiden Laboratorien zeigen, dass selbst die gleichzeitig genommenen Proben durchaus nicht gleich waren, also auch keineswegs dem grossen Kohlenhaufen entsprachen. Es ist ferner nicht ersichtlich, wie weit die Kohlen beim Trocknen an der Luft schon verändert

wurden. Durchaus unzulässig ist es aber, die im August 1897 geförderte Kohle mit der 8 Monate später gewonnenen völlig gleich zu halten. Die aus diesem Versuche gezogenen Schlüsse sind daher völlig werthlos<sup>10)</sup>.

H. Fleck<sup>11)</sup> versuchte, sämtliche Steinkohlen nach dem sog. disponibeln Wasserstoff einzutheilen. Er ging von der Ansicht aus, dass die Kohlen desselben Flötzes gleiche Zusammensetzung besitzen. Er hält daher die abweichenden Analysen von Heintz für unrichtig, ist mit den Analysen Grundmann's von 1861 einverstanden, hält aber die von 1864 für gefälscht indem er meint (195, 438), der Patriotismus habe dem rechnenden Chemiker die Hand geführt.

<sup>10)</sup> Ungeheuerlich ist die „Anlage 3“ dieses sog. Gutachtens (wörtlich): Gewichtsprobe. Unterzeichneter entnahm noch am 21. Mai eine zweite Probe, um festzustellen, wieviel wohl eine im Freien lagernde Steinkohle an Gewicht — durch Verdunstung des Wassers und den Einfluss der Witterung — verliert, und machte auf gleiche Weise die Mischungen einer Durchschnitsprobe von der alten Halde und einer zweiten Probe von 6 Kohlenwaggons (welche gerade auf dem Geleise abgeladen wurden) am 6. Mai c. — Diese Proben wurden schichtweise in eine Kiste eingelegt, welche im Lichten  $0,584 \times 0,603 \times 1,32 \text{ m} = 0,45936 \text{ cbm}$  mass.

Die einzelnen 10 Schichten wurden in dieser Kiste flach übereinander gebreitet und jede Schicht mit einem Holzstempel dicht eingestampft, dann die Kiste horizontal gleichmässig gefüllt und die überstehende Kohle mit einem geraden Streichbrett weggenommen.

Die auf diese Weise erhaltenen 0,45936 cbm eingestampfter Steinkohle wogen:

bei der im Freien gelagerten Steinkohle 385 k,  
bei der aus den 6 Waggons direct aus-

geladenen Steinkohle . . . . . 408,2 -  
Es ergab sich daher eine Verminderung des Kohlengewichtes bei der im Freien gelegenen verwitterten Kohle von  $408,2 : 385 = 1,32 \text{ Proc.}$ , was mit den Resultaten der chemischen Analyse ziemlich gut übereinstimmt.

Hierzu muss ich bemerken, dass die neu angekommene Steinkohle No. 2 sehr trocken und nicht grubenfeucht aussah, wahrscheinlich hatte dieselbe eine Zeit lang auf der Halde neben dem Krugschacht gelegen.

Ausserdem ist noch zu erwähnen, dass die auf dem Fabrikhofe der Zuckerfabrik Klettendorf gelagerte Kohle diesen Winter über von 1897 bis 1898 viel Regen bekommen hat.

In Rücksicht auf diese beiden Umstände wäre wohl der Gewichtsverlust ein höherer gewesen, wenn Kohle No. 2 frisch aus der Grube gekommen und die in der Zuckerfabrik gelagerte Kohle ein Schutzdach gehabt hätte.

Breslau, 23. Mai 1898.

Der Obergeringenieur des Schlesischen Vereins zur Überwachung von Dampfkesseln in Breslau.

H. Minssen.

Man muss dieses „Gutachten“ zweimal lesen, um einen solchen Unsinn überhaupt für möglich zu halten.

<sup>11)</sup> Dingl. (1866) 180, 460; 181, 48; (1870) 195, 480.

<sup>9)</sup> London Journ. of Arts 1865, 321; Dingl. 178, 162.

Diese Verdächtigung ist um so unbegreiflicher, als ihm die Untersuchungen Stein's bekannt sein mussten, der in der gleichzeitig geförderten Kohle eines Schachtes 62 bis 83 Proc. Kohlenstoff und 3,2 bis 5,4 Proc. Wasserstoff fand<sup>12)</sup>. Die Kohle eines Schachtes von „Unser Fritz“ zeigte, wie Verf. nachwies (Z. 1894, 607; 1895, 27), 80,7 bis 85,2 Proc. Kohlenstoff. Die von Fleck zusammengestellten Analysen zeigen daher nichts Auffallendes, z. B. die der Königsgrube:

