

Badische Landesbibliothek Karlsruhe

Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe

Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei

in zwei Abtheilungen

Das Schießpulver, dessen Geschichte, Fabrikation, Eigenschaften und
Proben

Upmann, Julius

Braunschweig, 1874

Die Materialien

[urn:nbn:de:bsz:31-125945](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-125945)

Die Materialien.

1. Der Salpeter.

Zur Anfertigung des gewöhnlichen Schießpulvers wird nur Kalisalpeter angewendet, da der Natronsalpeter zu viel Feuchtigkeit aus der Luft anzieht und auch einen größeren Rückstand in dem Laufe der Feuerwaffen zurückläßt, als der Kalisalpeter.

Der Rohsalpeter, wie er heut zu Tage von den Pulverfabriken aufgekauft wird, wird von den meisten Raffinerien ziemlich rein geliefert, trotzdem aber, wenigstens in den größeren Pulverfabriken, einer nochmaligen Läuterung unterworfen, um womöglich Alles, was sich nicht als salpetersaures Kalium erweist, daraus zu entfernen. — Ehe auf das Läuterungsverfahren näher eingegangen werden kann, sind zuvor noch die Salpeterproben zu erwähnen, durch welche der Gehalt an wirklichem Salpeter in dem Rohsalpeter festgestellt werden soll. Für den Pulverfabrikanten ist es nämlich bei dem Ankauf des Rohsalpeters eine Frage von großer Bedeutung, wie viel reines salpetersaures Kalium in der Waare enthalten sei. Den Gehalt derselben auf eine rasche und zugleich sichere Weise zu ermitteln, hat bis auf den heutigen Tag zu großen Schwierigkeiten geführt. Denn einestheils ist der Weg, welchen man bei einer genauen, chemischen Analyse einschlagen muß, zu zeitraubend, anderentheils sind für den Techniker, der häufig die zureichende Geschicklichkeit in analytischen Arbeiten nicht besitzt, die Ergebnisse der Analysen in Bezug auf die Beimengungen außer den Chlormetallen und auf die Trennung des Kali vom Natron zweifelhaften Werthes. Seit geraumer Zeit haben daher in den verschiedenen Ländern die Pulverfabriken verschiedene Methoden angewandt, um sich von dem Werthe eines zu verarbeitenden Rohsalpeters zu überzeugen. Fast keine dieser Proben kann aber als zweckentsprechend angesehen werden.

a. Die Salpeterproben.

In der Mitte des vorigen Jahrhunderts begnügte man sich damit, eine gewisse Quantität Salpeter in einem eisernen Löffel zu glühen, um durch das Abbrennen und Verknistern die relativen Mengen von Salpeter und Rochsalz zu bestimmen.

Dieses Verfahren, welches eine wirkliche Methode nicht genannt werden kann, wurde im Jahre 1797 durch eine Probe von Bottée und Riffault verdrängt, welche alsbald nach ihrem Bekanntwerden in Frankreich eingeführt

wurde
Auflö
wohl
des
mit
Glas
sobal
des
holt,
sicher
salz,
so ist
gehen
Flüss
zulös
gego
gut
Salp
nach
Lösch
Wass
Stur
bring
San
Gew
Das
tiger
peter
ande
Sal

sich
mögl
lösu
unle
dure
kaliu
erni
das
bere
Sal
tere
glei
den
auf

wurde. Sie beruht darauf, daß eine für eine bestimmte Temperatur gesättigte Auflösung reinen Salpeters bei dieser Temperatur keinen Salpeter mehr auflöst, wohl aber Kochsalz und andere Salze. Das Verfahren ist folgendes: 400 g des zu prüfenden Rohsalpeters werden mit einem halben Liter Wasser, welches mit reinem Salpeter für $12,5^{\circ}$ C. gesättigt wurde, übergossen und mit einem Glasstabe eine Viertelstunde fleißig durch einander gerührt. Die Flüssigkeit wird, sobald der Salpeter sich gesetzt hat, durch ein Filter abgesehen. Diese Operation des Waschens wird sodann mit der Hälfte der vorigen gesättigten Lösung wiederholt, welches hinreichend wäre selbst bei 0,66 Verunreinigung. Um jedoch ganz sicher zu gehen und um nicht das in noch größerem Verhältnisse vorhandene Kochsalz, wenn hierdurch nicht alles gelöst worden wäre, als Salpeter zu betrachten, so ist vorgeschrieben, wenn der Verlust durch dieses Waschen auf mehr als 0,60 gehen würde, den Rückstand ein drittes Mal mit einem halben Liter gesättigter Flüssigkeit zu waschen, welches nun genug wäre, den ganzen Rest der Probe aufzulösen, angenommen, er bestehe aus Kochsalz. Die Flüssigkeit wird auf ein Filter gegossen und es muß das letzte Mal wohl Bedacht genommen werden, das Glas gut auszuspülen und mittelst eines Löffels die letzten, sichtbaren Partikeln des Salpeters heraus und auf das Filter zu schaffen. Dieses Filter wird sodann nach dem Abtropfen mit Vorsicht vom Trichter genommen, auf ein doppeltes Blatt Löschpapier gelegt, unter welchem Filterschnitzel, ferner Kreide, Kalk, Asche u. dergl. Wasser absorbirende Stoffe in einem flachen Gefäße ausgebreitet sind. Nach 24 Stunden kratzt man den Salpeter von dem Filter, ohne das Papier zu verletzen, bringt denselben in das Glas, worin man ihn gewaschen hat, und trocknet ihn im Sandbade bei etwa 100° C. Der getrocknete Salpeter wird gewogen und das Gewicht desselben, um 2 Proc. vermindert, giebt den Gehalt an reinem Salpeter. Das Abziehen von 2 Proc. soll nach vorgenommenen Versuchen den Fehler berichtigen, welcher einerseits durch das unvermeidliche Anhaften der concentrirten Salpeterlösung, mit welcher das Waschen vorgenommen wurde, entsteht, und der andererseits durch das darauf folgende Zurückbleiben des darin gelöst gewesenen Salpeters beim Verdampfen des Wassers herbeigeführt wird.

Diese Methode leidet an mehreren erheblichen Fehlerquellen. Abgesehen nämlich von der Wasserverdunstung aus der gesättigten Salpeterlösung und der leicht möglichen Temperaturveränderung, wodurch der Sättigungspunkt der Salpeterlösung geändert wird, bleiben Gyps und andere dem Rohsalpeter beigemengten unlöslichen Substanzen, wie z. B. Thon und Eisenoryd, in dem Rückstande, wodurch man einen zu hohen Gehalt an reinem Salpeter erhält. Ist viel Chlorkalium unter dem Salpeter, so verursacht dieses bei seiner Lösung eine Temperaturerniedrigung, also eine Ausscheidung von Salpeter aus der gesättigten Lösung, während das umgekehrte Verhalten eintritt, wenn viel Kochsalz zugegen ist, welches, wie bereits Lavoisier nachgewiesen hat, die Auflösung einer beträchtlichen Menge Salpeters in der Probe bewirkt. Man hat allerdings mit Rücksicht auf den letzteren Punkt eine Correctionstabelle zu entwerfen gesucht, ohne indeß zu einer gleichheitlichen Uebereinstimmung zu gelangen. Aus diesen Gründen, nicht zu gedenken der über 24 Stunden dauernden Untersuchungsmethode, ist denn auch außer Frankreich dieselbe nirgends in Anwendung gekommen.

Ehe hier weiter gegangen wird, sei bemerkt, daß vor der Prüfung auf salpetersaures Kalium stets eine Voruntersuchung auf Chlorverbindungen, Säuren und Basen stattfindet. Diese ist bei dem weiter unten folgenden Verfahren in Spandau genau beschrieben, und sei daher, um den Gesamtüberblick über diese Methode nicht zu stören, auf dieselbe verwiesen.

Ein ähnliches Schicksal wie das Riffault'sche Verfahren erlitt das in Schweden im Jahre 1813 von G. Schwarz eingeführte. In diesem Lande ist jeder Grundeigenthümer verpflichtet, als Abgabe eine bestimmte Quantität Salpeter an den Staat zu liefern. Um nun den Gehalt an reinem Salpeter zu controliren, wird der letztere geschmolzen und in dreilöthige Tafeln von einem Zoll Dicke gegossen. Nach dem Erkalten muß der Kuchen einen strahligen Bruch haben, widrigenfalls der Einnehmer des Staates zur Annahme nicht verpflichtet ist. Reiner Salpeter ist im Bruche grobstrahlig. Ein Zusatz von 1,235 Proc. Kochsalz macht diesen schon weniger grobstrahlig; eine Beimengung von 1,96 Proc. bildet in der Mitte des Salpeters einen Streifen, der nicht strahlig ist, und bei einem Zusatze von 2,6 Proc. Kochsalz ist derselbe nur noch an den Ranten von strahligem Bruche. — Diese Untersuchungsmethode ist zwar sehr kurz, da sie in einer Stunde an 30 Proben erlaubt, aber auch sehr ungenau, da die Beurtheilung des Werthes einer Lieferung ganz in der Willkür des Einnehmers liegt. —

In Oesterreich wurde im Jahre 1823 eine von dem österreichischen Artillerieobersten Huß angegebene Methode eingeführt. Dieselbe beruht auf der Erfahrung, daß die Menge des gelösten Salpeters mit der Menge und mit der Temperatur des Wassers im geraden Verhältnisse stehe, mithin bei gleichbleibender Menge Wasser nur von der Temperatur abhängig sei, und auf der Voraussetzung, daß die Chlorverbindungen auf die Lösungsfähigkeit des Wassers für den Salpeter keinen Einfluß haben, und daß folglich eine Lauge, welche Salpeter und Kochsalz aufgelöst enthält, erst bei jener Temperatur Krystalle abzusetzen anfängt, bei der eine Auflösung von derselben Menge reinen Salpeters in derselben Menge Wassers Krystalle absetzen würde.

Zu diesem Zwecke ist nach directen Versuchen eine Tabelle angefertigt, aus der zu ersehen ist, welches Quantum von Salpeter in 100 Thln. Wasser bei verschiedenen Temperaturen noch aufgelöst bleiben kann, oder was als dasselbe angesehen wird, gerade zu krystallisiren beginnt. Es werden daher 40 Gew.-Thle. Salpeter in 100 Gew.-Thln. auf ungefähr 45° R. erwärmt und dann gewogenen Brunnen- oder Flußwassers (nach der bestehenden Vorschrift 166,6 g Salpeter in 416,5 g Wasser) gelöst und unter beständigem Umrühren erkalten gelassen. Ein in Viertelgrade getheiltes Thermometer wird in die Lösung eingetaucht und sodann die Temperatur beobachtet, bei welcher in der Salpeterlösung die ersten Krystallnadeln sich zeigen, wonach der auf 100 Theile des untersuchten Salpeters berechnete Reingehalt genommen werden kann. Wäre z. B. derselbe ganz rein, so würde er bei $20\frac{1}{4}^{\circ}$ diese Krystallbildung bemerkbar werden lassen; es würden aber nur 35,81 reiner Salpeter in den zur Probe genommenen 40 enthalten sein, wenn die Krystallbildung bei 18° eingetreten wäre, was $89\frac{1}{2}$ Proc. reinen Salpeter ausmacht, denn $40 : 35,81 = 100 : x$; $x = 89\frac{1}{2}$ Proc.

Zur Untersuchung des Salpeters auf seinen Gehalt an reinem salpetersaurem Kalium hat Huf eine Tabelle entworfen, welche hier folgen soll.

Bei folgenden Temperaturen in R.	sind 100 Gew. = Thle. Wasser mit folgenden Gew. = Thln. reinen Salpeters gesättigt	Folglich sind in 100 Gew. = Thln. des untersuchten Salpeters an reinem salpetersaurem Kalium enthalten	Bei folgenden Temperaturen in R.	sind 100 Gew. = Thle. Wasser mit folgenden Gew. = Thln. reinen Salpeters gesättigt	Folglich sind in 100 Gew. = Thln. des untersuchten Salpeters an reinem salpetersaurem Kalium enthalten
8	22,27	55,7	14 $\frac{1}{4}$	30	75
8 $\frac{1}{4}$	22,53	56,3	14 $\frac{1}{2}$	30,36	75,9
8 $\frac{1}{2}$	22,80	57	14 $\frac{3}{4}$	30,72	76,8
8 $\frac{3}{4}$	23,08	57,7	15	31,09	77,7
9	23,36	58,4	15 $\frac{1}{4}$	31,44	78,6
9 $\frac{1}{4}$	23,64	59,1	15 $\frac{1}{2}$	31,83	79,6
9 $\frac{1}{2}$	23,92	59,8	15 $\frac{3}{4}$	32,21	80,5
9 $\frac{3}{4}$	24,21	60,5	16	32,59	81,5
10	24,51	61,3	16 $\frac{1}{4}$	32,97	82,4
10 $\frac{1}{4}$	24,81	62	16 $\frac{1}{2}$	33,36	83,4
10 $\frac{1}{2}$	25,12	62,8	16 $\frac{3}{4}$	33,75	84,4
10 $\frac{3}{4}$	25,41	63,5	17	34,15	85,4
11	25,71	64,3	17 $\frac{1}{4}$	34,55	86,4
11 $\frac{1}{4}$	26,02	65	17 $\frac{1}{2}$	34,9	87,4
11 $\frac{1}{2}$	26,32	65,8	17 $\frac{3}{4}$	35,38	88,4
11 $\frac{3}{4}$	26,64	66,6	18	35,81	89,5
12	26,96	67,4	18 $\frac{1}{4}$	36,25	90,6
12 $\frac{1}{4}$	27,28	68,2	18 $\frac{1}{2}$	36,70	91,7
12 $\frac{1}{2}$	27,61	69	18 $\frac{3}{4}$	37,15	92,9
12 $\frac{3}{4}$	27,94	69,8	19	37,61	94
13	28,27	70,7	19 $\frac{1}{4}$	38,08	95,2
13 $\frac{1}{4}$	28,61	71,5	19 $\frac{1}{2}$	38,55	96,4
13 $\frac{1}{2}$	28,95	72,4	19 $\frac{3}{4}$	39,03	97,6
13 $\frac{3}{4}$	29,30	73,2	20	39,51	98,8
14	29,65	74,1	20 $\frac{1}{4}$	40	100

Sollte die Temperatur des Wassers zu tief gesunken sein, ehe noch aller Salpeter aufgelöst worden wäre, so dürfte man das Glas nur in warmes Wasser halten, um die Temperatur nochmals zu erhöhen und allen Salpeter aufzulösen, was auch geschehen müßte, wenn die Entstehung der ersten Krystalle unbeachtet geblieben wäre. Sollte aber umgekehrt in der heißen Jahreszeit bei einem sehr geringen Gehalte an reinem Salpeter die Temperatur nicht tief genug herunter sinken, so müßte das Glas mit der genommenen Probe in frisches Brunnenwasser

gesenkt werden, dessen Temperatur noch überdies durch Hineinwerfen von etwas Salpeter herabgesetzt werden könnte. Würde gegen alle Wahrscheinlichkeit doch der Fall eintreten, daß ein mit mehr als 45 Proc. fremder Salze verunreinigter Salpeter zu untersuchen wäre, für welchen die Tabelle nicht mehr eingerichtet ist, indem sie nur bis 8° abwärts, einem Gehalte von 44,3 Proc. fremder Salze entsprechend, reicht, so hilft man sich durch Zusatz von reinem Salpeter, den man nach gemachter Untersuchung wieder abzieht. Wäre z. B. dieser Fall bei einem zu untersuchenden Salpeter wirklich eingetreten, oder könnte er aus gewissen Umständen vermuthet werden, so nehme man 80 Gew.-Thle. desselben, setze 20 Thle. reinen Salpeters zu und löse nun von dieser gut gemengten Portion 40 Thle. in 100 Thln. Wasser auf, wie oben.

Angenommen, die Lauge krystallisire nun bei $9\frac{3}{4}^{\circ}$, so würden $60\frac{1}{2}$ Proc. reiner Salpeter aus der Tabelle entnommen werden, wovon nach Abzug jener zugesetzten 20 nur $40\frac{1}{2}$ Proc. für den Reingehalt des untersuchten Salpeters bleiben.

Da die Richtigkeit der Resultate dieser Untersuchungsmethode von der genauen Bestimmung nicht nur der Temperatur, sondern auch der Menge des Wassers und des Salpeters abhängt, so ist leicht einzusehen, daß vollkommen trockner Salpeter genommen werden muß, damit nicht die Untersuchung mit einer größeren Menge Wassers und kleineren Menge Salpeters angestellt wird. Denn das im Salpeter befindliche Wasser würde bei der Temperatur des Krystallisationspunktes eine dieser Temperatur und seinem Gewichte entsprechende Quantität Salpeter aufgelöst behalten, welche aber der Beobachtung entgeht. Z. B. ein untersuchter Salpeter begann bei 18° R. zu krystallisiren und zeigt daher 89,5 Proc. an reinem Salpeter als seinen Gehalt. Hätte dieser Salpeter aber $2\frac{1}{2}$ Proc. Feuchtigkeit gehabt, so behalten diese $2\frac{1}{2}$ Theile Wasser 0,9 Salpeter bei dieser Temperatur aufgelöst, denn $100 : 2\frac{1}{2} = 35,81 : x$; $x = 0,88$. Diese 0,9 Salpeter gehen aber für die Beobachtung verloren, welche bei Berücksichtigung dieser Feuchtigkeit den Gehalt an Salpeter mit 90,4 gefunden hätte. In diesem Falle muß eine bestimmte Menge des zu untersuchenden Salpeters getrocknet werden, der Gewichtsverlust giebt den Wassergehalt in Procenten. Von diesem getrockneten Salpeter wird sodann die nöthige Menge zur weiteren Probe genommen.

Wie bereits oben bemerkt, beruht diese Methode auf der Voraussetzung, daß weder beigemengte Chlormetalle noch andere Salze den Sättigungspunkt reiner Salpeterlösung verändern. Diese Voraussetzung ist nun nicht begründet, da nach Longchamp's Versuchen Wasser nach Verhältniß des zugegebenen Kochsalzes mehr Salpeter auflöst, als in reinem Zustande. 100 g einer bei 18° C. gesättigten Salpeterlauge, welche 21,63 Proc. Salpeter enthält, nehmen bei Zusatz von 5 g Chlornatrium noch 0,744 g, bei Zusatz von 10 g Chlornatrium noch 1,267 g und (als Höchstes) bei Zusatz von 26,85 g Chlornatrium noch 3,22 g Salpeter auf.

Für die technische Anwendung der Fuß'schen Methode würde dieses nicht sehr nachtheilig sein, denn bei der Raffination des untersuchten Salpeters geht ja doch die dem beigemengten Kochsalze entsprechende Quantität Salpeter größtentheils verloren. Wenn daher nur sonst die Methode leicht ausführbar und die Ergebnisse mit Ausnahme des eben erwähnten Umstandes zuverlässig wären, so

würde sie die kürzeste und empfehlenswertheste sein. Nach den mit der größtne Sorgfalt von Werther angestellten Untersuchungen läßt sich indeß dies nicht behaupten, da bei ganz gleich angestellten Versuchen mit derselben Menge Salpeter Differenzen unter sich von 3,3 Proc. und Abweichungen vom wahren Gehalte der angewandten Probe von 0,35 bis 3,7 Proc. auftreten. Bestätigt werden diese Beobachtungen durch die sorgfältigen Untersuchungen von Kayser, worüber das Nähere im 32. Bande des Archivs für die Offiziere der Königl. Preuß. Artillerie u. s. w. nachzusehen ist.

Im Widerstreit hiermit steht die Behauptung von Toel, welcher ebenfalls die Fuß'sche Methode geprüft hat und sie als vollkommen bewährt gefunden haben will. Nach Toel ist es besonders wichtig, das richtige Verhältniß zwischen Wasser und Salpeter zu nehmen, weshalb er den Salpeter in einem tarirten Becherglase mit der vorgeschriebenen Wassermenge und eingesenktem Thermometer in einem Wasserbade auf 45° bis 50° R. erwärmt und das während des Lösens verdampfte Wasser ersetzt. Sodann filtrirt er die Lösung, damit nicht durch Staub oder Unreinigkeiten die Krystallauscheidung befördert werde, und benutzt die zuerst durchgelaufene Hälfte zur Krystallisationsbestimmung.

Die Ungenauigkeit der Riffault'schen Methode veranlaßte Gay-Lussac, eine Bestimmung des Salpeters auf alkalimetrischem Wege vorzunehmen. Zu diesem Zwecke hat Gay-Lussac vorgeschlagen, 1 Thl. Salpeter mit der Hälfte seines Gewichtes an Kohle mit 4 Thln. Kochsalz gemischt zu glühen, damit sich das salpetersaure Salz in kohlensaures verwandle. Die geschmolzene Masse wird sodann in Wasser gelöst, filtrirt und durch verdünnte Schwefelsäure von bekanntem Gehalte volumetrisch bestimmt und hieraus die Menge Salpeter berechnet.

Diese Methode trifft, wie Werther ganz richtig bemerkt, der Vorwurf, daß man nicht eigentlich den Gehalt an salpetersaurem Kalium erfährt, sondern die den überhaupt vorhandenen Nitraten äquivalente Menge derselben bezw. des salpetersauren Natrium.

Dasselbe gilt von der von Mayer in seiner Militair-Chemie vorgeschlagenen Methode, 100 Thle. Rohsalpeter mit 80 Thln. Schwefel und 400 Thln. Kochsalz zusammenzuschmelzen, um dadurch die salpetersauren Salze in schwefelsaure überzuführen. Auf je 115 Gew.=Thle. daraus gewonnenem schwefelsaurem Baryum sollen 100 Gew.=Thle. salpetersaures Kalium im Rohsalpeter enthalten gewesen sein.

