universität innsbruck
Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Universitäts- und Landesbibliothek Tirol

Handbuch der Soda-Industrie und ihrer Nebenzweige

Handbuch der Schwefelsäure-Fabrikation

Lunge, Georg

Braunschweig, 1903

Viertes Kapitel. Die Erzeugung der schwefligen Säure

urn:nbn:at:at-ubi:2-5160

Viertes Capitel.

Die Erzeugung der schwefligen Säure.

A. Verbrennung von Rohschwefel.

Schon im historischen Theile (S. 6) ist darauf aufmerksam gemacht worden, daß ein wichtiger Fortschritt in der Schwefelsäurefabrikation eintrat, als man die periodische Verbrennung von Schwefel innerhalb der Schwefelsäurekammern durch eine continuirliche Arbeit in besonderen, an die Bleikammer angebauten Apparaten vornahm. Dies führte dann dazu, den Verbrennungsofen für den Schwefel vollständig von der Kammer abzulösen, und die in ihm erzeugten Gase durch einen Canal oder Schornstein in die Kammern einströmen zu lassen.

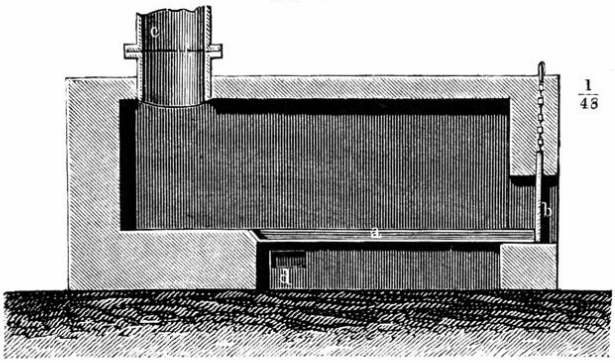
Während bei dem alten periodischen Betriebe nur das in der Kammer jedesmal vorhandene Luft- (resp. Sauerstoff-) Volum zur Geltung kam, und daher nach jeder Verbrennung die Kammer durch Oeffnung der Thür und eines besonderen Ventiles mit frischer Luft versehen werden mußte, selbstredend mit sehr viel Gasverlust und Unannehmlichkeit, wird bei dem continuirlichen Betriebe die nöthige Luft fortwährend durch passende Oeffnungen in den Verbrennungsofen in dem Maße einströmen, wie die Verbrennungsproducte durch den in dem ganzen Systeme vorhandenen Zug vermittelst des Verbindungscanales in die Kammer abgesogen werden. Die Continuität der Arbeit muß außerdem noch dadurch bewirkt werden, daß mehrere Verbrennungsapparate in Combination angewendet werden, damit immer brennender Schwefel vorhanden sei. Es giebt auch solche Oefen, in welchen der Schwefel continuirlich zugeführt wird, um die selbst bei Combination mehrerer einzelner gewöhnlicher Oefen auftretenden Uebelstände der unregelmäßigen Gasentwickelung, Luftzufuhr u. s. w. zu vermeiden.

Die einfachsten Schwefelöfen, wie sie aber in England durchweg in den meisten Fällen ausgeführt wurden, haben folgende Construction (Fig. 23 bis 25).

Der Ofen besteht aus einem überwölbten Raume von Mauerwerk, Fig. 23, dessen Boden durch eine in Fig. 25 besonders abgebildete gußeiserne Platte *a* gebildet ist. Diese Platte hat an den beiden Längsseiten und der hinteren Schmalseite einen etwas schräg ansteigenden Rand von circa $7\frac{1}{2}$ cm Höhe, vorn jedoch nur von $2\frac{1}{2}$ cm Höhe, damit man die Asche leichter herausschaffen kann.

Sie geht nicht ganz durch den Ofen hindurch, sondern läßt das hintere Drittel desselben frei, um dem sich immer bildenden Schwefeldampfe noch Gelegenheit zu

Fig. 23.



geben, sich mit der überschüssigen Luft zu mischen und zu verbrennen, was übrigens dadurch selten vollständig genug erreicht wird, um die Sublimation von Schwefel gänzlich zu verhindern. Die letztere ist nicht nur dadurch schädlich, daß der Schwefel verloren geht, sondern führt auch leicht dahin, daß die Kammersäure trübe wird und sich mit einer feinen Haut überzieht, welche die für den Kammerproceß höchst nöthige Berührung zwischen der Bodensäure und den Gasen verhindert. Der Ofen ist ferner mit einer durch Kette und Gegengewicht beliebig zu stellenden, in einem Rahmen gehenden eisernen Thür *b* und mit einem Abzugsrohr für die Gase *c* versehen. Ein bei *d* sichtbarer Luftcanal unter der Bodenplatte steht mit einem kleinen Schornstein in Verbindung, oder ist auch nur einfach durchgehend gemacht, um die Eisenplatte etwas abzukühlen und die Sublimation von Schwefel möglichst zu hindern. Es sind immer mehrere Oefen

Fig. 24.

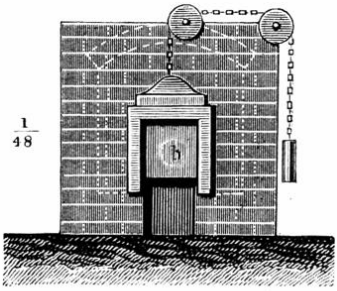
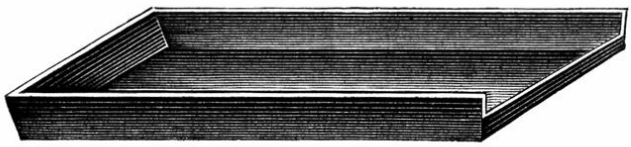


Fig. 25.



dieser Art combinirt; jeder einzelne davon kann, bei einer Größe der Platten von 2,4 m Länge auf 1,2 m Breite, in 24 Stunden 250 kg Schwefel verbrennen, welche in sechs Portionen eingetragen werden, also alle vier Stunden je 41,6 kg

Schwefel; wenn vier Oefen combinirt sind, so wird alle Stunden ein neuer beschickt. Häufig macht man jedoch erheblich öftere und stärkere Beschickungen (s. u.). Es sei hier gleich bemerkt, daß man in diesen Oefen gewöhnlich gleichzeitig die Salpetersäure frei macht, indem man dreibeinige gußeiserne Töpfe mit einem Gemisch von Natronsalpeter und Schwefelsäure vermittelst einer Zange auf die Bodenplatte inmitten des brennenden Schwefels stellt.

Beim Beginn der Operation werden die Platten erst durch ein kleines Feuer von Holzspänen bei offener Thür angewärmt, aber nicht bis zum Glühen des Eisens, sondern nur so weit, daß die erste Portion Schwefel sich darauf von selbst oder durch ein glühendes Eisen leicht entzündet; bei den späteren Beschickungen findet man den Ofen immer hinreichend warm vor, um dieses entbehren zu können. Ganz unnöthig ist eine bisweilen zu findende Rostfeuerung unter der Platte, die man ja nur beim ersten Anzünden gebrauchen soll, und auch dafür entbehren kann. Der Luftzutritt wird durch mehr oder weniger weites Oeffnen der Thür *b* regulirt und die Stellung derselben durch einen Keil unter der Thür, oder durch Einhaken der Gewichtskette an einen außen im Mauerwerk steckenden Nagel festgehalten. Bei Anfang der Operation, also bei mit Luft gefüllten Kammern, öffnet man den im Abzugsrohr nach denselben befindlichen Schieber nur allmälig, um die Luft besser zu vertreiben.

Die Art der Arbeit ist meist eine ziemlich rohe, und muß man bedenken, daß überhaupt in großen Fabriken, wo man mehr Beaufsichtigung der Arbeit eintreten lassen kann, solche Brenner gar nicht mehr vorkommen. Ehe der Arbeiter die Arbeitsthür aufzieht, überzeugt er sich von dem Zustande der Kammer, um danach zu beurtheilen, wie viel Salpeter er gleichzeitig mit dem Schwefel, aber natürlich für sich in den Töpfen, eintragen soll. Häufig wird der Salpeter gar nach dem Augenmaß genommen. Erst wird der Schwefel eingeworfen; dann sofort die Thür herabgelassen; dann auf den Salpeter in den Töpfen eine hinreichende Menge Schwefelsäure, Kammersäure von gerade vorhandener Stärke, immer nur nach Augenmaß, gegossen, die Thür wieder aufgezogen, und die Töpfe vermittelst einer dazu construirten eisernen Gabel auf den jetzt schon in Brand gerathenen Schwefel gestellt. Die bei der immer weiter fortschreitenden Verbrennung entstehende Hitze treibt die Salpetersäure aus und diese tritt zugleich mit der schwefligen Säure in die Kammern.

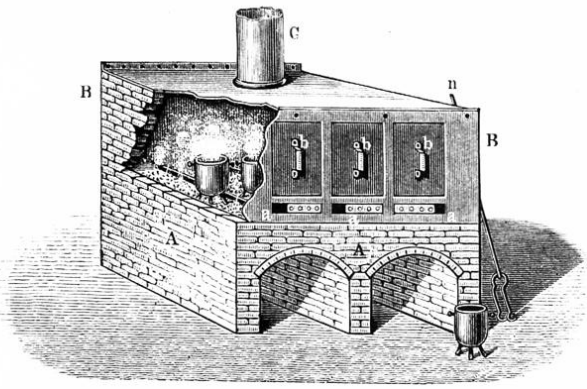
Wenn die Zeit um ist, wird die Thür wieder gehoben und die Asche mit einer Krücke herausgescharrt, nachdem vorher die Salpetertöpfe herausgehoben worden sind und ihr flüssiger Inhalt sofort, vor dem Erstarren, entleert worden ist. Dann wird von Neuem beschickt u. s. f. Auch in allen später zu beschreibenden Schwefelöfen, mit Ausnahme der continuirlichen, wird in ähnlicher Weise gearbeitet; nur daß die Einführung des Salpeters öfters in etwas weniger roher Weise, oder als flüssige Salpetersäure in den Kammern selbst geschieht.

Ein Zeichen, daß der Ofen gut geht, ist es, wenn der Schwefel mit rein blauer Flamme brennt; sowie die Flamme eine braune Färbung annimmt, kann man sehen, daß viel Schwefel sublimirt, und muß dann für Kühlung der Platte durch die darunter befindlichen Züge sorgen.

Ein etwas vollkommenerer Apparat iſt in Knapp's chemiſcher Technologie, 3. Aufl. 1 [2], S. 300 dargeſtellt, Fig. 26.

AA iſt der Unterbau, *B* der Raum zum Verbrennen des Schwefels, *C* das Abführrohr für die Gaſe. Der von zwei Gewölben durchbrochene Unterbau trägt eine gußeiſerne Platte, welche die ganze Ofenſohle bedeckt, und etwas nach vorn geneigt iſt. Die Begrenzung des Brennraumes wird an den beiden Langſeiten durch Mauerwerk, vorn, hinten und oben aber durch Gußeiſenplatten gebildet; vorn ſind zugleich die Beſchickungsthüren *bb* und darunter kleine mit Schiebern verſehene Oeffnungen *aa* zum Reguliren des Luftzutrittes angebracht. Die Ofenſohle iſt den Thüren und Zuglöchern entſprechend durch 75 bis 100 mm hohe Eiſenſchienen in drei Abtheilungen getheilt, welche abwechſelnd bedient werden. Man ſieht endlich im Inneren die Töpfe, in welche die Miſchung von Salpeter und Schwefelſäure eingegeben wird. Uebrigens ſind häufig die Einzelheiten der Conſtruction ſehr verſchieden von der Zeichnung; es finden ſich Oefen mit mehr oder weniger Arbeitsräumen, mit anderer Luftregulirung, mit Schienen über den Bodenplatten zum Einſchieben eines Kaſtens ſtatt der Töpfe für Salpeter u. ſ. f. Man darf nur ſehr wenig Salpeter in die Töpfe hineingeben; ſonſt läuft man gar zu viel Gefahr, daß ſie überſchäumen, wobei das Natriumſulfat auf der Bodenplatte große Unannehmlichkeit verurſacht. Da, wo man mit Salpeterſäure arbeitet, fallen natürlich die Salpetertöpfe ohnehin fort.

Fig. 26.



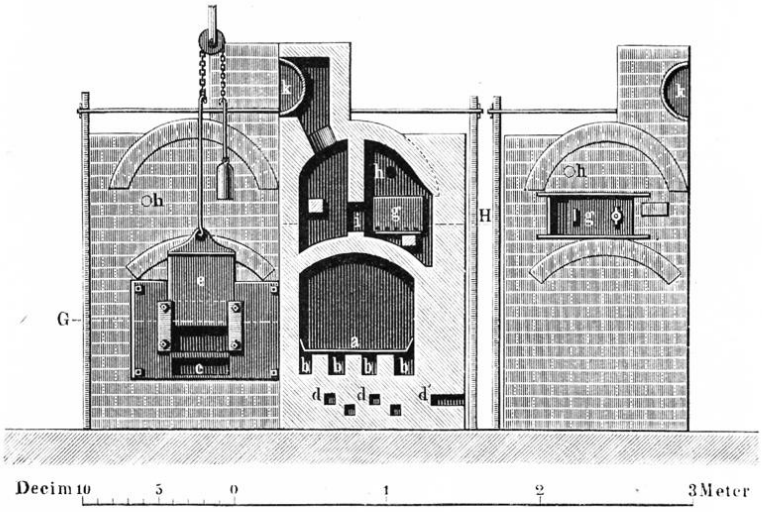
In manchen Fällen hat man die eiſernen Wände der Schwefelöfen doppelt gemacht, und dazwiſchen einen Luftcanal gelaſſen, ſo daß man die Temperatur des Ofens in der That ganz genau reguliren kann; wenn derſelbe zu heiß wird, ſo kann man Zug durch die Doppelwand veranlaſſen, und den Ofen bald abkühlen; wurde er aber zu kalt, ſo ſchloß man den Zug ab, und die Luftſchicht diente dann gerade dazu, um die Wärme zuſammenzuhalten.

Ein recht guter Schwefelofen, welcher mehrere der oben berührten Uebelſtände vermeidet, iſt in den Figuren 27 bis 30 (a. f. S.) abgebildet, welche zwei neben einander liegende Oefen darſtellen.

Fig. 30 (a. S. 179) iſt ein in zwei verſchiedenen Höhen genommener Grundriß, Fig. 29 ein Längsſchnitt, Fig. 27 zur Hälfte Vorderanſicht, zur Hälfte Querſchnitt, Fig. 28 Anſicht von hinten. *a* iſt die Bodenplatte von Gußeiſen zum Röſten des Schwefels; dieſelbe iſt auf Pfeilern hohl gelagert, und die dadurch gebildeten Canäle *bb* unter der Platte communiciren durch die Oeffnung *c*

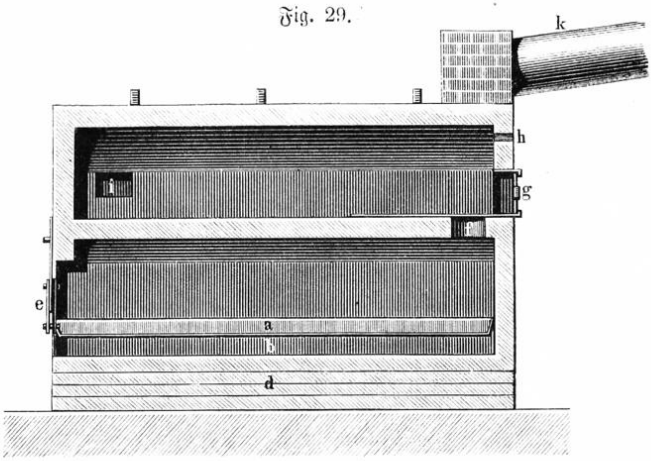
mit der äußeren Luft, ſo daß die Platte von unten gekühlt werden kann. In Verbindung damit ſtehen die etwas tiefer liegenden, im Fundament ausgeſparten Canäle *dd*, welche ſchließlich nach außen münden (bei d^1). Wegen der

Fig. 27. Fig. 28.



Niveau- und Temperaturdifferenz wird immer Zugluft durch d^1 einſtrömen und bei *c* ausſtrömen, deren Quantität man natürlich durch theilweiſes Verſchließen

Fig. 29.

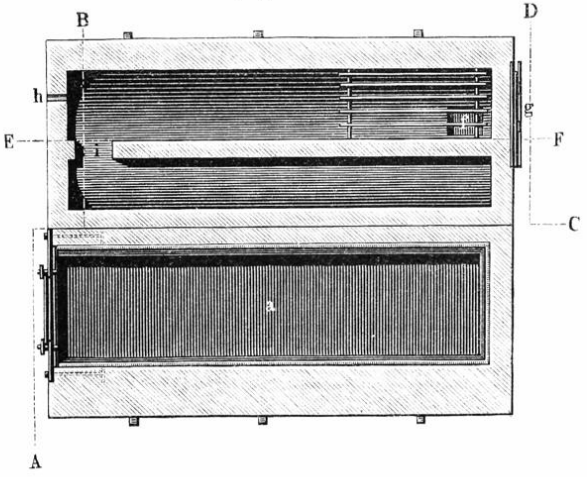


von *c* leicht reguliren kann. Die Thür *e* iſt in gewöhnlicher Weiſe aufgehängt. Das Gas des Brenners ſtreicht aber nicht ſofort nach der Kammer, ſondern zunächſt durch die Oeffnung *f* in den oberen, durch ein Gewölbe von dem eigentlichen Brenner getrennten Raum. Gerade darüber iſt ein Roſt angebracht, auf

welchen vermittelſt der Thür *g* die mit der Salpetermiſchung beſchickten Töpfe geſchoben werden. Zu gleicher Zeit befindet ſich hier noch eine kleine, durch ein eiſernes Rohr ausgefütterte Oeffnung *h*, vermittelſt welcher man mehr Luft zulaſſen kann, um etwa ſublimirten Schwefel in dem oberen Stockwerk zu verbrennen. Das Gas geht darin erſt nach der Vorderſeite zurück, kehrt durch das Loch *i* und die zweite Hälfte des oberen Raumes nach hinten zurück, und entweicht dann endlich in das gußeiſerne Rohr *k*, welches je zweien Oefen gemeinſchaftlich iſt; dieſelben ſind daher in dem oberen Stockwerke nicht identiſch, ſondern ſymmetriſch conſtruirt.

Dieſen Ofen hat der Verfaſſer aus längerer Praxis als recht zweckmäßig kennen gelernt, obwohl er den unten beſchriebenen, z. B. denen von Stahl, Glover und Hemptinne, natürlich nachſteht; der etwa doch trotz der Regulirung unter dem Boden der Platte ſublimirende Schwefel wird auf dem langen

Fig. 30.

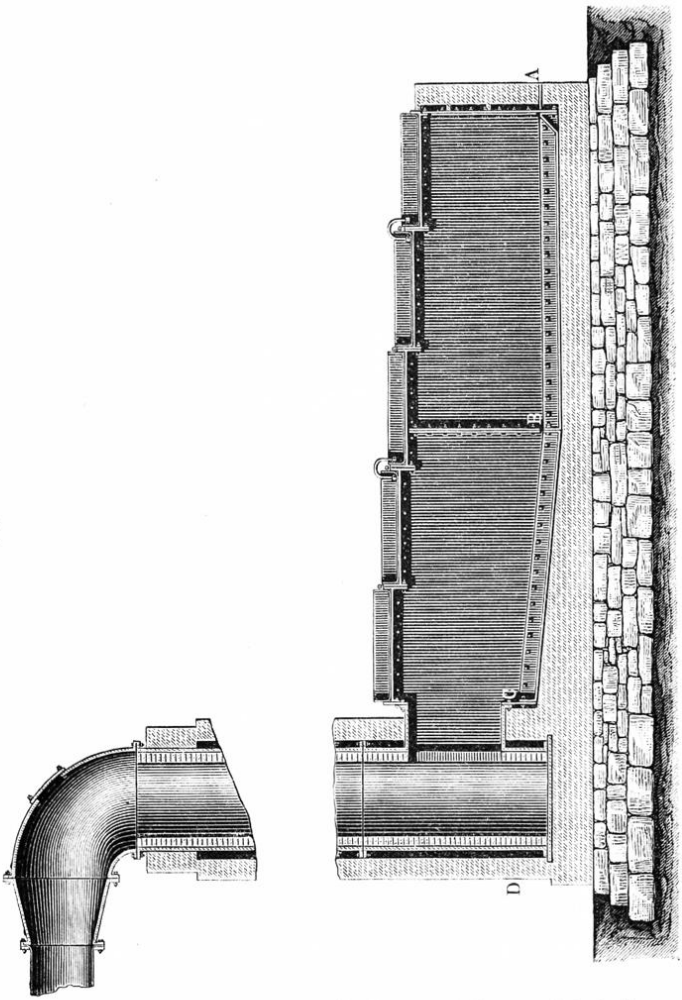


Wege in dem oberen Stockwerk ſicher theils verbrannt, theils als ſolcher abgeſetzt, und kann nicht in die Kammern gelangen. Das Ueberſchäumen der Töpfe läßt ſich hier auch leichter durch einfache Einrichtungen unſchädlich machen. Der Ofen hat einige Analogie, in einfacherer Form, mit dem unten zu beſchreibenden continuirlichen Ofen von Harriſon Blair, eignet ſich aber für kleinen Betrieb, was mit dem letzteren nicht der Fall iſt. In der That wird beim wirklichen Betriebe die Arbeitsthür bis auf einen ganz kleinen Ritz geſchloſſen, und die Hauptmenge der Luft durch das Rohr *h* eingelaſſen, deſſen Oeffnung nach Bedürfniß verengert oder erweitert wird. Es arbeiteten vier Oefen zuſammen, und wurden alle halbe Stunden je 25 kg Schwefel eingetragen; es kam alſo jeder Ofen alle zwei Stunden an die Reihe.

Um den allen Schwefelbrennern gemeinſchaftlichen Uebelſtand, nämlich die zu hohe Temperatur, welche zur Sublimation von Schwefel führt, und welche man manchmal auch durch Netzen deſſelben mit Waſſer zu beſeitigen ſucht, auf

anderem Wege unſchädlich zu machen und ſogar nützlich zu verwenden, hat man die Decke des Schwefelofens zum Trocknen von feuchten Materialien benutzt, oder aber ihr die Form einer Pfanne gegeben, in der man z. B. Waſſer für den Dampfkeſſel oder andere Zwecke vorwärmte, oder auch Säure concentrirte. Letzteres iſt das weitaus Rationellſte, da man hier den größten Theil aller in der Fabrik nöthigen Concentration koſtenlos ausführen kann.

Fig. 31.



Ein großer Schwefelofen, der mit Verdampfpfannen bedeckt iſt, wird in Fig. 31 bis 33 gezeigt. Fig. 31 iſt ein Längsſchnitt nach der Linie *EFGH* von Fig. 32; dieſe ſelbſt iſt ein Grundriß nach *ABCD* von Fig. 31; Fig. 33 Aufriß. Dieſe, einen in Amerika wirklich im Betriebe befindlichen Ofen vorſtellenden Zeichnungen verdanke ich der Güte des Herrn Dr. Karl F. Stahl

aus Johnstown (Pa.). Der Ofen ist von 26 mm starken Eisenplatten umgeben, welche auch Boden und Decke desselben bilden. Sie sind mittelst 15 cm breiter Flanschen an einander gebolzt und mit Rostkitt verdichtet. Eine 22 cm starke Ziegelmauer ist in einem Abstande von 5 cm rings herum aufgeführt; mittelst einiger unten und oben lose eingesetzter Ziegel kann man nach Bedarf

Fig. 32.

