

## **Universitäts- und Landesbibliothek Tirol**

### **Handbuch der Soda-Industrie und ihrer Nebenzweige**

Handbuch der Schwefelsäure-Fabrikation

**Lunge, Georg**

**Braunschweig, 1903**

Sechstes Kapitel. Die Construction der Bleikammern

mit Chamäleon titirt, als auch im Nitrometer analysirt. Das mit Chamäleon gefüllte Absorptionsrohr soll das Stickoxyd zurückhalten, welches man dadurch bestimmt, daß man titrirte Ferrosulfatlösung zusetzt und mit Chamäleon zurücktitirt. Für Gase, welche sehr viel  $\text{SO}_2$  enthalten, läßt sich diese Methode nicht anwenden; man muß dann darauf Verzicht leisten, das  $\text{N}_2\text{O}_3$  und  $\text{N}_2\text{O}_4$  gesondert zu bestimmen, und muß nach den im siebenten Capitel für Analyse der Austrittsgase beschriebenen Methoden arbeiten.

Wir sehen absichtlich davon ab, Methoden zur Bestimmung von Stickoxydul in Gasgemischen zu geben, da alle bisher zu diesem Zwecke vorgeschlagenen Methoden völlig unbrauchbar zur Bestimmung oder auch nur zur Nachweisung der kleinen Mengen von  $\text{N}_2\text{O}$  sind, die im Kammerproceß möglicherweise neben so vielen anderen Gasen vorkommen können.

## Sechstes Capitel.

### Die Construction der Bleikammern.

Im historischen Theile ist es schon erörtert worden, in welchen Stadien sich die Construction desjenigen Apparates herausgebildet hat, in welchem heutzutage sämmtliche Schwefelsäure des Handels, mit Ausnahme des rauchenden Vitriolöls, erzeugt wird, nämlich der Bleikammer. Es ist dem Leser schon bekannt, daß die Schwefelsäure in der Art gebildet wird, daß der Luftsaurestoff durch Vermittelung von Stickstoffäuren auf die schweflige Säure, mit Einbeziehung der Atome des Wassermoleküls, übertragen wird:



Sämmtliche hier in Betracht kommende Körper, mit Ausnahme des Endproductes, sind entweder gasförmig, oder sie werden, wie das Wasser, im dampfförmigen Zustande angewendet, können also für unsere Zwecke sämmtlich als Gase angesehen werden. Ferner braucht die Reaction eine gewisse Zeit, indem die als Sauerstoffüberträger dienenden Stickstoffoxyde sich oftmals reduciren und wieder oxydiren müssen, und die Gase und Flüssigkeiten nur allmählig in so innige Mischung mit einander gerathen, daß sie wirklich in Reaction treten können. Es muß also ein Raum vorhanden sein, welcher großen Quantitäten von Gas gestattet, längere Zeit darin zu verweilen. Man denke daran, daß nach der oben S. 279 und 285 gegebenen Berechnung für jedes Kilogramm verbrannten Schwefels, wenn es Hochschwefel war, 6199 Liter, und wenn es Schwefelkies war,

8145 Liter Gas, auf 0° und 760 mm Quecksilberdruck reducirt, in Reaction treten müssen, und diese Zahlen werden durch die höhere Temperatur, den Wasserdampf zc. noch ganz erheblich vergrößert. Es müssen also ganz bedeutende Räumlichkeiten hergestellt werden, um diese großen Gasmenngen zu beherbergen. Da man es nun aber mit den stärksten Säuren, sowohl in gasförmiger als flüssiger Form, zu thun hat, so kommen die meisten sonst zum Bau von Apparaten gebrauchten Materialien als unmöglich außer Betracht, und da von den wenigen tauglichen das Glas, Porcellan und andere durch die erforderliche Größe der Apparate ausgeschlossen sind, so bleibt in der That nur ein Material übrig, welches billig und zugleich tauglich genug zu dem Zwecke ist, nämlich das Blei. Die Nachtheile dieses Metalles: seine große Schwere, seine Weichheit und geringe Festigkeit, seine Leichtschmelzbarkeit, sein verhältnißmäßig immer noch hoher Preis, müssen zurückstehen vor den Vortheilen für diesen Zweck, welche unter den unedlen Metallen kein einziges mit ihm theilt. Diese sind: große chemische Widerstandsfähigkeit gegenüber den sauren Gasen und der am Boden sich ansammelnden flüssigen Säure; seine Dehnbarkeit, welche es erlaubt, es in großen Tafeln zu walzen, seine außerordentliche Biegsamkeit und Zähigkeit, durch deren Hülfe man ihm leicht alle möglichen Formen geben kann, und schließlich gerade seine Leichtschmelzbarkeit, welche es erlaubt, die Ränder zweier Tafeln durch Zusammenschmelzen mit einem Bleistreifen so vollständig zu vereinigen, daß sie für alle praktischen Zwecke ein Ganzes bilden, und es daher möglich ist, Gefäße von beliebig großen Dimensionen und beliebiger Form herzustellen, wenn man nur dafür sorgt, daß die Wände des Gefäßes von außen unterstützt werden, und nicht durch ihr eigenes Gewicht zusammensinken können.

Einen ganz besonderen Vortheil gewährt die Anwendung des Bleies dadurch, daß man selbst nach einer Reihe von Jahren, wenn die Kammern vollständig unbrauchbar geworden sind, den größeren Theil ihres Werthes durch Umschmelzen des Materials wiedererhalten kann; selbst der bleihaltige Schlamm kann noch zugute gemacht werden.

Versuche, die Schwefelsäurekammern aus anderen Materialien als Blei herzustellen, sind völlig fehlgeschlagen. Dahin gehören die Vorschläge von Leyland & Deacon (Patente vom 10. Sept. und 2. Dec. 1853; Wagner's Jahresber. 1855, S. 48), sie aus hartgebrannten Thonsteinen, Schiefer, Sandstein, Basalt zc., mit einer Mischung von geschmolzenem Schwefel und Kiesel sand als Mörtel, zu bauen. Vulcanisirter Kautschuk oder Gutta-percha sind ebenso wenig verwendbar; Krafft hat gefunden (Wagner's Jahresber. 1859, S. 137), daß in einer Schwefelsäurekammer Guttapercha über sechs mal mehr als Blei dem Gewichte nach, und beinahe 1½ mal mehr der Oberfläche nach verliert. Uebrigens wäre Guttapercha schon darum untauglich, weil es bei der Kammertemperatur schon erweicht und dann von den Gasen gewiß viel schneller angegriffen wird. Simon's Zeiodelit (Dingl. polyt. Journ. 155, 100), ein Gemenge von 19 Schwefel mit 42 Glaspulver, in halbzölligen Tafeln anzuwenden, ist sicher nie praktisch für diesen Zweck probirt worden. Ebenso wenig Glastafeln (Wilson) u. dergl., die man auch vorgeschlagen hat.

Wir wenden uns also zunächst zur Beschreibung des Baues der Bleikammern.

Die Kammern werden immer in einiger Höhe über dem Boden angebracht; man findet sie wohl jetzt nirgends mehr auf der Hüttensohle selbst oder auf so niedrigen Fundamenten ruhend, daß man nicht mindestens unter ihnen herumgehen könnte; fast immer aber sind sie bedeutend höher angebracht, als für den eben erwähnten Zweck an sich nöthig wäre. Der erste Zweck davon ist freilich nur der, daß man sich immer davon überzeugen könne, ob die Kammern dicht halten; wenn ihr Boden nicht ganz leicht zugänglich ist, so kann es vorkommen, daß sehr große Mengen von Schwefelsäure in den Erdboden einsickern, ehe man etwas davon gewahr wird, und dies bedeutet nicht allein einen Verlust von Schwefelsäure, sondern, was noch schlimmer ist, die Fundamente werden dadurch untergraben und zerstört, und das ganze Gebäude kann plötzlich zusammenstürzen. Die Kosten für die höhere Fundamentirung der Kammern auf Pfeilern u. dergl. sind ja nicht verloren, denn man gewinnt dann den ganzen Raum unter ihnen entweder als Magazin, welches im Winter durch die Kammern immer auf einer mäßig hohen Temperatur erhalten wird, oder kann ihn sogar, wenn man Höhe genug hat, zum Aufstellen der Kieselöfen u. dergl. benutzen. Bei Newcastle (und gewiß auch anderswo) giebt es mehrere Fabriken, welche wegen Raum-mangels sogar Sulfatöfen, Sodaoöfen u. s. f. unter den Kammern angelegt haben; diese stehen dann freilich, damit ihr Bodengebälk nicht durch die strahlende Wärme der Schmelzöfen Schaden leidet, 9 bis 11 m hoch über dem Boden; wenn nur die Kieselöfen, welche nicht so heiß werden, darunter stehen, kommt man mit 5 bis 6 m aus; für Lagerzwecke allein genügen schon 3 m Pfeilerhöhe.

Wie auch immer die Kammern gebaut sein mögen, so muß man sich zunächst davon überzeugen, daß das Erdreich ein gutes Fundament abgiebt; denn wenn sich der Baugrund an einer Stelle mehr als nach der anderen senkt, so muß die Kammer aus dem Loth und ihr Boden aus der Wage kommen, was bei der Füllung des Bodens mit Säure und der Instabilität der Kammerwände große Unannehmlichkeiten zur Folge hat. Kiesiger oder steiniger Baugrund ist der beste, nächst dem sandiger oder thoniger; ein mergeliger oder kalkiger Baugrund sind schlecht, weil denn doch durch Zufall Säure verschüttet werden kann, welche ihn angreift, und selbst bei manchen Lehmsorten ist dies schon bedenklich. Man muß sich in solchen Fällen dadurch helfen, daß man den ganzen Boden unterhalb der Kammern asphaltirt, um ihn zu schützen.

Die Pfeiler, auf welche die Kammer zu stehen kommt, müssen selbstredend bis auf den „gewachsenen“ Boden herabreichen, wie bei gewöhnlichen größeren Hochbauten. Ist dieser zu tief unter Ackerkrume, Schutt u. dergl. vorhanden, so daß es zu kostspielig sein würde, bis zu der Tiefe, wo man ihn findet, auszuschaften und aufzumauern, so muß man nach bekannten baulichen Regeln Pfähle einschlagen und auf diesen bauen.

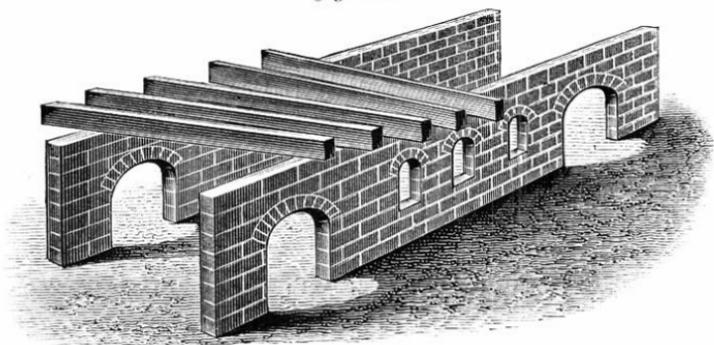
Die Pfeiler selbst können aus Mauerwerk, Stein, Gußeisen oder Holz bestehen. Bisweilen findet man statt einzelner Pfeiler ganze Mauern, nämlich zwei Längsmauern, welche durch Querschwellen verbunden sind, und welche

durch Fenster, Thüren zc. unterbrochen sein können, wie es die Skizze in Fig. 114 zeigt.

Solche Längsmauern erfordern viel Material, und machen den Raum unter den Kammern dunkel, trotz der Fenster. Sie sind nur zweckmäßig, wo man die Kammern ungewöhnlich hoch anlegt, um Defen darunter anzubringen, und wo man Pfeiler nicht für stark genug für die große Höhe hält. Bis 8 m wenigstens wird man Pfeiler (gußeiserne) vorziehen.

Die Pfeiler sind am billigsten, wenn sie aus Holz oder Ziegeln hergestellt sind; viel seltener finden sie sich aus Steinen gemauert; dagegen bestehen sie um so häufiger aus dem zwar theureren, aber viel dauerhafteren und solideren Gußeisen. Wenn man sie aus Holz macht, so muß man dazu gute Stämme oder kantig behauenes Holz von mindestens 0,25, besser 0,30 m Seite nehmen. Man wendet fast immer Nadelholz an, meist Kiefernholz; doch ist das amerikanische Fichtenholz (Pechtannenh Holz, Pitch-pine) oder das gelbe Fichtenholz (yellow-pine), wie sie beim Schiffsbau angewendet werden, trotz des höheren Preises wegen der viel größeren

Fig. 114.



Dauerhaftigkeit dem Kiefernholze vorzuziehen. Dies gilt übrigens nicht nur von den Fundamentpfeilern, sondern noch viel mehr von dem Gerüst der Kammer selbst; aber es dürften diese Holzarten im Inneren continentaler Länder theils zu schwer erhältlich, theils zu theuer sein. Je nach der Höhe der Pfeiler und dem darauf liegenden Gewichte (welches man = 24 kg pro Quadratmeter Grundfläche für die Kammerfüße in einer vollen Kammer und = 30 kg für das Gesamtgewicht von Blei, Holz und Säure anschlagen kann) muß ihre Dicke, ihr Abstand und ihre Verstrebung verschieden sein; aber wenn man als Durchschnittsdimension eine Höhe von 3 bis 4 m rechnet (höher wird man hölzerne Pfeiler nicht leicht machen), so werden sie nicht weiter als 3 bis höchstens 3,8 m von Centrum zu Centrum von einander abstehen dürfen. Jedenfalls sind sie auf einer steinernen Schwelle fundamentirt, welche aus dem Boden herausragen sollte, damit keine Feuchtigkeit und noch weniger Säure an das untere Ende des Pfostens kommen kann; der Fundamentstein hat oben eine Ausbuchtung von 15 bis 25 mm Tiefe, in welche der Fuß des Pfostens genau einpaßt und davon festgehalten wird; zuerst gießt man aber ein wenig Theer hinein. Die hölzernen Pfosten dauern nicht unbegrenzt lange, sind nicht vollkommen zuverlässig, und

wohl nur selten noch, wenigstens als Hauptpfeiler, in größeren und neueren Fabriken zu finden, außer wo das Holz sehr billig ist.

Bester findet man gemauerte Pfeiler. Auch diese macht man nicht gern über 4 m Höhe, obwohl sie bis 5 m vorkommen; man giebt ihnen mindestens 0,45, besser 0,60 m im Quadrat. Sie werden aus gewöhnlichen Mauerziegeln, am besten mit sehr kalkarmem Mörtel, gemacht. Man kann sich den letzteren, wenn man eine Kollermühle zum Mahlen von Kreide, Pyrit oder dergleichen hat, äußerst billig und von ganz außerordentlicher Güte in folgender Weise bereiten: Man mahlt eine Tonne Sodaauslaugungsrückstände und zwei Tonnen Steinkohlenasche von den Defen weg (dem Volumen nach ein Theil Sodarückstände auf drei Theile Asche) mit 6 bis 8 Centner Kalkhydrat und hinreichend viel Wasser so lange zusammen, bis das Ganze eine gleichmäßige zähe Masse von der Consistenz des Glasfittes geworden ist. Dazu wird etwa eine Stunde erforderlich sein. Als „Kalkhydrat“ kann man, wenn man will, gewöhnlichen, zu Pulver gelöschten Kalk nehmen; in den chemischen Fabriken aber ist es viel billiger und ebenso gut, die Knollen zu nehmen, welche beim Sieben des Kalkhydrats für Chlorfalk u. dergl. im Siebe zurückbleiben, und welche fast gar keinen Werth haben. Dieser Mörtel, welcher ohne weitere Vermischung mit Sand gebraucht wird, kann einige Tage aufbewahrt werden, und giebt beim Mauern eine sehr schnell „anziehende“ Verbindung, welche nach Kurzem schon härter als die Ziegel selbst geworden ist, und sich in vielen Beziehungen als ein vorzüglicher Cement ausweist, namentlich aber auch den Säuren gegenüber einigen Widerstand leistet, was bekanntlich Kalkmörtel nicht thut. Man erhält auf diese Weise aus sonst werthlosen, und sogar für ihre Fortschaffung Kosten verursachenden Materialien einen Mörtel von viel höherem Werthe als Kalkmörtel, den man selbstredend nicht allein für den eben berührten, sondern für alle beliebigen Zwecke anwenden kann, wo man sonst Kalkmörtel gebraucht haben würde, mit dem einzigen Nachtheile, daß die Fugen schwarzgrau anstatt weiß aussehen, aber mit dem außerordentlichen Vortheile, daß der Mörtel in kürzester Zeit Steinhärte annimmt. Augenscheinlich spielt dabei der im Sodarückstände enthaltene Gyps dieselbe Rolle wie in Scott's Selenitmörtel. Es treten allerdings bei Anwendung dieses mit Sodarückständen bereiteten Mörtels Auswitterungen von Salzen auf der Oberfläche ein, welche aber völlig unschädlich sind und nach einiger Zeit, wenn sie öfters durch den Regen oder direct abgewaschen worden sind, nicht mehr wiederkehren.

Die gemauerten Pfeiler sind in vielen Fabriken durch gußeiserne ersetzt worden, weil sie beim Ueberfließen von Säure sehr leiden, und namentlich oben, wo die Balken ausfliegen, morsch werden. Die mit dem eben beschriebenen Sodarückstandsmörtel gemauerten Pfeiler leisten dabei größeren Widerstand, aber die Ziegel selbst werden eben durch Berührung mit der Säure ganz morsch, und halten sich nur besser, wenn sie vorher mit heißem Theer getränkt werden, worauf sie aber den Mörtel schlecht annehmen. Man kann sie auch nachträglich mit heißem Theer aufstreichen.

Auf dem Continent, wo man für kältere Winter und heißere Sommer Sorge tragen muß, als in England, und demnach die Kammern in ein ganzes

Fig. 115.

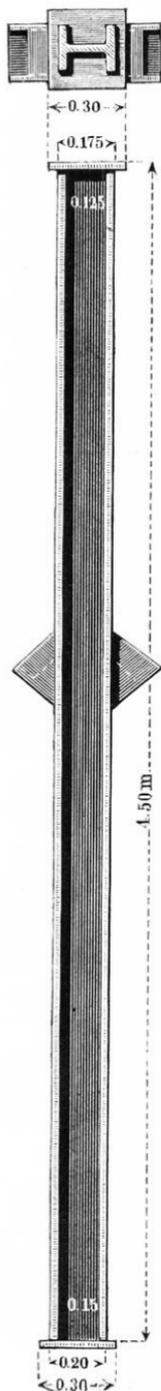
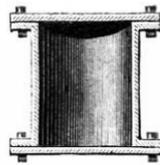


Fig. 116.



Fig. 117.



Haus einschließen muß, kann man die Pfeiler für die Kammern gleich an die Seitenmauern des Hauses anschließen; besser jedoch hält man sie ohne Verband mit den letzteren, weil sie sich in verschiedener Weise von diesen senken.

Bei breiteren Kammern (7 m und darüber) findet man auch combinirten Bau, nämlich Mauerpfeiler für die beiden Längsseiten und hölzerne Säulen zur Stütze des Centrums.

Steinerne Pfeiler dürften wohl nur selten für Säurekammern angewendet werden. An Bruchsteine kann man gar nicht denken, wenn man nicht die Pfeiler ganz außerordentlich groß und plump machen will, und Quadersteine sind an den meisten Orten viel zu theuer. Im Uebrigen sind natürlich steinerne Pfeiler äußerst solid und fast unverwüßlich, außer wenn die Steinorte sehr weich und mürbe ist. Selbst Kalkstein, wenn er gut getheert ist oder durch Kessler's Flusssilicate säurefest gemacht wird, könnte noch allenfalls angewendet werden; besser vermeidet man ihn natürlich.

Von den größeren Fabriken in England werden neuerdings, trotz der größeren Anschaffungskosten, fast allgemein gußeiserne Pfeiler für die Fundamentirung der Kammern angewendet. Man kann diese bis 9 oder selbst 11 m hoch machen; sie nehmen sehr wenig Raum weg, und sind so gut wie unverwüßlich, wenn sie hin und wieder angestrichen werden. Man kann ihnen bedeutend höhere Lasten zumuthen als den anderen Pfeilern, außer wenn man diese sehr dick nimmt, und kann sie durch angegossene Consolen oder Schuhe oder selbst später durch angeschraubte Stücke zugleich als Stützpunkte für viele andere Zwecke benutzen, was bei hölzernen oder gemauerten Pfeilern nur in sehr beschränktem Maße der Fall ist. Man muß freilich ein gemauertes oder steinernes Fundament bis zur Erdbodenhöhe oder etwas darüber aufführen, und in dem obersten Stein wieder eine Vertiefung ansarbeiten, in welche der Fuß des eisernen Pfeilers paßt, wie es oben bei dem hölzernen beschrieben worden

ist. Oder man bohrt Löcher in den Stein, entsprechend anderen im Säulenfuße, und stellt die Verbindung durch mit Blei vergossene Krampen u. dergl. her.

Den gußeisernen Pfeilern giebt man neuerdings oft den Querschnitt eines H und verzüngt sie etwas von unten nach oben. Fig. 115 wird dies deutlicher machen, wobei auch auf jeder Seite ein Schuh zur Anbringung von Streben für das darauf liegende Balkenwerk angegossen gezeigt ist. Häufig sind solche Schuhe auf allen vier Seiten angegossen. Eine andere Construction mit kreuzförmigem Querschnitt zeigt Fig. 116. Diese Constructionen sind besser geeignet zur Anbringung von Consolen u. dergl. Bei größerer Höhe, als es in der Zeichnung angenommen ist, müssen die Pfeiler entsprechend stärker sein, z. B. für 7 bis 8 m Höhe unten 0,30 m im Durchschnitt. Man kann solche Pfeiler, unbeschadet der Stabilität der Kammern, bis zu Entfernungen von 6 m von einander anbringen, wenn nur das darauf liegende horizontale Gebälk entsprechend stark ist.

Zuweilen werden die Pfeiler aus Schmiedeeisen nach der Fig. 117 gezeichneten Construction gemacht, die zwar etwas theurer als Gußeisen, aber zuverlässiger und haltbarer ist.

In den meisten Fabriken werden die Pfeiler so gestellt, daß sie gerade unter das Seitengerüst kommen, welches die Kammerwände und bei dem englischen System auch die ganze Decke zu tragen hat. Dies ist jedoch nur für sehr schmale Kammern genügend; bei breiteren (von 6 m an) muß man eine mittlere Pfeilerreihe hinzufügen, um ein Durchbiegen der Bodenbalken zu verhüten. Da aber das Gewicht der Säure in einer vollen Kammer das Vierfache von dem des Bleies und Holzes zusammen betragen kann, so scheint es richtiger, die Pfeiler mehr nach innen zu stellen, in welchem Falle zwei Reihen selbst für eine Kammer von gewöhnlicher Weite zureichen.

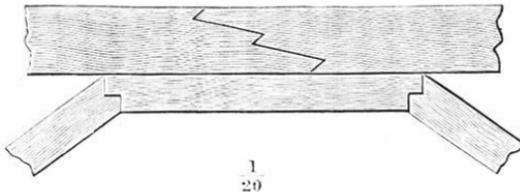
Ueber den Pfeilern liegen nun zunächst, nach englischem Bauysteme, die den längsten Dimensionen der Kammer parallel laufenden Längsschwellen. Wenn die Kammer statt der einzelnen Pfeiler eine fortlaufende Mauer hat, so genügt eine Abdeckung derselben mit einer 0,050 m starken Bohle; wenn es dagegen einzelne Pfeiler sind, so muß die Längsschwelle eine solche Stärke haben, daß der ganze übrige Bau der Kammern, Holz und Blei, darauf ruhen kann, und die Stärke wird dann noch von der lichten Weite zwischen den einzelnen Pfeilern abhängen. Bei Kammern von 6 m Höhe und bei einem gegenseitigen Abstände der Pfeiler von ebenfalls 6 m sollten die Längsschwellen nicht weniger als 0,30 m Breite auf 0,35 m Höhe haben, und außerdem durch Streben unterstützt sein, wie es in Fig. 118 (a. f. S.) deutlich ersichtlich ist. Bei engerem Abstände der Pfeiler, also z. B. 3 bis 4 m, genügt für die Längsschwellen Holz von  $0,23 \times 0,30$ , immer auf der hohen Kante. Die Stöße der einzelnen Balken, welche die Längsschwellen bilden, sollen gut verbunden sein, z. B. wie dies Fig. 118 zeigt, und zwischen die Pfeiler zu liegen kommen, da, wo sie von unten durch die Streben unterstützt werden. Die obere Fläche der Längsschwellen muß auf das Sorgfältigste mit der Wage von einem Ende der Kammer bis zum anderen horizontal abgerichtet werden.

Ueber die Längsschwellen kommen nun die Querschwellen, welche von einer Längsseite der Kammer zur anderen laufen, aber zugleich lang genug

gemacht werden, um nicht nur das Gebälk des Kammergerüstes zu tragen, sondern auch auf beiden Seiten einen Gang um die Kammern herum darauf anbringen zu können. Uebrigens braucht man zu dem letzteren Zwecke nur jede dritte oder selbst vierte Schwelle hinreichend ( $1\frac{1}{2}$  m auf jeder Seite) vorstehen zu lassen. Auf dem Continent macht man diese Schwellen häufig von ganz oder beinahe quadratischem Querschnitt, in England dagegen immer aus starken, auf der hohen Kante stehenden Bohlen, und es scheint in der That die letztere Construction den Vorzug zu verdienen, weil man auf diese Weise die Stützpunkte für den Kammerboden für gleiches Holzvolumen viel mehr vertheilt, und der Bau dadurch stärker wird.

Auch hier kommt es auf die Spannweite an, um zu bestimmen, welche Stärke das Holz haben muß. Bei Kammern von erheblich unter 6 m Breite, die man wohl neuerdings nicht häufig findet, kann man ohne Mittellängschwelle auskommen, und die Querschwellen  $0,075 \times 0,225$  m und von entsprechender Länge nehmen; wenn dagegen die Kammer 6 m und darüber breit ist, so kann man nicht gut ohne eine Mittelreihe von Pfeilern und Längsschwellen auskommen, und kann dann, wenn es Schwierigkeiten macht, so lange Bohlen zu bekommen,

Fig. 118.



ohne Anstand zwei Längen davon anwenden, welche auf der Mittelschwelle und je einer Handschwelle aufruhcn. Der Horizontalabstand der Bohlen ist gewöhnlich 0,30 m von Centrum zu Centrum. Manche Fabriken nehmen sie  $0,075 \times 0,275$  m stark. Die

Länge der Querschwellen wird gleich der Breite der Kammern, + der Stärke des Kammergerüstes, + der Weite des Umganges um die Kammern.

Die Querschwellen werden nun mit einer Dielung von 0,025 m Stärke belegt, welche ebenfalls völlig horizontal nach allen Seiten hin gelegt werden muß. Dem Werfen der Dielen, welchem sie durch die spätere Erwärmung sehr ausgesetzt sind, muß man nach bekannten Regeln der Zimmerkunst vorzubeugen suchen. Die Kanten der Dielenbretter sind abgestoßen, so daß ein vollkommen ebener Boden mit nicht fühlbaren Ritzen entsteht.

Es findet sich übrigens auch, namentlich häufig in continentalen Fabriken, ein anderes Bausystem für den Unterbau der Kammern. Es werden dabei zunächst von Pfeiler zu Pfeiler quer über die Breite der Kammer starke Querschwellen gelegt; auf diese kommen Längsschwellen in großer Anzahl, ähnlich den Bodenbalken eines gedickten Fußbodens, und darüber die Dielung wie gewöhnlich, so daß also die Dielenbretter wieder quer über die Breite der Kammern laufen.

Darüber kommt nun das eigentliche Kammergebälk, welches zur Unterstützung und Aufhängung der Bleiwände dient. Es besteht für jede Wand der Kammer aus einer Boden- und Deckschwelle, welche durch eingezapfte Ständer vereinigt und durch Riegel oder Streben weiter verbunden werden. Die Ständer sind entweder von quadratischem Querschnitt, und dann gewöhnlich

bei einer Kammerhöhe bis 6 m, 0,15 m im Quadrat, oder oblong, z. B.  $0,175 \times 0,075$  m, die Schwellen ebenso stark, aber flach liegend, die Ständer so in sie eingezapft, daß ihre längere Seite quer über die Schwelle kommt, also sie gerade deckt. In den Ecken greifen die Schwellen über einander, wobei sie in einander eingefalzt sind. Wenn man keine Querriegel anwendet, so giebt man den Ständern 1 m Horizontalabstand von einander; wenn man sie aber durch Querriegel verbindet, kann man sie eher einige Centimeter weiter stellen. Die Querriegel sind  $0,08 \times 0,05$  m stark, werden nur wenig in die Ständer eingelassen, um diese nicht zu sehr zu schwächen, und kommen etwa alle 1,2 m bis 1,4 m Verticalabstand von einander; zugleich erreicht man es auf diese Weise, daß das Kammerblei etwas von den Ständern absteht; dies ist sehr zweckmäßig, weil es gerade da, wo es nicht von der Luft berührt und abgekühlt wird, am meisten Neigung hat, von der Säure corrodirt zu werden; auch können Würmer

Fig. 119.



Fig. 120.

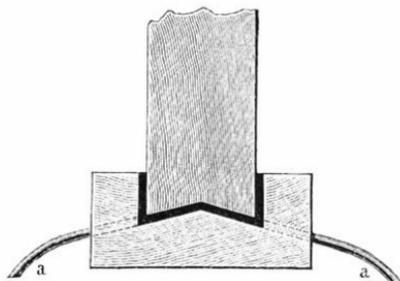


aus dem Holze in dasselbe eindringen. Es kommt sogar häufig vor, daß man die Querriegel in speciellen Formen schneidet (Fig. 119 und 120), damit dieselben das Blei nur in einem Punkte berühren. Beinahe dieselbe Wirkung kann man durch Anwendung von Rundhölzern erreichen.

Die beste Holzart für diesen Zweck, wie auch für alle anderen Fälle, wo es sich um Säuren handelt,

ist die amerikanische Pechföhre (pitch-pine), vergl. S. 308, oder auch yellow-pine; aber da diese theuer ist, so nimmt man doch auch oft gewöhnliches Kiefernholz. Es ist gut, dasselbe gegen die Wirkung der Säure durch einen Kalkanstrich zu schützen, der zugleich einen gewissen Schutz gegen Feuergefahr bietet. Ein anderer Schutz in ersterer, wenn auch nicht in letzterer Beziehung, besteht im Aufstreichen des Holzwerkes mit Steinkohlentheer oder noch besser mit „präparirtem Theer“, d. h. einer Auflösung von Theerpech in schweren Steinkohlentheerölen (vergl. Punge's Steinkohlentheer und Ammoniak, 3. Aufl., S. 245). Letzterer dringt besser in die Poren des Holzes ein und läßt beim Trocknen nicht so viele Risse; er ist dem rohen Theer überhaupt zum Anstrich von Holz, Eisen und Mauerwerk vorzuziehen, und kommt dabei kaum theurer.

Fig. 121.



Theerpech und dergl. ausgefüllt sein. Zweifeln schneidet man den Fuß des Ständers und den entsprechenden Theil des Zapfloches in der Bodenschwelle

fattelförmig aus, wie es Fig. 121 (a. v. S.) zeigt. Zwei kleine Bleiröhren *aa* führen alle irgend in die Jugen gelangende Säure in den niedrigsten Punkten ab.

In Frankreich werden zuweilen die Ständer gar nicht in die Bodenschwelle eingezapft, sondern stehen einfach auf derselben und werden nur durch Reibung festgehalten.

Hin und wieder macht man das Kammergerüst aus Winkelleisen. Dies giebt natürlich einen sehr dauerhaften, netten und reinlichen Bau, bei welchem der Nachtheil einer Ueberhitzung des Bleies gar nicht auftreten kann. Doch sind solche Gerüste sehr kostspielig in der Anlage und müssen auch oft durch Anstriche geschützt werden; die Befestigung der Laschen ist auch schwieriger als bei Holzgerüsten. Daher trifft man doch eiserne Kammergerüste nur selten, viel weniger als bei Gay-Lussac- oder Gloverthürmen.

Sei es, daß man Querriegel anwendet oder nicht, so muß man doch jedenfalls noch diagonale Streben anbringen, um dem ganzen Gerüst Stabilität zu geben. Es ist ziemlich gleichgiltig, wie diese Streben angebracht werden, so lange dies nach den bekannten Regeln der Zimmerkunst geschieht.

Wenn die Kammern unter freiem Himmel stehen, wie es in England das allgemein Uebliche ist, so macht man eine Längsseite des Gerüstes etwa 0,30 m höher als die andere, damit das Regen- und Schneewasser einen Ablauf von der Kammer hat, und an der niedrigeren Seite bringt man dann eine Wasserrinne an, welche so construirt sein muß, daß das Regenwasser nicht an der Kammerwand hinunter in die Kammer säure am Boden laufen kann.

Man ist jetzt so weit, um die Kammer selbst aufbauen zu können. Man läßt sich dazu die Bleitafeln in der größten Breite, welche das Walzwerk liefern kann, und von passender Länge walzen, um so wenig als möglich Nähte zu haben. Die Stärke des Bleies wird in England allgemein zu 6 Pfd. auf den Quadratfuß genommen, was auf das Quadratmeter 29,22 kg ausmacht, und einer Dicke von 2,6 mm entspricht. Hin und wieder findet man siebenpfündiges Blei (= 34 kg per Quadratmeter oder 3,03 mm Dicke) für die schmalen Seitenwände und die Decke angewendet, oder auch für die erste Kammer eines ganzen Systemes.

Obige Dicke genügt vollkommen, um bei rationeller Behandlung die Kammern erst nach zehn oder mehr Jahren erneuern zu müssen; gerade der Boden, den man früher aus stärkerem Blei machen zu müssen glaubte, hält am längsten, weil er nicht so heiß wird, wie die Wände und die Decke, und weil er durch den sich sammelnden Schlamm von Bleisulfat sehr geschützt wird; nur bei grober Vernachlässigung, wenn flüssige Salpetersäure mit ihm in Berührung kommt, kann er sehr schnell unbrauchbar werden, sei er von dickerem oder dünnerem Blei.

In Amerika ist die gewöhnliche Dicke des Bleies nur 5 Pfd. per Quadratfuß, ja zuweilen nimmt man nur 4 Pfd. Blei (Soc. Chem. Ind. 1885, p. 27); aber dies scheint eine sehr übel angebrachte Sparsamkeit und ist jedenfalls nur bei Anwendung von Kohlschwefel möglich.

Andererseits wird in einigen der besten englischen Fabriken nicht nur siebenpfündiges Blei für alle Kammerwände verwendet, sondern an den am meisten der Abnutzung ausgesetzten Stellen, nämlich der Vorder- und Hinterwand der ersten Kammer und einigen Fuß der daran grenzenden Längsseiten derselben,

nimmt man neupfündiges Blei (vergl. S. 327). Es kommt auch vor, daß man die Seitenplatten oben und unten auf je 0,6 m etwas dicker walzt, weil diese Theile auch mehr leiden. Bei möglichst rationellem Bau dieser Art können Kammern mehr als 20 Jahre dauern.

Auf die Qualität des Bleies kommt natürlich viel an. Wir haben schon im dritten Capitel (S. 129) gesehen, daß man bisher durchaus nicht einig darüber war, ob reines oder unreines Blei der Wirkung der Schwefelsäure besser Widerstand leistet; im Anhang wird diese Frage nochmals erörtert werden. Nach den Untersuchungen des Verfassers mit E. Schmid ist aber ohne alle Frage reines (weiches) Blei am besten, im Gegensatz zu der Ansicht so vieler Fabrikanten, daß „hartes Blei“ sich für Bleikammern besser als Weichblei eigne.

Es empfiehlt sich, alle Bleitafeln vor dem Gebrauche durch „Plätten“ von allen zufälligen Unebenheiten und beim Transport entstandenen Einbiegungen zu befreien. Zu diesem Zwecke wird das Blei um eine 15 cm dicke Holzwalze eng herumgerollt und während der ganzen Zeit mit einem Holzhammer platt geschlagen.

Das Zusammenfügen der Bleitafeln geschah in der ersten Zeit durch das gewöhnliche Zimbleiloth (Schnellloth), welches zwar in der Anwendung sehr bequem ist, aber die äußerst unangenehme Eigenschaft hat, durch die Säure bald zerfressen zu werden, indem sich ein galvanischer Strom bildet. Außerdem sind mit Bleiloth gelöthete Stellen viel spröder als das Blei selbst, und springen leicht. So lange man also noch darauf angewiesen war, die Kammern auf diese Weise löthen zu müssen, war man zu unzähligen Reparaturen genöthigt.

Eine andere, in dieser Beziehung weniger tadelhafte Methode, welche aber viel Blei kostet und nur bei geraden Nähten gut anzuwenden ist, ist das

Fig. 122.



Umfalzen. Es werden alsdann die Ränder zweier Bleitafeln in der Weise umgebogen, wie es die Fig. 122 zeigt, in einander geschoben und mit dem Schlägel auf einer glatten Unterlage vollkommen platt geschlagen. Solche Nähte halten vollkommen gasdicht, und sind in England bis vor wenigen Jahren noch an manchen Orten angewendet worden.

Die allgemein übliche Art der Löthung ist jetzt aber die mit Blei selbst, vermitteltst Schmelzung durch eine mit Luft angeblasene Wasserstoffflamme. Dadurch werden die beiden Flächen so innig mit einander vereinigt, daß bei sauberer Arbeit die Verbindungsstelle, wegen ihrer größeren Dicke, eher stärker als die Tafeln selbst ist; bei ungleichmäßiger, unebener Arbeit lagern sich leicht in den Rauhheiten fremde Substanzen ab, durch welche eine Beschädigung eintreten kann.

Die Löthung mit Blei selbst (Soudure autogène) ist von Debassyns de Richemont erfunden worden. Man braucht dazu zwei Apparate, deren Construction durch die Figuren 123 u. 124 (a. f. S.) deutlich gemacht wird. Fig. 123 zeigt den Wasserstoffapparat, welcher einem gewöhnlichen Laboratoriums-Gasometer vollkommen ähnlich, aber aus Blei, häufig mit Holzverkleidung, gemacht ist.

Das untere Gefäß *A* enthält einen bleiernen Kofel *KL*, auf welchem Zink (geförntes oder Blechschmelz) liegen. Das obere Gefäß *B* enthält verdünnte Schwefelsäure. Das Verbindungsrohr mit dem Hahn *f* gestattet dem Gase, durch die Oeffnung *C* zu entweichen, nachdem es sich vorher in einem Wassergefäße gewaschen hat. Statt dessen findet sich übrigens meist eine einfache Ausströmungsöffnung dicht über dem Hahne *f*. In jedem Falle ist an diese Oeffnung ein langer Kautschukschlauch angefügt, durch welchen das Gas auf beliebige Entfernungen fortgeleitet werden kann. Das Rohr *G* dient zum Einlassen der Schwefelsäure aus *B* nach *A*. Sie wird nur in dem Maße einfließen können, als man durch Oeffnung des Hahnes *f* Gas ausströmen läßt, und mithin einen kontinuierlichen Gasstrom geben.

Fig. 123.

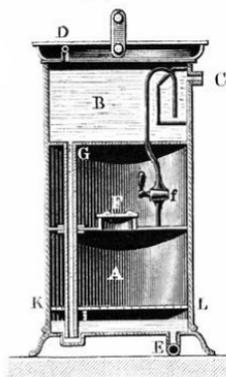
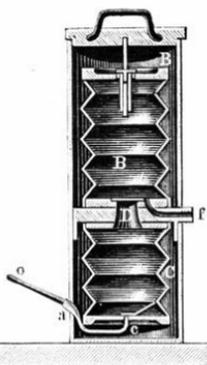


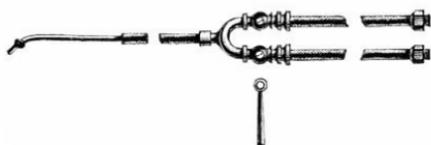
Fig. 124.



Die Oeffnungen *D*, *F* und *E* dienen zum Einbringen von Säure und Zink und zum Ablassen der Zinkvitriollösung.

Der zweite Theil des Apparates, welchen Fig. 124 zeigt, ist einfach ein tragbarer Schmiede-Blasebalg von cylindrischer Form, dessen Hebel *oac* von einem Knaben mit dem Fuße in Bewegung gesetzt wird; die Luft wird durch das Ventil *D* aus dem Theile *C* nach dem geschlossenen Windkasten *B* gepreßt und entweicht durch die Oeffnung *f*, an welche gleichfalls ein langer Kautschukschlauch angefügt wird. Die beiden Gasleitungen werden nun durch das Löthrohr, Fig. 125, vereinigt und die Mischung zum Entzünden gebracht. Die beiden

Fig. 125.



Schenkel desselben sind mit Hähnen versehen, und der Bleilöther vermag durch Stellung derselben entweder mehr Luft oder mehr Wasserstoffgas zuzulassen, und dadurch eine Flamme von beliebigem Umfang und Länge hervorzubringen. Jedemfalls aber muß die Flamme eine nicht oxydirende sein. Das Mundstück des Löthrohres ist häufig (nicht immer) selbst wieder durch ein kurzes Gummirohr mit dem schenkelförmigen Stücke verbunden, um ihm mehr Beweglichkeit zu geben. Statt des gewöhnlichen, in ein einfaches Loch von 1 mm endenden Mundstückes hat man auch, für den Fall stärkeren Windes, solche vorrätig, welche ein Messingschildchen darüber haben, um die Flamme ruhig zu erhalten. Die Gase vereinigen sich erst dicht vor dem Ausströmen, und die Flamme kann daher nicht zurückschlagen. Man bekommt mit Hilfe des Luftgebläses eine spitze, äußerst heiße Wasserstoffflamme, welche das Blei an der Stelle, welche es trifft, zwar in sehr geringem Umfange, aber augenblicklich bis auf gewisse Tiefe schmilzt, und das Löthen besteht darin, daß Stellen von zwei Platten zusammen von der

Flamme getroffen und geschmolzen werden, und beim Erkalten zu einem Ganzen erstarren.

Es ist vorgekommen (Wagner's Jahresber. 1875, S. 365), daß bei Bleilöthern Vergiftungserscheinungen durch Arsenwasserstoff eingetreten sind, der entweder von unreinem Zink oder von unreiner Schwefelsäure herkommen kann. Man kann den Wasserstoff davon befreien, wenn man an dem Apparat eine Waschflasche mit Kupfervitriollösung anbringt, oder bei Vorhandensein des Waschgefäßes in Fig. 123 dieses damit füllt. Das Arsen wird dann als Arsenkupfer niedergeschlagen.

Das Bleilöthen selbst ist eine viel Übung erfordernde Arbeit, weil der Löther es im Gefühl haben muß, die Flamme nicht einen Augenblick zu kurz oder zu lange wirken zu lassen. Thut er das erstere, so ist die Schmelzung nicht vollständig, und die Naht wird nicht dicht; thut er das letztere, so brennt er ein Loch in das Blei. Wenn es irgend thunlich ist (regelmäßig beim Bau der Bleikammern), so stößt man nicht

Fig. 126.

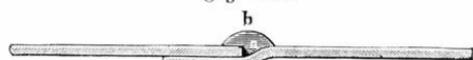
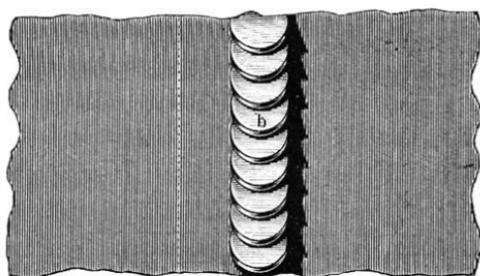


Fig. 127.



zwei Tafeln an einander, wie man es gewöhnlich angegeben findet, sondern man legt den Rand der einen einige Centimeter (etwa 5) über den Rand der anderen, gerade als ob man sie zusammennieten wollte, wie es Fig. 126 und 127 zeigt, wo jedoch der Ueberstand nur zu  $\frac{1}{5}$  der wirklichen Größe angegeben ist, während die Naht beinahe in natürlicher Größe gezeichnet ist. Dieselbe wird immer mit Hülfe eines besonderen Bleistreifens von

circa 0,015 m Breite und 0,005 m Dicke gemacht, welchen der Löther in der einen Hand hält, während er mit der anderen das Löthrohr führt. Er arbeitet nun in der Art, daß er mit der Löthrohrflamme die Stelle *a* (Fig. 126), wo die Kante der einen Bleitafel auf der anderen aufliegt, berührt, so daß die Oberfläche des (vorher mit dem Kratzeisen ganz rein geschabten) Bleies gerade schmilzt, ohne daß seine Hinterseite zum Schmelzen kommt; zugleich hält er in die Flamme den oben erwähnten Bleistreifen, so daß Tropfen von demselben auf die eben geschmolzene Stelle der Bleitafeln herabfallen, und das Ganze sich zu einem Wulste *b* vereinigt, in dem Alles zu einer einzigen Masse zusammengelassen ist. Durch eine kleine Bewegung des Handgelenkes entfernt der Löther die Flamme einen Augenblick, und das nur eben zum Schmelzen gebrachte Blei erstarrt sofort; in einer Secunde ist die Flamme schon wieder auf das Blei gerichtet, und ein neuer Tropfen fließt theilweise noch mit über den ersten, so daß schließlich die ganze Naht die in Fig. 127 angedeutete Form annimmt.

Obwohl alles dies sich viel leichter beschreiben, als mit Erfolg praktisch ausführen läßt, so ist doch die Löthung horizontaler Nähte nach verhältnißmäßig

kurzer Zeit zu erlernen, und kann von einem geübten Arbeiter sehr schnell ausgeführt werden. Sehr viel schwieriger ist die Lötung verticaler Fugen, und selbst in den Händen des geübtesten Arbeiters erfordert sie wenigstens dreimal so viel Zeit für eine gegebene Nahtlänge, als horizontales Lötten, und ist bei alledem nie so solid als die letztere. Es ist dies auch sehr leicht verständlich, denn statt daß das geschmolzene Blei auf einer horizontalen Fläche ruhig liegen bleibt, fließt es beim verticalen Lötten sofort ab, und man kann dies nur dadurch hindern, daß man erstens nur ganz genau bis zum Schmelzen erhitzt und die Flamme augenblicklich entfernt, bis die Naht erstarrt ist, und daß man zweitens immer von unten nach oben lötet, so daß der Nahtwulst die Bleitropfen etwas aufhält. Auch kann man in diesem Falle die Hülse des Bleistreifens zur Verstärkung der Naht nicht oder nur sehr wenig in Anspruch nehmen.