In Betreff des Gay-Lussac'schen Verfahrens ist noch zu bemerken, daß Abel und Bixham diese Methode einer genauen Prüfung unterworfen und gefunden haben, daß stets etwas Salpeter unzersezt bleibt und daneben sich oft eine nicht unbedeutende Menge von Cyankalium bildet, welches sich beim Glühen in cyansaures Kalium und nach dem Auflösen theilweise in Ammoniak verwandelt, weshalb die Verfasser vorschlugen, die Schmelze zur Zerstörung des cyansauren Kalium mit dem $1\frac{1}{5}$ -fachen Gewichte an chloresaurem Kalium noch einmal zu erhitzen. In einer späteren Mittheilung führen dieselben an, daß man befriedigende Resultate erhält, wenn man 20 Thle. Salpeter mit 5 Thln. geglühtem, sehr fein vertheiltem Graphit, wie man ihn nach Brodie's Verfahren erhält, und 80 Thln. Chlornatrium im Platintiegel bei mäßiger Rothglühhitze verpufft. Es

soll sich hierbei kein cyansaures Kalium bilden und das von ihnen früher vorgeschlagene, weitere Erhitzen der Masse mit chlorsaurem Kalium nur dann nothwendig sein, wenn der zu prüfende Salpeter schwefelsaure Salze enthält. Sollte der Graphit Schwefeleisen enthalten, so muß dieses zuvor durch Behandeln mit Säuren ausgezogen werden. Das chlorsaure Kalium wird in dem angegebenen Falle erst nach Entfernung des Tiegels aus der Muffel auf die Oberfläche der Masse gestreut und am besten so lange über der Lampe erhitzt, als noch ein Aufbrausen bemerkbar ist.

So genau nun auch diese Methode sein mag, so ist dieselbe doch nur für salpetersaures Kalium, frei von allen übrigen Nitraten, anwendbar.

An das Gay-Lussac'sche Verfahren schließt sich das von Gossart und Pelouze an.

Gossart gründet seine Methode auf das Princip, welches Gay-Lussac zuerst für die Chlorometrie und Braunsteinprobe anwandte. Der zu untersuchende Salpeter wird in Schwefelsäure eingetragen und dazu eine titrirte Lösung von Eisenvitriol gesetzt, bis ein Tropfen der vorher erhitzten Flüssigkeit in einer Kaliumeisencyanidlösung gerade eben einen blauen Niederschlag hervorbringt. Aus der verbrauchten Menge des schwefelsauren Eisenoxyduls wird dann die Menge der Salpetersäure berechnet.

Diese Methode ist von Pelouze insofern verändert worden, als er eine bekannte Menge Eisenchlorür im Ueberschusse verwendet und das noch unveränderte Eisenchlorür mittelst übermangansaurem Kalium bestimmt.

Man löst 2 g Klaviersaiten in 80 bis 100 cbem concentrirter Salzsäure unter gelindem Erwärmen in einem etwa 150 cbem fassenden Kolben, der mit einem Kork verschlossen ist, durch welchen eine in eine Spitze ausgezogene Glasröhre geht. Sowie die Auflösung beendet ist, trägt man 1,2 g des zu prüfenden Salpeters ein und erhitzt, nachdem man den Kolben schnell wieder geschlossen hat, bis zum Sieden. Hat die Flüssigkeit ihre braune Farbe verloren und ist sie durchsichtig gelb geworden, was im Verlauf von 5 bis 6 Minuten geschieht, so gießt man den Inhalt des Kolbens in ein größeres Gefäß, spült mit Wasser nach und verdünnt das Ganze bis zum Raume von etwa 1 l. Sodann fügt man aus einer graduirten Bürette eine titrirte Lösung von übermangansaurem Kalium unter fortwährendem Umrühren der Eisenlösung so lange hinzu, bis letztere auf Zusatz eines einzelnen Tropfens eine Rosafärbung annimmt. Aus der verbrauchten Anzahl cbem von übermangansaurem Kalium erfährt man die Menge an Eisen, welches noch nicht in Eisenchlorid umgewandelt ist. Zieht man dies von den ursprünglich angewandten 2 g Eisen ab, so läßt sich, wenn man erwägt, daß 1 g Eisen 0,608 g Salpeter entspricht, daraus leicht der Gehalt an Salpeter berechnen.

Diese Methode erfordert einen großen Zeitaufwand und giebt doch nie ganz zuverlässige Resultate, denn der Kohlengehalt in demselben Drahte ist, wie Pelouze selbst gezeigt hat, nicht constant, so daß sich hieraus schon eine Differenz von $\frac{1}{2}$ Proc. Salpeter ergeben kann. Kocht man zu rasch, so kann es leicht sich ereignen, daß Salpetersäure entweicht, ehe sie auf das Eisenchlorür eingewirkt hat. Wird das Sticksäure nicht ganz aus der Flüssigkeit ausgetrieben, was insbesondere bei sehr verdünnten Lösungen zu befürchten ist, so wird durch die Bildung von

Untersalpetersäure mehr Chamäleonlösung reducirt, als ihrem Eisenorydulgehalte entspricht. Hierzu kommt noch, wie Löwenthal und Lessen nachgewiesen haben, daß bei Titrirung einer Salzsäure enthaltenden Eisenorydullösung mit Chamäleon neben der eigentlichen Reaction ($10 \text{ Fe O} + \text{Mn}_2 \text{ O}_7 = 5 \text{ Fe}_2 \text{ O}_3 + 2 \text{ Mn O}$) noch eine Nebenreaction ($14 \text{ H Cl} + \text{Mn}_2 \text{ O}_7 = 5 \text{ Cl}_2 + 2 \text{ Mn Cl}_2 + 7 \text{ H}_2 \text{ O}$) hergeht, in Folge dessen Chlor frei wird, welches zum Theil entweicht, ehe es auf die Eisenorydullösung eingewirkt hat; bei Gegenwart von Salzsäure kann also Chamäleonlösung verbraucht werden, ohne daß sie oxydirend auf das Eisenorydul einwirkte. Aus diesem Grunde erhielten denn auch Abel und Bloxam immer schwankende Resultate. Fresenius hat zwar alle diese Fehlerquellen zu vermeiden gesucht, allein ein näheres Eingehen auf dessen Methode scheint hier nicht zweckentsprechend zu sein, da die Probe nur die Quantität von vorhandener Salpetersäure anzeigt, der Rohsalpeter aber häufig neben Kalisalpeter noch salpetersaures Natrium, Calcium und Magnesium enthält.

Nicht viel besser steht es mit dem Verfahren von Persoz. Hiernach schmilzt man den zu untersuchenden Salpeter und wägt nach dem Erkalten 2 bis 3 g ab, bringt diese in einen etwas großen Platintiegel und giebt darauf das doppelte Gewicht von zweifach chromsaurem Kalium, welches man zuvor geschmolzen und pulverisirt hat. Man wägt darauf wieder und erhitzt schwach, schließlich aber, wenn die salpetrigsauren Dämpfe nicht mehr so reichlich entweichen, bis zur Dunkelrothgluth. Nach dem Erkalten wägt man wieder, der Gewichtsverlust zeigt die entwichene Salpetersäure an. Enthält der untersuchte Salpeter Kali und Natron, so findet man einen Ueberschuß, wenn man die gefundene Salpetersäure auf salpetersaures Kalium berechnet, hingegen ein Deficit bei ihrer Berechnung auf salpetersaures Natrium. Dieser Ueberschuß oder dieses Deficit gestattet das relative Verhältniß der beiden salpetersauren Alkalien im analysirten Salze zu berechnen.

Zu bemerken ist hierbei, daß das Ergebniß nur dann annähernd genau wird, wenn das salpetersaure Natrium in größeren Mengen vorhanden ist und außer diesem keine anderen Salze zugegen sind.

Auf demselben Principe, wie die eben angeführte Probe, beruht die von Reich. Der durch Schmelzen von seiner Feuchtigkeit befreite und sodann gewogene Salpeter wird mit der 4- bis 6fachen Menge Quarzpulver in einem Platintiegel bis zur schwachen Rothglühhitze erhitzt. Dadurch wird die Salpetersäure ausgetrieben, an deren Stelle die Kieselsäure tritt, während die schwefelsauren Salze und Chlorverbindungen nicht zerlegt werden. Der Gewichtsverlust drückt die gesuchte Menge Salpetersäure aus und aus demselben wird der Procentgehalt von salpetersaurem Kalium oder Natrium berechnet.

In Betreff der Fehlerquellen gilt dasselbe, was bereits bei Pelouze am Schlusse hervorgehoben wurde. Besonders zu erwähnen dürfte noch der Umstand sein, daß es wohl sehr schwer sein möchte, eine schwache Rothglühhitze inne zu halten, da dieser Begriff doch gar zu relativ ist.

Sehr wichtig ist noch die Prüfung des Salpeters auf einen Gehalt an Natronsalpeter, da, wie bereits oben erwähnt, letzterer aus der Atmosphäre begierig Feuchtigkeit aufnimmt.

Zur Nachweisung von salpetersaurem Natrium bestimmt man nach Toel

und Hoyer zuerst den Gehalt an salpetersaurem Kalium nach der Huf'schen Methode, versetzt dann eine zweite Probe mit kohlensaurem Natrium, bestimmt den Krystallisationspunkt und kocht eine halbe Stunde lang. Sobald die Lösung auf 50° R. erkaltet ist, ersetzt man das verdampfte Wasser, filtrirt und wiederholt die Bestimmung des Krystallisationspunktes. War Natronsalpeter zugegen, so ist der Krystallisationspunkt gestiegen und zwar beträgt dies bei 1 Proc. Natronsalpeter $0,15^{\circ}$ R., bei 2 Proc. $0,35^{\circ}$ R., bei 3 Proc. $0,8^{\circ}$ R. und bei 4 Proc. $1,55^{\circ}$ R.

Da nun, wie Toel selbst zugiebt, seine Methode zu einer procentischen Bestimmung des Natronsalpeters nicht ausreicht, auch die Methode etwas zeitraubend ist, so hat Anthon ein Verfahren vorgeschlagen, welches darauf beruht, daß eine bei einer bestimmten Temperatur gesättigte Lösung von Kalisalpeter immer ein gleiches specifisches Gewicht giebt, dieses aber wesentlich erhöht wird, je mehr Natronsalpeter man der Lösung zusetzt. Anthon bereitete aus Kalisalpeter concentrirte Lösungen, indem er die doppelte Menge Salpeter im Vergleich zum Wasser anwandte, und bestimmte bei einer Temperatur von $16\frac{1}{2}^{\circ}$ C. das specifische Gewicht von reinem Salpeter, sodann die Dichtigkeit bei Zusatz von 1 Proc. Natronsalpeter u. s. w. Die Ergebnisse stellte er in folgender Tabelle zusammen.

2 Thle. reines salpetersaures Kalium in 1 Thl. Wasser gelöst ergeben bei Zusatz von: salpetersaurem Natrium bei $16\frac{1}{2}^{\circ}$ C. eine Dichtigkeit von

0 Proc.	1140 oder 18° B.
1 "	1163 " $20,5^{\circ}$
3 "	1195 " $23,3^{\circ}$
6 "	1217 " 26°
10 "	1242 " $28,1^{\circ}$
40 "	1436 " 44°
45 "	1464 " 46°
47 "	1475 " 47°

Hinsichtlich der Beurtheilung dieser Methode ist zu bemerken, daß Volten nachgewiesen hat, daß dieselbe zu große Schwankungen mit sich führt und nur wenig Vertrauen verdient.

H. und P. Reinsch haben darauf aufmerksam gemacht, daß man einen Gehalt von Natronsalpeter mit Sicherheit auf der Kohle vor dem Löthrohr durch die gelb umsäumte Flamme erkennen könne. Sie fanden, daß noch 0,5 bis 1 Proc. Natronsalpeter auf diese Weise zu entdecken sind, wenn man in gut ausgeglühte Kohle eine kleine Grube bohrt, die wenigstens 0,5 g von dem zu prüfenden Salpeter aufnimmt, und hierauf so lange die Löthrohrflamme auf den Rand der Grube einwirken läßt, bis sich der Salpeter entzündet.

Andererseits hat man die Spectralanalyse empfohlen.

Bei der Empfindlichkeit beider Reactionen wird wohl stets Natrium nachgewiesen werden.

Eine andere Probe hat R. Wild vorgeschlagen, welche darauf beruht, daß reiner, geschmolzener Salpeter nach dem Erkalten eine durchscheinende Beschaffenheit zeigt, während er bei einer Verunreinigung von Natronsalpeter ein emailleweißes Ansehen annimmt. Um die Probe auszuführen, werden 3 bis 4 g von

dem zu untersuchenden Salpeter in einem Uhrglase geschmolzen. Sind weniger als 3 Proc. Natronsalpeter in dem Salpeter enthalten, so ist die Beurtheilung nach dem Ansehen für einen Ungerübten sehr schwierig. Im Allgemeinen hat die Probe wenig Werth, da bei Gegenwart von schwefelsauren Salzen, Chlorkalium und Chlornatrium dieselbe Erscheinung auftritt.

Nach Möllner bringt man den zu untersuchenden Salpeter in einen Trichter und wäscht vorsichtig aus. Das aufgefangene Waschwasser wird darauf eingedampft; es scheidet sich sodann beim Erkalten der Kalisalpeter aus, während der Natronsalpeter als zerfließliches Salz in Lösung bleibt. Es wird abfiltrirt, ausgewaschen und in der eben angegebenen Weise verfahren, bis man den Natronsalpeter in einer geringen Menge Flüssigkeit concentrirt hat. Letztere wird auf einem Glastäfelchen eingedampft; an der rhomboedrischen Form und namentlich an dem optischen Verhalten unter dem Mikroskop mit Polarisationsapparat läßt sich dann der Natronsalpeter sehr leicht von Kalisalpeter und Kochsalz unterscheiden.

Schließlich sei dann noch das Verfahren erwähnt, welches in Spandau für die Untersuchung des Kochsalpeters üblich ist.

Voruntersuchung. — Diese muß stets erfolgen, sowie man unsicher ist, ob die zu untersuchende Substanz der größeren Menge nach wirklich Salpeter ist.

Man löst deshalb einen Krystall von Eisenvitriol in einem Reagenzglase mit Hülfe von destillirtem Wasser auf und gießt auf diese Lösung etwa die Hälfte concentrirter Schwefelsäure. Sowie die Flüssigkeit, welche durch den Zusatz der Schwefelsäure erwärmt wurde, sich etwas abgekühlt hat, fügt man einige Tropfen von der gelösten Salpeterprobe hinzu. Entsteht hierdurch eine röthliche bezw. braune Färbung, so ist es sicher, daß die Probe ein salpetersaures Salz enthält.

Um die Gegenwart von Kalium nachzuweisen, versetzt man einen anderen Theil der gelösten Probe mit einigen Tropfen Ueberchlorsäure. Fällt ein weißer, körniger Niederschlag nieder, so ist ein Gehalt an Kalium vorhanden.

Will man sich nun ein annäherndes Urtheil über das Mengenverhältniß bilden, so bringt man eine weitere Lösung von Kochsalpeter auf ein Uhrglas und stellt dieses zum Zwecke freiwilliger Krystallisation über Schwefelsäure. Die charakteristische Gestalt der sich ausscheidenden Krystalle giebt dann, im Vergleich mit vorher bereiteten Probelösungen der am häufigsten im Kochsalpeter vorkommenden Verbindungen im reinen Zustande, den gewünschten Aufschluß.

Qualitative Untersuchung. — Bei dieser sind einestheils die Säuren und Chlor zu berücksichtigen, anderentheils die Basen.

Um die ersteren Stoffe nachzuweisen, bereitet man sich eine concentrirte Lösung und versetzt einen Theil davon mit Salzsäure. Entsteht ein Aufbrausen, so sind kohlensaure Salze zugegen.

In diesem Falle fügt man noch etwas Salzsäure zu der Lösung und kocht dieselbe so lange, bis alle Kohlensäure ausgetrieben ist. Erfolgt nun auf Zusatz von Chlorbaryum eine Trübung oder ein weißer Niederschlag, so sind schwefelsaure Salze vorhanden.

Den anderen Theil der Lösung säuert man mit chlorfreier Salpetersäure an und tröpfelt dann salpetersaures Silber hinzu. Je nachdem sich nun eine

Trübung oder ein weißer, käsiger Niederschlag bildet, enthält die Probe mehr oder weniger Chlorverbindungen.

Um die Basen nachzuweisen, versetzt man eine weitere Probeflösung mit Ammoniak. Bei Gegenwart von Magnesia entsteht eine Trübung oder auch ein Niederschlag *).

In eine vierte Portion gießt man einige Tropfen oxalsaures Kalium. Erfolgt sofort oder nach einigem Stehen eine Trübung oder ein Niederschlag, so befindet sich Kalk in dem Salpeter.

Zur Ermittlung eines Natrongehaltes füllt man eine kleine Porcellanschale etwa zwei Drittel mit Rohsalpeter und übergießt diesen mit Alkohol, welchen man anzündet. Selbst bei sehr kleinen Natronbeimengungen wird der Flamme die charakteristisch-gelbe Färbung ertheilt. Um einen sicheren Anhaltspunkt für die Beurtheilung zu haben, wird immer gleichzeitig in einer zweiten Porcellanschale Alkohol über reinem Salpeter abgebrannt.

Quantitative Untersuchung. Von möglichst verschiedenen Stellen des zu untersuchenden Rohsalpeters werden entsprechende Proben genommen, in einer großen Porcellanschale mit den Händen sorgfältig unter einander gemengt und davon 320 g genau abgewogen. Dieselben werden darauf in eine etwa 0,156 m weite und 0,078 bis 0,104 m tiefe Porcellanschale geschüttet und mit der doppelten Menge destillirten Wassers übergossen. Damit der Salpeter sich schneller löst, wird erwärmt und sodann die einige Zeit im Kochen gehaltene Lösung durch ein gewogenes, vorher bei 100° C. getrocknetes Filter (A) filtrirt. Um ein AuskrySTALLISIREN des Salpeters auf dem Filter zu vermeiden, setzt man den Glastrichter in einen doppelwandigen Trichter von Zinkblech, zwischen dessen Wänden sich heißes Wasser befindet, welches vermöge eines an dem Trichter angebrachten Anschlußrohres stets heiß erhalten werden kann. Ist Alles durchgelaufen, so wird zuerst mit heißem und darauf mit kaltem Wasser so lange ausgewaschen, bis ein auf ein Platinblech gebrachter Tropfen Waschwasser keinen Rückstand mehr hinterläßt. Während man nun das Filter bei 100° C. trocknet, dampft man das Filtrat auf etwa ein Drittel seines Volumens ein und stellt das Gefäß mit der concentrirten Lösung in ein größeres mit kaltem Wasser, welchem man zuletzt, um die Temperatur möglichst unter Null herabzubringen, Salpeterrückstände zusetzt. Während die Lösung erkaltet, rührt man fleißig mit einem Glasstabe um, um die Bildung großer Salpeterkrystalle zu verhindern. Tritt keine Temperaturveränderung mehr ein, so wird durch ein gewogenes, vorher bei 100° C. getrocknetes Filter (B) filtrirt und der auf dem Filter befindliche Salpeter so lange ausgewaschen, bis ein Tropfen des Waschwassers mit salpetersaurem Silber versetzt keine Trübung mehr hervorruft.

Das Filtrat und Waschwasser werden bis auf ein Drittel ihres Volumens eingedampft und wird im Uebrigen gerade so verfahren, wie soeben angegeben. Den abgeschiedenen Salpeter bringt man auf ein gewogenes Filter (C).

Die hiervon ablaufende Flüssigkeit wird abermals bis auf ein Drittel ihres Volumens eingeengt und der beim Erkalten erhaltene Salpeter auf ein gewogenes Filter (D) gebracht.

*) Wenn Aluminium- oder Eisensalze zugegen, werden die Dryhydrate gefällt.

Was nun als Flüssigkeit bleibt, wird im Wasserbade zur Trockne gebracht, umgeschmolzen und nach dem Erkalten gewogen.

Sämmtliche Filter werden bei 100° C. getrocknet, der aus denselben entnommene Salpeter wird aber umgeschmolzen und nach dem Erkalten gewogen.

Diese verschiedenen Wägungen ergeben nun folgende Resultate:

a. Das Gewicht des Filters (A) nach Abzug seines Taragewichtes: Die in dem untersuchten Salpeter enthalten gewesenen organischen und unlöslichen Beimengungen, Splitter vom Verpackungsmaterial, Sand, Erde, Kalk u. s. w.

b. Die Summe der Gewichte der drei Filter (B, C und D) nach Abzug ihrer Taragewichte, nebst dem des umgeschmolzenen Salpeters:

Das Gewicht des bereits gewonnenen reinen Salpeters.

c. Die Wägung des Rückstandes der zuletzt erwähnten eingedampften Flüssigkeit:

Das Gewicht des Restsalzes der ganzen Lösung.

d. Die Ergebnisse $a + b + c$ vom Totalgewichte der untersuchten Probe abgezogen:

Den Feuchtigkeitsgehalt des untersuchten Rohsalpeters.

Da das unter c. erwähnte Restsalz noch Salpeter enthält, so ist dasselbe nunmehr auf seinen Gehalt an Kali und Salpetersäure zu prüfen.

Zu diesem Zwecke wird das Restsalz in einen Porcellanmörser gebracht und in demselben fein gerieben. Die Bestimmung des Kali erfolgt nun in zwei Portionen zu je 3 bis 4 Grammen. Jede der abgewogenen Mengen wird in einem Becherglase mit kaltem Wasser übergossen und zu der Lösung etwa das Fünffache ihres Salpetergewichtes an Ueberschlorsäure gesetzt *).

Darauf stellt man die beiden Proben auf ein Sandbad und verdampft bis fast zur Trockne. Nach erfolgtem Erkalten wird jede Probe mit dem vier- bis fünffachen ihres Volumens absoluten Alkohols übergossen und während zwei Stunden wiederholt umgerührt. Das abgeschiedene überchlorsaure Kalium wird auf gewogene und bei 100° C. getrocknete Filter gebracht und so lange mit Alkohol ausgewaschen, bis ein Tropfen von dem Waschwasser auf einem Platinbleche keinen Rückstand mehr hinterläßt. Die Filter werden sodann bei 100° C. wieder getrocknet und gewogen und letzteres Verfahren wird so lange wiederholt, bis sich keine Gewichtsdivergenz mehr zeigt. Das Mittel von den zuletzt erhaltenen Gewichten nach Abzug der Filter ergiebt das Gewicht des gebildeten überchlorsauren Kalium und daraus des in der Probe enthaltenen Kali, indem man zu dieser Reduction das Verhältniß in Anwendung bringt, welches sich bei der in der Anmerkung angeführten Gegenprobe auf kohlensaures Kalium ergeben hat.