Königsgrube	Asche	Aschefrei			Analytiker
		Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff und Stickstoff	
Gerhardflötz	2,24	83,18	5,13	11,68	Grundmann 1861
-	0,90	84,10	5,04	10,87	Fleck
- Erbreichschacht	3,00	87,06	5,42	7,41	} Grundmann 1864
- Hedwigsschacht	3,96	87,43	5,62	6,94	
-	2,66	81,68	5,00	13,32	Heintz
Heizmannflötz	3,04	81,26	4,94	13,79	Grundmann 1861
-	3,22	85,82	5,07	9,10	- 1864
-	2,93	75,70	5,10	19,20	Heintz
-	2,70	80,93	4,99	14,08	Fleck
Sattelflötz	2,45	78,87	5,48	15,64	Grundmann 1861
-	0,80	84,97	5,10	9,93	Fleck
- Bohrschacht	2,99	85,99	5,48	8,53	} Grundmann 1864
- Erbreichschacht	7,11	85,05	5,65	8,30	

Die Kohlen einer Grube können daher erhebliche Schwankungen in der Zusammensetzung zeigen, so dass solche Versuche nur dann brauchbare Ergebnisse liefern können, wenn sie mit der lagernden Kohle selbst ausgeführt werden. Über die Ursachen dieser Vorgänge können aber nur Versuche in kleinem Maassstabe Aufklärung geben.

Stein<sup>13)</sup> fand bei Untersuchung einer sächsischen Kohle in 5 einzelnen Stücken und in einer grossen Durchschnittsprobe (aschenfrei ber.):

	Kohlenstoff	Wasserstoff
1.	83,22	6,20
2.	83,16	6,25
3.	82,87	6,19
4.	82,03	6,54
5.	81,40	5,85
Durchschnittsprobe	83,28	4,55

Da die Durchschnittsprobe 4 Jahre aufbewahrt war, so schliesst er daraus, dass die Kohle an der Luft Wasserstoff verloren hat.

Fleck<sup>14)</sup> fand durch vergleichende Untersuchung frischer und 9 Jahre alter sächsischer Steinkohle, dass letztere mehr Sauerstoff bei geringerem Gehalt an Kohlenstoff und Wasserstoff zeigte.

<sup>12)</sup> Untersuchung der Steinkohlen Sachsens 1857; Fischer: Chemische Technologie der Brennstoffe, S. 503.

<sup>13)</sup> W. Stein: Untersuchung der Steinkohlen Sachsens (Leipzig, 1857) S. 39.

<sup>14)</sup> Die Steinkohlen Deutschlands (1865) Bd. 2, S. 221.

Varrentrapp (Dingl. 175, 156) zeigte schon i. J. 1865, dass Braunkohle an der Luft Kohlensäure entwickelt; durch Erwärmen wurde die Kohlensäurebildung wesentlich beschleunigt. Dann (das. 178, 380) zeigte er, dass westfälische Gaskohle in derselben Weise Kohlensäure entwickelt. Die Kohle selbst wurde nicht untersucht.

C. Richters<sup>15)</sup> fand, dass schlesische Kohlen beim Erwärmen auf 180 bis 190° Sauerstoff aufnehmen, Wasserstoff (als Wasser) und Kohlenstoff (als Kohlensäure) abgeben.

Eine Kohle verlor z. B. bei 10stündigem Erhitzen im Luftstrome 0,7 Proc. Wasserstoff und 1,2 Proc. Kohlenstoff, nahm aber 6,1 Proc. Sauerstoff auf. Hindrichs<sup>16)</sup> bestätigte dieses. Weitere Versuche von Richters<sup>17)</sup> ergaben, dass bei gewöhnlicher Temperatur 20 g gepulverte Steinkohle in 8 Tagen 6,6 cc trocknen Sauerstoff absorbirten. Kohlenpulver, 6 Tage lang auf 180 bis 200° erwärmt, veränderte das Gewicht nicht mehr, Wasserstoff und Sauerstoff standen dann in annähernd demselben Verhältnisse wie im Wasser; mit dem Verschwinden des sog. disponibeln Wasserstoffes hörte die Sauerstoffaufnahme auf<sup>18)</sup>. Frisch geförderte Kohle nimmt lufttrocken Sauerstoff bedeutend lebhafter auf als feucht. In der Mehrzahl der Fälle muss der oft behauptete günstige Einfluss der Feuchtigkeit auf die Zersetzung der Steinkohlen auf die Oxydation des Schwefelkieses zurückgeführt werden. Schwefelkiesarme Kohlen oxydiren sich lufttrocken ebenso rasch und rascher als im feuchten Zustande.

<sup>15)</sup> Dingl. (1868) 190, 398.

<sup>16)</sup> Verh. d. geolog. Reichsanstalt, März 1869.

<sup>17)</sup> Dingl. (1869) 193, 51 und 315; (1870) 195, 450; 196, 317.