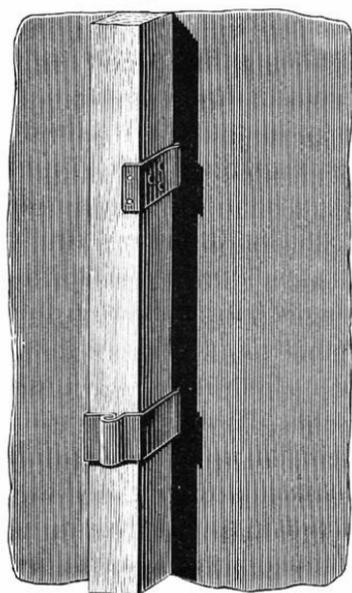
Ein geübter Bleilöther kann (in England) in einer Arbeitsstunde bis 3 m verticale oder  $7\frac{1}{2}$  m horizontale Fugen mit dem Gebläse lötten, doch werden diese Beträge wohl nur bei Stückarbeit erreicht. Bei windigem Wetter kann man nur schwer, bei Regenwetter gar nicht im Freien arbeiten.

Die Errichtung der Bleikammern wird an verschiedenen Orten verschieden ausgeführt. In England ist das Verfahren fast allgemein das folgende. Man beginnt immer mit den Seiten, für welche man die Tafeln von der größten möglichen Breite (die meisten Walzwerke liefern sie bis 2,35 m breit, manche noch darüber) und von einer solchen Länge walzen läßt, daß man 0,10 m mehr als die Höhe der Kammer hat, wobei natürlich darauf Rücksicht genommen wird, daß die eine Längsseite der Kammer 0,30 m höher als die andere wird. Man rechnet nämlich 0,15 m zum Ueberschlag über die Deckschwelle, dagegen läßt man die Seitewände nur bis 0,05 m vom Boden gehen, weil man auf die Ausdehnung des Bleies durch die Kammertemperatur (40 bis 60°) rechnet.

Es wird nun auf dem gedielten Boden, welcher S. 312 erwähnt worden ist, eine ebene Bretterwand gefertigt, welche auf der Rückseite mit Bohlen zusammengehalten ist, auf der Oberseite dagegen vollständig glatt sein muß. Sie bekommt die Breite je zweier oder auch dreier Bleitafeln (also z. B. 4,7 oder 7 m) und die Höhe der Kammer, was also natürlich nur in dem Falle angeht, wo die Kammer mindestens ebenso breit wie hoch ist; der gegentheilige Fall wird nur sehr selten vorkommen. Die Bleitafeln werden nun auf dieser Unterlage flach aufgerollt neben einander gelegt, wobei die eine, nach der oben angeführten Regel, etwa 0,050 m über die andere hinüberraigt, und der Rand derselben wird mit der anderen zusammengelötet; zugleich lötet man auch an die Tafeln sämtliche Bleilaschen an, über deren Disposition unten ein Näheres gesagt werden wird; dies geht an, weil die obere Seite der Bleitafel nach dem Aufrichten die äußere wird. Den obersten Rand derselben biegt man über den Rand der Unterlage herum, um sie daran festzuhalten, und wenn alles fertig ist, windet man diesen Rand mit einem Flaschenzuge in die Höhe, so daß sich die Unterlage mit den Bleitafeln aufrichtet und an die eine Seite des Kammergerüstes anlegt. Man biegt nun sofort den oberen Bleirand über die Deckschwelle des Kammergerüstes und nagelt ihn an diesem sowie die Laschen an ihren betreffenden Stellen fest. Man bedient sich dazu nicht geschnittener oder Drahtnägeln, sondern geschmiedeter Nägel mit

breitem Kopfe, etwa 0,040 m lang, deren Köpfe sämmtlich (mehrere auf einmal) durch Eintauchen in geschmolzenes Blei mit einem sie später vor der Säure schützenden Ueberzuge versehen worden sind. Wenn die Bleiwand vollständig an ihrer Stelle befestigt worden ist, so läßt man die Unterlage wieder herab, rückt sie um ihre eigene Breite fort, macht ein zweites Stück Wand auf ihr fertig, und geht so vom einen bis zum anderen, bis man um die ganze Kammer herum ist. Nur für die Ecken zieht man es vor, einzelne Bleitafeln anzuwenden, welche die Ecke bilden, aber in derselben keine scharfe Kante, sondern eine sanfte Abrundung zeigen; sie sind so viel stärker. Der Zweck obigen Verfahrens ist der, das verticale Pöthen auf ein Minimum zu reduciren, und es ist dem früher üblichen Verfahren bei Weitem vorzuziehen, wonach jede einzelne Bleirolle in die Höhe gewunden, ihr Rand über die Oberschwelle gelegt und die Tafel durch ihre eigene

Fig. 128.



$\frac{1}{50}$

Schwere aufgerollt wurde; dann mußte jede einzelne Tafel mit ihren Nachbarn vertical zusammengelöthet und die Laschen in ebenso unbequemer Weise aufgelöthet werden. Wenn es irgend angeht, richtet man die Nähte so ein, daß sie nicht hinter die Ständer fallen, damit man bei etwaigen Reparaturen leichter daran kommen kann; auch schon aus diesem Grunde ist es sehr empfehlenswerth, das Kammergerüst wie in Fig. 119, 130, 132 u. s. w. zu construiren, wo die Ständer überhaupt nicht das Blei berühren.

Die Laschen der Seitenwände müssen sich nach der Bauart des Gerüstes richten. Wenn dasselbe nur aus Verticalständern (natürlich zwischen Ober- und Unterschwelle eingezapft), aber ohne horizontale Querriegel besteht, so müssen die Laschen aus senkrecht stehenden Blei-

lappen bestehen, welche seitlich an die Ständer angenagelt werden (mit je fünf überbleienden Nägeln). Besser ist es schon, wenn die Lasche lang genug ist, um etwas über die Kante des Ständers herumgebogen werden zu können, wo dann zwei der Nägel nach vorn hin kommen (s. Fig. 128 oben). Solche Laschen kommen abwechselnd auf die eine und die andere Seite des Ständers, und zwar je eine auf 1,3 m Entfernung.

Bei beiden Einrichtungen kann die Kammerwand sich nicht der Temperatur entsprechend ausdehnen und zusammenziehen; dies bewirkt leicht Verziehen der Wände und Abreißen der Laschen, und es ist daher eine Einrichtung vorzuziehen, welche dieses ermöglicht. Es wird dann nämlich nur die oberste Lasche in dieser Weise festgenagelt; statt der unteren dienen zu beiden Seiten des Ständers angelöthete, etwas längere Bleistreifen, welche sich vorn über dem Ständer treffen

und daselbst durch Falzen vereinigt sind (s. Fig. 128 unten und Fig. 129). Ein Annageln findet gar nicht statt, und es gestattet diese Einrichtung der Wand, sich an dem Ständer herauf und hinab zu bewegen, während doch die Steifigkeit der Wand noch erhöht wird, da sie an zwei Stellen festgehalten wird, wo es bei der ersten Einrichtung nur an einer geschah. Dies kostet freilich etwas mehr Blei und Arbeit, als die einfachen angenagelten Laschen. In beiden Fällen ist die Höhe der Laschen etwa 0,20 m.

Der Zweck, das Blei von dem Holze entfernt zu halten und ihm zugleich genügende Beweglichkeit für Temperaturänderungen zu geben, wird bei der in

Fig. 129.

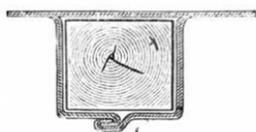


Fig. 131.

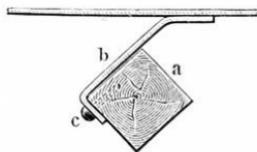


Fig. 130.

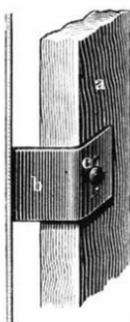
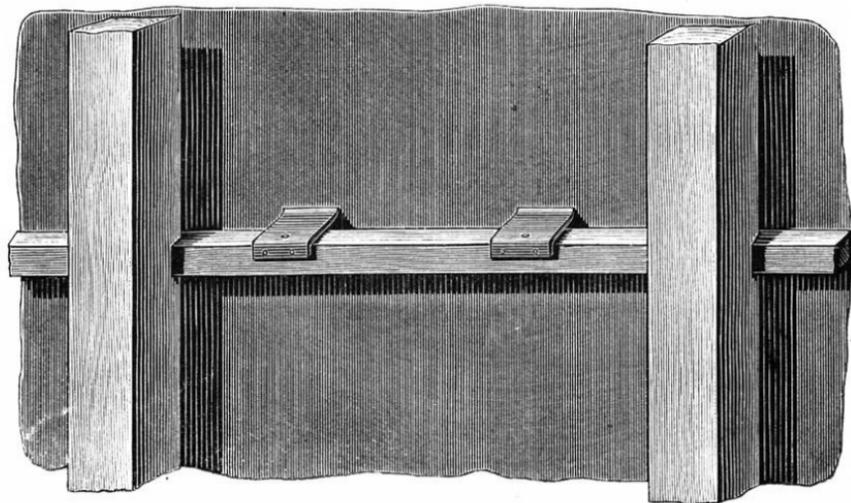


Fig. 130 und 131 gezeigten Anordnung gut erreicht. Der Ständer *a* ist mit einer seiner Kanten nach dem Blei zu gestellt. Die Lasche *b* geht um die nächste Kante von *a* herum und ist an das Holz nicht mit gewöhnlichen Nägeln angenagelt, sondern mit einem breitköpfigen Stifte *c*, welcher durch einen 5 cm hohen Schlitz in dem Blei hindurchgeht. Dieser gestattet dem Blei, nach der Ausdehnung und Zusammenziehung der Kammerwände aufwärts und abwärts zu gleiten.

Wenn das Kammergerüst mit horizontalen Querriegeln gebaut ist, so bringt man nur einige wenige (in manchen Fabriken gar keine) Verticallaschen an, son-

Fig. 132.

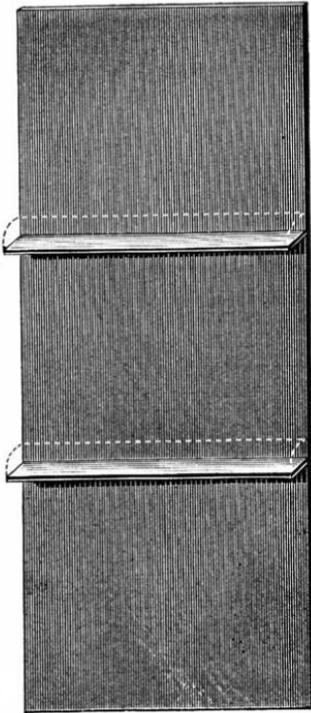


dern nur horizontale, welche sich um den Querriegel herumbiegen und an ihm festgenagelt sind, wie es Fig. 132 zeigt, und zwar immer je zwei für jedes Feld, 0,15 m lang.

Diese Art der Befestigung der Bleiwände schützt sie bedeutend mehr vor Verziehen, als die verticalen Laschen, und überträgt das Gewicht in rationellerer Weise auf das Gerüst; außerdem gestattet sie auch, das Blei von dem Holz weiter entfernt zu halten, da die Laschen etwas (nicht über 0,012 m) freien Raum zwischen der Bleiwand und den Riegeln lassen können, ohne ihrer Tragkraft zu sehr zu schaden; in der Zeichnung ist dies auch angedeutet.

Man kann auch (nach Scheurer-Kestner in Wurz, Diet. d. Chim. 3, 146) die Kammerseiten aus horizontalen Bleiplatten aufbauen, wobei der Ueberstand dann an Stelle der Laschen auf die horizontalen Querschwellen aufgenagelt wird, wie es Fig. 133 zeigt; man muß aber erst die ganze Höhe der

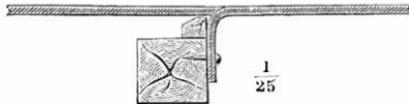
Fig. 133.



Kammer fertig machen, das Ganze auf ein rundes Holz rollen und von der Höhe herab sich aufrollen lassen. Dabei wird nicht so viel Zug auf die Nähte ausgeübt, als wenn man dasselbe System auf der Länge nach herunterhängende Bleiplatten ausübt, indem jede Platte gerade an der Stelle unterstützt ist, wo der Zug eintreten würde, und es scheint dieses System vieles für sich zu haben; es erspart das Blei und die Arbeit für sämtliche Laschen und giebt der Kammerwand eine sehr solide Unterstüzung.

Mindestens ebenso solide ist das System, nach welchem die Bleikammern in Aufsig gebaut sind. Dort sind gar keine Seitenlaschen vorhanden, son-

Fig. 134.



dern jeder Säule des Kammergerüstes entspricht ein der ganzen Höhe der Kammer nach an diese angelötheter Bleistreifen (wohl der nach außen gerichtete Ueberstand), welcher seitlich an die Säule angenagelt ist; zwischen der letzteren und der Kammerwand befindet sich noch eine kleine Holz-

leiste, um den Luftzutritt zu dem Kammerblei möglichst zu vermehren. Fig. 134 zeigt dies deutlicher (im Horizontaldurchschnitt).

Venker empfiehlt durchbrochene Laschen (Fig. 135 bis 137 a. f. S.). Fig. 135 zeigt im Durchschnitt von oben die Kammerwand *a*, die Ständer *b*, Riegel *c*, Holzleisten *d* und Laschen *e*; Fig. 136 ist ein Aufsriß. Das Kammerblei ist 5 oder 6 cm vom Holz entfernt und die Löcher in den Laschen verursachen einen aufsteigenden Luftstrom, welcher das Blei kühlt, und weniger Staubansammlung gestattet. Dieses System eignet sich namentlich für die in Frankreich oft ausgeübte „angestrenzte Arbeit“.

In dem zuerst beschriebenen, in England jetzt allgemein üblichen Falle löthet man meist nur etwa ein Meter der einzelnen Nähte, und zwar deren obersten Theil, zusammen, zu dem Zwecke, um lieber erst die Kammer abdecken und dann den übrigen Theil auch bei ungünstigem Wetter in Ruhe vollenden zu können. Man geht also zunächst zur Construction der Kammerdecke über.

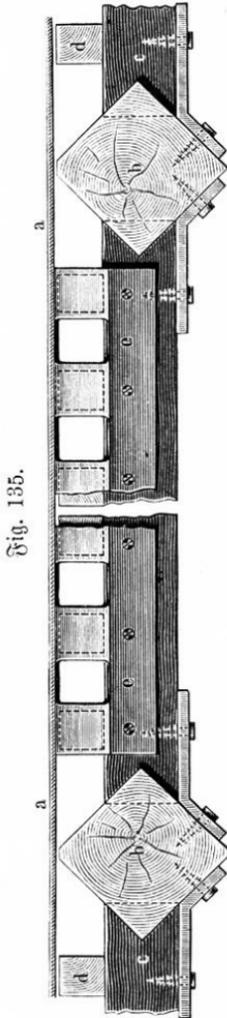


Fig. 136.

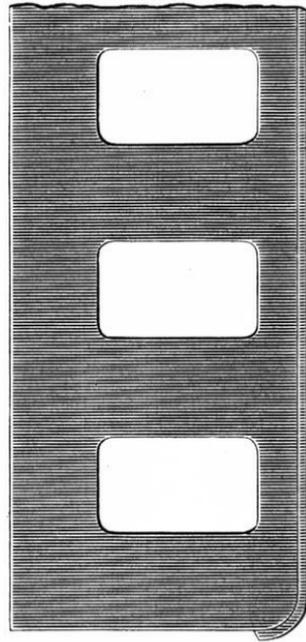
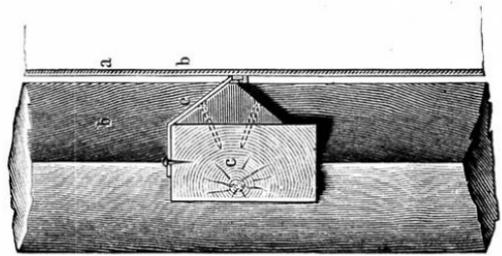


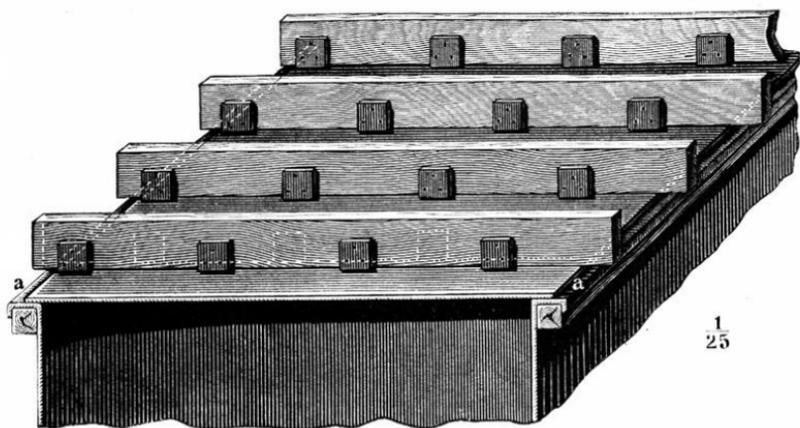
Fig. 137.



Dazu benöthigt man ein auf Rollen oder einfachen Holzwalzen bewegliches, temporäres Gerüst aus hohen, der Quere nach verbundenen Holzböcken, welches die Höhe und Breite der Kammer hat und in der Länge mindestens der Breite zweier, besser dreier Bleitafeln entspricht. Dasselbe wird innerhalb der Kammer zusammengesetzt, indem man durch Zurückbiegen einer Wandtafel Raum zum Einbringen der Balken gewinnt. Das temporäre Gerüst wird oben wieder mit

einer ganz ebenen Dichtung versehen und auf dieser werden nun die zur Kammerdecke dienenden Tafeln ausgebreitet. Diese haben zur Länge etwas mehr als die Kammerbreite, so daß sie an jeder Seite etwa 0,075 m überstehen. Sie reichen also nicht ganz so weit als der Ueberstand der Seitenwände (0,15 m), und es bleibt wieder eine zur Lötung passende Fuge, Fig. 138, a, welche recht stark verlötet wird. Alsdann werden die Fugen der Tafeln selbst verlötet und die Decklasken sämtlich angelötet. Diese dienen dazu, um die Kammerdecke von oben an die sie tragenden Deckquerschwellen zu befestigen. Diese letzteren sind bei einer Kammerbreite von 6 bis 8 m, 0,075 bis 0,110 m dick und 0,275 bis 0,30 m hoch, und liegen in Abständen von 0,37 bis 0,45 m von Centrum zu Centrum. Ihre Länge ist mindestens so groß, daß sie an die Außenseite der Deckschwellen des Seitengerüsts reichen, um mehr Auflage zu haben; eher sollen sie noch etwas hervorragen. Die Lasken selbst werden von Bleilappen von 0,15 bis 0,18 m im Quadrat gebildet, welche in Abständen von 0,45 m und zwar

Fig. 138.



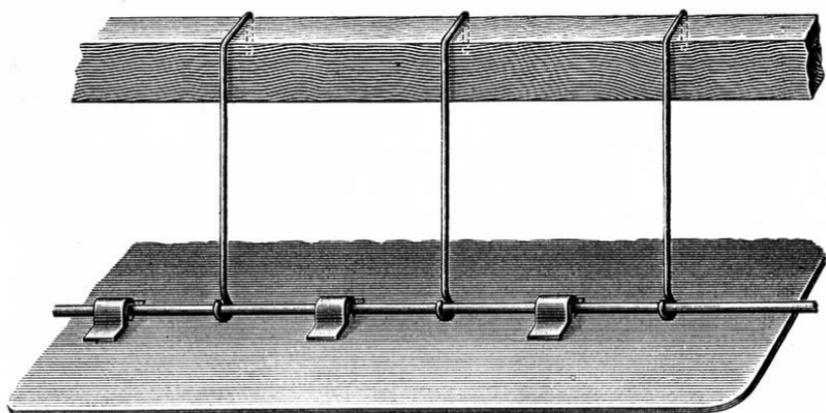
abwechselnd auf beiden Seiten der Querbalken stehen (d. h. auf jeder Seite 0,90 m von einander entfernt). In anderen Fabriken nimmt man weniger, aber längere Lappen. Sie werden senkrecht aufgebogen, und an die mit der hohen Kante darüber gelegten Deckschwellen mit je fünf überbleibenden Nägeln angenagelt. Wenn alles dies fertig ist, so trägt die oberste Balkenlage, also die Deckschwellen, mit Hilfe der Lasken das Blei der Kammerdecke, und die Lasken selbst ruhen wieder ihrerseits auf dem Seitengerüst, obwohl von unmittelbarer Berührung mit demselben durch den Ueberstand der Kammerwände getrennt.

Zu Griesheim wendet man folgende Art der Errichtung der Kammern an. Auf einem Gerüste von der ganzen Grundfläche der Kammer, aber oberhalb derselben, werden zuerst die Endwände der Kammer angefertigt; darüber, ohne die ersteren zu entfernen, erst die eine, dann die andere Seitenwand, und zuletzt werden die die Decke bildenden Tafeln aufgelegt und zusammengelötet. So liegen also fünf Lagen Blei über einander. Zuletzt werden die Decklasken angelötet und an die Deckbalken angenagelt, welche an ihre richtigen Plätze kommen.

Die ganze Bleimasse wird nun an sechs Differential-Flaschenzügen aufgehängt und das Gerüst wird entfernt. Sowie dies geschieht, fallen die End- und Seitenwände in ihre Plätze herunter und brauchen nur noch an den Ecken mit einander verbunden zu werden, was im stumpfen Winkel geschieht. Bei diesem Verfahren geschieht fast alles Löthen in horizontaler Richtung, also viel schneller, billiger und solider.

Die Deckbalken selbst werden, um nicht umzukanteten, durch einige darüber genagelte Bretter mit einander verbunden, welche zugleich Gänge über den Kammern bilden. In solchen Fabriken, welche ihre Kammern unter Dach haben, legt man meist wieder starke Längsschwellen darüber, verbindet die Deckbalken durch eiserne Krampen damit und hängt das Ganze an dem entsprechend stark zu construierenden Dachstuhl auf. Es scheint aber, als ob es auch bei überdachten Kammern sicherer wäre, die Kammerdecke von etwaigen Bewegungen des Dachstuhles unabhängig zu erhalten.

Fig. 139.



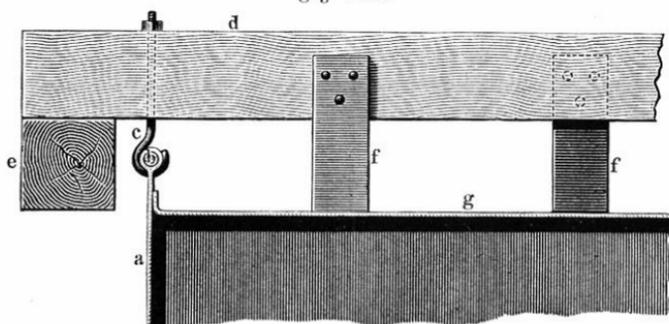
Wo die Breite der Kammer zu groß ist, als daß man einfache Deckquerwellen anwenden könnte, muß man zwei Längen derselben mit einander verkämmen und durch ein Sprengwerk nach den Regeln der Zimmerkunst absteifen; dabei können dann die nach Art von Hängewerken versprengten Trägerbalken quer über die Kammerbreite laufen, und die eigentlichen Deckschwellen, an denen das Deckblei selbst mit Laschen hängt, laufen dann parallel mit der Längsseite der Kammer, und sind in die queren Tragebalken entweder eingezapft, oder, was stärker ist, sie ruhen in gußeisernen, an die Tragebalken angebolzten Schuhen. Dies ist jedoch nur bei unter freiem Himmel stehenden Kammern nöthig, und ist nicht gerade sehr angenehm, wegen großer Belastung des Kammergerüstes. So breite Kammern haben sich überhaupt nicht bewährt (s. u. S. 330).

Ganz verschieden von dem beschriebenen System der Kammerdecken-Construction ist ein anderes, welches sich oft in continentalen Fabriken findet. Es sind dabei gar keine hölzernen Deckschwellen vorhanden, sondern an Stelle derselben dünne Stangen von Kundeisen, etwa 13 mm im Durchmesser, an welchen

durch einen an beiden Seiten verlötheten, fast die ganze Stange bedeckenden Bleiüberzug die Decke der Kammer befestigt ist. Diese horizontalen Stangen selbst sind in kurzen Abständen durch noch dünnere verticale Stangen (7 mm dick) an dem Dachgebälke aufgehängt, welches natürlich zu diesem Zwecke hinreichend stark genug construirt sein muß. Bei unbedachten Kammern ist dieses System an sich nicht möglich; Fig. 139 erläutert dasselbe deutlich.

Ein anderes System, das man nach Belieben mit dem Dachgebälk verbinden kann oder nicht, ist in Fig. 140 gezeigt. Die Kammerwand *a* ist etwas in die Höhe verlängert und biegt sich um eine 20 mm starke Eisenstange *b*, wobei das um das Eisen herumgebogene Ende an das andere Blei wieder angelöthet ist. Hier und da sind Pöcher für den Durchgang der Haken *c*, welche an starke Tragbalken *d* angebolzt sind. Letztere können Theile des Dachgebälkes bilden, oder aber ganz unabhängig davon auf der Deckschwelle *e* liegen. Die Laschen *f* halten die Kammerdecke *g* fest und verhüten ihr Einsinken; der Spielraum zwischen der

Fig. 140.

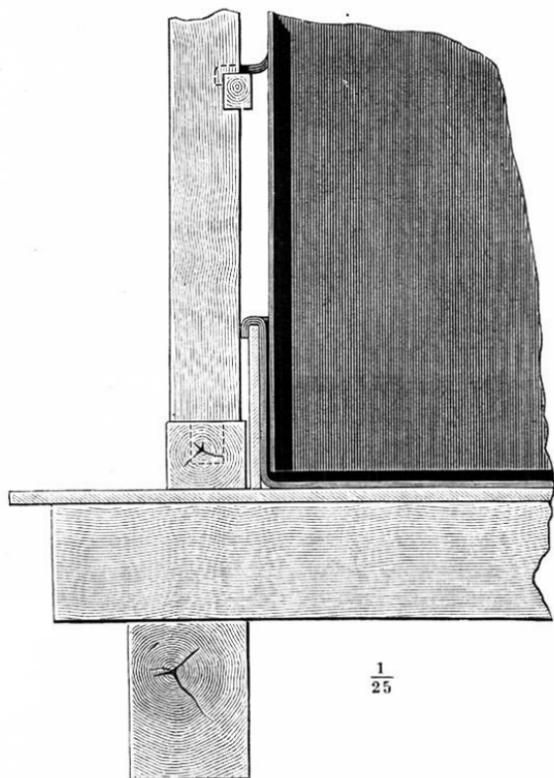


Unterseite von *d* und *g* beträgt 20 cm. Der Zweck dieser Anordnung ist der, jede Berührung zwischen Holz und Blei selbst an der Kammerdecke zu vermeiden.

Der Boden der Kammer wird immer bis zuletzt aufgespart und kommt es wohl selten mehr vor, in England niemals, daß man, nach älteren Vorschriften, ihn zuerst fertig macht, und dann mit Brettern, Stroh u. dergl. gegen Beschädigung durch die inneren Gerüste, die Werkzeuge zc. zu schützen sucht, statt ihn eben einfach erst dann anzulegen, wenn alles Uebrige fertig ist. Man findet den Boden nicht in allen Fällen gleich construirt. In manchen Fabriken ist er an die Seitenwände ringsherum angelöthet, und es sind nur an einzelnen Stellen passende Oeffnungen zum Abziehen der Säure, zum Entnehmen der Proben zc. vorhanden. In der Mehrzahl der Fabriken (allgemein in England und Frankreich) ist der Boden von den Seiten unabhängig und bildet ein enormes Bassin oder „Schiff“ mit aufstehenden Rändern, in welches die Seitenwände hinabhängen, wobei durch die Bodensäure, in welche die letzteren eintauchen, ein hydraulischer Verschuß für das Gas gebildet wird. Das letztere System gestattet den Kammerwänden, sich je nach der Temperatur beliebig auszudehnen und zusammenzuziehen, und macht zugleich die Bodensäure auf allen Seiten zugänglich, so daß man es meist trotz des größeren Aufwandes an Blei vorzieht. Uebrigens sind doch neuerdings viele

Fabriken zu dem ersterwähnten System der verschlossenen Böden übergegangen. Sehr häufig wird der aufstehende Rand, den man, um genügenden Raum für die Säure zu haben, nicht unter 0,35 m hoch machen sollte, aus einem doppelt so breiten Bleistreifen durch Aufbiegen gemacht, wobei dann 0,35 m Breite horizontal zu liegen kommen und schon einen Theil des Bodens bilden; der letztere wird dann durch Zusammenlöthen mit anderen Bleiplatten vollends fertig gemacht. Dies ist für die Löther etwas bequemer, als die Platten ganz über die Breite der Kammer inclusive des Aufstandes zu nehmen und letzteren im Ganzen aufzubiegen. Es ist ungemein zu empfehlen, den Aufstand oben nicht lose zu lassen,

Fig. 141.



wobei er sich sehr leicht durch den Seitendruck der Säure ausbaucht und senkt, sondern rings um den Kammerboden ein 0,025 m dickes Brett zu stellen, über dessen Rand der Aufstand herumgebogen und außen mit überbleienden Nägeln festgenagelt wird. Dies zeigt Fig. 141. Statt eines ganzen Brettes nimmt man noch besser nur horizontale oder senkrechte Leisten, welche Luftkühlung des Bleies zulassen.

In manchen Fabriken wird der Boden durch angelöthete Scheidewände, welche die ganze Höhe des Aufstandes haben müssen, in mehrere (zwei bis vier) Theile getheilt, um bei etwa vorkommenden Reparaturen des Bodens die Kammer nicht ganz von Säure entleeren zu müssen. In

den meisten Fällen thut man dieses nicht, denn jene Einrichtung hindert die freie Circulation der Säure, und ist darum nicht nöthig, weil der Boden der Kammer gerade derjenige Theil ist, welcher am allerwenigsten leidet und bis zu Ende aushält, ausgenommen den Fall einer groben Verletzung durch Salpetersäure u. dergl., der überhaupt nicht vorkommen sollte.

In England, wo das Klima auch im Winter verhältnißmäßig milde ist, werden die Bleikammern fast nie unter Dach aufgestellt, sondern, wie oben beschrieben, so gebaut, daß der Regen von ihnen ablaufen kann. Es muß aber auch dann der Zwischenraum zwischen je zwei Kammern mit einem leichten Dache

versehen und um den ganzen Complex ein leichtes Bretterhaus errichtet werden, hauptsächlich, weil sonst bei heftigem Winde die Kammerseiten von dem Gerüste abgerissen werden würden und eine Kammer ganz niedergeworfen werden könnte. Man versieht diese Bretterhäuser mit Fenstern oder mit nach dem Winde stellbarenalousie-Öffnungen. Sie werden in dem Winde ausgesetzten Gegenden immer zuerst gebaut, sobald die Kammerfundamente und das Holzgerüst fertig sind, aber ehe noch das Blei an die letzteren befestigt wird, weil während des Baues die unvollendete Kammer noch viel mehr dem Umreißen durch einen Windstoß ausgesetzt ist, als nach ihrer Vollendung.

Bei der englischen Einrichtung sind also die Kammerdecken der Sonnenhitze im Sommer und dem Schnee im Winter ausgesetzt; man kann dies aber ohne Gefahr thun, weil beides höchst selten im übermäßigen Grade vorkommt. Auch die Seiten der Kammern sind in den dem Winde weniger ausgesetzten Gegenden daselbst öfters ohne Schutz vor dem Wetter, aber nie in gut eingerichteten Fabriken.

In Südfrankreich sind umgekehrt die Kammerdecken immer durch ein Ziegeldach vor der Sonne und dem Regen geschützt; dagegen sind die Seiten stets frei, was sie der brennenden Sonne aussetzt, und gewiß nicht gut ist. In Nordfrankreich, Belgien und Deutschland findet man die Kammern stets in Gebäuden, meist sehr leichter Construction, völlig eingeschlossen.

### Erneuerung der Kammern.

Am meisten Abnutzung erfährt die erste Kammer, besonders an ihrem Vorderende und nach der Ansicht Mancher noch mehr am Hinterende und den unmittelbar daran stoßenden Theilen der Seitenwände (vergl. S. 314). Daher macht man die erste Kammer oft aus stärkerem Blei als die übrigen. Außerdem bemerkt man, daß die Ecken und Winkel sich schneller als die geraden oder abgerundeten Theile abnutzen. Senkrechte Ecken werden daher stets abgebrochen oder abgerundet; dagegen ist dies bei der horizontalen Oberkante nicht gut möglich. Aus diesem Grunde machen Einige (s. v. S. 315) das Blei an dieser Stelle stärker; Andere (s. u. S. 330) geben der Kammerdecke ein gebrochenes Profil, was ebenfalls eine scharfe Kante vermeidet. Der in die Säure eintauchende, abwechselnd dieser und der Luft ausgesetzte Theil nutzt sich ebenfalls schneller ab. Darüber ist man allgemein einig, daß die heißer werdenden Stellen des Bleies sich schneller abnutzen, was man daher beim Bau des Holzgerüsts berücksichtigen muß (S. 314).

Wir haben fortwährend Gewicht darauf gelegt, daß das Blei, wo irgend möglich, nicht mit Holz in Verührung stehen sollte, sowohl weil es dann durch die Luftkühlung länger vor Abnutzung geschützt bleibt, als auch, weil es dann für Reparaturen zugänglich ist. Aber diese Bedingung läßt sich natürlich nur für die Seitenwände und die Decke, nicht für den Boden herstellen. Zum Glück leidet dieser, welcher durch die Säure und eine Schicht von Bleisulfatschlamm geschützt ist, weniger. Kommt aber dennoch hier ein Leck vor, so ist die Reparatur schwierig. Zuweilen kann man sich helfen, indem man den Abstand des Lecks von den

Seiten mißt, in die Kammerdecke ein Loch schneidet und dann einen Eimer Gyps oder besser eine Mischung von frischem Pyritstaub und Abbränden hineinschüttet, welche schnell erhärtet und den Leck auf Jahre hinaus verstopfen kann. Gelingt dies nicht, so bleibt nichts übrig, als die Kammer außer Betrieb zu setzen und zu entleeren, um dann durch das Mannloch an den Boden zu gelangen.

Eine Kammer wird sehr viel länger dauern, wenn das Gerüst so solide gemacht ist, und die Laschen so gut angelöthet und angenagelt und so zahlreich sind, daß kein Abreißen derselben eintreten kann. Sollte ein solches vorkommen, so müssen sie sofort wieder reparirt werden; nirgends wohl kommt das englische Sprichwort so zur Geltung: „a stitch in time saves nine“, das ist „Ein Stich zur rechten Zeit erspart neun“. Wenn man mit der Reparatur zu lange wartet, so faltet sich das Kammerblei, durch sein eigenes Gewicht gezogen, unregelmäßig zusammen, und die Kammer wird dann viel früher arbeitsunfähig. Ganz besonders muß man aber auch darauf achten, daß die am meisten dem Angriff von Säure ausgesetzten Theile des Gerüsts sorgfältig nachgesehen und nöthigenfalls sofort ausgebessert oder erneuert werden, ehe die davon abhängigen Theile der Bleikammer selbst ihren Halt verloren haben und zusammengesunken sind. Dies wird am meisten nöthig sein an den Ein- und Austrittsstellen der Verbindungsrohren, an den Stellen, wo Säure abgehoben wird u. Vor Allem ist es auch nöthig, sich gegen den Wind zu schützen, und etwa defecte Stellen in der bretternen Behausung und dem Dache der Kammern prompt auszubessern; ein heftiger Sturm kann die Laschen von einer ganzen Kammerseite auf einmal abreißen, resp. das ganze Gerüst schief drücken. Um immer gut nachsehen und repariren zu können, soll man mit der Breite der Gänge um und zwischen den Kammern nicht zu sehr geizen; 1,5 m wird dazu wohl immer ausreichen.

Unter normalen Umständen nahm man früher an, daß eine Kammer durchschnittlich 8 bis 10 Jahre dauert, wobei sie natürlich in den letzten Jahren schon viel Reparaturen durchzumachen haben wird. Seitdem man jedoch die Kunst des Baues und vor Allem der Behandlung der Kammern besser versteht, ist ihre Lebensdauer bedeutend verlängert worden. Auf dem Continent, wo man sie gewöhnlich nicht so sehr wie in England anstrengt, dauern die Kammern gewöhnlich weit länger als oben angegeben, nämlich 20 bis 30 Jahre; aber auch in England trifft man dies in manchen Fabriken an, wo die Kammern mit mehr Rücksicht auf Dauer als auf Ersparniß bei der ersten Anlage errichtet sind.

Ohne allen Zweifel dauert unter sonst gleichen Umständen eine Kammer um so länger, je weniger heiß sie geht; weniger in Folge der Hitze selbst, als der Intensität der inwendig vor sich gehenden Reactionen, die eben die Hitze hervorbringen; dann aber auch dadurch, daß in der Wärme alle chemischen Einflüsse auf die Kammer viel stärker einwirken. Es ist nur eine andere Ausdrucksweise für diese Thatsache, wenn wir sagen, daß eine Kammer um so kürzere Zeit dauert, je weniger Salpeter wir hineinschicken und je mehr Säure wir darin machen.

Bei im Freien befindlichen Kammern pflügt die Decke zuerst schadhast zu werden, dann die in die Bodensäure eintauchenden Ränder und die schmalen Seiten; der Boden bleibt bis zuletzt dicht, außer wenn Salpetersäure an ihn gekommen ist; letzteres kann bei fehlerhaftem Betriebe gerade auch in der letzten

Kammer vorkommen, wo bei zu großer Verdünnung sich Salpetersäure neu bilden kann.

Specielle Beobachtungen über die Abnutzung von Kammern sind von Bur gemeister gemacht worden (Chem. Zeit. 1889, S. 1633). Ein System von zwei Kammern war  $23\frac{3}{4}$  Jahre in Arbeit gewesen, während welcher Zeit die größere Kammer 32 Monate mit Schwefel und 178 Monate mit Pyrit (zuerst westphälischem, dann Rio Tinto) gearbeitet und 75 Monate stillgestanden hatte. Die Bleidicke war anfangs 2,57 mm gewesen; am Schluß der Periode betrug sie durchschnittlich nur 1,88 mm, also 0,69 mm oder 26,8 Proc. Verlust. Der in die Säure eintauchende Theil der Seiten war am meisten abgenutzt; nächstdem die Stellen, wo das Blei doppelt lag oder wo es durch Holzwerk gegen Abkühlung geschützt war. Daher erscheint es am besten, die Fugen auswendig zusammenzulöthen, weil in diesem Falle der innere Theil des Ueberstandes zuerst weggefressen wird, ohne die Löttnaht zu beschädigen; macht man die Naht inwendig, so ist der Ueberstand auswendig lose, und sowie der innere Theil weggefressen ist, muß die Kammer lecken. Der Kammerboden leidet am wenigsten. Eine kleine, zwischen dem Gloverthurm und der großen Kammer stehende Kammer, welche heißer ging (von 65 bis 90°), hatte in 120 Betriebsmonaten schon 17,65 Proc. der Bleidicke verloren.

Wenn eine Kammer so viel Reparaturen und neue Flecke kostet, daß es nicht mehr lohnend erscheint, und namentlich wenn man trotz alledem das Entweichen von Gas daraus nicht mehr hindern kann, weil der Löcher und Risse zu viele sind, dann ist es eine sehr schlechte Oekonomie, sie nicht sofort abzureißen, denn das Ausbringen an Säure wird darin ebenfalls sehr schlecht sein. Man stellt dann eine temporäre Verbindung zwischen den beiden sie auf beiden Seiten einschließenden Apparaten her, arbeitet zunächst alle in der Kammer befindliche Säure auf, soweit sie auslaufen will, schneidet ein Loch in ihre Seite und läßt durch mit Gummistiefeln versehene Leute den auf ihrem Boden befindlichen Schlamm auf eine Stelle zusammenschaufeln, wobei man gewöhnlich noch eine ziemliche Menge von Säure aus ihm ablaufend bekommen wird. Darauf schafft man den Schlamm heraus; am einfachsten, wenn der Raum unterhalb der Kammer frei ist, indem man einen durch Lehmdämme abgegrenzten Raum herstellt, ein Loch in den Kammerboden schneidet und den Schlamm herunterkehrt. Geht dies nicht an, so muß man ihn in viel mühsamerer Weise seitlich aus der Kammer herausschaffen, wobei man ihn gewöhnlich erst mit Sägespänen verdickt, wohl auch mit Wasser etwas abwäscht und die resultirende verdünnte Säure irgendwie verwendet. Jedemfalls wird der Schlamm dann in einem Flammofen getrocknet, zuweilen mit Zusatz von etwas Kalkhydrat, um das Entweichen von sauren Dämpfen zu verhindern. Gewöhnlich verbreitet die Operation trotzdem einen sehr unangenehmen Geruch, wohl von Arsen, Selen &c. Der getrocknete Schlamm, dessen Hauptbestandtheil Bleisulfat ist, wird entweder in einem kleinen Schachtofen mit Koks auf metallisches Blei verschmolzen, oder, was sich meist besser lohnen wird, an Bleihütten abgegeben.

Nach dem Herausschaffen des Bleischlammes wird das Kammerblei von dem Gerüst abgelöst und die ganzen, guten Stücke werden als Walzblei für spätere Ver-

wendung zusammengerollt; das dazu nicht taugliche wird in einem eisernen Kessel geschmolzen und nach Abschäumen des Gefräges in die gewöhnlichen Formen gegossen und an die Bleiwalzwerke abgegeben. Bei Zusammenrechnung des erhaltenen Bleies, Gefräges und Bleisulfates wird man ungefähr neun Zehntel oder noch mehr des ursprünglichen Kammergewichtes wieder erhalten; der Rest ist mit der fabricirten Säure in einer oder der anderen Gestalt fortgegangen.

Wenn das Kammergerüst sehr solide gebaut war, so verträgt es gewöhnlich, mit einigen Ausbesserungen und Auswechselungen schadhafter Balken, die Errichtung einer zweiten, manchmal sogar einer dritten Bleikammer. Natürlich wäre es auch hier schlechte Oekonomie, wenn man irgend einen Zweifel hegt, ob das Gerüst auch lange genug dauern wird, die Gefahr zu laufen, eine Kammer vor ihrer Zeit, also ehe das Blei abgenutzt ist, nur des Gerüstes wegen abreißen zu müssen.

### Größe und Form der Kammern.

Was die Größe der Kammern betrifft, so wechselt diese ganz außerordentlich. Ganz abgesehen von den „Tambours“ und „Vorkammern“ des französischen Systems, welche neuerdings mehr abkommen, findet man als eigentliche Hauptkammern solche von nicht mehr als 300 cbm, dagegen andere von 4000 cbm. Die kleinen Kammern werden jetzt gar nicht mehr als Hauptkammern gebaut und man kann als den gewöhnlichen Inhalt einer Schwefelsäurekammer jetzt 800 bis 2000 cbm annehmen, und zwar eher nach der größeren als nach der kleinen Seite hin. Die kleinen Kammern kosten verhältnißmäßig mehr; man glaubte früher, daß sie keine dem entsprechenden Vortheile bieten, aber nach den neueren, unten zu entwickelnden Ansichten über die Bildung der Schwefelsäure in den Kammern wird man diese Ansicht ändern müssen.

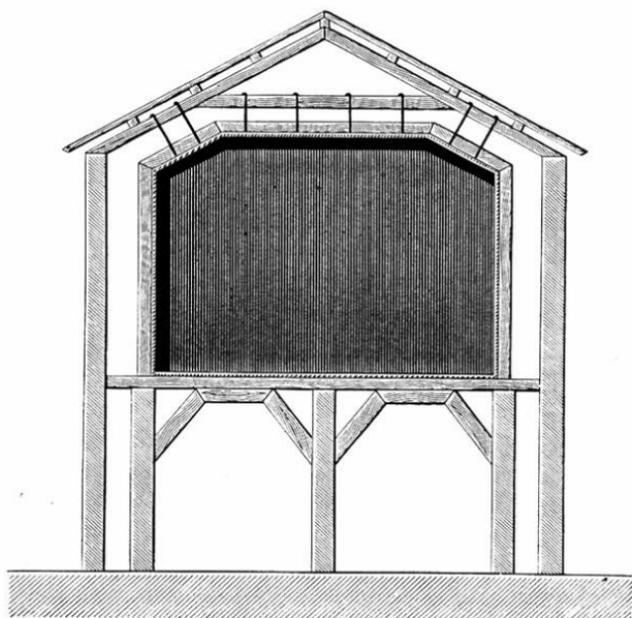
Die Form der Kammern ist fast immer die eines langen Canals von annähernd quadratischem Querschnitt. An einigen Orten hat man, um Blei zu sparen, die Kammern bis 18 m weit gemacht; aber dies ist durchaus nicht zu empfehlen. Es verursacht Schwierigkeiten bei der Construction des Kammergebälkes; was aber schlimmer ist, das Ausbringen an Säure in solch weiten Kammern ist nicht so gut wie bei der gewöhnlichen Weite von 6 bis 9 m. Man versteht dies auch leicht, da bei so großem Querschnitt die Gase sich nicht genügend mischen, und nicht genügende Berührungs- und Abkühlungsfläche vorhanden ist.

Um Blei zu sparen, sind die Kammern der chemischen Fabrik Rhénania in der in Fig. 142 dargestellten Weise erbaut, d. h. mit Abschneidung der oberen Kanten, so daß sie dem Dachwinkel folgen. Dies gestattet, die größte mögliche Kammerhöhe in einem Gebäude unterzubringen, und es wird auch behauptet, daß die „toten Winkel“ gewöhnlicher Kammern dadurch vermieden würden. Auch ist die Abnutzung hier geringer als bei scharfen Kanten (vgl. oben S. 327).