Bemerkt sei hierbei, daß ein Gramm kohlensaures Kalium im Mittel

*) Dieses Verhältniß richtet sich nach der Concentration der Ueberschlorsäure. Um dieselbe zu prüfen, löst man 3 bis 4 Grammen kohlensaures Kalium in kaltem Wasser und giebt in kleinen Mengen so viel Ueberschlorsäure von einer vorher genau gewogenen Menge derselben hinzu, bis kein Aufbrausen mehr erfolgt. Durch abermaliges Wägen der übrig gebliebenen Ueberschlorsäure ergiebt sich die von dieser zugesetzten Menge, und in demselben Verhältniß ist die Ueberschlorsäure jeder Probe zuzusetzen.

1,769 g trocknes überchlorsaures Kalium ergibt. Zur Bestimmung der Salpetersäure werden ebenfalls zwei Portionen zu etwa je 6 g des Restsalzes abgewogen und jede mit der Hälfte ihres Gewichtes Kohle und der dreifachen Menge gut getrockneten Kochsalzes im Porcellanmörser innig gemengt und darauf in einem ungefähr 0,156 m hohen Tiegel zusammengeschnitten. Erfolgt kein Aufbrausen mehr, so wird der Tiegel auf ein vorher möglichst stark geheiztes Sandbad zum Erkalten hingestellt. Die feste Masse, in welcher sich nun kein salpetersaures Salz mehr befindet, sondern statt dessen kohlensaures, wird soweit als möglich in ein Kochfläschchen gebracht, der im Tiegel etwa verbleibende Rest mittelst heißen Wassers hineingespült und darauf das Fläschchen mit einem zweifach durchbohrten Pfropfen verschlossen, durch dessen eine Oeffnung ein Trichterrohr, durch die andere ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr gesteckt ist. Sowie das Fläschchen die Zimmertemperatur angenommen hat, wird dasselbe nebst einem kleinen Glase mit concentrirter Salzsäure gewogen und nun von der letzteren durch das Trichterrohr so lange zu der gelösten Schmelze gegossen, als noch ein Aufbrausen entsteht. Um alle Kohlensäure aus der Flasche zu treiben, wird schließlich die letztere einige Minuten in lauwarmes Wasser getaucht. Nach dem Erkalten wird die Flasche gut abgetrocknet und mit dem Glase, in welchem sich die concentrirte Salzsäure befand, gewogen. Das Mittel aus dem entstandenen Gewichtsverluste beider Portionen ergibt die ausgetriebene Kohlensäure. Für je 21,76 Gew.-Thle. derselben werden 53,41*) im Kochsalpeter vorhanden gewesene Salpetersäure in Rechnung gestellt.

Hat man auf diese Weise den procentischen Gehalt an Kali und Salpetersäure in den betreffenden, zur Untersuchung verwandten Mengen von resp. 3 bis 4 g und etwa 6 g ermittelt, so ist zunächst der Gehalt an Kali und Salpetersäure des ganzen Restsalzes zu berechnen. Für je 46,59 Gew.-Thle. Kali und 53,41 Gew.-Thle. Salpetersäure sind dann immer 100 Gew.-Thle. Salpeter in dem Restsalze als vorhanden anzunehmen und fügt man diese gefundenen Mengen zu der bereits durch Krystallisation bestimmten, so ergibt sich die ganze in der untersuchten Kochsalpeterprobe von 320 g enthaltene Menge reinen Salpeters.

b. Das Läuterungsverfahren.

In sämtlichen Pulverfabriken ist das Läuterungsverfahren fast überall dasselbe. Als Ausgangspunkt für dessen Darstellung diene im Folgenden das Verfahren, welches in der Königlichen Pulverfabrik zu Spandau beobachtet wird.

In einen eingemauerten, kupfernen Kessel, welcher gegen 3000 l faßt, werden 1400 l Wasser gegossen und diese bis zum Sieden erhitzt. Alsdann werden in Quantitäten von 50 Kg allmählich 2500 Kg Kochsalpeter eingetragen und die Lösung desselben durch Umrühren zu fördern gesucht. Zur besseren Ausscheidung der Unreinigkeiten werden etwa 830 g Leim in 8 l heißen Wassers gelöst und der Salpeterlauge beigemengt. Der Leim verbindet sich mit den organischen

*) In 100 Thln. Salpeter sind nämlich 46,59 Thle. Kali und 53,41 Thle. Salpetersäure enthalten. Diese werden durch Umschmelzen mit Kohle in 68,35 kohlensaures Kalium verwandelt, welche 46,59 Thle. Kali und 21,76 Thle. Kohlensäure enthalten.

Substanzen zu einer geronnenen Masse, welche als Schaum an die Oberfläche steigt. Sowie sich dieser zeigt, wird der Bodensatz aus dem Kessel ausgeschöpft und der Schaum von der Oberfläche abgenommen. Steigen keine Unreinigkeiten mehr empor und hat die Lauge eine Concentration von 54° B. erreicht, so wird der Kessel mit einem großen hölzernen Deckel zugedeckt und die Feuerung unterbrochen, so daß nur noch eine schwache Gluth auf dem Herde bleibt. Nach Verlauf von etwa 12 Stunden wird die Lauge in eine kupferne Krystallisirpfanne abgelassen. Damit nun die Unreinigkeiten, welche sich am Boden des Kessels abgesetzt haben, nicht von der Lauge mitgerissen werden, hat man den Hahn an der Stelle angebracht, wo die Rundung nach dem Kesselboden beginnt. Zur größeren Vorsicht indessen wird die Lauge, ehe sie in die Krystallisirpfanne tritt, colirt, zu welchem Zwecke ein Rahmen mit doppelter Leinwand über die Pfanne gelegt wird. Um die Ausscheidung großer Krystalle, welche stets noch Mutterlauge in sich einschließen, zu verhindern, wird die Lauge mit hölzernen Harken fortwährend umgerührt, wodurch man die Bildung von ganz kleinen Krystallen erzielt. Diese werden in Körbe, welche auf Brettern über der Krystallisirpfanne stehen, mit flachen, durchlöchernten Kupferlöffeln geschöpft und in den Körben so lange stehen gelassen, bis die den Krystallen anhaftende Mutterlauge vollständig in die Pfanne abgetropft ist. Der in den nächsten 20 Stunden in der Pfanne sich ausscheidende Salpeter wird für die folgende Läuterung benutzt, während die zurückbleibende Lauge durch einen unterirdischen Canal in eine eigens dazu bestimmte Tonne abgelassen wird.

Der in den Körben befindliche Salpeter wird nun in einen kupfernen Waschkasten gebracht, in welchen ein hölzerner, durchlöcherter Boden eingelegt ist. Nachdem der Salpeter gleichmäßig in dem Waschkasten vertheilt ist, wird er mit kaltem Havelwasser gewaschen. Der aus Natronsalpeter und Chlorkalium bereitete Kalisalpeter wird nur einer einmaligen Wäsche unterworfen, welche man in der Weise ausführt, daß man die Oberfläche des Salpeters aus einer kleinen Gießkanne mit etwa 0,1 cbm Wasser begießt. Das unter dem hölzernen Boden sich ansammelnde Waschwasser wird vermittelst eines Hahnes durch einen unterirdischen Canal in ein Reservoir abgelassen.

Der gewaschene Salpeter wird darauf in große Kasten geschüttet, die derartig eingerichtet sind, daß das Waschwasser noch vollends abtropfen kann, was einen Zeitraum von ungefähr 12 Stunden in Anspruch nimmt. Ist dies geschehen, so wird der Salpeter zum Trocknen auf große Rahmen, welche ein Gitterwerk von Holz besitzen und die mit leinenen Decken belegt sind, ausgebreitet. Die durch den Salpeter und über denselben streichende atmosphärische Luft nimmt auf diese Weise einen großen Theil der Feuchtigkeit mit sich fort. Zur Entfernung der letzten Spuren von Feuchtigkeit wird nach einigen Tagen der Salpeter in kupferne Trockenspannen gebracht, welche durch warme Luft erhitzt werden. Hier wird er mit hölzernen Harken beständig umgewendet, wobei der Arbeiter dafür Sorge trägt, daß der zu Stücken sich zusammenballende Salpeter mit hölzernen Hämmern zerschlagen wird. Fängt der Salpeter an zu stäuben, so gilt er für trocken und wird nun in hölzerne Tonnen, welche 50 Kg fassen, geschüttet.

In neuester Zeit geht man in Spandau mit dem Gedanken um, den Salpeter mit Hilfe von Centrifugen zu reinigen. Versuche, die man mit Rehricht

zur Wiedergewinnung des Salpeters machte, sollen zu sehr befriedigenden Ergebnissen geführt haben.

Zum Schlusse sei noch bemerkt, daß die Laugen und das Waschwasser ganz nach derselben Methode auf Salpeter verarbeitet werden, wie dies beim Rochsalpeter in den Salpetersiedereien geschieht.

Das soeben geschilderte Verfahren wird heut zu Tage in allen Pulverfabriken beobachtet, nur hier und da findet sich eine kleine Abänderung. So wird z. B. der Salpeter in Frankreich nicht mit Wasser, sondern mit reiner Salpeterlauge gewaschen. In Schweden wird die Salpeterlösung soweit eingedampft, daß eine Rochsalzkruste auf der Oberfläche erscheint. Diese wird abgehoben, die Lösung filtrirt und $\frac{1}{48}$ Thl. Wasser hinzugefügt, um alles Rochsalz in Lösung zu halten. Die Lauge wird sodann in Krystallisationsbecken gebracht und dort gerührt bis zur Ausscheidung kleiner Krystalle. In Ostindien wird der Salpeter durch zweimaliges Auflösen und Krystallisiren gereinigt.

c. Prüfung des Salpeters.

Ehe der geläuterte Salpeter in Arbeit genommen wird, wird er zuvor auf seine Reinheit geprüft. Das Verfahren in Spandau ist ganz genau, wie das bei der qualitativen Untersuchung des Rochsalpeters, nur dürfen jetzt Chlorbaryum und oxalsaures Kalium nicht einmal eine Trübung hervorrufen und auf Zusatz von salpetersaurem Silber darf höchstens ein schwaches Opalisiren der Flüssigkeit sich zeigen. In Betreff des salpetersauren Natrium wird jetzt auch noch die Spectralanalyse in Anwendung gebracht und außerdem die sogenannte Feuchtigkeitsprobe angestellt. Zum Zwecke ihrer Ausführung werden 5 g des geläuterten, vorher scharf getrockneten und gut gekleinten Salpeters und 5 g getrockneten und gekleinten Normalsalpeters genau abgewogen und in zwei kleinen, getrockneten und tarirten Porcellanschalen unter einer Glasglocke neben einer dritten Porcellanschale mit Wasser 24 Stunden aufgestellt und dann wieder gewogen. Hat der geläuterte Salpeter im Vergleich zum Normalsalpeter bedeutend an Gewicht zugenommen, so ist, da man sich zuvor von der Abwesenheit anderer zerfließlicher Salze überzeugt hat, auf salpetersaures Natrium zu schließen. Schließlich wird dann noch der geläuterte Salpeter auf die vollständige Beseitigung der unlöslichen Beimengungen vom Verpackungsmaterial, Sand, dem angewandten Läuterungsmittel (Keim) u. s. w. untersucht, zu welchem Zwecke eine kleine Menge Salpeter in einem Reagenzglase mit etwa der siebenfachen Menge kalten Wassers übergossen wird. Hierin muß sich Alles klar lösen und bei gelindem Erwärmen darf keine schleimige Haut entstehen.

In Frankreich wird der Chlorgehalt des raffinirten Salpeters auf folgende Weise bestimmt. Man macht eine Probeflüssigkeit, in welcher 0,00968 g salpetersaures Silber auf 1 g Wasser kommen. Von dem zu untersuchenden Salpeter, von welchem man fordert, daß er nicht mehr als $\frac{1}{3000}$ Rochsalz enthalte, werden 10 g genommen, aufgelöst und mit jener 0,00968 g Silbersalz enthaltenden Menge Probeflüssigkeit versetzt. Die Quantität dieses Silbersalzes reicht gerade hin, das Chlor, welches in 0,0033 g Rochsalz enthalten ist, auszufällen. Man

filtrirt daher diese zwei zusammengegossenen Flüssigkeiten, theilt sie in zwei Theile und versetzt die eine Portion mit Kochsalz, die andere mit einer Silberlösung; reagirt die erstere, so war weniger Kochsalz im Salpeter als $\frac{1}{3000}$, reagirt die letztere, so war mehr darin.

In Schweden macht man ebenfalls diese Probe.

Zu Waltham-Abbey in England darf auf Zusatz von salpetersaurem Silber gar keine Reaction eintreten.

In den meisten Pulverfabriken wird der Salpeter in Form von Krystallmehl verarbeitet. In Oesterreich wird ein Theil des Salpeters geschmolzen und in Formen von 0,36 m Länge, 0,15 m Breite und 0,13 m Dicke gegossen im Gewichte von $12\frac{1}{2}$ Kg. Der Salpeter wird zuvor in Trockenpfannen von aller Feuchtigkeit befreit und dann in eigenen Kesseln geschmolzen. Obschon sich von selbst versteht, daß die Temperatur nicht bis zum Erglühen des Kesselbodens wachsen darf, indem hiervon die Zersetzung des Salpeters die Folge wäre, so ist doch der Temperaturgrad, bei welchem der Salpeter ausgeschöpft werden soll, nämlich zwischen dem Schmelz- und Zersetzungspunkte, nicht gleichgültig und wird am besten durch Uebung erlernt. Bei zu hoher Temperatur legt sich der Salpeter an die Wände der Formen, die Kuchen bekommen Risse und Sprünge und sind selbst beim völligen Erkalten schwer herauszubringen. Bei zu niedriger Temperatur gesteht der Salpeter zu frühzeitig an den Wänden, so daß die entstandene dünne Kruste von den Wänden sich früher ablöst, als der Salpeter oben in der Mitte fest wird, wodurch ein Ablaufen des noch flüssigen Salpeters über die abgelöste Kruste und das Entstehen der schuppigen Seitenflächen unvermeidlich wird.

Dasselbe Verfahren beobachtet man in Waltham-Abbey und in Ostindien. In letzterem Lande gießt man den geschmolzenen Salpeter in kupferne Formen zu 15 bis 20 Kg schweren, viereckigen oder halbkugelförmigen Kuchen.

Die Methode, den Salpeter zu schmelzen und in solche Kuchen auszugießen, hat einige Vortheile. Man erspart an Raum und Verpackungsmaterial, da 50 000 Kg nicht geschmolzener Salpeter nach dem Schmelzen nur so viel Raum einnehmen, wie 15 000 Kg ungeschmolzener. Man ist fernerhin sicher, daß der Salpeter keine Feuchtigkeit besitzt und ist vor Verfälschung bewahrt. Die Methode hat aber auch, insofern Zeitaufwand und Arbeit in Anschlag kommen, den Nachtheil, daß der Salpeter sich viel schwieriger kleben läßt.

2. Der Schwefel.

Mit Ausnahme von Schweden, wo man den Schwefel größtentheils aus den im Lande häufig vorkommenden Schwefelkiesen gewinnt, wird sonst überall nur sicilianischer Stangenschwefel verarbeitet. Schwefelblüthen sind wegen ihres Gehaltes an Schwefelsäure und schwefliger Säure, deren Beseitigung mehr Kosten verursacht als das Läutern und Pulvern des Stangenschwefels, von der Fabrication vollkommen ausgeschlossen.

Obschon der sicilianische Stangenschwefel in der Regel vollkommen rein ist, so wird er doch in den größeren Pulverfabriken nochmals geläutert, um ihn dadurch in eine zum Kleben geeignetere Form überzuführen. Ehe indeß das Läutern

erfolgt, wird der Schwefel stets auf etwaige Beimengungen untersucht. Hauptsächlich kommen hierbei in Betracht:

a. Ein Gehalt an Schwefelsäure und schwefliger Säure. Der Schwefel wird fein gerieben und mit destillirtem Wasser gekocht. Blaues Lackmuspapier, in die Flüssigkeit getaucht, darf nicht roth gefärbt werden, widrigenfalls der Schwefel gekleint und gewaschen werden muß. Die meisten Fabriken schicken solchen Schwefel wieder zurück an den Lieferanten.

b. Erden und Dryde. Der Schwefel wird in Pulverform in einen Porcellantiegel gebracht und unter einer Glocke vollständig verbrannt. Es darf kein Rückstand bleiben.

c. Arsen. Eine hellgelbe oder röthliche Farbe läßt Arsen vermuthen. In diesem Falle wird der fein geriebene Schwefel mit Salpetersäure längere Zeit gekocht, die salpetersaure Flüssigkeit abgegossen und mit kohlensaurem Ammonium neutralisirt. Auf Zusatz von salpetersaurem Silber darf nicht der charakteristische gelbe Niederschlag von Silberarsenit auftreten. — Oder der Schwefel wird mit wässerigem Ammoniak behandelt und dieses mit Salzsäure versetzt. Fällt ein gelber Körper aus, so ist dies Schwefelarsen. — In Belgien wird der Schwefel mit der vierfachen Menge Salpeter gemischt in einen warmen Schmelztiegel eingetragen und erhitzt. Die Schmelze wird gelöst und mit verdünnter Schwefelsäure versetzt. Nachdem man das Wasser verjagt hat, giebt man Alkohol auf den Rückstand und legt einen Zinkstreifen in die Flüssigkeit. Bedeckt sich derselbe mit einer schwarzen, blätterigen Schicht, so enthält der Schwefel Arsen. In allen diesen Fällen, in welchen Arsen nachgewiesen wird, darf der Schwefel nicht zur Anfertigung von Pulver gebraucht werden.

Zum Zwecke der Läuterung des Schwefels wird derselbe in Spandau in einen in einem Herde eingemauerten Grapen, welcher etwa 75 Kg faßt, eingetragen und langsam zum Schmelzen gebracht. Sowie der Schwefel flüssig ist, wird er in emaillirte, eiserne Töpfe geschöpft, deren jeder 25 Kg faßt. Ehe man einfüllt, wird mit einem Tuche, welches man in warmes Wasser getaucht hat, jeder Topf ausgewaschen, dann ein Sieb mit Gaze darüber gestellt und nun der Schwefel in die Töpfe hineinsiltrirt. Man läßt darauf denselben allmählich erkalten, wodurch er von der prismatischen Form in die gewöhnliche, rhombische übergeht und nun ungemein bröckelig wird. In Tonnen von 100 Kg Inhalt wird er sodann aufbewahrt. Aus den in dem Grapen und auf dem Filtrirtuche bleibenden Rückständen sucht man den Schwefel auf dieselbe Art wiederzugewinnen.

In Ostindien wird der Schwefel in bronzenen Grapen von 0,8 m Durchmesser und 0,5 m Tiefe geläutert. Man zerschlägt den rohen Schwefel und reinigt ihn vorläufig durch Auslesen der schlechten Stücke, die man für sich schmilzt. Man heizt den Grapen gelinde an und trägt immer eine Schaufel voll nach der anderen ein, so daß es zum Füllen 4 Stunden bedarf. Sobald die zuletzt eingetragenen Theile Schwefel geschmolzen sind, läßt man das Feuer ausgehen und den Schwefel so lange stehen, bis sich an der immer von aufsteigenden Unreinigkeiten befreiten Oberfläche feine Nadeln bilden. Man schöpft ihn dann in hölzerne Formen bis auf den Absatz der schweren Unreinigkeiten, der sich am Boden befindet. Auch in den Formen senken sich noch schwere Unreinigkeiten zu Boden,

dabei heben sich auch einige an die Oberfläche oder legen sich an die Wände. Beim zweiten Läufern werden diese entfernt und dann wird nochmals wie oben verfahren. Aus dem Schaum und den anderen Unreinigkeiten wird der Schwefel durch besonderes Schmelzen möglichst ausgesondert und dieser dann als roher Schwefel betrachtet.

3. Die Kohlen.

Die tauglichste Kohle zur Schießpulverbereitung ist diejenige, welche am leichtesten entzündlich ist, am raschesten verbrennt und dabei die geringste Menge Asche giebt. Es muß daher die Qualität des vegetabilischen Stoffes, welcher in dieser Absicht verkohlt wird, ebenso sehr als die Art, nach welcher die Verkohlung vorgenommen wird, berücksichtigt werden.

Um die Kohle auf ihre Tauglichkeit zu prüfen, hat Proust ein einfaches Mittel angegeben. Er füllte nämlich kleine kupferne Röhren von 0,6 dm Länge und 0,6 cm Weite mit einem innigen Gemenge von 4 g Salpeter und 0,8 g Kohle aus verschiedenen Vegetabilien, gab etwas Mehlpulver auf und zündete das Gemisch an. Die Dauer des Verbrennens wurde dabei beobachtet und der zurückgebliebene Rückstand gewogen. Da die Bedingungen, unter welchen das Verbrennen dieser Mischungen vor sich ging, so gleichartig als möglich gemacht waren, so wurde auch diejenige Kohle, unter deren Beimischung die Verbrennung in der kürzesten Zeit erfolgte, als die vorzüglichste erkannt, um so mehr, da zugleich der Rückstand um so geringer ausfiel, je lebhafter die Verbrennung vor sich ging, wie es die folgende Tabelle zeigt.

Gemenge aus 4 g Salpeter und 0,775 g Kohle von	Dauer der Verbrennung in Secunden	Gewicht des Rückstandes in Grammen
Hanfsträngeln	10	0,775
Asphodilstängeln	10	0,775
Weinreben	12	1,275
Reicherebsensträngeln	13	1,355
Fichtenholz	17	1,936
Faulbaumholz	20	1,55
Spindelbaumholz	21	1,746
Haselholz	23	1,936
Pimentsträngeln	25	2,325
Maisstroh	25	2,45
Kastanienholz	26	2,325
Nußbaumholz	29	2,13
Maiskörnern	45	2,774
Steinkohlen, Roak	50	2,90
Zucker	70	3,10

Man fand hierdurch auch Kohle, welche unter diesen Umständen gar nicht brannte, so von Getreide, Reis, Galläpfeln u. s. w. Eine ebenfalls nicht hinreichend entzündliche Kohle gaben wegen ihres Gehaltes an Kieselsäure Stroh und andere Gräser und Halme, während die Kohle aus verfaultem Holze, namentlich von Weiden und Rothbuchen, eine überaus leicht zerreibliche und höchst entzündliche Kohle mit wenig Rückstand beim Verbrennen lieferte. Je reicher das Holz also an Cellulose ist, eine um so brauchbarere Kohle wird man erhalten. Aus diesem Grunde hat man sich denn auch in der Praxis für weiche und leichte Hölzer entschieden.