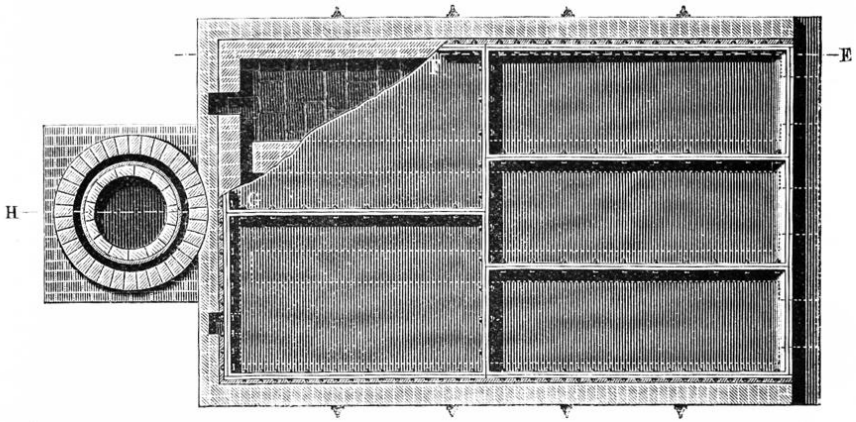
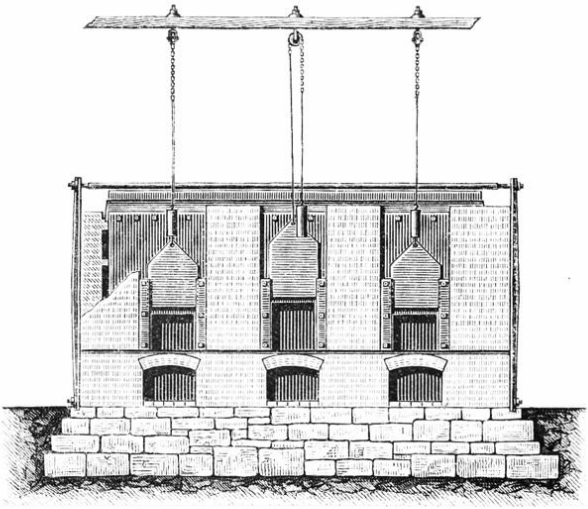


Fig. 33.



an heißen Sommertagen Luftkühlung schaffen. Auf den Deckplatten stehen Bleipfannen für Concentration von Schwefelsäure, 1,1 × 3,3 m auf 17 cm Tiefe, mit einem Bleigewicht von 40 bis 60 kg pro Quadratmeter. Der Boden besteht aus fünf Platten (Fig. 32); auf den drei vorderen derselben (à 1,1 × 3,6 m) verbrennt man alle 24 Stunden 450 bis 585 kg Schwefel.

Die von Kuhlmann verſuchte Einrichtung, einen Dampfkeſſel mit dem Schwefelofen zu combiniren (1. Aufl. d. W. S. 124), iſt längſt als unpraktiſch aufgegeben worden.

Sämmtliche bisher beſchriebene Schwefelöfen ſind auf periodiſche Beſchickung eingerichtet, und würden, wenn nicht immer eine Zahl davon zuſammenarbeiteten, einen ſehr ungleichmäßigen Gasſtrom ergeben. Da man natürlich den Schwefel ſo viel wie möglich ausbrennen laſſen muß, ſo giebt der Ofen im ſpäteren Stadium, und namentlich gerade vor ſeiner Neubeſchickung, ſehr wenig ſchweflige Säure aus, während man doch den Luftzutritt nicht gerade ſo reguliren kann, daß auch genau um ſo viel weniger Luft hineingeführt wird, als weniger Schwefel verbrennt. Wenn nun endlich die Thür aufgemacht wird, um friſch zu beſchicken, ſo ſtrömt ein ganz großes Luftquantum in den Ofen und weiter in die Kammer, ohne irgend welche ſchweflige Säure mit ſich zu führen. Dieſe im Kammerbetriebe äußerſt ſchädliche Unregelmäßigkeit wird freilich zum großen Theile dadurch ausgeglichen, daß immer mehrere Oefen (drei, vier, fünf und mehr) in der Weiſe zuſammenarbeiten, daß ſie abwechſelnd beſchickt werden, z. B. bei vierſtündiger Schicht und vier Ofen je einer derſelben alle Stunde daran kommt, alſo gerade dann am wenigſten Gas ausgiebt, wenn ſeine Nachbarn im vollen Brennen ſind. Man hat indeſſen mehrfach verſucht, wirklich continuirliche Oefen zu bauen, in denen man einmal viel Arbeit ſpart, und zweitens die Regulirung des Gasſtromes eine viel gründlichere iſt, als dies bei den Einzelöfen der Fall ſein kann.

Zwei ſolche continuirliche Brenner ſind von Petrie conſtruirt worden; Beſchreibung und Abbildung derſelben in der 1. Aufl. d. W. S. 125 und 126.

Vollkommener wird der von Petrie verfolgte Zweck durch den Ofen von Harriſon Blair erreicht, in welchem die, ſonſt eine Schwierigkeit darſtellende, Verflüchtigung von Schwefel geradezu benutzt wird, um die Verbrennung continuirlich zu machen. Der Apparat beſteht aus drei Theilen, wovon der erſte zur theilweiſen Verbrennung und vollkommenen Verflüchtigung des unverbrannten Schwefels dient; der zweite dient zur vollkommenen Verbrennung des letzteren, und der dritte zur Zerſetzung der Salpetermiſchung. Obwohl beide erſte Abtheilungen während der Arbeit in voller Rothgluth ſtehen, iſt doch eine Sublimation von Schwefel ſo gut wie unmöglich, und dabei iſt der Proceß faſt vollſtändig continuirlich, indem man nur einmal alle 24 Stunden die Rückſtände auszuziehen braucht. Fig. 34 zeigt einen Grundriß, Fig. 35 einen Längsſchnitt des Ofens. *A* iſt der einer gewöhnlichen Brennerplatte entſprechende Raum, welcher etwas erhöhte Seiten hat, und nach der Thür zu abfällt, aber 60 cm von derſelben wieder etwas anſteigt, um die dorthin zuſammengeſcharrten Rückſtände noch vollſtändig ausbrennen zu laſſen, ehe man ſie, was alle 24 Stunden geſchieht, durch die Thür *B* herauszieht, worauf man die von dem übrigen Theil des Ofens zuſammengeſcharrten Rückſtände an dieſelbe Stelle bringt und ihrerſeits noch 24 Stunden ausbrennen läßt. Der Herd des Ofens beſteht nicht aus Eiſen, ſondern aus dicht zuſammengeſetzten Ziegeln mit gut verſtrichenen Fugen. Dieſer Raum *A* iſt 2,7 m lang, 1,8 m breit und 0,3 m hoch. Die Thür *B* iſt eine eiſerne Platte, loſe in einem Rahmen gehend, aber etwas ſchräg, ſo daß ſie

faſt luftdicht anliegt und ſehr leicht zu entfernen iſt. Sie iſt mit einer Anzahl von Löchern durchbohrt, welche zur Regulirung des Luftzutrittes durch einen Schieber theilweiſe oder ganz verſchloſſen werden können. Der Schwefel wird entweder für alle 24 Stunden auf einmal durch die Arbeitsthür oder durch einen Trichter *C* allmälig eingetragen; *C* ſetzt ſich durch ein gußeiſernes Rohr von 18 cm Durchmeſſer bis 15 cm vom Boden des Raumes fort; zum Schutz gegen zu ſchnelle Verbrennung iſt das Rohr von einem weiteren umgeben. Der Trichter und ſeine Fortſetzung ſind fortwährend mit Schwefel gefüllt, und dieſer wird, ſowie er unten abſchmilzt, oben durch neuen erſetzt. Die einfachere Art der Be-

Fig. 34.

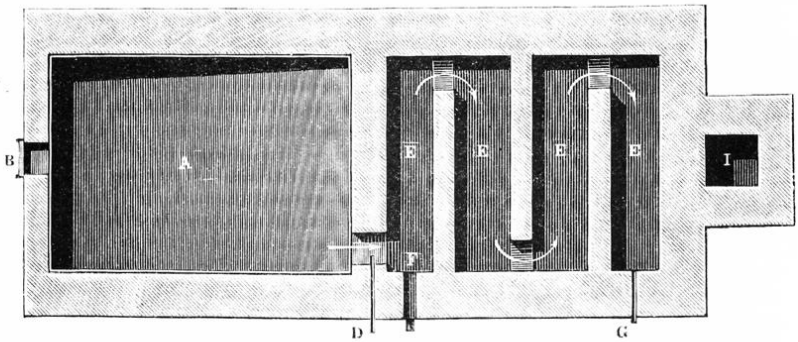
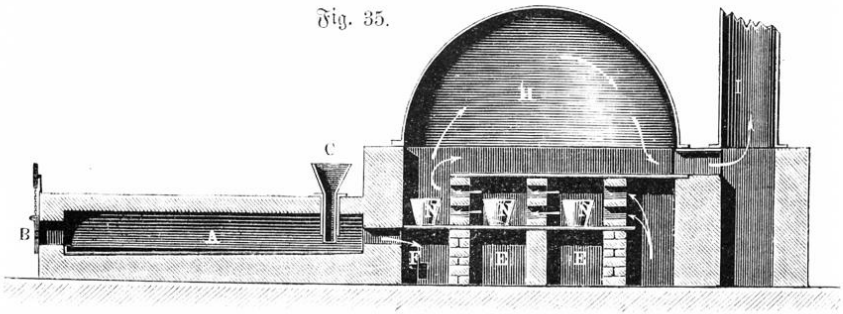


Fig. 35.



ſchickung durch die Thür ſcheint ſich übrigens beſſer bewährt zu haben, alſo nur einmal alle 24 Stunden. Man regulirt nun den Luftzutritt durch *B* in der Art, daß nur ſo viel Schwefel verbrennt, als hinreicht, um den Ofen recht heiß zu machen, der größte Theil des Schwefels aber einfach verdampft; zugleich muß durch die Regulirung des Luftzutrittes die Vertheilung des Proceſſes über den ganzen Tag bewerkſtelligt werden. Die Wände des Ofens ſind aus einer $1^1/_2$ Ziegel ſtarken Mauer gebaut, um die Wärme beſſer zuſammenzuhalten. Die gemiſchten Gaſe und Dämpfe gehen nun durch einen Fuchs von $22^1/_2$ cm im Quadrat, deſſen Oeffnung durch einen Schieber aus Thonmaſſe *D* regulirt werden kann, in den eigentlichen Verbrennungsraum *EE*, 2,4 m lang und 1,8 m weit und durch drei nicht ganz durchlaufende Zwiſchenwände in vier abwechſelnd vorn und hinten durch

22 cm weite Oeffnungen in Verbindung ſtehende Abtheilungen getrennt. Hier tritt zugleich friſche Luft durch die Oeffnung *F* ein, welche mit einem Schieber von $7\frac{1}{2} \times 20$ cm verſehen iſt. Man läßt jetzt genug Luft zu, um allen Schwefel zu verbrennen, was man daraus mit Sicherheit erkennt, daß beim Oeffnen des Stopfens *G* die dadurch eindringende Luft keine neue Flamme erzeugen ſoll. Die Decke des Verbrennungsraumes *E* wird durch Thonplatten gebildet, auf welchen als zweites Stockwerk der Salpeterofen ſteht. Daſelbſt befinden ſich nämlich in drei Reihen die Töpfe *N* mit Salpetermiſchung, getrennt durch netzförmig durchbrochene Wände, welche zugleich eine andere Decke von Thonplatten als Decke des 45 cm hohen Salpeterofens tragen. Es wird aus der Zeichnung klar werden, wie die heißen Gaſe um die Salpetertöpfe herumſpülen müſſen. Die Töpfe werden alle ſechs Stunden erneuert, ſo daß alle zwei Stunden je eine Reihe daran kommt. Die heißen Gaſe, gemiſcht mit dem Salpetergas, paſſiren nun zunächſt unter dem gußeiſernen Dom *H* zur theilweiſen Abkühlung, dann durch ein 7,2 m hohes eiſernes Kaminrohr *I* in eine kleine Kühlkammer von 5,4 m Länge, 1,6 m Breite und 45 cm Höhe, deren Boden und Decke mit Waſſer bedeckt ſind, und dann in die Bleikammern.

Später iſt auch Dampf mit der Luft in den Verbrennungsofen eingelaſſen worden, was die Bildung von Schwefelſäure beſchleunigen ſoll. Mit einem Ofen von den angegebenen Dimenſionen ſoll man in einer Woche 26 Tons Schwefel (was 15 gewöhnlichen Schwefelbrennern entſpricht) in völlig genügender Weiſe verbrannt haben, ſoll aber durch verminderte Luftzufuhr auch im Stande ſein, in derſelben Zeit nur 5 bis 6 Tons (= 3 bis $3\frac{1}{2}$ Brennern) zu verbrennen; man ſoll auch bei gleichem Kammerraume eine viel größere Menge von Schwefel, unbeſchadet des Proceſſes, als bei Anwendung gewöhnlicher Brenner conſumiren können, in Folge des ſtetigen Ganges und der Vermeidung von Luftüberſchuß.

Der Blair'ſche Brenner wird in der That ſehr gelobt, und der Umſtand, daß er ſich nicht weit verbreitet hat, rührt vermuthlich nur daher, daß bald nach ſeiner Erfindung ſämmtliche größere Fabriken (und nur ſolche können ihn gut brauchen) vom Schwefel zum Schwefelkies übergegangen ſind.

Heutzutage würde freilich Niemand an die Art Abkühlung des Gaſes denken, wie ſie durch den gußeiſernen Dom *H* verſinnlicht iſt. Man würde heute die Hitze des Gaſes in einem Gloverthurm, oder auch vorher noch zur Concentration von Schwefelſäure ausnutzen, wie es z. B. bei den Oefen von Stahl (S. 180 f.) und H. Glover (ſ. u.) geſchieht. Man würde auch die in der Zeichnung gezeigte Art der Beſchickung mit Salpeter durch die vollkommenen, weiter unten in Verbindung mit den Pyritöfen gezeigten Einrichtungen erſetzen, oder würde ſie ganz fortlaſſen und die Kammer durch den Gloverthurm mit Salpeterſäure ſpeiſen.

Eine ganz zweckmäßige Abänderung ſchlägt Fiſh vor (Engl. Pat. Nr. 7757, 1891), nämlich Anbringung eines Behälters an dem der Beſchickungsthür entgegengeſetzten Ende, in welchen die Schwefelaſche allmälig hineingeſtoßen wird, und aus dem man ſie nach Belieben entfernen kann.

Eine beſondere Form des Princips der Verbrennung des ſublimirten Schwefels durch Einführung von Luft hinter dem Schwefelofen iſt von Henry Glover angegeben worden (Deutſch. Pat. Nr. 3774). Er bringt hinter dem Ofen eine

loſe mit Ziegeln ausgeſetzte Kammer an, in welcher ſich der verdampfte Schwefel abſetzt, ehe er in die Bleikammern gelangen kann. Wenn dieſe Kammer theilweiſe mit Schwefel gefüllt iſt, ſo verbrennt man dieſen durch Zulaſſung von Luft.

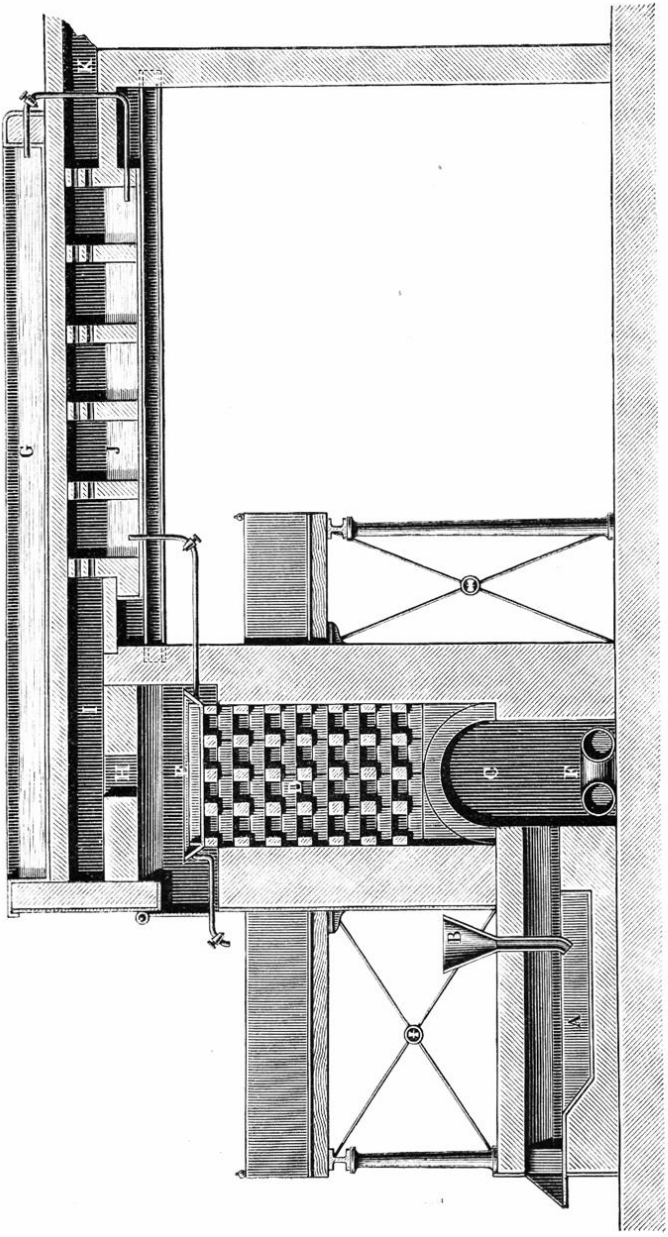


Fig. 36.

Die Hitze wird zur Concentration von Schwefelsäure verwerthet, und die Gase gehen zuletzt noch in einen Gloverthurm, wo sie die Denitrirungsarbeit verrichten. Dieses System ist in einer Fabrik in Philadelphia ausgeführt worden, wo ich es nach fünfjähriger Arbeit in durchaus zufriedenstellender Art in Betrieb gesehen habe, ohne daß bis dahin irgend welche Reparaturen erforderlich gewesen wären.

Fig. 36 (a. v. S.) zeigt die erwähnte Einrichtung. *A* ist der eiserne Verbrennungsherd, *B* der Speiseapparat (nach demselben Princip wie bei Blair); die Röstgase, mit verdampftem Schwefel, treten in die Kammer *C* ein, wo sie mit Luft zusammentreffen, welche durch die Röhren *F* zutritt und entweder kalt oder vorher erhitzt ist. Das Gemisch streicht dann durch die Kammer *D*, die mit einem Gitterwerk von Ziegeln, ähnlich einem Siemens'schen Regenerator, gefüllt ist; die Mischung und Verbrennung werden hier vollendet und die jetzt von freiem Schwefel vollkommen befreiten Gase gehen durch *H* und den Canal *IK* fort. Um ihre Hitze zu verwerthen, ist eine Platinpfanne *E* zur Concentration von Schwefelsäure auf der Kammer *D* angebracht und andere (bleierne) Pfannen *J* und *G* dienen zur Vorwärmung der Säure. Von hier aus geht das Gas in einen Gloverthurm, wo seine Hitze noch hinreicht, um sämmtliche Gay-Lussacsäure (= $1\frac{1}{2}$ mal der Tagesproduction) auf 62° B. (75° T.) zu bringen und sie auf 127 bis 132° C. zu erwärmen. Die Bleipfannen *G I* und die Platinschale *F* liefern täglich über 4 Tons Säure von 91 bis 92 Proc. H_2SO_4, aus Kammersäure von etwa 55° B. (61° T.), d. h. etwa zwei Drittel der Production der täglich verbrannten 1800 kg Schwefel. Da man die Säure direct aus den Kammern entnimmt (die Glovers äure wird nur für den Gay-Lussacthurm verwendet) und nicht über 92 Proc. concentrirt, so findet man nie Krusten von Eisensalzen in der Platinpfanne.

Ein anderer auf dem Princip der continuirlichen Zufuhr von flüssigem Schwefel beruhender Ofen ist der von de Hemptinne in Brüssel construirte (aus dem Bulletin du Musée de l'Industrie de Belgique, Januar 1882, übersandt vom Verfasser). Fig. 37 und 38 zeigen diesen Ofen. Das gußeiserne Gewölbe *A* ist durch Verankerung verstärkt und ruht auf einer großen Schmiedeisenplatte mit Rand und flachen Nieten, welche man durch darunter angebrachte Züge erhitzen oder abkühlen kann. Auf dieser Platte stehen neben einander, vollkommen horizontal, vier gußeiserne Platten mit aufstehenden Rändern von 75 mm Höhe, zur Verbrennung des Schwefels, welcher ihnen durch vier Rinnen aus einem gußeisernen Kasten *C* zugeführt wird, der in vier Abtheilungen getheilt und in der in der Zeichnung gezeigten Art in die Vorderwand des Ofens eingebaut ist. Senkrechte Scheidewände *D* dienen als hydraulische Abschlüsse, um das Ausströmen der Verbrennungsgase nach außen hin zu verhüten; sollte die Verbrennung sich nach außen hin verbreiten, so wird ein (hier nicht gezeigter) Deckel aufgelegt und dadurch sofort die Flamme ausgelöscht. In dieser Weise findet die Verbrennung des Schwefels ganz regelmäßig statt; die vier in Angeln gehenden Thüren *a a* an der Vorderseite dienen nur zum Eintritt der Luft und zum Ausräumen der Asche. Das Gewölbe *A* besteht aus 10 durch Bolzen vereinigten Stücken; es ist mit leichten Blechladen *E E* bedeckt, welche nach derselben Krümmung gebogen und mit einer Mischung von Lehm und Stroh überzogen sind;

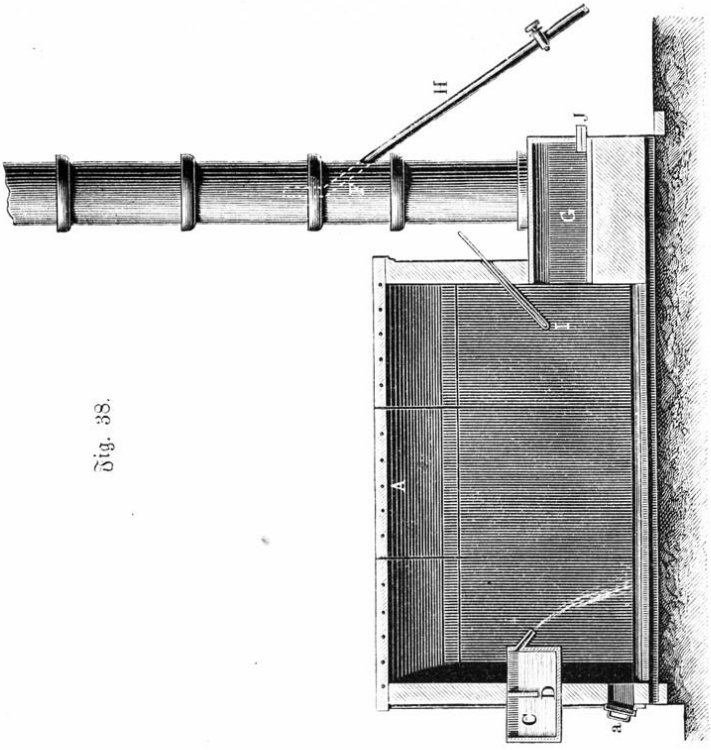


Fig. 38.