Die gewöhnliche Breite von Bleikammern ist selten unter 6 m oder über 9 m; ihre Höhe schwankt meist zwischen 5,3 und 7,5 m. Die Länge von Hauptkammern ist selten unter 30 m, kann aber auf 60 oder 90 m steigen. Nebenkammern (tambours) sind weit kürzer.

H. A. Smith versuchte in einer 1873 erschienenen Schrift über die Chemie der Schwefelsäurefabrikation zu beweisen, daß der obere Theil der Schwefelsäurekammern gar keine Arbeit thue, und daß Kammern von 0,9, 1,8 oder höchstens 2,4 m Höhe die besten Ergebnisse liefern würden. Seine Versuche und Schlüsse sind in der 1. Aufl. d. W. I, 260 bis 263 als irrig nachgewiesen worden. Im Gegentheil werden wir annehmen müssen, daß gerade im oberen Theile, wo Luftkühlung herrscht, die Schwefelsäurebildung stärker als im Centrum sein wird, was freilich für die Gestalt der Kammer auf denselben Schluß führen könnte, wie ihn Smith aus irrigen Prämissen zog. Ein zu Oker gemachter Versuch mit

Fig. 142.



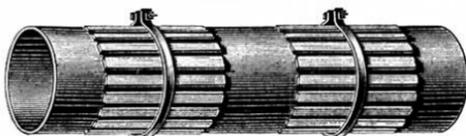
Smith'schen Kammern soll keinen Erfolg gehabt haben; Näheres darüber ist mir nicht bekannt.

Eine ganz eigenthümliche Kammerform ist die von E. und T. Delplace beschriebene (Engl. Pat. Nr. 5058, 1890). Sie theilen die aus dem Gloverthurme kommenden Gase von vornherein in zwei Ströme und lassen diese dann in eine ringförmige Kammer strömen, in welcher durch die fortwährende Zugänderung die Gase sich gut durchmischen. — Was hierdurch gewonnen wird, wird wohl durch die Verminderung der Kühlfläche mehr als verloren; ganz abgesehen von der sehr theuren und unbequemen Construction. Neuerdings soll die Kühlung durch Anbringung eines Zuges in der Mitte verstärkt worden sein. Einige Fabriken haben dieses System wirklich eingeführt. Bei der Neuheit der Sache ist ein abschließendes Urtheil über dieses System zur Zeit noch nicht zu geben; die besten dem Verfasser bekannten Praktiker wollen davon durchaus nichts wissen.

## Kammer Systeme.

Wir haben bisher immer nur von einer Bleikammer gesprochen, und es findet sich auch nicht selten, daß nur eine solche vorhanden ist. Allerdings spricht Scheurer-Kestner (Wurz, Dict. de Chimie, 3, 147) von einer einzigen Kammer von 4000 cbm Inhalt und giebt es als die Erfahrung mehrerer Fabriken, daß die Zerlegung des Systems in mehrere Kammern durchaus unnütz sei. Weit gewöhnlicher aber sind mehrere Kammern zu einem Systeme vereinigt, was schon darum einen Vortheil gewährt, weil dann bei Umbau einer Kammer nicht das ganze System still zu liegen braucht; sie sind dann durch Röhren oder eckige Canäle von Blei mit einander verbunden. Die Röhren sind den eckigen Canälen vorzuziehen, weil sie ohne ein Gerüst angelegt werden können und sich besser halten. Sie müssen dann aber von starkem Blei angefertigt sein, mindestens 4 mm, besser 5 mm dick, und hier und da mit eisernen Reifen umgeben sein, zwischen denen und den Röhren sich hölzerne Dauben befinden, um die Form der Röhren recht gut zu erhalten. Bei einer Bleistärke von 6 mm können diese fortfallen. Die Fig. 143 wird dies deutlicher machen. Die eisernen Reifen

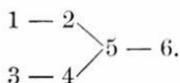
Fig. 143.



können sehr gut zum Aufhängen der Röhren an Balken und dergl. dienen. Die Weite des Rohres, welches die Gase in die erste Kammer einführt, sei es aus dem Gloverthurm oder direct aus den Riesbrennern, richtet sich natürlich nach der Menge der zu bewältigenden Gase. Bei einer Ladung von bis 7 Tonnen Pyrit täglich genügt 0,60 m Durchmesser; darüber, bis 9 Tonnen, braucht man 0,75 m; darüber 0,9 m; mehr als 10 Tonnen Pyrit täglich wird man kaum für ein einziges System verbrennen. Da sich das Volumen der Gase bei ihrem Fortschreiten verringert, so kann man die Verbindungsröhren zwischen den folgenden Kammern successiv etwas enger machen, thut aber immer gut, damit nicht zu geizen, da es gar keinen Schaden thut, wenn die Röhren weiter als nöthig sind, dagegen sehr viel schadet, wenn sie zu eng sind.

Darüber, wie man die einzelnen Kammern zu Systemen combiniren sollte, herrscht die größte Verschiedenheit der Ansichten. Unter den Hunderten von Schwefelsäurefabriken wird man nur sehr wenige finden, welche darin genau einer anderen gleichen, und in derselben Fabrik, wenn sie mehrere Systeme besitzt, finden sich oft ganz verschiedene Combinationen unter denselben. Als Resultat kann man aber gleich von vornherein hinstellen: daß es fast ganz gleichgültig ist, wie die Kammern combinirt sind, wenn dieselben nur einmal richtig gebaut sind, also keine zu große Breite und Höhe haben, und wenn sie zweitens einen gewissen Cubikinhalte für eine gegebene Menge von Schwefel oder Pyrit, die zur Verbrennung kommen, besitzen. Innerhalb dieser Grenzen werden dann diejenigen Systeme am besten sein, welche am wenigsten Blei gebrauchen und am übersichtlichsten für den Betrieb angelegt sind. Ferner existirt jedenfalls eine Grenze für

die Größe des ganzen Systemes, aber gerade darüber, wo sie sei, herrscht große Meinungsverschiedenheit. In manchen der großen Fabriken combinirt man neun bis elf Kammern von je 1000 cbm Inhalt, in anderen, ebenso großen, beschränkt man sich auf drei Kammern von je 1200 cbm Inhalt. Dieses letzte ist z. B. der Fall in der Tennant'schen Fabrik zu Hebburn-on-Tyne, wo eine ganze Anzahl von Systemen von je drei Kammern à 6 m Breite, 5,25 m Höhe (auf einer Seite 5,1, auf der anderen 5,4) und 37,5 m Länge vorhanden sind; für jedes System dienen 18 Riesöfen à 355 kg tägliche Ladung. Bei Allhusen's sind (in einem Theile der Fabrik) je drei Kammern, jede von beinahe 2000 cbm Inhalt, so combinirt, daß zwei derselben mit ihrer eigenen Riesofenreihe versehen sind (working chambers), aber gemeinschaftlich in eine dritte münden; zusammen hat man also 6000 cbm. Gewöhnlicher aber geht das Gas durch alle drei Kammern hinter einander. Ein sehr gewöhnliches System ist eines von vier Kammern hinter einander, jede von  $6 \times 6 \times 30$  oder  $40$  m; oder von fünf Kammern gleicher Größe, von denen zwei mit ihren eigenen Riesbrennern versehen sind und erst in je eine andere, und diese letzten zusammen in die fünfte münden; auch bei sechs Kammern arbeitet man noch bei Allhusen's in dieser Art:



Im Allgemeinen ist es anzurathen, nicht gar zu viele Kammern zu combiniren, und die Systeme nicht zu groß zu machen. Ueber 6000 cbm sollte man gewiß nicht gehen; sonst werden alle Verbindungsrohre zu groß, die Hitze wird ebenfalls in der ersten Kammer zu stark und etwaige Störungen des Processes verbreiten sich über eine zu große Oberfläche. Auf der anderen Seite hat man mit einem Systeme unter 4000 cbm dieselbe Arbeit wie mit einem größeren und wird also, wenn man viel weniger Kammerraum hat, theurer arbeiten, und wegen der ungefähr gleichen Größe aller Hilfsapparate auch eine kostspieligere Anlage haben. Auch sind bei größeren Kammersystemen Störungen im Salpeter- und Dampfverbrauche, im Zuge u. s. w. schon fühlbar, ehe die Gase am Ende des Systems angekommen sind, so daß man sie verbessern kann, ehe großer Schaden geschehen ist.

Ein eigenthümliches System war einige Zeit lang in der Fabrik von Gebr. Schnorf zu Uetikon am Züricher See ausgeführt. Hier war jedes Kammersystem nur aus einer großen, 100 m langen Kammer erbaut; es befanden sich aber in dieser zwei Scheidewände von Glas, welche sie factisch in drei Kammern theilten, von folgender Construction (s. Fig. 144 a. f. S.). Quer über die Kammer ist eine Reihe von eisernen Gasröhren *a* von etwa 25 mm Durchmesser, außen mit Bleirohr überzogen, senkrecht aufgestellt, durch die Kammerdecke *b* durchgeführt und durch Umbiegen an einem der Deckbalken *c* aufgehängt. In senkrechten Entfernungen von je 60 cm befinden sich daran Bleihaken *dd*, und auf der anderen Seite der Röhre eben solche *d'd'* etwas tiefer. (Diese Haken dürfen nicht aus Blech gebogen sein, da sie sich sonst zu leicht biegen, sondern müssen aus Blei gegossen sein.) In diesen sind lose Glastafeln von  $60 \times 75$  cm aufgestellt,

welche zwischen einander Spalten von 20 bis 30 mm Weite lassen, durch welches sich die Gase durchzwängen müssen; sie sollen dadurch besser gemischt werden, als wenn die Kammer ganz ungetheilt wäre. Diese Glasscheidewände, welche die 100 m lange Kammer in drei Kammern von je 33,3 m zerlegt, sind durchaus nicht mit den S. 343 angeführten Glastafeln zu verwechseln, mit welchen Ward seine canal-förmigen Kammern ganz ausfüllen wollte, um die „Condensation“ an ihrer

Fig. 144.



Oberfläche auszunutzen. Aber auch das beschriebene System scheint keine großen Garantien für Stabilität zu bieten, und es ist eine Thatsache, daß man dort und in anderen Fabriken solche früher bestandene Scheidewände von Glas beim Neu-

bau der Kammern als ganz unnütz wieder beseitigt hat; es ist sogar vorgekommen, daß sie ganz zusammengestürzt sind und den Kammerboden durchschnitten haben.

Die am einfachsten scheinende Eintheilung einer langen Kammer durch inwendige Scheidewände von Blei ist praktisch nicht ausführbar, weil das von allen Seiten der Wärme und den Gasen ausgesetzte Blei in sehr kurzer Zeit durchlöchert wird. Aus demselben Grunde ist der Vorschlag von Bornträger (Chem. Ind. 1885, S. 386), in den Kammern beinahe horizontale Scheidewände zur Vermehrung des Contactes anzubringen, praktisch nicht durchführbar.

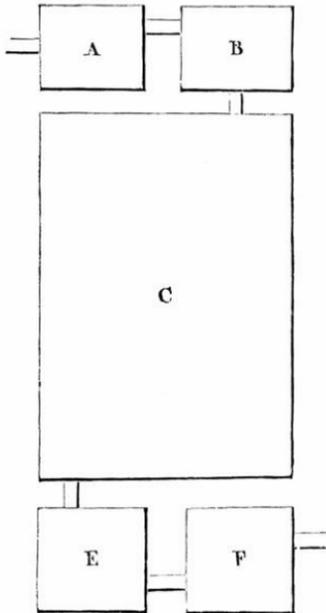
Die verschiedenen Kammern eines Systems werden entweder so aufgestellt, daß die Säure beliebig aus einer in die andere laufen kann, also auf derselben Horizontalebene, oder, was für die meisten Fälle zweckmäßiger ist, so, daß jede später das Gas empfangende Kammer etwas höher zu stehen kommt, als die vorhergehende, damit man die Säure mit größerer Leichtigkeit den umgekehrten Weg machen lassen kann; dazu genügt bei vollkommen horizontal aufgestellten Kammern 0,025 bis 0,050 m Niveauunterschied; sicherer ist 0,075 m, um bei sehr verschiedenem Säureniveau in den Kammern doch Fall nach der ersten Kammer zu haben. In der ersten Kammer wird nämlich die Säure am stärksten und zugleich am freiesten von salpetriger Säure, und man zieht daher die zum Gebrauch, Verkauf oder Concentration dienende Säure aus dieser ersten Kammer ab, sei es continuirlich oder in Absätzen. Der Ausfall in ihrer Säure

wird zum Theil durch in ihr neu gebildete ersetzt, zum Theil aber durch die schwächere Säure, welche aus den anderen Kammern hineinfließt und sich dabei verstärkt. Natürlich fällt dies alles fort, wo es nur eine Kammer giebt; aber auch da wird die Säure am Eintrittsende der Gase am stärksten sein.

Wir haben bis jetzt im Allgemeinen nur von Systemen gesprochen, wobei alle Kammern gleich groß sind, und es ist diese Anordnung, welche in England

von jeher üblich gewesen ist, neuerdings auch auf dem Continente gewöhnlicher geworden, selbstverständlich mit Ausnahme solcher Fälle, wo man etwa eine Kammer aus localen Rücksichten nicht so lang machen kann als die anderen. Das frühere französische Kammerystem, wie es auch in den deutschen Fabriken früher das übliche war und zum Theil noch jetzt ist, unterscheidet sich von dem obigen dadurch, daß eine „große Kammer“ *C* (Fig. 145) vorhanden ist, welche am tiefsten von allen liegt, nebst einigen kleineren Kammern in höherem Niveau, theils als Vor-, theils als Nachkammern. Es soll z. B. die erste Vorkammer *A* (tambour) dazu dienen, die „Nitrose“ (s. u.) durch heißes Wasser von ihrer salpetrigen Säure zu befreien; die zweite *B*, um frische Salpetersäure einzuführen, der dritte und vierte Tambour *E* und *F*, diejenigen hinter der großen Kammer, sollten nur zur Vollendung der Reactionen dienen.

Fig. 145.



In Südfrankreich findet man nach Favre (Monit. Scient. 1876, p. 272) fast immer eine große Kammer und zwei Nachkammern, gewöhnlich von einem Gesamtinhalt von 4000 cbm. Die Hauptkammer besitzt  $45 \times 8$  m Grundfläche und 6 m Höhe bis  $33,2 \times 4,8$  m Grundfläche auf 6,6 m Höhe; man findet die ersteren Dimensionen vortheilhafter, was mit den englischen Erfahrungen stimmt.

In Auzig hat die Hauptkammer jedes Systemes 60 m Länge auf 7,5 m Breite; dazu gehört eine kleine Vorkammer, theils zur Einführung der Salpetersäure, wenn diese nicht direct durch den Gloverthurm eingeführt wird, theils zur Auffangung der unreinsten, am meisten mit Flugstaub beladenen Säure; außerdem zwei kleine Nachkammern, deren letzte gar keinen Dampf empfängt; diese dienen wesentlich zur Abkühlung der Gase, ehe sie in den Gay-Lussacthurm treten.

Das in Oker für am ökonomischsten gehaltene Kammerystem ist folgendes: zwei Vorkammern à 127 cbm und 106 cbm, eine Hauptkammer von 1459 cbm, eine (nicht mit Wasserdampf gespeiste) Nachkammer von 162 cbm. Die Hauptkammer ist am Boden durch Scheidewände von 1 m Höhe in fünf Abtheilungen zerlegt. Die Kammern sind sämmtlich 5,25 m breit und 5,24 m hoch; Gesamtinhalt jedes Systemes ist 1854 cbm. Von der früheren (anderweitig noch zu findenden) Einrichtung, die Nachkammern (Trockenkammern) in der zweiten Etage des Gebäudes über den Hauptkammern anzubringen, ist man wegen der bei Reparaturen entstehenden Schwierigkeiten wieder abgekommen. Die verschiedenen Kammern communiciren durch 0,44 m weite Röhren, welche die Gase in etwa zwei Drittel der Kammerhöhe zuführen und in einem Drittel der Höhe abführen (Bräuning, a. a. D., S. 136).

Manche Fabrikanten gehen von der Ansicht aus, daß alle Vorkammern verwerflich seien, weil die Kammerarbeit am besten vor sich gehe, wenn für die Reactionen sofort ein großer Raum geboten werde; sie wenden also an erster Stelle eine große Hauptkammer und dann noch eine oder zwei Nachkammern an. In einer großen nordfranzösischen Fabrik werden z. B. zwei Drittel des gesammten Kammerraumes auf die erste, zwei Neuntel auf die zweite und ein Neuntel auf die letzte Kammer verwendet; ebenso in Uetikon.

Die Anbringung von kleinen Vor- und Nachkammern bedingt immer einen größeren Bleiverbrauch, und hat nur dann einen rechten Sinn, wenn diesen Kammern eine besondere Function zugetheilt wird. So war z. B. früher, ehe man Gloverthürme anwendete, eine Vorkammer darum von Nutzen, weil sie zur Aufhaltung von Flugstaub diente, die Gase abkühlte und dadurch die große Kammer schonte. Auch war es damals gut, die freie Salpetersäure, sowie die Nitrose in eine solche Vorkammer einzuführen, weil bei der Denitrirung durch Dampf zc. schnellere Abnutzung und zufällige Beschädigungen vorkamen. Heute, wo man mit Gloverthurm arbeitet, braucht man keine Vorkammer, außer, wo es ganz besonders auf vollständige Abhaltung von Flugstaub ankommt. Eine Nachkammer ist dagegen zum Trocknen und Abkühlen des Gases, ehe es in den Gassackthurm geht, sehr nützlich, wenn das Leitungsrohr nicht lang genug ist, um diese Functionen auszuüben.

Den größeren Bleiverbrauch bei kleinen Kammern kann man sich am besten an einem concreten Beispiele klar machen. Eine Kammer von 30 m Länge, 6 m Breite und 6 m Höhe, wie sie hier empfohlen ist, hat 1080 cbm Inhalt und 768 qm Oberfläche. Ein Tambour von 5 m Länge, 3 m Breite und 3 m Höhe dagegen hat 45 cbm Inhalt und 78 qm Oberfläche; es werden also auf eine Kammer der ersten Art gerade 24 Tambours der zweiten Art dem Inhalte nach gehen, während ihre Oberflächen im Verhältnisse von 9,9:1 stehen, so daß im Verhältniß zum Inhalte der Tambour  $2\frac{1}{2}$  mal so viel Oberfläche hat als die große Kammer.

Obwohl aber zweifelsohne ein bestimmter Kammer-Cubus billiger durch wenige große, als durch mehrere kleine Kammern erhalten wird, so kann man doch in dieser Richtung leicht zu weit gehen. Wir haben oben gesehen, daß bei Kammern mit übermäßig großem Querschnitt die Gase nicht gehörig gemischt werden; aber dasselbe gilt auch noch mit Bezug auf die Theilung des Kammerraumes in der Längsrichtung, da jedesmal, wenn die Gase sich in einem verhältnißmäßig engen Leitungsrohr *e* zusammenpressen müssen, um von einer Kammer zur anderen zu gelangen, dies zu einer besseren Mischung führen muß, als wenn die Gase sich durch dieselbe Länge in einer ungetheilten Kammer fortbewegen. Schon aus diesem Grunde erscheint es richtig, den Kammerraum in mehrere Einzelkammern zu zerlegen; wir werden aber weiterhin einen anderen gewichtigen Grund hierfür finden, nämlich den, daß die für die Reactionen des Kammerprocesses nöthige Abkühlung durch die Berührung der Gase mit den Endwänden der Kammern befördert wird.

(Wenn wir hier und sonst von „Kammerngasen“ sprechen, so schließen wir darunter nicht nur die Dämpfe von Wasser, salpetriger Säure zc., sondern

auch die Nebel von flüssiger Schwefelsäure und Nitrosylschwefelsäure ein, welche in der Kammeratmosphäre schweben.)

Auf Grund der von mir (theilweise zusammen mit Näf) festgestellten experimentellen und theoretischen Thatfachen schlägt Schertel (Chem. Ind. 1889, S. 80) direct vor, die Zahl der Kammern zu vervielfältigen, indem man sie kürzer macht. Bode (Zeitschr. f. angew. Chemie 1890, S. 11) schlägt nach demselben Princip Kammern von der halben gewöhnlichen Länge, aber der doppelten gewöhnlichen Breite (von 13 m) vor, was aber kaum überwindbare praktische Schwierigkeiten hat. Schertel beschreibt auch (Zahrb. f. Berg- u. Hüttenw. im Königr. Sachsen 1890, S. 148; im Auszuge Chem. Ind. 1891, S. 249) Versuche, welche in Freiberg mit einer Theilung der Kammern gemacht wurden, und wobei sich eine entschiedene Mehrproduction herausstellte, allerdings mit etwas Mehrverbrauch an Salpeter. Dieser Versuch war aber sehr unvollkommen; man theilte nur eine der Kammern durch zwei innere Trennungswände in drei Abtheilungen, wobei die Abkühlungswirkung bei einer vollständigen Trennung in drei isolirte Kammern nicht auftreten konnte, und die genügende Verdünnung zur Vermeidung des Ueberganges von  $N_2O_3$  in die Bodensäure nicht gegeben war. Auch die Haltbarkeit solcher inneren Wände wird sicher keine große sein. Noch entschiedener war die Mehrproduction bei den von Netter (Zeitschr. f. angew. Chem. 1891, S. 4) beschriebenen Versuchen, wo nach Theilung eines Einkammerystems in zwei Kammern eine Mehrproduction von 40 Proc. Säure für denselben Cubikraum erzielt wurde. Dies ist eine eclatante Bestätigung meiner Ansichten, wie sie im 9. Capitel entwickelt sind.

Wenn, wie gewöhnlich, das Kammerystem aus mehreren Kammern besteht, so fragt es sich, wie man dieselben mit einander verbinden soll. Eines ist dabei sicher, nämlich daß die Verbindungsrohren an den Schmalseiten (Endwände) einmünden müssen, damit die Gase durch die ganze Länge der Kammern hindurchstreichen und keine todten Winkel übrig bleiben. Aber es fragt sich weiter, in welchem Theile des Kammerquerschnitts die Verbindungsrohren aus- und eintreten sollen. Man stimmt allgemein darin überein, daß das Gas in die erste Kammer oben eintreten muß. Manche fahren in der Weise fort, daß sie am entgegengesetzten Ende der Kammer das Gas unten herausführen und es in die nächste Kammer wieder oben einführen. Andere behaupten ebenso entschieden, daß dies falsch ist, daß das Gasrohr vielmehr aus der Kammer oben austreten und in die nächste unten eintreten müsse. Wieder andere behaupten, daß es gar nicht darauf ankomme, wo das Gas ein- und austritt, und daß es daher am einfachsten sei, gerade Verbindungsrohren etwa in der Mitte der Endwände anzubringen. Die letzterwähnte Ansicht wird durch die Praxis einiger der größten und bestgeleiteten Fabriken gestützt und sie stimmt sehr gut zu den Untersuchungen von Lunge und Näf, welche fanden, daß die Zusammensetzung der Gase unten und oben in der Kammer in einem bestimmten Querschnitt nicht erheblich differirt, so daß es gleichgiltig sein muß, an welcher Stelle die Verbindungsrohren angebracht werden.

Man findet auch manchmal mehrere kleine Verbindungsrohren statt einer großen. Dies scheint sehr richtig und ist eine theilweise Verwirklichung der

weiter unten genauer erklärten Vorschläge zur Verbesserung des Kammerganges; es wird erstens zu einer noch besseren Durchmischung der Gase und Nebel dienen, und wird ferner eine größere Kühl- und Anpralloberfläche als ein einfaches Rohr bieten. Auch werden sich dabei „todte Ecken“ in der Kammer am leichtesten vermeiden lassen.

### Cubikinhalte der Kammern.

Der gesammte Cubikinhalte eines Kammer-systems muß in einem gewissen Verhältnisse zu der in ihm zu producirenden Menge Schwefelsäure stehen; jedoch ist dieser Gegenstand nicht so einfach, wie er gewöhnlich behandelt wird, sondern hängt von verschiedenen, ihn modificirenden Umständen ab. Allgemein nimmt man, und jedenfalls mit Recht, an, daß man bei der Verbrennung von Schwefelkies einen größeren Kammerraum brauche als bei Schwefel; die Gründe davon sind oben S. 286 entwickelt worden, wo wir auf das Verhältniß 1 : 1,314 gekommen sind. Aber welches das absolute Maß, sei es für Schwefel, sei es für Pyrit, ist, darüber gehen die Ansichten weit auseinander. Jedenfalls muß man nicht, wie dies gewöhnlich geschieht, nur die Kammern selbst in Rechnung ziehen; die Verbindungsrohre, wenn sie sehr lang sind, vor Allem aber der Glover- und der Gay-Lussachthurm ersparen ebenfalls Kammerraum, und zwar in viel größerem Verhältnisse, als ihrem Cubikinhalte entspricht.

Ferner ist auch die Menge des verbrauchten Salpeters sehr wesentlich; innerhalb gewisser Grenzen kann man annehmen, daß bei gesteigertem Salpeteraufwand ein geringerer Kammerraum ausreicht.

Zum Theil daraus mögen sich die weit auseinander gehenden Ansichten über diesen Gegenstand erklären, aber nicht ganz; denn man findet z. B. am Tynefluß Fabriken, welche bei sonst gleichbleibender allgemeiner Construction der Apparate und aus gleichem Pyrit, sowie bei nahezu gleichem Aufwand von Salpeter dasselbe Ausbringen erzielen, wie ihre Nachbarn mit einem um die Hälfte größeren proportionalen Kammerraume. Der Vergleichbarkeit wegen seien im Folgenden alle Angaben auf denjenigen Kammerraum in Cubikmetern reducirt, welcher für die tägliche Verbrennung von einem Kilogramm Schwefel erfordert wird, wobei im Pyrit, außer wo es ausdrücklich anders angeführt ist, nicht der wirklich verbrannte, sondern der in der Beschickung enthaltene Schwefel berechnet ist.

Nach Schwarzenberg (Technologie 2c. S. 396) stellte sich bei einem, allerdings sehr kleinen Kammer-systeme (von nur 974 cbm Rauminhalt) und bei Verbrennung von Rohschwefel das passendste Verhältniß = 2 cbm Kammerraum für 1 kg Schwefel heraus, bei Verbrauch von mindestens 6 Proc. Natronsalpeter (ohne Gay-Lussachthurm). Man solle aber bis 1,79 cbm herabgehen können, und in größeren Fabriken noch viel mehr, z. B. bei einem Kammer-system von 2225 cbm auf 1,43 cbm, bei 1500 cbm auf 1,54, in verschiedenen französischen Fabriken auf 1,50 bis 1,00 cbm, aber im letzteren Falle mit größerem Aufwand an Salpeter oder Verlust an Schwefelsäure, so daß dies nicht maßgebend sein könnte. Knapp giebt (außer obigen Angaben) auf S. 337 seines Lehrbuchs

der chem. Technologie I, Thl. 2 auch noch (ohne Quellenangabe) 1,08 bis 1,44 cbm an. Abweichend von diesen Angaben bei Schwarzenberg und Knapp ist eine anscheinend authentische Nachricht in dem Rapport du Jury International (1867) 7, 18, wonach Fournet in Bordeaux mit einem Kammer-systeme von nur 400 cbm täglich 500 kg Schwefel verbrennt, allerdings mit Hilfe von mehreren mit Kokes gefüllten Röhren, um die Gase besser zu mischen; dabei will er sogar ein Ausbringen von 300 Monohydrat auf 100 Schwefel bekommen haben.

Für Pyritschwefel ist nach Schwarzenberg (a. a. O. S. 431) das theoretische Verhältniß, wenn man für Rohschwefel 2 cbm Kammerraum annimmt,  $2 \times 1,314 = 2,628$  cbm, ohne Berechnung des im Pyrit zurückbleibenden; oder bei Annahme von 1,79 cbm Kammerraum für Rohschwefel, wie in größeren Fabriken, 2,352 cbm. Dies scheint aber sehr hoch, selbst wenn man von der kleineren Zahl für den im Abbrand bleibenden Schwefel abrechnet, wodurch man auf 2,156 cbm noch  $\frac{1}{12}$  kommt. Nach Vode (Anmerkung in seiner Uebersetzung von Smith's Chemie der Schwefelsäurefabrikation) soll ein in Deutschland für Kiesbetrieb öfter angenommener Satz der sein, daß auf 100 Zollpfund Schwefelsäure von  $66^{\circ}$  B. ( $84^{\circ}$  D.), welche in 24 Stunden zu produciren sind, 1000 rhein. Cubikfuß gleich 31 cbm Kammerraum bewilligt werden, mit Verbrauch von  $2\frac{1}{4}$  Pfund Salpetersäure von  $36^{\circ}$  B. ( $33^{\circ}$  D.) auf 100 Pfund Schwefelsäure von  $66^{\circ}$  B. 100 Zollpfund, gleich 50 kg Schwefelsäure von  $66^{\circ}$  der gewöhnlichen Baumé-Aräometer sind höchstens 47 kg Monohydrat, und bei einer gut zu nennenden Ausbeute von 280 Thln. desselben auf 100 Thle. des in der Beschickung von Pyrit enthaltenen Schwefels entspricht obige Menge 16,8 kg Schwefel, d. h. auf 1 kg Schwefel kommt 1,85 cbm Kammerraum, also schon viel weniger als nach Schwarzenberg's niedrigster Berechnung, aber immer noch viel mehr als wirklich nöthig. Der Salpeterverbrauch, ungerchnet auf die Procente von 95 procentigem Natronsalpeter per 100 beschicktem Schwefel, kommt in obiger Angabe von Vode auf 4,75 Proc., eine bei Anwendung des Gay-Lussacthurms damals ziemlich normale Menge, welche freilich neuerdings zu hoch erscheint.

Von englischen Fabriken sind dem Verfasser folgende Kammerräume bekannt: auf jedes Pfund (453,6 g) in 24 Stunden beschickten Schwefels

	I.	II.	III.	IV.	V.
	28	25	20	18	16 Cubikfuß
oder per Kilogramm:	1,747	1,560	1,247	1,123	0,998 cbm.

Von diesen Räumen werden I. und II. selbst von den in den betreffenden Fabriken angestellten Chemikern für unnöthig groß gehalten (derselbe Kammerraum fand sich auch in einer 1864 mit 30 procentigem irländischen Kies arbeitenden Fabrik, wo er wohl nicht zu groß war), III. wird in der neuen Tennant'schen Fabrik zu Hebburn-on-Tyne und sonst in vielen guten Fabriken angewendet, IV. und V. finden sich in Fabriken, welche ebenso gutes Ausbringen an Schwefelsäure, und keinen höheren Salpeterverbrauch (3 bis 4 Proc. vom Schwefel) haben. Nach diesen englischen, auf sehr viele Systeme gestützten Erfahrungen darf man wohl annehmen, daß bei Anwendung von Glover- und

Gay-Lussachthurm ein Kammerraum von 1,2 cbm pro Kilogramm beschickten Schwefels im Pyrit vollkommen ausreicht, und daß man ohne Schaden auf 1,1, allenfalls sogar auf 1,0 cbm herabgehen kann; letzteres ist aber als das Minimum zu betrachten, welches man unter gewöhnlichen Umständen nicht ungestraft unterschreiten kann. Diese Ansicht des Verfassers stimmt mit einer Angabe von Wright (Chem. News 16, 94), welcher 1,000 bis 1,200 cbm per Kilo Schwefel anführt. Um alle Bedingungen klar zu stellen, will ich erwähnen, daß in sämtlichen englischen Fabriken, von denen obige Zahlen hergenommen sind, der Querschnitt der Kammern 6 bis  $6\frac{1}{2}$  m Breite und 5 bis 6 m Höhe ist; die Länge der einzelnen wechselfte von 30 bis  $52\frac{1}{2}$  m, der Cubikinhalte der ganzen Systeme von 4000 bis 6000 cbm; Glover- und Gay-Lussachthürme sind in allen vorhanden; das Ausbringen an Schwefelsäuremonohydrat beträgt 270 bis 288 Thle. auf 100 beschickten (gekauften) Schwefels, der Salpeterverbrauch  $3\frac{1}{2}$  bis 4 Thle. auf denselben; der Kies ist 46- bis 49 procentiger spanischer oder norwegischer.

Aus den amtlichen Berichten der englischen Alkaliinspectoren kann man ersehen, daß der zur Zeit in England angewendete Kammerraum in ganz außerordentlicher Weise schwankt, und zwar nicht nur darum, weil die sehr kleinen Fabriken meist einen übermäßig großen Kammerraum haben. Ebenso ersieht man daraus, wie irrig die gewöhnliche Ansicht ist, wonach bei Schwefel weniger Kammerraum als bei Pyrit angewendet wird. Ich gebe nur einige wenige (auf metrisches System umgerechnete) Zahlen wieder, indem ich aus den dort einzeln aufgezählten Fabriken Durchschnitte ziehe und dabei alle auslasse, welche gleichzeitig Schwefel und Kies, oder „coal-brasses“, Gasschwefel u. s. w. verbrennen.

Im 20. Bericht, S. 48 und 49 finden wir den Durchschnitt von 18 mit Pyrit arbeitenden Fabriken gleich 1,44 cbm Kammerraum für je 1 kg in 24 Stunden verbrannten Schwefel (Minimum 0,97, Maximum 2,4 cbm); den Durchschnitt von 10 mit Schwefel arbeitenden Fabriken gleich 1,86 cbm (Minimum 1,36, Maximum 2,8 cbm). Im 21. Bericht, S. 20 und 21: 21 Fabriken mit Pyrit, Durchschnitt 1,7 (1,0 bis 2,5); 15 Fabriken mit Schwefel, Durchschnitt 1,64 (1,3 bis 3,0). Auf S. 64 und 65: 22 Fabriken mit Pyrit, Durchschnitt 1,83 (1,08 bis 2,7); 18 Fabriken mit Schwefel, Durchschnitt 1,96 (1,2 bis 2,9). Da jedoch die meisten Fabriken zu klein sind, um eine richtige Idee von der Sachlage zu geben, so wollen wir aus dem 21. Bericht, S. 81 die 15 mittlere und große Fabriken aus dem District von Widnes betreffenden Zahlen, alle auf Schwefelkies bezüglich, welche auch sonst viel Interesse bieten, im Einzelnen mittheilen, nach Umrechnung auf Metermaß und Gewicht (s. Tabelle a. f. S.).

In Südfrankreich sind nach Favre (Monit. Scient. 1876, p. 271) die Verhältnisse folgende: 180 cbm Kammerraum für 1 qm Kofstfläche der Kieselöfen, oder, da man täglich 270 kg 40 procentigen Schwefelkies pro Quadratmeter Kofstfläche brennt, 150 kg Pyrit für 100 cbm Kammerraum. Dies entspricht 1,66 cbm für jedes täglich chargirte Kilogramm Schwefel im Pyrit. Die Kammerysteme bestehen dort meist aus drei Kammern und haben im Ganzen 4000 cbm Capacität.

Pyrit- verbrauch pro Woche	Kammeraum pro Kilogramm Schwefel in 24 Stunden	Natronsalpeter- verbrauch auf 100 Thle. verbrannten Schwefels	Cubikinhalte der Gay=Lussac- thürme auf je 1 Tonne wöchentlich ver- brauchten Pyrits	Gesamtsäure- gehalt der Austrittsgase in Grammen pro Cubimeter
Tons	cbm		cbm	
175	—	—	—	—
52	1,3	3,50	—	—
350	1,12	5,00	1,88	2,00
210	1,11	4,70	0,53	4,83
125	1,75	4,00	1,03	1,50
98	1,11	4,20	0,90	6,62
240	1,3	4,25	0,70	3,94
250	1,77	3,75	0,45	5,38
150	1,3	—	1,08	1,82
60	1,4	—	0,80	8,95
260	1,38	3,30	0,96	3,68
117	1,3	4,00	1,50	3,00
183	1,25	—	0,60	6,76
70	1,09	—	2,27	1,61
250	1,20	5,00	0,60	4,37
2590	1,30	4,17	1,24	4,19

S u m m e b e z w. D u r c h s c h n i t t

In einer großen nordfranzösischen Fabrik fand ich im Jahre 1878 0,5, in einer anderen 0,44 bis 0,54 cbm Kammerraum auf 1 kg Pyrit (0,5 auf 1 Pyrit gleich 1,09 auf 1 Schwefel). Diese Angaben beziehen sich auf den Winter, im Sommer brauchte man  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{3}$  mehr Raum. Neuerdings ist aber in Frankreich mehrfach eine andere Arbeitsweise als „Intensivproduction“ aufgekommen, wobei man in den Kammern eine weit größere Menge Salpeter als früher circuliren läßt, den man durch entsprechend große Gay=Lussac- und Gloverthürme wiedergewinnt, und hierdurch auf fast die doppelte Production für denselben Kammerraum kommt, so daß man wenigstens im Winter ein Maximum von Ausbringen und ein Minimum von Salpeterverbrauch mit nur 0,7 cbm Kammerraum pro Kilogramm verbrannten Schwefels erreicht. Wir werden späterhin noch oft auf diese „Intensivproduction“ zu sprechen kommen, welche im Jahre 1890 wohl nur auf Frankreich beschränkt war.

Man darf nicht übersehen, daß für das beste Verhältniß von Kammerraum zu verbranntem Schwefel sich nicht eine absolute Zahl festsetzen läßt, sondern mehrere Bedingungen in Betracht zu ziehen sind. Einmal ist es nicht gleichgiltig, ob man mit einem reicheren oder ärmeren Pyrit arbeitet. Der letztere wird verhältnißmäßig immer mehr Luft beanspruchen und ärmere Röstgase liefern, somit auch mehr Kammerraum brauchen. So producirt man z. B. in Oer nach Bräunung bei Abroftung schwefelreicherer Erze täglich 2,85 kg Kammerfäure von 50° B. (53° D.) auf 1 cbm Kammerraum, bei schwefelärmeren

Erzen jedoch nur 2 kg Kammerfäure. Ersteres entspricht einem Kammerraume von 2,22 cbm, letzteres einem solchen von 3 cbm für jedes Kilogramm wirklich als Schwefelsäure gewonnenen Schwefels. Ferner kommt es sehr darauf an, mit welcher Temperatur die Gase in die Kammern gehen. Je besser sie abgekühlt sind, um so weniger Volumen nehmen sie für ein gleiches Gewicht ein, und um so weniger Kammerraum wird gebraucht werden. Schon aus diesem Grunde nimmt man mit Recht an, daß man bei Vorhandensein eines Gloverthurmes, welcher die Gase sehr gut abkühlt, auf den gleichen Kammerraum mehr Pyrit brennen könne. Auch bemerkt man allgemein, daß man im Winter für den gleichen Kammerraum entweder erheblich mehr Pyrit verbrennen kann, als im Sommer, oder daß man bei gleicher Production mit weniger Salpeter auskommt.

Da das Verhältniß des Kammerraumes zu der Production in verschiedenen Quellen in verschiedener Weise bezeichnet wird, so seien hier einige allgemeine Regeln zur Umwandlung der einzelnen Ausdrucksweisen in einander gegeben. Um die für Cubikmeter pro Kilogramm gegebene Zahl in eine solche zu verwandeln, welche englische Cubikfuß pro englische Pfund ausdrückt, multiplicirt man mit 16. Die Engländer sprechen häufig von Cubikfuß Kammerraum pro Tonne wöchentlich fabricirtes Sulfat; diese Zahl erhält man aus der für Cubikfuß pro Pfund in 24 Stunden verbrannten Schwefels geltenden durch Multiplication mit 75, aus der für Cubikmeter pro Kilogramm Schwefel geltenden Zahl durch Multiplication mit 1200.

### Vorschläge zur Verminderung des Kammerraumes.

Die bedeutende, von den gewöhnlichen Bleikammern eingenommene Grundfläche, und das große, für diese Apparate erforderliche Anlagecapital, sowie auch die Kosten der entsprechenden großen Gebäude haben viele Vorschläge zur Verminderung des Kammerraumes oder auch zur gänzlichen Ersetzung der Bleikammern durch billigere Apparate ins Leben gerufen. Ein Weg, auf dem man den für die Schwefelsäurebildungsreactionen erforderlichen Raum erheblich verringern könnte, würde die Anwendung von reinem Sauerstoff statt Luft zur Oxydation des Schwefels sein. Vorschläge in dieser Richtung sind verschiedentlich gemacht worden, so von Terrell, Hogg und Tomlinson (Engl. Pat. von 1871), von Bode (Dingl. polyt. Journ. 216, 453), von A. und L. D. Brin (Engl. Pat. Nr. 12 070, 1886), von mir selbst (patentirt in England von Ellice Clark im Jahre 1888). Es ist jedoch sehr unwahrscheinlich, daß Sauerstoff irgend jemals billig genug fabricirt werden wird, um zur Fabrication von gewöhnlicher Schwefelsäure dienen zu können.

Man trifft öfters auf die Meinung, es ließe sich durch Electrolyse Sauerstoff auf billigem Wege herstellen, indem man den dabei gleichzeitig auftretenden Wasserstoff beim Betriebe der Dynamomaschine verwendet und dadurch den größten Theil der Kosten deckt. Scheurer-Kestner (Bull. Soc. ind. Mulh. 1890, p. 276) hat sich das Verdienst erworben, diese Ansicht durch bei einem erfahrenen praktischen Elektriker eingeholte Auskunft gründlich widerlegt zu haben. Ich kann zwar seiner Ansicht nicht beistimmen, daß obiger Vorschlag den Charakter

eines perpetuum mobile an sich trage; denn er bedeutet doch nur, daß man verdünnten Sauerstoff aus der Luft entnimmt, um damit Wasserstoff zu verbrennen, wodurch der Theorie nach ebenso viel Wärme erzeugt wird, als zur Spaltung von Wasser in ebenso viel Wasserstoff und concentrirten Sauerstoff verbraucht wird. Aber in der Praxis sind freilich die Kraftverluste bei der Verwendung von Wärme zur Erzeugung von Dampf, von bewegender Kraft und von Electricität ungeheuer groß. Nach der von Scheurer-Kestner mitgetheilten Berechnung eines praktischen Elektrikers braucht man zur elektrolytischen Erzeugung von 1 kg Sauerstoff (= 700 Liter bei 0° und 760 mm) eine Dynamomaschine von 12 $\frac{1}{2}$  Pferdekraft, wobei 125 g = 1400 Liter Wasserstoff entstehen. Jene 12 $\frac{1}{2}$  Pferdekraft beanspruchen unter gewöhnlichen Verhältnissen 18 $\frac{3}{4}$  kg Steinkohle = 131 250 WE; die 125 g Wasserstoff können hiervon nur 4312 WE (= 3 Proc.) ersetzen, so daß ein Deficit von 127 000 WE gedeckt werden muß, was 18,14 kg Kohle im Werthe von 36 Cent. (in Deutschland allerdings erheblich weniger) beansprucht. Hiernach würden die 490 kg Sauerstoff, welche 1 Ton H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> entsprechen, 176 Francs oder über 140 Mark kosten! Unter diesen Umständen muß man allerdings Scheurer-Kestner Recht geben, wenn er eine auf elektrolytisch zu gewinnenden Sauerstoff gegründete Schwefelsäurefabrikation für ein Unding erklärt.

Beinahe alle anderen Vorschläge zur Fabrikation von Schwefelsäure in vermindertem Raume gehen von der Annahme aus, daß in den gewöhnlichen ungeheuren Kammern die Gase sich nicht genügend mischen; einige davon auch von der Theorie, daß nicht genug „Condensationsoberfläche“ für die Schwefelsäure vorhanden sei, und daß man diese auf künstlichem Wege vermehren müsse. Insofern als dabei die Ansicht mit unterliefe, daß die Schwefelsäure aus dem Zustande von Dampf in den einer Flüssigkeit condensirt werden müsse, wie bei der Destillation von Alkohol u. dergl., ist jene Theorie natürlich falsch, da die Schwefelsäure gleich in flüssiger Form entsteht und in den Kammern nirgends im Dampfzustande vorhanden ist. Wir werden aber später sehen, daß aus anderen Gründen es allerdings richtig ist, den Kammergasen eine große Oberfläche darzubieten, und daß außerdem eine gewisse Abkühlung ebenfalls sehr wichtig ist. Wir werden sehen, daß dies daher kommt, daß man eine Reaction zwischen der in der Kammer schwebenden Nitrosylschwefelsäure und Wasser oder verdünnter Schwefelsäure zu Stande bringen muß.

Während wir also anerkennen müssen, daß die früheren Erfinder auf der richtigen Spur waren, indem sie die Berührungsflächen vergrößerten, so ist es doch eine Thatsache, daß ihre Bemühungen keinen Erfolg hatten; aber dies kommt daher, daß sie falsche Mittel für ihren Zweck wählten. Scheidewände im Inneren der Kammern werden schnell zerfressen, wenn sie aus Blei sind, und fallen bald zusammen, wenn sie aus Glas construirt sind (S. 334).

Eine Einrichtung von Ward (Engl. Pat. Nr. 1006, 1861) bestand (für Verbrennung von sieben Tonnen Pyrit täglich) in einer Art Vorkammer, 19,2 m lang, 4,8 m hoch und 6,0 m breit, zum Mischen der Gase und Einführung von Dampf, gefolgt von einer Kammer (oder vielmehr einem Canale), 60 m lang, 0,9 m breit und 0,9 m hoch, welcher auf eine Länge von 7,5 m mit Glastafeln

fast ausgefüllt ist; die Tafeln liegen horizontal und werden durch Streifen von Glas in einiger Entfernung von einander gehalten, um die Gase durchpassiren zu lassen. Die Ansicht Ward's war, daß sich auf diesen Tafeln (statt deren man auch Röhren anwenden kann) nitrose Schwefelsäure condensiren und der schwefligen Säure eine große Oberfläche bieten würde. Es ist nicht ersichtlich, ob seine Einrichtung überhaupt im Großen ausgeführt wurde; jedenfalls muß sie bald wieder aufgegeben worden sein, vermuthlich weil sie zu wenig stabil war und sich zu leicht verstopfte. Auch ist die horizontale Anordnung weniger günstig für eine systematische Wirkung der gasigen und flüssigen Körper auf einander, für welche senkrechte Gegenströme vorzuziehen sind, wie wir sehen werden. Ferner machte das gänzliche Fehlen einer Kühlvorrichtung das Princip der Reaction auf festen Flächen unvollkommen, wie später gezeigt werden wird.