In Deutschland wählt man zur Darstellung der Pulverkohlen Faulbaum-, Weiden- und Erlenholz, in Oesterreich Hundsbeer oder in dessen Ermangelung Hasel- oder Erlenholz und in der Schweiz nur Haselholz. In Frankreich gebraucht man neben Faulbaumholz, dessen Kohle man lange Zeit für die allein brauchbare gehalten, Pappel-, Linden- und Spindelbaumholz, in Spanien Oleander, Taxis, Weiden, Hanfstängel und Weinreben, während man in Italien sich ausschließlich der Hanfstängel bedient. In England nimmt man neben Weiden- und Faulbaumholz auch das von Kornelkirschen und Erlen, in Dänemark nur das letztere und in Schweden außer diesem noch Weidenholz. In Ostindien wendet man *Cytisus cajan*, *parkinsonia* und *Euphorbia tiraculli* an.

Wie man sieht, sind die betreffenden Pflanzen, welche man zur Darstellung der Pulverkohle benutzt, zum größeren Theile dem Boden und klimatischen Verhältnissen der einzelnen Länder angepasst. Sämmtliche Arten gehören zu den weichen Hölzern, allein trotzdem ist die Ausbeute an Kohle ganz verschieden. Man hat zwar früher geglaubt, daß jede Holzart, wenn sie vorher völlig ausgetrocknet sei, bei gleichem Gewichte dieselbe Menge Kohle liefere, so daß also die Verschiedenheit der Kohlenausbeute aus verschiedenen Holzarten nur von ihrem verschiedenen Wassergehalte abhängt.

Wie irrig indessen diese Auffassung gewesen ist, hat Violette gezeigt, welcher 72 verschiedene bei 150° getrocknete Hölzer einer Verkohlung bei 300° C. unterwarf. Einen näheren Einblick giebt folgende Tabelle, welche nach der Ausbeute an Kohle geordnet ist.

(Die Tabelle befindet sich auf den Seiten 31 und 32).

Vergleicht man Nr. 15 und 16 mit Nr. 71, so bemerkt man, daß die verschiedenen Theile eines und desselben Baumes ungleiche Mengen Kohle liefern; die Blätter und Wurzeln der Pappel ergaben 40,90 bis 40,95 Proc., das Stammholz dagegen nur 31,12 Proc. Kohle. Bei einem anderen Versuche mit Kirschbaumholz fand Violette, daß das Laub und die Wurzelsfasern desselben gleiche Zusammensetzung hatten, aber 5 Proc. Kohle weniger als das Holz des Stammes enthielten. Hieraus geht also hervor, daß nicht alle Theile der genannten Bäume oder baumartigen Pflanzen zur Verkohlung geeignet sind. Am brauchbarsten erweist sich das eigentliche Holz, die ausgebildete Pflanzenfaser, welche unter Rinde, Bast und Splint liegt.

Das zum Verkohlen bestimmte Holz darf nur dann geschlagen werden, wenn die Bäume im vollen Saft stehen, also nur im Frühling, wo die Pflanzensäfte sehr wässerig und arm an Salzen sind und sich größtentheils nach den äußersten

1	Kork .
2	Ebenholz
3	Satiney
4	Bermober
5	Holz v. H.
6	Weizenstr
7	Eiche .
8	Taxis .
9	Mahagon
10	Bois de
11	Eichenhol
12	Bachhold
13	Guajac .
14	Meeresfä
	maritin
15	Pappel (S
16	Pappel (S
17	Fichte (pi
18	Weidensch
19	Buchsba
20	Elsbeerba
	droulie
21	Lerchenba
22	Palmbau
23	Thuja e
24	Hanfstäng
25	Clematis
26	Winse .
27	Cocospal
28	Gefrempe
	wolfe .
29	Hollunde
30	Aylanth
	du Jap
31	Hagebutt
32	Geisblatt
33	Spindelb
34	Weinstock

Nummer.	Holzart.	Austrocknung.				Verkohlung.			Bemerkun- gen. (Die folgenden Zahlen be- zeichnen das Alter des Hol- zes in Jahren.
		Gewicht des Holzes		Verlust		Gew. des vorher bei 1500 getr. Holzes		Mengen von Kohle aus 100 Kln. Holz erhalten.	
		vor dem Trock- nen.	nach dem Trock- nen.	in Bezug auf das Gewicht d. getrock- neten Holzes.	Procent.	vor der Verkoh- lung.	nach der Verkoh- lung.		
1	Kork	26,52	25,00	1,52	5,75	25,00	15,70	62,80	—
2	Ebenholz	154,29	141,50	12,79	8,39	141,50	76,85	54,30	—
3	Satiney	83,08	74,00	9,08	10,93	74,00	38,50	52,00	—
4	Vermordete Weide .	—	—	—	—	23,00	12,00	52,17	—
5	Holz v. Herculanium .	1,50	1,30	0,20	13,33	49,50	24,60	49,69	Unter d. Schutte von Herculanium gefunden.
6	Weizenstroh	66,93	58,20	8,73	13,13	58,20	24,80	46,99	—
7	Eiche	151,30	128,00	23,30	15,40	128,00	59,00	46,09	—
8	Larus	194,14	175,20	18,94	9,75	175,20	80,70	46,06	—
9	Mahagoni	115,25	98,00	17,25	8,80	98,00	44,00	44,89	—
10	Bois de lettre	91,17	77,50	13,67	15,00	77,50	34,30	44,25	—
11	Eichenholz	94,62	81,60	13,02	13,76	81,60	35,70	43,75	Bruchstück e. Ranze eines Wilden. 8 bis 10
12	Wachholder	110,33	67,30	43,03	39,00	67,30	29,00	43,07	
13	Guajac	309,54	278,50	31,04	10,03	278,50	116,60	41,86	—
14	Meeresfichte (Pinus maritima)	89,48	47,00	42,48	47,47	47,00	19,50	41,48	10
15	Pappel (Blätter) . . .	24,20	10,50	13,70	56,61	10,50	4,30	40,95	15
16	Pappel (Wurzel) . . .	34,94	22,00	14,94	37,00	22,00	9,00	40,90	desgl.
17	Fichte (pin sauvage)	69,20	37,30	31,90	46,10	37,30	15,20	40,75	10
18	Weidenfchwamm . . .	62,36	49,20	13,16	21,32	49,20	20,00	40,64	3 bis 5
19	Buchsbaum	82,00	71,70	11,70	12,56	71,70	29,00	40,44	—
20	Eisbeerbaum (alizier, droulier)	148,11	68,40	79,71	51,91	68,40	27,60	40,35	8 bis 10
21	Lerchenbaum	132,33	95,50	36,83	27,83	95,50	38,50	40,31	10 „ 12
22	Palmbaum	92,05	79,50	13,55	13,63	79,50	31,40	39,49	—
23	Thuja canad.	72,16	50,70	21,46	29,11	50,70	20,00	39,44	12 bis 15
24	Hanfflängel	56,38	51,50	4,88	14,23	51,50	20,20	39,22	—
25	Clematis	88,65	43,00	45,65	51,50	43,00	16,70	38,83	4 bis 5
26	Binse	14,67	13,00	1,67	11,39	13,00	5,00	38,46	—
27	Cocospalme	91,30	77,50	13,80	15,12	77,50	29,40	37,93	—
28	Gefrempelte Baum- wolle	30,70	27,80	2,90	9,44	27,80	7,40	37,41	—
29	Hollunder	197,29	141,50	55,79	28,02	141,50	52,80	37,31	8 bis 10
30	Aylanth (Vernis du Japon)	112,07	78,60	33,47	29,91	78,60	29,30	37,27	5 bis 6
31	Hagebutterstrauch . .	112,06	82,50	29,56	26,38	82,50	30,70	37,21	10
32	Weisblatt	87,01	51,40	35,61	40,93	51,40	19,00	36,96	4 bis 5
33	Spindelbaum	86,89	56,00	30,89	35,55	56,00	20,50	36,60	8 „ 10
34	Weinstock	44,19	37,50	6,69	15,15	37,50	13,76	36,53	10 „ 12

Nummer.	Holzart.	Austrocknung.				Verkohlung.			Bemerkungen. (Die folgenden Zahlen bedeuten das Alter des Holzes in Jahren.)
		Gewicht des Holzes		Verlust		Gew. des vorher bei 1500 getr. Holzes		Mengen von Kohle aus 100 Lhn. Holz erhalten.	
		vor dem Trocknen.	nach dem Trocknen.	in Bezug auf das Gewicht d. getrockneten Holzes.	Procent.	vor der Verkohlung.	nach der Verkohlung.		
35	Kastanienbaum . . .	61,48	40,20	21,28	34,61	40,20	14,50	36,06	10 bis 15
36	Cytisus	66,80	47,20	19,60	29,33	47,20	17,00	36,01	15 „ 20
37	Johannisbeere . . .	90,83	68,70	22,13	24,36	68,70	24,50	35,66	3 „ 4
38	Mispelbaum	44,04	38,50	5,54	16,16	38,50	13,70	35,57	8 „ 10
39	Kirschbaum	188,63	121,00	67,63	35,85	121,00	43,00	35,53	15 „ 20
40	Eape	105,10	91,50	13,60	12,94	91,50	32,00	34,97	—
41	Blasenbaum (baguen audier)	65,76	54,50	11,26	17,12	54,50	19,00	34,85	5 bis 6
42	Ephen	82,06	61,00	21,06	25,67	61,00	21,20	34,75	15 „ 20
43	Weißdorn	167,40	111,50	45,90	27,88	115,50	38,70	34,70	8 „ 10
44	Platane	125,33	108,00	17,33	13,82	108,00	37,50	34,69	10
45	Apfelbaum	169,85	147,00	22,85	13,99	147,00	51,00	34,69	7 bis 8
46	Ulme	134,27	122,00	12,27	9,13	122,00	42,20	34,59	8 „ 10
47	Hainbuche	125,21	104,50	20,71	16,54	104,50	36,00	34,44	15 „ 20
48	Erle	98,58	84,00	14,58	14,90	84,00	28,90	34,40	8 „ 10
49	Berberis	93,09	66,50	26,59	28,57	66,50	22,80	34,28	10
50	Stechginster (ajonc)	122,58	95,50	27,08	22,86	95,50	32,70	34,24	3 bis 5
51	Birke	112,73	70,80	41,93	37,20	70,80	24,20	34,17	10 „ 12
52	Pflaumenbaum . . .	250,50	182,00	68,50	27,34	182,00	62,00	34,06	7 „ 8
53	Sycomore	135,04	84,40	50,64	37,50	84,40	28,50	33,76	12 „ 15
54	Ahorn	122,68	94,80	27,88	22,72	94,80	32,00	33,75	6 „ 7
55	Weide	95,91	81,50	14,41	15,03	81,50	27,50	33,74	8 „ 10
56	Faulbaum	125,13	108,00	17,13	13,69	108,00	36,30	33,61	2 „ 3
57	Robinia	100,96	67,90	33,06	32,31	67,90	22,70	33,42	10 „ 12
58	Cornus sanguinea	164,41	90,50	73,91	43,80	90,50	30,20	33,36	4 „ 5
59	Ginster	73,99	63,00	10,99	14,85	63,00	21,00	33,33	3 „ 5
60	Eiche	155,76	129,20	26,50	17,39	129,20	43,00	33,28	30 „ 40
61	Quittenbaum	104,54	70,00	34,54	33,04	70,00	23,30	33,28	8 „ 10
62	Haselstaude	106,78	75,60	31,18	29,20	75,60	24,80	32,79	4 „ 5
63	Vogelbeerbaum (merisier à grappes)	118,15	96,00	22,15	18,75	96,00	31,40	32,70	desgl.
64	Stechpalme	181,35	113,00	68,35	37,69	113,00	36,40	32,21	8 bis 10
65	Hartriegel	113,65	78,00	35,65	31,22	78,00	25,00	32,05	desgl.
66	Schneeball	117,93	95,20	22,73	19,27	95,20	30,50	32,03	6 bis 8
67	Birnbaum	147,26	114,80	32,46	22,47	114,80	36,60	31,88	7 „ 8
68	Linde	127,94	70,00	57,94	45,31	70,00	22,30	31,85	—
69	Blauer Flieder . . .	94,42	60,60	33,82	35,82	60,60	19,30	31,84	8 bis 10
70	Bignonia	68,63	51,70	16,93	24,67	51,70	16,20	31,33	desgl.
71	Pappel (Stamm) . . .	47,11	25,70	21,41	45,45	25,70	8,00	31,12	15
72	Roskastanie	116,16	62,20	53,96	46,45	62,20	19,20	30,86	20 bis 30

Enden, in welchen sich das Leben des Baumes und sein Wachsthum entfaltet, nach den dünnen Zweigen und den Blättern hinzieht. Da die Dicke der Hölzer einigen Einfluß auf die Entzündlichkeit der Kohle hat, so nimmt man am liebsten Zweige von 2,6 cm Dicke, etwas stärkere Zweige werden gespalten. Bei den Lieferungsverträgen wird sehr häufig ausbedungen, daß die Länge der Hölzer genau 0,31 m betrage, in allen Fällen aber muß das Holz frei von Rinde geliefert werden, da die Kohle der letzteren nicht so entzündlich ist und mehr Aschenbestandtheile beim Verbrennen hinterläßt als das Holz des Stammes. Gegenwärtig beträgt der Preis für einen Cubikmeter Faulbaumholz 13 $\frac{1}{2}$ Mark.

Was nun die Aufbewahrung des Holzes anbelangt, so ist dieselbe eine ganz verschiedene. Während man in Dresden das Holz vor den Einwirkungen des Windes und Wetters ängstlich in großen Schuppen birgt, stapelt man in Spandau an einem durch Bäume geschützten Orte dasselbe während 2 bis 3 Jahren im Freien auf, um dem Regen Gelegenheit zu geben, die in dem Holze enthaltenen Säfte auszuwaschen und durch den Einfluß von Luft und Wärme eine Zerstörung der Spiralgefäße herbeizuführen. Dieses Auslaugeverfahren wurde früher allgemein in England gehandhabt, wo man das Holz 10 bis 12 Jahre der Witterung aussetzte, in Folge dessen man fast nur eine locker an einander hängende Faser erhielt. An und für sich ist diese Methode nicht zu tadeln, jedoch erfordert sie viel Zeit und bei großen Fabriken einen bedeutenden Raum, mithin ein beträchtliches Anlagecapital; außerdem bleibt stets die fortdauernde Gefahr einer Feuersbrunst vorhanden, auch kann Sand u. dergl. unter das Holz gebracht werden.

Wie bereits oben bemerkt, kommt es neben der Wahl der zur Verkohlung zu verwendenden Pflanzen vorzüglich auf die Art an, nach welcher die Verkohlung vorgenommen wird. Hauptsächlich handelt es sich hier um die Höhe und Gleichmäßigkeit der Temperatur, weil sich danach die Ausbeute, die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Kohle richten.

Was nun die Ausbeute mit Rücksicht auf die Höhe der Temperatur anbelangt, so ergibt sich dieselbe aus umstehender Tabelle, zu deren besserem Verständniß nur noch bemerkt werden soll, daß die von Violette der Untersuchung unterworfenen verschiedenen Stücke Faulbaumholz von möglichst gleichem Alter waren, bei einer Temperatur von 150° C. getrocknet und dann der Verkohlung unterworfen wurden mit überhitztem Wasserdampfe bis 350° C., bei der höheren Temperatur in einem Wind- und schließlich in einem Schmiedeofen.

Nummer.	Trocknen				Verkohlen					Bemerkungen.
	Gewicht des Holzes vor dem Austrocknen.	Gewicht des Holzes nach dem Austrocknen.	Verlust		Temperatur der Verkohlung.	Gewicht des bei 150° getr. Holzes		Menge der aus 100 Thln. Holz entwickelten flüchtigen Substanzen.	Menge der aus 100 Thln. Holz erhaltenen Kohle.	
			am Gewichte des ausgetrockneten Holzes.	nach Procenten.		vor dem Verkohlen.	nach dem Verkohlen.			
	g	g	g			g	g			
1	129,56	110,00	19,53	15,00	150°	114,50	114,50	0,00	100,00	Violette bezeichnet mit dem Namen Kohle die Producte, welche durch Erhitzen bei einer beliebigen Temperatur erhalten worden sind.
2	126,40	104,70	21,70	17,17	160	110,00	107,81	2,00	98,00	
3	122,38	105,20	17,18	14,04	170	104,70	99,00	5,45	94,55	
4	123,20	105,50	17,70	14,36	180	105,20	93,20	11,41	88,59	
5	120,92	107,00	13,92	17,28	190	105,50	86,50	18,01	81,99	
6	127,29	107,60	19,69	15,40	200	107,00	82,50	22,90	77,10	
7	123,52	104,00	19,52	15,80	210	107,60	78,70	26,86	73,14	
8	112,87	98,50	14,37	12,73	220	104,00	70,20	32,50	67,50	
9	126,40	106,70	19,70	15,58	230	98,50	54,50	44,63	55,37	
10	125,18	108,70	16,48	13,16	240	106,70	54,20	49,21	50,79	
11	138,20	117,80	20,40	14,76	250	108,70	54,00	51,33	49,67	Bei einem jeden Versuche ist es dasselbe bei 150° getrocknete Holz, das der Verkohlung unterworfen wurde. Alle Kohlen von Nr. 1 bis 10 waren nur unvollständig verkohlt.
12	121,49	105,80	15,69	12,91	260	117,80	47,40	59,77	40,23	
13	130,03	110,60	19,43	14,94	270	105,80	39,30	62,86	37,14	
14	128,55	110,00	18,55	14,43	280 ¹⁾	110,60	40,00	63,84	36,16	
15	125,12	108,00	17,12	13,69	290	110,00	37,50	65,91	34,09	
16	125,12	108,00	17,12	13,69	300	108,00	36,30	66,39	33,61	
17	115,83	101,30	14,53	12,54	310	101,30	33,30	67,13	32,87	
18	113,52	99,30	14,22	12,52	320	99,30	32,00	67,77	32,23	
19	122,20	104,50	17,70	14,48	330	104,50	33,20	68,23	31,77	
20	129,64	111,00	18,64	14,38	340 ²⁾	111,00	35,00	68,47	31,53	
21	125,55	104,50	21,05	16,37	350	104,50	31,00	70,34	29,66	2) Sehr schwarze Kohlen, ebenso die folgenden. a) Schmelzpunkt des Antimons " Silbers " Kupfers " Goldes " Stahles " Eisens " Platins.
22	103,95	90,45	13,50	12,98	432a)	90,45	17,07	81,13	18,87	
23	51,10	44,00	7,10	13,90	1023	44,00	7,50	81,25	18,75	
24	80,14	69,00	11,14	13,90	1100	69,00	12,70	81,60	18,40	
25	45,26	39,00	6,26	13,84	1250	39,00	7,00	82,06	17,94	
26	73,75	63,00	10,75	14,60	1300	63,00	11,00	82,54	17,46	
27	96,69	82,60	14,09	14,60	1500	82,60	14,30	82,69	17,31	
28	46,82	40,00	6,82	14,60	Schmelzpunkt des Platins.	40,00	6,90	85,00	15,00	

Das bei verschiedenen Temperaturen verkohlte Holz erzeugt also eine um so geringere Mengen von Kohlen, je höher die Temperatur der Verkohlung gewesen ist, und zwar erniedrigt sich die procentische Ausbeute zwischen 280° bis 1500° von 36 auf 15 Proc. Mit der Höhe der Temperatur nimmt auch die Menge der aus dem Holze sich entwickelnden, flüchtigen Substanzen zu. Es erklärt sich dies daraus, daß bei der Verkohlung eine wirkliche Scheidung stattfindet zwischen dem Kohlenstoffe und den Gasen, aus welchen das Holz besteht, ohne daß jedoch diese Trennung vollständig ist. Der Kohlenstoff theilt sich in zwei Theile, von dem der eine mit einer gewissen Menge Gas verbunden in der Retorte zurückbleibt, während der andere mit dem Reste gasförmiger Stoffe entweicht. Folgende Tabelle von Violette (S. 36) zeigt diese Vorgänge in augenfälliger Anordnung, indem sie einerseits die Zusammensetzung der Kohle und andererseits diejenige der verflüchtigten Körper angiebt, welche man bei der Verkohlung von 100 Thln. vorher bei 150° C. getrockneten Faulbaumholzes erhält.

Aus dieser Tabelle ergibt sich noch fernerhin, daß bei 250° der in der Kohle zurückbleibende Kohlenstoff das Doppelte von dem beträgt, welcher sich verflüchtigt hat. Zwischen 300 bis 350° sind beide Theile gleich, von da an bis zu 1500° beträgt die Menge des entwichenen Kohlenstoffes das Doppelte von derjenigen, welche in der Kohle zurückgeblieben ist.

Ebenso ungleich wie der Ertrag an Kohle ist aber auch die Menge an Kohlenstoff in den einzelnen Kohlenarten, wie Violette durch folgende Untersuchungen nachgewiesen hat (s. Tabelle auf S. 37).