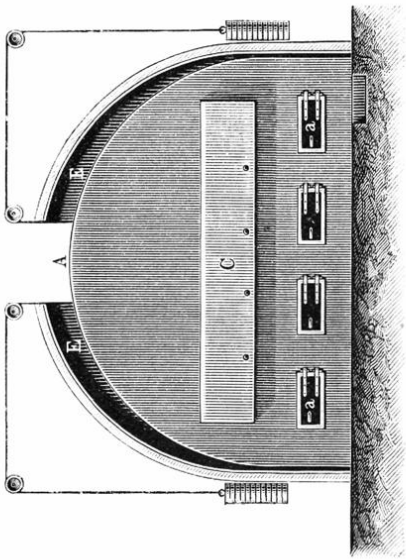


Fig. 37.

man kann ſie mittelſt Kette, Rollen und Gegengewicht auf- und niederlaſſen. Dies dient zur Regulirung der Temperatur; wenn die Hitze im Ofen zu ſehr ſteigt, ſo hebt man eines oder mehrere der Bleche *EE* auf. Ein in einem Kupferrohr ſteckendes Thermometer *I* mit Läutevorrichtung erklärt ſeinen Zweck ſelbſt. Die Gaſe gehen durch das Eiſenrohr *F* fort, das auf einem dickwandigen

Fig. 39.

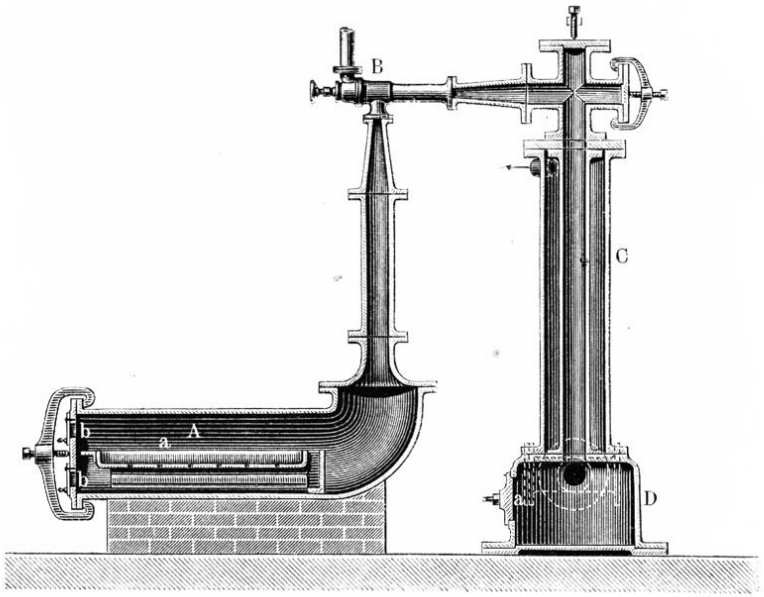
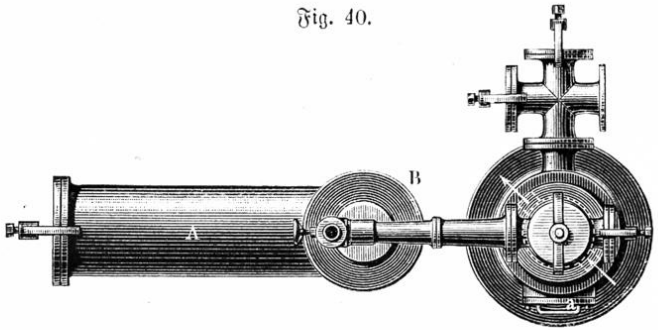


Fig. 40.



Kaſten *G* ſteht, aus dem der ſich abſetzende Schwefel durch *J* ausgezogen werden kann. Durch *H* kann man mehr Luft in das Rohr *F* zulaſſen. (Dieſe Vorrichtung für nachträgliche Verbrennung iſt entſchieden unvollſtändig.)

Zur Darſtellung von kaltem und trockenem Schwefeldioxyd, frei von Schwefelſäure, wie es beſonders zur Darſtellung von Laugen für die Holz-Celluloſe-Fabrikation erwünſcht iſt, empfiehlt Némethy (Deutſch. Pat. Nr. 48285)

die Verbindung eines auswendig durch Waſſer gekühlten Verbrennungsofens mit einer darunter angebrachten Kammer, die mit Eiſenbohrſpänen gefüllt iſt, und worin die Schwefelſäure zurückgehalten wird. Von hier ſtreichen die Gaſe durch eine Anzahl von ſchmalen, ſenkrechten Eiſenkäſten, die durch daran herablaufendes Waſſer gekühlt werden und dann in den zur Abſorption durch Kalkmilch dienenden Apparat.

W. Maynard (Engl. Pat. Nr. 6982, 1884) verbrennt Schwefel in Schalen, welche in einer Kammer aufgeſtellt ſind, und ſaugt die Gaſe aus dieſer durch ein Schwanenhalsrohr ab, welches von der Kammerdecke in einen geſchloſſenen Kaſten führt, der durch einen Trichter mit einem anderen darunter befindlichen Kaſten verbunden iſt. In dieſen Trichter, deſſen Seiten mit Rillen verſehen ſind, wird Waſſer eingeleitet, welches beim Herum- und Hinablaufen einen Strudel bildet und die Gaſe aus der Verbrennungskammer abſaugt. (Augenſcheinlich ſoll dieſe Vorrichtung nicht zur Schwefelſäurefabrikation, ſondern zur Darſtellung einer Löſung von ſchwefliger Säure dienen.)

Der auf S. 188 abgebildete Apparat von Gebrüder Körting (Fig. 39 und 40) dient zur Darſtellung kleinerer Mengen von ſchwefliger Säure zum Bleichen, für Leimfabrikation, für Saturation von Zuckerſäften u. ſ. w. *A* iſt eine gußeiſerne Retorte mit einer durchlöcherten Schale *a*, in welche der Schwefel kommt. *B* iſt ein aus Hartblei gefertigter Körting'ſcher Injector, welcher mittelſt eines Dampfſtrahles Luft durch die Löcher *bb* nach *A* einſaugt und den Schwefel zur Verbrennung bringt. Die Dämpfe müſſen nach unten in das innere Rohr des gußeiſernen Kühlers *C* treten, in deſſen ringförmigen Raum Kühlwaſſer von unten eintritt und oben wieder abläuft. Der Kaſten *D*, auf welchem der Kühler ſteht, hält ſublimirten Schwefel und andere Verunreinigungen zurück, und von hier führt ein Rohr das gereinigte Schwefeldioxyd nach dem Orte, wo es verbraucht werden ſoll.

Folgende Analyſe des Verbrennungsrückſtandes aus den Schwefelöfen rührt von Richardſon her (aus Richardson and Watt's Chemical Technology, vol. I, part. V, p. 198):

Natriumſulfat[1])	13,77
Calciumſulfat[2])	28,49
Calciumſilicat[2])	15,91
Natriumſilicat	1,10
Eiſenoxyd und Thonerde	2,80
Waſſer und Schwefelſäure[1])	13,05
Unlöslich	24,29
	99,41

Eine beſondere Abkühlung der Gaſe iſt in den einfachen, älteren Schwefelöfen in der Regel nicht nur unnöthig, ſondern ſogar ſchädlich, ſo daß z. B. bei dem in Fig. 29 gezeichneten Ofen das verticale Eiſenrohr, welches die Gaſe in

[1]) Das Natriumſulfat und die freie Schwefelſäure (vielmehr die als primäres Natriumſulfat vorhandene) rühren augenſcheinlich vom Ueberſchäumen der Salpeterſäure her.

[2]) Der Kalk ſtammt jedenfalls theilweiſe von den Ziegelwänden des Ofens.

die Kammer leitete, durch Ummauerung vor Abkühlung geſchützt werden mußte. Selbſt wo man gar keine Abkühlung durch Vorwärmer, Dampfkeſſel ꝛc. ſtattfinden läßt, kommen die Gaſe oft nur 100 bis 120° warm in das Abzugsrohr, was nur eben hinreicht, um die Salpeterſäure ſich nicht condenſiren zu laſſen, ehe ſie in die Kammern gelangt — eine durchaus zu vermeidende Erſcheinung. Wo man Waſſerbehälter, Säurepfannen ꝛc. anwendet, ſoll die Temperatur des Gaſes zuweilen gar auf 40° herabkommen; in dieſem Falle wird man unbedingt davon abſehen müſſen, den Salpeter in den Schwefelöfen zu zerſetzen, und nur flüſſige Salpeterſäure für die Kammern verwenden können. Bei dem Blair'ſchen oder Glover'ſchen continuirlichen Ofen jedoch ſteigt die Temperatur viel höher und muß, wie beſchrieben, für Abkühlung geſorgt werden, wenn man nicht, was weit beſſer iſt, die Hitze der Gaſe in einem Gloverthurm oder ſonſt wie nützlich verwendet.

B. Die Erzeugung von ſchwefliger Säure aus Schwefelkieſen.

1. Zerkleinerung des Schwefelkieſes.

Der Pyrit, ſo wie er in den Handel kommt, iſt allerdings immer ſchon ſo rein, daß eine Scheidung von Gangart nicht nothwendig wird; dies iſt nur der Fall bei dem aus Kohlen ausgeleſenen Kieſe, welcher aber nicht eigentlich hierher gehört, da es dabei ſich nur um ein local gebrauchtes Nebenproduct handelt.

Dagegen iſt allerdings eine Zerkleinerung der größeren Stücke zur vollſtändigen Abröſtung des Pyrits unbedingt erforderlich, und geſchieht immer in den Fabriken ſelbſt, ausgenommen einige Fälle, wo die Fabriken ſchon aus der Grube direct Grubenklein (Schlich) beziehen. Die Mehrzahl der Fabriken laſſen den Kies durch Handarbeit zerkleinern, wobei verſchiedene Sorten ſich ſehr verſchieden verhalten. Am härteſten ſind die norwegiſchen Kieſe; man muß bei dieſen die großen Stücke mit Zuſchlaghämmern von 10 kg Gewicht zerſchlagen, was eine ſehr mühſame Arbeit iſt. Nächſtdem kommt der Siegener Kies, welcher ſchon viel leichter zu zerkleinern iſt. Noch leichter geht dies bei dem ſpaniſchen und portugieſiſchen und einigen franzöſiſchen Kieſen: es fällt aber dabei ſchon ſehr viel Kleines (10 Proc. und mehr). Am weichſten ſind einige Sorten des Pyrits von Cheſſy, welche aus loſe an einander hängenden Kryſtallindividuen beſtehen, und beim Schlage mit dem Hammer in Pulver zerfallen; auch in Spanien kommen ähnliche grobkryſtalliniſche Erze vor. Dieſe Erze ſind ſehr unangenehm für die Verwendung als Stückkies.

Man zerkleinert in England im Allgemeinen die Erze ſoweit, daß ſämmtliche Stücke durch ein Sieb mit etwa $7\frac{1}{2}$ cm Maſchenöffnung gehen. In Oker erlaubt man nur Stücke von höchſtens 3 cm Seite für die Roſtbrenner und ſolche von 6 cm Seite für die Schachtöfen. Auf der anderen Seite ſucht man ſo wenig wie möglich Kleines zu machen; das zerſchlagene Gemenge muß noch einmal geſiebt werden, um das Kleine auszuhalten, und zwar nehmen manche Fabriken die Maſchenöffnung des Siebes gleich 12 mm, andere nur gleich 6 mm. Was auf dem Siebe bleibt, iſt Stückkies (Stuferz); was durchfällt, iſt Kleines, Schlich oder Staub; beide müſſen beſonders behandelt werden. Es iſt ſehr wichtig, daß

das Erz weder in zu großen noch zu kleinen Stücken angewendet werde; im erſteren Falle brennt es ſich nicht ganz durch; es bleiben rohe Kerne im Inneren der Abbrände, wie man nach deren Zerſchlagung leicht ſieht; auch werden dieſe großen Stücke beim Röſten zu heiß und können, unter Bildung von FeS, ſchmelzen und ſchlacken, worüber ſpäter Genaues geſagt werden wird. Wenn die Stücke aber wieder unter eine beſtimmte Größe ſinken, ſo verwehren ſie den Zutritt der Luft in zu hohem Grade, und ähnliche Reſultate treten ein, wie im vorigen Falle.

Augenſcheinlich kann man Pyritöfen nur dann in möglichſt vortheilhafter Weiſe betreiben, wenn das Erz in möglichſt gleichförmig großen Stücken gebrannt wird, und es wäre daher das Beſte, obwohl es praktiſch kaum durchführbar iſt, das zerkleinerte Erz in eine Anzahl von verſchiedenen Korngrößen zu ſondern, und dieſe in verſchiedenen Oefen zu brennen. Am beſten erhellt dies aus folgender Beweisführung, entnommen einem Vortrage von Hurter über die Fabrikation der Schwefelſäure (Liverpool 1882, S. 5): „Der Erfolg der ganzen Operation beruht auf einem regelmäßigen continuirlichen Zufluß von Schwefligſäure. Wenn ein chemiſcher Vorgang, wie es die Verbrennung iſt, ſtattfindet, ſo hängt die Geſchwindigkeit, mit der der Vorgang ſich abſpielt, in erſter Linie von der Berührungsoberfläche zwiſchen Brennſtoff und Luft ab, in zweiter Linie von der Geſchwindigkeit der Luft. Die Berührungsoberfläche iſt natürlich gleich der Summe der Oberflächen der einzelnen Stücke, welche die auf dem Roſte liegende Schicht bilden. Für eine beſtimmte Luftgeſchwindigkeit braucht man eine beſtimmte Oberfläche, um die gewünſchte Zuſammenſetzung der Verbrennungsproducte zu erzielen. Für eine beſtimmte Tiefe der Schichte braucht man eine beſtimmte Luftgeſchwindigkeit, aber ebenſo eine beſtimmte Korngröße des Materials, da hiervon die Berührungsoberfläche abhängt, und wenn die letztere verändert wird, ſo muß entweder die Tiefe der Schicht, oder die Luftgeſchwindigkeit, oder beides, im Verhältniß dazu abgeändert werden, um die richtige Zuſammenſetzung des Gaſes zu erzielen.“

Wegen der großen Mühe und Arbeit, welche das Zerkleinern von Schwefelkies verurſacht, hat man ſchon ſeit Jahren die mechaniſchen Steinbrechmaſchinen für dieſe Arbeit eingeführt, welche zunächſt zum Zerſchlagen von Chauſſeeſteinen für macadamiſirte Straßen beſtimmt worden waren. Die beſte dieſer Maſchinen iſt die von Blake, welche von der Maſchinenfabrik von Marsden in Leeds gebaut wird und durch die Figuren 41 und 42 (a. f. S.) veranſchaulicht wird.

Die Maſchine wird in verſchiedenen Größen angefertigt und variirt dem entſprechend ſowohl in ihrer Leiſtungsfähigkeit, als auch in der Größe der durch ſie zu bewältigenden Steine.

A und B ſind die beiden activen Theile, die „Backen“ (jaws) oder „Laden“ der Quetſche. A ſteht feſt und vertical, B iſt beweglich und ſchließt mit A einen circa 72^0 meſſenden Winkel ein, indem ſie um die feſtliegende Axe D in kleinen Schwingungen oſcillirt. Dieſe Bewegung wird der Backe B durch den Kniehebel EE' mittelſt des Kurbelgetriebes GH von der Schwungradwelle H aus mitgetheilt, und zwar ſo, daß der Kniehebel die Backe B gegen die aufgegebenen Steine drückt, während der Rückgang von B durch die Gummi-

feder F bewirkt wird. Der Kniehebel iſt mittelſt der hinter dem Schenkel E' liegenden Keilvorrichtung N verſtellbar. Die Walze C bewirkt das regelmäßige

Fig. 41.

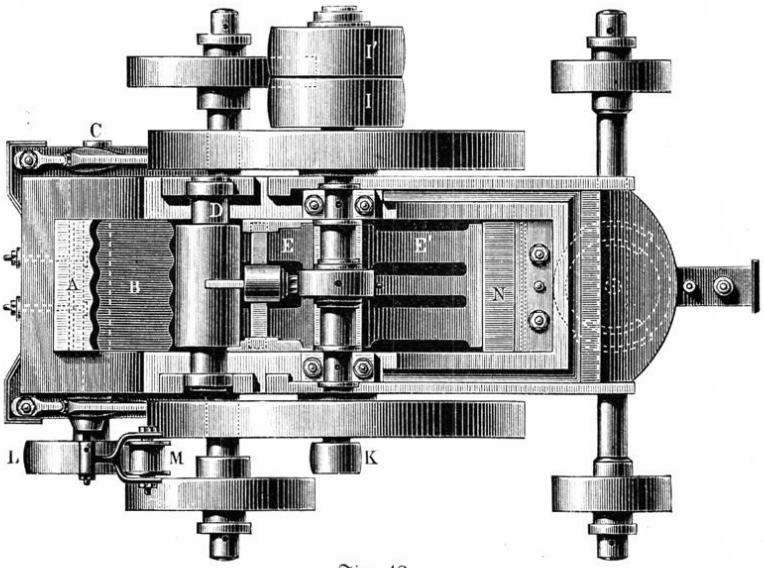
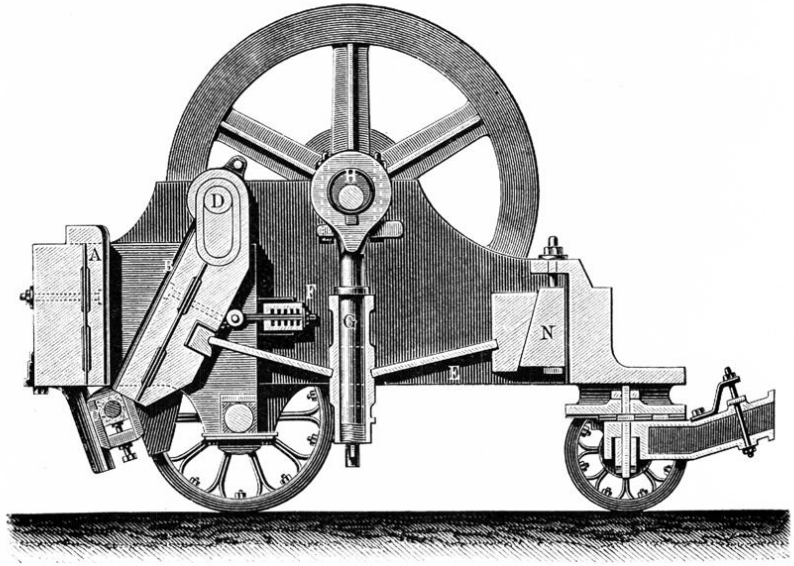


Fig. 42.

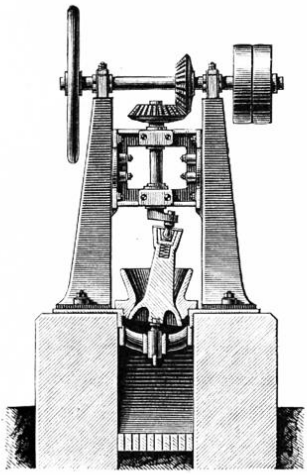


Auswerfen der zerkleinerten Steine und erhält ihre Bewegung durch Riemenbetrieb von der Hauptwelle H aus mittelſt der Scheiben K und L nebſt der

Spannrolle *M*. Der Betrieb der Schwungrad- und Kurbelwelle *H* geſchieht durch Riemenbetrieb, wofür die Feſt- und Losſcheibe *I* und *I'* angebracht ſind. Unten endigt die Maſchine in einen vierrädrigen Wagen. Sie macht ſtarkes Geräuſch und iſt Reparaturen ziemlich viel ausgeſetzt, doch ſind die hauptſächlich leidenden Theile, die „Backen“, zum leichten Auswechſeln eingerichtet.

Die Blake'ſche Maſchine iſt von Broadbent & Son zu Staleybridge dadurch verbeſſert worden, daß zum Zurückziehen der Backen an Stelle der in Kautſchuk eingebetteten Spiralfeder eine einfache, leicht adjuſtirbare Hebelverbindung mit dem Druckarm des Kniehebels angewendet wird; dadurch wird der mit der urſprünglichen Arbeitsart verbundene Kraftverluſt vermieden. Leiſtung je nach Größe der Maſchinen 40 bis 130 Tons in 10 Stunden; Preis 140 bis 375 Pfd. Sterl. (= 2800 bis 7500 Mk.) (Dingl. polyt. Journ. **224**, 249). Zu Oker (nach Bräuning) betreibt eine Dampfmaſchine von 12 Pferdeſtärken zwei terraſſenförmig über einander ſtehende Brecher, von denen der obere die groben Stücke empfängt, der untere ſie zu dem dortigen Kiesbrennerformat zerkleinert. Die Leiſtung iſt dort bei harten Erzen, wenn man bis zu 3 cm Seite der Stücke heruntergeht, nur 25 Tons, dagegen 50 Tons täglich bei milderen Erzen und größerem Format (6 cm Seite) für die Schachtöfen.

Fig. 43.



Eine neue Zerkleinerungsmühle iſt von Motte in Dampremy bei Charleroy erfunden worden und wird von der Märkiſchen Maſchinenanſtalt in verbeſſerter Geſtalt (Fig. 43) gebaut (Deutſch. Pat. vom 16. Octbr. 1877). Ihr Princip iſt das einer eigenthümlichen Reibſchale mit hohlem Boden; eine Keule wirkt darin in zermalmender Weiſe (Dingl. polyt. Journ. **227**, 58).

Neuere Steinbrechmaſchinen ſind u. A. folgende: Diejenige von Durand und Chaptal, beſtehend aus einer Anzahl von Hämmern, die an einer horizontalen Welle angebracht ſind. Sie ſoll weniger Staub als andere verurſachen. Die kleineren brechen 8 bis 25 Tons in 10 Stunden mit zwei bis drei Pferdeſtärken, die größeren 80 bis 130 Tons mit ſechs Pferdeſtärken.

Vapart's Schleudermühle (Adreſſe: Chênée, Vieille Montagne) arbeitet mit Centrifugalkraft.