Mactear (Journ. Soc. Chem. Ind. 1884, p. 228) hat durch eine Anzahl von Versuchen die Wichtigkeit der Oberflächencondensation nachgewiesen. Eine in einer Bleikammer aufgestellte Bleischale von einem Quadratfuß Oberfläche gab in 24 Stunden 708 g  $H_2SO_4$ . Nachdem man in der Schale 12 Glasstreifen von je  $30 \times 15$  cm senkrecht aufgestellt hatte, erhielt man in 24 Stunden 1644 g, also 2,3 mal so viel, und nachdem man dieselben Glasstreifen in derselben gegenseitigen Entfernung horizontal angebracht hatte, sogar 3226 g, also 4,5 mal so viel Säure wie ohne das Glas. Andere mit Oberflächencondensatoren in Kammern gemachte Versuche zeigten, daß bei flachen, senkrecht gestellten Scheiben die dem Gasstrome zugekehrte Seite mehr Säure als die entgegengesetzte condensirte, im Verhältniß 100 : 78. Wenn dieselben Scheiben horizontal, mit ihren Ranten in der Richtung des Gasstromes, angebracht wurden, so war der von der doppelten Oberfläche erhaltene Betrag 172 g gegenüber 178 im vorhergehenden Falle.

Das Princip der Oberflächencondensation ist auch in dem De Hemptinne'schen Kammer-systeme angewendet, welches im elften Capitel im Zusammenhang mit seinem Concentrations-system beschrieben werden wird.

Ein ähnliches Princip, bei dem jedoch der Gedanke einer besseren Gas-mischung das Hauptziel der Erfinder war, lag den von Gossage u. A. gemachten Vorschlägen zu Grunde, die Kammern theilweise oder ganz mit Koks zu füllen, oder am Ende des Systems besondere Kokssthürme zu errichten, nicht als Gay-Lussachsthürme, sondern nur zur Befeuchtung mit Wasser oder Dampf. In der Praxis hat man gefunden, daß dies sogar Constructions-schwierigkeiten ergab, indem der große Druck auf die Außenschichten des Koks bewirkt, daß die Bleiwände aus-gebaucht oder sogar durchgeschnitten werden. Aber abgesehen hiervon fand man, daß die Production von Säure für einen gewissen Kammerraum nicht ver-größert, daß mehr Salpeter gebraucht und die Säure durch den Koks verunreinigt wurde. Daher ist der Koks überall wieder aus den Kammern selbst entfernt und auf die Gay-Lussachsthürme beschränkt worden. Die Ursache dieses Mißlingens ist vermuthlich eine doppelte. Erstens muß der Koks einen Theil der nitrosen Gase unter Bildung von Kohlen-säure reduciren (vergl. S. 148); zweitens fehlte, wie bei Ward's Vorschlag, jede Kühlvorrichtung. Dieselben Einwürfe gelten von den jetzt zu erwähnenden Vorschlägen.

Der Apparat von Verstraet (Bull. Soc. d'encourag. 1865, p. 531; Dingl. polyt. Journ. 179, 63; Wagner's Jahresber. f. 1855, S. 226) war einige Zeit lang im Großen in Paris thätig, mußte aber als ganz unpraktisch aufgegeben werden. Der Apparat bestand aus einer Anzahl von Steinzeugballons ohne Boden, bedeckte 40 qm Grundfläche, kostete nur 7000 Fres. und sollte täglich 1000 kg Säure von 50° B. liefern. Es waren zwölf Säulen von je fünf Ballons über einander vorhanden, gefüllt mit Koksstückchen, und durchzogen von der schwefligen Säure zc. der Röstöfen; die Salpetersäure fließt als Regen über eine der Säulen herab, begegnet dem schwefligsauren Gase, und die resultierende Säure wird in regelmäßiger Abwechslung durch die anderen Säulen laufen gelassen. Das Nähere über den Apparat sehe man in den obigen Quellen nach.

Dem gleichen Principe der Oberflächenwirkung entspringt der Schwefelsäureapparat von Lardani und Susini (Bull. Soc. chim. 8, 295; Dingl. polyt. Journ. 187, 521; Wagner's Jahresber. f. 1868, S. 169); seine wesentliche Eigenthümlichkeit bildet ein „Reactionsapparat“, dessen unterer Raum mit Schwefelsäure angefüllt ist, auf der sich eine dicke Schicht Salpetersäure befindet, während der obere durch Siebplatten davon getrennte Raum mit in Wasser getränkten Bimssteinstückchen erfüllt ist; die Salpetergase werden in einem ebenfalls mit Bimsstein- oder Koksstückchen gefüllten Röhrenapparat durch überflüssige Luft und Wasser zu Salpetersäure regenerirt und diese wieder in den Reactionsapparat eingeführt.

Daß Mischung der Gase für sich allein nicht ausreicht, wird durch den ungenügenden Erfolg des Apparates von Richters (Deutsch. Pat. Nr. 15 252) erwiesen. Derselbe besteht aus einem auf der Kammer angebrachten Injector, welcher die Gase aus dem unteren Theile der Kammer ansaugt und sie oben wieder einführt. Allerdings wird vermuthlich durch diesen Apparat nur ein kleiner Theil der Gase in Circulation versetzt; sonst würde auch der Zug in kaum erträglich Weise gestört werden. Jedenfalls versicherte man in allen von mir besuchten Fabriken, welche den Apparat versucht hatten, daß man keinen großen Vortheil davon gehabt habe; hier und da wollte man wenigstens eine kleine Verbesserung dadurch erhalten haben.

Ein Versuch in dieser Richtung, welcher einige Zeit lang große Hoffnungen auf Verwirklichung des Zieles erweckte, war das Verfahren von Thyß (Deutsch. Pat. Nr. 30 211). Wir werden einige Notizen darüber aus einer ausführlichen, von dem Verfasser veröffentlichten Beschreibung (gegründet auf Mittheilungen von Kretschmar) einer in Turin errichteten Anlage geben (Ztschr. f. angew. Chem. 1889, S. 265). Zwischen je zwei Kammern eines Systems sind ein oder mehr Bleithürmchen von  $2,50 \times 0,80$  m im Querschnitt und 3,50 m Höhe eingeschaltet. Diese sind mit je 25 horizontalen, mit Blei bedeckten Holzrahmen derart angefüllt, daß die Gase beim Durchstreichen durch die Thürmchen einen Zickzackweg nehmen müssen (in der Patentbeschreibung finden sich statt dessen mit vielen Löchern versehene Platten, was man später aufgegeben hat). Das Gas wird in der Mitte der Decke eingeführt und am Boden abgeführt; da der Zug durch die 25 Zickzacke sehr geschwächt wird, so sind sowohl im Eintrittsrohre wie im Austrittsrohre Dampfinjectoren angebracht.

Alle anderen Einzelheiten haben nur für jenen speciellen Fall Interesse. Bei längeren praktischen Versuchen stellte es sich heraus, daß das erste Thürmchen 7,3 mal so viel Säure wie ein gleicher Cubus Kammerraum producirt, das zweite und dritte 3,4 mal, das letzte (hinter dem System) 1,2 mal, im Durchschnitt 3,9 mal so viel. Wenn wir das letzte, augenscheinlich unrichtig angebrachte Thürmchen aus der Berechnung entfernen, so producirt die Thyß'schen Thürmchen in diesem Falle 5 mal so viel Säure pro Cubikmeter, wie gewöhnliche Bleikammern. Thyß selbst behauptete (ohne es zu beweisen), daß er in seinen eigenen Thürmen auf  $9\frac{1}{4}$  mal so viel Production wie in Bleikammern komme. Aber selbst dies will nicht viel besagen, wenn wir den sehr großen Bleiverbrauch bei seinem System bedenken. Zu Turin hatten die vier Thürmchen zusammen 28 cbm Inhalt, und besaßen eine Bleifläche von 480 qm. Nehmen wir das Maximalverhältniß 10 : 1 für ihre Production gegenüber der einer gewöhnlichen Bleikammer an, so würden die vier Thürmchen zusammen einer kleinen Kammer von 280 cbm Inhalt entsprechen, welche nur eine Bleifläche von 330 qm gegenüber den 480 qm der Thürmchen beanspruchen würde. Die letzteren würden aber noch dazu, da sie sehr complicirte Arbeit verlangen, weit mehr als gewöhnliche Kammern, mindestens so viel wie eine solche von  $2 \times 330$  qm kosten, und zwar schon nach den Maximalannahmen von Thyß selbst, während man nach den Turiner Erfahrungen auf die vierfachen Kosten einer gleich viel producirenden Bleikammer rechnen müßte.

Selbstredend genügt schon dies zur Verwerfung des Verfahrens; es kommt aber noch mehr dazu. Einige der Thürmchen waren schon nach wenigen Monaten zerfressen und würden haben erneuert werden müssen, wenn man die Versuche länger fortgesetzt hätte. Man unterließ dies aber, weil trotz der Anwendung von Injectoren der Zug unerträglich schlecht war und der Pyrit unvollständig abgeröstet wurde; auch sank sowohl das Ausbringen wie die Stärke der erzeugten Säure in dem ganzen System auf einen erschreckend niedrigen Stand.

Die Ursachen dieses vollständigen Mißlingens des Thyß'schen Verfahrens sind nicht schwer aufzufinden. Selbst seine Construction ist principiell falsch. Wir haben schon mehrmals erwähnen müssen, wie schnell Blei zerfressen wird, wenn es den heißen Kammergasen ausgesetzt ist, ohne von außen durch Luft oder sonst gefühlt zu werden. Im vorliegenden Falle sollte noch dazu eine viel intensivere Reaction als sonst durchgeführt werden in einem kleinen Thürmchen, das mit Bleiplatten gefüllt ist, welche beiderseitig der Wirkung der heißen Gase ausgesetzt sind! In dieser Beziehung bedeuten die Thyß'schen Thürmchen sogar einen erheblichen Rückschritt gegenüber den mit Glasplatten gefüllten Ward'schen Kammern (S. 343). Ein anderer Fehler jenes Systems ist der, daß es nur warme Oberflächen ins Spiel bringt; aber wir werden sehen, daß dies nicht die richtige Bedingung für die gegenseitigen Wirkungen der Agentien ist; daher konnte das Thyß'sche System unmöglich die auf dasselbe gesetzten Erwartungen befriedigen. Daß aber trotz des eben angeführten Fehlers die Thyß'schen Apparate viel mehr Säure als ein gleicher Cubikraum von Bleikammern produciren, erweist immerhin, daß selbst in dieser unvollkommenen Form eine

innige Mischung der Gase und deren Berührung mit festen Oberflächen ihre gegenseitige Reaction befördern.

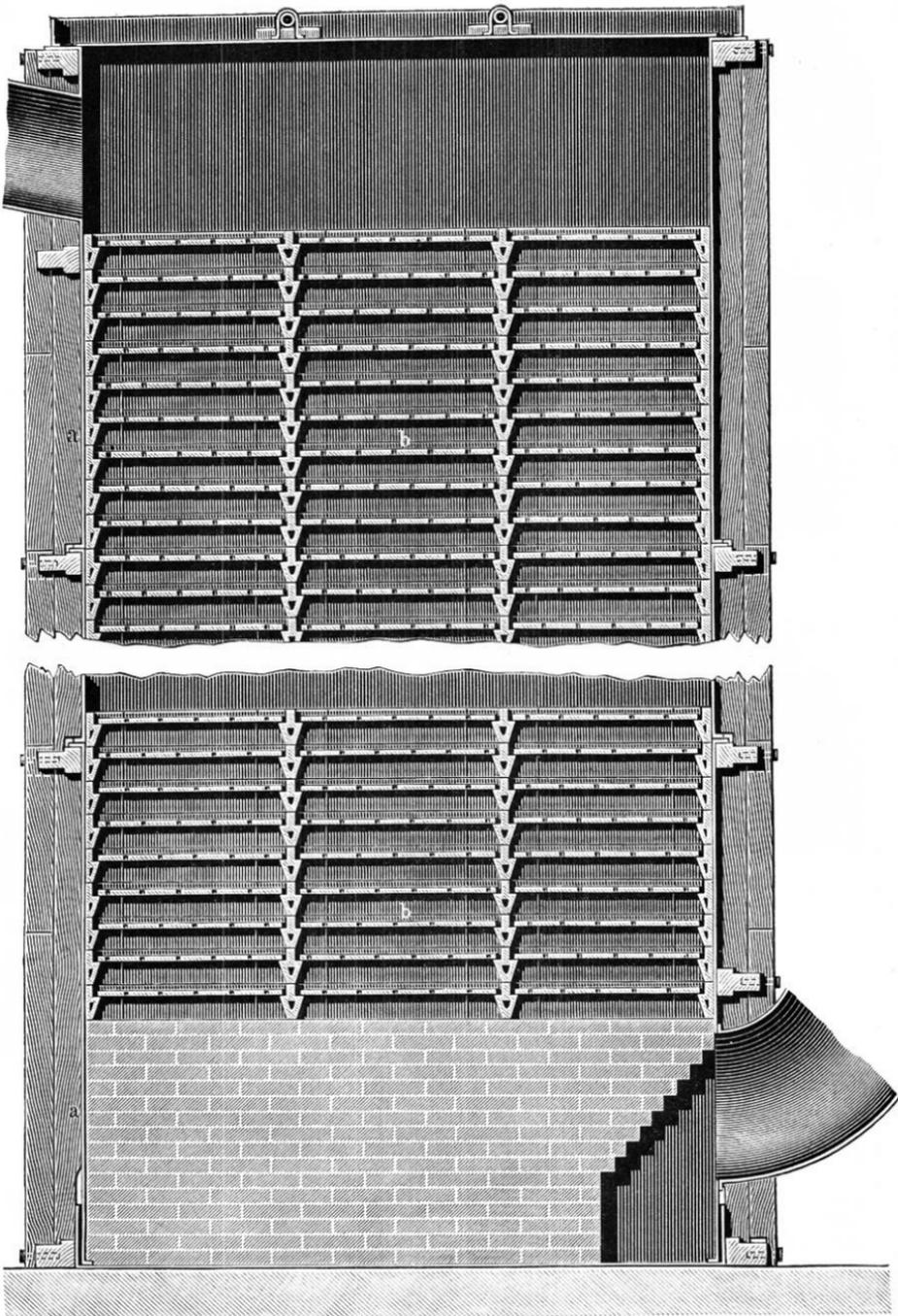
Ein Vorschlag von Walter und Boeing (Engl. Pat. Nr. 14 944, 1891) geht dahin, im Inneren einer Kammer doppelte (trockene) Mauern aus säurefesten Steinen zu bauen und den Zwischenraum mit säurefesten Ziegeln oder Koks zu füllen. Oeffnungen in diagonaler Richtung gestatten den Kammergasen, durch diese Kammer hindurchzutreten, wobei sie sich gut durchmischen müssen. Der Vorschlag berücksichtigt wenigstens theilweise die vom Verfasser mehrfach gemachten Ausstellungen gegenüber inneren Scheidewänden, kann aber ganz gewiß nicht entfernt dasselbe leisten, wie die unten zu erwähnenden (schon früher vorgeschlagenen) Plattenthürme, schon weil das Moment der Veriefelung und Abkühlung fehlt; auch wird die Durchmischung der Gase, Dämpfe und Nebel dabei nicht so vollständig sein. Endlich ist zu besorgen, daß solche in einer Bleikammer zu errichtende Steinkammern den Bleiboden der Kammer auf die Länge beschädigen werden.

Sorel (Zeitschr. f. angew. Chem. 1889, S. 279) schlägt vor, die erste Kammer halb so groß wie gewöhnlich zu machen; die Gase sollen dann durch eine Anzahl von Kühlröhren und darauf in zwei oder drei Thürmchen gehen, wo sie zugleich mit Wasserdampf nach oben strömen, während Schwefelsäure von 60° B. (= 71° D.) herabläuft. Mittels dieser Thürmchen der Art soll man 60 Proc. des Kammerraumes ersparen können. Sorel's Vorschläge bewegen sich jedenfalls nach der richtigen Richtung hin, sind aber constructiv zu wenig ausgearbeitet, und seine Vorschrift, die Thürmchen mit Säure von derselben Stärke wie beim Gay-Lussachthurm zu speisen, ist entschieden unzumuthig, trotz der geistreichen, darüber aufgestellten Theorie. Weiter unten mache ich darauf aufmerksam, daß man umgekehrt Wasser oder verdünnte Säure an dieser Stelle anwenden muß, theils zur Abkühlung, theils um die für die Reaction und die Verhütung des Ueberganges von  $N_2O_3$  in die Bodensäure nöthige Verdünnung zu liefern. Aufscheinend ist sein Vorschlag bisher noch nirgends praktisch ausgeführt worden.

Ich selbst (Zeitschr. f. angew. Chem. 1889, S. 385) habe den Versuch gemacht, alle bisher als gültig erkannten Principien der Schwefelsäurefabrikation in folgender Weise zusammenzufassen. Im neunten Capitel werden wir finden, daß die Theorie des Kammerprocesses im Wesentlichen folgende ist. Stickstofftrioxyd, oder salpetrige Säure, oder (im vorderen Theile des Kammerystems) Stickoxyd wirken als Ueberträger von atmosphärischem Sauerstoff und Wasser auf Schwefeldioxyd, wobei Nitrosylschwefelsäure gebildet wird. Dieser Körper löst sich größtentheils sofort in der schon vorhandenen Schwefelsäure und schwebt wie diese in der Kammer in Gestalt eines dünnen Nebels. Wenn sie in Berührung mit Wasser oder, was der gewöhnliche Fall ist, mit verdünnter Schwefelsäure kommt, so findet eine Zersetzung statt, bei welcher die Nitrosylschwefelsäure Wasser aufnimmt; jetzt entsteht Schwefelsäure und salpetrige Säure kehrt in die Kammeratmosphäre zurück, um daselbst den Kreislauf der beschriebenen Reactionen von Neuem einzuleiten.

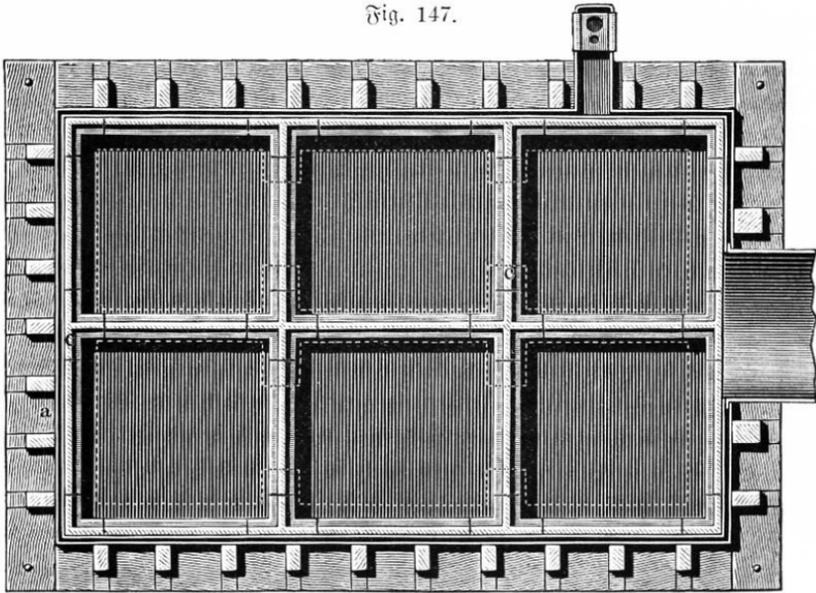
Es liegt auf der Hand, daß alle diese Reactionen in erster Linie eine möglichst innige und fortwährend erneuerte Mischung aller der Gase, Dämpfe und

Fig. 146.



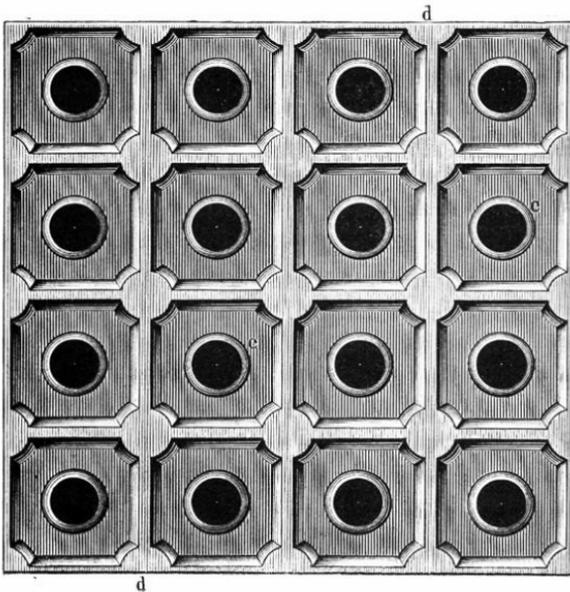
Nebeltheilchen erfordern. In den gewöhnlichen Bleikammern wird ein langer Weg, ein sehr großer Raum und eine entsprechend lange Zeit in Anspruch

Fig. 147.



genommen, bis die Reactionen beendigt sind, d. h. bis so gut wie alle  $\text{SO}_2$  aus den Gasen entfernt worden ist. Wenn es sich nur um ein Gemisch von

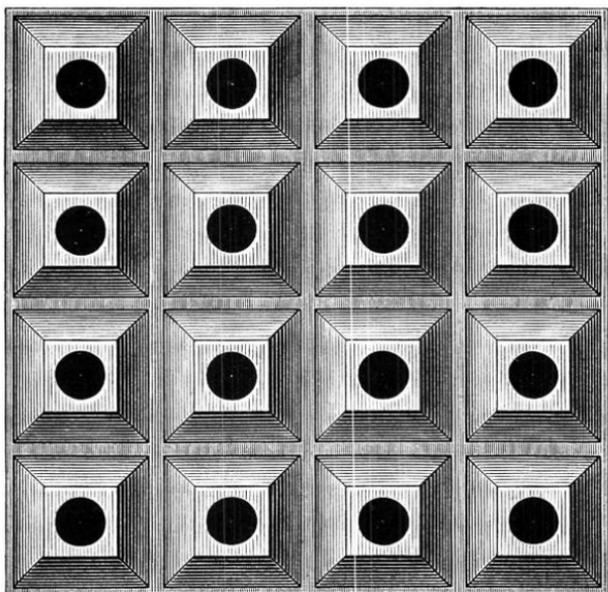
Fig. 148.



Gasen und Dämpfen handelte, so würde vermuthlich viel weniger Zeit und Raum erforderlich sein; da aber sowohl die Nitrosylschwefelsäure als auch die verdünnte Schwefelsäure, welche auf einander wirken sollen, im Zustande von Nebel, das heißt von sehr kleinen Flüssigkeitströpfchen sind, so können sie einen weiten Weg neben einander fortschreiten, ohne in wirkliche Berührung zu kommen und auf einander zu reagiren. In vielen ähnlichen Fällen

hat man gefunden, daß eine bloße Durchmischung der Atmosphäre lange nicht so wirksam ist, als die Entgegenstellung von großen festen Oberflächen, gegen welche der Gasstrom in seinem Fortschreiten anstoßen muß. Durch diesen Stoß gegen feste Flächen und den dadurch erlittenen Geschwindigkeitsverlust, unzweifelhaft auch durch Oberflächenanziehung, werden die sonst stundenlang unverändert schwebend bleibenden Nebeltheilchen auf diesen Oberflächen in größeren Tropfen oder dünnen Schichten condensirt und es können dann die erwähnten Reactionen, welche zu einer Spaltung der Nitrosylschwefelsäure führen, sofort stattfinden. Hieraus schließen wir, daß wir dem Gasstrom eine große Menge fester Oberflächen entgegenstellen müssen, und zwar in der Art, daß er fortwährend gegen sie anstößt, in viele kleine Ströme zertheilt und immer wieder von Neuem gemischt wird. (In dieser Hinsicht konnten Ward's gläserne Platten, welche mit dem Gasstrom parallel liefen, nicht genügend wirken.)

Fig. 149.

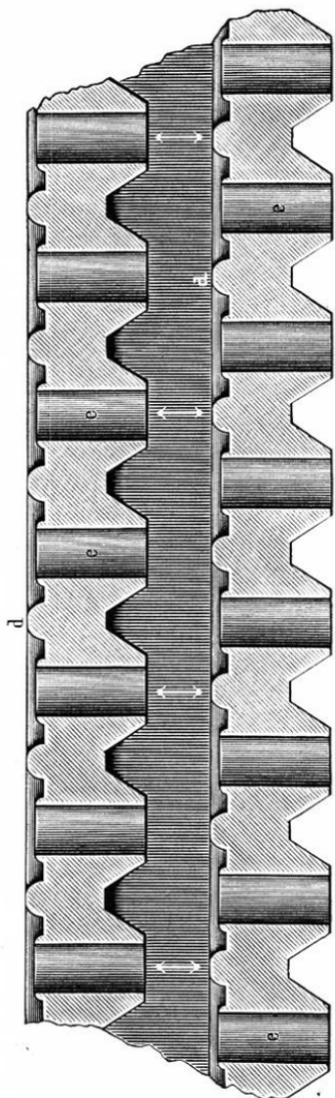


Es muß jedoch noch eine andere Bedingung erfüllt werden, um einen richtigen Kammerproceß herzustellen. Wie wir später sehen werden, muß die Temperatur der Kammer niedrig genug gehalten werden, um diejenige Menge Wasserdampf zu flüssigem Wasser oder verdünnter Säure zu condensiren, welche zur Zersetzung der Nitrosylschwefelsäure erforderlich ist. Da die in der Kammer vor sich gehenden Reactionen eine große Menge von Wärme frei machen, so kann der Proceß nicht weiter gehen, wenn nicht ein Theil dieser Wärme wieder weggeführt wird, was bei dem gewöhnlichen System durch Ausstrahlung von den Kammerwänden aus geschieht. Die Theilung des ganzen Kammerraumes in mehrere kleinere Kammern wirkt in dieser Beziehung vortheilhaft, da die Endwände der Kammern und die Verbindungsrohre als Abkühlungsflächen dienen; Sorel (vergl. S. 349) schlug geradezu vor, zu diesem Zwecke Kühlrohre anzuwenden, was jedoch für sich keineswegs genügend sein würde. Mein eigener Vorschlag ist in dieser Beziehung durchaus von allen früheren verschieden. Ich bewirke die nöthige Temperaturerniedrigung nicht durch Strahlung oder Ableitung nach außen hin, sondern von innen durch einen Regen von Wasser oder verdünnter Säure. Auf diesem Wege werden mehrere Zwecke zu gleicher Zeit

erreicht. Die Temperatur der Kammerluft wird auf den richtigen Grad erniedrigt, indem ein Theil ihrer Wärme zur Verdampfung von Wasser verwendet wird; aber dieses Wasser wird gerade zur Durchführung des Kammerprocesses selbst gebraucht, und es ergibt sich hieraus eine Ersparniß im Dampfverbrauch für den Kammerbetrieb; das Wasser wird ferner in fein vertheilter Form und genau dort geliefert, wo es zur Zersetzung der sich an den festen Flächen verdichtenden Nitrosylschwefelsäure gebraucht wird; zugleich schützen wir durch diese Kühlung den Apparat vor schneller Abnutzung.

Der von mir für den obigen Zweck angewendete Apparat beruht auf dem Princip des von mir mit Ludwig Rohrmann patentirten „Plattenthurms“ (Deutsch. Pat. Nr. 35 126, 40 625, 50 336). Er bestand ursprünglich aus einer Colonne von großen Thoncyllindern, gefüllt mit Platten, welche die Eigenthümlichkeit der Erfindung ausmachen; diese Form wird für Salpetersäure (S. 81) und Salzsäure auch jetzt noch angewendet. Für die Zwecke der Schwefelsäurefabrication besteht er jedoch aus einem Bleimantel *a* von rundem oder eckigem Querschnitt und Thonplatten *bb*, wie es Fig. 146 (a. S. 348) und Fig. 147 (a. S. 349) zeigt. Die Platten werden durch Träger in solcher Weise unterstüzt, daß jede Platte von den übrigen unabhängig ist und nur auf die Horizontalleiste ihres eigenen Trägers drückt, während das Gewicht der über einander folgenden Platten und Träger von dem verticalen Theile der Träger aufgenommen wird. Die letzteren kann man mit Leichtigkeit so einrichten, daß sie die ganze innere Oberfläche des Bleies gegen die Wirkung der Chemikalien und der hohen, inwendig herrschenden Temperatur schützen. Wir reden hier nicht von solchen Theilen wie der Speisevorrichtung, den Ein- und Austrittsröhren u. s. w., welche keine besondere Erklärung erfordern; die Speise-

Fig. 150.



vorrichtung wird im achten Capitel in Verbindung mit dem Gay-Lussachthurm beschrieben werden. Eine specielle Erklärung ist nur für die Platten *bb* nothwendig. Fig. 148 (a. S. 349) zeigt einen kleinen Theil ihrer Oberfläche, von oben gesehen; Fig. 149 (a. v. S.) ebenso von unten gesehen, Fig. 150 einen Schnitt durch zwei Stücke von über einander liegenden Platten.

Jede Platte ist mit einem Netzwerk von kleinen Leisten *dd* bedeckt und in jedem der so gebildeten Quadrate befindet sich eine Durchbohrung mit etwas erhabenem Rande. Die Höhe dieses Randes ist nicht ganz so groß, wie diejenige der Quadratleisten; daher steht stets eine Flüssigkeitsschicht von einigen Millimetern Höhe in jedem der kleinen Quadrate; weil aber von oben Flüssigkeit nachtropft, so fließt der Ueberschuß tropfenweise aus den Löchern der Platten heraus. Die Platten sind so geformt, daß die Quadrate und Löcher in je zwei auf einander folgenden Platten gegen einander versetzt sind (siehe Fig. 150). Es entspricht also jedem Loche in einer Platte der Vereinigungspunkt der vier Quadratleisten in der nächst tieferen Platte. Die von oben herunterfallenden Tropfen können also nicht unmittelbar durch die Löcher der nächsten Platte fallen, sondern treffen auf jenen Punkt, werden dort herumgespritzt und vertheilen sich mithin wieder auf die benachbarten Quadrate. Dies wiederholt sich so oft, als Platten vorhanden sind. Hierdurch wird die dünne Flüssigkeitsschicht auf den Platten und in den Löchern fortwährend erneuert, und durch das Herumspritzen der Tropfen eine weitere große Absorptionsoberfläche dargeboten.

Die von unten aufsteigenden Gase und Dämpfe stoßen an die unterste Platte an, treten durch deren zahlreiche Löcher aus und werden dadurch sehr fein vertheilt. Unmittelbar darauf stoßen sie, da den Löchern der untersten Platte immer volle Stellen in der darüber liegenden entsprechen, an die zweite Platte an, mischen und vertheilen sich aufs Neue und auch dieser Proceß vollzieht sich ebenso oft, als Platten vorhanden sind. Während nun die Gase und Dämpfe nach oben steigen, kommen sie in innigste Berührung mit der Absorptionsflüssigkeit, welcher sie in den nur wenige Millimeter im Durchmesser haltenden Löchern, auf den Platten, und überall herumspritzend begegnen; durch die unaufhörliche Richtungsänderung des Stromes und Erneuerung der Flüssigkeit werden die möglichst günstigen Bedingungen zur gegenseitigen Einwirkung der gasförmigen und der flüssigen Körper hergestellt. Die Construction des Apparates bringt es mit sich, daß sich keine falsche Canäle bilden können, in denen die Gase und Dämpfe ohne genügende Berührung mit der Flüssigkeit bleiben würden.

Gegenüber dem Koksthurme oder ähnlichen, etwa mit Thonschalen u. dergl. gefüllten Apparaten hat der Plattenthurm den Vorzug, daß er in viel kleinerem Raume und selbstredend mit viel geringeren Kosten das Gleiche leistet. Bei den Koksthurmen zc. kann die Flüssigkeit im Inneren nie vollkommen gleichmäßig vertheilt sein; es müssen notwendiger Weise sehr viele Stellen sein, wo einerseits die Flüssigkeit durch eine größere Höhe herabfällt, ohne auf feste Körper zu treffen und andererseits die Gase Canäle finden, in denen sie längere Zeit ohne eine Mischung und ohne Berührung mit Flüssigkeit aufsteigen können. Vor Allem sind aber die einzelnen Gascanäle viel zu weit und tritt daher das Innere der einzelnen Gasströme mit der Absorptionsflüssigkeit nicht in Reaction. Dieser Uebelstand muß dadurch ausgeglichen werden, daß man dem Koksthurme eine große Weite und Höhe giebt, bei der allerdings schließlich die Reaction eine vollkommene wird. Bei dem Plattenthurm aber wird in systematischer Weise der Gasstrom in über 1000 dünne Strahlen gespalten, welche so oft, als sie eine neue Platte passiren, immer wieder im Inneren ihre Richtung ändern und sich

dabei gründlich mischen müssen; dabei treten sie immer in innigste Berührung mit sich stetig und ebenfalls ganz systematisch erneuernden dünnen Schichten von Flüssigkeit. Die Quadratröge verhindern es, daß etwa, wie es bei Koks-thürmen und allen anderen bisher bekannten Apparaten der Art so leicht vor- kommt, ein ungleichmäßiges Herabsinken der Flüssigkeit eintritt. Von sehr großer Bedeutung ist es augenscheinlich, daß eine dünne Flüssigkeitsschicht auf jeder Platte steht, welche sich fortwährend erneuert, und daß die Gase in den engen Röhren oft durch die Tropfen selbst hindurchbrechen müssen. Es scheint nämlich eine ähnliche Wirkung, wie bei den bekannten Rectificationscolonnen einzu- treten; wenigstens scheint darin die Erklärung der so intensiven Wirkung in einem so kleinen Raume gesucht werden zu müssen. Sehr großes Gewicht ist aber außerdem für alle Condensationsvorgänge jedenfalls auf die unzähligen An- prallungen der einzelnen Gasströme gegen feste Flächen zu legen. Es ist bekannt, daß hierdurch die Niederschlagung von dunstförmig vertheilten und unter gewöhnlichen Umständen zur Tropfenform zusammenfließenden Flüssigkeitstheilchen enorm befördert wird; außerdem wird aber durch diese unaufhörlichen Stöße die Mischung der Gase in einer sonst nicht leicht erreichten Weise vervollkommenet.

In Folge dieser Vortheile kann ein Plattenthurm 10- bis 20 mal so viel Arbeit leisten, wie ein Koksthurm in dem gleichen Raume. Man kann ihn da- her nicht nur von viel kleinerem Querschnitt, sondern auch viel niedriger machen, und braucht die Speiseflüssigkeit um so viel weniger hoch zu pumpen. Ein Thurm von 40 Platten ist nur 5,5 m hoch. Dies dient zur Vergleichung zwischen Platten- und Koks-thürmen; der Unterschied zwischen den ersteren und leerem Kammer- raum ist noch weit größer (s. u.).

Besonders wichtig ist es, zu bemerken, daß der nachtheilige Einfluß, welchen der Koks durch Reduction der salpetrigen Dämpfe ausübt (S. 148), bei dem Plattenthurme ganz fortfällt. Gut fabricirte Steingeware ist in der Kammer- atmosphäre ganz unveränderlich, und selbst etwa gesprungene Platten verrichten noch immer ihren Dienst.

Wenn ein Plattenthurm theilweise verschlammte ist, so kann man ihn durch Ausschwennen mit Wasser leicht reinigen; in schlimmen Fällen muß man den Deckel abnehmen und eine Platte nach der anderen herausnehmen.

Außer der großen constructiven Verschiedenheit zwischen den Plattenthürmen und allen früher vorgeschlagenen Apparaten besteht auch noch ein ebenso großer Unterschied in der Art ihrer Anwendung. Würde der Thurm sich selbst über- lassen, wie es bei Ward's und Thyß's Apparaten der Fall war, so würde gerade die Vollständigkeit der darin vor sich gehenden Mischung eine intensive chemische Reaction und in Folge davon eine schädliche Entwicklung von Wärme zur Folge haben. Dies wird aber durchaus vermieden durch die Speisung des Thurmes mit Wasser oder sehr verdünnter Schwefelsäure in dem Verhältnisse, daß in Folge der Verdampfung von Wasser die Temperatur nicht über 70 bis 80° steigt. Die innige Berührung zwischen Gas- und Flüssigkeitstheilchen in dem Plattenthurm muß die kühlende Wirkung der Wasserverdampfung voll und ganz zur Geltung bringen; zugleich wird auch hier das für die chemischen Reac- tionen des Schwefelsäurebildungsprocesses erforderliche Wasser ohne vorherige

Erzeugung von Dampf oder Wasserstaub geliefert; der überflüssige Dampf geht in die nächste Kammer und verrichtet dort seine Arbeit. Die am Boden weglaufende Säure wird entweder gleich verbraucht, oder in eine der Kammern laufen gelassen, oder zur Speisung des Gay-Lussachthurmes gebraucht.

In diesen Plattenthürmen wird immer ein großer Ueberschuß von salpetrigen Gasen und Sauerstoff vorhanden sein; daher ist keine Furcht, daß selbst bei Speisung mit Wasser die Bedingungen zur Bildung von Stickoxydul, also für einen Salpeterverlust, gegeben sind. Man könnte dies jedenfalls vermeiden, wenn man die Thürme mit verdünnter Säure, bis  $33^{\circ}$  B. (=  $30^{\circ}$  D.) abwärts speiste, da ich früher gezeigt habe (Berl. Ber. 1881, S. 2200), daß in diesem Falle gar kein Stickoxydul gebildet wird. Aber dies wird kaum nöthig sein; bei Speisung mit Wasser wird sich auf der obersten Platte etwas Salpetersäure bilden, welche beim Heruntertropfen bald zu Nitrosylschwefelsäure reducirt wird, und diese selbst wird weiter unten denitrirt und läuft am Boden als Kammerensäure ab. Im Uebrigen wird man die Speisung so reguliren können und müssen, daß die am Boden ablaufende Säure stark genug für die Kammern ist, also 50 bis  $53^{\circ}$  B. (= 53 bis  $58^{\circ}$  D.) zeigt.

Die Mitwirkung des Wassers in der von mir vorgeschlagenen Weise führt auch dahin, daß die salpetrige Säure nicht in die Bodensäure übergeht, was man bei einem sehr unvollkommenen Versuche zur Verwerthung der Resultate der neueren Theorien in Freiberg gefunden hatte (Schertel, Chem. Ind. 1891, S. 252, vergl. oben S. 338).

Der Hauptvorzug des Plattenthurmes ist der, daß er, wie der Gloverthurm, die gegenseitige Wirkung der Ingredientien in dem kleinst möglichen Raume hervorbringt. Wir werden im achten Capitel sehen, daß ein Cubikmeter Gloverthurm-Raum die Bildung von ebenso viel Säure bewirkt, wie wenigstens 180 cbm gewöhnlicher Kammerraum, und man kann einen ähnlichen Unterschied zwischen dem letzteren und Plattenthürmen, die zwischen die Kammern gestellt werden, erwarten.

Wir wollen nun untersuchen, ob die bei diesem System hervorgebrachten Wärmewirkungen entweder übermäßig groß oder aber zu klein sind. Die Bildungswärme von  $\text{H}_2\text{SO}_4$  aus  $\text{SO}_2 + \text{O} + \text{H}_2\text{O}$  beträgt 54 400 WE. Hierzu muß man die bei der Bildung von gewöhnlicher Kammerensäure, sage  $51,5^{\circ}$  B. oder  $\text{H}_2\text{SO}_4, 3\text{H}_2\text{O}$ , entwickelte Wärme addiren, gleich 11 100 WE, zusammen also 65 500 WE. Dies bedeutet die Wärmemenge, welche bei der Bildung einer 98 g  $\text{H}_2\text{SO}_4$  entsprechenden Menge von Kammerensäure entwickelt wird, und dies ist wenig mehr als bei der Verwandlung von 98 g kaltem Wasser in Dampf verbraucht werden würde. Within müßte man diese Menge von Wasser in dem Thurme verdampfen, um sämmtliche in dem Schwefelsäurebildungsprocesse entwickelte Wärme zu absorbiren, unter der Bedingung, daß die Säure am Boden kalt weglassen müsse und daß der Thurm keine Wärme durch Strahlung verliere. Aber da die erstere Bedingung unmöglich und die zweite gar nicht erfüllbar ist, so wird das zu verdampfende Wassergewicht kleiner, als das Gewicht des erzeugten Schwefelsäuremonohydrats sein, und wird vermuthlich der für den Kammerproceß nöthigen Menge, nämlich drei Viertel des obigen Betrages, sehr

nahe kommen. Irgend welcher Mangel an Wasser könnte selbstredend durch Dampf leicht ersetzt werden, vermuthlich am besten in Form eines in dem Ausgangsrohr aus den Plattenthürmen angebrachten Injectors.

Die Anwendung des Systems in der Praxis läßt sich folgendermaßen gestalten. Indem wir bedenken, daß weitaus die meiste Säure in der ersten Hälfte der Kammer gemacht wird, schneiden wir die hintere Hälfte ganz ab und belassen hinter dem Gloverthurm nur eine Kammer von 10 bis 15 m Länge. Hinter dieser stellen wir einen Plattenthurm von genügendem Querschnitt für

Fig. 151.

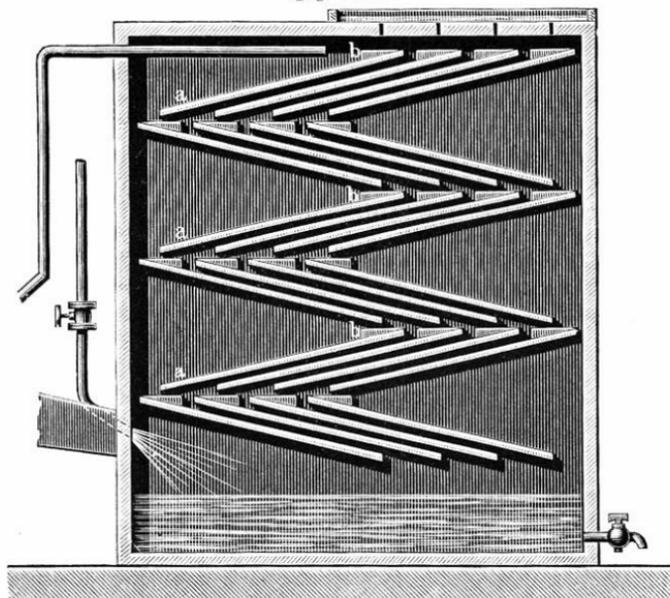
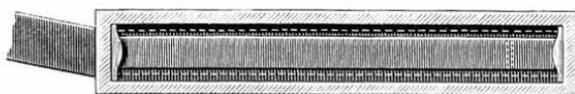


Fig. 152.



den Durchlaß der Gase auf, und geben diesen 15 bis 25 Platten Höhe. Dann kommt eine kleine Kammer von etwa 10 m Länge, wieder ein Plattenthurm, eine letzte Kammer zur Trocknung der Gase und zuletzt ein Plattenthurm, welcher als Gay-Lussacthurm dient, worauf man mit einem größeren Gay-Lussacthurm abschließen kann. Die Plattenthürme werden mit Wasser oder noch besser mit ganz verdünnter Schwefelsäure aus der letzten Kammer (etwa  $30^{\circ}$  B. =  $26^{\circ}$  D.) berieft, und zwar bis zu dem Grade, daß unten eine Säure von 50 bis  $53^{\circ}$  B. ( $53$  bis  $58^{\circ}$  D.) herausläuft, die man natürlich in die Hauptkammer gehen läßt.

Man könnte die Frage aufwerfen, warum wir nicht vorschlagen, den ganzen Schwefelsäurebildungsproceß in Plattenthürmen oder ähnlichen Apparaten auszuführen. Aber ein Blick auf die im nächsten Capitel zu gebenden Curven wird zeigen,

daß der erste Theil der Kammer wirklich sehr gut arbeitet, und so lange die Gase eine derartige Concentration haben, wird eine Bleikammer vermuthlich immer der billigste Apparat zur Schwefelsäurefabrikation sein. Sobald aber die Curve sich gegen die Horizontale biegt, d. h. sobald die Reactionen träge werden, ist es Zeit, sie durch einen Apparat nach Art des Plattenthurmes zu beleben. Wollte man solche gleich von Anfang an anwenden, so würde die Hitze zu hoch steigen, was für den Apparat sowohl wie für den Proceß schädlich wäre. Daher scheint auch das von Hannay vorgeschlagene Verfahren (Engl. Pat. Nr. 12 247; vergl. 16. Capitel) kaum der Art, daß ein Erfolg desselben erhofft werden kann.

Wir erwähnen noch den Apparat von Hoffmann und Carlisle (G. Pat. Nr. 48 283) zur Absorption von Gasen durch Flüssigkeit. Derselbe (Fig. 151 und 152, a. v. S.) besteht aus einer Colonne oder einem Thurm, der mit Gruppen von Rinnen *aa* gefüllt ist, welche in entgegengesetzten Richtungen geneigt und mit Ueberlaufgefäßen *bb* verbunden sind. Dieser Apparat soll Schwefelsäure aus zugleich mit Salpetersäure „verdampfendem“ Schwefel machen, welche beide durch einen Injector in den Apparat eingepreßt werden, während die verbrauchten Gase durch einen anderen Injector in die Schwefelkammer zurückgepreßt werden. Es ist nicht angegeben, aus was für einem Material der Apparat gemacht werden soll, und der merkwürdige, zuletzt erwähnte Vorschlag zur Schwefelsäurefabrikation wird zur Beurtheilung seines technischen Werthes genügen.

### Hilfsapparate.

Jedes Kammer-system muß außer den Bleikammern selbst eine Anzahl von Hilfsapparaten enthalten, welche zum Theil zu ihrem Betriebe absolut nothwendig sind, zum Theil zu dessen chemischer und technischer Controle dienen; die letzteren wollen wir als Nebenapparate der Bleikammern bezeichnen. Von den eigentlichen, nothwendigen Hilfsapparaten sind die folgenden wesentlich: diejenigen zur Einführung der Salpetersäure, zu der des Wasserdampfes (resp. Wassers) und zur Hervorbringung des nöthigen Zuges. Dazu kommt noch der Apparat zur Wiedergewinnung der salpetrigen Säure u. s. w., welcher aber im Zusammenhange für sich beschrieben werden soll, schon deshalb, weil er bei manchen (namentlich kleinen) Fabriken selbst heute noch nicht immer gefunden wird.