Temperatur der Verkohlung.	Producte der Zersetzung des Holzes durch Verkohlung.					Gesamt- betrag der Producte.
	Feste Stoffe oder in der Retorte verbleibende Kohlen in Procenten			Verflüchtigte Stoffe in Procenten		
	Kohlen- stoff.	Gas.*	Asche.	Kohlen- stoff.	Gas.*	
150 ⁰	47,51	52,41	0,08	—	—	100
160	46,66	51,26	0,08	0,85	1,15	100
170	45,18	49,28	0,09	2,33	3,12	100
180	43,36	45,12	0,11	4,15	7,26	100
190	41,50	40,31	0,18	6,01	12,00	100
200	39,95	36,97	0,18	7,56	15,34	100
210	39,03	39,96	0,15	8,48	18,38	100
220	36,83	39,51	0,16	10,68	21,82	100
230	31,64	23,56	0,17	15,87	28,76	100
240	31,14	18,39	0,26	16,37	32,84	100
250	32,58	16,78	0,31	14,93	35,40	100
260	27,31	12,69	0,23	20,20	39,57	100
270	26,17	10,65	0,32	21,34	41,52	100
280	26,27	9,68	0,21	21,24	42,60	100
290	24,71	9,17	0,21	22,80	43,11	100
300	24,62	8,80	0,19	22,89	43,50	100
310	24,20	8,43	0,24	23,31	43,82	100
320	23,71	8,35	0,17	23,80	43,97	100
330	23,37	8,25	0,15	24,14	44,09	100
340	23,71	7,68	0,14	23,80	44,67	100
350	22,73	6,75	0,18	24,78	45,56	100
432	15,40	3,25	0,22	32,11	49,02	100
1023	15,37	3,12	0,30	32,14	49,11	100
1100	15,32	2,86	0,22	32,19	49,41	100
1250	15,81	1,91	0,22	31,70	50,36	100
1300	15,86	1,40	0,20	31,65	50,89	100
1500	16,37	0,83	0,11	31,14	51,55	100
über 1500	14,48	0,23	0,29	33,03	51,97	100

* Violette bezeichnet die Natur des Gases nicht näher; es sollen darunter Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff verstanden sein.

Nummer.	Temperatur der Verkohlung.	Gefundene Elementar-Bestandtheile in 100 Thln. Faulbaumkohle				Bemerkungen.
		Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff, Stickstoff u. Verlust.	Asche.	
1	150°	47,5105	6,1200	46,290	0,080	Violette bezeichnet mit dem allgemeinen Namen Kohle die Producte, welche durch Erhitzen bei irgend einer Temperatur erhalten worden sind.
2	160	47,6055	6,0645	46,271	0,085	
3	170	47,775	6,195	45,9535	0,098	
4	180	48,936	5,840	45,123	0,117	
5	190	50,6145	5,115	44,0625	0,2215	
6	200	51,817	3,9945	43,976	0,2265	Alle diese Kohlen sind unvoll- kommen, entweder noch Holz oder unausgebrannte.
7	210	53,3735	4,903	41,538	0,200	
8	220	54,570	4,1505	41,3935	0,217	
9	230	57,1465	5,508	37,047	0,3145	
10	240	61,307	5,507	32,7055	0,515	
11	250	65,5875	4,810	28,967	0,632	Sehr rothbraune Kohle, welche anfängt pulverisierbar zu sein; vor- züglich geeignet für Jagdpulver.
12	260	67,8905	5,038	26,4935	0,5595	
13	270	70,4535	4,6415	24,192	0,8555	
14	280	72,6395	4,705	22,0975	0,568	
15	290	72,494	4,981	21,929	0,610	
16	300	73,236	4,254	21,962	0,569	Abnehmende Reihe rothbrauner Kohlen, ins Schwarze übergehend.
17	310	73,633	3,8295	21,8125	0,744	
18	320	73,5735	4,8305	21,086	0,5185	
19	330	73,5515	4,626	21,333	0,4765	
20	340	75,202	4,4065	19,962	0,4775	
21	350	76,644	4,136	18,4415	0,613	Sehr schwarze Kohle, sowie auch die folgenden, zu Militärpulver geeignet. a) Schmelzpunkt des Antimons; „ Silbers „ Kupfers „ Goldes „ Stahles „ Eisens „ Platins
22	432a)	81,6435	1,961	15,2455	1,1625	
23	1023	81,9745	2,2975	14,1485	1,5975	
24	1100	83,2925	1,702	13,7935	1,2245	
25	1250	88,1385	1,415	9,2595	1,199	
26	1300	90,811	1,5835	6,4895	1,1515	Schwarze u. sehr harte Kohlen.
27	1500	94,566	0,7395	3,8405	0,664	
28	über 1500	96,517	0,6215	0,936	1,9455	

Danach ist der Kohlenstoffgehalt der Kohle der angewandten Temperatur proportional oder mit anderen Worten, je höher überhaupt die Temperatur, um so größer ist die Abnahme an Gewicht, um so größer aber der Kohlenstoffgehalt des Rückstandes.

Wie nun die Temperatur im Allgemeinen von großem Einflusse auf die Ausbeute an Kohle ist, ebenso bedeutend ist die Art und Weise, innerhalb welcher Zeit die Verkohlung erfolgt. Verkohlt man das Holz möglichst langsam, so wird die Ausbeute viel größer, während bei rascher Verkohlung sich gerade das Gegentheil zeigt (Violette).

Art der Verkohlung.	Temperatur der Verkohlung.	Gewicht des bei 150° getrockneten Holzes		Menge der aus 100 Thln. Holz entwickelten flüchtigen Substanzen.	Menge der aus 100 Thln. Holz erhaltenen Kohle
		vor der Verkohlung.	nach der Verkohlung.		
Langsame Verkohlung . .	432°	g 90,45	g 17,07	81,13	18,87
Rasche Verkohlung . . .	432°	69,72	6,25	91,04	8,96

Zu gleicher Zeit mit der Ausbeute wächst auch der Gehalt an Kohlenstoff. So ergaben die oben erwähnten Faulbaumhölzer bei langsamer Verkohlung 82,106 Proc. Kohlenstoff und 2,190 Proc. Wasserstoff, während bei rascher Verkohlung nur 79,589 Proc. Kohlenstoff und 2,169 Proc. Wasserstoff nachweisbar waren.

In Betreff der physikalischen Eigenschaften der Kohle mit Rücksicht auf die Höhe der Temperatur ist zunächst die äußere Beschaffenheit der Kohle zu erwähnen. Die bei 270° C. dargestellte Kohle — erst das wenigstens bis zu dieser Temperatur erhitzte Holz nennt man Kohle — welche man mit dem Namen Rothkohle belegt hat, ist braunroth und etwas zerreiblich. Kohle, bei einer Temperatur erzeugt, die über 280° liegt, hat eine dunklere Farbe und beginnt bei 340° schwarz zu werden. Die bei dieser und höherer Temperatur dargestellte Kohle heißt Schwarzkohle. Sie läßt sich, insofern bei ihrer Darstellung die Temperatur von 432° nicht viel überschritten wurde, leicht zerkleinern, hat einen glatten Bruch, welcher das Holzgefüge sehen läßt, und zeigt viele Quer-, aber keine Längsrisse. Bei Temperaturen, die zwischen 1000° bis 1500° liegen, ist die Kohle sehr schwarz, hart und widersteht dem Reiben. Die bei der Temperatur des schmelzenden Platins bereitete Kohle ist tief schwarz, läßt sich nur schwierig zerbrechen und besitzt metallischen Klang.

Wird die Verkohlung so z. B. bei 432° beschleunigt, so ist die Kohle sehr hart, vollkommen durchgebrannt und tönend, während bei langsamer Verkohlung das Gegentheil eintritt.

Als eine weitere physikalische Eigenschaft der Kohle, welche mit der Verkohlungstemperatur sich ändert, ist die Dichtigkeit der Kohle zu nennen. Interessant in

dieser Beziehung sind die Untersuchungen von Violette. Er bestimmte das specifische Gewicht der bei steigenden Temperaturen dargestellten Faulbaumholzkohle, indem er in der Luft gewogene Stücke in Wasser brachte, sie acht Tage darin verweilen ließ, und dann, nachdem alle Luft entfernt war, das Gewicht nach der gewöhnlichen Methode erforschte. Violette's Resultate sind in folgender Tabelle niedergelegt:

Verkohlungs- temperatur.	Specif. Gew. der Kohle.	Verkohlungs- temperatur.	Specif. Gew. der Kohle.
150°	1,507	310°	1,422
170°	1,490	330°	1,428
190°	1,470	350°	1,500
210°	1,457	440°	1,709
230°	1,416	1025°	1,841
250°	1,413	1250°	1,862
270°	1,422	1500°	1,869
290°	1,406	Schmelzpunkt des Siegels . .	2,002

Beim Erhitzen auf 150° bleibt das Holz noch unverändert, das Product zeigt demnach ein dem Holze entsprechendes specifisches Gewicht. Dasselbe nimmt aber in dem Maße ab als die Verkohlung fortschreitet, bis es bei einer Temperatur von 290° sein Minimum erreicht hat. Ungefähr bei diesem Wärmegrade geht das Holz in Rothkohle über, die sich durchgehends durch ein leichtes Gewicht auszeichnet. Bei 350° tritt wieder das specifische Gewicht des ursprünglichen Holzes hervor und zur selben Zeit ist die Schwarzkohle gebildet. Diese wird immer schwerer, bis sie endlich ein zweifach so hohes Volumengewicht wie das Wasser besitzt.

Ein ganz anderes Verhalten zeigt sich hinsichtlich der hygroskopischen Eigenschaft der Kohle, indem nach Violette's Untersuchungen feuchter Luft ausgesetzte Faulbaumkohlen Wassermengen absorbiren, welche in dem Maße abnehmen, als die Temperatur der Verkohlung wächst, wie aus folgenden Zahlen ersichtlich ist:

Temperatur der Verkohlung	Quantität des von 100 Thln. Kohle aufge- nommenen Wassers.	Temperatur der Verkohlung	Quantität des von 100 Thln. Kohle aufge- nommenen Wassers.
150°	20,862	290°	6,920
160°	18,220	300°	7,608
170°	18,180	310°	7,200
180°	16,660	320°	5,554
190°	11,626	330°	4,504
200°	10,018	340°	5,904
210°	9,742	350°	5,894
220°	8,954	440°	4,704
230°	8,800	1025°	4,676
240°	6,666	1100°	4,444
250°	7,406	1250°	4,760
260°	6,836	1300°	2,224
270°	6,306	1500°	2,204
280°	7,879		

Zu bemerken ist hierbei noch, daß gepulverte Kohlen ungefähr zweimal mehr Wasser absorbiren als dieselben Kohlen in Stücken, was leicht zu begreifen ist, da bei den gepulverten Kohlen der Feuchtigkeit mehr Oberfläche geboten wird, als bei den Kohlen in Stücken.

Ganz richtig sind diese Versuche nicht, da Violette bei der Feuchtigkeitsbestimmung vollständig vergessen hat, die Gase, welche sich inzwischen auf der Kohle verdichtet hatten, in Abzug zu bringen. Das aufgestellte Princip wird indessen nicht dadurch beeinträchtigt.

Schließlich sei dann noch die Wärmeleitungsfähigkeit der Kohle erwähnt. Diese nimmt mit der Temperatur der Verkohlung zu, anfangs unbedeutend und wenig veränderlich in den Kohlen, welche zwischen 150° und 300° dargestellt sind, wächst sie rasch in der bei höherer Temperatur bereiteten und erreicht einen Werth gleich $\frac{2}{3}$ von der des Eisens (Violette).

Was nun die chemischen Eigenschaften der Kohle in Betreff der Verkohlungstemperatur anbelangt, so sind hier insbesondere die Löslichkeit, die Entzündlichkeit und die Zersetzungsfähigkeit hervorzuheben.

Kohlen, welche bei 270° dargestellt sind, lösen sich fast ganz in Kali- oder Natronlauge. Die Löslichkeit nimmt aber rasch ab und verschwindet vollständig für solche Kohlen, die bei 340° und darüber erzeugt sind.

Die entzündlichste unter den Holzkohlen entzündet sich bei 300° von selbst; es ist die des Weidenschwammes. Die Kohlen aller anderen Hölzer, bei constanter Temperatur von 300° bereitet, entzünden sich nach Violette zwischen 360° und 380°. Wird bei der Darstellung der Kohle der Sitzgrad gesteigert, so findet die Entzündung bei sehr ungleichen Temperaturen statt. Letztere nehmen mit der Temperatur der Verkohlung zu:

Temperatur der Verkohlung .	260° bis 280°	290° bis 350°	432°	1000° bis 1500°	Schmelzpunkt des Platins
Temperatur der Entzündung .	340° bis 360°	360° bis 370°	ca. 400°	600° bis 800°	

Mischt man aber die Kohlen mit Schwefel, so erfolgt die Entzündung an der Luft bei einer viel niedrigeren Temperatur als ohne diesen Zusatz. Werden nämlich die bei Temperaturen zwischen 270° und 400° bereiteten Kohlen mit Schwefel gemengt, so entzünden sie sich bei 250° und brennen ganz ab; werden hingegen die bei Temperaturen zwischen 1000° und 1500° bereiteten Kohlen mit Schwefel gemengt auf 250° erhitzt, so verbrennt nur der Schwefel und die Kohlen bleiben unverfehrt (Violette).

Ebenso wie die Entzündlichkeit ist die Fähigkeit der Kohle, den Salpeter zu zersetzen, verschieden; auch hier hat der Sitzgrad, bei welchem die Kohle dargestellt wurde, einen Einfluß. Die bei Temperaturen zwischen 270° und 432° bereiteten Kohlen zersetzen den Salpeter bei 400°, die bei Temperaturen zwischen 1000° und 1500° bereiteten Kohlen zersetzen hingegen den Salpeter erst bei der Rothglühhitze.

Nach diesen allgemeinen Vorbemerkungen sei es gestattet, auf die Verkohlung des Holzes überzugehen. Dieselbe erfolgt entweder in Meilern, Gruben, Defen, Kesseln oder in Cylindern.

In frühester Zeit wurde die Verkohlung des Holzes allgemeinen in Meilern ausgeführt, allein man kam bald von dieser Darstellungsweise ab, da sich zeigte daß durch die Bekleidung der Meiler die Kohle vielfach mit Sand, Erde u. s. w. verunreinigt wurde, auch nicht leicht eine gleichförmige Verkohlung der ganzen Masse, wie es zu diesem Zwecke nothwendig ist, erzielt werden konnte. Heutzutage wird daher diese Methode für Darstellung von Pulverkohlen fast gar nicht mehr in Anwendung gebracht. Man findet sie noch in Achenbach in Tyrol, am Harz und in Schweden.

An die Meilerverkohlung schließt sich die Verkohlung in Gruben. Für eine Beschickung von 500 bis 1000 Kg besitzen die Gruben, welche eine viereckige Gestalt besitzen, eine Tiefe von 1m und eine Weite von etwa 3 m. Die Wände sowie der Boden sind mit Backsteinen ausgemauert; um die Grube herum wird der Boden festgeschlagen, so daß eine Tenne entsteht, welche auf zwei einander gegenüberliegenden Seiten der Grube rein gefegt wird, während an den beiden anderen Seiten eine thonhaltige Erde aufgestapelt wird. Ist dies geschehen, so legt man eine starke Stange quer über die Grube und lehnt an dieselbe die erste Lage von Holzbindeln, die verbrannt werden sollen, so an, daß ein freier Raum auf dem Boden der Grube bleibt. Diese erste Reihe bedeckt man mit mehreren anderen, so daß ein regelmäßiger Haufen entsteht, welcher ungefähr 1m hoch über die Grube herausragt. Auf diese Weise kann man 200 Bündel in eine solche Grube bringen, wobei man jedoch zu beobachten hat, daß der Haufen oben nicht breiter werde als die Grube selbst ist und daß eine Verbindung mit dem leeren Raume auf dem Boden der Grube hergestellt bleibt. In diesen Raum wird sodann ein Haufen Stroh und kleines Holz zurecht gelegt, welches man, sobald die Aufschichtung beendet ist, anzündet. Der offen gelassene Eingang, durch welchen man dazu gelangt, wird sofort mit einigen Holzbindeln verstopft und bald bricht die Flamme auf allen Punkten durch. Man läßt hierauf dem Brande seinen Gang, bis die Stange selbst verbrannt durch ihr Brechen die Holzbindel zusammenfallen läßt. Die Masse senkt sich nun und man wirft nach und nach ebenso viele neue Holzbindel auf das Feuer, als anfänglich in die Grube gelegt wurden. Da hierdurch der regelmäßige Bau des Haufens gestört wird, so muß die Verbrennung überall da, wo sie erstickt, wieder belebt werden, was man durch zeitweiliges Aufheben der Masse mit eisernen Haken bewirkt. So wie sich keine Flamme mehr zeigt, betrachtet man die Verbrennung als beendet, vorausgesetzt daß so viele Holzbindel nachgelegt wurden, daß die Grube mit Kohlen gefüllt ist. Man ebnet die Oberfläche und bedeckt sie mit einer nassen, wollenen Decke. Auf diese wirft man die bereit gehaltene Erde und tritt dieselbe mit den Füßen fest, so daß zwischen der Kohle und der Decke kein leerer Raum bleibt. Diese Arbeit muß schnell, aber doch vorsichtig geschehen, damit die Decke nicht zerrissen werde. Mit dem Zudecken vermittelt Erde fährt man so lange fort, bis kein Rauch mehr zu sehen ist. Vor Ablauf von 3 bis 4 Tagen kann die Grube nicht geleert werden, weil man sonst Gefahr laufen würde, daß sich die Kohlen an der Luft

entzündeten. Ist die Grube abgekühlt, so nimmt man vorsichtig die Erde und die Decke ab, bringt die Kohlen mit einer Schaufel heraus und sondert die Brände oder nicht verkohlten Theile aus. Das Ergebniß an Kohle bleibt sich nicht gleich. Nach französischen Angaben soll man von 400 Bündeln von je 15 Kg, zusammen also 6000 Kg Holz, 950 bis 1000 Kg d. i. 16 bis 17 Proc. Kohle erhalten.

Einen Vorzug verdient diejenige Einrichtung, wonach die Gruben kleiner gemacht werden, von runder Gestalt und nur ein Drittel von der Breite der größeren bei derselben oder etwas größeren Tiefe. Das Holz verbrennt dabei auf eisernen Stangen, welche in der Höhe der Grube angebracht sind und fällt somit in einen Raum, zu dem der Zutritt der Luft sehr verringert ist, so daß die Verbrennung nicht weiter stattfinden kann. Die Grube füllt sich auf diese Art sehr bequem, ohne daß Brände übrig bleiben oder ein Theil der Kohle eingäschert wird, wie es in den ersten Gruben wegen zu geringer Tiefe bei zu großer Weite geschieht. Durch die runde Form erhalten diese Gruben auch mehr Festigkeit als die vorigen, welche nie länger als ein Jahr dauern.

In Gruben der letzteren Art werden in Spanien die Hanfstängel verkohlt.

Nicht viel besser steht es mit der Verkohlung in Oefen. Der platte Herd und die Wölbung desselben sind aus Ziegelsteinen aufgemauert. An der vorderen und hinteren Seite eines jeden Ofens befindet sich eine Thür. Beim Anzünden der Holzbeschickung sind beide geöffnet. Sobald aber das Feuer gehörig um sich gegriffen hat, schließt man die Thür, durch welche man es angezündet hat, läßt aber die andere geöffnet, um den Rauch abziehen zu lassen. Man schürt das Feuer von Zeit zu Zeit und schiebt die verkohlten Theile in den Grund des Ofens. Nähert sich die Verkohlung ihrem Ende, so schließt man die zweite Thür. Nach Verlauf von $1\frac{1}{4}$ Stunde zieht man die Kohlen heraus und läßt sie in blecherne Kohlendämpfer fallen, in welchen sie zwei Tage bleiben. In der Schweiz geschieht das Verkohlen in einem aus großen Steinplatten zusammengesetzten vierseitigen Ofen, der oben offen ist. Die 2,5 m langen Haselholzweige werden aufrecht stehend in den 0,6 bis 0,9 m weiten und ungefähr 2 bis 3 m hohen Ofen eingesetzt, entzündet und niedergebrannt. Die glühenden Kohlen werden in ein ähnliches Behältniß gebracht und mit einem eisernen Deckel verschlossen.

Obgleich nun nicht zu verkennen ist, daß die in der Schweiz übliche Methode vor der zuerst genannten Verkohlungs-methode in Oefen wesentliche Vorzüge hat, so ist doch in beiden Fällen die Erzielung einer bestimmten Kohlenmenge höchst schwierig und bei der ersten Methode eine Verunreinigung mit Glanzruß fast gar nicht zu umgehen. Denn wenn die dampfförmigen Producte, insbesondere der Theer, nicht hinlänglich freien Raum zum Abziehen haben, so schlagen sich dieselben auf den glühenden Kohlen nieder, verkohlen daselbst und bilden so über der Kohle den schwer entzündlichen Glanzruß.

Eine Vervollkommnung der Grubenverkohlung ist die Verkohlung in Kesseln, wobei die Kohle wenigstens vor Verunreinigung mit Sand gesichert ist. In gußeiserne, hemisphärische Kessel von 1,20 m Durchmesser und 84 cm Tiefe, welche bis an ihren oberen Rand in den Boden eingegraben sind, werden einige Hände voll angezündetes Holz geworfen, welches man sorgfältig durch allmählich zugefügtes Holz bedeckt, um so viel als möglich die Flamme zu ersticken. Wenn

der Kessel gefüllt ist, bedeckt man ihn mit einem gußeisernen Deckel, welcher mit einigen kleinen Oeffnungen versehen ist, durch welche die flüchtigen Producte entweichen können. Man erhält nach dieser Methode, welche noch gegenwärtig in Frankreich zur Bereitung von Schwarzkohle angewandt wird, von 100 Kg Faulbaumholz von gewöhnlicher Feuchtigkeit ungefähr 20 Kg Schwarzkohle. Nach den Untersuchungen von Biolette haben aber diese Kohlen abweichende Zusammensetzung; man erhält Rothkohle mit 73 Proc. Kohlenstoff, und Schwarzkohle mit 83 Proc. Kohlenstoff, wie folgende Tabelle zeigt.

Procente der in den Kohlen gefundenen Elemente.				Ort der Pulverfabrik.
Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff, Stickstoff und Verlust.	Asche.	
81,028	3,2398	14,981	0,7802	Angoulême
73,961	3,0190	22,575	0,475	Bouhet
80,364	3,6140	15,1437	0,9425	Mez
74,894	3,6120	21,0242	0,475	Saint-Chamas
79,928	3,1886	16,0259	0,8685	Saint-Médard
81,067	3,0022	15,0250	0,9125	Saint-Ponce
76,010	2,9821	19,8646	1,611	Bonges
83,034	3,421	12,096	1,446	Coquerdes

Bei diesen Untersuchungen hat sich gleichzeitig herausgestellt, daß die Kohle, welche die Mitte des Kessels einnimmt, reicher an Kohlenstoff ist als die am Boden und an der Oberfläche.