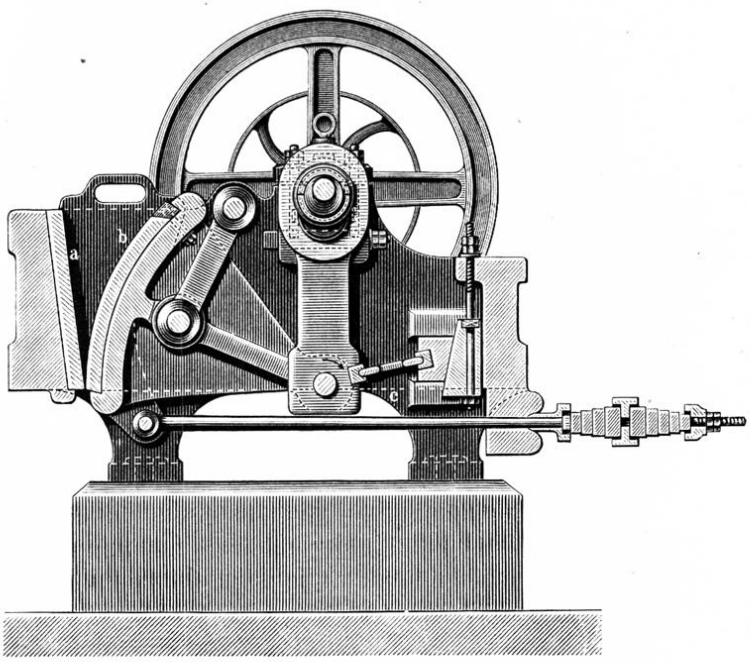
Die Maſchinenbauanſtalt Humboldt zu Köln (Deutſch. Pat. Nr. 1906) will mit ihren Maſchinen für gleiche Kraft doppelt ſo viel als die früheren leiſten.

Vergl. auch Brown (Scient. Amer. 1879, p. 124) und Welter (Deutſch. Pat. Nr. 7494).

Selbſt in einigen großen Fabriken zieht man es vor, von Steinbrechmaſchinen abzuſehen, hauptſächlich aus zwei Gründen. Der erſte iſt, daß ſie mehr Grus und Staub machen, als die Zerkleinerung von Hand; doch ſcheint dieſer Grund

nicht mehr viel Gewicht zu haben, seitdem man das Pyritklein noch vortheilhafter als die Stücke brennen kann. Ein anderer Grund ist der, daß es in

Fig. 44.



größeren Fabriken stets eine Anzahl von Leuten giebt, welche für andere Arbeit invalidirt, oder welche zeitweise unbeschäftigt sind, die man aber sehr gut zum Steinbrechen anstellen kann.

2. Stückkiesöfen.

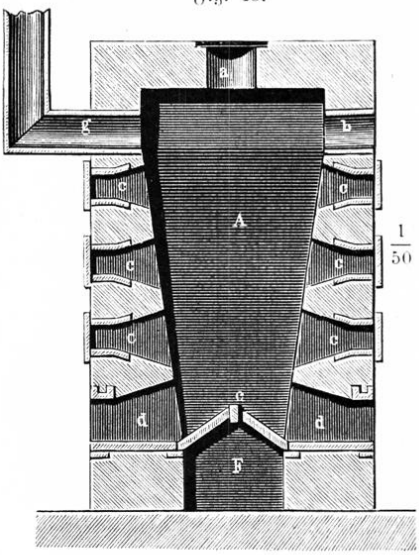
Bei den zum Rösten von Pyrit für die Schwefelsäurefabrikation bestimmten Oefen hat man zunächst zwischen solchen zu unterscheiden, die zum Brennen von Stückkies, und solchen, die für pulverförmigen Kies (Schlieh) bestimmt sind. Es ist durchaus nöthig, beide Sorten auseinander zu halten und ganz verschiedene Apparate oder mindestens andere Verfahren für sie anzuwenden, denn wenn das zerkleinerte Erz ohne Absieben des Pulvers in die Röstöfen gestürzt würde, so würden sich die Luftcanäle, welche immer zwischen den Stücken bleiben müssen, bald theilweise mit Pulver zusetzen; dadurch würde die Luftzuführung ganz unregelmäßig; es bilden sich Schlackenkuchen (Sauen) und eine regelmäßige Arbeit ist dann völlig unmöglich. Außer dem bei der Zerkleinerung fallenden gröberen und feineren Pulver giebt es noch im Handel eine große Menge von solchem, welches durch nasse Aufbereitung gewonnen wird, also von vornherein als „Schlieh“ auftritt.

Wenn kupferiger Kies ohne Rückſicht auf die Verwerthung des Schwefels geröſtet wird, nur zum Zwecke der Gewinnung des Kupfers, ſo werden meiſt gar keine Oefen dazu verwendet, ſondern das Erz wird in „Haufen“ oder „Stadeln“ geröſtet. Dies geſchieht in ſehr großem Maßſtabe in Südſpanien; aber der dadurch der Geſundheit und der Pflanzenwelt zugefügte Schaden war ſo groß, daß ein Geſetz erlaſſen wurde, um die Fabrikanten zur Abſtellung des Uebelſtandes zu zwingen. Verſchiedene Vorſchläge ſind nun gemacht worden, um der Nothwendigkeit zu entgehen, eine entſprechend große Menge von geſchloſſenen Oefen mit Zubehör zu erbauen. Nach Fleming (Engl. Pat. Nr. 10153, 1887) ſoll man über dem Röſthaufen und noch bis zum oberen Drittel der Seiten hinab, ſoweit Gaſe entwickelt werden, eine inwendig mit Theer angeſtrichene und oben mit einem ſchlecht leitenden Material bedeckte eiſerne Haube anbringen, welche mittelſt Ketten an zwei Paaren von Krahnpfählen aufgehängt und durch Eiſenſteifen verſtärkt iſt. An einem Ende der Haube befindet ſich ein Rohr, durch welches die Röſtgaſe in Condenſationscanäle geführt werden, wo ſich arſenige Säure niederſchlägt, worauf dann die Gaſe in Bleikammern gehen. Wenn zu viel Luft dabei iſt, läßt man die Gaſe noch durch Röſtöfen gehen; im umgekehrten Falle läßt man Luft durch Schieber in den Canälen zutreten. (Abgeſehen von allen anderen Einwürfen gegen dieſes Verfahren darf man auch ſagen, daß die mit Theer angeſtrichene Eiſenhaube nur eine ſehr kurze Lebensdauer haben würde.)

Die Verbrennung des Stückkieſes für die Schwefelſäurefabrikation findet ſtets in ſolcher Weiſe ſtatt, daß die Verbrennungswärme zur Unterhaltung des Proceſſes ohne Anwendung von beſonderem Brennſtoff ausgenutzt wird. Dies geſchieht vermittelſt Schachtöfen, welche auch in Deutſchland häufig mit dem engliſchen (oder eigentlich keltiſchen) Worte „kiln“ bezeichnet werden. In der 1. Aufl. d. W. **1**, 133 bis 136 ſind die älteren, jetzt verlaſſenen Formen von Pyritöfen abgebildet und beſchrieben, wie derjenige von Farmer, die erſte Form der Schachtöfen ohne Roſt, die Kilns zu Oker zum Röſten der Erze vom Rammelsberg. Dieſe Oefen (außer demjenigen von Farmer) beſitzen keinen Roſt; man braucht ſie noch zum Abröſten von armen Erzen, Bleiſtein u. dergl., aber nicht zur eigentlichen Schwefelſäurefabrikation, für welchen Zweck man allgemein dazu übergegangen iſt, den Kiesöfen einen Roſt mit darunterliegendem Aſchenfall zu geben. Die darin liegende Verbeſſerung im Gange der Oefen iſt in der That ſehr groß. Wo die Luft nur durch eine Schicht von abgeröſtetem Kies (Abbränden) hindurchtreten muß, da iſt an die Regulirung ihrer Quantität auf dieſem Wege gar nicht zu denken; eine ſolche kann dann nur durch Schieber am anderen Ende des Ofens geſchehen. Wichtiger noch iſt es, daß die Vertheilung der Luft im Ofenraume dabei eine ſehr unregelmäßige iſt; je nach dem größeren oder geringeren Widerſtande, den einzelne Stellen darbieten, wird die Luft durch die Kiesſchicht ſehr ungleichmäßig durchſtreichen, und zwar gerade da am wenigſten, wo am meiſten Kies liegt, wo man ſie alſo am meiſten gebraucht. Die Anbringung eines Roſtes und verſchließbaren Aſchenfalls ändert die Sachlage dahin, daß ſchon durch die Aſchenfallthür nur ein beſtimmtes Luftquantum zugelaſſen wird, und daß ferner dieſe Luft ſich zu-

nächſt gleichförmig unter dem Roſt vertheilen und über den ganzen Querſchnitt des Ofens hin aufſteigen muß. Dadurch ſind dann, bei viel vollſtändigerer Durchſchnittsröſtung der Kieſe, reichere Gaſe zu erzielen, was mit einem beſſeren Kammerbetriebe, höherer Ausbeute an Schwefelſäure und geringerem Verbrauche von Salpeter gleichbedeutend iſt. Ferner wird die Operation des Ausziehens eine viel regelmäßigere, und gewährt größere Garantie, daß nicht unverbrannter Kies mitkommt. Endlich kommt es nicht ſo oft vor, daß im Ofen ſich Schlackenkuchen oder Sauen bilden, obwohl bei mangelhafter Führung dies auch bei Roſten ſehr bald eintreten wird.

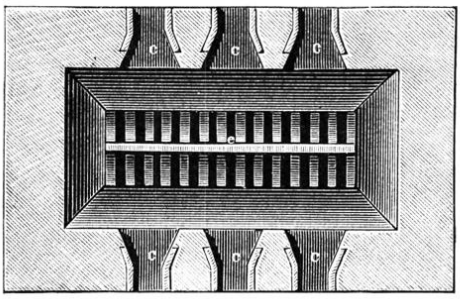
Fig. 45.



1/50

An die Einführung der Roſte ſchloſſen ſich ſpäter andere Verbeſſerungen; zunächſt eine Verringerung der Höhe der Kiesöfen, welche ſie ſehr viel handlicher für das Bearbeiten machte, und namentlich bei leichter ſchmelzbaren Erzen äußerſt günſtig wirkte, obwohl man dabei an manchen Orten bis zu dem anderen Extreme gar zu dünner Kiesſchichten gegangen iſt. Ferner wurde namentlich auch die Art der Salpetereinführung verbeſſert, welche bei vielen Oefen noch neuerdings ein wunder Punkt geweſen iſt. Die Miſchung von Salpeter und Schwefelſäure ſchäumt ſehr leicht über, und das überfließende ſaure Natriumſulfat iſt, wenn es in den Ofen gelangt, nicht nur ſo gut wie verloren, ſondern ſtört den Zug in den Pyritöfen und vermag deren Inhalt zu ſteinharten Maſſen zuſammenzukitten, welche erſt nach Niederreißung der Vordermauer mit unſäglicher Mühe entfernt werden können. Andere Verbeſſerungen werden ſich an ihren Stellen ergeben.

Fig. 46.



Einen Uebergang von den metallurgiſchen Schachtöfen zu den heutigen Roſtöfen bilden die Freiberger Kilns für Röſtung von Rohſtein mit 20 bis 21 Proc. Schwefel (900 bis 1000 kg in 24 Stunden), Fig. 45 u. 46 (aus Muspratt-Stohmann's techn. Chemie, 3. Aufl., **6**, 210). *A* Ofenſchacht, *a* Einſatzöffnungen, 32 cm weit, mit Eiſenplatten bedeckt und auf dieſe 32 bis 64 cm Rohſtein geſtürzt. *b* drei größere Raumöffnungen, 38 cm lang, 32 cm hoch, *c* drei Reihen Canäle, in jeder Reihe drei kleinere Raumöffnungen, 21 cm lang

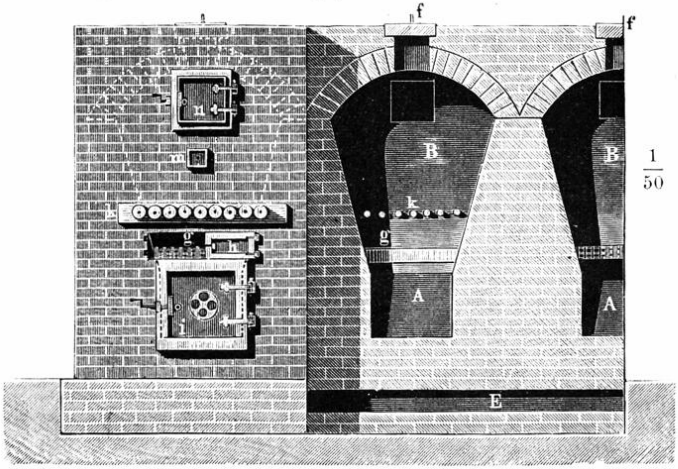
und $10\frac{1}{2}$ cm hoch, *d* drei Ausziehöffnungen auf jeder Seite, 64 cm lang und 32 cm hoch, *e* Sattelroſt, *F* Luftzuführungscanal, *g* Canal zur Abführung der ſchwefligen Säure. Der Sattelroſt dient namentlich dazu, um Luft in die Schachtmitte zu führen, wohin ſie immer ſchwerer als an den Seiten entlang dringt.

In der 1. Aufl. d. W., S. 138 bis 140 ſind die früheren belgiſchen Herdöfen und die Marſeiller Oefen (letztere mit Abbildungen) beſchrieben, welche wir hier übergehen, da ſie unrichtig conſtruirt und veraltet ſind.

Wir nähern uns den heutigen Conſtructionen ſchon mehr durch den Freiberger Röſtofen, Fig. 47 bis 49.

Fig. 47 ſtellt den Aufriß nach *cd* und *de* des Grundriſſes, Fig. 48 (a. f. S.), im Maßſtabe von $\frac{1}{50}$ dar, Fig. 49 (a. f. S.) einen Verticalſchnitt nach *ab* des Grundriſſes. Die Conſtruction iſt beſonders für leicht brennbare Kieſe geeignet. *B* iſt der Ofenſchacht; die Kieſe werden durch die mit gut ſchließendem Deckel verſehene Oeffnung *f* in den Ofen geſchüttet. Der ſie tragende Roſt *g*, welcher

Fig. 47.



noch die Form eines Dampfkeſſelroſtes zeigt, iſt geneigt, um das Herausziehen der Abbrände durch die Thür *h* zu erleichtern. Die kleineren Stückchen fallen durch den Roſt in den Aſchenfall *A* und werden von Zeit zu Zeit durch die zugleich mit Löchern für den Luftzufluß verſehene Thür *i* herausgezogen. Etwa 0,25 m über dem Roſt iſt die Stirnwand des Ofens mit einer horizontalen Reihe von Löchern *k* verſehen, in welche Stopfbüchſen mit beweglichen runden Stangen von Eiſen *l* eingelegt ſind. Dieſe können zum Auflockern der Kieſe gebraucht werden (was ſie wohl wegen der runden Form in ſehr unzureichender Weiſe thun werden); auch dienen ſie beim Herausziehen der Abbrände zur Unterſtützung des darüber liegenden Kieſes. Die Thür *m* dient zur Beobachtung der Verbrennung (welche man doch nur oben richtig beurtheilen kann) und zur Einführung von Eiſenſtangen, wenn die Kieſe aufgebrochen werden müſſen. Die größere Oeffnung *n*, ebenfalls mit Thür, dient zu demſelben Zwecke, und auch

zum Einſetzen der Salpetertöpfe in den Canal *C* (wegen des weiten Raumes von *B* eine ſehr mühſame Arbeit, mit großer Gefahr den Inhalt der Töpfe zu

Fig. 48.

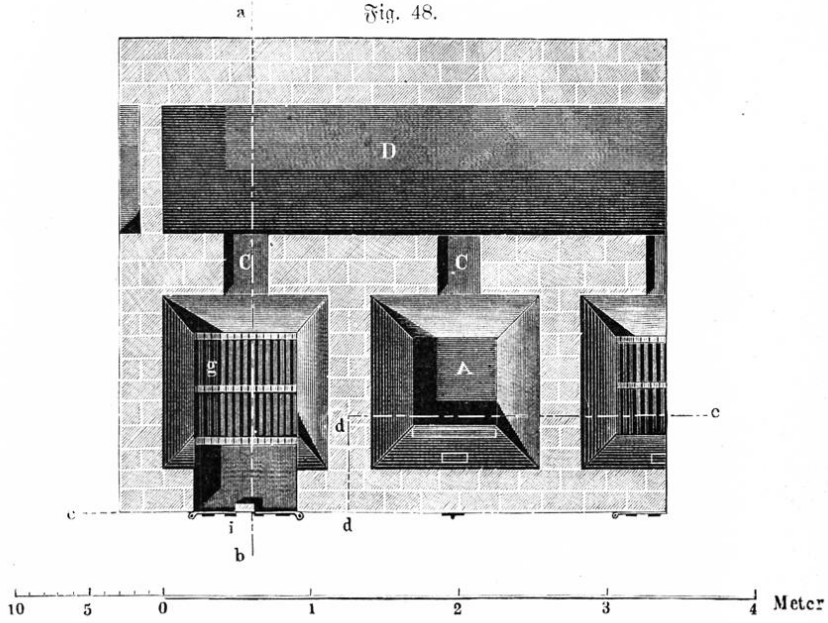
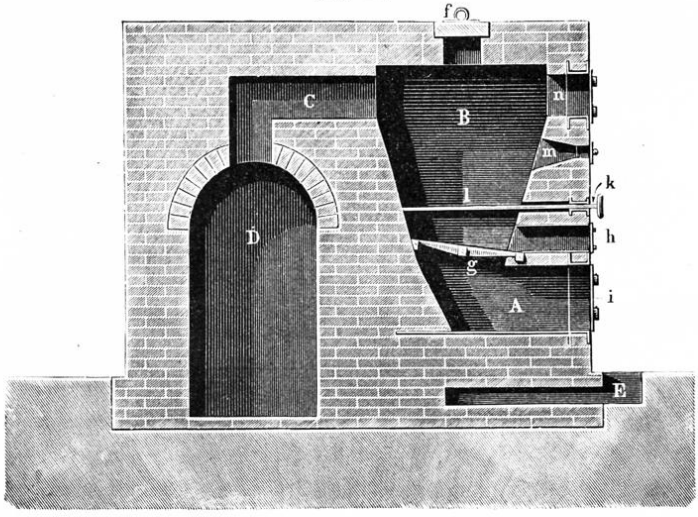


Fig. 49.



verſchütten). Die Gaſe gehen durch *C* zunächſt in den weiten Hauptcanal *D*, welcher in Freiberg über 100 m lang iſt, in welchen ſie Flugſtaub und beſonders

arſenige Säure abſetzen, und von da in die Bleikammern. Der Canal *E* dient zur Abhaltung der Bodenfeuchtigkeit von den Kiesöfen.

Während man auf dem Continent noch zwiſchen den Extremen der Schachtöfen und Herdöfen hin und her ſchwankte, hatte ſich in England ſchon längſt (etwa ſeit 1860 oder 1862) eine Art Mittelform herausgebildet, von der man bis jetzt daſelbſt in keinem weſentlichen Stücke abzugehen Urſache gehabt hat und welche ſich auch auf dem Continente vielfach eingebürgert hat. Die engliſchen „Pyrites burners“ haben einen mäßigen Horizontalquerſchnitt, etwa 1,20 bis 1,50 m Breite und 1,35 bis 1,8 m Tiefe (von vorn nach hinten) in der Ebene des Roſtes (Oefen mit nur 1 qm Querſchnitt, wie ſie in mehreren neueren techniſchen Werken als gewöhnlich in England angegeben werden, hat der Verfaſſer nirgends geſehen). Die Innenwände des Ofens ſteigen zuweilen ganz ſenkrecht auf; öfters jedoch läßt man die beiden Seitenwände und die Hinterwand nach oben bis zur Höhe der Arbeitsthür ein wenig ſchräg zurücktreten, jedoch kaum jemals mehr als $22\frac{1}{2}$ cm, häufig nur 15 cm der Breite nach, und halb ſo viel von vorn nach hinten; darüber ſteigen die Wände wieder ſenkrecht bis zur Gewölbehöhe auf. Die viel dünnere (22 cm), außen faſt immer mit einer Gußeiſenplatte von 25 bis 37 cm Dicke bekleidete Vorderwand ſteigt ſenkrecht auf und iſt von den verſchiedenen Arbeitsöffnungen durchbrochen. Der Aſchenfall beſitzt entweder ſenkrechte Wände oder iſt nach unten etwas zuſammengezogen, um das Ausräumen der Abbrände zu erleichtern. Die Tiefe des Aſchenfalles wechſelt von 40 bis 60 cm; das Niveau der Arbeitsthür, welches die Höhe der Pyritſchicht beſtimmt, findet ſich zwiſchen 52 und 75 cm über dem Roſte ſchwankend; jedoch iſt 52 cm, nach Erfahrungen des Verfaſſers und übereinſtimmenden Anſichten der engliſchen Techniker, zu wenig und 75 cm zu viel, wenigſtens bei Erzen von Durchſchnittsqualität; das richtige Mittel liegt zwiſchen 61 und 71 cm, aber näher der oberen Grenze. In den Oker'ſchen Fabriken wendet man nur eine Beſchickungsſäule von 0,47 m Höhe an (Bränning), was vielleicht durch die geringere Korngröße der Erze veranlaßt wird. Auch ſonſt habe ich in Deutſchland überwiegend geringere Schichthöhen, gewöhnlich 50 cm und ſelbſt bis 40 cm hinunter, gefunden; als Grund dafür wird meiſt die Furcht vor Sauenbildung angegeben, was durch die engliſchen Erfahrungen mit den gleichen Erzen als unbegründet erwieſen wird. Die Höhe vom oberen Niveau der Pyritſchicht bis zum Widerlager des Deckgewölbes beträgt gewöhnlich etwa ebenſoviel wie diejenige der Arbeitsthür (24 bis 30 cm) und bis zum Scheitel des Gewölbes weitere 20 bis 33 cm. Dies Deckgewölbe ſelbſt iſt entweder (wie allgemein in den Newcaſtler Fabriken) ſeitlich geſprengt, alſo von einer gemeinſchaftlichen Trennungswand zweier Brenner zur anderen, mit dem Vortheil einer großen Entlaſtung der Mauern und bequemeren Arbeitens durch die Arbeitsthüren hindurch; oder (wie in Lancaſhire gebräuchlich) von vorn nach hinten, was jedoch mehr nur in dem Falle anzurathen iſt, wo zwei Reihen von Brennern mit der Rückſeite an einander gebaut ſind, und wo man dann das Gewölbe über beide Reihen zugleich, mit einer Stützwand in der Mitte, ſprengt (ſ. Fig. 63 a. S. 210). Das Erbauen der Oefen in zwei mit dem Rücken an einander ſtoßenden Reihen empfiehlt ſich übrigens, wo es die Localverhältniſſe erlauben, auch bei ſeitlicher Sprengung der Gewölbe ganz entſchieden; man ſpart

dabei eine Rückwand vollständig, hält die Wärme besser zusammen und kann einen gemeinschaftlichen Gascanal anwenden.

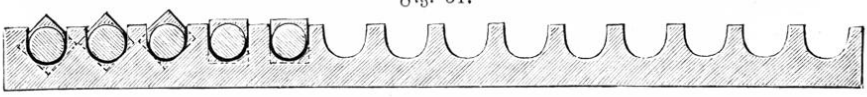
Der Gascanal befindet sich bei den englischen Brennern immer oben auf denselben, indem bei jedem derselben im Gewölbe ein Loch von etwa 10 bis 13 cm im Quadrat ausgespart ist, welches in den Canal führt. Diese Füchse sind nicht immer mit Registern versehen, sondern es ist oft nur durch allmälige Vergrößerung der Oeffnung bei größerem Abstande der Einzelöfen von dem Hauptcanal für gleichmäßigen Zug gesorgt. Der Canal selbst kann aus Ziegeln mit Theermörtel gemauert und mit Thonfliesen bedeckt werden; solider ist es jedoch, und in fast allen neueren Fabriken gebräuchlich, die Vorderplatte des Ofens gleich hoch genug zu machen, um auch mit für den Gascanal zu dienen; dieser ist dann durch ein zweites, in etwa 15 bis 30 cm Entfernung über dem ersten angebrachtes Gewölbe gebildet, welches sich über die ganze Breite des Brenners fortzieht. Besondere Sorgfalt wird auf die Thüren verwendet, wie dies weiter unten bei den Specialzeichnungen ersichtlich sein wird.