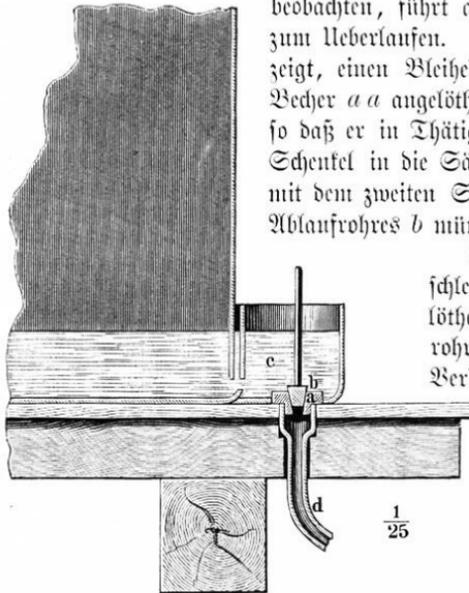
### Die Nebenapparate der Bleikammern

bestehen aus folgenden Stücken:

Abflußvorrichtung für die Säure. Man bringt nie an den Kammern selbst Hähne an, die sich allerdings aus Hartblei (4 oder 5 Blei auf 1 Antimon) ganz gut machen lassen, aber einmal sich zu leicht mit Bleisulfat verstopfen und zweitens Schwierigkeiten verursachen, wenn die Verbindungsstelle undicht wird zc. (Vergl. im 8. Capitel die aus Hartblei und Steinzeug combinirten March'schen Hähne.) Am besten bringt man neben der Kammer einen runden oder eckigen, oben offenen Bleikasten von derselben Höhe wie das „Schiff“ des Kammerbodens an, und verbindet diesen Kasten an oder dicht über dem Boden mit der Kammer durch ein weites Rohr; oder man löthet auch nur ein entsprechendes Stück an die

Kammer an, wie es Fig. 153 bei *c* zeigt, und läßt zur Verbindung unten einen Schlig. An dem zweiten Kasten kann sich dann ein Hahn befinden; häufiger aber, wie die Figur es zeigt, trägt er in seinem Boden einen Ventilsitz von Hartblei *a*, in welchen ein conischer Stöpsel aus demselben Metall mit eisernem überbleitem Griff paßt (*b*). Unten an den Ventilsitz ist das Abzugsrohr *d* entweder

Fig. 153.



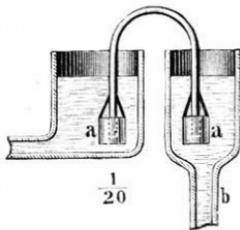
direct angelöthet oder durch einen offenen Trichter angefügt; letzteres gestattet zwar den Abfluß besser zu beobachten, führt aber bei irgend welcher Verstopfung zum Ueberlaufen. Man kann auch, wie es Fig. 154 zeigt, einen Bleiheber anwenden, an den unten zwei Becher *aa* angelöthet sind, die ihn immer voll halten, so daß er in Thätigkeit tritt, sobald man einen seiner Schenkel in die Säure einsetzt. Man läßt ihn dann mit dem zweiten Schenkel in einen großen Trichter des Ablaufrohres *b* münden.

Das einfachste, aber durchaus nicht schlechte Verfahren ist folgendes. Man löthet ein kurzes Stück dickwandiges Bleirohr an die Kammer und macht die Verbindung durch Umgießen mit Blei recht stark. Dieses Rohr endigt über dem Trichter des Ablaufrohres und ist durch einen guten Kautschukstopfen verschlossen. Der Arbeiter nimmt diesen mit der Hand heraus und steckt ihn später

ebenso wieder ein, worauf er sich in einem dabei stehenden Wassereimer sofort die Säure von den Händen abwäscht.

Eine sehr gute Einrichtung ist folgende. Der Trichter des Ablaufrohres *a* ist verlängert, wie es Fig. 155, a. f. S., zeigt. Der Heber *b* ist in dem Gefäße *c*, das mit der Bodensäure communicirt, oder auch hinter dem Kammeraufstand selbst fest angebracht. Dagegen ist ein unten geschlossener Cylinder *d*, welcher den längeren Heberschenkel einfaßt, so aufgehängt, daß man ihn mit der Kette *e* über die Rolle *f* beliebig auf- und niederziehen und vermittelst Einhafens in den Haken *g* an jeder Stelle festhalten kann. Der Cylinder *d* bildet einfach eine Verlängerung des äußeren Schenkels von *b*; wenn er ganz hinaufgezogen wird, so daß sein Ueberlaufrohr *h* über das Niveau der Säure

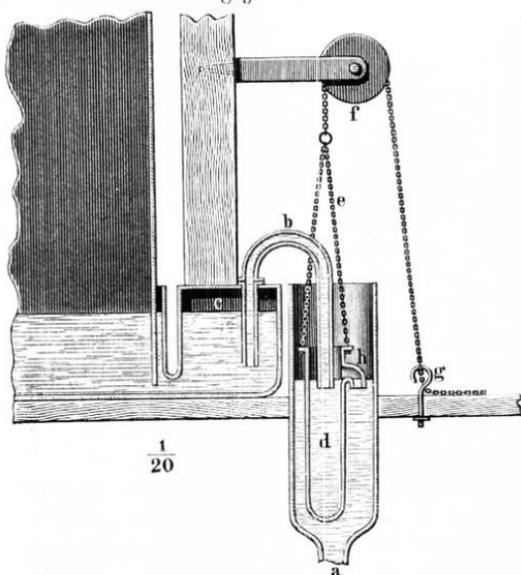
Fig. 154.



in *c* kommt, so wird er aufhören zu laufen; aber wenn *h* unter dieses Niveau kommt, wird der Heber sofort anfangen zu laufen, und zwar um so schneller, je tiefer man *d* herabläßt. Diese Einrichtung gewährt die Möglichkeit, mit aller Reinlichkeit zu arbeiten und den Säureabfluß beliebig schneller oder langsamer erfolgen zu lassen.

Fig. 156 zeigt einen Heber, der für heiße Säuren u. dergl. dienlich ist, um an verschiedenen Orten in der Fabrik gebraucht zu werden. An den Scheitel des

Fig. 155.

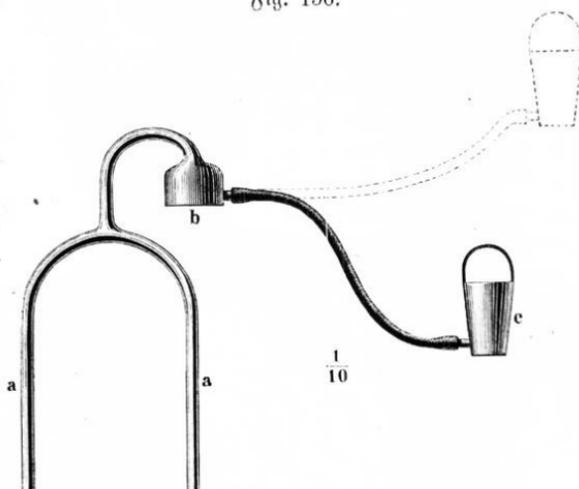


Hebers *aa* ist durch ein gebogenes Rohr das geschlossene Bleigesäß *b* angesetzt, welches durch einen Gummischlauch mit dem offenen Gefäße *c* in Verbindung steht. Man füllt letzteres mit Säure, hebt es in die punktirte Stellung, worauf sich erst das Gefäß *b* und dann der Heber *a* füllt, und senkt *c* nieder, worauf der Heber zu laufen anfängt, indem etwas Säure aus *b* nach *c* zurückläuft und so eine Luftverdünnung in *aa* entsteht.

Wir wollen hier auch die besten Einrichtungen zur Ansetzung von Hebern in Glasballons oder anderen

Gefäßen mit ägenden Flüssigkeiten beschreiben. Das einfachste und wirksamste Verfahren ist das in Fig. 157 gezeigte. Ein gläserner oder bleierner Heber *a*

Fig. 156.



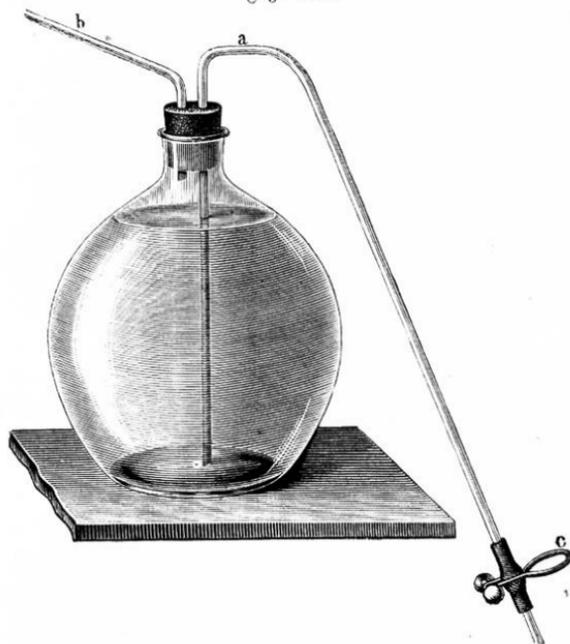
ist durch einen guten Kautschukstopfen gesteckt, den man stark conisch wählt, damit er auf Flaschen von sehr verschieden weiter Mündung paßt; durch denselben Stopfen geht ein kurzes Rohr *b* hindurch. Der Heber kann mit einem Hahn *c* versehen sein oder auch nicht. Man sieht sofort, daß durch Einblasen in *b* der Heber *a* in Thätigkeit gesetzt werden wird. Um ihn außer Thätigkeit zu setzen, schließt

man den Hahn *c*, oder, wenn kein solcher vorhanden ist, durch Püpfen des Stopfens, oder durch Oeffnung eines dritten in demselben zu diesem Zwecke vorhandenen Loches. Wenn, wie dies sehr häufig der Fall ist, der Hals der Säure-

ballons eine zu unregelmäßige Gestalt hat, als daß der Stopfen luftdicht schließen könnte, so hilft man mit feuchtem Thon nach, und im Nothfalle kann ein Klumpen Thon den ganzen Kautschukstopfen ersetzen.

Böde und Wimpf's Heber (Deutsch. Pat. Nr. 23 794; Chem. Zeit. 1885, S. 907; Verbesserungen in Zeitschr. f. angew. Chem. 1889, S. 522) beruht auf einem ähnlichen Princip, mit Hinzunahme eines Kugelventils zum Ansetzen und Abstellen des Hebers. Diese Construction scheint sich besonders gut für Salpetersäure zu eignen. Auch Misch (Deutsch. Pat. Nr. 9133), Landel (ebend. Nr. 9307), J. P. y More (ebend. Nr. 28 721), Opländer (ebend. Nr. 30 622), J. Stark (ebend. Nr. 57 723) u. A. haben verschiedene Arten von Hebern construirt. De Hemptinne hat eine Broschüre geschrieben, in

Fig. 157.



welcher er eine Menge Heber bis zu ihren Erfindern zurückverfolgt; viel Neues ist nicht dabei.

J. Cortin in Newcastle-upon-Tyne fabricirt nicht-rotirende Säureventile aus einer besondern Hartbleimischung, wobei der Ventilkörper, ohne sich umzudrehen, senkrecht aus seinem Sitz gehoben wird und in diesen zurückfällt, so daß keine Reibung und daher auch sehr wenig Abnutzung stattfindet.

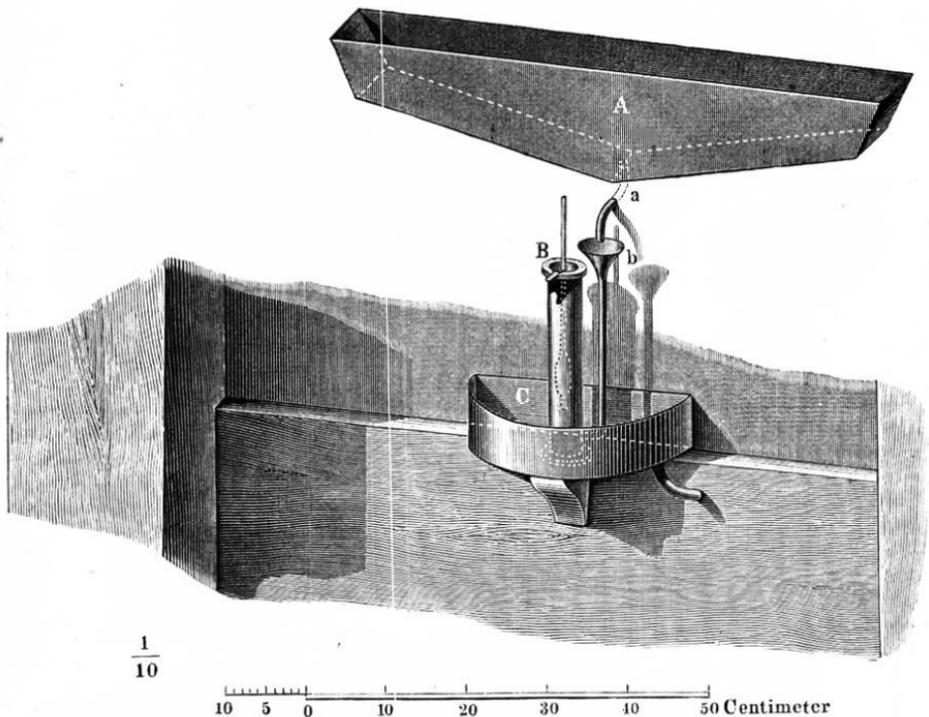
Säuretithe (Tropfenfammer) werden in den Kammern aufgestellt, um an der Menge, Stärke und an dem Salpetergehalt der sich darin verdichtenden Säure den Kammergang

erkennen zu können. Sie werden in sehr verschiedener Weise ausgeführt; die von Schwarzenberg gegebene Zeichnung versinnlicht sie sehr gut, siehe Fig. 158, a. f. S. A ist ein Bleigesäß, welches ähnlich wie ein Wandkorb im Inneren der Bleikammer, etwa 0,85 m über dem Boden, angebracht und an der Wand festgelöthet ist. Die in diesem Gefäße aufgefangene Säure fließt durch das Abzugsrohr a, welches die Wand der Bleikammer durchbricht und daran verlöthet ist, in das cylindrische Bleigesäß B, in dem sich ein Aräometer befindet. Letzteres Gefäß ist nahe über seinem Boden mit dem seitlichen Aufsatzrohre b versehen, welches höher als B ist und oben mit einem Trichter endigt, in den die Säure einfließt. In Folge des hydrostatischen Druckes fließt also die Säure fortwährend unten in das Gefäß B ein und oben durch eine kleine Schnauze wieder

heraus, und gelangt in den Behälter *C*, aus welchem sie durch ein kleines Rohr in die Bleikammer zurückgeführt wird. Je länger der Trog *A* ist, desto öfter erneuert sich die Säure in *B*, so daß man sicherere Anzeigen erhält.

An den meisten Orten werden die Cylinder *B* viel zu groß genommen, und erneuert sich daher deren Inhalt viel zu langsam, um plötzliche Änderungen in dem Prozesse erkennen zu können. Weitans vorzuziehen sind sehr kleine, etwa 20 cem fassende, starkwandige Cylinder aus Glas oder Blei, im Uebrigen ganz von der in Fig. 158 gezeigten Gestalt, also mit seitlichem Einflußrohr. Dazu gehören entsprechend kleine Aräometerspindeln, welche nur einige wenige (etwa 10)

Fig. 158.



Baumé'sche oder Densimetergrade enthalten und daher genau genug sind. Diese Einrichtung, welche ich u. A. in der „Hermania“ zu Schönebeck gesehen habe, bewirkt, daß der Inhalt der Tropfgläser sich etwa alle 10 Minuten vollständig erneuert, was gewiß eine sicherere Beurtheilung des Kammerganges, als die gewöhnlichen großen Cylinder, gestattet.

In vielen Fabriken befinden sich außerdem S-förmige Abtropfröhrchen in den Verbindungsrohren zwischen den Kammern, zu gleichem Zwecke wie die der Säuretische.

An anderen Orten traut man dem an die Wand der Kammer angelötheten Säuretisch nicht, sondern stellt solche Tische (horizontal oder nach Art eines

Regenmessers) in einiger Entfernung von der Wand innerhalb der Kammer auf; der Tisch ruht dann auf von Bleiröhren gebildeten Füßen, oder auf einem Untersätze von hart gebranntem Thon u. dergl., um ihn über das höchste Niveau der Säure zu erheben, und hat einen durch die Kammerwand nach außen gehenden Ablauf. In manchen Fabriken (z. B. zu Aufzig) sind beiderlei Säuretische neben einander vorhanden, und man bemerkt daselbst, daß der Wandtisch stets zu 2 bis 3° B. schwächere Säure als der Zementtisch giebt; augenscheinlich, weil an der Wand sich mehr Wasserdampf im Verhältniß zur Schwefelsäure condensirt.

Zum Entnehmen von Proben aus der Bodensäure selbst ist gewöhnlich an einer Stelle der Kammer eine Nische durch Zurückbiegen des unteren Seitenrandes angebracht. Um ganz sicher zu gehen, nehmen Manche die Proben direct aus der Kammer durch ein kleines, zu diesem Zwecke besonders angebrachtes Mannloch, das jedesmal mit feuchtem Thon u. dergl. gedichtet wird; dabei entweicht freilich etwas Gas, aber man läuft nicht die Gefahr, wie in der Nische, stagnirende Säure zu bekommen. Ein solches Mannloch mit seinem Deckel ist in Fig. 159 a im Durchschnitt gezeichnet, und genau ebenso können auch die

Fig. 159.

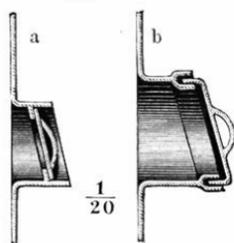
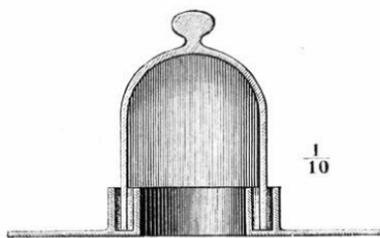


Fig. 160.



großen Mannlöcher construirt werden. Man giebt den Deckeln wohl auch einen umgebogenen Rand, und läßt sie in eine mit feuchtem Thon gefüllte Nuth des Mannlochumfangs eingreifen (Fig. 159 b). Bei größeren Kammern bringt man mehrere Säuretische, Mannlöcher zc. an.

Zum Probeziehen selbst wendet man einen Stechheber von Blei oder Glas an, den man langsam und gleichförmig einsenkt, um möglichst alle Schichten der Säure in ihm vertreten zu bekommen; es bestehen häufig große Unterschiede zwischen der Säure am Boden und an der Oberfläche.

Bei allen gehörig eingerichteten Kammern sind Thermometer an verschiedenen Stellen ihrer Länge (etwa auf je 10 bis 15 m) eingelassen, deren Scala nach außen vorragt. Dieses Mittel ist selbstredend viel besser, als das oft angewendete des Prüffens durch Auslegen der Hand auf die Kammerwand.

Für Kammern von nicht über 30 m Länge findet man oft nur je einen Säuretisch, Thermometer zc. Bei größeren Kammern braucht man deren mehrere, gewöhnlich etwa je einen für 20 m Länge.

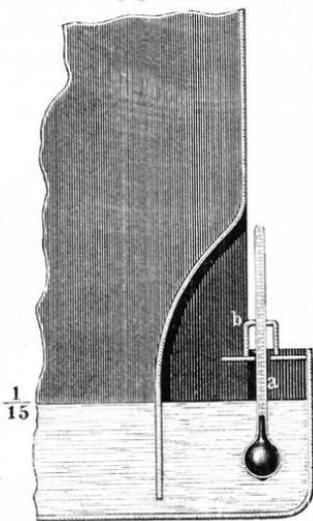
Den Druck in den Kammern kann man mit irgend einem der am Schlusse dieses Capitels zu beschreibenden Anemometer (Zugmesser) messen.

Auch findet man zweilen Probestöpsel von Thon, um den Druck im Inneren der Kammer beim Herausnehmen anzuzeigen. Die Spannung der Gase

wird auch oberflächlich erkannt durch Aufheben der kleinen Mannlochdeckel, Fig. 160, a. v. S., welche immer oben auf der Kammerdecke mit hydraulischem Verschlusse angebracht sind, und welche zweckmäßig aus Glasglocken bestehen, um die Glasfenster in den Kammern zu beleuchten (s. u.).

Zum Messen der Höhe des Säurestandes dienen entweder stationäre Maßstäbe von Blei, welche aber schwer abzulesen und nicht sehr genau zu machen sind, oder Stangen von Kupfer mit genauer Maßtheilung, welche jedesmal eingetaucht werden, aber immer an derselben Stelle, weil eine Kammer doch nie absolut im Niveau ist, oder die in Fig. 161 abgebildete Einrichtung eines gläsernen Schwimmers *a*, geführt durch ein kleines Bleigerüst *b*, dessen obere Kante zugleich zum Ablesen des Schwimmers dient; sein Nullpunkt ist natürlich dem ent-

Fig. 161.



sprechend bezeichnet. Freilich wird der Schwimmer je nach der (unter gewöhnlichen Umständen ja nur sehr unbedeutenden) Aenderung des specifischen Gewichtes in der Kammer mehr oder weniger tief einsinken, weshalb man ihm eine recht große Kugel giebt, um diesen ohnehin geringen Unterschied noch weniger bemerklich zu machen; er ist sonst bei Weitem das bequemste Mittel zur Ablefung des Säurestandes.

Ein sehr wichtiges Mittel zur Beurtheilung des Kammerganges, das man aber merkwürdiger Weise in vielen Fabriken gar nicht findet, sind Glascheiben (Laternen) zur Beobachtung der Farbe des Kammerinneren. Wenn man sich einmal an diese gewöhnt hat, so glaubt man sie gar nicht mehr entbehren zu können; so groß ist die Bequemlichkeit, welche sie gewähren. Man bringt die Scheiben (etwa 20 bis 25 cm im Quadrat groß) in bequemer Augenhöhe an, und

zwar an den Stellen der Kammerlängsseiten, welche in einer Linie mit den durch Glasglocken bedeckten Mannlöchern in der Decke liegen; dadurch bekommt man hinreichende Beleuchtung. Stehen die Kammern unter Dach, so wird man sich auf andere Weise zu helfen wissen, um eine Beleuchtung der Scheiben hervorzu- bringen, z. B. durch zwei gegenüberstehende Scheiben, welche mit Fenstern in dem Kammerhause correspondiren etc. Die Scheiben werden in kleine Bleifalze mit Leinöl-Bleiweißkitt eingesetzt. Man findet öfters die Behauptung ausgesprochen, daß die Farbe des Gasgemenges, durch die ganze Breite der Kammer hindurch, oder in der diagonalen Linie von der Seite bis nach dem Decken- Mannloch betrachtet, zu dunkel sei, und daß es sich daher besser empfehle, solche „Laternen“ in den Verbindungsrohren anzubringen. Dies ist das gerade Gegen- theil dessen, was zweckmäßig ist; gerade weil die Gasschicht im ersteren Falle so viel tiefer ist, wird die Beobachtung der Farbe um so empfindlicher und genauer; ein Erblassen der Kammerfarbe, welches bei einer Gasschicht von 6 m Tiefe schon ganz deutlich ist, wird bei einem Rohre von 0,5 m Durchmesser erst wahr-

nehmbar werden, wenn es zehnmal intensiver ist. Nur in der ersten Kammer, oder da, wo nur eine sehr lange Kammer vorhanden ist, im ersten Theile derselben, wird durch die reichliche Condensation das Gasgemenge zu trübe und dunkel sein, als daß man seine Farbe beobachten könnte; das ist aber gerade dort ganz unnöthig, und man kann überhaupt die Glasstheiben dort ganz fortlassen, denn nur in dem letzten Theile des Kammer-systemes kommt es darauf an, immer einen Ueberschuß von rothen Dämpfen wahrnehmen zu können. Der Verfasser steht also nicht an, aus eigener vieljähriger Erfahrung die Anbringung von Glasstheiben in oben erwähnter Art in den Kammerwänden selbst auf das Wärmste zu empfehlen.

Hier und da zieht man den gewöhnlichen seitlichen Kammerfenstern, welche etwas schwierig rein zu erhalten sind, Glasglocken nach Art der in Fig. 160 gezeigten vor, welche auf besonderen kurzen, weiten, knieförmigen Seitenstützen in der Kammerwandung angebracht sind. Wenn diese Glocken schmutzig geworden sind, so kann man sie augenblicklich gegen reine vertauschen. Man behauptet, daß diese Seitenglocken alle Wechsel in der Kammeratmosphäre ebenso gut wie die in den Kammerwänden selbst angebrachten Fenster zeigen; aber nach anderweitiger Auskunft trifft dies doch nicht zu; oft sind die Seitenglocken noch ganz gelb, während die Kammern schon weiß sind und umgekehrt, da eben der Austausch in diesen Seitenknien kein augenblicklicher ist.

#### Apparate zur Einführung der Salpetersäure in die Bleikammern.

Diese theilen sich in zwei große Classen, je nachdem die Salpetersäure aus einem Gemisch von Salpeter und Schwefelsäure, das durch die Röstgase aus den Schwefel- oder Kiesöfen erhitzt wird, in gasförmiger Gestalt, gemischt mit den Röstgasen, in die Kammern eintritt, oder in besonderen Apparaten in flüssiger Form bereitet und in solcher in die Kammern eingeführt wird. Welches von beiden Systemen das beste sei, darüber sind die Ansichten noch nicht völlig übereinstimmend. Das System mit gasförmiger Säure, welches früher ganz allgemein war, das auch jetzt noch in ganz England das herrschende ist und auf dem Continent an ziemlich vielen Orten angetroffen wird, hat den Vorzug der größeren Einfachheit und Ersparniß an Arbeit und Brennmaterial. Der dafür auch angeführte Vorzug, daß man geringeren Verlust als bei der Darstellung flüssiger Säure habe, die man doch wieder vergasen müsse, ist freilich nicht so groß, als es auf den ersten Blick ansieht, denn auf einem irgend längeren Wege der Gase bis zu den Kammern wird sich leicht etwas Salpetersäure verdichten und zum Zerfressen des Mauerwerks, Eisens &c. Veranlassung geben, während die flüssige Salpetersäure immer genau da eingeführt wird, wo man sie braucht. Auch wird in Folge der Anwesenheit von Salpetersäure im Röstgase die Schwefelsäurebildung in demselben leicht zu früh anfangen, ehe das Gas in die Kammern gelangt ist, namentlich wenn es durch Säureverdampfpfannen, Flugstaubkammern u. dergl. zu stark abgekühlt wird. Bei Anwendung des Gloverthurmes jedoch fällt diese Gefahr so gut wie ganz weg. Dagegen befürchten Manche, daß in den Salpeteröfen bei zu starker Hitze der Röstgase das Zeretzungsgefäß so heiß werden könne, daß sich

ein Theil der Salpetersäure nicht nur zu niederen Säuren des Stickstoffs, sondern bis zu Stickoxydul oder gar freiem Stickstoff hinab zersetze; doch nehmen die Arbeiter gewöhnlich so viel Schwefelsäure, daß dieser Fall nicht leicht eintreten wird, und die Bildung von Stickoxydul oder gar Stickstoff findet gar nicht so leicht statt, wie man früher gemeint hat (s. später). Die Vortheile, welche die Einführung der Salpetersäure in flüssiger Form gewährt, sind folgende: Erstens die Vermeidung des Einströmens von falscher Luft in die Kammern und des Ausströmens von Röstgasen in die Atmosphäre, welche beide bei vielen (aber nicht allen) Systemen der Anwendung von gasförmiger Säure eintreten und häufig sehr lästig fallen. Zweitens die Möglichkeit, beliebige Mengen von Salpetersäure anzuwenden und zwar so schnell wie man will, während man in dem anderen Falle von der Hitze der Röstgase abhängig ist, welche gerade bei schlechtem Röstproceß, wo man am meisten Salpetersäure braucht, zuerst im Stiche läßt. Drittens und vor Allem die genaue Regulirung, welche die Speisung mit flüssiger Säure zuläßt, und der ganz continuirliche Zulauf derselben, im Gegensatz zu der stoßweisen Entwicklung der gasförmigen Säure aus der Salpetermischung. Diese Vortheile haben dahin geführt, daß auf dem Continent die meisten der neueren Fabriken zur flüssigen Salpetersäure übergegangen sind; daß sie dabei weniger Chilisalpeter consumiren, als die mit Salpetermischung arbeitenden, ist jedoch keineswegs erwiesen.

Nach Muspratt's Dictionary of Chemistry (1852) II, 1029 soll sogar umgekehrt ein continentaler Fabrikant, der früher mit flüssiger Salpetersäure arbeitete, in England die Anwendung des festen Salpeters gesehen und bei seiner Rückkehr nach Hause ein Drittel seines Salpeters durch Einführung des englischen Processes erspart haben. Dieses spricht freilich nicht sehr für die Sorgfalt, mit der jener Fabrikant früher gearbeitet hatte, und ist sicher in keiner Weise maßgebend. In neuerer Zeit ist der entgegengesetzte Uebergang häufig vorgekommen. Nur dann wird die Anwendung der flüssigen Salpetersäure Nachtheil bringen, wenn der Einführungsapparat für dieselbe nicht so construirt ist, um sie vollständig zu verflüchtigen oder in gasförmige Producte zu verwandeln, ehe sie den Boden der Kammer erreicht, den sie sonst angreifen würde. Die Zersetzung der Salpetersäure geschieht durch die Einwirkung der schwefligen Säure und des Wasserdampfes, und diese müssen so einströmen, daß ihnen die Salpetersäure möglichst ausgesetzt ist.

In großen Fabriken hat die Anwendung des festen Salpeters den Vortheil, daß man einer solchen Beschädigung der Kammer, wie sie bei unvorsichtiger Behandlung mit flüssiger Säure bei nicht ganz genauer Aufsicht eintreten kann, nicht ausgesetzt ist, während doch auch die stoßweise Entwicklung der Salpeterdämpfe dadurch weniger schädlich wird, daß man mehrere Entwicklungsapparate anbringt, und dieselben abwechselnd beschickt, etwa alle Stunden, nachdem gerade ein neuer Pyritofen beschickt worden ist. Man bekommt auf diese Weise die größere Entwicklung von Salpeterdämpfen parallel laufend mit derjenigen von schwefliger Säure, was sicher recht rationell genannt werden kann. Noch sicherer wird dies, wenn man eine Einrichtung anbringt, um die zur Zersetzung des Salpeters dienende Schwefelsäure nicht auf einmal, sondern allmählig zulaufen zu

lassen. In der That wollen die besten der großen englischen Fabriken, welche sämmtlich festen Salpeter anwenden, mit ebenso wenig Salpeter und mit ebenso gutem Ausbringen an Schwefelsäure arbeiten, als dies die besten der mit flüssiger Salpetersäure arbeitenden continentalen Fabriken thun, und auch auf dem Continent arbeiten die mit festem Salpeter beschickenden Fabriken im Ganzen ebenso gut wie ihre Nachbarn mit flüssiger Salpetersäure. Es ist jedoch sehr schwierig, solche Angaben zu controliren, da sehr wenige Fabrikanten ihre wirklichen Betriebszahlen Anderen mittheilen, und viele derselben diese Zahlen gar nicht einmal selbst mit dem Grade der Genauigkeit kennen, der für die Entscheidung dieser Frage nöthig wäre.

Ohne allen Zweifel kann der Kammerproceß in regelmäßigerer Weise bei continuirlicher Zufuhr von flüssiger Salpetersäure geführt werden (vgl. Eschellmann's Versuche in Widnes im siebenten Capitel). Der früher berechtigte Einwand gegen dieses System, daß im Falle eines Zusammensturzes der „Cascaden“ (s. unten) die erste Kammer sehr leiden müsse, ist dahingefallen, da man diese Cascaden entweder durch Einführung der Salpetersäure in den Gloverthurm oder durch Zerstäuber vollkommen ersetzen kann, und dies in den allermeisten Fabriken wirklich gethan hat. Die Arbeit, welche die Darstellung der Salpetersäure in großen Apparaten und ihre Condensation erfordert, ist kaum größer als die des fortwährenden Einsatzes von festem Salpeter bei dem englischen System; der Verbrauch von Schwefelsäure ist bei dem ersteren System erheblich geringer, als bei dem letzteren, was durch die selbstverständlich eintretende Verwerthung des Bisulfats nicht ganz compensirt wird, und dies zahlt einen Theil der Kohlen für die Heizung der Salpetersäureretorten, welche man übrigens bisweilen durch die Pyritofengase bewirkt.

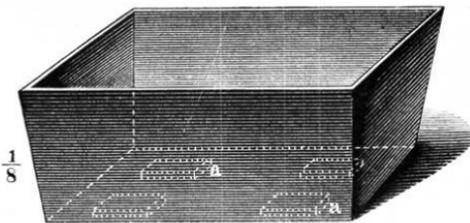
Diese Gründe erklären es, warum in der Mehrzahl der continentalen Fabriken die Anwendung von flüssiger Salpetersäure für den Kammerproceß trotz der größeren (zum Theil auch nur scheinbar größeren) Mühe vorgezogen wird. Wenn man alle Unannehmlichkeiten des englischen Verfahrens, das Entweichen von schädlichen Dämpfen, das Ueberlaufen der Mischung, die hin und wieder vorkommende unvollkommene Zersetzung des Salpeters, die öftere Einführung von falscher Luft in die Kammern, zusammenfaßt, so überwiegt dies doch die auf die Fabrication und Speisung mit Salpetersäure verwendete Mühe. Daß trotzdem sämmtliche englische Fabrikanten letzteres verschmähen, läßt sich wohl nur aus der Furcht davor erklären, daß der Uebergang von ihrem System zu flüssiger Salpetersäure bei den nicht daran gewöhnten Arbeitern Schwierigkeiten machen würde. Wie sehr aber die Unvollkommenheit des jetzigen Systems in England selbst gefühlt wird, das wird durch die verschiedenen später zu erwähnenden Versuche zur Speisung der Kammern mit einer Lösung von Natronsalpeter erwiesen, welche auf irrationeller Basis beruhen und nothwendiger Weise fehlschlagen mußten.

Wir werden nun beide Arten der Salpetersäureeinführung besprechen, und zwar zunächst die

## Einführung der Salpetersäure im gasförmigen Zustande.

Die dafür gebräuchlichen Einrichtungen sind zum Theil schon oben, bei Beschreibung der Schwefel- und Pyritöfen, an den passenden Stellen besprochen worden. Es ist daselbst auch schon auf die Nachtheile hingewiesen worden, welche

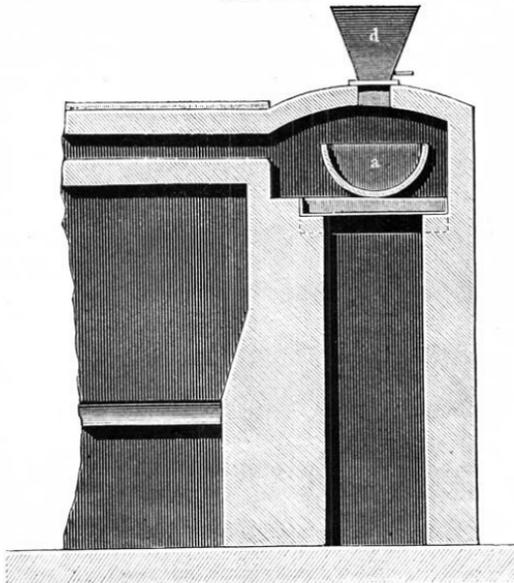
Fig. 162.



es mit sich bringt, wenn man die Salpeterköpfe in den Öfen selbst oder überhaupt so aufstellt, daß das überkochende saure Natriumsulfat in die Öfen laufen kann. Man bestimmt also neuerdings immer (wenigstens in England) einen speciell für diesen Zweck im Gascanale hergestellten weite-

ren und höheren Raum, den Salpeteröfen, für diesen Zweck. Er liegt über, oder noch besser hinter den Pyritbrennern, besitzt die nöthigen Arbeitsthüren und eine Bodenplatte von Gußeisen mit aufstehendem Rande zur Auffammlung des Ueberkochenden. Die Salpeter-

Fig. 163.

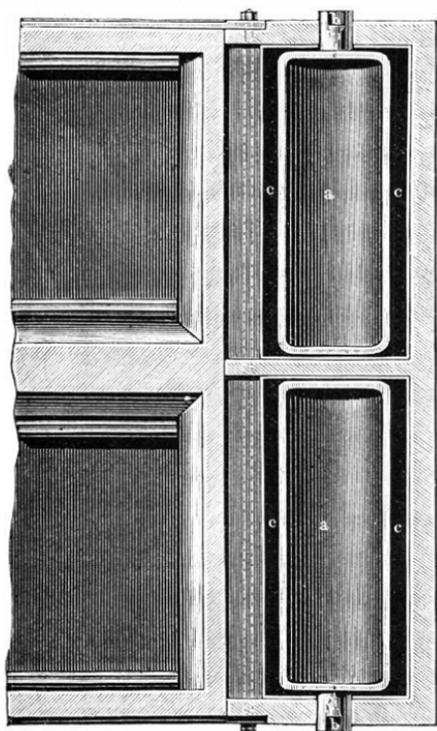


töpfe selbst haben verschiedene Gestalt, wie sie z. B. Fig. 162 zeigt. Bei *aa* sieht man unter dem Boden angelegte Leisten, welche das Hin- und Herschieben der Köpfe erleichtern. Sie fassen  $3\frac{1}{2}$  bis 5 kg Salpeter. Die Arbeit mit diesen Köpfen, welche man merkwürdiger Weise noch in manchen sonst tadellos eingerichteten Fabriken trifft, ist eine sehr mühsame und unvollkommene. Während des Entleerens und Füllens müssen die Thüren des Gascanals weit offen bleiben, was noch schädlicher, als bei den Kiesöfen ist. Die schweren Köpfe mit ihrer geschmolzenen Füllung müssen mit langen, gabelförmigen Werkzeugen er-

faßt, herausgezogen und entleert werden, wozu große Kraft und Geschicklichkeit gehört. Die frischen Köpfe werden mit Salpeter beschickt in den Öfen gerade innerhalb der Thür gestellt, aus einem Krüge wird die nöthige Schwefelsäure nach Augenmaß zugegossen und der Topf weiter hinein an seinen Platz gestoßen; dann erst kann man die Thür schließen. Wenn der Zug gut ist, so dringt sehr viel Luft ein,

welche hier gar kein Hinderniß, wie in den Pyritöfen, vorfindet; wenn er aber nicht sehr stark ist (wie das gewöhnlich der Fall sein wird), dann bringt so viel Gas heraus, daß man die Operation („potting“ heißt sie im Englischen) weit hin in der Nachbarschaft riechen kann. Zwar könnte man dem durch specielle Schiebervorrichtungen zum größten Theil vorbeugen, scheut aber wieder die Complication der dazu nöthigen Einrichtung (siehe jedoch den amtlichen Belgischen Bericht von 1855, S. 23). Die Salpetertöpfe nutzen sich sehr schnell ab und müssen oft erneuert werden, namentlich, wenn man zur Zersetzung des Salpeters,

Fig. 164.



wie dies der Bequemlichkeit wegen häufig geschieht, Kammerfäure anwendet; sie halten viel länger, bei besserer Zersetzung des Salpeters, wenn man Schwefelsäure von 60° B. (71° D.) nimmt.

Viel vollkommener als die eben beschriebene Methode ist diejenige, wobei der Salpeter in einem fest stehenden Apparate zersetzt und das flüssige, saure Natriumsulfat durch ein Rohr abgelassen wird. Dazu dient ein halbcylindrischer gußeiserner Apparat *a*, Fig. 163 und 164, mit angegossenen, etwas conisch ausgebohrtem Rohre *b*. Dieses ragt aus dem Salpeterofen heraus und ist während der Operation durch einen eingeschliffenen Eisenstopfen mit langem Stiel verschlossen; außen befindet sich darunter eine Eisenplatte mit Rand zum Auffangen des ausfließenden Sulfats, welches darauf sofort erstarrt. Die inwendig angebrachte Platte *c* fängt das Ueberfließende auf. Der Salpeter wird

durch den mit Schieber versehenen Trichter *d* eingebracht, und nach Wiedereinstecken des Schiebers durch Auffüllen mit der nächst zu verwendenden Quantität Salpeter gasdicht gemacht. Ein (in der Zeichnung nicht angegebenes) S-förmiges Rohr dient zum Einfüllen der Schwefelsäure, für welche am besten ein kleines Reservoir mit Hahn oder Heber darüber angebracht ist; man sollte die Schwefelsäure aus dem Reservoir durch ein Rohr mit sehr verengter Spitze in das S-förmige Rohr einlaufen lassen, damit das Einlaufen längere Zeit dauert und der Salpeter nur allmählig zersetzt wird. Eine (ebenfalls nicht gezeichnete und oft nicht vorhandene) eiserne Rührkrücke, deren Stiel durch die Vorderwand über *b* in einer so dicht wie möglich schließenden oder mit Lehm verklebten Oeffnung geht, dient zum Ausgleichen der Mischung in der Pfanne, und zum Umrühren mit der

Säure. Man beschickt einen Apparat von der hier gezeichneten Größe mit je 25 kg Salpeter, den man bequem in zwei Stunden zersetzen kann. Bedenfalls aber sollte man zwei oder mehr solcher Apparate haben, um durch abwechselnde Beschickung mehr Regelmäßigkeit in den Strom des Salpetersäuregases zu bringen.

Eine noch bessere Art der Einmauerung, als die gezeichnete, ist es, wenn man die Salpeterpfannen auf Eisenschienen so setzt, daß die Röstgase auch unter ihren Boden, also ringsherum, streichen können; die Platte zum Auffangen des Ueberschäumenden, welche ebenfalls den Boden des Salpeterofens bildet, muß also dann etwas tiefer angebracht sein.

### Einführung der Salpetersäure im flüssigen Zustande.

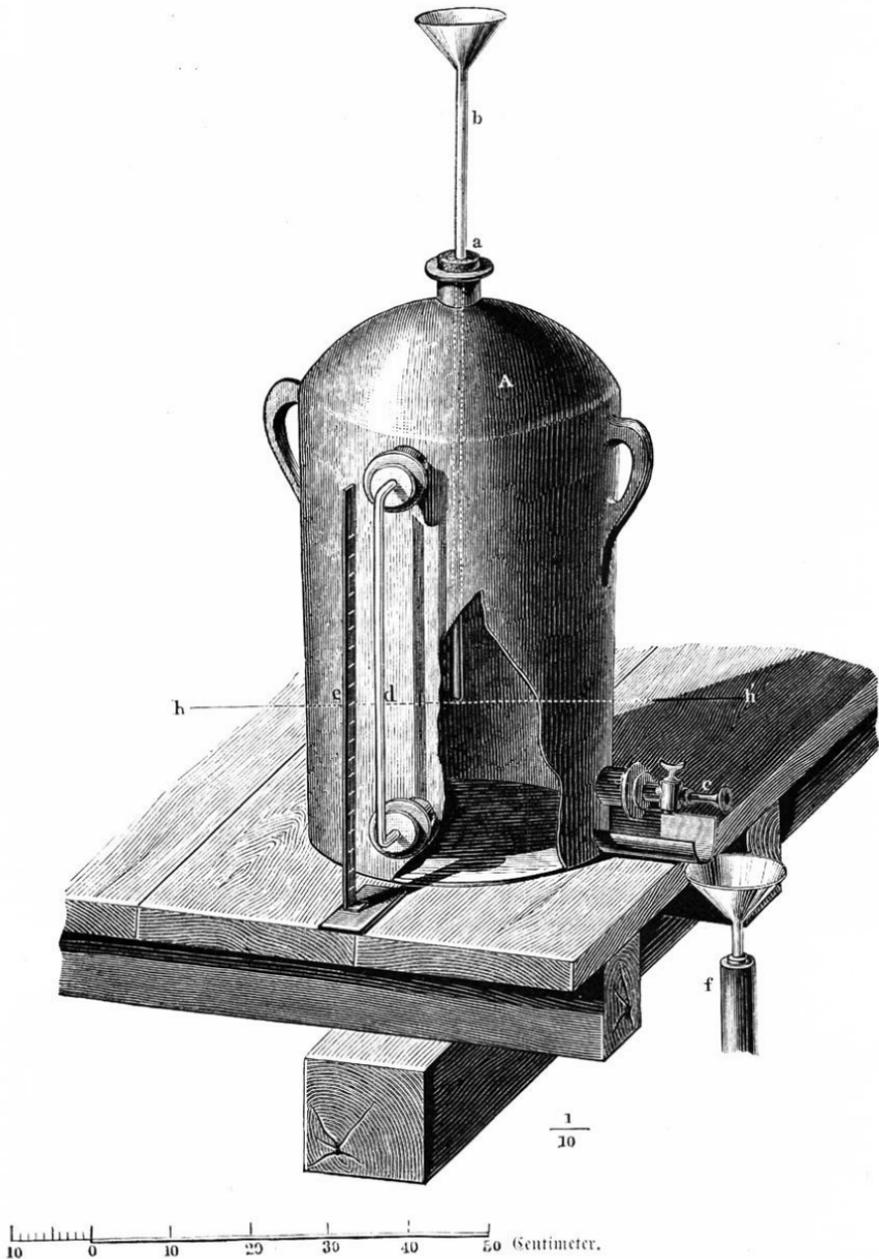
Man verwendet die Salpetersäure in der Stärke, wie sie ohne Mühe aus den früher beschriebenen Retorten gewonnen wird; sie kann übrigens, namentlich im Gloverthurm, auch noch beliebig schwächer, etwa 30° B. (26° D.) oder selbst darunter, angewendet werden.

Ueber die Einführung der Salpetersäure citiren wir zunächst Schwarzenberg's Werk, S. 345 ff.