Da dieses Verfahren es nicht erlaubt Kohlen von bestimmten Eigenschaften zu erzeugen, so ist es nicht zu empfehlen; die mit den verschiedenen Kohlen dargestellten Pulverarten werden natürlich nicht mit einander in ihrer Entzündbarkeit, Kraftentwicklung u. s. w. übereinstimmen.

Der Uebergang von der Ofenverkohlung zu der Cylinderverkohlung bildet das in Dänemark übliche Verfahren. Die Kohle von Erlenholz wird dort in einem Ofen von drei Etagen in besonderen eisernen Verkohlungskasten gebrannt. Das Holz wird vorher unter einem offenen Schuppen der Luft längere Zeit ausgesetzt. Zum Verkohlen werden 6 bis 7 Kg Hölzer in jeden der eisernen Kasten gethan und davon 1,5 bis 1,75 Kg oder 25 Proc. Kohle gewonnen. Die Verkohlung dauert etwa eine Stunde und wird eingestellt, wenn die blaue Flamme aus den angebrachten Oeffnungen herausschlägt. Die Kohle kommt darauf in einen luftdicht verschlossenen Raum, in welchem sie 18 bis 24 Stunden verbleibt. Vor dem Gebrauche wird sie sortirt, wobei man alle Nester und Brände ausscheidet.

Da diese Methode alle Mängel der Cylinderverkohlung an sich trägt, so darf hinsichtlich ihrer Beschreibung auf S. 54 verwiesen werden.

Was nun die Verkohlung in Cylindern anbelangt, so wurde dieses Verfahren von dem englischen Bischof Landloss erfunden und im Jahre 1797 in England eingeführt. Das Verfahren wurde anfangs geheim gehalten, aber schon im Jahre 1802 durch Collmann's Beschreibung über die Cylinderverkohlung in England den übrigen Staaten bekannt.

Die Verkohlung des Holzes in Cylindern kann nun in der Weise ausgeführt werden, daß man die Cylinder durch ein unter denselben angebrachtes Feuer unmittelbar erhitzt, und so die Zersetzung des Holzes herbeiführt, oder daß man, wie solches in neuerer Zeit geschieht, einen dritten Körper, z. B. Wasserdampf, auf eine bestimmte Temperatur bringt und durch diesen dann eine Verkohlung des Holzes bewirkt.

Zuerst sei die ältere Methode erwähnt und der Anfang mit der Einrichtung des Verkohlungs-Apparates gemacht. Da nun in den verschiedenen Ländern letztere nicht durchgehend gleich ist, so dürfte es sowohl zur Vermeidung von Wiederholungen als auch im Interesse der Uebersichtlichkeit gerechtfertigt erscheinen, irgend eine Einrichtung herauszugreifen und zu beschreiben, während es bei den übrigen genügen würde, nur das von dieser Einrichtung Abweichende anzugeben.

Sehr geeignet für eine Beschreibung erweist sich die Verkohlungs-Anstalt zu Le Bouchet, da die Einrichtung derselben noch am meisten an die ursprünglich in England übliche streift.

Fig. 1.

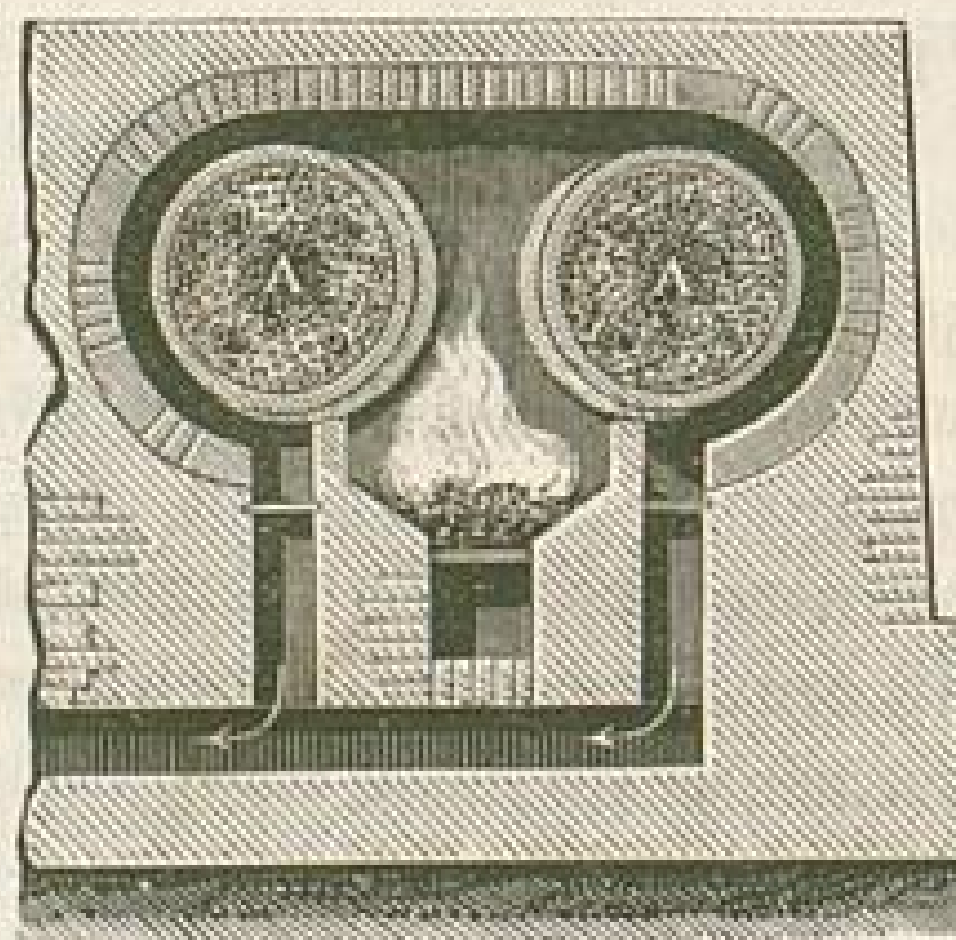
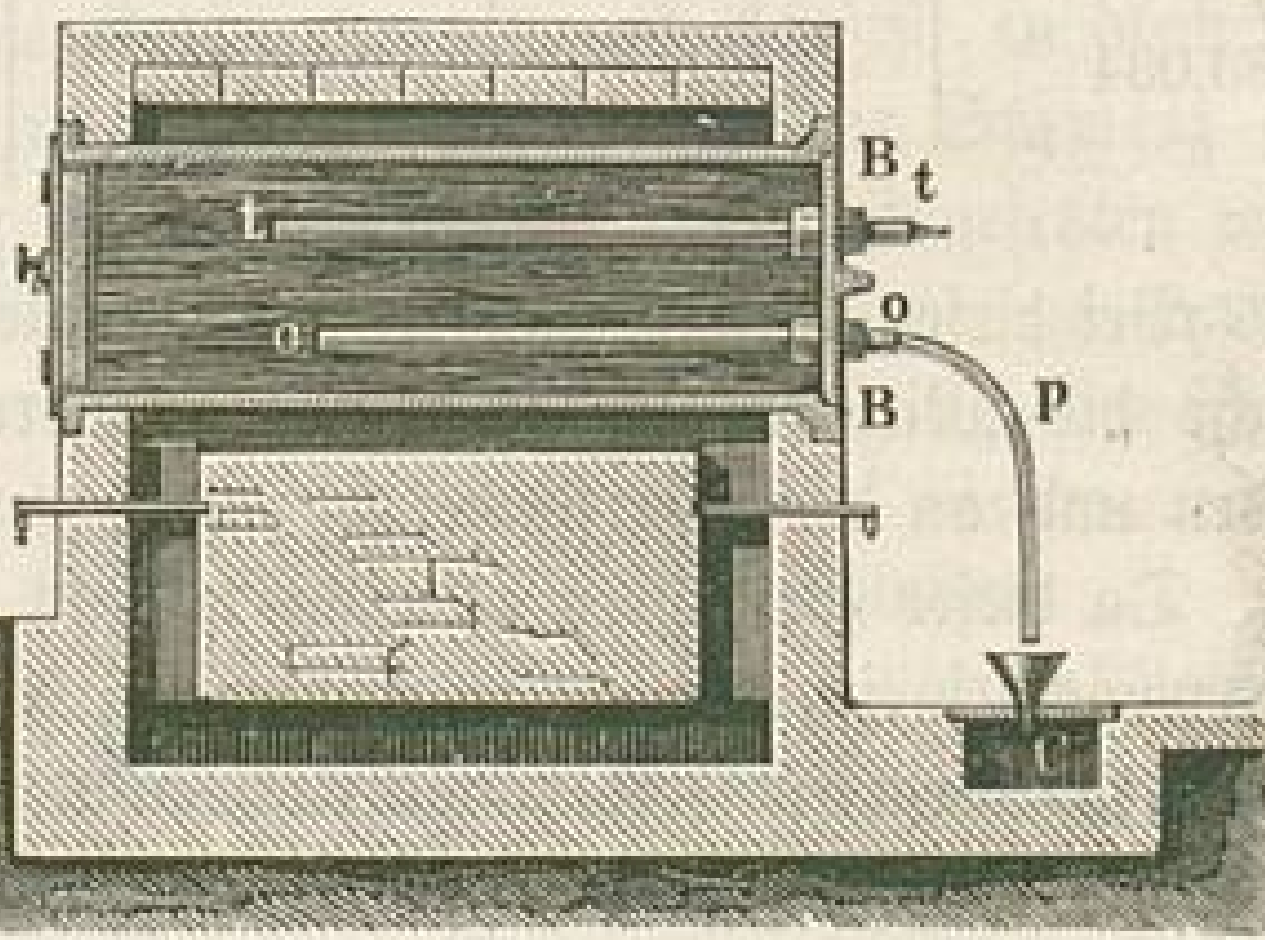


Fig. 2.



Das Innere des Verkohlungsraumes ist in Le Bouchet 23,8 m lang und 9,6 m breit. In diesem Raume befinden sich 12 Feuerungen. Die Cylinder von Eisenblech, 2 m lang, 0,67 m weit und 0,025 m dick, sind liegend und nur auf ihren Enden ausliegend dergestalt in einen Ofen eingemauert, daß sie paarweise, wie aus Fig. 1 und Fig. 2 ersichtlich, von einer gemeinschaftlichen Feuerung geheizt werden. Je zwei Cylinder *A A* sind 0,2 m von einander entfernt. Der Zwischenraum ist leer und unter der Mitte zweier zusammen gehöriger Cylinder liegt der Krost. Die Wärme steigt zwischen beiden empor, biegt sich rechts und links über beide nach unten und mündet in einen Canal, welcher zu

dem allgemeinen Schornsteine führt. An den Feuerzügen sind Schieber angebracht, mit deren Hilfe man die Feuerung für jeden einzelnen Cylinder reguliren kann. Auf der Seite der Feuerung sind die Cylinder mit Thon beschlagen, damit sie nicht zu früh durchbrennen und sich gleichmäßiger erhitzen. An beiden Enden sind sie mit Deckeln geschlossen. Der hintere Deckel *B* ist fest eingeschraubt und mit vier Röhren von 0,1 m Weite versehen. Das Rohr *o* dient zum Einsatz des kupfernen Rohres *p*, welches die flüchtigen Producte nach *C* abführt, wo sie zum Theil condensirt werden, zum Theil in den Schornstein entweichen. Die drei anderen Röhren dienen zum Probeziehen. Zu diesem Zwecke werden gerade Holzstäbe in Blechröhren *t*, *t* in den Cylinder eingeschoben und die Oeffnungen bei *B* luftdicht abgeschlossen. Die vordere Oeffnung der Cylinder wird durch einen Vorsetzer verschlossen, welcher aus zwei Scheiben besteht, deren Zwischenraum von 0,2 m mit einer Schicht von Asche, Lehm und Kohlenstaub angefüllt ist.

Eine ähnliche Einrichtung hat man in Reife, nur daß dort die Röhren zum Probeziehen wegfallen, da sich dieselben als vollkommen entbehrlich erwiesen haben. An deren Stelle hat man einen Hahn angebracht, um die aus dem Holze entweichenden Gase beobachten zu können.

In Dresden, wo die Cylinder 2,17 m lang und 0,77 m breit sind, hat jeder Cylinder einen abgesonderten Kof zur Feuerung, was insofern vortheilhaft ist, als der Proceß der Verkohlung leichter und gleichmäßiger im Gange gehalten werden kann. An der unteren Seite eines jeden Cylinders ist zum Schutze gegen die Flamme ein Blechmantel befestigt, welcher 0,026 m von dem Cylinder absteht; der Zwischenraum zwischen beiden ist mit einer Mischung von Kohlengestübe und Thon ausgefüllt. Vorn kann jeder Cylinder durch zwei Deckel verschlossen werden, welche 0,31 m Abstand von einander haben. Damit der innere Deckel ganz fest aufsitzt, wird eine eiserne Stange eingesetzt und zwischen diese und den Deckel ein Holz gekleist. Der äußere Deckel ist von Gußeisen und läßt sich fest aufschrauben. Auf der hinteren Seite des Cylinders führt aus der Mitte des Deckels ein weites kupfernes Rohr die Dämpfe in den Verdichtungsapparat. Das Rohr ist an der Stelle, wo es in den Condensationsraum tritt, knieförmig gebogen.

In Spandau, wo früher dasselbe Verfahren wie in Reife bestand, hat man in neuester Zeit die Einrichtung getroffen, das Holz in beweglichen Cylindern zu verkohlen. Dieselben sind 1,24 m lang, etwa 0,6 m weit und fassen 90 Kg Holz. Die vordere Oeffnung wird mit einem einfachen Deckel geschlossen. Sowie der Cylinder, welcher auf einem kleinen Wagen oben mit zwei Schienen versehenen ruht, fertig geladen ist, wird er an den Ofen gefahren und auf zwei der Länge nach in demselben angebrachten Eisenbahnschienen, welche vollkommen frei über dem Roste liegen, geschoben. Vorn vor dem Cylinder befindet sich ein großer, beweglicher Deckel, welcher auf Rollen läuft und hauptsächlich dazu dient, ein Ausströmen von Wärme an dieser Stelle zu verhindern. Die abziehenden Gase werden in die Feuerung geleitet. Will man die Entwicklung der aus dem Holze strömenden Gase beobachten, so braucht man nur den großen Deckel etwas zurückzurollen, wodurch man einen Blick auf die Feuerung erhält. Zur Bestimmung der Temperatur, welcher das zu verkohlende Holz ausgesetzt werden soll, hat man oben am Cylinder ein

Pyrometer angebracht, welches aus einem Stabe von Bronze besteht. Das eine Ende desselben ruht auf einem festen Punkte, während das andere auf das kürzere Ende eines Winkelhebels wirkt. Sobald sich der Stab durch die Hitze ausdehnt, wird das kürzere Ende des Hebels aus seiner Lage gebracht, indem es sich um einen festen Punkt dreht und so auf den längeren Hebelarm wirkt, welcher auf einem Kreisbogen spielt, auf dem die Wärmegrade mit Rücksicht auf die Ausdehnung des Stabes bei bestimmten Temperaturen angegeben sind.

In Schweden hat man vorgeschlagen, den Cylindern während des Verkohlens eine Drehung von 90° um die horizontale Achse zu geben, um dadurch mit geringerer Heizung gleichmäßigere Resultate zu erhalten, indem durch das Umdrehen sämtliche Stücke nach einander an die Cylinderwand zu liegen kommen sollen. Ueber die darüber angestellten Versuche ist bis jetzt noch nichts bekannt worden.

In Waltham-Abbey hat man eine Einrichtung getroffen, welche im Principe an die oben (S. 43) erwähnte dänische erinnert. Zur Erzielung einer weniger unterbrochenen Operation werden nämlich in die gußeisernen Cylinder blecherne, mit Holz gefüllte eingeschoben. Nach beendeter Verkohlung werden dieselben herausgenommen und durch neue ersetzt, so daß der Betrieb fast ununterbrochen fortgeht. In diesem Falle braucht man keine besonderen Dämpfer, indem jene blechernen Cylinder schon diese Dienste leisten.

Die Länge der Cylinder ist, wie man sieht, in den einzelnen Staaten ganz verschieden, sie bewegt sich zwischen 2,17 m und 1,24 m, während die Weite sich ziemlich gleich bleibt. Im Allgemeinen ist hierüber zu bemerken, daß die Sicherheit für die gleichmäßige Verkohlung in dem Maße steigt, als die Cylinder kleiner werden, da bei diesen es einer geringeren Hitze bedarf, um die Verkohlung bis in die Mitte zu treiben, weshalb man auch in England sogar Cylinder anwendet, welche nur 35 Kg Holz fassen. Dabei ist aber auf der anderen Seite wohl zu berücksichtigen, daß die Kosten der Feuerung steigen, je kleiner die Bereitungscylinder sind.

Als ganz vorzüglich erweist sich die Einrichtung in Spandau in Betreff des Pyrometers, da auf diese Weise ein annähernder Maßstab für die Temperatur, welcher das Holz ausgesetzt ist, gegeben wird, und dadurch die Wirkung der einzelnen Pulversorten leichter zu bemessen ist.

Was die Haltbarkeit der Cylinder angeht, so wird die Dauer eines gußeisernen Cylinders auf 15 und die eines aus Eisenblech auf 6 Jahre angegeben.

Das Laden der Cylinder und das darauf folgende Verfahren der Verkohlung ist in allen Staaten beinahe ganz dasselbe.

Beim Laden derjenigen Cylinder, welche eingemauert sind, wo also der vordere und hintere Theil derselben auf einer Mauer ruhen, läßt man diese Stellen frei, weil solche von der Flamme nicht berührt werden. Der übrige Raum wird aber vollständig angefüllt und nur an der oberen Seite ein kleiner Raum für die Gasentwicklung leer gelassen. Das Eintragen geschieht entweder in einzelnen Stäben oder in Bündeln, die mit Strohbindern zusammengebunden sind. In diesem Falle setzt man die Bündel in den Cylinder, öffnet das Strohband, nimmt es heraus und füllt, wenn noch Lücken sich zeigen, mit der Hand soviel Holz nach, als ohne

Gewalt anzuwenden hineingeht. Die Deckel werden sodann vorn eingesetzt, die Fugen mit Lehm oder einem anderen feuerfesten Kite verschmiert und die Verkohlung kann jetzt beginnen. Das Feuerungsmaterial sind entweder klein gepochte Kohlen oder Torf, welcher vorzuziehen ist, da er eine gleichmäßigere Hitze giebt als Kohlen. Anfangs heizt man langsam an und macht zu diesem Zwecke nur am vorderen Ende des Kofes ein Feuer. Nach etwa einer halben Stunde tritt aus der Gasröhre ein etwas weißlicher Dampf, man schiebt dann einen Theil des Feuers auf dem Kofe nach hinten und heizt vorn und hinten weiter. Man vermeidet möglichst das Aufflammen; in keinem Falle darf die Flamme bis an die Cylinder reichen. Etwa $4\frac{1}{2}$ bis 5 Stunden nach dem ersten Anheizen beginnt die eigentliche Destillation, der weiße Rauch nimmt eine mehr gelbe Farbe an und riecht scharf emphyreumatisch. An denjenigen Orten, wo man noch Probestäbe hat, wird einer derselben herausgezogen und an mehreren Stellen zerbrochen, um diejenige zu erkennen, wo die Verkohlung noch zurück ist; an diese Stelle des Cylinders schiebt man dann das Feuer. Die Gase gehen nun allmählich ins Weiße und schließlich ins Blaue über. Letzterer Punkt ist in vielen Fabriken das Erkennungszeichen, daß die Kohle gar ist. In anderen, wo man die Destillationsgase in die Feuerung leitet, entscheidet die Farbe der brennenden Gase. In Dresden richtet man besondere Aufmerksamkeit auf das Gasrohr. Ist nämlich das Kniestück desselben so kalt, daß man es anfassen kann, so darf nicht mehr nachgefeuert werden. Man läßt das Feuer nun noch eine Viertelstunde unter den Cylindern, entfernt es darauf und schließt die Feuerzüge mit den Schiebern, damit die Kohle sich abkühle. In Spandau bleibt die Kohle eine Stunde in den Cylindern, während in Dresden je nach der Witterung 16 bis 24 Stunden dafür vorgeschrieben sind. Die Dauer der Verkohlung ist ebenfalls verschieden; an einigen Orten beträgt sie 6 bis 7, an anderen 11 bis 12 Stunden.

Bestimmte Vorschriften lassen sich darüber nicht aufstellen, da es einerseits auf den größeren oder geringeren Grad der angewandten Hitze, andererseits auf die Art von Kohle, welche man erzielen will, ankommt. Bei der Darstellung von Kohle für Jagdpulver leitet man in der Regel das Feuer in der Weise, daß die Verkohlungsdauer wenigstens 11 Stunden beträgt.

Ist die für die Abkühlung vorgeschriebene Zeit abgelaufen, so wird der Cylinder entleert und die Kohle schnell in cylindrische, eiserne Gefäße, sogenannte Dämpfer, geschüttet, welche mit einem gut schließenden Deckel verschlossen werden. In diesen bleibt die Kohle, bis sie gekleint wird. Letzteres darf in keinem Falle vor Ablauf von vier Tagen ausgeführt werden.

In Dresden wird die Kohle, sowie sie aus dem Cylinder kommt, in dünnen Schichten auf hölzernen Hürden ausgebreitet und auf diesen 48 Stunden lang der atmosphärischen Luft ausgesetzt, wobei jedoch die Strahlen der Sonne vermieden werden. Die Kohle wird sodann sortirt, gewogen und in eiserne Cylinder, welche mit einem Deckel dicht verschlossen werden können, gebracht.

Um die Fabrication zu beschleunigen, wurde in Frankreich 1791 verordnet, die Kohle mit Wasser abzulöschen. Das daraus dargestellte Pulver erwies sich nach Robin's Versuchen indessen so schlecht, daß das Naßablöschen 1798 verboten wurde.