Die hauptsächlichste Eigenthümlichkeit der englischen Kiesöfen jedoch, und die, welche sich auch ohne ihre übrigen Constructionsdetails in fast allen continentalen Fabriken eingeführt hat, beruht auf der Anwendung von eckigen (meist quadratischen, seltener oblongen) Roststäben, welche in Lagern drehbar sind und je nach ihrer Stellung einen engeren oder weiteren Zwischenraum zwischen sich lassen. (Nach Hasenclever und Hofmann's amtl. Bericht 1875, I, 158 sind schon seit 1848 drehbare Roststäbe in Frankreich angewendet worden.) Fig. 50 stellt

Fig. 50.

einen solchen Roststab für sich dar, wobei man die Stellen bemerkt, welche kreisrund geschmiedet resp. gegossen sind, um in den betreffenden Aushöhlungen der Roststräger mit Leichtigkeit sich drehen zu können. Bei Anwendung von Stäben, welche 50 mm im Quadrat halten, macht man sie meist von Schmiedeeisen (Quadrateisen); die oblongen Roststäbe, welche 50 × 75 mm im Querschnitt haben, und bei der Aufrechtstellung einen größeren Zwischenraum zwischen einander lassen, eignen sich eben darum besser für gröber zerbrochene Kiese, und sind meist gegossen. Die Roste ruhen auf gußeisernen Trägern von der Gestalt, wie sie Fig. 51 zeigt; es sind davon bei den flacheren Oefen (1,35 bis 1,50 m von

Fig. 51.



vorn nach hinten) zwei, bei den tieferen (1,60 bis 1,80 m) zuweilen drei angebracht, wonach sich natürlich auch die Zahl der behufs des Umdrehens abgerundeten Stellen an den Roststäben richtet. Um die Stäbe nicht zu schwächen, wird der Durchmesser der runden Stellen bei den quadratischen Stäben fast ganz gleich der Seite des Quadrates, bei oblongen natürlich nur gleich der Schmalseite

gemacht. Jedenfalls bleibt das vorderſte Stück des Roſtſtabes, wo es aus dem Roſtträger hervorſteht, quadratiſch reſp. oblong, damit es mit einem entſprechenden Schlüſſel, Fig. 52, gefaßt und der Stab dadurch um ſeine Axe gedreht werden kann. Die Zwiſchenräume zwiſchen den Roſtſtäben ſind meiſt ſo angeordnet, daß ſie bei Stäben von 50 mm im Quadrat etwa ebenſoviel betragen, wenn die Stäbe in der Lage wie in Fig. 53 ſtehen; dagegen, wenn die Stäbe um 90° gedreht ſind, wie in Fig. 54,

Fig. 52.

werden die Zwiſchenräume nur etwa 32 mm betragen. In einem anderen Beiſpiele aus der Praxis war der Durchmeſſer der Stäbe 32 mm, die lichte Entfernung in der geraden Stellung 36 mm, in der ſchiefen 25 mm. Wenn endlich die Lage wie in Fig. 55 iſt, wo die Hälfte der Stäbe gedreht ſind, ſo werden die

Fig. 53.

Zwiſchenräume zwiſchen beiden obigen Grenzen in der Mitte ſtehen, und da man jeden Stab einzeln nach Belieben ſtellen kann, ſo kann man ſehr viele Combinationen hervorbringen. Für gewöhnlich nun ſtehen die Stäbe wie in Fig. 54, alſo ſämmtlich mit der Diagonale in der Horizontalebene, oder mit möglichſt

Fig. 54.

engen Zwiſchenräumen, ſo daß die Kiesſtücke nicht durchfallen können; ſobald man aber einen Theil des Kieſes entleeren will, faßt der Arbeiter mit dem Schlüſſel das vordere Ende eines Stabes und dreht ihn einige Male hin und her. Dabei wird einmal eine Art zerbrechender Wirkung auf die zwiſchen die Oberfläche

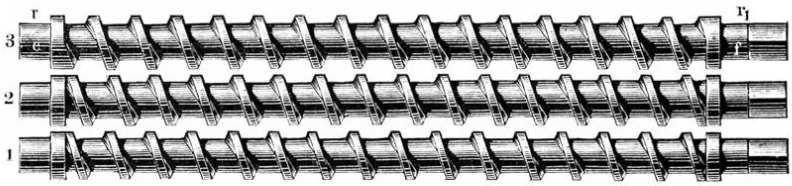
Fig. 55.

der Stäbe kommenden, ohnehin ziemlich morſchen Abbrände ausgeübt, ferner werden die Zwiſchenräume momentan erweitert, und drittens wird beim Herumbewegen der Stäbe das zwiſchen ihnen Steckende gewaltſam nach unten herausgedrückt; man muß alſo ziemliche Kraft dabei anwenden. Zugleich wird durch die Wirkung des Schlüſſels die Kiesſchicht bis auf einige Höhe aufgerüttelt und gelockert. Der Arbeiter geht nun von einem Stabe zu dem anderen, wobei er

übrigens meiſt je einen überſpringt, und ſchüttelt ſie nach Augenmaß ſo, daß eine gleiche Menge von Abbränden über die ganze Oberfläche der Roſtfläche entleert wird; was durchgeht, bleibt zunächſt in dem Aſchenfall liegen, bis die Zeit kommt (einmal alle 24 Stunden), die unterſte Thür aufzumachen und den Abbrand fortzunehmen.

Eine neue Form von Roſtſtäben, welche ſehr große Vorzüge vor den gewöhnlichen eckigen Stäben haben ſollen, iſt von W. Helbig angegeben worden (Dingl. polyt. Journ. 227, 67) und wird in Fig. 56 veranſchaulicht. Sie iſt die eines ſchraubengangförmig eingedrehten Stabes von rechteckigem oder länglich elliptiſchem Querſchnitt, oder die eines Rundſtabes mit einem feſt aufliegenden Schraubengewinde von geeignetem Querſchnitt, am beſten von Gußeiſen. Die Steigung und der Querſchnitt der Schraubengewinde richtet ſich nach der Maximal- und Minimalkorngröße des Kieſes, für welchen der Roſt verlangt wird. Die Anſätze r und r_1 ſchützen den Stab vor dem Herausfallen aus ſeinem Lager. c iſt der hintere Lagerzapfen des Roſtſtabes, f der vordere mit quadratiſcher Verlängerung zur Aufnahme des Schlüſſels. Die Zeichnung zeigt die Roſtſtäbe in den verſchiedenen Lagen zu einander. Stehen ſie zu einander wie

Fig. 56.



1 zu 2, ſo bieten ſie die kleinſten, wie 2 zu 3, die größten Oeffnungen. In beiden Fällen iſt die freie Roſtfugenfläche gleich groß, abweichend von den bisher gebräuchlichen Roſten. Nach Helbig beſitzt ſeine Conſtruction folgende Vortheile (welche zum Theil aber den gewöhnlichen Roſtſtäben ebenſo eigen ſind): Die Roſtſtäbe drehen ſich wegen ihres kreisförmigen Querſchnittes leichter; dabei findet kein Heben und Aufrütteln der Kiesſchicht ſtatt, und in Folge davon kein Voreilen unvollſtändig geröſteten Kieſes. (Meines Erachtens iſt das Aufrütteln des Kieſes beim Drehen gerade wünſchenswerth, um Zuſammenſetzen zu vermeiden.) Bei Klemmung durch größere Stücke kann man dieſe durch Anwendung von mehr Gewalt zerkleinern. Der Kies röſtet ſich wegen des gleichmäßigen Niederganges ſehr gleichmäßig ab. In Folge der eigenthümlichen Auflagerung der Kopfenden kann keine Luft dort, alſo ſeitlich vom Roſte, eintreten. Ohne Drehung fällt kein Kies heraus. Der nachtheilige Einfluß des Zerſpringens der Kieſe ſei aufgehoben (wieſo?). Daß bei jeder Stellung der Stäbe die Roſtoberfläche ſtets gleich bleibt, iſt von großer Wichtigkeit für die Gleichmäßigkeit der Abröſtung. Man ſoll mit dieſen Roſten Graupen ebenſogut wie mit dem Walter'ſchen Ofen (ſ. unten) abröſten können (dies wird mir von einer großen Fabrik, welche den Helbig'ſchen Roſt anwendet, beſtätigt).

In Südfrankreich wendet man den engliſchen ganz ähnliche Oefen an, von 1,8 m Tiefe, 1,2 qm Roſtoberfläche und 0,04 m Abſtand zwiſchen den Roſten,

wenn sie vertical gestellt sind; man röstet Stückkies darin, gemischt mit 10 bis 15 Proc. „Klütten“, bis auf 2 bis 3 Proc. Schwefel ab (Favre, Monit. Scient. 1876, p. 270).

Sehr angenehm, aber selten zu finden, weil es eine complicirte Anlage auf und unter der Hüttensohle bedingt, ist es, wenn der Aschenfall tief genug ist, um einen eisernen Wagen einführen zu können, dessen Oberfläche der ganzen Oberfläche des Rostes gleich ist; natürlich muß dann auch die Thür des Aschenfalles über dessen ganze Breite und Höhe laufen. Die Abbrände fallen dann direct in diesen Wagen und können im Augenblicke herausgefahren werden; für gewöhnlich

Fig. 57.

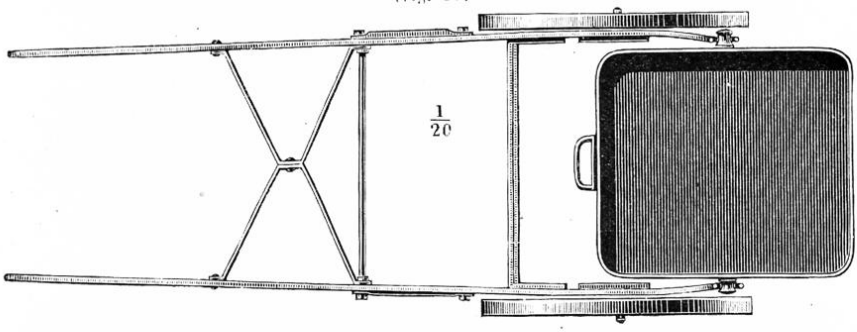
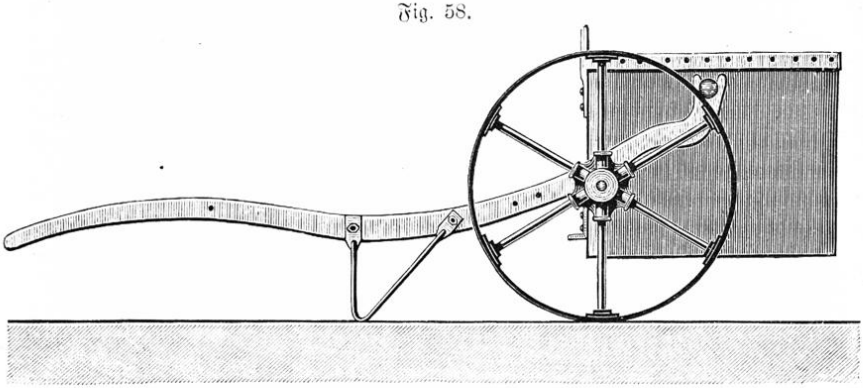


Fig. 58.



muß man sie mit Handarbeit herauskratzen, während welcher Zeit natürlich, bei offenstehender Thür, viel falsche Luft in den Brenner tritt. Wo nicht zwei Reihen von Oefen Rücken an Rücken gebaut sind, kann man auf der einen Seite beschicken, auf der anderen entleeren. Besonders erhebliche Vortheile bietet diese Einrichtung nicht, und sie nimmt viel Platz ein.

Statt der eben erwähnten Anlage, welche ein entsprechendes Tieferlegen der Sohle, Drehscheiben u. s. w. bedingt, kann man auch auf sehr einfachem Wege durch passende Aschenkarren zum Ziele kommen, wie solche z. B. von der Königin-Marienhütte in Cainsdorf geliefert werden und in Fig. 57 und 58 dargestellt

ſind. Dieſe Karre beſteht aus zwei Theilen, erſtens einem viereckigen eiſernen Kaſten (610 × 710 × 560 mm) mit zwei Zapfen an ſeiner Oberkante, und zweitens einem ſtarken, aber leichten, auf Rädern gehenden Rahmen, welcher mit Gabeln unter jene Zapfen faßt. In dem in der Zeichnung abgebildeten Zuſtande ſtellt das Ganze eine gewöhnliche eiſerne Schiebekarre vor, mit der man auf jedem harten Boden fahren kann. Durch Aufheben der Handgriffe aber ſenkt ſich zuerſt der Kaſten auf den Boden, dann löſen ſich die Gabeln aus und der Rahmen kann zurückgefahren werden. Das Wiederaufnehmen des Kaſtens geſchieht durch Unterfahren mit dem Räderrahmen und Niederdrücken der Handgriffe, ſo daß die Zapfen von den Gabeln erfaßt werden. Man kann nun dem Kaſten eine ſolche Geſtalt geben, daß er gerade in den Aſchenfall des Pyritofens paßt, und die Abbrände bei geſchloſſener Aſchenfallthür durch Schütteln der Roſte direct in ihn entleeren. Natürlich empfehlen ſich ähnliche Karren auch in vielen Fällen zum Entleeren gewöhnlicher Aſchenfälle und zu anderen Zwecken.

Um nicht während des Schüttelns der Roſtſtäbe den ganzen Aſchenfall öffnen zu müſſen, iſt bei allen beſſeren Oefen die Einrichtung getroffen, daß in der Vorderplatte des Ofens ein Schlitz angebracht iſt, durch welchen die nicht ganz bis vorn reichenden Roſtſtäbe zugänglich ſind; für gewöhnlich iſt der Schlitz mit einer (beſſer in zwei horizontal neben einander befindliche Hälften getheilten) Thür bedeckt, welche nur während des Schüttelns geöffnet wird.

Zur Verhütung des Einſtrömens von falſcher Luft und des Ausblaſens von Gas beim Entleeren der Aſchenfälle von Pyritbrennern macht Norrington (Engl. Pat. Nr. 4131, 17. Octbr. 1878) die Aſchenfallthüren einer Ofenreihe in horizontalen Rahmen gleitend, verbindet ſie ſämmtlich durch (leicht auslösbare) Querſtangen und bringt am Ende der Reihe eine Schraubenwinde an, ſo daß in $^1/_4$ Minute alle Thüren auf einmal horizontal hin und her bewegt und dadurch geöffnet oder geſchloſſen werden können. Letzteres geſchieht jedesmal, wenn irgend eine der Arbeitsthüren zum Chargiren u. ſ. w. aufgemacht wird. Da mithin keine Luft, außer durch dieſe Thür ſelbſt, eintreten kann, ſo findet durchaus kein Ausblaſen von Gas ſtatt. Die einzelnen Oefen brennen mit ganz gleichmäßiger Stärke (?). Auch ſoll dadurch (nach einem Privatſchreiben des Erfinders an den Verfaſſer) bedeutend an Salpeter geſpart werden; man verbrauche für 50 Tons Pyrit von 49 Proc. Schwefel per Woche nur $^1/_2$ Ton Natronſalpeter, und laſſe höchſtens $2^1/_2$ Proc. Schwefel im Rückſtande. Wenn man in demſelben Syſteme 64 Tons Pyrit brenne, ſo werde $1^1/_4$ Pfd. Salpeter auf 112 Pfd. Pyrit verbraucht. Das Ausbringen an Vitriolöl (wohl nur ſogenannte 66 grädige Säure) ſei 3 Tons auf die Tonne verbrannten Schwefel. Der amtliche Bericht des Regierungsinſpectors Dr. Ballard (Report of the Local Government Board for 1879, p. 180) ſpricht ſich ſehr günſtig über obige Vorrichtung aus.

Nach Mittheilung von Herrn K. Walter in Mailand kann man folgendes einfache Mittel zur Verhütung des Ausblaſens von Gas an den Arbeitsthüren bei der Beſchickung anwenden. Man bringt unter den Kiesöfen einen mit dem Kamin in Verbindung ſtehenden Zug an, welcher während der Beſchickung gerade hinreichend geöffnet wird, um das Ausblaſen an den Arbeitsthüren zu verhindern.

So wird weniger Gas verloren und weniger Geſtank verurſacht, als ſonſt durch die Arbeitsthüren geſchieht. Bei dieſer Einrichtung brauchen die Aſchenfälle nur loſe vorgeſtellte Blechthüren zu haben. (In England würde ſelbſt eine vorübergehende directe Verbindung der Oefen mit dem Kamin kaum geſtattet werden.)

Bei richtig conſtruirten Kiesöfen laufen ſämmtliche Thüren, zum Beſchicken, Umarbeiten, Schütteln der Roſtſtäbe und Ausräumen der Abbrände, entweder in Nuthen horizontal hin und her, oder ſie ſind, was noch beſſer iſt, auf Angeln gehängt, und der an die Vorderplatte angegoſſene Thürrahmen iſt nach unten und manchmal auch nach der einen Seite ſchief hervortretend gemacht, ſo daß die Thür durch ihr Gewicht feſt auf ihm aufliegt; da ſowohl der Thürrahmen, als die auf ihn zu liegen kommenden Ränder der Thür ſelbſt abgehobelt ſind, ſo ſchließen die Thüren ohne Weiteres beim Auflegen feſt und gasdicht, während man bei den Schieberrahmen immer dicken Kalkbrei zur Hand haben muß, um die Fugen zu dichten.

Sämmtliches Mauerwerk, ſoweit es von der Hitze berührt wird, alſo die Wände oberhalb der Roſte, das Gewölbe und der Gascanal, iſt mit einem Futter von hartgebrannten, feuerfeſten Ziegeln angelegt; die Geſammtſtärke deſſelben beträgt vorn einen Ziegel, hinten (oder als Zwiſchenwand zweier Längsreihen) zwei Ziegel; die Seitenwände, welche je zwei Oefen in der langen Reihe von einander trennen, ſind $1\frac{1}{2}$ bis 2 Ziegel ſtark, nehmen aber nach oben auf einen Ziegel ab. Das Gewölbe braucht nur halbe Ziegelſtärke zu haben. Als Mörtel dient feuerfeſter Thon, wie gewöhnlich bei Feuerbauten; in den kälteren Theilen, z. B. bei aus Ziegeln vertical gebauten Gasſchächten, Canälen ꝛc., hält dieſer nicht ſo gut als Theermörtel (aus dick eingekochtem Theer und Sand).

Selbſtredend ſind die Oefen ſtark verankert, entweder durch beſondere Säulen mit Zugſtangen, oder durch an die Vorderplatten angegoſſene Verſtärkungsrippen (Fig. 61) mit Löchern für die Zugſtangen verſehen.

Die Anſichten, wie tief man (von hinten nach vorn) die Kiesbrenner machen ſolle, gehen ziemlich auseinander. In der Mehrzahl der Fälle findet man kleinere Oefen, mit etwa 1,35 bis 1,55 m lichter Weite von der Arbeitsthür bis zur Rückwand; die dafür angegebene Urſache iſt die, daß man bei größerer Länge der Roſte ſie nicht mehr ſo gut bedienen könne, und ferner, daß in einem größeren Ofen die neu aufgetragene Kiesſchicht zu flach liege (die Tiefe der ganzen Kiesſchicht, einſchließlich der früheren, aber noch nicht ganz ausgebrannten Chargen, wird dadurch nicht beeinflußt). Der Verfaſſer hat aber viele Jahre lang mit größeren Oefen (von 1,80 m lichter Weite von der Arbeitsthür bis nach hinten) gearbeitet, und dabei beſſere Reſultate der Abröſtung erzielt, als faſt ſämmtliche der vielen Nachbarfabriken, welche mit den kleineren Oefen arbeiteten. Allerdings konnte er die gewöhnliche 24ſtündige Beſchickung des Brenners (7 Ctr. = 360 kg) nur in einer Poſt aufbringen, während man ſie bei den kleineren Oefen in zwei Poſten alle 12 Stunden einbringt, und es behaupten viele Praktiker, daß die 12ſtündige Beſchickung bei entſprechender Umarbeitung vortheilhafter ſei, doch mußten einige derſelben gerade in die Fabrik des Verfaſſers kommen, um zu ſehen, wie er es anfinge, da ihre Reſultate nicht zufriedenſtellend waren. Dagegen iſt es ein entſchiedener Mißgriff, wenn man auf der größeren Roſtfläche auch mehr

Pyrit durchſetzen will, z. B. 400 bis 500 kg. Dies geht nur allenfalls bei ſehr armen Erzen, wie ſie jetzt nur noch ganz local zur Verwendung kommen; reichere, namentlich kupferhaltige Erze werden durch die zu große Hitze ganz ſicher ins Schlacken kommen und dem Fabrikanten die größte Verlegenheit bereiten. Als Reſultat vieljähriger Erfahrung möchte der Verfaſſer die Roſtfläche von 1,35 × 1,72 m (eingerechnet die vorſtehenden Enden bis zur Frontwand) und Schichthöhe von 67 cm bei einmaliger Beſchickung in 24 Stunden mit 357 kg reichhaltigem Kies (ſpaniſchem 48procentigem Erz) für ein ſehr günſtiges Verhältniß erklären.

Das eben erwähnte Verhältniß iſt nur = 154 kg 48procentigem Pyrit pro Quadratmeter Roſtfläche in 24 Stunden. Bei ärmerem, 40- bis 42procentigem Kies verbrannte der Verfaſſer allerdings für die gleiche Roſtfläche 406 kg = 175 kg pro Quadratmeter und bei 38- bis 40procentigem Kies ſogar 457 kg = 198 kg pro Quadratmeter. Man geht wohl in England ſehr ſelten über ein Maximum von 200 kg 48procentigem Kies pro Quadratmeter Roſtfläche (ich kann als genaue Zahlen einer der größten engliſchen Fabriken 173 bis 192 angeben), während nach Haſenclever in den deutſchen Fabriken, bei Anwendung von 44procentigem Meggener Kies, die Verhältniſſe 203 (als Minimum), 217, 232, 282, 294 und 317 kg pro Quadratmeter ſind (Wagner's Jahresber. f. 1871, S. 212). Auch nach Bode (ebendaſ. f. 1874, S. 245) braucht man pro Quadratmeter bei Meggener Kies von 41 bis 42 Proc. 250 bis 312 kg; bei norwegiſchen und ſchwediſchen Kieſen von 41 bis 42 Proc. 187 kg und weniger, bei Walliſer Kies mit 35 Proc. Schwefel bis 450 kg in 24 Stunden. Nach Favre (Monit. Scient. 1876, p. 271) ſei das von ihm beobachtete günſtigſte Verhältniß 270 kg von 40procentigem Schwefelkies pro Quadratmeter.