„Fertig gebildete Salpetersäure kann nicht leicht anders als in tropfbar flüssigem Zustande in die Bleikammern eingeführt werden. Dabei ist es für den guten Erfolg des Betriebes von großer Wichtigkeit, einen möglichst gleichförmigen, kontinuierlichen Zufluß der Säure herzustellen, der sich leicht nach Bedürfniß regeln lassen muß. Am einfachsten läßt sich dies mit Hilfe eines von Mariotte erfundenen Apparates ausführen, welcher eine constante Ausflußgeschwindigkeit giebt und der in mehreren Schwefelsäurefabriken, z. B. auf den Freiburger Werken, benutzt wird. Fig. 165 stellt einen solchen Apparat im Maßstabe von ein Zehntel der wirklichen Größe dar. Das aus gebranntem Thon gefertigte Gefäß *A*, welches die Salpetersäure enthält, ist mit dem durchbohrten Kautschukpfropfen *a*, in welchen die Glasröhre *b* luftdicht eingesteckt ist, geschlossen. Diese Röhre dient als einziger Weg, auf dem atmosphärische Luft in das Gefäß *A* eindringen kann, um den Raum der durch den Hahn *c* ausfließenden Säure einzunehmen. Da die über dem Niveau *h h'*, bis zu welchem die Glasröhre herabreicht, befindliche Flüssigkeit durch den Druck der Atmosphäre getragen wird, so kann nur die Druckhöhe der Säure, welche unter diesem Niveau ist, auf den Ausfluß wirken. Diese wirksame Druckhöhe bleibt aber constant, so lange die Säure nicht unter dieses Niveau herabsinkt. Zur Beobachtung des Standes der Flüssigkeit im Gefäß dienen der dicht eingesezte gläserne Niveauzeiger *d* und der daneben stehende, aus Blei gefertigte Maßstab *e*. Die Nachfüllung des Gefäßes kann durch die offene Glasröhre *b*, welche zu diesem Zweck am oberen Ende mit einem Trichter versehen ist, geschehen. Dabei ist der Pfropf *a* etwas herauszuziehen, um der verdrängten Luft den Ausfluß zu gestatten; diese Manipulation kann aber vermieden werden, wenn man eine zweite enge Röhre in den Pfropf einsteckt, welche mit einem Quetschhahn geschlossen und nur während der Füllung des Gefäßes geöffnet wird. Die ausfließende Säure gelangt durch gläserne oder thönerne Röhren, deren Anfang bei *f* sichtbar ist, in eine der Bleikammern auf die Vertheilungsapparate.“

Zu mehreren Fabriken regelt man den Zufluß der Salpetersäure vermittelst zweier Reservoirs. Sie werden abwechselnd gefüllt, indem man nach Ablauf von

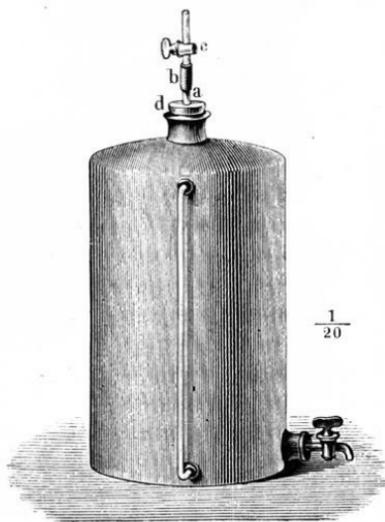
Fig. 165.



je 12 Stunden einem derselben die nöthige Salpetersäure zuführt, so daß also jedes in 24 Stunden einmal neu gefüllt wird. Der Zufluß der Säure in die Bleikammer findet fortwährend aus beiden Reservoirs zugleich statt; wenn das eine derselben die Hälfte seiner Säure abgegeben hat, so ist das andere leer geworden und wird frisch gefüllt. Auf diese Weise compensirt man einigermassen den Wechsel der Druckhöhen und erzielt eine größere Gleichförmigkeit des Zuflusses der Säure, als bei Anwendung eines einzigen offenen Reservoirs, kann aber selbstverständlich bei Weitem nicht die beim Apparat von Mariotte stattfindende Regelmäßigkeit erreichen.

Vode hat (Dingl. polyt. Journ. 220, 538) die gewöhnliche Mariotte'sche oder Schluckflasche verbessert. Sie leidet an dem Uebelstande, daß bei sehr langsamem Auslaufen, wie es in diesem Falle die Regel ist, das kleinste Sandkorn zc. schon die Hahnöffnung verstopft und die Flasche überhaupt gar nicht mehr als

Fig. 166.



Regulator für constanten Abfluß fungirt. Dies hat Vode vermieden, indem er dem Bodenhahn die Regulirung ganz abnimmt, und wie es Fig. 166 zeigt, den Hals der Flasche durch einen Gummistopfen dicht verstopft, in welchem ein Rohr *a* bis zum gewünschten Niveau niedergeht und außen durch den Gummischlauch *b* mit dem Metall- oder besser Glashahn *c* (von 3 mm Bohrung) verbunden ist. Eine in verschiedenen Einzelheiten noch weiter verbesserte Schluckflasche ist von Liebig in Post's Zeitschr. f. d. chem. Großgew. f. 1878, Heft 2, beschrieben.

Früher benutzte man allgemein zur Zerlegung der Salpetersäure eine oder zwei kleine Bleikammern, sogenannte Tambours, von etwa 7 m Länge, 3 m Breite und 3,5 m Höhe, oder Cylinder von 3 bis 4 m Durchmesser und 3,5 m Höhe, welche zwischen dem Schwefelofen und der großen Bleikammer errichtet wurden. In der zweiten dieser Kammern befanden sich die Cascaden zc., in denen die Zerlegung der Salpetersäure vor sich ging. Sie stand in etwas höherem Niveau als die erste kleine Kammer, in welche die gebildete Schwefelsäure abfloß, und welche nur dazu dienen sollte, um diese Säure noch ferner der Einwirkung der schwefligen Säure auszusetzen und sie dadurch vollkommen von Säuren des Stickstoffs zu befreien. In diese erste Kammer wurde so viel Wasserdampf eingeführt als nöthig, um die Bildung der Kammerkrystalle zu verhindern, oder um diese Verbindung zu zersetzen, wenn sie etwa in der aus der zweiten Kammer kommenden Schwefelsäure enthalten war. Die Säure, welche sich in der ersten kleinen Kammer sammelte, floß aus derselben in die große Bleikammer ab.

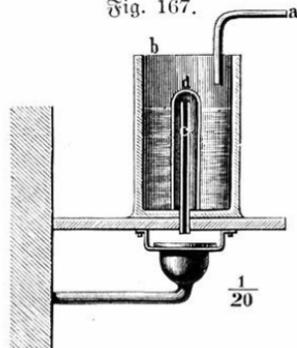
Bei richtigem Verfahren ist jedenfalls der erste Tambour unnöthig. Denn man kann die Schwefelsäure schon in derselben Kammer frei von Stickstoff-

verbindungen erhalten, in welcher die Salpetersäure zersetzt wird, wenn man letztere lange genug der Einwirkung der schwefligen Säure aussetzt und den Wassergehalt so regelt, daß die entstehende Schwefelsäure etwas mehr als 4 Aeq. Wasser auf je 1 Aeq. Säure enthält. In manchen Fabriken war nur die fehlerhafte Einrichtung des Cascadenapparates die Ursache davon, daß die Schwefelsäure in der zweiten kleinen Kammer oft eine bedeutende Menge von Salpetersäure enthielt.

Die Tambours sind aber überhaupt ganz unnöthig; man kann die Cascaden sehr gut in der ersten großen Kammer selbst aufstellen, und wo die Salpetersäure, was ja jetzt ohnehin in allen besseren Fabriken geschieht, durch den Gloverthurm eingeführt wird, fallen die Cascaden ohnehin ganz weg.

In manchen Fabriken zieht man es vor, die Salpetersäure nicht in einem ganz dünnen Strahle continuirlich, sondern in größeren Mengen intermittirend zufließen zu lassen, wozu fast immer eine heberartige Vorrichtung, wie z. B. in Fig. 167, dient. Das Rohr *a* führt Salpetersäure in ein Thongefäß *b*, durch

Fig. 167.



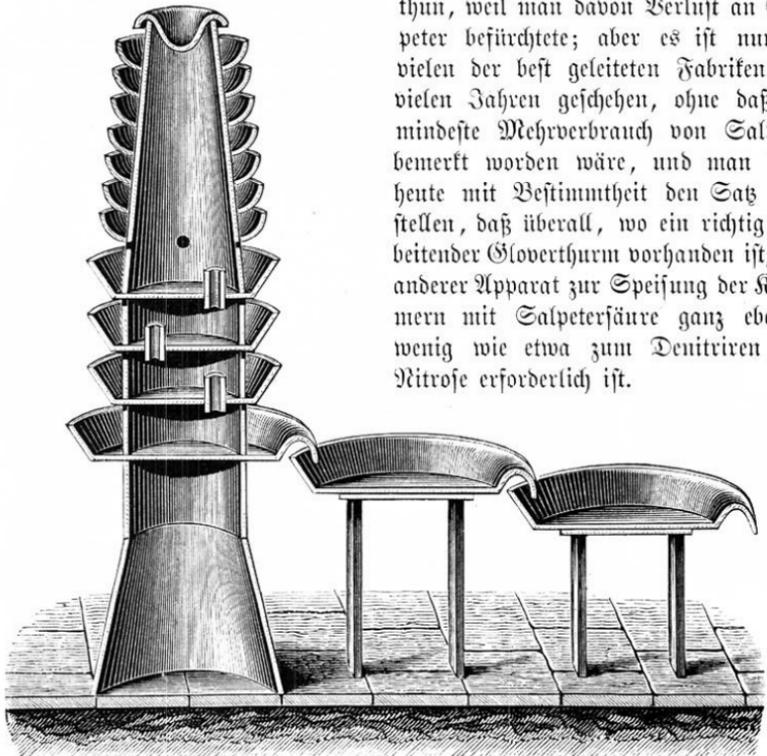
dessen Boden ein Rohr *c* geht, das oben etwa bis drei Viertel der Höhe von *b* reicht und beiderseitig offen ist. Darüber steht das weitere Rohr *d*, welches oben geschlossen, unten aber offen ist, so daß die aus *a* zufließende Säure auch den Raum zwischen *c* und *d* erfüllt. Sobald die Säure darin bis zur oberen Mündung von *c* gestiegen ist, wird dieses zusammen mit *d* einen Heber bilden, welcher zu laufen anfängt und in kürzester Zeit den Inhalt von *b* fast ganz entleert, worauf sich dieses wieder ganz allmählig füllt, bis die Säure wieder bis an die obere Mündung von *c* gestiegen ist u. f. f.

Wenn man die Salpetersäure einfach in die Bleikammern einlaufen lassen wollte, so würde sie großen Schaden thun. Sie würde sich in der Kammer säure auflösen und den Kammerboden schnell zerstören; auch würde ein großer Theil derselben mit der zum Verbrauch abgezogenen Säure verloren gehen. Man muß daher dafür sorgen, daß keine Salpetersäure als solche auf dem Boden der Kammer anlangt, daß sie vielmehr schon vorher in gasförmige Stickoxyde zersetzt wird. Dies geschieht, indem man sie der Wirkung von schwefliger Säure, d. h. den Kammergasen selbst, aussetzt. Vor der Einführung des Gloverthurms und selbst noch lange nachher war hierfür kein anderes Mittel bekannt, als die Ausbreitung der Salpetersäure über eine große Oberfläche, auf der sie den Kammergasen gründlich ausgesetzt war, so daß nichts davon unzersetzt bis auf den Kammerboden gelangen konnte. Dies geschah mittelst thönerner oder gläserner „Cascaden“, von denen viele verschiedene Arten vorkamen, die in der ersten Auflage dieses Werkes S. 287 bis 297 eingehend abgebildet und beschrieben sind. Da jedoch die Cascaden durch den Gloverthurm fast ganz verdrängt worden sind, so zeigen wir hier nur eine der besten Arten von Cascaden, diejenige von Fickentscher in Zwickau (Fig. 168 a. f. S.), bei der die oben einlaufende Säure über eine sehr große Oberfläche ausgebreitet wird, ehe sie am Boden ankommt.

Ein allen Cascadenvorrichtungen gemeinschaftlicher Fehler ist der, daß es schwer ist, sich fortlaufend davon zu überzeugen, daß die Salpetersäure wirklich zersetzt ist, ehe sie auf dem Kammerboden ankommt. Man läßt zuweilen die letzte Cascade, Rinne u. dergl. nach außen münden und die Säure erst dann in die Kammer zurückfließen, um sich von ihrer vollständigen Denitrirung überzeugen zu können, aber dies kann man doch nicht fortwährend thun und in dem Zwischenraume zwischen zwei Untersuchungen kann schon viel Unheil geschehen.

Weitans die einfachste Methode der Speisung mit Salpetersäure ist die, sie zugleich mit der Nitrose durch den Gloverthurm laufen zu lassen.

Fig. 168.



Zuerst fürchtete man sich davor, dies zu thun, weil man davon Verlust an Salpeter befürchtete; aber es ist nun in vielen der best geleiteten Fabriken seit vielen Jahren geschehen, ohne daß der mindeste Mehrverbrauch von Salpeter bemerkt worden wäre, und man kann heute mit Bestimmtheit den Satz aufstellen, daß überall, wo ein richtig arbeitender Gloverthurm vorhanden ist, ein anderer Apparat zur Speisung der Kammern mit Salpetersäure ganz ebenso wenig wie etwa zum Denitriren der Nitrose erforderlich ist.

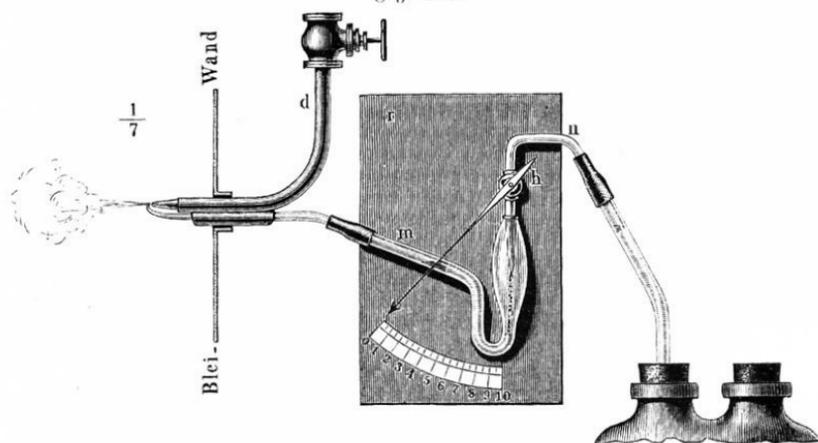
Da jedoch in einzelnen Fällen ein Gloverthurm nicht vorhanden oder verwendbar ist, so sei hier ein sehr wirksamer Zerstäubungsapparat für Salpetersäure beschrieben, welcher von W. Liebig construirt worden ist (Wochenschrift d. Ver. deutsch. Ing. 1879, S. 111, und Dingl. polyt. Journ. 233, 61). Es ist eine Art Inhalationsapparat, bestehend aus Platin und Glas, durch welchen die Salpetersäure in Staubform in die Kammer eingeführt wird (Fig. 169).

Der eigentliche Injector besteht aus einem Dampfrohr von Blei *d* mit Platinmundstück (man verwendet hier Platin, um die Ausströmungsöffnung von beiläufig 4 bis 5 mm Durchmesser dauernd zu erhalten) und einem unter diesem

angebrachten Glasrohre von etwa 5 mm Durchmesser. Letzteres ist vorn aufgebogen und endet in einer feinen Spitze genau vor der Mitte der Dampfausströmungsöffnung. Durch Ueberkleidung des Glasrohres mit Blei wird dasselbe fest mit dem Dampfrohre verbunden. Damit sich das Glasrohr in der Bleihülle nicht bewegen kann, wird dasselbe vor der Flamme an einer Stelle etwas platt gedrückt.

Dieser Injector wird 5 bis 10 cm tief durch einen an der Kopfwand der Hauptbleikammer befindlichen kurzen Rohrstutzen in das Innere derselben eingeführt. Das aus der Bleiwand hervorstehende Dampfrohr ist nach oben aufgebogen und an der Dampfleitung nach Einschaltung eines kleinen Ventils mittelst Flansche befestigt. Das Glasrohr ragt, ein wenig nach unten gebogen, etwa 30 cm aus der Bleiwand hervor. Mittelst eines etwa 3 cm langen Gummiröhrchens ist es mit dem Zuflußregulator in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise verbunden. Dieser Apparat, welcher den Zufluß der Salpetersäure zu reguliren ermöglicht, ist auf einem Brettchen *r* eingelassen und befestigt, um

Fig. 169.



ihn vor Bruch zu schützen. Das Rohrende *m* ist so weit, daß es leicht über das Glasrohr des Injectors geschoben werden kann, so daß letzteres 10 cm in das erstere hineinragt. Die Dichtung erfolgt, wie bereits erwähnt, durch ein Stückchen Gummiröhr, welches lange haltbar bleibt, da es in Folge des Zueinanderschiebens der Glasrohre durch eine Luftschicht von der Salpetersäure getrennt bleibt. Das Rohr *n*, welches mit dem Glashahn *h* versehen ist, ragt einige Centimeter in den erweiterten Glaskörper hinein und endet dort in einer Spitze mit einer etwa 2 mm Durchmesser haltenden Ausflußöffnung. Diese Weite genügt, um die größte Menge Salpetersäure zu liefern, welche der Betrieb erfordert. Ueber das Rohrende *n* endlich wird ein etwas weiteres Rohr geschoben, welches in die Säureflasche oder besser in ein zweihalsiges großes Thongefäß hineinragt, welches als Salpetersäurebehälter dient. Die Dichtung wird hier in derselben Weise erreicht, wie bei dem Rohre *m*.

Sobald das Dampfventil geöffnet ist, wird die Luft durch die saugende Wirkung des Dampfstrahles in dem Apparate verdünnt, die Säure daher bei

Öffnung des Glashahnes angefaugt. Die durch die unter dem Hahn befindliche Spitze in den U-förmigen Apparat einfließende Säure füllt bald den Schenkel *m* bis zum eingefügten Saugrohre des Injectors, welches die Säure dann weiter führt. In dem anderen Schenkel bleibt verdünnte Luft eingeschlossen, so daß der aus der Spitze ausfließende Strahl stets sichtbar bleibt und zur Schätzung der zufließenden Säuremenge dient. Der Hahn ist am Schlüssel mit einem langen, auf einem getheilten Kreisbogen laufenden Zeiger versehen, so daß die feinste Einstellung des Hahnes ermöglicht ist. Die Niveaudifferenzen im Salpetersäurebehälter üben auf den Zufluß der Säure wenig oder gar keinen Einfluß aus, da die saugende Kraft des Apparates in allen Fällen mehr Säure zu heben vermag, als die Durchgangsöffnung des Hahnes dem Betriebserforderniß entsprechend zu liefern hat.

Die Salpetersäure wird in staubartiger Form unmittelbar unter oder neben dem Eintritt der Kötigase direct in die Hauptkammer eingeführt und augenblicklich in die innigste Berührung mit den Gasen gebracht, und zwar, was wesentlich ist, gleichzeitig unter Zuführung des nöthigen Wasserdampfes. Der Erfolg ist ein überraschender, was sich namentlich bei Inbetriebsetzung eines Kammer-systems geltend macht. In wenigen Stunden ist der Betrieb, falls es nicht an schwefeliger Säure mangelte, in regelmäßigstem Gange. Die Vorkammern und Cascaden werden entbehrlich. Nitrose Bodensäure zeigt sich in der Hauptkammer nur noch bei großer Unachtsamkeit des Aufsehers, obgleich die Salpetersäure direct in die Hauptkammer eingeführt wird.

Einen Apparat zu demselben Zwecke, welchen Herr Director Stroof in Griesheim construirt hat, kann ich durch die Freundlichkeit dieses Herrn durch die Figuren 170 und 171 erläutern, von welchen Fig. 170 die allgemeine Disposition, Fig. 171 die specielle Construction des Injectors *b* zeigt, welcher, wie man sieht, auf einem von Liebig's Apparate etwas verschiedenen Principe beruht. Die Salpetersäure fließt aus der Mariotte'schen Flasche *A* in die Woulff'sche Flasche *B*, welche in einem Glaszylinder steht, der unten mit einem Tubulus und Ablaufrohr *c* versehen ist, damit bei etwaigem Versagen des Injectors die Säure auf die in der Bleikammer aufgestellte Cascade *C* gelangen kann. Aus der Flasche *B* wird die Säure durch den ganz aus Glas bestehenden Injector *b* (in Fig. 171 in ein Viertel natürlicher Größe gezeigt) abgefaugt. Seine Dampfeinströmungsspitze steht durch eine Stopfbüchse, genau so, wie sie bei Wasserstandsgläsern angewendet wird, mit der Dampfleitung *a* in Verbindung. Am besten eignen sich zu solchen Spitzen gut gekühlte, ausgezogene Wasserstandsrohren. Die Spitze ragt in den Sauger nur lose ein, so daß etwas Luft mit eingefaugt wird und Bruch durch Ausdehnung nicht stattfinden kann. Bei  $1\frac{1}{2}$  Atm. Druck kann der Injector in 24 Stunden 800 kg Salpetersäure zerstäuben, wobei er zugleich durch das in die Woulff'sche Flasche eintauchende Rohr etwas Luft mitnimmt. Die Ausmündung des Injectorrohres muß sich etwas verengen und dann wieder erweitern, ähnlich wie bei den Mundstücken der Feuerspritzen, da sich sonst an dieser Stelle Tropfen ansammeln, welche unzerstäubt abfließen. Die Zerstäubung ist eine vollkommene, und im Vergleiche zu Cascaden eine unterschiedene Salpeterersparniß zu bemerken.

Ein anderer Injector für Salpetersäure ist von Burgemeister (Techn. Jahresber. 1880, S. 228) beschrieben worden.

Die Aufbewahrung der Salpetersäure auf den Kammern oder dem Gloverthurm erfolgt meist in großen Thonkrügen, oder in einer Anzahl

Fig. 170.

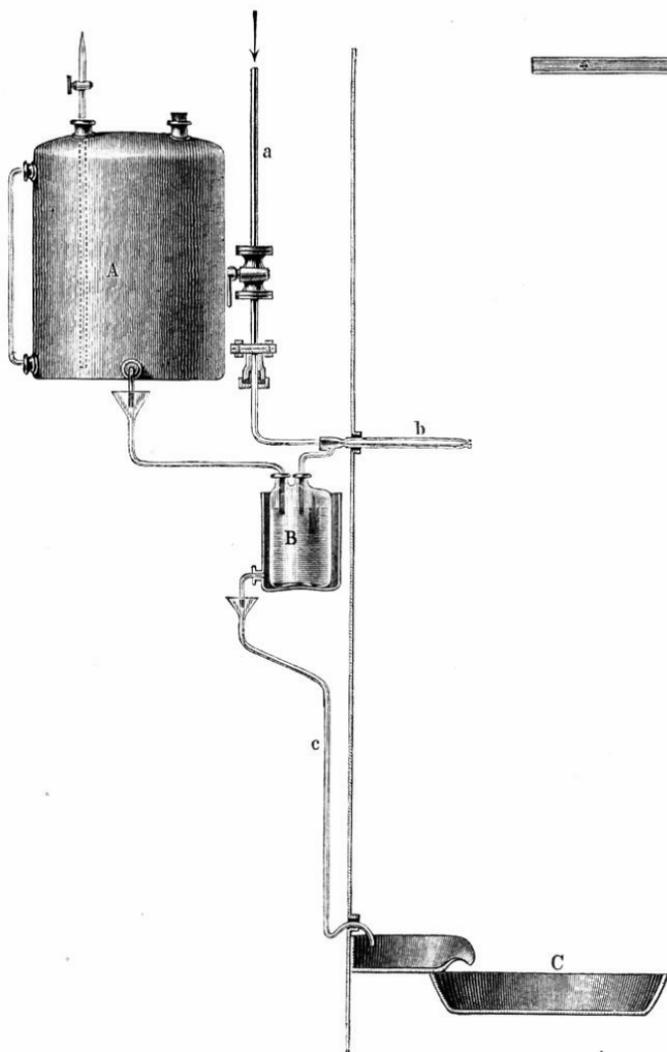
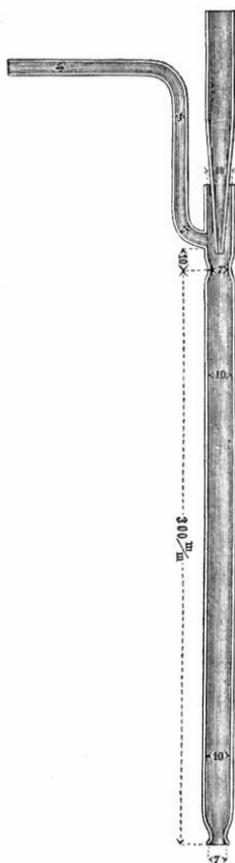


Fig. 171.



kleinerer Krüge, oder gewöhnlicher gläserner Säureballons, welche alle durch Glasheber in der Art verbunden sind, daß der Ablauf nur von einem derselben mittelst eines mit Hahn versehenen Hebers geschieht (Fig. 172 a. f. S.). Größere Gefäße für Salpetersäure kann man aus einzelnen Steinplatten unter Anwendung

eines Kittes aus feinpulverigem Asbest und verdünnter Wasserglaslösung zusammenzusetzen, welchen man zur Consistenz von Glaserkitt zusammenknetet, am besten unter Beimengung von gemahlenem Schwerspath (vergl. S. 78).

Fig. 172.

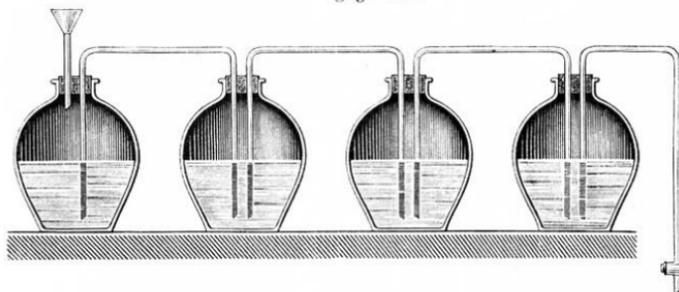


Fig. 173.



E. Pohl (Deutsch. Pat. Nr. 30 188) verwendet eiserne Gefäße, welche inwendig mit in Paraffin getränktem Asbesttuch ausgekleidet sind. Die Nietung des eisernen Mantels erfolgt in der in Fig. 173 gezeigten Art, wobei die Säure nirgends mit dem Metall in Berührung kommt.

#### Einführung einer wässrigen Lösung von Natronsalpeter.

Schon vor vielen Jahren ließen manche Fabriken eine Lösung von Natronsalpeter in dünnem Strahle in die Bleikammern einfließen. Dies ist schon längst aufgegeben worden, weil man nicht allein Natriumsulfat in die Säure bekommt, was für viele Zwecke nicht angeht, sondern auch dabei an der Einflußstelle eine Corrosion des Bleies durch die Salpetersäure fast gar nicht zu vermeiden ist. Dieselbe Methode in wenig veränderter Form ist als ein englisches Erfindungspatent von Burnard (14. August 1875) wieder aufgetaucht, ohne viel praktischen Erfolg zu haben. Man sollte den Natronsalpeter als Lösung in dünnem Strahle direct in die Bleikammer einführen, am besten gleich gemischt mit Schwefelsäure durch eine Art Injector mittelst eines Dampfstrahles, also ganz ähnlich dem Sprengel'schen Wasserstaub (s. u.). Der Hauptvortheil des Verfahrens wurde darin gesucht, daß dabei nicht, wie bei dem Erhitzen des Salpeters mit Schwefelsäure durch das heiße Dfengas, die salpetrige Säure in niedrigere Oxide ( $N_2O$ ) oder Stickstoff gespalten werde. Dieser Vortheil ist aber jedenfalls ein sehr geringer, schon darum, weil eine solche Zersetzung bei dem großen Sauerstoffüberschuß in den Röstgasen wohl kaum in merklicher Weise stattfinden wird (siehe später bei der Denitrirung der Nitrose); er wird jedenfalls bei Weitem durch den in der Praxis gefundenen Nachtheil überwogen, daß die Salpeterlösung durch den Dampfstrahl nicht lange genug in Suspension gehalten wird, um durch die Kammergase zerlegt zu werden, und somit eine Menge flüssiger Salpetersäure auf dem Boden der Kammer anlangt, mit den daraus stets folgenden üblen Resultaten. Auch muß man so viel Dampf dazu anwenden, zu welchem ja noch der aus dem Gloverthurme stammende und der durch die Verdampfung der

Salpeterlösung selbst stammende kommt, daß die Säure in der ersten Kammer viel zu schwach für den Gebrauch wird. Zwar behauptet der Patentträger, durch seine Methode 1 Proc. Salpeter vom Gewichte des Pyrits zu ersparen, aber das werden ihm wenige glauben. Später (Chem. News 37, 203) spricht er nicht mehr von Salpeterersparniß, sondern behauptet nur, man könne ganz gut dabei starke Kammerfäure erzielen.

Dagegen scheint es auf den ersten Augenblick vollkommen thunlich, den Salpeter als wässerige Lösung oder auch aufgelöst in Kammerfäure durch den Gloverthurm zugleich mit der Kammerfäure und Nitrose einlaufen zu lassen, wo er also im Thurne selbst sofort unter Bildung von Natriumsulfat und salpetriger Säure zersetzt wird. Selbstredend ist dieses Verfahren, ebenso wie das vorige, auf den Fall beschränkt, daß sämtliche Säure des Gloverthurmes zur Sulfatfabrikation bestimmt ist. Es stellt unstreitig die einfachst denkbare Art der Salpeter Einführung vor, welche sämtliche Vorzüge des festen Salpeters und der Salpetersäure vereinigt: leichte Regulirung, Einführung beliebiger Mengen auf einmal, völlige Vermeidung von Gasverlusten, absolute Ausnutzung des Salpeters, Wegfallen aller Einrichtungen zur Zersetzung des Salpeters oder zur Fabrikation der Salpetersäure, Ersparniß von Arbeitslohn und Kohlen (bei Salpetersäure), Vermeidung der Unannehmlichkeit des Handhabens entweder von Glasballons mit Salpetersäure oder von feurig-flüssigem Natriumbisulfat — einem nie recht vortheilhaft zu verwerthenden Artikel.

Diesen Vortheilen steht freilich ein so großer Nachtheil gegenüber, daß man in den meisten oder allen Fabriken, welche die Burnard'sche Methode eingeführt hatten, zur Aufgebung des Verfahrens gezwungen worden ist. Man findet nämlich, daß das auf diese Weise entstehende Natriumsulfat in den Thürmen, Reservoirs und Verbindungsrohren krystallisirt und Verstopfungen veranlaßt. Man müßte zwei Gloverthürme haben, und nur einen davon für Gay-Lussac'säure, den anderen nur für Säure zur Sulfatfabrikation brauchen. Dies würde sehr unbequem und für kleinere Fabriken gar nicht durchführbar sein.

Blinkhorn (Engl. Pat. Nr. 1084, 1878) läßt eine Lösung von Natriumnitrat vom specif. Gew. 1,35 in regelmäßigem Strome auf Schwefelsäure laufen, die sich in einer vom Pyritogas geheizten Pfanne befindet, und zieht die Lösung von Natriumsulfat von Zeit zu Zeit ab. Auf diesem Wege wird kaum alles Nitrat zersetzt werden; auch ist die saure Lösung von Natriumsulfat kaum zu verwenden.

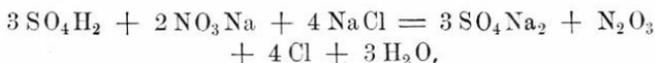
### Speisung der Kammern mit salpetrigen Gasen, die als Nebenproduct erhalten werden.

Einige früher gemachte und theilweise in der Praxis ausgeführte Vorschläge haben sich keines nachhaltigen Erfolges erfreuen können. So hat man z. B. in Frankreich versucht, als Nebenproduct bei der Entwicklung der Salpetergase noch Oxalsäure zu gewinnen, indem man Melasse mit Salpetersäure erhitzte und die salpetrige Säure in die Kammer führte. Die Ausbeute an Oxalsäure war

aber nicht hinreichend groß, um mit deren Fabrication aus Sägespänen durch schmelzende Alkalien concurriren zu können.

Ebenso wenig hat ein Vorschlag von Paing und Cossins Erfolg gehabt, Natriumsalpetzer mit arseniger Säure oder Chromoxyd zu erhitzen, um arsenisaure oder chromsaure Alkalien und daneben salpetrige Säure für den Bleikammerproceß zu gewinnen (Wagner's Jahresber. f. 1862, S. 207). Dagegen ist es gewiß thunlich, daß die bei der Fabrication von Arsensäure oder Antimonsäure mittelst arseniger resp. antimoniger Säure und Salpetersäure, bei derjenigen von Phtalsäure aus Naphtalintetrachlorür und Salpetersäure u. die frei werdende und früher so gut wie verloren gehende salpetrige Säure in eine Bleikammer geleitet würde, gesetzt, es sei eine solche vorhanden. Dieser Vorschlag hat jedoch wenig Bedeutung, seitdem es gelungen ist, durch bloße Verührung mit überschüssiger Luft und Wasser den größten Theil der salpetrigen Säure wieder zu Salpetersäure zu regeneriren, was in den betreffenden Fabriken jetzt regelmäßig, meist mittelst eines „Plattenthurmes“, S. 82, geschieht.

Ein eigenthümlicher, eine Zeit lang in der Tennant'schen Fabrik in Glasgow ausgeführter Proceß ist der von Dunlop erfundene (Dingl. polyt. Journ. 151, 48); er ist jedoch schon längst wieder aufgegeben worden. Dunlop's Verfahren ist zwar sehr sinnreich und arbeitet gut, ist aber complicirt und verlangt gleichzeitige Darstellung von Chloralkali. Man zerlegt dabei ein Gemenge von Kochsalz, Natriumsalpetzer und Schwefelsäure in großen eisernen Cylindern. Die Hauptreaction dabei ist jedenfalls folgende:



aber nur bei Einhaltung bestimmter Temperaturgrenzen wird die Reduction nicht weiter als bis zu salpetriger Säure gehen. Es bleibt also ein Rückstand von Glaubersalz, während Chlor und salpetrige Säure sich gasförmig entwickeln. Man trennt beide Gase, indem man sie durch eine längere Reihe von bleiernen Woulff'schen Flaschen streichen läßt, welche mit Schwefelsäure von 1,75 specif. Gew. gefüllt sind; die letztere hält die salpetrige Säure zurück und verwandelt sich in starke „Nitrose“, welche in derselben Art wie gewöhnliche Nitrose (siehe später) zur Verwendung kommt; das Chlor aber geht unabsorbirt durch und wird in Chloralkalikammern zu Nutze gemacht. Der Vortheil bei dem Proceße ist also der, daß man aus dem Kochsalz direct ohne Darstellung von Salsäure und ohne Aufwand von Braunstein Chlor erhält; der Nachtheil besteht darin, daß man die Nitrose mit Wasser verdünnen und nachher wieder concentriren muß (dieses wird jedenfalls jetzt durch den Gloverthurm beseitigt sein), und daß man sehr leicht Stickstoffverbindungen verliert, neben recht großer Complication des ganzen Apparates.

Schon seit vielen Jahren wird zu Uetikon bei Zürich der größte Theil des Salpeters für die Kammern dadurch erspart, daß man die bei der Fabrication von Eisenbeize durch Behandlung von Eisenvitriol mit Salpetersäure und etwas Schwefelsäure entstehenden Dämpfe in die Kammern leitet. Neuerdings ist dazu die Fabrication von Kupfervitriol aus metallischem Kupfer, Schwefelsäure und

Salpetersäure gekommen. In beiden Fällen entwickeln sich Gemenge von Stickoxyd und salpetriger Säure, die man früher einfach in die Luft gehen ließ, neuerdings allerdings wohl meist durch Zufuhr von Luft und Wasser in Plattenthürmen u. dergl. wieder zu Salpetersäure regenerirt. Zu Uetikon läßt man sie ganz einfach in die Kammern gehen, wo sie ganz dieselben Dienste thun, als wenn man die Salpetersäure direct verwendet hätte.

### Der Wasserdampf

wird stets in einem gewöhnlichen Dampfkessel entwickelt, nachdem die über den Schwefel- oder Pyritöfen liegenden Generatoren allgemein aufgegeben worden sind. Die Dampfkessel haben ganz die übliche Construction, und ist nur dieses zu bemerken, daß die für Speisung der Bleikammern mit Wasserdampf bestimmten Kessel meist für einen niedrigen Druck eingerichtet sind; sie arbeiten selten bei über 2 Atm. Druck, meist nur bei 1 bis  $1\frac{1}{2}$  Atm.; namentlich in England arbeitet man oft bei  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{2}{3}$  Atm. Dagegen arbeitet man in Südfrankreich mit 3 bis  $3\frac{1}{2}$  Atm. Druck. Ein hoher Druck hat gar keinen Zweck, wo es sich nur um Speisung mit Feuchtigkeit in solcher Form handelt, daß ein größerer Raum dadurch erfüllt wird, und schon wenig gespannter Dampf erfüllt diese Function, ebenso wie die weitere einer Beförderung des Zuges. Wenig gespannter Dampf läßt sich auch leichter auf derselben Höhe der Spannung erhalten, wie stark gespannter, und gerade dieses ist für den regelmäßigen Betrieb der Schwefelsäurefabrikation von großer Wichtigkeit. Es nützt nichts, daß der Betriebsführer den Dampfstrom noch so genau regulirt, wenn nach Kurzem die Spannung im Dampfkessel entweder höher oder niedriger geworden ist; das kommt aber eben bei hochgespanntem Dampfe viel leichter vor, als bei Niederdruck. Freilich wird bei hochgespanntem Dampfe die Condensation zu flüssigem Wasser in den Rohrleitungen weniger schnell eintreten; doch läßt sich dies durch gute Wärmeschutzmasse ohnehin sehr verringern (s. u.). Nur der Grund ließe sich für den hochgespannten Dampf anführen, daß man ihn besser über die ganze Kammer vertheilen könne, während ein wenig gespannter Dampf sich schon bald nach seiner Einstromungsstelle zu flüssigem Wasser verdichte und einen großen Theil der Kammer ohne Wasser oder Dampf lasse. Daß dieser, freilich von vielen continentalen Fabrikanten als selbstverständlich angenommene Satz auf einer vorgefaßten, aber irrigen Meinung beruht, zeigt das Beispiel der Engländer, welche fast sämmtlich mit wenig gespanntem Dampfe arbeiten, wie oben erwähnt, dabei nur einen einzigen Dampfstrahl in einer Schmalseite der Kammer anwenden, und doch finden, daß sich eine genügende Menge von Feuchtigkeit bis an das andere Ende der Kammer verbreitet.

Natürlich kann man wenig gespannten Dampf auch aus einem bei Hochdruck arbeitenden Kessel mittelst eines Reductionsventils erhalten und daher kann in kleineren Fabriken ein und derselbe Kessel gleichzeitig zur Speisung der Kammern und zum Betriebe der Steinbrechmaschinen, Luftpumpen u. dergl. dienen.

Es ist so zu sagen selbstverständlich, daß die Kammern mit dem Abdampf von solchen Maschinen gespeist werden können, welche hinter dem Kolben noch

etwas Spannung haben. Die Verwerthung des Abdampfes der Gay-Lussac-Luftpumpe für diesen Zweck war von mir längst viele Jahre in der Praxis ausgeübt worden, wie dies in der ersten Auflage dieses Werkes I, 370 und 524 beschrieben ist. Ganz dieselbe Sache ist erst im Jahre 1886 von Sprengel zum Gegenstande eines englischen Patentes gemacht worden.

Um die völlige Gleichmäßigkeit der Dampfspannung controliren zu können, worauf für einen geregelten Kammerbetrieb so viel ankommt, findet man in manchen größeren Fabriken Registrirmanometer (siehe die Beschreibung eines solchen von Schäffer und Budenberg in Dingl. polyt. Journ. 227, 519). Man findet dann die Dampfspannung an einem Papierblatt aufgezeichnet, das um eine Trommel gewickelt ist, welche sich in 24 Stunden einmal um ihre Axe dreht.

Die Leitung des Dampfes vom Dampfkessel nach den Kammern geschieht gewöhnlich in gußeisernen Röhren, welche mit einer oder mehreren Abzweigungen für jede einzelne Kammer versehen sind. Die Hauptröhren jedenfalls, und wo möglich auch die Zweigröhren, sollten bei ihrer großen Länge mit Umhüllungen versehen sein, um die Wärmeausstrahlung möglichst zu beschränken, wozu es ja sehr viele Mittel giebt; sonst wird man einen empfindlichen Verlust durch Condensation in den Leitungsröhren erleiden. Jedenfalls müssen dieselben so angelegt sein, daß sie vom Kessel aus immer etwas ansteigen, und daß das condensirte Wasser nach dem Kessel zurücklaufen kann; wo aus localen Rücksichten dieser Vorschrift nicht genügt werden kann, müssen an den verschiedenen niedrigsten Stellen automatisch wirkende Dampfstöpfe zur Entfernung des Condensationswassers angebracht sein, was bei engeren Dampfrohren überhaupt immer das Sicherste ist.

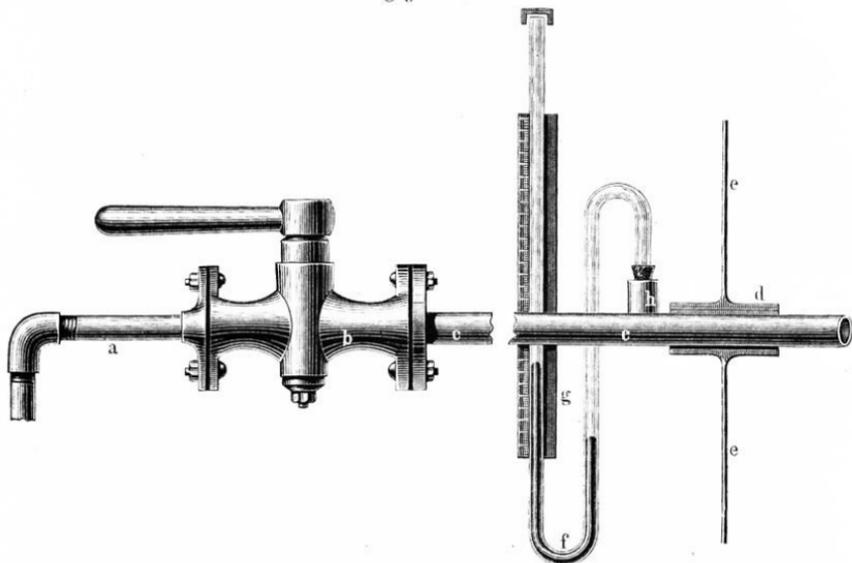
Die Dimensionen der Hauptleitung richten sich natürlich nach der Anzahl und Größe der dadurch zu versorgenden Kammern; schon um etwaige Druckstörungen auszugleichen, legt man, wo mehrere Dampfkessel erforderlich sind, dieselben neben einander und giebt ihnen eine Hauptleitung mit Abzweigungen für jedes einzelne System. Die Abzweigungen für jede Kammer brauchen nicht über 25 mm lichte Weite zu haben, selbst wo die Kammern groß (bis 2000 cbm) sind und nur ein Dampfstrahl vorhanden ist. Sie werden aus schmiedeisernen, gezogenen Röhren *a* (bisweilen aus Kupferrohren) gemacht, bis zu kurzem Abstände von den Kammern, wo sie dann in einen Hahn oder ein Ventil *b* ausgehen, und an diesen ist dann ein Bleirohr *c* von gleicher Weite befestigt, welches in die Kammer selbst hineinragt. Dieses Bleirohr ist nicht direct in die Kammerwand *e* eingelöthet, sondern in die letztere ist ein kurzes, weiteres Bleirohr *d* eingefügt, und das Dampfrohr ist nur lose in dasselbe eingesteckt und mit Theersitt u. dergl. gedichtet (siehe Fig. 174). Zuweilen findet sich statt dessen nur ein Kautschukpfropf, welcher aber nicht lange vorhält. Man kann dann bei Verstopfung der Ausströmungsöffnung durch Bleisulfat das Dampfrohr leicht herausziehen und reinigen, und kann es sich ersparen, Mundstücke von Platina anzubringen, wie dies von Scheurer-Kestner vorgeschlagen worden ist.

Zugleich ist aus der betreffenden Figur noch eine andere Einrichtung zu ersehen, welche ungemein empfehlenswerth ist, nämlich ein einfaches Quecksilber-

manometer, bestehend aus einem gebogenen Glasrohre *f*, mit einer Scala *g*, eingesetzt in einen Stutzen *h* des Bleirohres *e* vermittelst eines Kautschukstopfens. Dieses Manometer, welches nicht nur viel billiger, sondern auch viel dauerhafter ist, als ein Metallmanometer in dieser Lage sein würde, gestattet es, den Druck unmittelbar vor dem Einstromen des Dampfes hinter dem Regulirungshahn *b* zu beobachten, und giebt damit dem Betriebsleiter ein äußerst genaues Mittel zur Beurtheilung und Regulirung der Dampfeströmung in die Hand. Etwa condensirtes Wasser in dem Manometer läßt sich leicht in Rechnung ziehen.

Ein gut schließender Dampfahh ist einem Ventile mit Nädchen vorzuziehen, weil man dem letzteren gar nicht ansehen kann, wie weit es geöffnet ist,

Fig. 174.



während man an dem Hahngriff sogar einen Gradbogen anbringen kann, welcher seine Stellung ganz genau festzusetzen erlaubt.

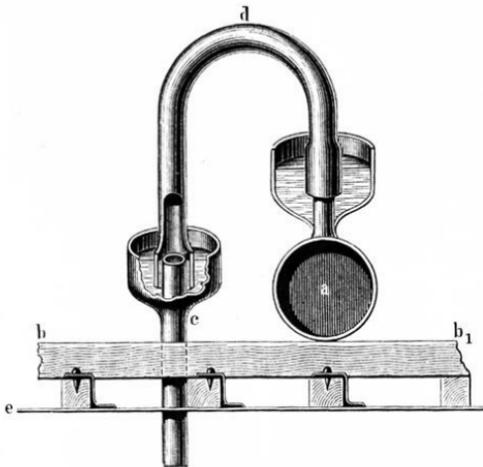
Selbstthätige Dampfregulatoren, wenn sie wirklich ihre Schuldigkeit thun, ersparen viel Mühe, können aber doch beständige Ueberwachung von Seiten des Betriebsführers nicht entbehrlich machen, da die Maschinerie leicht in Unordnung kommt.