<sup>18)</sup> Holz verwandelt den Sauerstoff ohne Änderung des Volums in Kohlensäure. Lignit nimmt Sauerstoff auf und entwickelt Kohlensäure (a. a. O. S. 318).

**Er gelangt zu folgenden Schlüssen:**

1. Die Verwitterung ist die Folge einer Aufnahme von Sauerstoff, welcher 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 während der Lagerung, so tritt nach Maassgabe der Temperaturerhöhungen eine mehr oder weniger energische chemische Reaction des Sauerstoffes auf die verbrennliche Substanz der Kohlen ein, andernfalls 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<sup>19)</sup>.

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 Sauerstoff lässt vielmehr geringe Gewichtszunahmen annehmbar erscheinen.

5. Für die Erklärung der Abnahme des Brennwerthes, des Verkokungwerthes (bezüglich der Quantität), der Backfähigkeit und des Vergasungwerthes, welche die Kohlen durch Verwitterung erleiden, bedarf es nicht der von mehreren Seiten unterstellten Annahme einer „neuen Gruppierung 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. —

Im Jahre 1866 wandte sich die Vege-sacker Seeschiffer-Gesellschaft an Liebig; derselbe schrieb:

„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 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.“

Nach Angaben der englischen Commission von 1877 sind gewisse Kohlenarten zur Verschiffung ganz und gar untauglich, andere Sorten sollten nur auf geringe Entfernungen und mit Vorsicht verschifft werden. 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 Grus entsteht. Nach Zeugenaussagen über den Feuchtigkeitsgehalt der Kohlen will es „scheinen, dass Feuchtigkeit bei gewissen Kohlenarten, 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 mitgetheilten 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,

<sup>19)</sup> Vgl. Dingl. 196, 320.

dass es nicht ventilirt gewesen sei, während es von 38 feststeht, 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 der Zeugen verwiesen, wurden zu Newcastle zur gleicher Zeit mit der nämlichen Kohle aus demselben Flötz nach dem Kippsystem geladen, indem bald das eine, bald das andere sich unter dem Gerüst 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 garnicht. Die drei ersteren verbrannten vollständig, die Corah brachte ihre Ladung unversehrt nach Bombay. Die Commission gelangt zu folgenden Schlüssen:

1. Gewisse Kohlenarten sind für weitere 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 zur Selbstentzündung selbst bei Kohlenarten, die an und für sich zum weiteren Transport nicht ungeeignet sind.

3. Selbstentzündungen werden seltener vorkommen, wenn Rheder und Versicherer diese That-sachen beachten würden.

4. Kohlenladungen sollten auf weiten Fahrten von Zeit zu Zeit an verschiedenen Stellen mittels 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 Kohlenarten 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 stes 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.

Nach Lewes<sup>20)</sup> ist die Ventilation des Schiffsraumes verwerflich. Eine weitere 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 ist. Nach fernerer Angaben desselben<sup>21)</sup> entzündet sich Cannelkohle bei 365°, Lignitkohle bei 451°, wälsche Dampfkohle bei 466°. Bei neugeförderter Stückkohle findet Selbstentzündung selten statt, jedoch entsteht nach wiederholtem Umarbeiten, wenn die Stückkohle zu Staub zerfällt, eine rapide Aufnahme von Sauerstoff und damit eine starke Steigerung der Wärme. Je höher der Gehalt der Kohle an Feuchtigkeit, desto grösser ist die Absorptionsfähigkeit derselben für Sauerstoff. Jede Erhöhung der Temperatur der aufgehäuften Kohlen wirkt schädlich. Dampfrohre oder Feuerzüge sollen mindestens 6 m davon entfernt liegen.

Kürzlich hat die nordamerikanische Admiralität Versuche über die Selbstentzündung der Kohlen anstellen lassen (Chemzg. 1899, 72). Darnach wird die Entzündung hervorgerufen durch starke Absorption von Sauerstoff durch die Kohle, wodurch die Temperatur so weit steigt, dass eine chemische Verbindung zwischen Kohlenwasserstoffen und Sauerstoff eintritt. Begünstigt wird dies noch durch die Einwirkung von Feuchtigkeit auf den Schwefel kieshaltiger Kohlen. Diese werden dadurch zersprengt und für die Sauerstoffaufnahme geeigneter. Zur Verhütung sollen die Kohlen am Lande geschützt auf Eisenboden lagern, die Träger aus Eisen oder Mauerwerk bestehen, und die Ladehöhe 2 bis 2½ m nicht übersteigen. Ausserdem sollen Dampf- oder Feuerrohre mindestens 6 m davon entfernt sein. Für Seereisen darf die Kohle nicht früher als 1 Monat nach der Förderung verladen werden.

<sup>21)</sup> Glückauf 1896, 941.

[Fortsetzung folgt.]

<sup>20)</sup> Industries 1890, 386.