In den Oker'ſchen Fabriken beträgt nach Bräunning (a. a. O.) die Roſtfläche der zu einem Kammerſyſtem von 1854 cbm Inhalt gehörigen acht Kiesbrenner 21 qm, alſo 0,0113 qm pro Cubikmeter Kammerraum, bei 0,47 m mittlerer Höhe der Beſchickungsſäule. Man ſetzt darin an Kieſen oder ordinären Kupfererzen (bis 40 Proc. Schwefelgehalt) täglich 3500 kg, gleich 166 kg pro Quadratmeter Roſtfläche durch, was alſo mit den oben aus meiner eigenen Erfahrung angegebenen Zahlen viel beſſer, als mit denen von Haſenclever und Bode ſtimmt. Von ärmeren Erzen, mit 20 bis 30 Proc. Schwefelgehalt, ſetzt man natürlich auch dort weit mehr durch (215 bis 240 kg täglich pro Quadratmeter), aber meiſt nicht in Roſtbrennern, ſondern in Schachtöfen.

Es iſt kaum nothwendig, zu bemerken, daß die Pyritöfen immer in Gruppen angewendet werden. Gewöhnlich werden 12 bis 24 Oefen durch dieſelbe Arbeiterſchicht bedient, und müſſen dann in der Art betrieben werden, daß jeder in regelmäßiger Reihenfolge daran kommt, wie dieſes aus der Nothwendigkeit einer regelmäßigen Gasentwickelung von ſelber folgt. Man findet häufig die Pyritöfen unterhalb der Bleikammern angebracht; ſie müſſen in jedem Falle nicht nur durch ein Dach (wenn ſie nicht unter den Kammern ſtehen) vor Regen geſchützt ſein, ſondern dürfen auch nicht in einem ſeitlich offenen Raume ſtehen, da bei ſtarkem Winde ihr Gang ſonſt ganz unregelmäßig ausfallen würde, einmal zu ſchnell, ein anderes Mal ſo, daß das Gas unaufhaltſam aus den Thüren hinaus-

dringt. Man wendet als seitlichen Abschluß des Raumes am besten leichte Mauern oder Bretterwände, mit nach dem Winde stellbaren Jalousieen an.

Wie die unten folgenden Zeichnungen der englischen Oefen ausweisen, ist jeder Ofen von dem anderen ganz unabhängig, und sie communiciren nicht mit einander, sondern nur durch den Fuchs im Gewölbe mit dem oberen Zugcanal. Jeder Ofen sollte dafür auch seinen eigenen Schieber haben, was man freilich nicht immer findet. Auf dem Continent findet man dagegen immer noch häufig die Einrichtung, daß die einzelnen Oefen nur durch niedrige Scheidewände von einander getrennt sind. Das Erz liegt meist nur 45 bis 50 cm tief. Dabei ist eigentlich das ganze System ein großer Ofen, nur mit getheiltem Roste, aber man kann nicht, wie das in England geschieht, jeden einzelnen Ofen als Individuum behandeln und ihm nach Bedarf mehr oder weniger Zug nach dem Canal geben, oder ihn auch zu Reparaturen ausrangiren. Man sollte demnach diese Art von Oefen nicht für empfehlenswerth halten. Trotzdem ziehen viele continentale Praktiker dieses System vor, in der Ansicht, daß 45 cm Schichthöhe bei reichen Erzen ganz ausreichend sei, und daß man bei Verbindung des Gasraumes aller Oefen zu einem Ganzen alles leichter übersehen und eher einen Brenner durch den anderen unterstützen könne. Es scheint wirklich mit diesem System ebenso gut wie mit dem englischen zu gehen. In der That sagte man mir an einem Orte, wo eine Batterie englischer Oefen neben einer solchen mit niedrigen Scheidewänden arbeitet, daß die letzteren nicht nur ebenso gut wie die ersteren arbeiteten, sondern auch weniger empfindlich in Bezug auf Zugstörungen seien.

Hargreaves, Robinson u. Hargreaves (Engl. Pat. Nr. 5681, 1886) beschreiben eine ziemlich complicirte Veranstaltung zum Rösten von Pyrit, bei der nicht die Schwefelsäurefabrikation, sondern die Gewinnung von Arsen, Antimon, Kupfer, Silber und Gold die Hauptsache zu sein scheint. Eine ganze Batterie von Oefen ist in der Art mit einander verbunden, daß die Luft oder die zuerst entstehenden Röstproducte in regelmäßiger Aufeinanderfolge durch alle Oefen hindurchgehen. Die in Regeneratoren vorgewärmte Luft streicht zuerst abwärts durch fast erschöpftes Erz, dann nach einander durch schwefelreiches Erz. Der Röstrückstand wird mit sauren Gasen behandelt, um die Metalle in Lösung zu bringen.

In continentalen Fabriken, namentlich solchen, welche keinen Gloverthurm besitzen, ist es oft üblich, die Kammersäure bis auf 60° B. (71° T.) in Bleipfannen zu concentriren, welche auf den Pyritöfen stehen und durch deren sonst verloren gehende Hitze geheizt werden. Unter allen Methoden zur Concentration der Säure ist diese, wie wir später sehen werden, die billigste, mit alleiniger Ausnahme des Gloverthurmes, und es liegt kein Grund vor, warum solche Pfannen nicht auch auf die beschriebenen englischen Oefen gesetzt werden sollten, wenigstens wenn diese einen über die ganze Breite des Ofens reichenden Gascanal haben. In England hat der Verfasser jedoch eine solche Einrichtung nie gesehen, auch noch vor der Zeit, als die allgemeine Einführung der Gloverthürme zur völligen Abschaffung aller Bleiconcentrationspfannen führte. Es wird aber doch dort in sehr vielen Fällen der Raum auf dem Ofengewölbe

nützlich verwendet, zum Trocknen von „Klütten“ aus Pyritstaub und dergleichen.

Die Einführung der Salpetermischung (flüssige Salpetersäure wird in den großen englischen Fabriken noch heutzutage nicht verwendet) geschieht neuerdings fast durchgängig in der Weise, daß die Pyritöfen dadurch nicht leicht gestört werden können. Noch vor 12 bis 15 Jahren fand man sehr häufig die Salpetertöpfe zwischen die Oefen auf dazu angebrachte Pfeiler eingesetzt, wo also zwei Oefen communiciren mußten; man brachte dann in der Vorderwand besondere Thüren dafür an und setzte die Salpetertöpfe in eiserne Schalen. Die Untersätze waren etwas nach vorn geneigt, um das überlaufende saure Sulfat nicht in die Oefen selber gelangen zu lassen. Dafür lief es dann zu den Beschickungsthüren hinaus, und gab ihnen ein höchst unsauberes Ansehen, und schließlich gelangte es doch sehr häufig in die Oefen selbst, mit den schon früher beschriebenen höchst unangenehmen Folgen. In allen besseren Fabriken findet man schon längst nicht mehr diese Form, sondern sämmtliche zu einem System gehörende Salpetertöpfe werden in einem besonderen „Salpeterofen“ (nitre-oven) aufgestellt, welcher factisch nur eine Ausweitung des Gascanals ist, und zuweilen noch über den Brennern liegt, zuweilen aber auf besonderen Fundationen hinter denselben angebracht ist. Die letztere Anordnung ist stets vorzuziehen, wo es immer angeht, denn wenn man auch jedenfalls eine Gußeisenplatte als Boden des Salpeterofens anbringt, welche das Ueberfließende nach außen ableiten soll, so kann man doch, wenn der Salpeterofen über einem oder mehreren Brennern angebracht ist, es längere Zeit übersehen, wenn die Platte gesprungen ist, so daß das saure Sulfat dann in die Züge und durch diese in die Oefen fließt, bis großer Schaden angerichtet ist. Wenn dagegen die Einrichtung diejenige wie in Fig. 62 ist, wo übrigens statt der Salpetertöpfe eine bessere, später zu beschreibende Einrichtung angebracht ist, so fällt jede Gefahr der eben berührten Art vollständig weg.

Favre (Monit. Scient. 1876, p. 271) berichtet allerdings, daß in den südfranzösischen Fabriken der Salpeter und die Schwefelsäure in eisernen Gefäßen von 0,80 m × 0,45 Grundfläche und 0,30 m Tiefe eingeführt werden, welche auf der Brücke zwischen zwei Pyritöfen stehen. Dies beweist aber nur, daß jene Fabriken in dieser Beziehung hinter den Fortschritten der Technik zurückgeblieben waren, und Favre hebt selbst die damit verbundenen Uebelstände hervor, ohne aber des Schlimmsten zu gedenken, nämlich des Ueberfließens in die Pyritöfen.

Es seien nun Zeichnungen verschiedener Constructionen von Pyritöfen gegeben, wie sie heutzutage in England üblich sind. Die Figuren 59 bis 61 zeigen eine einfachere Construction, wobei man mit Herdgußplatten auskommt, während die Frontplatten der Figuren 62 und 63 schwierigere Gußstücke sind, und dabei durch die Hobelbank, Drehbank ꝛc. nachgearbeitet werden müssen; sie kosten deshalb doppelt so viel, sind freilich auch viel sauberer aussehend und namentlich darum reinlicher, weil kein Kalkmörtel nöthig ist. Uebrigens kommt es auch bei diesen Frontplatten vor, daß sie sich werfen, wo dann die Thüren nicht mehr dicht schließen und doch verkleistert werden müssen.

Fig. 59.

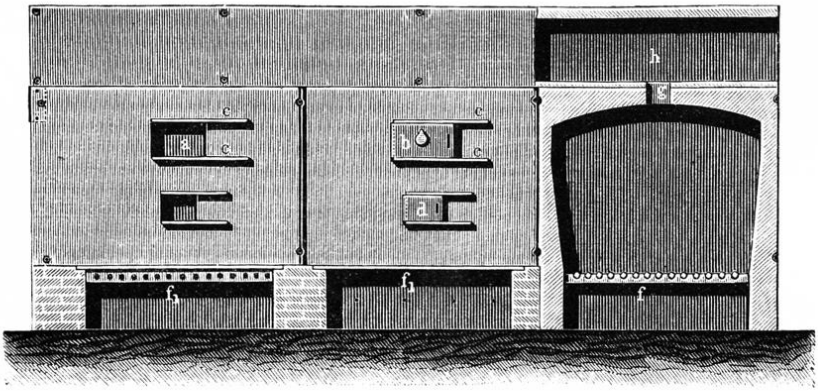


Fig. 60.

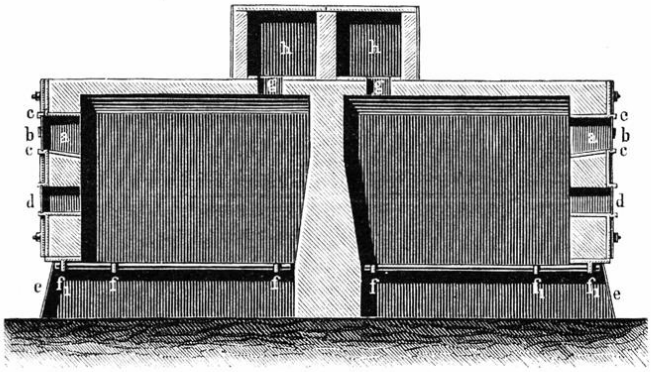
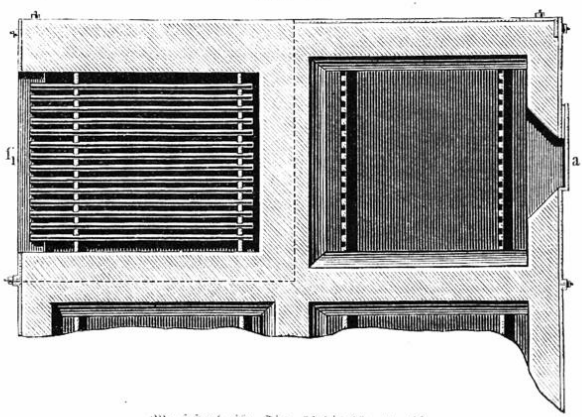


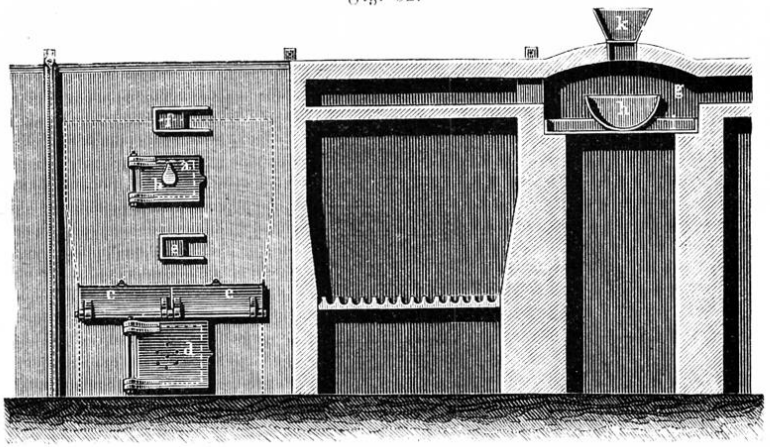
Fig. 61.



Maßstab für Fig. 59 bis 63. 1 : 50.

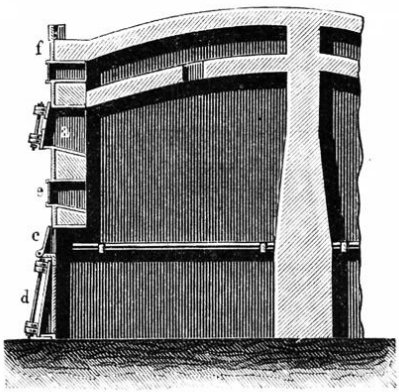
In Fig. 59 sind zwei Oefen in Vorderansicht und einer im Durchschnitt gezeigt; an dem ersten Ofen sind die Thüren der Arbeits- und Aschenöffnungen weggenommen. Fig. 60 ist ein Querdurchschnitt, welcher zeigt, wie zwei Ofenreihen an einander gebaut sind. Fig. 61 ist ein Grundriß, wobei ein Ofen gerade über

Fig. 62.



dem Roste, die anderen in der Mitte der Thüröffnung durchschnitten gedacht sind. *a* ist die Arbeitsöffnung mit der Thür *b*, welche in den an die Frontplatte angegossenen, mit Nuthen versehenen Schienen *cc* geht. In ganz ähnlicher Weise geht die kleine, nur in Ausnahmefällen zu öffnende Thür *d*. Die entsprechenden Maueröffnungen sind durch Eisenplatten geschützt. *e* ist der bewegliche Deckel des Aschenfalles, mit Luftlöchern versehen. *ff* sind die Rostträger, deren vorderster f_1 zugleich die Bodenplatte für die Vordermauer trägt, und mit runden Löchern durchbohrt ist, während *ff* halbrund ausgeschnitten sind. Die Deckgewölbe sind parallel mit den Arbeitsöffnungen gespannt, sie sind durch die Füchse *gg* in Verbindung mit den Gascanälen *hh* gesetzt. Letztere sind, sowie der Ofenbau selbst, ganz mit gußeisernen Platten armirt und mit Thonfliesen bedeckt.

Fig. 63.



Eine etwas kostspieligere, aber vollkommenere Einrichtung zeigen Fig. 62 und 63 in Vorderansicht, Längsdurchschnitt und Querschnitt. *a* ist die Arbeitsthür mit der Schiebeklappe *b* zum Beobachten des Ofeninneren; sie geht in Angeln und liegt, wie man aus Fig. 63 sieht, auf einem an die Frontplatte angegossenen, schief nach unten hervorragenden Vorsprunge auf, wobei die Berührungsflächen

glatt abgehobelt und geschliffen sind, um luftdichten Schluß zu gewähren. Ganz in derselben Weise sind die Thüren *cc* für die Roste und *d* für den Aschenfall gebaut, während die kleine Arbeitsthür *e* und die in den Zugcanal führende Thür *f*, welche selten geöffnet werden, auf dieselbe einfache Weise wie in Fig. 59 construirt sind. Die Oefen sind als die letzten der Reihe dargestellt, so daß sich der später genauer zu besprechende Salpeterofen *g* mit dem Halbcylinder *h*, der Bodenplatte *i* und dem Trichter *k* unmittelbar daran schließen. Die Zeichnungen sind alle im Maßstabe von 1 : 50 angefertigt und die Dimensionen aus denselben abzunehmen.

Ein eigenthümlicher Pyritofen ist von J. u. J. Addie patentirt worden (Engl. Pat. Nr. 180, 1886). Er besteht aus einem weißglühenden Cupolofen, in welchem der Pyrit zusammen mit Sandstein oder anderen schlackenbildenden Zuschlägen beschickt und mittelst heißer Gebläseluft verbrannt wird, in der Art, daß die Abbrände sich in eine geschmolzene Schlacke verwandeln, welche von Zeit zu Zeit abgestrichen wird. Wenn dieser Apparat nicht für ganz specielle, aus der Beschreibung nicht erhellende Zwecke bestimmt ist, so muß man ihn vom Standpunkte des chemischen Fabrikanten aus für sehr unpraktisch halten.

Betrieb der Stückkiesöfen.

Um einen Stückkiesofen in Betrieb zu setzen, wird er, wenn er neu erbaut sein sollte, in gewöhnlicher Weise durch ein langsames Feuer ausgetrocknet und alsdann bis auf etwa 8 cm unter der Arbeitsthür mit schon abgeröstetem Erz gefüllt. Sollte man kein solches zur Disposition haben, so müßte man gewöhnliche Chausseesteine und dergleichen nehmen, die natürlich hinreichend weit zerbrochen sein müssen, um beim Hin- und Herdrehen der Roststäbe zwischen denselben durchzufallen. Man schließt den Schieber im Fuchs des Ofens und läßt die Arbeitsthür offen. Dann häuft man gewöhnliches Brennmaterial, Holz oder gute Stückkohlen, auf die Erzlage und zündet es an. Nach zwölf bis vierundzwanzig Stunden wird der Ofen und die oberste Erzlage Rothgluth angenommen haben; man zieht dann die gröberen, etwa noch vorhandenen Kohlenstücke aus und giebt eine gewöhnliche Beschickung von Schwefelkies auf. Diese wird sich in Kurzem durch die Hitze der Ofenwände, der Erzunterlage und des noch vorhandenen Brennstoffes entzünden; wenn sie in vollem Brennen ist, schließt man die Arbeitsthür, öffnet den Schieber, welcher zum Gascanal führt, und laßt die Gase in die Bleikammern strömen. Man muß beim Anheizen nicht zu weit gehen, was den Oefen schaden würde.

Hiermit ist nun der Proceß in Gang gebracht und wird nun regelmäßig ohne Unterbrechung fortgeführt, bis äußere Ursachen wieder einen Stillstand herbeiführen. Reparaturen sind in den Pyritöfen höchst selten nöthig; aber diejenigen der anderen Theile des Fabrikationsapparates können eher zu ihrem Stillstande nöthigen. In einigen wenigen Fabriken in England werden die Schieber alle Sonnabend um Mitternacht eingesteckt und erst Sonntag Mitternachts wieder aufgezogen; inzwischen bleiben natürlich alle anderen Oeffnungen sorgfältig verschlossen und der Ofen behält dabei seine Hitze so gut, daß die neuen Be-

ſchickungen ſich ohne Weiteres entzünden, wenn ſie eingebracht werden. Wenn es ſich um eine zeitweilige Unterbrechung des Betriebes für nicht über vier bis ſechs Tage handelt, ſo gelingt es gewöhnlich in ähnlicher Weiſe, die Oefen warm zu halten, ohne ſie wieder mit Brennmaterial aufzünden zu müſſen.

Bei dem regelmäßigen Fortgange des Röſtproceſſes verfolgt man nun einen doppelten Zweck, aus welchem ſich alle dabei zu beobachtenden Vorſichtsmaßregeln herleiten. Erſtens will man den Schwefel des Kieſes ſo weit wie möglich abbrennen, und zweitens will man dabei eine gerade hinreichende Menge von Luft verwenden, nicht mehr und nicht weniger, als erforderlich iſt, damit der Proceß der Schwefelſäurekammer ſich in der günſtigſten Weiſe vollzieht. Da dies die Nothwendigkeit mit ſich bringt, außer der für die Verbrennung des Schwefels zu ſchwefliger Säure (die eigentliche Röſtung) nöthigen Luft noch ſo viel einſtrömen zu laſſen, um die Weiteroxydation zu Schwefelſäure zu ermöglichen, und da ſchließlich zur Erreichung des letzteren Zweckes immer noch ein gewiſſer Ueberſchuß von Luft erforderlich iſt, ſo wird man unter allen Umſtänden mehr als nöthig Luft einführen müſſen, um *ſämmtlichen* Schwefel des Kieſes zu verbrennen, und die beiden aufgeſtellten Bedingungen ſchließen ſich demnach nicht gegenſeitig aus. Dies gilt jedoch in aller Strenge nur vom Rohſchwefel und von einem reinen Schwefelkies, welcher keine Zinkblende, Bleiglanz ꝛc. enthält, denn nur der erſtere kann durch ſeine eigene Verbrennungshitze ſchon vollſtändig entſchwefelt werden. Die Sulfate des Eiſens, welche immer zum Theil als Zwiſchenproducte entſtehen, zerſetzen ſich ſchon bei einer ſo verhältnißmäßig niederen Temperatur wieder in Eiſenoxyd, Sauerſtoff und ſchweflige Säure, oder in Eiſenoxyd und Schwefelſäureanhydrid, daß die Hitze des Pyritofens dazu vollſtändig ausreicht. Schon etwas ſchwieriger iſt dieſes bei dem Schwefelkupfer; jedoch auch die Zerſetzungstemperatur des Kupferſulfates liegt noch innerhalb der Rothgluth. Uebrigens liegt den Hütten, welche die Abbrände ſpäter auf naſſem Wege auf Kupfer verarbeiten ſollen, gar nichts an einer vollſtändigen Entſchwefelung, ſondern nur an einer mäßigen, nicht über 4 bis höchſtens 6 Proc. Schwefel in den Abbränden gebenden. Wenn dagegen die Erze Zinkblende oder Bleiglanz hatten, welche ſich beim Röſten in Zinkſulfat oder Bleiſulfat verwandeln, ſo kann im Pyritofen an eine vollſtändige Entſchwefelung nicht gedacht werden; das Zink- und Bleiſulfat zerſetzen ſich erſt bei ſtarker Weißgluth, alſo einer im Pyritofen gar nicht ſtatthaften Temperatur, und ſie werden daher großentheils im Rückſtande bleiben. Ferner, wenn der Pyrit Gyps oder kohlenſauren Kalk enthielt, ſo wird eine entſprechende Quantität Calciumſulfat im Rückſtande bleiben müſſen. Etwa vorhandenes Bariumſulfat würde als „unlöslich“ ſchon bei der Schwefelbeſtimmung im friſchen Pyrit nicht berückſichtigt worden ſein, und ebenſowenig in den Rückſtänden.