Bei dieser Verkohlung in Cylindern erhielt Kahl in der Dresdner Pulverfabrik an Gesamtausbeute von lufttrockenem, 11,57 Proc. Feuchtigkeit enthaltendem Faulbaumholze 26,429 Proc. bis 28,647 Proc., also im Mittel 27,4 Proc. Kohle. Bei Erlenholz, welches 11,7 Proc. Feuchtigkeit enthielt, betrug die Ausbeute 26,2 Proc. Kohle. Beiläufig sei bemerkt, daß man die Cylinderkohle auch destillierte Kohle nennt. Dieser Ertrag an Kohlen repräsentirt aber keineswegs ein gleichmäßiges Product, da neben der Schwarzkohle regelmäßig Rothkohle auftritt, welche fast bis zu einem Drittel der Gesamtausbeute steigt, wie folgende in Esquerdes mit Faulbaumholz von 10 bis 12 Proc. Feuchtigkeit angestellten Versuche von Violette zeigen. In der Tabelle ist gleichzeitig auch der Verbrauch an Holz zum Heizen der Cylinder angeführt. Sämmtliche Zahlen beziehen sich auf 100 Gew.-Thle. Rohholz.

Jahrgang.	Holz zum Heizen.	A u s b e u t e.		
		Rothkohle.	Schwarzkohle.	Zusammen.
1843	65,2	12,79	20,12	32,91
1844	77,0	16,39	14,89	31,28
1845	75,7	15,47	16,00	31,47
1846	93,8	12,07	20,25	32,32
Mittel	74,2	14,18	17,81	32,17

Das Auftreten von Rothkohle neben Schwarzkohle erklärt sich sehr einfach, wenn man bedenkt, daß die Hitze in dem Cylinder nicht überall eine gleichzeitliche ist. Aus diesem Grunde müssen denn auch die Kohlen von verschiedenen Stellen des Cylinders entnommen verschiedene Beschaffenheit zeigen. Es beweisen dies schlagend folgende von Kahl angestellten Analysen:

Ort, woher die Kohlen entnommen.	Zusammensetzung.			
	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Kohle von vorn und oben im Verkohlungscylinder, Ver- kohlungstemperatur gering.	83,88	3,24	11,56	1,33
	85,36	3,82	9,21	1,61
	83,43	3,30	11,80	1,47
	79,22	3,29	16,24	1,25
	77,83	2,71	18,21	1,55
Kohle aus der Mitte des Cylinders.	90,39	2,51	5,49	1,61
	91,08	2,69	4,58	1,65
Kohle von hinten und unten im Cylinder, Verkohlungs- temperatur am stärksten.	90,27	2,18	6,14	1,41
	91,10	1,97	5,06	1,87
	92,24	2,03	3,85	1,88

Mischt man nun auch die von den verschiedenen Theilen des Cylinders entnommenen Kohlen unter einander, so wird dieses Product doch stets von dem anderer Pulverfabriken, wo es auf die nämliche Weise erzeugt wurde, abweichen, wie aus folgender Tabelle hervorgeht, in welcher die mittlere Zusammensetzung von Nothkohlen aus verschiedenen Pulverfabriken angegeben ist:

Procentgehalt der Kohlen an				Ort der Pulverfabrik.	Zu Sagdpulver.
Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff, Stickstoff und Verlust.	Asche.		
71,1805	2,521	25,9855	0,3085	Bouhet	extrafein
74,011	2,6465	22,3475	0,513		fein
70,3765	2,655	26,4955	0,4815	Angoulême	—
72,090	4,341	22,7105	0,873	Esquerdes	extrafein
75,664	3,382	20,2225	0,7855		fein

Frisch bereitete Kohle zeigt in hohem Grade das Vermögen, Feuchtigkeit in sich aufzunehmen und Gase auf der Oberfläche zu verdichten. Kahl hat in dieser Richtung Versuche mit Cylinderkohlen aus Faulbaumholz angestellt. Dieselben

Das Schießpulver.

nehmen in 2 bis 4 Tagen bei sehr trockner Witterung 7,5 Proc., bei sehr feuchter Witterung 10 Proc. ihres Gewichtes an Wasserdampf und Gasen auf. Ersterer wurde bei darauf folgendem Trocknen vollkommen wieder abgegeben, nicht aber das Gas in seiner ganzen Menge. So verlor frische Kohle, welche an der Luft 6,98 Proc. Gase und Feuchtigkeit absorbiert hatte, in einem Strome trockner Luft von 150°C . im Mittel 4,85 Proc. Wasser, hielt also in ihren Poren noch 2,13 Proc. Gase zurück und nahm außerdem noch 0,69 Proc. Gase (wahrscheinlich aus der warmen Luft) auf. Bei 150°C . getrocknete Kohle enthielt also noch 2,82 Proc. Gase, welche sich selbst bei einer Temperatur von 270° nicht austreiben ließen.

Bei der Verdichtung der Gase auf der Oberfläche der Kohle ist noch ein Punkt näher zu erörtern, nämlich daß bei Berührung der Gase mit den Kohlen stets Wärme frei wird und wenn jene schnell und heftig vorwärtsschreitet, diese bis zur Entzündung der Kohle gesteigert werden kann. Diese Erscheinung tritt hauptsächlich dann ein, wenn frisch bereitete, fein gepulverte Holzkohle in größeren Quantitäten aufgeschichtet wird.

So klar und einfach die Ursache dieser Entzündung ist, so sind doch die den Vorgang begleitenden Umstände weniger einfach, und treten oft in Verbindungen auf, welche scheinbare Widersprüche in den Resultaten veranlassen.

Zur Erforschung des wirklichen Grundes der Entzündung wurden deshalb in der ehemaligen Berliner Pulverfabrik eine Reihe von Versuchen mit Cylinderkohle angestellt, welche zu folgenden Ergebnissen führte: Eine mit 28 Proc. Ertrag bereitete Faulbaumkohle entzündet sich um so leichter, je kürzer der Zeitraum zwischen der Gewinnung der Kohlen und deren Aufbewahrung im gekleinten Zustande ist. Schwarze, starkgebrannte Kohle erhitze und entzündet sich leichter als rothe und wenig gebrannte Kohle. Frisch bereitete, fein zertheilte Kohle entzündet sich in Quantitäten von 60 Kg nur dann freiwillig, wenn sie in einem Gefäße wenigstens 0,62 m hoch aufgeschüttet sich befindet. Die Entzündung zeigt sich fast immer zuerst im Innern der Kohlenmasse, nicht an der Oberfläche.

Um einerseits die Gewichtszunahme und andererseits die Temperaturerhöhung in den einzelnen Stadien nachzuweisen, wurden 50 Kg im Ertrage von $28\frac{1}{2}$ Proc. bereitet und etwa 36 Stunden nach Beendigung des Verkohlungsprocesses fein gekleint in einem unbedeckten, cylindrischen Gefäße von Eisenblech auf eine Wage gestellt. Es zeigten sich folgende Veränderungen:

Wasser	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gase	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Wasser	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gase	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Wasser	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Gase	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Die Kohle wurde in einem Gefäße von Eisenblech auf eine Wage gestellt. Es zeigten sich folgende Veränderungen:

Nach Stunden.	Temperatur der Kohle nach Celsius.	Gewichtsvermehrung nach Grammen.
0	17,5	—
1	28,75	—
2	32,5	—
3	38,75	39
4	41,25	—
5	43,75	—
6	46,25	73
7	48,75	—
8	53,75	105
9	56,25	121
10	58,75	140
11	61,25	156
12	63,75	172
13	67,5	—
14	70	—
15	72,5	203
16	75	—
18	77,5	—
21	80	250
22	82,5	359
24	98,75	390
26	102,5	—
28	112,5	421
30	133,75	437
31	158,75	—
33	176,25	476
36	Entzündung	—

Die Gewichtszunahme beträgt danach bei der Entzündung fast 500 g oder beinahe 1 Proc., wozu also, wenn man nur trockne atmosphärische Luft in Rechnung bringt, etwa 0,356 cbm gehören.

Die Erwärmung geht anfangs ziemlich regelmäßig, aber nur langsam vor sich, während sie, sowie sie sich der Entzündung nähert, in großen Sprüngen sich steigert.

Zu einem ganz anderen Resultate gelangte man, als man Kohlen 18 Stunden nach Beendigung des Verkohlungsprocesses pulverte und dann kleinere Quantitäten dem Versuche unterzog.

Die Temperatur im Versuchsfocal war 5 bis 8,5° C., die Temperatur der Kohlen beim Abwägen in demselben Raume betrug 18,75° C.

	50 Kg	20 Kg	16 Kg	11 Kg	7,5 Kg	6,5 Kg	2,5 Kg
Stunden nach dem Einschütten der Kohle in neben- genannte Gefäße	in einem eisernen cylin- drischen Ge- fäße von	in einer hölzernen Tonne von	in einem ovalen Blechgefäße von	in hölzernen Tonnen von			
	m	m	m	m	m	m	m
	0,67	0,59	0,35 und 0,57	0,38	0,336	0,344	0,234
	Durchmesser.						
	Die oben angegebenen Gefäße waren durch die Kohle gefüllt auf eine Höhe von						
	m	m	m	m	m	m	m
	0,59	0,468	0,468	0,417	0,365	0,313	0,261
	Temperatur der Kohle nach Celsius:						
12	83,75	33,75	28,75	25	16,25	20	15
15	91,25	31,25	26,25	23,75	15	20	13,75
18	245	30	26,25	23,75	12,5	18,75	12,5
	Entzündung						
21		30	26,25	21,25	12,5	18,75	12,5
23		28,75	25	21,25	12,5	17,5	11,25
48		17,5	13,75	13,75	11,25	13,75	11,25
72		12,5	11,25	11,25	11,25	12,5	11,25

So interessant auch diese Versuche sind, so lassen sich doch aus denselben keine allgemeinen Schlußfolgerungen ziehen, aus denen man ersehen könnte, was der wirkliche Grund der Entzündung ist, und zwar um so weniger, als Fälle aufgetreten sind, wie sie der französische Oberst Aubert angiebt, wonach von zwei ganz gleichartig und gleichzeitig behandelten Kohlenmengen in zwei gleichen Gefäßen die eine sich entzündete, die andere aber nicht. Hadfield theilt sogar einen Fall mit, daß drei Tage alte Kohle in Stücken, welche in einem Wagen 16 englische Meilen weit gefahren waren, über Nacht sich entzündeten. Der Berichterstatter vermuthet, es habe sich Kohlenpulver beim Fahren gebildet, von welchem die Entzündung ausgegangen sei, allein gegen diese Vermuthung spricht ein Fall, welcher in Sachsen vorkam, wo ebenfalls auf einander gelagerte Kohlenstücke sich entzündeten.

Die Selbstentzündung kann also durch verschiedene Umstände herbeigeführt werden, und es ist daher unentschieden, ob den verschiedenen Zuständen der Atmosphäre in Bezug auf den Luftdruck, atmosphärische Wärme, Gehalt an Wassergas und Elektricität ein Einfluß auf die Erscheinung eingeräumt werden darf. Nach den gewonnenen Resultaten kann ihnen wenigstens keine die Erscheinung absolut bedingende Wirkung beigemessen werden, sondern diese muß mehr in dem verschiedenen Grade der Einsaugungs- und Verdichtungsfähigkeit der Kohle für atmosphärische Luft, sowie in der Art und Weise gesucht werden, wie die frei gewordene Wärme in der pyrophorischen Substanz zusammengehalten wird.

Davies meint zwar, daß die Selbstentzündung der Holzkohle von der Drydation des Kalium herrühre, welches während der Verkohlung aus dem in jedem Holze befindlichen kohlenfauren Kalium gebildet werde, weshalb auch keine Entzündung auftrete, wenn Kohle mit Schwefel gemischt werde, weil da Schwefelkalium entstehe. Allein gegen diese Annahme spricht einmal der Umstand, daß die Reduction des kohlenfauren Kalium zu Kalium bei der Temperatur, bei welcher die Pulverkohle dargestellt wird, äußerst unwahrscheinlich ist, da, wie bekannt, zu dieser Umwandlung Weißglühhitze erfordert wird. Sodann stehen mit dieser Ansicht in vollständigem Widerspruche die vielen Unglücksfälle, welche eintraten, als man alle drei Bestandtheile zugleich in ungekleintem Zustande unter die Stampfen brachte.

Schließlich seien noch einige Versuche von Kahl über die Entzündungstemperatur in der Luft für Cylinderkohle erwähnt. Dieselben sind insofern schon von Interesse, als sich ein abweichendes Verhalten gegenüber der Temperatur bei der Selbstentzündung der Kohle herausstellt. Bei fünf verschiedenen Faulbaumkohlenstücken, von welchen zwei hart und klingend, zwei ziemlich weich waren und eins eine mittlere Beschaffenheit hatte, fand Kahl die Entzündungstemperatur bei 360°, 352°, 342°, 320°, 325°, also im Mittel bei 340° C.

Die Bestimmung der Temperatur geschah auf folgende Weise. Ein Probirglas wurde bis zu $\frac{1}{3}$ mit Kohlen gefüllt und darauf mit einem doppelt durchbohrten Kork verschlossen, in welchen zwei rechtwinklig gebogene Glasröhren, eine kürzere und eine längere, paßten. Letztere ragte in die Kohlen hinein. Der so hergerichtete Apparat wurde bis zur Hälfte in ein Metallbad eingetaucht und dicht neben dem Probirglase ein Quecksilberthermometer angebracht. Sobald der Quecksilberfaden anfang zu steigen, wurde jedesmal nach einer Temperaturzunahme

von 5° C. mit Hilfe eines Aspirators ein sehr langsamer Luftstrom durch die Kohlen gesaugt und die niedrigste Temperatur, bei welcher die Entzündung eintrat, als maßgebend bezeichnet.

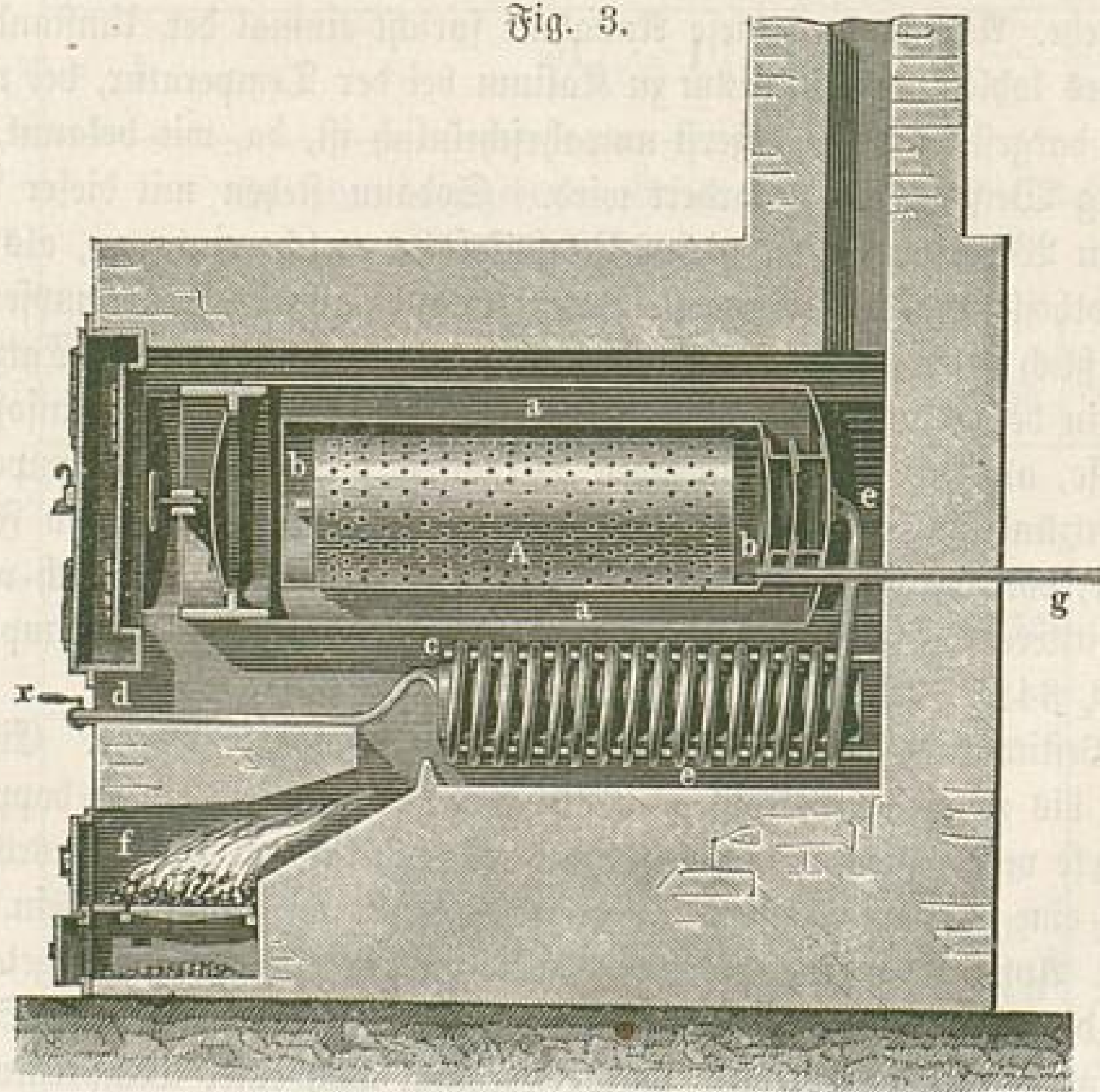
Die Entzündungstemperatur für Erlenholzkohle ergab folgende Werthe: 360°, 360°, 360°, 346°, 333°, im Mittel 352° C. Bei den drei ersten Versuchen wurde das Probirröhrchen, nachdem sich die Kohle bei 355° C. im Metallbade noch nicht entzündet hatte, in ein Bad von kochendem Quecksilber getaucht.

Vergleicht man die Verkohlung in Cylindern mit der in Kesseln und Defen, so läßt sich nicht verkennen, daß die Destillation des Holzes in Cylindern im Vergleich zu den beiden letzten Methoden eine viel größere Sicherheit hinsichtlich der Leitung der Verkohlung gewährt, dabei ist aber nicht zu vergessen, daß das Holz ungleichmäßig an den verschiedenen Theilen des Cylinders erhitzt wird, weshalb man stärker und schwächer gebrannte Kohle erhält. Auch bleibt ein kleiner Theil der Destillationsproducte zurück, welche durch fortgesetzte Einwirkung der Wärme in Glanzruß verwandelt werden. Solche Kohlen sowie die Brände müssen ausgeschieden werden, wodurch stets ein Verlust in der Ausbeute stattfindet.

Alle diese Mängel hat Violette dadurch zu beseitigen gesucht, daß er im Jahre 1847 in Esquerdes ein Verfahren einführte, nach welchem das Holz in Cylindern vermittelst überhitzten Wasserdampfes verkohlt wird. Das leitende Princip dieser Methode ist bereits früher (S. 44) angedeutet worden. Bemerkt sei nur noch, daß der Wasserdampf auf diejenige Temperatur gebracht wird, bei welcher das Holz verkohlt werden soll, und daß zur Entfernung sämtlicher flüchtigen Producte aus der Kohle dem Dampfe eine gewisse Spannung gegeben werden muß, wozu $\frac{1}{2}$ bis 1 Atmosphäre genügen.

Der in Esquerdes von Violette eingerichtete Apparat, wovon Fig. 3 einen

Fig. 3.



Längendurchschnitt giebt, besteht im Wesentlichen aus zwei concentrischen Eisenblechcylindern *a, a* und *b, b*. Der äußere Cylinder *a, a* dient als Gehäuse für den inneren, in welchen das Holz zum Verkohlen gebracht wird. Unter den Cylindern liegt das spiralförmig gewundene, eiserne Rohr *c, c*, dessen eines Ende mit einem Dampfkessel in Verbindung steht, dessen Dampf mittelst des Hahnes *x* zugelassen oder abgesperrt werden kann. Durch ein in dem Feuerraum *f* befindliches Feuer wird das Rohr erhitzt. Der Feuerraum ist durch ein kleines Gewölbe überspannt und eine kleine Brücke von Backsteinen zwingt die Flamme gegen den oberen Theil des Schlangenrohrs zu ziehen. Das Schlangenrohr *c, c* ist von Schmiedeeisen gefertigt, hat einen inneren Durchmesser von 20 mm und eine Wandstärke von 5 mm. Seine Gesamtlänge beträgt etwa 20 m. Es mündet bei *e* in den äußeren Cylinder *a, a*. In der Achse des Schlangenrohrs ist eine an beiden Enden verschlossene Trommel mittelst kleiner eiserner Klammern befestigt. Sie verhindert, daß die Flamme direct in die Achse des Schlangenrohrs zieht und zwingt das Feuer, die Windungen des Rohrs zu bespülen. Die Feuergase entweichen durch den Schornstein. Die demselben entgegengesetzte Seite wird durch zwei dicke, gußeiserne Thüren luftdicht verschlossen, um jede äußere Erkaltung der Cylinder zu verhüten. Der Cylinder *a, a* hat eine Wandstärke von 10 mm; er ruht auf der Mauer und wird durch zwei eiserne Zwischenwände gehalten. Letztere treten in einen Schlitz in der Mauer und bilden die Canäle zum Circuliren der heißen Luft aus dem Feuerraum *f*. An seinem hinteren Ende, da, wo das Schlangenrohr einmündet, ist der Cylinder *a, a* geschlossen, vorn aber mit einem breiten, kreisförmigen Halse aus Gußeisen versehen. Der innere Cylinder *b, b* hat eine Wandstärke von 5 mm. Er ist hinten geschlossen, vorn aber offen. Er wird durch 8 eiserne Klammern gestützt und ist an seinem hinteren Theile mit 4 eisernen Stangen versehen, welche mit einer kreisförmigen Scheibe versehen sind und dazu dienen, den Cylinder *b, b* im Cylinder *a, a* zu befestigen.