In England wird meist für jede Kammer nur ein Dampfstrahl angewendet, welchen man in der Richtung des Zuges gehen läßt. Gewöhnlich mündet das Dampfrohr neben, unter, oder selbst in dem Verbindungsrohre, welches das Gas von den Pyritöfen, dem Gloverthurm oder der nächst vorhergehenden Kammer aus einführt, und unterstützt dadurch dessen Zugkraft wesentlich. Manche ziehen es vor, den Dampf ganz oben, manche, ihn mehr in der Mitte der schmalen Kammerwand einzuführen. Freilich läßt sich mit einem einzigen Dampfstrahle nur auskommen, wenn die Länge der Kammer nicht über 30 m oder höchstens

40 m ist; bei längeren Kammern würde er nicht bis an das Ende uncondensirt bleiben. Uebrigens ist dieses System insofern ganz rationell, als hierbei der vordere Theil der Kammer, welcher die meiste Säure macht und daher auch den meisten Dampf braucht, ihn auf diesem Wege wirklich erhält, und in der Praxis arbeitet das englische System bis zu obiger Grenze wirklich ganz gut.

Auf dem Continent ziehen es die meisten Fabrikanten vor, mehrere Dampfstrahlen für jede Kammer anzuwenden, um sich von allen Zufälligkeiten in der richtigen Vertheilung, die bei Anwendung eines einzelnen Dampfstrahles eintreten können, frei zu machen. Diese Zweigstrahlen werden in rechtem Winkel zur Zugrichtung eingeführt, entweder in den langen Kammerwänden, nicht weit von der Decke, oder am gewöhnlichsten durch die Kammerdecke selbst, wo man dann die einzelnen Strahlen von dort aus leicht einstellen kann. So liegt z. B.

Fig. 175.



in den Fabriken zu Oker das Dampfrohr oben auf den Kammern; es gehen von ihm in Abständen von je 5,25 m Zweigröhren von 2 cm Weite in die Kammern, aus denen der Dampf durch mehrere kleine Oeffnungen dicht unter der Kammerdecke nach verschiedenen Richtungen hin ausströmt. Man wendet dort eine Dampfpressung von 2 Atm. an (Bräuning, a. a. O., S. 137).

Die meisten continentalen Fabriken haben eine ähnliche Einrichtung.

Wo ein Gloverthurm vorhanden ist, braucht der erste Dampfstrahl nicht gleich vorn in die erste Kammer einzutreten, sondern erst 6 bis 10 m weiter hin, da die Kammer vorn schon vom Gloverthurm genug Dampf empfängt.

Ein Apparat, durch welchen man den Dampf an vielen Stellen der Kammer einführen und ihn dabei doch an einer einzigen Stelle reguliren kann, wird von Scheurer-Restner beschrieben (in Wurz' Diet. d. Chimie 3, 149) und durch die Zeichnung Fig. 175 veranschaulicht. *a* ist ein Hauptrohr von Kupfer, welches auf der Mitte der Kammerdecke *ee'* hinkläuft und durch das Holzstück *bb1* gehalten wird, ebenso wie die Zweigröhren *c*. Die letzteren sind in Entfernungen von je 5 m abwechselnd zur Rechten und zur Linken angebracht; sie sind von Blei und gehen durch die Kammerdecke hindurch, sind auch darin eingelöthet. Der mit Strohseil überzogene Arm *d* dient dazu, um die Communication zwischen *a* und *c* herzustellen. Wie man sieht, haben beide Röhren an der Verbindungsstelle nur Wassererschüsse, und kann also nur ganz außerordentlich niederer Dampfdruck angewendet werden. Das Hauptrohr *a* wird durch einen Hahn abgeschlossen und der Dampfstrom dadurch regulirt. Der Dampf tritt am vorderen Ende der Kammer in das Rohr, wird also hauptsächlich durch

die ersten Zweigröhren ausströmen, wo er am meisten gebraucht wird, weil zu Anfang noch am meisten unveränderte schweflige Säure vorhanden ist. Das Rohr *a* muß Fall haben, um das condensirte Wasser entleeren zu können. (Diese Einrichtung scheint kaum einen Vortheil gegenüber einfachen Abzweigungen von einer geschlossenen Dampfrohre, dagegen den großen Nachtheil zu haben, daß man nur einen höchst unbedeutenden Druck anwenden kann, und beim geringsten Ueberschreiten desselben das Wasser aus den Beckern von *a* und *c* heraufgeworfen wird.)

Völlig unsinnig, wie ich nicht anstehe zu erklären, ist die Art, wie bei dem in Payen's Précis de Chimie industrielle (bis zur neuesten Auflage von 1877) abgebildeten und nach ihm von den meisten Lehrbüchern gezeichneten Kammerysteme die Dampfeinströmung angebracht ist, nämlich zum Theil durch den Boden der Bleikammer, also durch die Bodensäure hindurch. Es ist einem Praktiker kaum denkbar, daß dieses System, wenn es wirklich irgendwo in Blei, nicht nur auf dem Papiere, ausgeführt worden ist, nicht schon beim ersten Umbau der Kammern abgeschafft worden ist; denn die Erschütterung durch den Dampfstrahl wird allmählig ein Lecken an der Löthstelle hervorrufen, dem man nicht abhelfen kann, weil man gar nicht an den Boden heran kann, der Dichtung wegen; und wenn man diese, zum Schaden des Kammerbodens, wegschneidet, so könnte man vor der herablaufenden Säure nicht arbeiten, bis die ganze Kammer entleert ist! Und warum sollte man alles dies riskiren, wenn gar kein Grund vorhanden ist, die Dampfrohren gerade so zu legen?

Die Gesamtmenge des für ein Kammerystem benötigten Dampfes, welche man zur Beurtheilung des nöthigen Kesselraumes und der Dimensionen der Hauptröhren annähernd kennen muß, hängt natürlich in erster Linie von der Menge des verbrannten Schwefels ab, in zweiter aber davon, ob ein Gloverthurm vorhanden ist oder nicht, und in dritter davon, auf welche Stärke man die Säure in den Kammern bringt. Allgemeine Regeln lassen sich also nicht gut aufstellen. Die beiden letzteren Bedingungen sind zum Theil von einander abhängig, da, je stärker die Kammer Säure gemacht wird, um so weniger Wasser im Gloverthurm verdampft wird, und umgekehrt. Wenn wir, um in England häufig vorkommende Verhältnisse anzuwenden, annehmen, daß die Kammer Säure sämmtlich 55° B. (61,5° D.) stark gemacht und im Gloverthurm auf 61° B. (73° D.) gebracht werde, so stellt sich der Bedarf an Wasserdampf wie folgt.

Für jedes Kilogramm verbrannten Schwefels werden erfordert:

$$1) \text{ zur Bildung von } \frac{98}{32} \text{ Schwefelsäurehydrat } \frac{18}{32} \text{ Wasser} \dots = 0,5625 \text{ kg}$$

$$2) \text{ zur Verdünnung desselben auf } 1,615 \text{ specif. Gew. (= 70 Proc.)}$$

$$\text{SO}_4\text{H}_2) \frac{30 \times 98}{70 \times 32} \dots \dots \dots = 1,3125 \text{ kg}$$

---


$$1,8750 \text{ kg}$$

Davon geht mit den fortgehenden Gasen nichts verloren, da diese durch ziemlich starke Schwefelsäure im Gay-Lussachthurm streichen. Im Gegentheil wird davon erspart bei Anwendung des Gloverthurms, wobei eine Concentration von 1,615 (70 Proc.) auf 1,73 (80 Proc.) eintritt. Das entsprechende Wasser beträgt

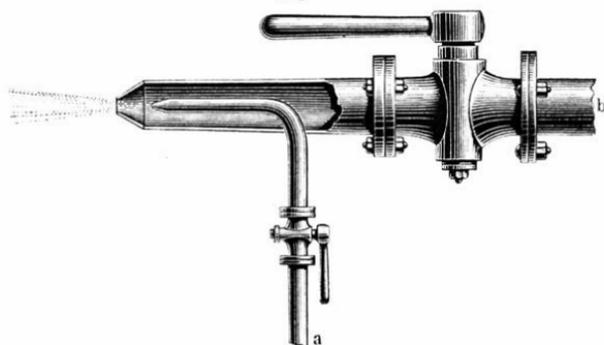
$$\frac{10 \times 98}{70 \times 32} \dots \dots \dots = 0,4375 \text{ kg,}$$

es bleiben also übrig 1,4375 kg,

welche in die Kammern selbst geführt werden müssen; dazu muß man noch ein gewisses Quantum zurechnen für den in den Leitungsröhren sich zu Wasser verdichtenden Dampf; aber es liegt auf der Hand, daß man dafür keinen allgemeinen Ansatz machen kann, weil hierbei Alles von der Länge, Umhüllung zc. der Röhren abhängt. Alles in Allem gerechnet muß man ohne Gloverthurn mindestens das Zweieinhalbfache und mit demselben das Doppelte des verbrauchten Schwefels an Wasserdampf im Dampffessel erzeugen.

Statt der Speijung der Kammern mit Wasserdampf ist von Sprengel (englisches Patent vom 1. October 1873) die Speijung mit staubförmig ver-

Fig. 176.



theiltem flüssigem Wasser vorgeschlagen worden. Seine Motive sind folgende: daß der Dampf das Volumen der Gase durch seine Hitze noch vergrößert, und in Folge dessen mehr Kammerraum und Salpeter gebraucht wird, und daß man dieses vermeiden könne durch Einführung des Wassers in flüssiger, nur hinreichend vertheilter Form; zweitens, daß man auch die Kosten der Verdampfung auf demselben Wege ersparen könne. Das Wasser wird allerdings selbst durch Anwendung von Dampf zerstäubt, indem ein Dampfstrahl von zwei Atmosphären Pressung durch eine Platinspize inmitten eines Wasserstrahles entweicht, wie es Fig. 176 zeigt (wo *a* das Dampfrohr, *b* das Wasserrohr bedeutet), aber dabei sollen 20 Gewichtstheile Dampf 80 Gewichtstheile Wasser in einen Nebel verwandeln. Solche Strahlen werden in den Kammerseiten, je 12 m von einander abstehend, angebracht und mit Wasser von einem hochstehenden Reservoir versehen. Sprengel behauptet, daß auf diesem Wege zwei Drittel der Kohlen erspart werden, wofür ihm als Beispiel die Düngerfabrik zu Barking Creek diene, wo zugleich an Phrit  $6\frac{1}{2}$  Proc. und an Salpeter  $14\frac{3}{4}$  Proc. erspart worden

sein soll. Diese Fabrik besaß keinen Gay-Lussac- oder Gloverthurm. Bei Fabriken, die mit Gloverthurm arbeiten, giebt Sprengel zu, daß die Ersparniß an Kohlen ein Drittel weniger ausmachen werde. (Obiges ist einem Circular von Sprengel vom 20. Juli 1875 entnommen, dessen wesentlicher Inhalt in den Chem. News 1875, 32, 150 reproducirt ist.)

Man muß natürlich den Wasser- und Dampfstrom genau auf einander reguliren, und die beiden Ausströmungsöffnungen müssen eine ganz specielle Form haben, damit wirklich ganz feiner Wasserstaub und nicht gröbere Tropfen entstehen, welche sofort zu Boden fallen und nur dazu dienen, die Kammerfäure zu verdünnen (vergl. S. 386).

Ein anderes Verfahren zur Zerstäubung von Wasser statt eines Dampfstrahles ist in der Chemischen Fabrik Griesheim und darauf hin mit großem Erfolge in anderen Fabriken eingeführt worden. Die Zerstäubung des Wassers wird hier nicht durch einen Dampfstrahl, sondern dadurch hervorgebracht, daß man das Wasser unter zwei Atmosphären Druck aus einer Platinspitze ausströmen und gegen ein Platinscheibchen anprallen läßt. Zwei Reihen solcher Wasserstrahlen sind auf der Kammerdecke in Entfernungen von 6 m angebracht. Hierdurch wird die ganze Kammer mit einem Wassernebel angefüllt, welcher mit dem vom Gloverthurm kommenden Dampf das sämmtliche für den Proceß nöthige Wasser liefert. Das Wasser muß sorgfältig filtrirt werden, weil sonst die Ausströmungsöffnungen bald verstopft sein würden; dafür erspart man aber die erhebliche Ausgabe für Dampferzeugung. Die früher gehegte Furcht, daß die Einführung des Wassers in flüssiger statt in Dampfform die Temperatur unter die für den Kammerproceß günstigste Grenze herabmindern könne, ist vollkommen grundlos. Zu Griesheim bemerkte man, daß die vom Gloverthurm mit 35° ankommenden Gase in der Kammer bald auf 50° kamen. Ähnliche Bemerkungen sind oft gemacht worden; am ausgedehntesten von Lunge und Naf (Chem. Ind. 1884, S. 17). Dies erklärt sich leicht dadurch, daß die in Folge der chemischen Reactionen frei werdende Wärme viel bedeutender als die vom Dampfe hineingebrachte ist, und daß sogar die durch das Eintreten von flüssigem Wasser hervorgebrachte locale Abkühlung in den meisten Fällen nur günstig wirken kann (vergl. nächstes Capitel).

Man könnte gegen die Einführung des nöthigen Wassers in Staubform einwenden, daß Dampf doch vorzuziehen sei, weil er auf seinem Wege durch die Kammer nur allmählig condensirt und auf diesem Wege die Feuchtigkeit gleichmäßiger in der Kammer vertheilt würde. Aber dieser Einwurf hat keine Geltung, und würde sie nicht haben, selbst wenn keine Schwefelsäure in der Kammer wäre. Eine Berechnung zeigt, daß das für jedes Kilogramm Schwefel eingeführte Gas, nämlich 8345 Liter bei 50° und 760 mm Druck, nur 0,6868 kg Wasserdampf enthalten kann, während die ganze für Bildung von gewöhnlicher Kammerfäure erforderliche Wassermenge beinahe das Vierfache hiervon beträgt; daher müssen drei Viertel des in die Kammer eintretenden Dampfes jedenfalls sofort zu Wasser condensirt werden. Die in der ersten Auflage, S. 329 u. 330 gegebene Berechnung Schwarzenberg's wird hier nicht wiederholt, weil sie die Thatsache außer Acht läßt, daß die Spannung des Wasserdampfes in der Kammer durch die Gegenwart von Schwefelsäure bedeutend verringert wird, weshalb die Berechnung für unsere Zwecke nutzlos ist.

Hurter (J. Soc. Chem. Ind. 1882, p. 52) wendet in richtigerer Weise Regnault's Tabelle der Spannung von Wasserdampf in Schwefelsäuren verschiedener Stärke auf den vorliegenden Fall an, und giebt eine Curve, welche es gestattet, die Spannung für jede dazwischen liegende Concentration zu finden. Aber auch dies ist nicht richtig für den hauptsächlich arbeitenden Theil der Kammern, da Regnault's Bestimmungen nur bis  $35^{\circ}$  gehen, also lange nicht bis zu der gewöhnlichen Kammertemperatur, und es nicht zulässig ist, Spannungen bei  $60^{\circ}$ ,  $80^{\circ}$  und darüber durch einfache Anwendung von Regnault's Tabelle oder Hurter's Curve abzulesen. Diese Lücke ist durch eine längere Beobachtungsreihe von

Fig. 177.

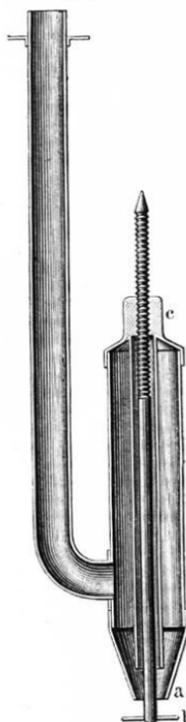


Fig. 178.



Sorel ausgefüllt worden (Zeitschr. f. angew. Chem. 1889, S. 272). Sorel's Tabelle erstreckt sich auf Säuren von 44 bis 82 Proc.  $H_2SO_4$ , und auf Temperaturen von  $10$  bis  $95^{\circ}$ . Wir haben sie oben S. 122 abgedruckt, mit Hinzufügung der den Procentgehalten entsprechenden Volumgewichte, was für den praktischen Gebrauch bequemer ist. Am Schlusse dieses Capitels geben wir auch noch eine Tabelle, welche diese Dampfspannungen bei der Reduction von Gasvolumen auf die Bedingungen der Kammeratmosphäre in Berechnung zieht.

Die Bedeutung dieser Tabelle soll an dieser Stelle nur an einem einzigen Beispiele erläutert werden. In einem speciellen Falle war die Temperatur dicht an der Kammerwand  $80^{\circ}$ ; die an dieser herablaufende Säure hatte  $52,5^{\circ} B.$  ( $57,2^{\circ} D.$ ) = 66 Proc.  $H_2SO_4$ , und die Wasserdampfspannung an dieser Stelle war demnach = 39 mm. Nur 6 cm innerhalb der Kammer war die Temperatur schon  $95^{\circ}$ ; aber bei dieser Temperatur muß eine Säure, deren Wasserdampfspannung = 39 mm ist, schon eine Stärke von  $56,5^{\circ} B.$  ( $64,5^{\circ} D.$ ) = 72,33 Proc.  $H_2SO_4$  haben, und dies war wirklich der Fall. Wir werden die Wichtigkeit hiervon im neunten Capitel besser verstehen.

In Anbetracht der großen, durch die Gegenwart der Schwefelsäure bedingten Verringerung der Wasserdampfspannung müssen wir schließen, daß der in die Kammer eingeführte Dampf fast sofort zu einem Flüssigkeitsnebel condensirt wird, und dies muß die angebliche Ueberlegenheit des Dampfes gegenüber einem genügend fein zerstäubten Wasserstrahl beinahe auf Null herabdrücken.

Allerdings muß das Wasser äußerst fein zerstäubt sein; sonst, wenn es als wirklicher Regen heruntertropft, verdünnt es die Kammer Säure in unerträglicher Weise, was um so schädlicher wirkt, als die verdünnte Säure auf der stärkeren Kammer Säure schwimmt und lange Zeit nichts davon an der Stelle bemerkt wird, wo man die Säure abzieht, bis sie auch dort erscheint, wo es dann aber zu spät ist, um das Uebel schnell abzustellen. Dieser Unfall wird eintreten, wenn die

Ausströmungspitzen nicht recht functioniren, und dies hat verschiedene Fabriken dazu gebracht, die sonst so günstige Einführung des Wassers in Staubform wieder aufzugeben.

Eine sehr gute Form eines Platinzerstäubers, construirt von J. Venker in Paris, ist in Fig. 177 in natürlicher Größe gezeigt. Die Entfernung zwischen der Ausströmungsöffnung *a* und dem Anprallscheibchen *b* ist verstellbar, indem *b* mittelst einer Spindel hin und her bewegt werden kann, auf deren oberen Theil ein feines Gewinde geschnitten ist, welches in einer Mutter *c* an der Spitze der cylindrischen Erweiterung läuft. Schraube und Mutter sind aus einer Legirung von Platin und Iridium gemacht, welche sich nicht abnutzen kann. Man kann auf diesem Wege leicht die beste Entfernung zwischen *a* und *b* herausfinden, und nach völliger Entfernung von *b* die Oeffnung *a* leicht reinigen.

Der Zerstäuber von Gebrüder Körting (Fig. 178, aus Zeitschr. f. angewandte Chem. 1888, S. 404) enthält in der Verengung eine Metallspirale, welche durch den Druck der Flüssigkeit an ihrem Orte festgehalten wird, während die Flüssigkeit bei ihrem Wege durch den schraubenförmigen Canal eine kreisende Bewegung annimmt, so daß sie beim Austritt gleichmäßig nach allen Seiten hin als ein kegelförmiger Nebel zerstäubt wird. Die Oeffnung und Spiralfeder können für jeden gewünschten Grad der Feinheit des Nebels eingerichtet werden. Dieser Apparat ist ursprünglich zur Befeuchtung der Luft in Baumwollspinnereien u. dergl., zur Niederschlagung von Staub, zur Absorption von Säuredämpfen u. s. f. bestimmt. Er ist aber auch mehrfach aus Platin angefertigt und zur Zerstäubung von Wasser für Bleikammern angewendet worden.

### Einrichtungen zur Hervorbringung des Zuges in den Bleikammern.

Schon früher (S. 275 und 285), als die Zusammensetzung der Röstgase besprochen wurde, ist der Zug berücksichtigt worden, welcher in dem ganzen Kammer-systeme nothwendig ist, um den Verbrennungs- und Säurebildungsproceß im Gange zu erhalten, und es sind Schwarzenberg's Berechnungen gegeben worden, aus denen hervorgeht, daß das heiße Gasgemenge in sich schon die Bedingungen enthält, um Zug zu veranlassen, indem es erheblich leichter als die Luft ist, also stets das Bestreben haben wird, von den tiefer liegenden Schwefel- oder Pyritöfen nach oben in die Kammern zu steigen. Es ist dabei auch schon auf eine zweite, sehr wirksame Quelle für Zugkraft hingewiesen worden, nämlich das Verschwinden von Gasen durch die Bildung von flüssiger Schwefelsäure innerhalb der Kammern, welches nothwendiger Weise eine saugende Wirkung ausüben muß, freilich von allen Seiten her, nicht nur von den Brennern.

Neben diesen beiden im Wesen des Schwefelsäureproceßes selbst liegenden Quellen von Zugkraft muß man aber immer noch eine Vorrichtung anwenden, welche einen weiteren Zug ausübt, namentlich schon darum, weil anderenfalls dem Ströme der Gase die gewünschte Richtung nicht gegeben werden könnte. Im einfachsten Falle genügt dazu ein senkrecht abzugrohr hinter oder auf der letzten Bleikammer. Die belgische Commission von 1854 zog sogar diese Einrichtung

derjenigen vor, wobei die letzte Bleikammer mit dem Schornsteine in Verbindung gebracht ist, weil hierbei der Zug zu stark werden könnte, ebenso wie es Schwarzenberg thut (a. a. O.), und viele Fabriken arbeiten auch in dieser Weise ganz gut, obwohl man den Grund nicht anerkennen kann, daß es wegen der bedeutenderen Zugkraft eines Schornsteines schwierig sein sollte, den Abfluß uncondensirter Gase zu verhüten und die Gase hinreichend langsam durch die Kammern zu führen. Es ist doch bekanntlich ungemein leicht, wenn man zu viel Zug hat, denselben durch Verengung des Abzugscanales zu mäßigen, dagegen nicht so leicht, wenn man zu wenig Zug hat, denselben zu verstärken. Für den letzteren Zweck ist ein Dampfinjector der meist angewendete Apparat. Zuweilen bringt man statt eines wirklichen Injectors einen einfachen Dampfstrahl in der Richtung des Zuges an; aber dies ist eine sehr verschwenderische Einrichtung; man sollte immer einen richtigen Körting'schen Injector aus Hartblei anwenden. Dies kann an verschiedenen Stellen geschehen. Scheurer-Kestner (Bull. Soc. chim. 44, 98) beschreibt seine Erfahrungen in dieser Richtung. Er wendete einen Körting'schen Injector an, der eine Gas Mischung von 7,9 Proc. Wasserdampf und 92,1 Proc. Luft hervorbrachte. Somit reichte eine Menge von 1814 kg Wasser in Dampfform zur Aufangung der Luft für Verbrennung von 7000 kg 45 procentigem Schwefelkies aus. Zuerst war der Injector in dem in die erste Kammer führenden Rohre angebracht. Dies ist da, wo kein Gloverthurm vorhanden ist, der beste Ort, da dann der Wasserdampf im Kammerbetriebe ausgenutzt wird und mithin nichts kostet; aber wo ein Gloverthurm ist, verursacht es einen Ueberschuß von Dampf in der ersten Kammer. Das Hartblei des Injectors wurde ziemlich schnell abgenutzt; Porcellan ließ sich nicht dafür verwenden, weil es bald sprang; dagegen zeigte sich ein dünner Platinüberzug als Schutz des Hartbleiinjectors wirksam. Es wurde dann versucht, den Injector zwischen der zweiten und dritten Kammer anzubringen, aber auch hier gelangte zu viel Dampf in die Kammer. Man vermeidet dies, wenn man den Injector in dem Austrittsrohre aus dem Gay-Lussacthurm anbringt; aber hier geht aller Dampf verloren, was das Verfahren zu theuer macht. — Bei selenhaltigem Pyrit verstopfte sich ein zwischen den Kiesöfen und den Kammern angebrachter Injector so rasch durch niedergeschlagenes Selen, daß man immer zwei Injectoren neben einander anwenden mußte, von denen der eine gereinigt werden konnte, während der andere im Gebrauche war.

In der Fabrik von Matthiessen u. Hegeler zu La Salle (Ill.), wo Schwefelsäure aus Blendenöstgasen gemacht wird, welche in einem Etagenofen mit mechanischer Rührvorrichtung erzeugt werden, würde der nöthige Zug durch gewöhnliche Mittel überhaupt gar nicht hervorgebracht werden können, und sind deshalb mit Hartblei überzogene eiserne Ventilatoren zwischen dem Gloverthurm und der ersten Kammer, sowie auch zwischen dem Gay-Lussacthurm und dem Kamin angebracht. Diese Einrichtung functionirt schon mehrere Jahre.

Auch in der Halsbrücker Hütte bei Freiberg, wo die Röstgase, um sie von Flugstaub und namentlich von Arsen möglichst zu befreien, durch beinahe 300 m lange Canäle nach den Kammern geführt werden, hat man den nöthigen Zug

nur durch Anbringung von Koots'schen Ventilatoren aus Hartbleiblech erreichen können, durch welche sowohl gute Abrüstung als auch normaler Kammergang hervorgebracht werden.

Bei Vorhandensein eines Dampfinjectors muß man um so sorgfältiger reguliren, um nicht zu viel Zug zu bekommen, und hat schließlich nur ein theures Zugmittel statt des billigen, des Schornsteins, ohne daß man auch nur durch verminderte Nothwendigkeit einer steten Beaufsichtigung und Regulirung entschädigt würde. Wir würden also, wo es irgend angeht, dem Dampfstrahle den Schornstein jedenfalls vorziehen, um so mehr, da ja doch ein solcher zur Verbreitung des Dampfessels unbedingt nothwendig ist, selbst wenn die Fabrik keine Concentrationsapparate oder sonstigen Feuerungen besitzt, was nur ausnahmsweise vorkommen dürfte. Selbstverständlich muß aber dann der Schornstein die Kammern erheblich an Höhe überragen; anderenfalls würde selbst ein kurzes, auf diese aufgesetztes Rohr besser ziehen.

Selbstredend kommt es auch nur auf einen „Schornstein“ hinaus, wenn man das auf die Kammern aufgesetzte directe Zugrohr von bedeutender Höhe macht (z. B. 15 m in den südfranzösischen Fabriken). Wo aber mehrere Kammer Systeme in einer Fabrik zusammen thätig sind, wird es bequemer und billiger sein, die Gase in eine gemeinschaftliche weite Esse von gewöhnlicher Art zu führen, selbstredend mit einer Zugregulirungsvorrichtung in dem Verbindungsrohre jedes einzelnen Systemes mit der Esse.

Es ist nicht zweckmäßig, für die Kammern einen Kamin zu benutzen, mit dem anderweitige Defen einer Sodafabrik (Kammöfen u. s. w.) verbunden sind, da der Zug dann sehr veränderlich ist und die Regulirung des Kammerbetriebes ungemein erschwert wird. In kleineren Werken kann man dieses Verfahren nicht immer vermeiden, und muß dann den Zug um so sorgfältiger reguliren. Gerade in solchen Fällen sind die unten zu beschreibenden, selbstthätig regulirten Absperrventile am meisten zu empfehlen.

Die Beförderung des Zuges durch einen Schornstein ist um so mehr anzurathen, wenn man, wie dies jetzt fast überall geschieht, einen Salpetergasaufhalter (fast immer den Gay-Lussac'schen Kofsthurm) am Ende des Kammer Systems aufstellt. Zwar muß man in diesem Falle den Zug erst recht sorgfältig reguliren, muß aber zuvörderst über einen Ueberschuß von Zugkraft disponiren können. Außerdem ist es eine sehr große Annehmlichkeit, wenn man die für den Betrieb des Gay-Lussacthurnes unbedingt nothwendige Laterne (s. darüber bei diesem) zu ebener Erde oder in der Höhe des Kammerganges anbringen kann, was bei einem von dem Thurme nach dem Kamin absteigenden Zugrohre leicht angeht; anderenfalls muß man immer bis zur ganzen Höhe des Thurmes hinaufsteigen, was die Controle sehr erschwert. Uebrigens ist es an sich ganz möglich, wenn der Gay-Lussacthurm so aufgestellt ist, daß seine Spitze die Höhe der Kammern bedeutend überragt, ihn selbst, ohne Schornstein, als Zugvorrichtung zu benutzen, und dies geschieht auch in manchen Fabriken in der That, aber vermuhtlich mandmal nur aus Mangel an einem passenden Kamine. Die Nachtheile dieses Systemes werden durch folgende Stelle aus dem amtlichen Alkali-Inspectorien-Vericht für 1884, S. 74 verdeutlicht: „Nr. 2256. Das Austrittsrohr für

das Kammer-system, in welchem Pyritklein verbrannt wird, war früher oben auf dem Gay=Lussacthurme. Ich fand hier bei meinen drei ersten Revisionen eine große Menge Säure in die Luft gehend. Der Director hat seitdem diesen Auslaß mit dem Hauptkamine verbunden, und findet, daß er jetzt den Zug in den Kammern besser reguliren kann. Seit dieser Aenderung sind die Gasproben ausnahmslos gut ausgefallen.“ Die neueren Kammer-systeme zu Oker sind mit Benutzung der gegebenen Terrainverhältnisse so aufgestellt, daß die Röstöfen, Gloverthürme, Kammern und Gay=Lussacapparate terrassenförmig zu einander gebaut worden sind; die Oberkante der Ausführungsrohren in das Freie liegt 19 m über dem Niveau des Rostes der Riesbrenner. (Zeichnungen des ganzen Systemes finden sich bei Bräuning's Aufsatz in der Preuß. Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen, 1877, Taf. II.) Man kann dadurch den Zug besser reguliren, als bei den älteren Systemen, wobei auf eine so systematische Aufstellung nicht Bedacht genommen worden war. Dieses kann man leicht glauben; wenn aber gesagt wird, daß man den unzureichenden Zug im Kammer-system auch dadurch nicht corrigiren konnte, daß man versuchsweise die Gay=Lussacapparate mit der Zugesse der Dampfessel in Verbindung setzte, so beweist dies nur, daß entweder in dieser Esse kein genügender Ueberschuß an Zugkraft vorhanden war, oder daß man sonst irgend etwas verfehlt hat, denn es ließen sich eine übergroße Anzahl von Beweisen für das Gegentheil aus anderen Fabriken auführen. Bei dem Oker'schen System hat man die Annehmlichkeit, daß sowohl die Kammerfäure als die Gay=Lussacfäure durch freien Fall in den Gloverthurm einfließen können; dabei fällt freilich der Gloverthurm nur 5,25 m hoch aus.

Man will zu Oker gefunden haben (Bräuning, a. a. O., S. 137), daß es vortheilhaft sei, das die Gase aus der letzten Kammer führende Rohr recht lang zu machen, wodurch die Schwankungen des äußeren Luftdruckes in den Kammern weniger zur Geltung kommen sollen und die Regulirung des Zuges erleichtert werden soll. Wie dem auch sein möge, so schadet ein solches langes Rohr, trotz etwas größerer Reibung, jedenfalls nicht, sondern ist sogar sehr nützlich durch bessere Abkühlung der Gase, ehe sie in den Absorptionsthurm treten (s. u.).

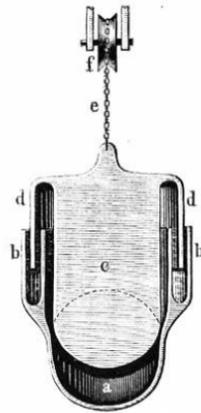
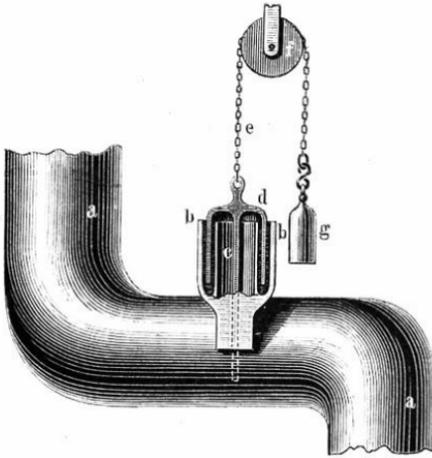
Eine eigenthümliche Vorrichtung zur Hervorbringung von Zug in den Bleikammern ist von E. L. Vogt (durch den Agenten Johnson) am 29. Juli 1875 in England patentirt worden, nämlich die, daß man durch den Wasserdampf, welcher die Kammern speist, zugleich Luft mit hineinführen läßt. Ein Rohr von 6 mm Oeffnung führt unter 3 bis 4 Atm. Druck die nöthige Menge Luft zugleich mit dem Dampfe ein, um den Schwefel des Pyrits zu Schwefelsäure zu oxydiren. Diese Zufuhr von Luft direct in die Kammern selbst ist nur ganz ausnahmsweise zu empfehlen (siebentes Capitel), kann jedoch unter Umständen wirklich nöthig werden.

An einigen Orten läßt man den (zu diesem Zwecke mit lose gestellter Füllung versehenen) Gloverthurm selbst als Kamin wirken, damit die Pyritöfen immer guten Zug haben und nie ausblasen, während man dabei doch den Endauslaß so eng stellen kann, daß selbst in der letzten Kammer noch immer etwas Druck vorhanden ist. Im nächsten Capitel werden wir sehen, wie dieses Ziel sich noch vollkommener erreichen läßt.

Nach welchen Grundsätzen man bei der Regulirung des Luftzufflusses verfahren solle, ist schon früher (S. 218, 281) erörtert worden, als es sich um die Zusammensetzung der Koftgase handelte, und ist damals schon darauf hingewiesen worden, daß man den Zug jedes einzelnen Schwefel- oder Pyritbrenners

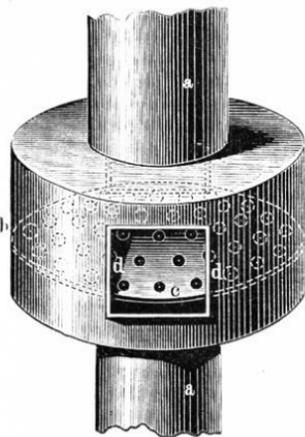
Fig. 179.

Fig. 180.



vermitteltst der Köcher in den Afsenfallthüren reguliren müffe; es wird im folgenden Capitel ebenfalls darauf zurückzukommen sein. Hier ist nur zu bemerken, daß man jedenfalls dafür sorgen muß, daß genug Gefammtzug hinter den Kammern vorhanden sei, aber eben auch nicht zu viel; sonst würde, wenn man auch die

Fig. 181.



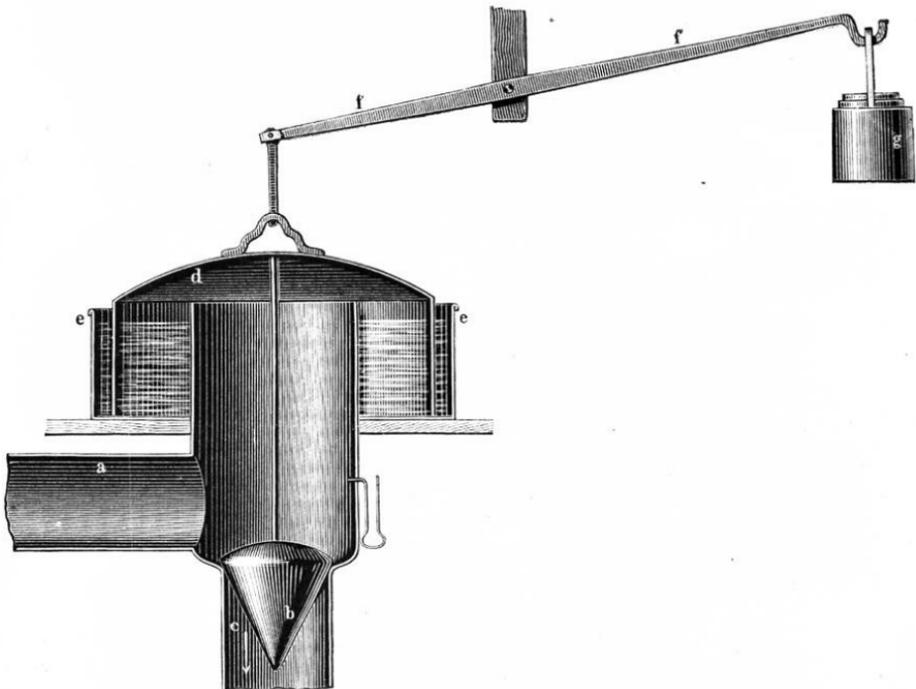
Brenner selbst durch weitere Absperrung vor übermäßigen Zuge schützt, um so mehr Tendenz dazu vorhanden sein, daß die Luft an allen Ecken und Enden und durch die feinsten Ritzen in die Bleikammern eindrange und den Proceß in sehr unangenehmer Weise störte. Wenn man zu viel Zug hat, bekommt man gleich das Schreckbild des Schwefelsäurefabrikanten: blasse Kammern, worüber unten mehr zu sagen ist.

Man muß also immer eine Regulirungsvorrichtung für den Zug in dem Ausführungrohre für die Gase besitzen, sei es, daß dieses Rohr in den Schornstein oder daß es direct ins Freie geht. Viele Fabriken benutzen dafür einen einfachen Schieber, für den ein Schlitz in dem betreffenden Bleirohre vorhanden ist, welcher entweder gar nicht oder nur durch Verschmieren mit Thon gedichtet wird. Bedeutend vollkommener ist die in Fig. 179 und 180 gezeichnete Einrichtung. Fig. 179 zeigt eine Vorderansicht mit theilweise weggeschnittenem Wasserverschluß, Fig. 180 einen Querdurchschnitt. Das Zugrohr *aa* breitet sich nach oben in einen rectangulären

Behälter aus, welcher von einem Mantel *bb* für Wasserverschluß umgeben ist, und der Schieber *e* ist allseitig von einem Mantel *dd* umgeben, welcher in den Wasserverschluß bei *b* seintaudt, so daß kein Gas hinaus- und keine Luft hinein- gehen kann. Die Kette, Rolle und das Gegengewicht *efg* dienen zum Stellen des Schiebers *e*.

In continentalen Fabriken findet sich sehr häufig die Einrichtung Fig. 181 (a. v. S.). Das Zugrohr *aa* ist von einer trommelförmigen Erweiterung *b* unterbrochen, die durch eine durchgehende horizontale Scheidewand *c* in zwei Theile getheilt ist. Dieses Diaphragma *c* ist von einer größeren Anzahl Löcher durch-

Fig. 182.

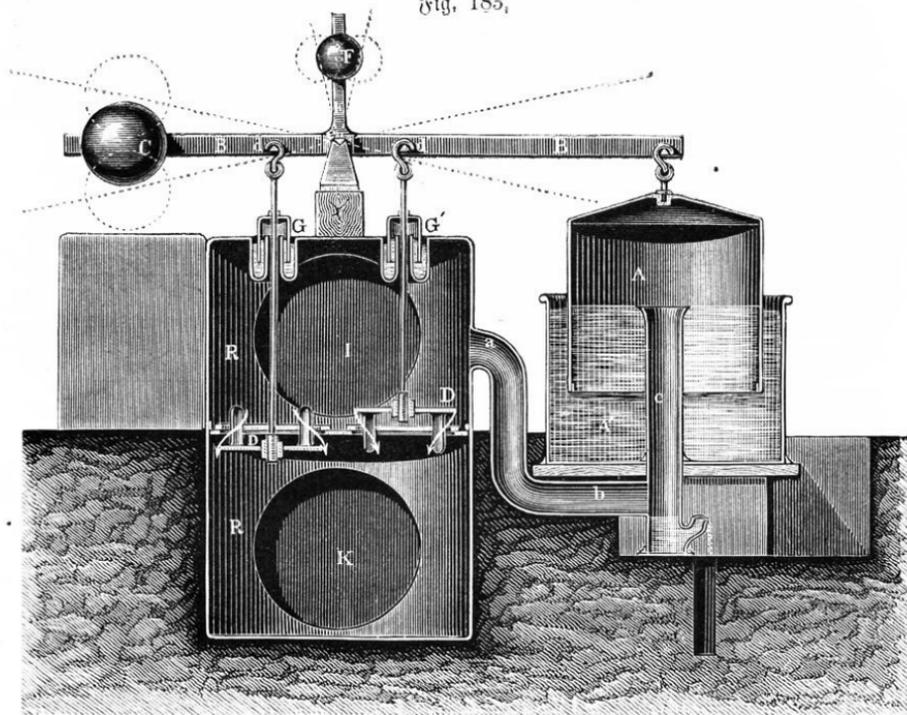


bohrt, deren Gesamitquerschnitt etwas größer als derjenige des Rohres *aa* ist. Wenn also alle Löcher offen sind, so ist dem Zuge gar kein Hinderniß geboten; dagegen kann man denselben ganz beliebig beschränken, wenn man eine größere oder geringere Anzahl der Löcher mit Blei- oder Thonpfropfen verschließt. Zu diesem Behufe ist der Raum über dem Diaphragma durch ein Thürchen zugänglich, oder, wie es im vorliegenden Falle gezeigt ist, die Trommel dient zugleich als Laterne, enthält also zwei einander gegenüberstehende Oeffnungen *dd*, von denen nur eine in der Figur sichtbar ist, welche mit Glasscheiben verschlossen sind; man nimmt eine der Scheiben fort, um zu den Löchern zu gelangen.

Besonders bei Kammern, welche nicht mit einem hohen Schornsteine arbeiten, also Zugschwankungen durch Veränderung des Windes u. dergl. ausgesetzt sind,

empfeht es sich, neben den gewöhnlichen Zugregulatoren auch noch einen automatischen Regulator anzubringen. Man kann einen solchen herstellen, wenn man auf dem horizontalen Theile des Austrittsrohres einen senkrechten Stutzen, etwa 30 cm weit, anbringt, welcher durch eine in einem ringförmigen Wasserverschluß stehende Glocke verschlossen ist. Die Glocke hängt an dem einen Arme eines Hebels, dessen anderer Arm so belastet ist, daß die Glocke frei spielen kann. Bei dem richtigen Zuge nimmt dieser zweite Hebelarm eine gewisse Stellung an, in welcher eine damit verbundene Drosselklappe in dem Austrittsrohre halb offen steht. Nimmt der Zug zu, so geht die Glocke durch den äußeren

Fig. 183,



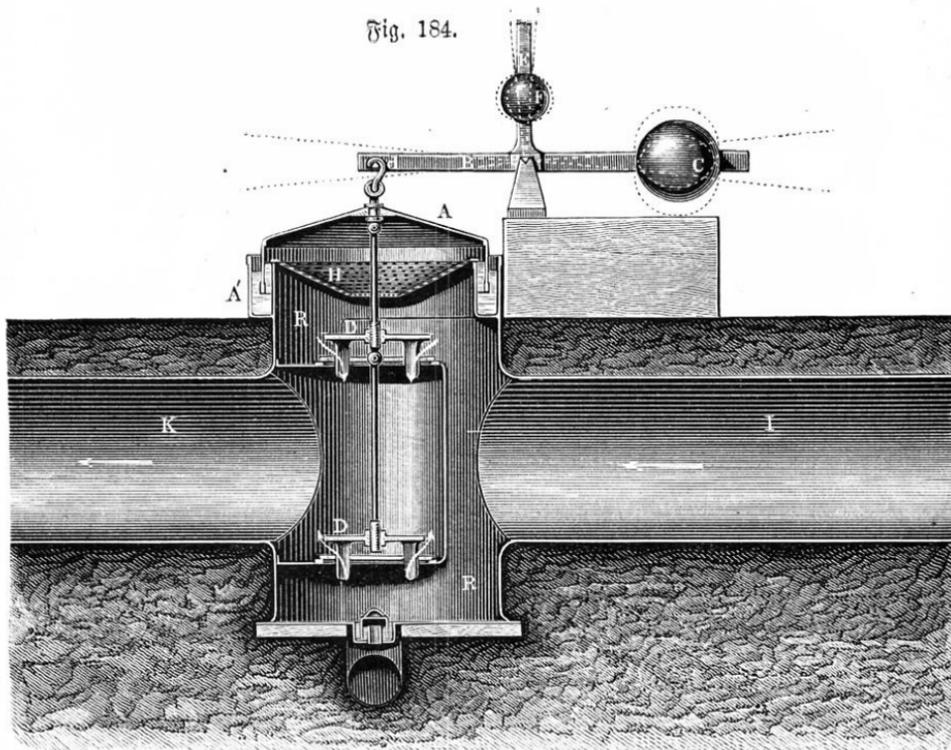
Luftdruck herunter und schließt die Drosselklappe zum Theil; umgekehrt wird die Drosselklappe bei geringerem Zuge sich weiter öffnen.

Ein Zugregulator ähnlicher Art ist der von G. Delplace, Fig. 182. Es bedeutet hier *a* das Eintrittsrohr vom Gay-Lussachthurm, *b* das Absperrventil (fegelförmig), *c* das zum Austrittscaual führende Rohr, *d* die Regulirungsglocke, welche in dem stets bis *ee* gefüllten Wasserverschluß sitzt, *f* den Hebel, *g* das Gegengewicht.

Zu den Einzelheiten etwas verschieden und, wie es scheint, sehr genau regulirend ist die Vorrichtung von W. G. Strype aus Wicklow (Engl. Pat. Nr. 705, 21. Febr. 1879). Die Ventile sind hier Scheiben von 0,3 m Durchmesser aus Hartblei, mit Führungslappen, und zwar sind zwei derselben in

gleichen Entfernungen vom Drehpunkte des Hebels angebracht, um alle Schwankungen in Folge der Raminfangung zu eliminiren; ihre Führungsstangen sind durch Wassererschlüsse in dem Ausführungsrohre gedichtet. An einem Ende des Hebels befindet sich die in Wasser eingetauchte Regulirungsglocke, am anderen Ende das Gegengewicht; außerdem ist aber, zur Compensation des Gewichtsverlustes, welchen die Bleiglocke bei tieferem Eintauchen in den Wassererschluß erleidet, an dem Hebel ein rechtwinklig absteigender Arm mit verschiebbarem Gewicht angebracht, wodurch der Schwerpunkt des Systems bei der Hin- und Herbewegung des Hebels jedesmal in entsprechender Weise verrückt wird. Sämmtliche

Fig. 184.