Wenn man von ſehr zink- und bleireichen Erzen abſieht und nur die gewöhnlichſten Schwefelkiesſorten berückſichtigt, ſo wird man, bei recht guter Arbeit, in den Stückkiesöfen auf durchſchnittlich 3 bis 4 Proc. Schwefel in den Abbränden kommen. Ein geringerer Schwefelgehalt als 3 Proc. kommt im Durchſchnitt des ganzen Jahres wohl in ſehr wenigen Fabriken vor; um ſo häufiger iſt die Ueberſchreitung der oberen Grenze, und viele Fabriken arbeiten mit 6, ja 8 Proc. Schwefel und mehr in den Abbränden, während ihre Nachbarn in demſelben Erze nur 4 oder

5 Proc. Schwefel lassen. Die Schuld davon kann entweder an den Oefen oder an der Arbeit liegen. Bei den jetzt gebräuchlichen schwefelreichen Kiesen soll die Schichthöhe des Pyrits ungefähr 60 bis 71 cm betragen (s. S. 199). Wenn die Oefen so gebaut sind, daß der Kies weniger tief liegt, also früher durch Schütteln der Roste entfernt wird, als im ersten Falle, so wird er leicht schlecht gebrannt herauskommen. Aber auch bei ganz richtig gebauten Oefen hängt es noch ganz von der Sorgfalt und Geschicklichkeit der Ofenarbeiter ab, ob die Röstung eine gute ist oder nicht. Wenn sie nicht das Erz täglich mehrere Male durch die Arbeitsthüren gut durcharbeiten, wobei sie sich sehr starker Brechstangen bedienen müssen; wenn sie es beim Chargiren in dem Ofen ungleichmäßig vertheilen, statt es in einer von der Hinterwand und den Seitenwänden nach vorn regelmäßig um circa 5 cm sinkenden Abdachung einzubringen; wenn sie das Schütteln der Roste ungleichmäßig vornehmen, so daß an einzelnen Stellen die Masse schneller herabgeht als an anderen; wenn endlich der Kies in zu groben Stücken aufgegeben wird, so kann man keine gute Abröstung erwarten. Außerdem aber hängt diese innig mit der Vermeidung von Sauenbildung zusammen, die auf der gleich zu besprechenden richtigen Luftzufuhr beruht.

Eine Ausnahme von der oben gegebenen Regel bilden die außerordentlich reichen und reinen Schwefelkiese, welche neuerdings aus Spanien an den Markt kommen. Selbst kupferige Kiese lassen sich zuweilen auf 2,5 Proc. herunterbrennen; mit Aguas-Teñidas-Kies (s. S. 38) und ähnlichen Qualitäten kommt man sogar auf 0,5 Proc. Schwefel in den Abbränden, so daß die letzteren ein gutes Erz für den Hochofen liefern. Allerdings kann man einen so hohen Entschwefelungsgrad nur dadurch erhalten, daß man den Raum vor den Oefen, wo die Abbrände ausgezogen werden, vollkommen rein hält und Sorge trägt, daß durchaus kein rohes Erz unter die Abbrände kommt. Dasjenige, was beim Wegkarren von der Karre herunterfällt, darf nie wieder zurückgeschaufelt werden, weil es doch etwas frischen Erzstaub enthalten kann, sondern muß wieder in den Ofen zurück.

Ob nun der Pyrit gut abgeröstet ist, das kann man schon großentheils mit bloßem Auge erkennen. Durch das Rösten schwellen die Stücke an und bersten an einigen Stellen auf; zugleich werden sie leicht und porös und nehmen natürlich die rothe Farbe des Eisenoxydes (bei kupferhaltigem Pyrit eine mehr schwarzrothe Farbe) an. Es müssen also die Abbrände, abgesehen von dem immer reichlich vorhandenen und meist hinreichend schwefelfreien pulverförmigen Theile derselben, aus leichten, porösen Stücken von der richtigen Farbe bestehen. Schon beim Aufheben der größeren Stücke wird man an ihrem Gewichte ihre Abröstung ungefähr abschätzen können, und noch sicherer wird man gehen, wenn man solche Stücke mit dem Hammer zerbricht und nachsieht, ob sie nicht einen Kern von ungeröstetem Kies in der Mitte enthalten. Auch die Gegenwart von vielen Schlacken (Sauen) auf dem Abbrandhaufen wird mit Sicherheit auf schlechte Abröstung deuten.

So wichtig auch solche empirische Kennzeichen sind, so wird man sich selbstredend mit ihnen in keiner gut eingerichteten Fabrik begnügen, sondern eine Controle durch chemische Analyse eintreten lassen, was wenigstens zweimal wöchentlich,

besser täglich, mit einem gut gemischten und verkleinerten Muster geschehen sollte. Bei dem Abbrand von Erzklein lassen ohnehin jene empirischen Kennzeichen ganz im Stiche, außer in den gröbsten Fällen. Die chemische Analyse der Pyritabbrände erfolgt ganz nach den S. 42 für die Pyritanalyse selbst beschriebenen Methoden. Obwohl es dabei nicht auf so große Genauigkeit ankommt, als bei den Pyritanalysen selbst, und abkürzende Methoden um so mehr am Platze sind, so muß man doch auch bei diesen noch Vorsicht anwenden, um gröbere Irrthümer zu vermeiden. Am bequemsten und zugleich genauesten unter den abgekürzten Methoden ist die von Watson (Glühen mit Natriumbicarbonat und Zurücktitriren, S. 51).

Der in den Pyritabbränden durch die Analyse vorgefundene Schwefel ist darin nicht als Doppeltschwefeleisen vorhanden, außer wenn durch grobe Nachlässigkeit ganz rohe Stücke oder rohe Kerne innerhalb großer Stücke mit in die Abbrände kommen. Aber auch die feinpulverigen oder ganz porösen, augenscheinlich voll abgerösteten Rückstände enthalten ja immer noch Schwefel, selbst bei ganz reinem Schwefelkies, der frei von Blei, Zink und Kalk ist, und da man nicht annehmen kann, daß sie dann noch FeS_2 enthalten, so kann die Frage nur die sein, ob sie Einfachschwefeleisen, FeS, oder Sulfate des Eisens (am wahrscheinlichsten größtentheils basisches Ferrisulfat) enthalten, oder beide zugleich. Nach Scheurer-Kestner und Rosenstiehl (Bull. de la Soc. chim. 1868, **9**, 43; Wagner's Jahresber. f. 1868, S. 168) wäre darin nur Eisenmonosulfuret enthalten; sie geben zwei Analysen, von denen I. Rückstand von einer guten Röstung, II. bei einer zu heißen Röstung entstanden war, wo ein Schmelzen stattgefunden hatte. Beide sind von dem Pyrit von Sain-Bel bei Lyon, wovon die Stücke 46,1, das Klein 49,28 Schwefel enthielten.

	I.		II.
Feuchtigkeit	1,0		—
Eisenmonosulfuret . .	8,5		27,2
Eisen . . 5,4		17,3	
Schwefel . 3,1		9,9	
Eisenoxyd	72,0		62,4 [1])
Eisen . . 50,4		41,0	
Sauerstoff 21,6		21,4	
Quarz	18,5		10,4
	100,0		100,0

Nach diesen Analysen wäre gar kein Eisensulfat im Rückstande vorhanden, was aber sehr unwahrscheinlich ist, da man solches schon mit Wasser auslaugen kann (vergl. u. A. Bode, Dingl. polyt. Journ. **218**, 327, und das Capitel über die Verhüttung der kupferhaltigen Kiesrückstände, wo auch weitere Analysen derselben von Philipps, Gibb, Bränning, Wedding und Ulrich gegeben sind).

[1]) Die Berechnung stimmt hier nicht; 62,4 Fe_2O_3 müßte 43,68 Fe enthalten.

Richters (Dingl. polyt. Journ. **19**, 292) giebt folgende Analyse der Kiesabbrände aus der Fabrik Silesia zu Saarau:

Wasser	4,35
Eisen	43,36
Mangan	0,16
Kieselsäure	13,92
Thonerde	4,84
Kalk	0,02
Zinkoxyd	8,83
Schwefeltrioxyd	4,35
Schwefel	1,53
Sauerstoff und Verlust	18,64
Nickel und Arsen	Spuren
	100,00

Eine andere etwas bunt aussehende Analyse ist von Phipson von einem irländischen Kiesabbrande gemacht worden (Chem. News 1868, **18**, 29):

Zinkoxyd	5,50
Kupferoxyd	2,86
Manganoxyd	1,60
Nickel und Kobaltoxyd	0,12
Cadmiumoxyd	0,01
Bleioxyd	1,67
Antimonoxyd	0,04
Eisenoxydul	1,17
Thonerde	3,25
Schwefel	2,60
Thallium	Spuren
Indium	Spuren
Gangart	15,00
Eisenoxyd	65,99
Kalk	0,11
Magnesia	0,08
	100,00

Alles, was über das zu erstrebende Maximum des Schwefelgehalts in den Abbränden gesagt worden ist, bezieht sich nur auf das Rösten von eigentlichen Pyriten, d. h. Erzen, welche ganz wesentlich Doppeltschwefeleisen enthalten, und welche ausschließlich als Rohmaterial der Schwefelsäurefabrikation gewonnen werden; bei diesen sind also die Abbrände, mit wenigen Ausnahmen, so gut wie ganz werthlos (vergl. jedoch S. 213). Genau in dieselbe Kategorie gehören noch diejenigen kupferhaltigen Pyrite (mit circa 4 Proc. Cu), welche auf ihr Kupfer nur durch nasse Verhüttung der Abbrände verarbeitet werden können; auch für sie gelten die oben angegebenen Verhältnisse für den Schwefel in den Abbränden. Ganz anders aber steht es mit einer Anzahl von Erzen, bei denen die Röstrückstände

durchaus in erster Linie, als das eigentlich bezweckte Product stehen, und bei denen die Röstgase nur als Nebengewinn, ja oft nur, um sich ihrer zu entledigen, in Schwefelsäure übergeführt werden. Dahin gehören Zinkblende, Kupferkies, Rohsteine u. dergl. Bei diesen ist ein Abrösten auf das oben angegebene Minimum von Schwefel zum Theil nicht möglich, zum Theil (z. B. bei Kupferkiesen) gar nicht erwünscht, und gelten eben für jeden Fall bestimmte Regeln, welche aber nicht mehr in das Gebiet der Schwefelsäurefabrikation, sondern der Metallurgie fallen. Uebrigens ist es auch in solchen Fällen, wo ein Schwefelgehalt für die weitere metallurgische Arbeit nöthig ist, vom Standpunkte der Schwefelsäurefabrikation rationeller, zur Ersparniß von Lohn, Brennerraum ꝛc. das in Arbeit genommene Product in den Kiesöfen möglichst vollständig abzurösten, und den nöthigen Schwefelgehalt nachträglich durch Zumischung von etwas ungeröstetem Material zu ergänzen. So verfahren z. B. die hydrometallurgischen Kupferhütten, wenn ihnen die Abbrände zu weit entschwefelt zukommen.

Indem wir nun zu der zweiten Grundbedingung eines guten Röstprocesses in den Pyritbrennern übergehen, nämlich daß dabei *weder zu wenig noch zu viel Luft angewendet werde*, lassen wir vorläufig noch die absoluten Luftquantitäten außer Acht, um die es sich handelt, und betrachten nur die praktischen Regeln und die am Ofen selbst beobachteten Erscheinungen. Wenn man zu wenig Luft zuläßt, sei es, daß nicht genug Löcher in der Aschenfallthür offen sind, daß der Schieber im Fuchs nicht hinreichend weit geöffnet ist, daß die Röhren durch Flugstaub verstopft sind, oder daß im ganzen Kammersysteme aus irgend welcher Ursache nicht genügend Zug vorhanden ist, so wird dieselbe Erscheinung eintreten können, wie bei den Schwefelöfen, wenn daselbst die Hitze zu groß ist; es wird nämlich Schwefel als solcher sublimiren und sich in den Zugcanälen, Flugstaubkammern, dem Gloverthurm, oder in den Kammern selbst absetzen. Noch häufiger und wichtiger aber ist es, daß sich bei ungenügendem Luftzutritt die schon erwähnten *Schlacken* oder *Sauen* bilden. Dieselben bestehen, wie u. A. *Scheurer-Kestner* und *Rosenstiehl* gezeigt haben (S. 214) zum großen Theile aus Eisenmonosulfuret, FeS, das sich ja bekanntlich bei der Erhitzung von FeS_2 bei Luftabschluß (oder ungenügendem Luftzutritt) neben freiem Schwefel bildet. Es ist leicht schmelzbar und sintert in den Pyritöfen zu mehr oder weniger großen Schlackenkuchen, den „Sauen", zusammen, auf welche die Luft gar nicht mehr einwirkt. Das Eisenmonosulfuret schmilzt um so leichter zu Sauen zusammen, als bei ungenügendem Luftzutritt, wo die Abkühlung durch überschüssige Luft fehlt, *local* größere Hitze entwickelt wird, als bei voller Speisung mit Luft. Die Sauen schließen aber meist auch etwas frischen Pyrit mit ein, und verursachen schon durch den in ihnen selbst enthaltenen Schwefel einen Verlust. Ein weiterer noch viel größerer Verlust aber entsteht dadurch, daß da, wo sich eine solche Sau befindet, der Durchgang der Luft verwehrt ist und dann die Röstung des darüber und darunter befindlichen Pyrits höchst unvollkommen stattfindet. Die Hitze wird vielmehr local vermehrt und weiter nach unten getrieben, als es sein sollte; die Verbrennungszone wird dadurch weiter nach unten verlegt, und der Pyrit fällt beim Ausräumen der Abbrände zum Theil im rohen Zustande mit durch. Wenn sich Sauen im Ofen gebildet haben, so kommen sie

naturgemäß beim Ausräumen der Abbrände allmälig weiter herab, und würden sich schließlich auf den Rost legen und diesen an der betreffenden Stelle ganz verstopfen. Dazu darf man es freilich nicht kommen lassen. Ein irgend sorgfältiger Arbeiter wird schon nach dem Ausräumen, ehe die neue Post Erz eingegeben wird, die Oberfläche des alten Erzes gut umarbeiten, und dabei herausfinden, ob Sauen vorhanden sind, die sich meist nahe an der Oberfläche bilden; es ist dann noch leicht, sie mit Haken an die Oberfläche zu bringen und aus der Arbeitsthür herauszuziehen. Wenn man sie freilich anfangs übersehen hat und sie schon tiefer gesunken sind, wobei sie sich immer mehr vergrößern, so ist ihre Entfernung schon schwerer. Man muß dann mit einer sehr großen und schweren Brechstange von bestem, zähem Eisen (man hat deren von 4 m Länge und 5 cm Dicke), welche in der in Fig. 64 gezeichneten Weise gebogen ist, in den Ofen durch die Arbeitsthür einfahren, so lange darin arbeiten, bis man mit der Spitze *a* unter den Schlackenkuchen gekommen ist, und diesen durch die vereinigte Kraft mehrerer Männer, welche auf das Ende *b* wirken, in die Höhe zu heben suchen, trotz des Widerstandes der darüber lagernden Pyritmasse. Diese Arbeit ist eine sehr unangenehme, anstrengende und schwierige. Die in fast allen Pyritbrennern

Fig. 64.

angebrachten Mittelthüren zwischen der Arbeitsthür und den Rosten werden nur in den äußersten Fällen benutzt.

Bei den S. 207 erwähnten niedrigen Oefen, wo das Erz nur etwa 0,5 m tief liegt, kommt Sauenbildung kaum je vor, wenigstens wenn das Erz gut abgesiebt ist, und alles unter 12 mm Korngröße ausgehalten wird. Dies läßt sich nach Obigem auch gut verstehen.

Außer den anderen Ursachen kann der Luftzutritt im Pyritofen auch dadurch ungenügend sein, daß die Kiesschicht in demselben zu tief ist. Da die Tiefe der Kiesschicht von dem Verticalabstande zwischen den Rosten und der Arbeitsthür abhängt, so folgt daraus, daß man für Erze, welche sich in dieser Beziehung sehr verschieden verhalten, auch verschieden gebaute Oefen anwenden muß. So war man z. B. gezwungen, die für irländischen Pyrit gebauten tiefen Oefen sofort zu verlassen, als man zu spanischem Pyrit überging. Bei der Höhe der Kiesschicht, welche für den armen Kies eben gerade recht war, um die Wärme besser zusammenzuhalten, wurde, als der reiche kupferhaltige, an sich leichter schmelzbare Kies zur Anwendung kam, einmal die Hitze viel zu stark, und zweitens konnte die Luft nicht schnell genug durchströmen, um an allen Punkten eine vollständige Verbrennung des Kieses zu ermöglichen, und aus beiden Ursachen combinirte sich die, nach dem Vorangeschickten leicht verständliche Wirkung, daß die Sauenbildung ganz übermäßig stark wurde. Man kann übrigens viel eher armen Kies in einem zu flachen, als reichen in einem zu tiefen Ofen brennen. Ein ungenügender Zug in den Pyritöfen wird sich bei stärkerem Grade schon dadurch leicht kenntlich

machen, daß das Gas aus allen Ritzen herausbläst, und namentlich beim Oeffnen der Arbeitsthür oder auch des Aschenfalls massenhaft herausdringt. Es soll aber auch umgekehrt der Zug nicht so stark sein, daß zu viel Luft in die Kammern kommt; die Röstgase müssen vielmehr so reich als möglich gehalten werden, worüber unten ein Mehreres. Man darf annehmen, daß der Zug gerade richtig ist, wenn bei Oeffnung des Beobachtungsschieberchens in der Arbeitsthür weder Gas noch Flamme daraus hervordringt, und andererseits die Flammen im Ofen nicht sichtbar dem Fuchs zustreben, sondern senkrecht und ganz ruhig aufsteigen; eher dürfen sie, bei aufgemachter Thür, dieser noch etwas zustreben. Da aber die genau richtige Luftzufuhr nur bei sorgfältiger Regulirung der Einströmungsöffnungen in der Bodenthür geschehen kann, und bei jedem Oeffnen der Arbeitsthüren über oder unter dem Rost sehr viel mehr Luft einströmen muß, als man braucht, so ist es selbstverständliche Regel, daß man die Zeit, während deren ein solches Oeffnen stattfindet, möglichst einschränkt, also das Beschicken, Schütteln der Roste und Entleeren möglichst schnell vornimmt. Sehr zweckmäßig ist es auch, die Löcher in der Bodenthür ganz zu verschließen, während man die obere Arbeitsthür geöffnet hält (vergl. Norrington's Patent, S. 204). Bei sehr knapper Schieberstellung oder schlechtem Zuge wird, wenn die Thür geöffnet wird, meistens, gerade weil nicht Raum für so viel eindringende Luft vorhanden ist, ein Theil des Gases herausströmen und in den Arbeitsraum gelangen; dieses ist natürlich sowohl ein Verlust, als auch eine Belästigung für die Arbeiter, und bei größerer Menge selbst für die Nachbarschaft.

Zur Regulirung des einströmenden Luftvolums kann man mehrere Wege einschlagen. Entweder regulirt man vor oder hinter dem Roste; das erstere geschieht durch die Löcher in der Arbeitsthür, das letztere durch die Register in den Füchsen oder durch dasjenige am Schornstein hinter dem Kammersysteme. Die letztere Art ist freilich nur da von Nutzen, wo der Gasraum sämmtlicher Brenner communicirt; im Allgemeinen wird man eben im Schornstein mindestens so viel Zug geben, als man für die Brenner in maximo braucht, wobei man den atmosphärischen Zuständen gemäß öfters Aenderungen eintreten lassen muß, und wird nun jeden einzelnen Brenner für sich reguliren. Dies könnte wohl am besten und sichersten durch Register in den Füchsen geschehen; man findet aber nur selten, daß diese gebraucht werden; freilich müßten sie sehr genau schließen, um die nöthige Feinheit zu bieten, und würden sich dann durch Flugstaub leicht zusetzen. Es wird also durch das Schornstein- und die Fuchsregister nur ein für allemal genügender Zug gegeben. Man regulirt vielmehr, wenigstens in England, fast allgemein die Lufteinströmung durch die Löcher in den Aschenfallthüren, von denen man eine beliebige Anzahl mit Pflöcken oder auf irgend welche andere Weise verschließen kann. Nach Hofmann's Report by the Juries (1862) wäre Scheurer-Kestner gar so weit gegangen, Combes'sche Anemometer dafür anzuwenden; es kann sich aber wohl dabei nur um einzelne Experimente gehandelt haben, da man schwerlich ein so delicates Instrument in einer den sauren Gasen und Staub so ausgesetzten Atmosphäre, und in den Händen von Arbeitern auf irgend lange Zeit brauchbar erhalten kann. Uebrigens müßte dann natürlich das Anemometer mit einem Registrirapparat

versehen sein. Es bleibt also immer dem Ofenarbeiter überlassen, je nach Bedürfniß die Löcher in der Thür auf- oder zuzumachen. Dagegen sind einfachere Anemometer für die Regelung des Kammerzuges allerdings sehr zu empfehlen, wie wir im 6. Capitel sehen werden.

Die Luftzufuhr wird nun im Allgemeinen nach folgenden praktischen Regeln regulirt. Im Anfange, d. h. unmittelbar nach der Aufgabe einer frischen Post, braucht der Ofen noch nicht viel Luft, bis das Erz sich entzündet hat, was eine halbe bis eine ganze Stunde dauert. Dann muß man aber mehr Luft zulassen, immer mit der oben gemachten Beschränkung, daß die Flamme nur senkrecht aufsteigt und sich eher beim Aufmachen des Schieberchens diesem zuneigt. Wenn aber die Hauptmenge des Schwefels verbrannt ist, und nur noch spärliche Flammen erscheinen, so sperrt man den Luftzutritt fast ganz ab und läßt die Hitze des Ofens weiter wirken. Etwa zwei Stunden vorher, ehe es Zeit ist, den Ofen frisch zu beschicken, wird die Arbeitsthür geöffnet, und das Erz bis zur Tiefe von 8 bis 10 cm mit einem Haken gut durchgerührt, umgewendet und etwaige kleine Schlackenkuchen entfernt. Wenn dabei noch blaue Flämmchen in irgend größerer Zahl erscheinen, so ist dies ein Zeichen, daß die Röstung nicht ganz vollständig war, und man muß dann etwas mehr Luft einlassen. Wenn die Zeit ganz herum ist (sei es 12stündig oder 24stündig), so schließt man die Luft unten ganz ab, öffnet die schmalen Thüren für die Roststäbe und dreht je einen um den anderen zwei- oder dreimal hin oder her. Dabei muß der Arbeiter durch die Arbeitsthür nachsehen, ob die Schicht auch ganz gleichmäßig niedergeht; er vermag es sehr gut nach dem Augenmaße, nicht zu wenig oder zu viel abzulassen. Dann wird sofort mit möglichster Schnelligkeit die schon vor dem Ofen bereit liegende Beschickung von Stückkies, meist mit etwas besonders hingelegtem Feinkies, eingetragen, wobei die auf S. 213 oben angeführten Regeln zu beachten sind, und der Proceß geht wieder von vorn an. Es ist klar, daß ein regelmäßiger Turnus in der Beschickung, so daß also z. B. alle ein oder zwei Stunden ein neuer Ofen an die Reihe kommt, wie es schon für eine regelmäßige Gasentwickelung unentbehrliche Bedingung ist, auch in Beziehung auf die gleichmäßige Vertheilung der Arbeit über den ganzen Tag großen Vortheil bringt.

Die Arbeiter müssen die Roststäbe ganz gleichmäßig schütteln, wenn sie die Abbrände entleeren wollen, damit das Erz nicht an einer Stelle mehr als an einer anderen herunterkommt. Auch müssen sie Sorge tragen, daß nur kalte, wirklich ausgebrannte Theile, keine rothglühenden Erztheile herunterkommen. Sie müssen hiernach das Erz oben durch die Arbeitsthür mit der Eisenstange aufbrechen und dann umkrählen, um die Oberfläche wieder abzuebnen. Dann werfen sie das neue Erz ganz gleichförmig auf, wobei sie aber das Niveau an der Arbeitsthür etwa 5 cm tiefer als hinten und an den Seiten halten.