Für jede Verkohlung wendet man 25 bis 30 Kg Faulbaumholz an, bringt es in nicht zu großen Stücken in einen siebförmig durchlöchernten Cylinder *A*, welcher zur leichteren Füllung oder Entleerung des Ofens dient, und schiebt sodann diesen Cylinder in den Cylinder *b, b*. Der in den Boden des äußeren Cylinders *a, a* eintretende Dampf geht in den Zwischenraum zwischen beiden Cylindern nach vorn und von da durch das offene Ende von *b, b* in den Siebcylinder mit dem Holzeinsatz. Nachdem er durch die Zwischenräume des Holzes hindurchgedrungen ist, dieses verkohlt und sich mit den empyreumatischen Producten beladen hat, entweicht er durch das am hinteren Ende von *b, b* eingesetzte Kupferrohr *g* entweder in die freie Luft oder er wird auf irgend eine Weise verdichtet.

Sowie der Dampfkessel geheizt ist und der Dampf die nöthige Spannung erreicht hat — eine halbe oder eine Atmosphäre Ueberdruck —, so wird das Feuer für das Schlangenrohr *c, c* angezündet, nach Verlauf einer Viertelstunde der Siebcylinder mit dem Faulbaumholze in *b, b* hineingeschoben und die mit Thon bestrichene Scheibe des Cylinders *a, a* aufgesetzt. Die beiden gußeisernen Thüren werden geschlossen, und nach Verlauf von 10 Minuten, wenn der Thon hinlänglich trocken ist, öffnet man den Dampfshahn *x*, damit der Dampf einströmen kann. Es kommt jetzt hauptsächlich darauf an, das Feuer in *f* in der Weise zu regeln,

daß der Dampf möglichst gleichförmig erhitzt werde. Zu diesem Zwecke beobachtet man den Gang des Feuers durch ein kleines Glasfenster bei *d*, während man die Temperatur im Innern des Verkohlungs cylinders nach dem Schmelzen bestimmter Metalle oder Legirungen beurtheilt. Da nämlich die zur Verkohlung erforderlichen Wärmegrade dem Siedepunkte des Quecksilbers so nahe liegen, daß dadurch die Anwendung eines Quecksilberthermometers ausgeschlossen wird, so leitete Violette zwei kleine, hohle Röhren aus Kupfer durch das Mauerwerk in den inneren Cylinder. Jede dieser Röhren war an ihrem unteren Ende verschlossen und enthielt einen sehr kleinen Cylinder von Zinn, Blei oder einer Legirung, die bei bestimmten Temperaturen schmolz. Um das Schmelzen von außen sichtbar zu machen, steckte er auf das Metall eine mit einem kleinen Gewichte beschwerte Eisennadel, welche, sowie das Metall zum Schmelzen kam, einsank und auf diese Weise die Temperatur anzeigte.

Nach einiger Zeit schmilzt das Zinn und auch der Wasserdampf zeigt durch seinen Geruch und seine Farbe an, daß ihm die ersten Destillationsproducte beigemischt sind, die Verkohlung folglich beginnt. Der Dampf wird dicker und erhält nach und nach ein verschiedenes Ansehen. Nach einer Dauer von 2 Stunden, von dem Zeitpunkte an gerechnet, wo die Destillation begann, zeigt der Dampf, welcher jetzt geruchlos entweicht, das Ende der Verkohlung an. Der Apparat muß sofort entleert werden, damit durch die in demselben concentrirte Wärme die rothbraune Kohle sich nicht in schwarze verwandle, wozu schon 3 bis 4 Minuten über die erforderliche Zeit genügen. Ein Vorarbeiter sperrt deshalb den Dampf ab, öffnet die gußeisernen Thüren und entfernt den Deckel. Inzwischen ergreifen 2 Arbeiter das Abkühlgefäß, einen großen Cylinder aus Eisenblech von 0,55 m Durchmesser und 1,20 m Höhe und bringen denselben horizontal vor die Oeffnung des äußeren Cylinders, so daß dessen Oeffnung geschlossen wird. Der Vorarbeiter steckt durch das Rohr *g* eine lange, eiserne Stange und treibt damit das Kohlengehäuse heraus, welches in das Abkühlgefäß fällt. Sofort nach dem Entleeren wird der Cylinder wieder mit Holz beschickt. Die Verkohlung geht jetzt viel rascher, da das Mauerwerk sehr heiß geworden ist. Die Verkohlung beginnt schon nach einer Viertelstunde und die ganze Operation dauert nur 2 Stunden, während zur ersten Operation 3 Stunden erforderlich waren. Die folgenden Operationen dauern noch kürzere Zeit, und die sechste, welche in der Regel die letzte des Tagewerkes ist, dauert kaum anderthalb Stunden.

Man erhält auf diese Weise an einem Tage 50 Kg gute Kohle.

Der stündliche Verbrauch an Dampf beträgt 20 Kg bei $\frac{1}{4}$ Atmosphäre Spannung; 25 Kg bei $\frac{1}{2}$ Atmosphäre und 45 Kg bei 1 Atmosphäre Spannung. Der Verbrauch an Steinkohlen beträgt täglich zwischen 80 und 120 Kg, je nach der Spannung des Dampfes. Zum Heizen des Schlangenrohres sind für jede Operation 15 bis 20 Kg Brennholz oder 5 bis 6 Kg Koaks erforderlich, also 150 bis 200 Kg Holz oder 60 bis 80 Kg Koaks auf 100 Kg gewonnener Kohle.

Im Juli 1848 wurden zu Esquerdes in diesem Apparate mit Faulbaumholz, welches 10 bis 12 Proc. Feuchtigkeit enthielt, folgende Ergebnisse erzielt:

Angabe
des
Mano-
meters
in
Atmo-
sphä-
ren.

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

1

 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$

ba

Ro

Au

Au

so

Re

rol

Angabe des Mano- meters in Atmo- sphä- ren.	Dauer der Operation.	M e n g e v o n						Von 100 Holz erhal- tene roth- braune Kohle.
		verzehrt Steinkohle für den Dampf- kessel.	verzehrt tem Brennholz für jede Operation.	Faul- baumholz, welches zur Ver- kohlung angewandt.	erhaltener Kohle			
					roth- braune.	schwarze.	Brände.	
	St. Min.	Kg	Kg	Kg	Kg		Kg	
1	2 45	118	25	25	9,220	—	—	36,88
1	2 0		13	30	11,200	—	—	37,33
1	2 0		11	25	10,050	—	—	40,20
1	2 45		12	30	10,450	—	—	34,83
1	2 0		12	30	10,500	—	—	35,00
1	3 0	115	26	25	8,950	—	—	35,80
1	2 0		12	25	8,900	—	—	35,60
1	2 30		11	25	9,350	—	—	37,40
1	2 0		9	25	9,250	—	—	37,00
1	2 15		13	30	11,150	—	—	37,16
1/2	3 15	85	30	25	9,100	—	—	36,40
1/2	2 10		11	30	10,500	—	0,150	35,00
1/2	2 15		13	30	10,650	—	—	35,50
1/2	2 0		12	30	11,350	—	0,700	37,83
1/2	2 0		15	30	10,150	—	0,750	37,83
1/2	3 0	82	26	30	11,00	—	—	37,00
1/2	2 0		9	30	11,150	—	0,400	37,16
1/2	2 15		12	30	11,050	—	—	36,83
1/2	2 15		10	30	10,150	—	—	36,83

Das aus solchen Rothkohlen erzeugte Pulver hatte nach Versuchen mit dem ballistischen Pendel eine größere Anfangsgeschwindigkeit als das aus gewöhnlicher Kohle dargestellte Normalpulver, wie folgende kleine Tabelle zeigt.

	Feines Jagdpulver	Superfeines	Extrafeines
Aus gewöhnlicher Kohle . .	330 Meter in der Secunde	350	375
Aus Kohle zu Esquerdes .	356,2 " " "	357,7	382,07

Erhitzt man nach Violette den Wasserdampf bis auf ungefähr 350° C., so erhält man rothe Kohlen mit 70 Proc. und schwarze Kohlen mit 85 Proc. Kohlenstoff. Erhitzt man zu gleicher Zeit noch die Retorte und das Schlangenrohr, wobei die Temperatur von 450° noch nicht erreicht wird, so wird das Holz

ebenso von seinen flüchtigen Producten befreit als wenn es bei 1200° in einem Tiegel erhitzt wird, wie Violette's Versuche beweisen.

Gewicht der analysirten Kohlen.	Ausbeute.	Procentgehalt der Kohlen an				Bemerkungen.
		Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff, Stickstoff und Verlust.	Nische.	
0,567	{ 28,18 bis 30,00 Proc.	76,808	2,738	19,929	0,529	Durch alleiniges, möglichst starkes Erhitzen des Dampfes.
0,455		77,135	3,900	18,440	0,549	
0,4545	{ 19,09 bis 20,00 Proc.	89,939	2,684	5,852	1,540	Durch gleichz. Erhitzen des Dampfes und der Retorte.
0,567		88,399	2,523	7,849	1,235	

Der Dampf wirkt in dem letzteren Falle nicht kräftiger wegen Zunahme der Temperatur, da nach Violette die verbrauchte Menge des Brennmaterials bei demselben Resultate viel geringer ist; er erleichtert einfach das Entweichen der flüchtigen Stoffe, ebenso wie ein warmer Wind die Verdampfung des Wassers bewirkt.

Zu Wetteren bei Gent wird das Holz ebenfalls nach der Violette'schen Methode verkohlt. Man hat aber dort bei sonst gleicher Construction des Apparates zwei Verkohlungsylinder angebracht, welche man nach Belieben abwechselnd oder gleichzeitig anwenden kann.

Versuchsweise wurde auch in Dresden dieses Verfahren eingeführt. Der Apparat, welchen Kahl benutzte, war im Principe derselbe, wie der von Violette construirte. Nur lagen das Schlangenrohr und die Blechtrommeln nicht über einander, sondern neben einander, so daß die letzteren überall nicht mit der Heizung in Berührung kamen. Um den Verkohlungsylinder vor allzu schneller Abkühlung zu schützen, waren die Zwischenräume zwischen dem Cylindersysteme mit Bimssteinstücken angefüllt. In der Nähe der Stelle, wo der Dampf aus dem Schlangenrohr in den Verkohlungsylinder eintrat, war je nach Bedürfniß ein Quecksilber- oder Metallthermometer eingesetzt. Das letztere bestand aus zwei über einander gelegten, der ganzen Länge nach zusammen gelötheten Lamellen, wovon die eine von Stahl, die andere von Messing war. Dieser Metallstreifen wurde schraubenförmig gewunden, das eine Ende an den Boden eines kleinen cylindrischen Gehäuses angelöthet, das andere Ende an ein Hebel- und Räderwerk befestigt, welches die Ausdehnung des Streifens bei der Erwärmung vergrößert durch Umdrehung eines Zeigers auf dem Zifferblatte darstellte.

Zum Zwecke der Erzeugung von schwarzer Kohle leitete Kahl Dampf von 100° C. in den Apparat und steigerte während der ersten halben Stunde die Temperatur bis 280° C. und in weiteren $\frac{3}{4}$ Stunden bis zur beabsichtigten

Verkohlungstemperatur, auf welcher die Dämpfe $2\frac{1}{2}$ Stunde lang erhalten wurden. Gesah das Erhitzen langsamer, so dauerte der Verkohlungsproceß viel länger.

Kahl erhielt auf diese Weise aus lufttrockenem Faulbaumholz von 11,57 Procent Feuchtigkeitsgehalt bei 350° C. eine Ausbeute von 30,2 bis 30,4 Proc.; aus Faulbaumholz von 9 Proc. Feuchtigkeitsgehalt bei 410° C. 28,8 Proc. und bei 440° C. 26,6 Proc.

Die Zusammensetzung der Kohlen ergab sich wie folgt:

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.	Asche.
Kohle bei 350° C. . . .	76,00	3,91	18,58	1,51
	75,06	4,09	19,51	1,34
" " 410° C. . . .	79,60	3,82	15,06	1,52
" " 440° C. . . .	84,99	3,30	10,12	1,59

Die Entzündungstemperatur wurde zwischen 300° bis 340° C. gefunden.

Lufttrockenes Erlenholz von 11,7 Proc. Feuchtigkeitsgehalt ergab bei 350° C. 29,7 bis 30,3 Proc. Ausbeute an Schwarzkohle, deren Entzündungstemperatur zwischen 337° und 357° C. lag.

Sämmtliche Kohlen waren weich und zerreiblich, vollkommen frei von Glanzruß und von gleichmäßiger Zusammensetzung. So ergaben Kohlen

von der Eintrittsstelle des Dampfes

82,95 Kohlenstoff
3,10 Wasserstoff
12,28 Sauerstoff
1,67 Asche

100,00

von der Austrittsstelle

82,91 Kohlenstoff
3,26 Wasserstoff
11,98 Sauerstoff
1,85 Asche

100,00

Was nun die Kohlenausbeute bei der Verkohlung in Cylindern mittelst überhitzten Wasserdampfes anbelangt, so ergibt sich aus den Untersuchungen von Violette und Kahl, daß diese Methode wohl an Rothkohle, nicht aber an Schwarzkohle einen höheren Ertrag liefert als bei der gewöhnlichen Cylinderverkohlung. Da man aber zur Anfertigung von Militärpulver einzig und allein Schwarzkohle verwendet, während die Rothkohle nur für feinere Jagdpulver benutzt wird, so hat also überall da, wo lediglich Pulver der ersteren Art bereitet wird, die Violette'sche Methode in Betreff der Ausbeute keinen Vortheil vor der älteren Cylinderverkohlung. Es muß allerdings auf Grund der angeführten Analysen zugegeben werden, daß die Dampfkohlen von völlig gleichheitlicher Zusammensetzung sind, was man von den Cylinderkohlen nicht behaupten kann, allein die ungleiche Zusammensetzung der letzteren, vorausgesetzt, daß sie sich in nicht allzuweiten Grenzen bewegt, hat auf die Beschaffenheit des Schießpulvers keinen Einfluß, weil man die Kohlen von den ver-

schiedenen Stellen des Cylinders gut unter einander mischt und dadurch ein Gemenge von gleicher mittlerer Zusammensetzung erhält, welches hinsichtlich der Entzündlichkeit nur wenig von derjenigen der Dampfkohlen abweicht. Ganz besonders aber ist noch darauf aufmerksam zu machen, daß die Anschaffungskosten eines Apparates nach der Violette'schen Construction sich bedeutend höher belaufen als die eines jetzt üblichen Cylinders-Verkohlungsapparates, das Schlangenrohr mehr durch die Flamme angegriffen wird als die Cylinders, und die Produktionskosten einen größeren Geldaufwand erfordern, auch man bis jetzt noch keine Mittel und Wege gefunden hat, um die überschüssige Wärme zu verwerthen, wodurch die höheren Kosten paralytisch werden könnten.

Dieses sind die hauptsächlichsten Gründe, welche bislang den Praktiker im Widerspruch mit der herrschenden Theorie abhielten, von einem Apparate wie dem Violette'schen Gebrauch zu machen, Gründe, welche auch so z. B. in der königlichen Pulverfabrik zu Dresden dahin führten, dieses Verfahren wieder abzuschaffen und zu der früher üblichen Methode der Verkohlung in Cylindern zurückzukehren.

Die Mischungsverhältnisse.

Nach dem Vorhergehenden sind Salpeter, Schwefel und Kohle diejenigen Stoffe, welche bei der Bereitung des Pulvers in verschiedenen Verhältnissen gemischt werden, je nachdem man beabsichtigt, Militär-, Jagd- oder Sprengpulver darzustellen. Der Grund der Verschiedenheit der Mischungsverhältnisse liegt einfach darin, daß man bei den einzelnen Pulverforten besondere Zwecke verfolgt. Während man bei dem Militärpulver vorzüglich darauf ausgeht, eine hohe Triebkraft zu erzielen, legt man beim Jagdpulver das Hauptaugenmerk auf die schnelle Entzündlichkeit, und sucht beim Sprengpulver eine möglichst große Menge von Gas bei der Verbrennung des Pulvers zu erlangen.

Was nun die Mischungsverhältnisse für das Militärpulver anbelangt, so giebt es darüber eine Reihe von Vorschriften, aus denen hervorgeht, daß die Satzverhältnisse in den einzelnen Jahrhunderten einem steten Wechsel unterworfen gewesen sind, und namentlich in Deutschland bedurfte es einer geraumen Zeit und mancher Versuche, ehe man sich den richtigen Mischungsverhältnissen näherte. Bei allen diesen Versuchen, welche mit den einzelnen Mischungen angestellt wurden, war in der Praxis lediglich der Weg der Erfahrung maßgebend. Die ältere Zeit schloß begreiflich von selbst alle theoretischen Betrachtungen aus, allein auch in neuerer Zeit hat man in der Praxis wenig oder gar keine Rücksicht darauf genommen, sondern stets unter Berücksichtigung der Art und Weise, wie das Schießpulver hergestellt wurde, dessen Triebkraft in das Auge gefaßt, weil man durch Analysen einsehen lernte, daß, wie auch weiter unten gezeigt werden soll, die Mischung des Pulvers bei jeder Operation eine gewisse, wenn auch unbedeutende Veränderung erleidet, auch die Kohle nie reiner Kohlenstoff, das Pulver nicht wasserfrei ist und eine absolute Innigkeit der Mischung in der Praxis sich gar nicht bewerkstelligen läßt, alles Forderungen, welche in der Theorie für eine fehlerfreie Berechnung nothwendig sind.

Wie die Satzverhältnisse für Militärpulver zu den verschiedenen Zeiten in Deutschland beziehungsweise Preußen wechselten, ergibt sich aus folgenden Daten.

Die älteste Mischung soll aus gleichen Theilen von Salpeter, Schwefel und Kohle bestanden haben.

Aus dem Jahre 1546 werden für:

	grobes Geschütz	mittleres	Büchsen
Salpeter	50	66,7	83,4
Schwefel	33,3	20,0	8,3
Kohle	16,7	13,3	8,3

angegeben.

In seinem Kriegsbuche von 1555 erwähnt Fronsperger: Salpeter $66\frac{2}{3}$, Schwefel $22\frac{2}{3}$, Kohle $11\frac{1}{3}$, und 1649 werden für:

	grobes Geschütz	Gewehre	Pistolen
Salpeter	66,8 70,0	72,5 75,5	78,7 85,6
Schwefel	16,6 14,0	13,0 11,2	9,4 8,5
Kohle	16,6 16,0	14,5 13,3	11,9 5,9

empfohlen.

1774 war in Preußen für:

	grobes Pulver	feines
Salpeter	74,4	80
Schwefel	12,3	10
Kohle	13,3	10

üblich.

Im Anfange dieses Jahrhunderts wurden in Preußen: Salpeter 75, Schwefel 10, Kohle 15 genommen. Bald aber durch folgende Vorschrift: Salpeter 75, Schwefel 11,5 und Kohle 13,5 verdrängt.

In Frankreich empfahl bereits 1598 Boillot in seinen Modèles d'Artifices de feu als beste Mischung:

Salpeter 75, Schwefel 12,5, Kohle 12,5

und ebenso 1619 de Bry.

1686 wurden Salpeter 76, Schwefel 12 und Kohle 12 genommen, 1696 aber das ursprüngliche Verhältniß wieder adoptirt.

1800 wurde der Schweizer Satz: Salpeter 76, Schwefel 10, Kohle 14 gewählt, später aber wieder der frühere eingeführt.

In Schweden änderten sich die Satzverhältnisse folgendermaßen:

	1726	1770	1827
Salpeter	73	75	75
Schwefel	10	16	15
Kohle	17	9	10

Die heutigen Vorschriften für Militärpulver sind in den nachgenannten Staaten:

	Preußen	Sachsen	Rußland	Schweden	England
Salpeter	74	74	75	75	75
Schwefel	10	10	10	10	10
Kohle	16	16	15	15	15

	Frankreich	Belgien	Preußen	Oesterreich	Vereinigte Staaten
Salpeter	75	75	75	75,5	76
Schwefel	12,5	12,5	12,5	10	10
Kohle	12,5	12,5	12,5	14,5	14

In England nimmt man für grobkörniges Pulver zu den gezogenen Geschützen:

Salpeter 74, Schwefel 10,5, Kohle 15,5.

In Frankreich ist 1866 für Chassepot-Pulver das *poudre modèle* oder *poudre B* eingeführt:

Salpeter 74, Schwefel 10,5, Kohle 15,5.

Da man, wie bereits bemerkt, bei dem Jagdpulver vorzüglich eine möglichst rasche Entzündung verlangt, so pflegt man im Vergleich zum Militärpulver den Gehalt an Salpeter zu vermehren und zieht Rothkohle der Schwarzkohle vor.

Wie die einzelnen Satzverhältnisse in den verschiedenen Zeiten gewechselt haben, läßt sich nicht angeben, da in den älteren Schriften fast gar kein Aufschluß darüber zu finden ist. Es genüge daher aus jetziger Zeit eine deutsche und eine französische Vorschrift anzuführen:

	Deutsche Vorschrift	französische
Salpeter	78,5	78
Schwefel	10	12
Kohle	11,5	10

Eine wesentliche Veränderung in den Mischungsverhältnissen beachtet man bei der Anfertigung des Sprengpulvers, da man hier mit wenigen Mitteln große Erfolge zu erreichen beabsichtigt. Aus diesem Grunde hat man stets von dem Sprengpulver verlangt, daß es billig sei und eine möglichst große Menge von Gas entwickle, Anforderungen, welche man dadurch zu befriedigen suchte, daß man den Gehalt an Salpeter verringerte und dafür den von Kohle oder Schwefel oder von beiden erhöhte, wie folgende Satzverhältnisse der neueren Zeit zeigen:

	Deutscher Satz	italienischer	französischer
Salpeter	66	70	62
Schwefel	12,5	18	18
Kohle	21,5	12	20

Da nun wegen des geringeren Gehaltes an Salpeter eine langsamere Verbrennung stattfindet, wodurch den Gasen Gelegenheit geboten wird, durch die Gesteinsritzen zu entweichen und in Folge der großen Menge von Kohlen eine erhebliche Quantität von Kohlenoxyd gebildet wird, welches die Triebkraft mindert, so ist man in neuerer Zeit auf den Gedanken verfallen, möglichst viel Salpeter anzuwenden, um die eben angeführten Uebelstände zu umgehen.