Drehpunkte sind stählerne Schneiden, und es sind keine dicht anschließenden oder der Abnutzung unterworfenen Flächen vorhanden. Die Fig. 183 (a. v. S.) und Fig. 184 werden dies deutlicher machen. Es sind dies zwei verschiedene Constructions, von denen Fig. 183 besser, Fig. 184 etwas billiger ist. Die Buchstaben bedeuten in beiden gleiche Theile, nämlich A die Bleiglocke, A' das Wasserreservoir, die Röhren abc (welche in Fig. 184 fortfallen) die Verbindung mit der Gaschammer RR, in welche das Gaseintrittsrohr von den Kammern I und das Austrittsrohr zum Ramin K münden; DD die beiden Ventile, B den Hebel, an welchem sie wirken, e dessen Drehpunkt, C das Gegengewicht, d d' die Aufhängungshaken und Schneiden der Ventilationsstangen, E den Compensationsarm für den Gewichtsverlust von A

beim Eintauchen, *F* dessen Gewicht, *H* (in Fig. 184) eine zur Abhaltung stärkerer Schwankungen dienende Zwischenwand.

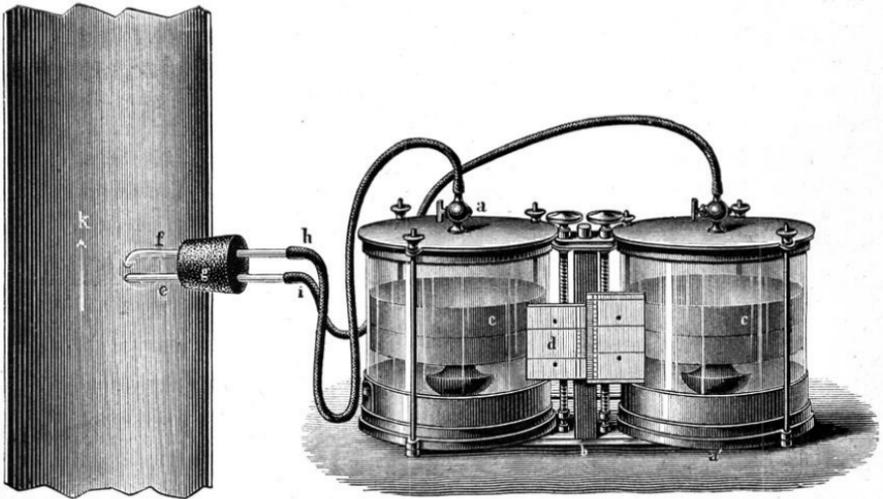
Ich glaube solche Regulatoren sehr empfehlen zu dürfen, möchte aber darauf aufmerksam machen, daß sie eine fortwährende Controle des Kammerzuges nur erleichtern, nicht entbehrlich machen sollen.

### Zugmesser (Anemometer).

Obwohl ich im Früheren (S. 218) meine Meinung dahin ausgesprochen habe, daß das Combes'sche Windflügelanemometer sich zur Regulirung des Ofenganges nicht eignet, weil es ein zu leicht verletzbares Instrument ist, welches übrigens auch immer nur die Geschwindigkeit des Luftstromes genau an der Stelle mißt, wo es sich befindet, so möchte ich doch auf andere Anemometer hinweisen, welche sich bei Aufstellung an dieser Stelle, nämlich am Ausgange der Gase aus den Kammern, vorzüglich dazu eignen, zur Controle des Zuges zu dienen. Zunächst das schon von Pécllet angegebene Differentialanemometer, welches sehr genau wird, wenn man es (nach Fletcher) mit Aether füllt und noch anderweitig modificirt, und wenn man (nach Hart und Swan) dem Schenkelrohre eine bedeutende Neigung gegen die Horizontale giebt, so daß der Unterschied im Niveau der beiden Schenkel sich über eine große Länge vertheilt und mit größerer Genauigkeit abgelesen werden kann. Während das ursprüngliche Pécllet'sche Anemometer für so geringe Zuggeschwindigkeiten, wie sie ein Schornstein giebt, nicht brauchbar ist, so ist dies schon der Fall mit der Modification von Fletcher (beschrieben im Third Annual Report on the Alkali Act, 1863, by the Inspector, for 1866, p. 54 seq.), und noch mehr mit der Modification von Swan (construirt 1869, beschrieben in Transactions of the Newcastle-upon-Tyne Chemical Society, Jan. 26, 1871; vorgeschlagen auch unabhängig schon von Peter Hart, Chem. News 1870, 21, 200). Das physikalische Princip, auf dem dieses Anemometer beruht, ist dieses: daß ein Luftstrom, welcher bei dem offenen Ende einer Röhre vorbeistreichet, darin ein partielles Vacuum hervorruft. Eine Anwendung dieses Principes kann man in einem bekannten Spielzeug sehen, in welchem man eine Flüssigkeit in einem Glasrohre mehrere Zoll in die Höhe steigen läßt, indem man durch eine andere Röhre über sein offenes Ende hinweg bläst; dies beweist die Entstehung einer Luftverdünnung in dem ersten Rohre. Wenn man also ein gerades Rohr durch ein Loch in dem Mauerwerk eines Rauchcanals oder Schornsteins, oder in der Wand eines Bleirohres zum Abzug der Kammergase u. s. f. einführt, so daß der Gasstrom in dem Canal quer bei dem offenen Ende des Rohres vorbeistreichet, so wird darin ein partielles Vacuum gebildet werden, proportional zu der Geschwindigkeit des Stromes. Einer solchen Röhre wird sich aber auch die saugende Wirkung des Schornsteines selbst mittheilen, abgesehen von der Saugung, welche durch das Vorbeistreichen des Stromes vor ihrer offenen Mündung entsteht, und für den gegenwärtigen Zweck muß man diese beiden Kräfte unterscheiden. Um dieses zu bewirken, muß man zwei Röhren in den Schornstein einführen, wovon die eine gerade endigt, die andere so gebogen ist, daß die Biegung dem Luftströme entgegensteht; beide Enden sind offen. Beide

Röhren werden nun die Luftverdünnung durch die Saugkraft des Kamins erfahren; aber in dem geraden Rohre wird diese vermehrt werden durch die Saugkraft der daran vorbeistreichenden Luft, während sie in dem gebogenen Rohre vermindert wird durch den Druck der hineinblasenden Luft. Die Differenz zwischen der Saugkraft beider Röhren wird also der Wirkung des Luftstromes in dem Kamine zuzuschreiben sein, und es bleibt nur übrig, diese Differenz zu messen, um daraus die Geschwindigkeit des Luftstromes abzuleiten. Zu diesem Zwecke werden die beiden Röhren mit einer U-förmigen Glasröhre verbunden, welche Wasser oder eine andere Flüssigkeit enthält; das Wasser wird dann in dem einen Schenkel in einem der Saugungs-differenz entsprechenden Grade emporsteigen; da die saugende Kraft des Schornsteins gleichmäßig auf beide Schenkel wirkt, so wird dieselbe eliminirt, und die Niveaudifferenz entspricht nur der verschiedenen Wirkung, welche der Luftstrom auf das gerade Rohrende, an dem er vorbeistreicht,

Fig. 185.



und auf das gebogene, in welches er hineinbläst, ausübt. Da diese Wirkung mit der Geschwindigkeit des Luftstromes steigt und fällt, so kann man die letztere daraus ableiten. Wasser eignet sich zur Füllung der U-Röhre nur bei Luftströmen von größerer Geschwindigkeit als 1,5 m in der Secunde; darunter wird die Niveaudifferenz zu klein und ungenau und die Reibung an den Rohrwänden absorbiert einen zu großen Antheil derselben. Fletcher überwand die daraus entstehenden Schwierigkeiten folgendermaßen: Um die Reibung zu vermindern, wendete er zunächst, statt einer einfachen U-Röhre von etwa 1 cm Durchmesser, zwei Cylinder *aa'* von 10 cm Durchmesser an, welche am Boden durch eine kleine Röhre *b* verbunden sind (Fig. 185). Indem nun die Oberfläche, auf welche der Druck ausgeübt wird, hundertfach, dagegen der Umfang, an welchem die Reibung stattfindet, nur zehnfach vergrößert wird, steigert sich auch die Empfindlichkeit um das Zehnfache. Um das Steigen und Fallen der Flüssigkeit

genau beobachten zu können, dienen metallene Schwimmer *cc*, mit einer sehr feinen, auf der Drehbank eingeritzten Horizontallinie, und der mit Nonius und sehr feiner Schraubenadjustirung versehene Maßstab *d* erlaubt den Niveaunterschied bis auf  $\frac{1}{1000}$  Zoll (gleich 0,025 mm) genau zu messen. Freilich ist dies bei Anwendung von Wasser nicht möglich, weil dessen Beweglichkeit zu gering ist, in Folge von Adhäsion an dem Glase; da aber diese bei Aether nur  $\frac{1}{2000}$  so groß ist (nach Versuchen von Fletcher), so kann man durch Füllung mit dem letzteren jede beliebige Genauigkeit erreichen. Die Figur zeigt zugleich, wie die beiden Glasröhren *e* und *f* vermittelst des Korfes *g* in eine Oeffnung des Zugrohres *k* senkrecht zur Zugrichtung, aber die Biegung von *f* derselben gerade entgegenstehend eingesetzt und durch Gummischläuche *hi* mit den Gefäßen *aa'* verbunden sind.

Das Fletcher'sche Anemometer ist später bedeutend vereinfacht und in ein U-Rohr mit Noniusablesungen verwandelt worden („Taschenbuch für die Sodaindustrie zc.“, 1. Aufl., S. 85).

In dem ursprünglichen Aufsatze von Fletcher ist die mathematische Entwicklung der Gesetze für Ermittlung des Verhältnisses der Ableesungen zur Geschwindigkeit der Luftströme enthalten, und diese ist auch in der ersten Auflage dieses Werkes S. 312 bis 314 (vergl. auch S. 612) wiedergegeben worden. Wir geben hier nur die Schlußformel zur Ermittlung der Geschwindigkeit des Gasstromes *v* aus der Höhe der Aethersäule (vom specif. Gew. 0,740) = *p*, für Temperaturen *t* (in Fahrenheitgraden) und Barometerdrucken *h* (in englischen Zollen):

$$v = \sqrt{p \frac{29,92}{h} \times \frac{519}{459 + t}} \times 28,55.$$

Die auf S. 398 ff. folgende Tabelle für die den verschiedenen Ableesungen des Anemometers entsprechenden Geschwindigkeiten giebt die Werthe für die Formel

$$v = 28,55 \sqrt{p};$$

die Tabelle S. 401 ff. dient zur Correctur für die Variationen in der Temperatur des Gasstromes. Die Correctionen für kleine Variationen im Barometerdruck sind meist nicht erheblich, können aber durch Multiplication des aus den beiden erwähnten Tabellen abgeleiteten Werthes mit  $\frac{29,92}{h}$  für englische Zoll oder  $\frac{760}{h}$  für Millimeter gemacht werden.

Wenn man den Druck in Millimetern abliest, so substituirt man für 29,92 überall die Zahl 760. Statt der Constanten 28,55, welche für Zoll und Fuß gilt, nimmt man für Metermaß 1,727, so daß die Formel, wenn *v'* die Geschwindigkeit in Metern pro Secunde und *p'* Ableesungen in Millimetern bedeutet, folgende Gestalt annimmt:

$$v' = 1,727 \sqrt{p'}.$$

(Tabellen, welche nach dieser Formel für metrische Maße und Celsiusgrade berechnet sind, finden sich in des Verfassers „Taschenbuch für Sodafabrikation“, 1. Aufl., S. 86.)

Tabelle zur Berechnung der Luftgeschwindigkeit mit dem Aether-  
manometer, nach der Formel  $v = 28,55 \sqrt{p}$ .

Temperatur  $60^{\circ} \text{F.} = 15,55^{\circ} \text{C.}$  Barometer 760 mm.

Die Ablefungen der ersten Spalte, in englischen Zollen, sind auf Millimeter durch Multiplication mit 25,40, die der zweiten Spalte, in engl. Fuß, auf Meter durch Multiplication mit 0,3048 zu reduciren.

Ablefungen in engl. Zoll	Geschwindig- keit der Luft in Fuß per Sec.	Ablefungen in engl. Zoll	Geschwindig- keit der Luft in Fuß per Sec.	Ablefungen in engl. Zoll	Geschwindig- keit der Luft in Fuß per Sec.
0,001	0,903	0,035	5,342	0,069	7,500
0,002	1,277	0,036	5,418	0,070	7,554
0,003	1,564	0,037	5,492	0,071	7,608
0,004	1,806	0,038	5,565	0,072	7,661
0,005	2,019	0,039	5,638	0,073	7,713
0,006	2,212	0,040	5,710	0,074	7,766
0,007	2,389	0,041	5,781	0,075	7,819
0,008	2,554	0,042	5,851	0,076	7,871
0,009	2,709	0,043	5,921	0,077	7,922
0,010	2,855	0,044	5,989	0,078	7,974
0,011	2,994	0,045	6,056	0,079	8,025
0,012	3,127	0,046	6,123	0,080	8,075
0,013	3,255	0,047	6,189	0,081	8,125
0,014	3,378	0,048	6,255	0,082	8,175
0,015	3,497	0,049	6,320	0,083	8,225
0,016	3,612	0,050	6,384	0,084	8,275
0,017	3,723	0,051	6,448	0,085	8,324
0,018	3,830	0,052	6,510	0,086	8,373
0,019	3,935	0,053	6,572	0,087	8,421
0,020	4,038	0,054	6,634	0,088	8,469
0,021	4,137	0,055	6,695	0,089	8,517
0,022	4,235	0,056	6,756	0,090	8,565
0,023	4,330	0,057	6,816	0,091	8,613
0,024	4,423	0,058	6,876	0,092	8,660
0,025	4,514	0,059	6,935	0,093	8,707
0,026	4,604	0,060	6,993	0,094	8,754
0,027	4,691	0,061	7,051	0,095	8,800
0,028	4,777	0,062	7,109	0,096	8,846
0,029	4,862	0,063	7,166	0,097	8,892
0,030	4,945	0,064	7,223	0,098	8,938
0,031	5,027	0,065	7,279	0,099	8,983
0,032	5,107	0,066	7,335	0,100	9,028
0,033	5,187	0,067	7,390	0,102	9,118
0,034	5,265	0,068	7,445	0,104	9,207

Ablefungen in engl. Zoll	Gefchwindigkeit der Luft in Fuß per Sec.	Ablefungen in engl. Zoll	Gefchwindigkeit der Luft in Fuß per Sec.	Ablefungen in engl. Zoll	Gefchwindigkeit der Luft in Fuß per Sec.
0,106	9,295	0,192	12,51	0,278	15,06
0,108	9,383	0,194	12,57	0,280	15,11
0,110	9,469	0,196	12,64	0,282	15,17
0,112	9,554	0,198	12,71	0,284	15,23
0,114	9,639	0,200	12,77	0,286	15,28
0,116	9,724	0,202	12,83	0,288	15,33
0,118	9,808	0,204	12,90	0,290	15,38
0,120	9,891	0,206	12,96	0,292	15,44
0,122	9,972	0,208	13,02	0,294	15,49
0,124	10,053	0,210	13,08	0,296	15,54
0,126	10,13	0,212	13,15	0,298	15,59
0,128	10,21	0,214	13,21	0,300	15,64
0,130	10,29	0,216	13,27	0,302	15,70
0,132	10,37	0,218	13,33	0,304	15,75
0,134	10,45	0,220	13,39	0,306	15,80
0,136	10,53	0,222	13,45	0,308	15,85
0,138	10,60	0,224	13,51	0,310	15,90
0,140	10,68	0,226	13,57	0,312	15,95
0,142	10,76	0,228	13,63	0,314	16,00
0,144	10,83	0,230	13,70	0,316	16,05
0,146	10,91	0,232	13,76	0,318	16,10
0,148	10,98	0,234	13,82	0,320	16,15
0,150	11,06	0,236	13,88	0,322	16,20
0,152	11,13	0,238	13,94	0,324	16,25
0,154	11,20	0,240	13,99	0,326	16,30
0,156	11,27	0,242	14,05	0,328	16,35
0,158	11,34	0,244	14,11	0,330	16,40
0,160	11,42	0,246	14,17	0,332	16,45
0,162	11,49	0,248	14,23	0,334	16,50
0,164	11,56	0,250	14,28	0,336	16,55
0,166	11,63	0,252	14,34	0,338	16,60
0,168	11,70	0,254	14,40	0,340	16,65
0,170	11,77	0,256	14,45	0,342	16,70
0,172	11,84	0,258	14,50	0,344	16,75
0,174	11,91	0,260	14,56	0,346	16,80
0,176	11,98	0,262	14,62	0,348	16,85
0,178	12,05	0,264	14,68	0,350	16,89
0,180	12,11	0,266	14,74	0,352	16,94
0,182	12,18	0,268	14,79	0,354	16,99
0,184	12,25	0,270	14,84	0,356	17,04
0,186	12,31	0,272	14,90	0,358	17,09
0,188	12,38	0,274	14,96	0,360	17,13
0,190	12,45	0,276	15,01	0,362	17,18

Ablejungen in engl. Zoll	Geschwindigkeit der Luft in Fuß per Sec.	Ablejungen in engl. Zoll	Geschwindigkeit der Luft in Fuß per Sec.	Ablejungen in engl. Zoll	Geschwindigkeit der Luft in Fuß per Sec.
0,364	17,23	0,430	18,72	0,496	20,10
0,366	17,28	0,432	18,77	0,498	20,14
0,368	17,33	0,434	18,82	0,500	20,18
0,370	17,37	0,436	18,86	0,510	20,38
0,372	17,42	0,438	18,90	0,520	20,58
0,374	17,47	0,440	18,94	0,530	20,78
0,376	17,52	0,442	18,99	0,540	20,98
0,378	17,56	0,444	19,03	0,550	21,17
0,380	17,60	0,446	19,07	0,560	21,37
0,382	17,65	0,448	19,11	0,570	21,56
0,384	17,70	0,450	19,15	0,580	21,75
0,386	17,75	0,452	19,20	0,590	21,94
0,388	17,79	0,454	19,24	0,600	22,12
0,390	17,83	0,456	19,28	0,610	22,30
0,392	17,88	0,458	19,32	0,620	22,48
0,394	17,93	0,460	19,36	0,630	22,66
0,396	17,98	0,462	19,41	0,640	22,84
0,398	18,02	0,464	19,45	0,650	23,02
0,400	18,06	0,466	19,49	0,660	23,20
0,402	18,11	0,468	19,53	0,670	23,38
0,404	18,16	0,470	19,57	0,680	23,55
0,406	18,20	0,472	19,62	0,690	23,72
0,408	18,24	0,474	19,66	0,700	23,89
0,410	18,28	0,476	19,70	0,750	24,73
0,412	18,33	0,478	19,74	0,800	25,54
0,414	18,38	0,480	19,78	0,850	26,32
0,416	18,42	0,482	19,82	0,900	27,08
0,418	18,46	0,484	19,86	0,950	27,83
0,420	18,50	0,486	19,90	1,000	28,55
0,422	18,55	0,488	19,94	1,250	31,93
0,424	18,60	0,490	19,98	1,500	34,97
0,426	18,64	0,492	20,02	1,750	37,77
0,428	18,68	0,494	20,06	2,000	40,37

Tabelle der Werthe von  $\sqrt{\frac{519}{459 + t}}$  für Werthe von  $t$  von 0 bis 1000  
zur Temperaturcorrection.

$t$  sind die Grade nach Fahrenheit, zurückzuführen auf Grade Celsius nach der Formel:

$$t_1 = \frac{(t - 32) 5}{9}.$$

$t$ Grade $^{\circ}$ F.	$\sqrt{\frac{519}{459 + t}}$	$t$ Grade $^{\circ}$ F.	$\sqrt{\frac{519}{459 + t}}$	$t$ Grade $^{\circ}$ F.	$\sqrt{\frac{519}{459 + t}}$
0	1,0634	175	0,9047	350	0,8010
5	1,0577	180	0,9012	355	0,7985
10	1,0520	185	0,8977	360	0,7960
15	1,0464	190	0,8943	365	0,7936
20	1,0409	195	0,8909	370	0,7912
25	1,0355	200	0,8875	375	0,7888
30	1,0302	205	0,8841	380	0,7865
35	1,0250	210	0,8808	385	0,7842
40	1,0198	215	0,8775	390	0,7819
45	1,0148	220	0,8743	395	0,7786
50	1,0098	225	0,8711	400	0,7763
55	1,0049	230	0,8680	405	0,7741
60	1,0000	235	0,8649	410	0,7729
65	0,9952	240	0,8618	415	0,7707
70	0,9905	245	0,8587	420	0,7685
75	0,9858	250	0,8557	425	0,7663
80	0,9812	255	0,8527	430	0,7641
85	0,9767	260	0,8497	435	0,7619
90	0,9723	265	0,8467	440	0,7598
95	0,9679	270	0,8438	445	0,7577
100	0,9636	275	0,8409	450	0,7556
105	0,9593	280	0,8380	455	0,7535
110	0,9551	285	0,8352	460	0,7514
115	0,9509	290	0,8324	465	0,7494
120	0,9468	295	0,8296	470	0,7474
125	0,9428	300	0,8269	475	0,7454
130	0,9388	305	0,8242	480	0,7434
135	0,9348	310	0,8215	485	0,7414
140	0,9309	315	0,8189	490	0,7394
145	0,9270	320	0,8163	495	0,7375
150	0,9232	325	0,8137	500	0,7356
155	0,9194	330	0,8111	505	0,7337
160	0,9156	335	0,8085	510	0,7318
165	0,9119	340	0,8060	515	0,7299
170	0,9083	345	0,8035	520	0,7280

$t$ Grade F.	$\sqrt{\frac{519}{459 + t}}$	$t$ Grade F.	$\sqrt{\frac{519}{459 + t}}$	$t$ Grade F.	$\sqrt{\frac{519}{459 + t}}$
525	0,7261	685	0,6736	845	0,6309
530	0,7243	690	0,6721	850	0,6297
535	0,7225	695	0,6706	855	0,6285
540	0,7207	700	0,6691	860	0,6273
545	0,7189	705	0,6676	865	0,6261
550	0,7171	710	0,6662	870	0,6249
555	0,7153	715	0,6648	875	0,6237
560	0,7137	720	0,6634	880	0,6225
565	0,7119	725	0,6620	885	0,6214
570	0,7102	730	0,6606	890	0,6203
575	0,7085	735	0,6592	895	0,6192
580	0,7068	740	0,6578	900	0,6181
585	0,7051	745	0,6565	905	0,6169
590	0,7034	750	0,6552	910	0,6158
595	0,7017	755	0,6538	915	0,6147
600	0,7000	760	0,6524	920	0,6136
605	0,6983	765	0,6511	925	0,6125
610	0,6967	770	0,6498	930	0,6114
615	0,6951	775	0,6485	935	0,6103
620	0,6935	780	0,6472	940	0,6092
625	0,6919	785	0,6459	945	0,6081
630	0,6903	790	0,6446	950	0,6070
635	0,6887	795	0,6433	955	0,6059
640	0,6871	800	0,6420	960	0,6048
545	0,6856	805	0,6407	965	0,6037
650	0,6841	810	0,6395	970	0,6026
655	0,6826	815	0,6382	975	0,6015
660	0,6811	820	0,6369	980	0,6004
665	0,9796	825	0,6357	985	0,5994
670	0,6781	830	0,6345	990	0,5984
675	0,6766	835	0,6333	995	0,5974
680	0,6751	840	0,6321	1000	0,5964

Eine Correction für die verschiedene Ausdehnung des Aethers im Instrumente selbst ist meist nicht nöthig, da dieses nur der gewöhnlichen Temperatur ausgesetzt ist; sie beträgt für je  $10^{\circ}$  F. (gleich  $5,55^{\circ}$  C.) Abweichung von  $60^{\circ}$  F. =  $15,55^{\circ}$  C. nur etwa 1 Proc. der Geschwindigkeiten, welche die Tabelle angibt; bei niedrigerer Temperatur als  $60^{\circ}$  F. mehr, bei höherer weniger.

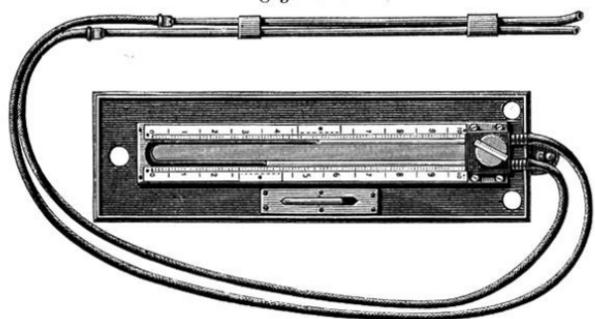
Um die Ableseung genauer zu machen, liest man erst die Höhe in einem beliebigen Schenkel des Instrumentes ab, kehrt dann den Strom um, indem man das Rohr  $e$  mit  $a$  und  $f$  mit  $a$ , in Verbindung setzt, liest wieder ab und erfährt so das Doppelte des Druckunterschiedes, welchen die Saugung bei  $f$  hervorgerufen hat. Die so gefundene Zahl wird auf der Tabelle I abgelesen, und nach der

Tabelle II für die Temperatur corrigirt. Wenn z. B. die erste Ableseung 1,039, die zweite, nach Umkehrung des Stromes, 0,861 war, so ist die Differenz 0,178. Nach Tabelle I ist die entsprechende Stromgeschwindigkeit 12,05 Fuß per Secunde, jedoch nur, wenn die Temperatur des Luftstromes 60° F. war; ist sie z. B. 520° F., so muß man nach Tabelle II mit 0,7280 multipliciren, und erhält also  $12,05 \times 0,7280 = 8,772$  als wahre Geschwindigkeit.

Dieses Instrument wird nicht durch Ruß, Hitze und corrosive Dämpfe beeinflusst; man kann es in einiger Entfernung von dem zu probirenden Kaminrohre aufstellen, wenn man längere Gummischläuche anwendet, und man kann es natürlich sowohl für saugende Ströme als für pressende (Ventilatoren u. s. w.) und als Windmesser selbst anwenden.

Wie jedes Anemometer zeigt freilich auch das Fletcher'sche nur den Druck an der Stelle, wo sich sein empfangender Theil gerade befindet, und man muß mit Rücksicht darauf die Röhren *e* und *f* so weit einführen, daß sie auf etwa ein Sechstel des Durchmessers in das Rohr reichen, an welcher Stelle eine der mittleren fast gleiche Geschwindigkeit in demselben herrschen soll; doch ist gerade

Fig. 186.



dieser Punkt noch sehr zweifelhaft, und es ist bis jetzt kein Mittel bekannt, die absoluten Gasmenngen, welche durch einen Canal von irgend erheblicherem Querschnitt streichen, mit Sicherheit zu messen.

Fletcher's Instrument ist von Swan in folgender Art verbessert

worden (wobei derselbe übrigens zu der ursprünglichen Construction von Béclet zurückkehrte, die außerdem schon früher von Hart, Chem. News 21, 200, empfohlen worden war). Statt der weiten Cylinders nimmt er eine U-Röhre von nur 3 mm Durchmesser, ebenfalls in der Biegung bedeutend verengert, um die Oscillationen zu verringern. Die Röhre ist 25 cm lang, und in einer Neigung von 1 : 10 gelegt; jeder Schenkel hat eine Scala und Nonius, der letztere zum Theil von Glas und zu gleicher Zeit die Scala und die Röhre überdeckend, so daß man mit Leichtigkeit auf  $\frac{1}{100}$  Zoll (gleich  $\frac{1}{4}$  mm) ablesen kann. Die Enden der Röhre stehen in Verbindung mit einem Zweiweghahn, so daß man die Umkehrung ihrer Verbindung mit den im Zugcanal befindlichen Röhren ohne Lösung irgend einer Verbindung bewirken kann. Fig. 186 wird dies näher erläutern, wo jedoch das Instrument von oben gesehen abgebildet ist, so daß die Neigung der Röhre gegen die Verticale nicht daran zu erkennen ist. Es steht auf einem mit Stellschrauben und Wasserwaage versehenen Gestelle. Im Uebrigen wird das Instrument genau wie das Fletcher'sche angewendet; durch die Neigung von 1 : 10 nimmt aber die Aethersäule die zehnfache Länge in der Röhre ein, als ihrer Höhe entspricht, und die Ableseung auf  $\frac{1}{100}$  Zoll, welche

mit größter Leichtigkeit gemacht werden kann, giebt dasselbe Resultat, wie diejenige auf  $\frac{1}{1000}$  Zoll in dem Fletcher'schen Instrumente, welche sehr mühsam und zeitraubend ist. Zwar hatte Fletcher wegen der größeren Reibung sich gegen enge Röhren erklärt; aber bei Anwendung von Aether ist die Reibung auch für engere Röhren ganz und gar zu vernachlässigen, wie Swan auch bei Wasser gefunden hat. Neuerdings ist Fletcher selbst von seinen weiten Cylindern mit Schwimmer auf gewöhnliche U-Röhren zurückgekommen. Das Swan'sche Anemometer muß immer genau horizontal seiner Längsrichtung nach aufgestellt werden; dagegen kann man es sich ersparen, auch querüber genau zu nivelliren, wenn man einmal die Ablefung in einem Schenkel macht, dann durch den Zweiweghahn den Strom umkehrt, wieder in demselben Schenkel abliest und die kleinere Höhe von der größeren abzieht; dadurch erfährt man, wie bei Fletcher's Instrument die gewünschte Differenz, ohne in beiden Schenkeln ablesen zu müssen, was absolute Horizontalstellung auch querüber erfordern würde. Man erfährt die Zuggeschwindigkeit bei Swan's Instrument ebenfalls aus Fletcher's Tabelle, indem man nur die Ablefungen durch 10 dividirt. Der Werth dieser Verbesserung ist übrigens zweifelhaft, da man die Höhe der Aetherfläche in dem schiefen Rohre nicht entfernt mit derselben Genauigkeit wie in einem geraden Rohre ablesen kann. Dasselbe Princip zeigt auch das auf S. 405 abgebildete Manometer (Fig. 187).

Andere Zugmesser sind z. B. der von Kretz (Dingl. polyt. Journ. **190**, 16), von Ramsbottom (ebenda **180**, 334), von Scheurer-Kestner (ebenda **206**, 448 und **222**, 427); keiner derselben scheint an Empfindlichkeit mit dem Fletcher'schen wetteifern zu können und kann auf sie nur verwiesen werden. Das recht sinnreiche Anemometer von Hurter (Dingl. polyt. Journ. **229**, 160) eignet sich nur für den Laboratoriumsgebrauch. Vergl. auch Bourdon's Multiplications-Anemometer, Compt. rend. **94**, 5.

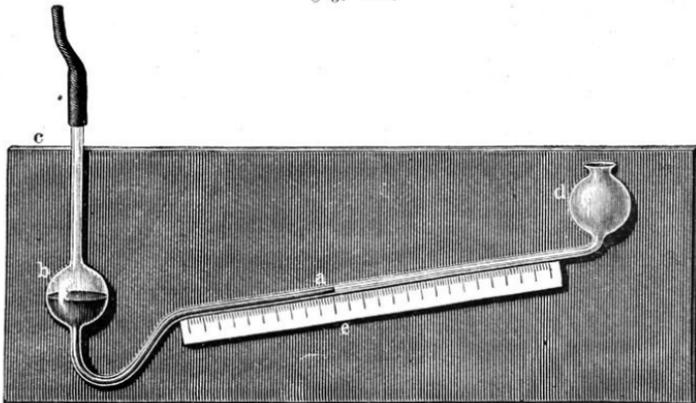
Fryer's Anemometer soll nach dem englischen Inspectionsberichte für 1877/78, S. 68, wo es beschrieben und abgebildet ist, das feinste aller solcher Instrumente sein. Es besteht aus zwei uhrglasförmig gewölbten Kupferplatten, zwischen welchen eine dritte ähnliche Platte an einer langen Spiralfeder (von oben herkommend) aufgehängt ist. Rings um die mittlere Platte schließt eine mit Kautschuklösung getränkte dünne Membran den Raum nach unten und oben dicht ab und erzeugt so zwei abgeschlossene Kammern. Ähnliche Membranen im Centrum gestatten eine kleine verticale Bewegung der Axe, an welcher die Centralscheibe aufgehängt ist. Die Spiralfeder hängt an einer Röhre, welche durch eine Schraubenmutter gehoben oder gesenkt werden kann. Jede Umdrehung der Schraubenmutter hebt oder senkt die Röhre um 10 engl. Zoll, und da ihr Umfang in 100 Theile getheilt ist, so kann man  $\frac{1}{1000}$  engl. Zoll (gleich circa  $\frac{1}{40}$  mm) ablesen. Zwei einander gegenüber stehende Schneiden am unteren Theile der Röhre gestatten die genaue Einstellung auf einen gewissen Punkt. Die obere und untere Kammer sind mit Hähnen versehen. Wenn nun diese durch Kautschukschläuche mit den Röhren in Verbindung gesetzt werden, in denen man eine Druckdifferenz messen will, so wirkt diese auf die große Oberfläche der mittleren Scheibe, wodurch die Spiralfeder gehoben oder gesenkt wird. Man dreht

dann die Schraubenmutter, bis die beiden Schneiden wieder genau gegenüber stehen, was man durch ein Mikroskop und Mikrometer beobachtet. Man kann hierdurch einen Druck von  $\frac{1}{3000}$  engl. Zoll noch mit Sicherheit beobachten. Das Instrument ist freilich etwas voluminös, und bis jetzt erst in einem Exemplar für den Generalinspector Dr. H. A. Smith ausgeführt worden.

Kuhlmann (Sohn) schlägt vor, gefärbte Dämpfe am Fuße des Schornsteins zu entwickeln und den Zeitraum zu beobachten, welchen sie brauchen, um an der Mündung anzulangen (Chem. Industrie 1878, S. 137; aus *Année industr.* 1878, p. 67). Ein ähnliches Princip (Entwicklung eines Nebels von Schwefelsäuredämpfen) hatte schon Fletcher angewendet.

H. Walter in Mailand (briefliche Mittheilung) verwendet dazu ein mit etwas Brom beschicktes Fläschchen, durch dessen Stopfen ein kurzes, oben und unten offenes, sowie ein ebenfalls beiderseitig offenes, aber außen rechtwinklig abgelenktes und dort 1 m lauges Glasrohr, beide von 5 bis 6 mm lichter Weite,

Fig. 187.



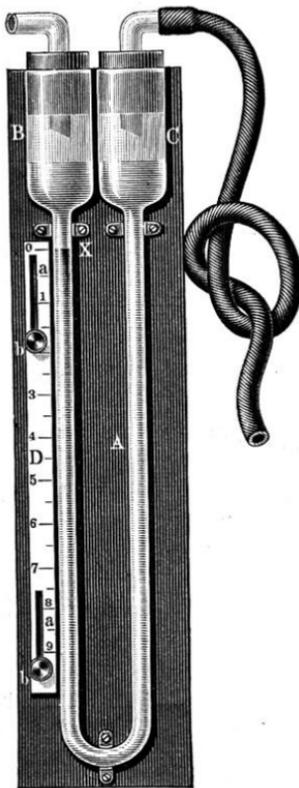
gehen. Letzteres steht durch ein kurzes Kautschukröhrchen mit Quetschhahn in Verbindung mit einem in der Ofen- oder Kammerwand eingesetzten, gleich weiten Röhrchen. Man setzt den Stopfen mit beiden Röhren auf das (sonst mit einem Glasstopfen verschlossene) Bromfläschchen auf, öffnet den Quetschhahn und beobachtet nun, wie viel Sekunden der Bromdampf braucht, um das wagerechte, meterlange Glasrohr zu durchheilen. Dieser kleine Apparat eignet sich namentlich auch für äußerst geringe Zugstärken, z. B. in Sulfatmuffelöfen.

Ein sehr empfindlicher Druckmesser wird von C. Vogt beschrieben (*Journ. f. prakt. Chem.* 14, 284). Der Druck wird an der Bewegung einer kleinen Luftblase beobachtet, welche in einem horizontal liegenden, 4 bis 5 mm weiten, calibrierten Glasrohre spielt. Das Glasrohr ist übrigens mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit gefüllt und steht beiderseits mit je einer am Boden tubulirten Flasche in Verbindung. Die eine ist 15 bis 16 cm, die andere 6 bis 8 cm weit; in beiden steht die Flüssigkeit gleich hoch. Auf den Spiegel der einen (weiteren) kann man durch geeignete Vorrichtungen den in den Bleikammern herrschenden Druck wirken lassen und dann dessen Größe an dem Stande der Luft-

blase beobachten. Je größer der Unterschied der Weite des Röhrchens und der Flaschen ist, um so empfindlicher arbeitet der Apparat. Es sind Einrichtungen getroffen, vor dem Gebrauche ein Luftbläschen in das horizontale Röhrchen eintreten zu lassen, und nach dem Gebrauche wiederum gleiches Niveau in den beiden Flaschen herzustellen.

Ein sehr einfacher Druckmesser, welcher aber für gewöhnliche Zwecke ganz genügend genau ist, ist in Fig. 187 (a. v. S.) gezeigt (aus Sorel, Industr. Chim., p. 142). Das Rohr *a* hat eine Neigung gegen die Waagerechte von 1 : 10; es besitzt am einen Ende eine Erweiterung *b* von 4 bis 5 cm Durchmesser, auf welche

Fig. 188.



mittelt des Kautschukrohres *c* der zu messende Druck wirkt. (Zur Messung von Saugkräften verbindet man das Kautschukrohr mit *d*.) Der Druckmesser wird mit verdünntem und durch Fuchsin u. dergl. roth gefärbtem Weingeist gefüllt. Da man die Bewegung der Flüssigkeit in der Kugel *b* vernachlässigen kann, so entspricht jede Bewegung der Flüssigkeit in dem Rohre *a*, gemessen auf dem Maßstabe *e*, einem Zehntel der wirklichen Druckhöhe. Wäre z. B. jeder Grad der Scala gleich 1 mm, so würde er einen wahren Druck von 0,1 mm anzeigen. Am besten versetzt man vor jeder Beobachtung die Flüssigkeit in Bewegung, um die störende Wirkung der Reibung in dem engen Rohre zu beseitigen.

Neuerdings sind Differentialmanometer sehr allgemein in Gebrauch gekommen, und scheinen in der That allen anderen vorzuziehen. Es giebt schon viele Formen derselben, von denen am besten bekannt wohl das Instrument von Prof. Seger ist (Deutsch. Pat. Nr. 19 426), welches in Fig. 188 dargestellt ist. Das calibrirte U-Rohr *A* trägt oben zwei cylindrische Erweiterungen *B* und *C* von gleichem Durchmesser. Das Brett, auf dem es befestigt ist, trägt noch einen verschiebbaren Maßstab *D*, welcher durch die Schlitze *aa*

und Schraubstifte *bb* stellbar ist. Das U-Rohr ist mit zwei nicht mischbaren Flüssigkeiten angefüllt, z. B. mit schwerem Paraffinöl und verdünntem, gefärbtem Weingeist von beinahe demselben specifischen Gewicht, in solcher Art, daß der Nullpunkt der Scala *D* genau auf die Berührungslinie der beiden Flüssigkeiten bei *X* eingestellt werden kann. Wirkt nun eine Saugkraft auf die Oberfläche der Flüssigkeit in *C*, welche sie in diesem Theile des Rohres aufzusteigen zwingt, so wird der Punkt *X* in mehrfach größerem Verhältniß erniedrigt, entsprechend dem Unterschiede in den Querschnitten des engen Theiles von *A* und der Erweiterung in *C*. Wenn z. B. die Querschnitte im Verhältnisse 1 : 20 stehen, so wird

Proc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> in det Säure	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°	95°
44 Proc.	1,042	1,063	1,085	1,108	1,132	1,160	1,192	1,225	1,263	—	—	—	—	—	—	—	—	—
46 "	1,042	1,062	1,084	1,107	1,131	1,157	1,188	1,218	1,256	1,303	1,356	1,427	—	—	—	—	—	—
48 "	1,042	1,062	1,083	1,105	1,129	1,155	1,185	1,212	1,249	1,292	1,341	1,397	1,478	1,542	—	—	—	—
50 "	1,041	1,061	1,082	1,104	1,128	1,152	1,180	1,207	1,241	1,281	1,327	1,377	1,452	1,509	1,589	1,756	1,911	—
52 "	1,041	1,060	1,081	1,103	1,125	1,150	1,177	1,202	1,234	1,270	1,313	1,359	1,429	1,478	1,562	1,662	1,830	2,014
54 "	1,040	1,060	1,080	1,102	1,122	1,147	1,175	1,198	1,227	1,260	1,301	1,343	1,408	1,449	1,526	1,625	1,752	1,904
56 "	1,040	1,059	1,079	1,100	1,121	1,144	1,169	1,194	1,222	1,252	1,290	1,328	1,388	1,423	1,490	1,589	1,684	1,813
58 "	1,039	1,059	1,078	1,099	1,120	1,142	1,166	1,190	1,215	1,244	1,279	1,313	1,369	1,400	1,456	1,534	1,625	1,734
60 "	1,039	1,058	1,077	1,098	1,119	1,140	1,163	1,186	1,209	1,237	1,269	1,299	1,352	1,363	1,428	1,495	1,575	1,668
62 "	1,038	1,058	1,077	1,097	1,118	1,138	1,160	1,182	1,204	1,230	1,261	1,289	1,335	1,357	1,402	1,462	1,532	1,613
64 "	1,038	1,057	1,076	1,096	1,117	1,136	1,158	1,178	1,200	1,224	1,253	1,279	1,322	1,337	1,379	1,431	1,493	1,562
66 "	1,038	1,057	1,076	1,095	1,116	1,135	1,156	1,175	1,197	1,219	1,246	1,271	1,311	1,324	1,362	1,408	1,464	1,522
68 "	1,038	1,056	1,075	1,095	1,114	1,134	1,157	1,173	1,194	1,215	1,239	1,263	1,302	1,316	1,347	1,388	1,437	1,488
70 "	1,038	1,056	1,075	1,094	1,114	1,133	1,155	1,172	1,192	1,212	1,235	1,258	1,293	1,308	1,338	1,366	1,412	1,456
72 "	1,038	1,056	1,074	1,094	1,113	1,132	1,153	1,171	1,191	1,210	1,232	1,254	1,289	1,302	1,330	1,344	1,391	1,429
74 "	1,037	1,056	1,074	1,093	1,112	1,131	1,152	1,170	1,190	1,209	1,229	1,251	1,284	1,296	1,321	1,340	1,374	1,407
76 "	1,037	1,055	1,074	1,093	1,111	1,131	1,151	1,169	1,189	1,208	1,227	1,248	1,280	1,291	1,313	1,337	1,362	1,388
78 "	1,037	1,055	1,074	1,092	1,111	1,130	1,150	1,168	1,188	1,207	1,226	1,246	1,277	1,287	1,307	1,330	1,352	1,376
80 "	1,037	1,055	1,073	1,092	1,110	1,130	1,149	1,167	1,187	1,206	1,225	1,245	1,275	1,284	1,303	1,324	1,345	1,367
82 "	1,037	1,055	1,073	1,091	1,110	1,129	1,149	1,166	1,186	1,205	1,224	1,244	1,274	1,282	1,300	1,318	1,339	1,359

ein Druckunterschied von 1 mm durch ein Sinken des Punktes X im Betrage von 20 mm angezeigt werden. Der Maßstab ist so eingetheilt, daß er den in Millimetern Wasser ausgedrückten Druck anzeigt.

Sehr zweckmäßig ist auch das Anemometer von A. König (geliefert von Dr. H. Geißler's Nachfolger, Franz Müller in Bonn), welches auf demselben Princip wie das Seger'sche beruht, aber noch handlicher ist, indem die communicirenden Röhren concentrisch angebracht sind; Abbildung und Beschreibung in des Verfassers Taschenbuch für Sodafabrikation, 2. Aufl. (1892), S. 106.

#### Berechnung des Volumens von Kammergasen auf höhere Temperatur und Feuchtigkeit bei verschiedener Stärke der Säure.

Bei allen die Kammergase betreffenden Berechnungen muß man nicht nur die Unterschiede zwischen der herrschenden Temperatur und Druck gegenüber 0° und 760 mm, sondern auch den Feuchtigkeitszustand der Kammeratmosphäre berücksichtigen. Augenscheinlich ist es nuthunlich, dies nach der Annahme zu thun, daß die Wasserdampfspannung in der Kammer dieselbe wie unter gewöhnlichen Bedingungen ist; die Gegenwart der Schwefelsäure, nicht nur am Boden, sondern überall in Nebelform verbreitet, verändert die Spannung je nach der verschiedenen Concentration der Säure. Mittelst der auf S. 122 und 123 gegebenen Tabellen von Regnault und Sorel könnte man die Berechnungen in richtiger Weise ausführen; aber es ist bequemer, sich der auf S. 407 wiedergegebenen von Sorel berechneten Tabelle zu bedienen, welche unmittelbar das von einem Cubikmeter Luft, angenommen zu 0° und 760 mm Druck, eingenommene Volumen angiebt, nachdem dasselbe mit verdünnter Schwefelsäure von verschiedener Temperatur und Stärke, aber ohne Aenderung des Druckes ins Gleichgewicht gebracht worden ist. Die Tabelle zeigt also den Einfluß der Temperaturerhöhung, gleichzeitig mit dem der Wasserdampfspannung bei der betreffenden Temperatur in Gegenwart von Schwefelsäure verschiedener Concentrationsgrade. Auf Abweichungen des Druckes von 760 mm ist dabei keine Rücksicht genommen; man kann diese durch Multiplication des in der Tabelle gefundenen Werthes mit  $\frac{760}{h}$  in Rechnung ziehen, wobei  $h$  den Barometerstand in Millimetern bedeutet.