Zwei Mann können 18 bis 20 Oefen bedienen, von denen jeder 300 bis 400 kg in 24 Stunden brennt, einschließlich des Wegkarrens der Abbrände und der Beschickung mit Salpeter.

Das Innere des Pyritofens ist natürlich nach Einwerfen einer neuen Charge zunächst ganz schwarz. Erst allmälig zeigen sich blaue Flämmchen, welche dann größer und lebendiger werden und die ganze Masse bedecken. Nach einigen

Stunden werden sie wieder seltener; die Masse ist aber inzwischen heiß geworden und wird hellrothglühend aussehen. Später wird sie wieder kälter und die Gluth ist am Ende der Periode oft gar nicht oberflächlich sichtbar. Sowie aber in der Masse gerührt wird, zeigt sie sich von Neuem. Ein praktisches Zeichen, welches die Arbeiter gern anwenden, um sich zu überzeugen, daß der Ofen nicht zu heiß sei, um schon wieder beschickt zu werden, sind mit Schwefel an die Ofenthür gemachte Striche. So lange sich diese sofort entzünden, ist der Ofen noch zu heiß; erst wenn sie stehen bleiben, ist er kalt genug zum Chargiren. Häufig muß man nach dem Drehen der Roststäbe und Dechargiren des Abbrandes noch einige Zeit, selbst mehrere Stunden warten, damit sich der Ofen etwas abkühlt; auch hat dies den Vortheil, daß die oberste, noch immer etwas brennbare Schicht durch das Umdrehen und Aufrütteln dazu gebracht wird, ihren Schwefelgehalt besser zu verbrennen, was bei sofortigem Einwerfen von kaltem Pyrit viel schwieriger ist.

Im Allgemeinen dauert es immer einige Zeit, ehe die Arbeiter sich an einen neuen Ofen oder an eine neue Schwefelkiessorte gewöhnen. Wenn man also selbst geübte Arbeiter von anderen Orten her entnimmt, so muß man besondere Aufmerksamkeit auf sie verwenden, und noch mehr ist das der Fall, wenn es gilt, eine neue Kiessorte zu probiren. Wenn es irgend angeht, soll man nicht verschiedene Sorten durch einander probiren, sondern bei einer Sorte längere Zeit bleiben, weil nur so die Arbeiter sich an eine vollkommen richtige Behandlung des Ofens gewöhnen. Jede Kiessorte verlangt eben eine etwas verschiedene Behandlung, was die Luftzufuhr, das Umbrechen ꝛc. betrifft.

Ein äußerst werthvolles Hülfsmittel zur Regulirung des Ofenganges ist die Analyse der Röstgase, die indessen wohl fast immer nur für eine ganze Batterie von Oefen zusammen in dem gemeinschaftlichen Canale vorgenommen wird. Hierüber wird weiter unten Näheres angegeben werden.

Wenn ein Pyritofen im richtigen Gange ist, so wird er, von außen angefühlt, in seinem oberen Theile, etwa 15 cm unterhalb der Arbeitsthür, so heiß sein, daß man die Hand darauf nicht ertragen kann; weiter unten muß er kühler sein, und unmittelbar über den Rosten soll er unter allen Umständen kalt oder höchstens handwarm sein. *Dieses ist eines der wichtigsten praktischen Kennzeichen für den richtigen Ofengang.* Wenn ein Ofen unten heiß wird, so kann das freilich die Folge von ungenügendem Zuge sein, aber auch, was im Grunde auf dasselbe, d. h. auf ungenügende Luftzufuhr, herauskommt, es kann entweder *zu viel Kies* aufgegeben worden sein, oder es ist *zu viel Feinkies* im Ofen, welcher die Zwischenräume verstopft hat. Wenn zu viel Kies da war, was nur bei neuen Erzen leicht vorkommen kann, so muß man eben davon abbrechen. Ist zu viel Feinkies im Ofen, so kann das herrühren: von ungenügendem Sieben, von zu großem absichtlichem Zusatz von Staub, vom Zerfallen von Klütten im Ofen oder vom Decrepitiren sogenannten „explosiven“ Erzes (S. 37).

Jedenfalls ist das Erste, was man thun muß, abgesehen von Abstellung des zu Grunde liegenden Uebelstandes, daß man den zu heißen Ofen wieder „curirt“. Man muß vor Allem *mehr Luft* zulassen, und um die Hitze noch sicherer hinauf

zu treiben, muß man die neue Ofenbeschickung etwas später als gewöhnlich machen, und den Kies fast gar nicht in das Centrum des Ofens, sondern an die Seiten- und Hinterwände bringen. Es dauert immerhin einen oder zwei Tage, manchmal mehr, ehe ein Ofen wieder die Normaltemperatur angenommen hat. In besonders hartnäckigen Fällen bleibt nichts übrig, als einen oder zwei Tage lang nur ganz kleine Beschickungen zu machen, bis Alles ins Gleiche gekommen ist. Manche helfen sich sogar dadurch, daß sie die oberste glühende Kiesschicht herausnehmen, etwas abkühlen lassen und in den Ofen, der ohnehin bei der niedrigeren Kiesschicht viel geringeren Zugwiderstand erfahren hat und dadurch etwas abgekühlt ist, zurückgeben.

Wenn man einen Ofen längere Zeit zu heiß gehen läßt, was auch immer die Ursache davon sein möge (Luftmangel, zu große Beschickungen, Verstopfen durch Staub, schlechtes Durcharbeiten), so wird die Folge davon immer die gleiche sein, nämlich vermehrte Saurenbildung, mit allen ihren früher beschriebenen unangenehmen Folgen. Es sind dem Verfasser Fälle vorgekommen, wo nichts übrig blieb, da die Saure gar nicht zu bewältigen waren, als den Ofen auszuschalten, die Roste auszuziehen und ihn ganz zu entleeren und frisch zu füllen.

Es kommt natürlich auch vor, daß ein Ofen zu kalt geht, und die neuen Beschickungen sich nur äußerst träge entzünden. Auch dieses kann an einem Mangel an Zugluft liegen, oder aber daran, daß die Beschickungen zu klein sind, und ist dann leicht abgestellt. Wenn es aber so weit gekommen ist, daß der neu beschickte Kies sich gar nicht mehr entzünden will, so bleibt nichts übrig, als aus einigen der übrigen Oefen recht heißen Kies hineinzubringen; auf diese Weise läßt sich bei einiger Geduld immer Abhilfe schaffen, außer wenn etwa große Saure auf dem Roste liegen und dergleichen andere grobe Fehler, die erst abgestellt werden müssen, ehe man daran denken kann, den Ofen richtig zu betreiben. Ein öfters gebrauchtes, aber verwerfliches Mittel bei zu kaltem Ofengange ist es, glühende Kohlen auf den Kies zu legen. Die Kohlensäure wird nämlich für einen großen Feind des Kammerprocesses gehalten, mehr als der Verdünnung der Gase entspricht; doch ist dieser Punkt noch nicht ganz aufgeklärt.

Ein Pyritofen kann auch zu kalt gehen, wenn zu viel Zug vorhanden ist, wenn also neben der zu seinem regelmäßigen Gange in intensivster Form nöthigen Luft noch ein Ueberschuß davon durchgesaugt wird, der dann nur als inertes, abkühlendes Gas wirken kann. Dies ist ein sehr großer Fehler, denn es vermehrt sich dadurch der Salpeterverbrauch, und es vermindert sich die Ausbeute an Schwefelsäure in sehr hohem Grade. Schon lange, ehe noch eine Abkühlung der Oefen dadurch eintritt, kann der Luftüberschuß in eben erwähnter Weise schädlich werden, und man muß sich gerade darum durch Beobachten der Art, wie sich die Flamme im Ofen verhält, viel besser aber durch Analyse des Röstgases, davon überzeugen, daß das richtige Verhältniß vorhanden ist.

Balard erzählt in dem siebenten Bande der Rapports du Jury international (Exposition de 1867), p. 29, daß bei den ersten Versuchen von Perret und Olivier, Pyrit für die Schwefelsäurefabrikation zu verwenden, sie nach vielen Versuchen endlich die Verbrennung genügend leiten konnten, aber nur eine sehr kleine Ausbeute an Schwefelsäure erhielten. Sie schrieben dieses ungenügendem

Zuge zu und brachten einen Ventilator an: aber jetzt sank augenblicklich die Ausbeute auf ein Minimum. Man versuchte nun das andere Extrem: die Luftcanäle wurden schnell verstopft, in der Eile mit Brettern, die mit Schaffellen bedeckt und mit Stützen angedrückt wurden. Sofort wurde der Kammergang regelmäßig und damit war der Schlüssel zur Anwendung des Pyrits in der Schwefelsäurefabrikation gefunden. Wahrscheinlich sind auch die früher erwähnten Bemühungen von Clément-Desormes in dieser Beziehung daran gescheitert, daß er zu viel Luft einströmen ließ.

Es wird davor gewarnt, feuchten Schwefelkies anzuwenden (Kerl-Stohmann's Chemie, 3. Aufl., 6, 197), weil sich sonst beim Rösten statt der schwefligen Säure mehr schwefelsaure Salze bilden, die dann in der Hitze Schwefelsäureanhydrid abgeben. Dieses nimmt Feuchtigkeit auf und condensirt sich schon vor den Kammern in den Leitungscanälen als Schwefelsäure, die zerstörend auf die Canäle einwirkt ꝛc. Man soll sogar bei feuchtem Wetter schon ähnliche Erscheinungen beobachten und ein geringeres Ausbringen in den Kammern finden, weil dann die in die Oefen eindringende Luft feucht ist. Ich selbst habe eine solche Wirkung der feuchten Witterung nie bemerkt, noch auf vielfältige Erkundigung bei anderen Fabrikanten etwas davon hören können. Nähere Untersuchungen, wie es sich damit verhält, wären also erwünscht. Die Bildung von Schwefelsäureanhydrid sowohl als das Auftreten von flüssiger Schwefelsäure in den Verbindungsröhren sind zwar vollständig constatirt (vergleiche unten), aber daß etwa vorhandene Feuchtigkeit begünstigend darauf einwirke, ist noch nicht nachgewiesen.

Demjenigen, welcher die Sache nicht praktisch kennt, könnte es vorkommen, als ob bei den vielen Fehlerquellen es zu den schwierigsten Aufgaben der Technik gehören müßte, eine Batterie Pyritöfen im richtigen Gange zu erhalten. Dem ist aber nicht so; wenn die Oefen einmal in Ordnung sind, so bleiben sie bei einigermaßen zuverlässigen Arbeitern und der gehörigen Controle von Seiten des Aufsichtspersonals sehr lange in diesem Zustande, und machen weniger Schwierigkeiten, als selbst die Schwefelöfen. Wenn sie freilich in Unordnung kommen, so bedarf es eines energischen und erfahrenen Betriebsleiters, um sie wieder zu „curiren".

Nach dem oben Gesagten ist es wohl kaum nöthig, es ausführlicher zu erörtern, daß es für jeden Ofen und jede Beschickungsweise nur sehr enge Grenzen giebt, innerhalb deren das Beschickungsquantum hin- und herschwanken kann. Nimmt man zu viel, so schlackt der Ofen; nimmt man zu wenig, so wird er kalt. Wenn man also aus irgend welchen Gründen an der täglichen Pyritmenge abbrechen will, so muß man eben die nöthige Zahl Oefen ausschalten, aber die übrigen voll gehen lassen. Nur wenn es sich um ganz temporäre Unterbrechungen handelt, kann man einmal auf einige Tage etwas weniger Erz aufgeben; aber der Verfasser möchte auch hier empfehlen, lieber die meisten Oefen ruhig weiter fungiren zu lassen, und nur die erforderliche Anzahl derselben durch Schließen aller Zugänge ohne neue Beschickungen im Glühen zu erhalten. Man wird dann viel leichter diese Oefen mit Hülfe der anderen, gut gehenden, später wieder in Ordnung bringen können, als wenn sie alle kalt geworden sind.

3. Oefen für Feinkies.

Bei Stückkiesöfen wird in der Regel nur darauf gesehen, daß keine gröberen Stücke darin sind, als durch ein Sieb mit 75 mm Maschenöffnung gehen, und keine kleineren, als auf einem solchen von 12 mm zurückbleiben; wo man keine besonderen Apparate für pulverförmigen Kies hat, geht man ohne großen Schaden bis 6 mm Maschenöffnung herab. Aber jedenfalls muß derjenige Staub, welcher dann noch abfällt, auf besondere Weise behandelt werden. Dies wird nun je nach den Umständen in sehr verschiedener Weise geschehen können. In solchen Fabriken, welche nicht Erzschlich als solchen ankaufen, handelt es sich nur um den dem Stückerz beigemengten Staub und um den außerdem beim Brechen entstehenden Abfall. Dieser ist viel größer beim Brechen mit Maschinen als von Hand, nämlich bei mittelharten Erzen schon 20 Proc., bei weichen noch mehr, und früher, ehe man rationelle und wirklich befriedigende Vorrichtungen zur Verbrennung von Erzklein hatte, kam es dahin, daß große Fabriken, die sich schon einen Blake'schen Steinbrecher angeschafft hatten, wieder zu dem drei- bis sechsmal theureren Brechen durch Handarbeit zurückgingen, um nicht so viel Erzklein zu haben. Namentlich war dies der Fall bei solchen, welche mit weichen Erzen, wie dem der Tharsis-Grube, arbeiteten; bei norwegischem Erze war der Vortheil immer auf Seiten des mechanischen Brechens, weil sie viel härter sind und wenig Staub geben. Wenn die Menge der durch das kleinere Sieb gehenden Kiestheilchen nicht circa $7\frac{1}{2}$ Proc. des ganzen Erzes übersteigt, so kann man sich, nach jahrelanger Erfahrung des Verfassers, ganz ohne besondere Vorrichtung für dieselben in folgender Weise behelfen. Man siebt das Kleine wie gewöhnlich aus und läßt davon für jeden Ofen ein bestimmtes Quantum neben den gröberen Kies hinlegen. Wenn die gesammte Beschickung z. B. sieben Centner = 350 kg beträgt, so läßt man $6\frac{1}{2}$ Centner als Grobes und einen halben Centner als Feines hinlegen; mehr als dieses Verhältniß führt leicht zu fehlerhaftem Gange des Ofens. Zuerst wird nun der grobe Kies wie gewöhnlich eingeworfen und dann erst das Feine, aber in der Weise, daß der Arbeiter es mit der Schaufel den Seiten und der Rückwand des Ofens entlang wirft, und den größten Theil der Oberfläche, namentlich die Mitte des Brenners, frei davon erhält. Ohnehin soll der Kies im Inneren des Brenners nach dem Einwerfen in der Art mit dem Haken abgeglichen werden, daß die eben erwähnten Stellen höher, als das Centrum des Brenners sind. Der Grund davon ist der: die von unten eintretende Luft findet bedeutend weniger Widerstand an den verhältnißmäßig glatten Wänden, als im Centrum der Kiesschicht, und wird mit Vorliebe an den ersteren aufsteigen; es wird also unter sonst gleichen Verhältnissen das Centrum weniger Luft bekommen, als die den Wänden zunächst liegenden Theile. Wenn aber das Niveau der letzteren etwas höher ist, und namentlich wenn der freie Durchgang der Luft durch den dorthin geworfenen Erzstaub gehemmt ist, so werden sich die Zugkräfte ausgleichen, und die Abröstung wird über den ganzen Ofen gleichmäßig erfolgen. Zu weit darf man selbstredend damit nicht gehen.

Die beschriebene Einrichtung genügt freilich nicht, wenn man über 7½ Proc. Kleines vom Erzgewichte zu bewältigen hat, und man muß dann besondere Vorkehrungen treffen. Die älteste Methode ist wohl die folgende: Das Erzpulver wird ohne weitere Zerkleinerung mit hinreichend viel grob gepulvertem Thon oder Lehm gemischt, um es einigermaßen plastisch zu machen, das Gemenge mit Wasser zu einem mörtelähnlichen Brei angemacht, in Bälle (Klütten, Klöße) geformt und auf dem Dampfkessel oder den Pyritöfen getrocknet. Man wird dazu selten unter 10 Proc. Thon vom Erzgewichte brauchen, häufig mehr, sogar bis 25 Proc. Die „Klütten" werden dann in dem gewöhnlichen Pyritofen zugleich mit dem Stückkies geladen, aber nie zu viele auf einmal (höchstens ein Sechstel des Ganzen), weil sie doch im Ofen nach Kurzem in Staub zerfallen und bei stärkerer Beimischung den Zug verstopfen würden. Nur in manchen Gegenden hat man einen so fetten und von decrepitirenden Beimischungen so freien Thon, daß die damit angefertigten Klütten sich ziemlich gut im Ofen halten und abrösten lassen. Die Arbeiter gehen ihrem Gebrauche immer möglichst aus dem Wege, weil sie den Ofengang trotz der oben angeführten Beschränkung ihrer Quantität schon sehr stören; wenn ein Ofen nicht ganz warm geht, muß man sie überhaupt sofort weglassen. Um sich ihrer ohne Beeinträchtigung des Ofenganges zu entledigen, brennt man sie an manchen Orten in besonderen Oefen, gemischt mit „coal brasses", d. i. dem aus den Steinkohlen ausgelesenen Schwefelkies (Markasit), welcher in Folge seines Kohlengehaltes lebhafter brennt und größere Hitze giebt als reiner Pyrit, aber dafür auch die schädliche Kohlensäure in die Kammern bringt. Gewöhnlich wird durch das Klüttenmachen nicht viel gewonnen, weil eben die Masse im Ofen zu schnell zerfällt, und man kommt beinahe ebenso weit, wenn man sich die Mühe und die nicht ganz unbedeutenden Kosten des Anmachens mit Thon erspart und den Staub gleich direct in den Ofen mit einwirft. Nur durch sehr starke Beimischung von Thon kann man dem Zerfallen entgegenwirken, aber dann ist der Schwefelverlust und die Verunreinigung der Abbrände um so größer. In beiden Fällen kommt der Schwefelgehalt in den Abbränden sehr hoch, auf 6 bis 8 oder gar 10 Proc. Wo die Rückstände an Kupferhütten gehen, pflegen sich diese die Thonklütten ganz zu verbitten.

Die mit Thon angemachten Klütten sind mit so viel Uebelständen behaftet, daß man sich bald nach etwas Anderem umsah. Unbedingt nöthig war dies natürlich, wo man überhaupt nur Schlieh zur Verfügung hatte, oder ihn so billig bekommen konnte, daß man von der Verbrennung von Stückkies ganz oder theilweise absehen wollte. An den Gruben, in denen der Kies gefördert wird, befinden sich meistens ungeheure Halden von Grubenklein, welches früher gar nicht abzusetzen war und von den Besitzern manchmal gern für die Transportkosten hergegeben worden wäre, um sich nur Raum zu verschaffen. An anderen Orten kommt der Pyrit überhaupt nur in ganz loser, grob krystallinischer Form vor, und an anderen wieder wird er durch nasse Aufbereitung, also ganz und gar in Schliehform, gewonnen. Es lag also eine starke Veranlassung dazu vor, Apparate zu construiren, in denen man das Erzklein in größeren Mengen nützlich verwenden konnte.

Man kann die Vorrichtungen zur Verbrennung von Feinkies in drei Klassen eintheilen, nämlich: 1. solche, welche mit Aufwendung von äußerer Erhitzung arbeiten, 2. solche, welche die Hitze von Stückkiesbrennern benutzen, 3. solche, welche den Feinkies ohne anderweitige Apparate für sich verbrennen.

a) Verbrennung von Feinkies mit Hülfe von Kohlenfeuerung.

Abgesehen von der Verwendung von „Klütten“ ist es die älteste Methode zur Verwerthung von Feinkies, ihn auf der Sohle eines von unten geheizten Ofens auszubreiten, dessen Feuerung sich an einem Ende befindet, während das Erzklein am anderen Ende eingeführt und allmälig nach dem Feuerungsende hin bewegt wird, so oft Raum durch Ausziehen von ausgebranntem Erz entsteht. Da in diesen „Fortschaufelungsöfen“ das Erz auf seinem Wege von einem zum anderen Ofenende oftmals umgewendet wird, so nahm man an, daß der Schwefel sehr gründlich ausgebrannt werden müsse. Dies ist jedoch nur in sehr unvollkommenem Maße der Fall, selbst bei 30 m langen Oefen. Zudem ist der Aufwand an Brennstoff im besten Falle recht bedeutend, nämlich nicht unter 50 Proc. vom Gewicht des Pyrits, gewöhnlich größer; man braucht viel Handarbeit, und das fortwährende Oeffnen der Arbeitsthüren bringt viel frische Luft in die Kammern (wozu selbst oft noch Feuergase durch Ritzen in der Ofensohle kommen), was auf das Ausbringen und den Salpeterverbrauch sehr ungünstig einwirkt. Wir werden daher keine Einzelheiten über diese Art von Oefen geben, sondern verweisen auf die 1. Aufl. d. W., **1**, 165 bis 168, wo der belgische Muffelofen, die Oefen von Spence, von Godin, von Imeary und Richardson beschrieben und theilweise abgebildet sind. Seitdem man erkannt hat, daß zur Verbrennung von Pyritklein keine äußere Hitze erforderlich ist, erscheinen alle solche Oefen ganz irrationell und sind wohl auch ganz ausgestorben, abgesehen natürlich von dem ganz verschiedenen Falle der Röstung von Bleiglanz und anderen Erzen, welche allerdings fremder Hitze zur Abröstung bedürfen.

b) Brennen von Feinkies durch die Hitze von Stückkiesöfen.

Als dies eingeführt wurde, bedeutete es eine große Verbesserung der alten Methoden, muß aber heute auch schon für veraltet erklärt werden, jedenfalls bei eigentlichem Pyrit. Wir werden daher auch diese Verfahren, im Gegensatz zur 1. Auflage, nur ganz kurz erwähnen.

Der erste Ofen zur Abröstung von Pyritklein mittelst der in Stückkiesbrennern abgegebenen Hitze scheint der in Frankreich am 24. Januar 1852 patentirte Ofen von Usiglio und Dony gewesen zu sein, der jedoch nicht sehr gut arbeitete. Viel wichtiger wurde der von Olivier und Perret construirte Ofen, welcher sich in den meisten französischen Werken einführte und viele Jahre lang benutzt wurde, bis er durch den Malétra-Ofen verdrängt wurde. Olivier und Perret bringen über einem gewöhnlichen Schachtofen für Stückkies eine Anzahl Thonplatten an, welche mit einer dünnen Schicht (nicht über 20 mm) Pyritstaub beschickt werden (genaue Beschreibung und Zeichnungen 1. Aufl. d. W.,

1, 171 bis 174). Man kann darin 1 Gew.-Thl. Feinkies auf 2 Gew.-Thle. Stückkies abröſten, wobei 4 bis 5 Proc. Schwefel in den Abbränden bleiben. Der ganze Ofen war urſprünglich 6 m hoch, was eine zweite Arbeitsbühne oberhalb der Hüttenſohle erforderte, und viel Arbeit verurſachte. Später machte man ihn weniger hoch und legte alle Thüren auf eine Seite, ſo daß eine Anzahl von Oefen zu einer Batterie verbunden werden konnte.

Eine einfachere Form dieſes Syſtems, beſtehend aus einer einzigen Gußeiſenplatte oberhalb der Stückkiesbrenner, war (zuerſt von MacCulloch) in verſchiedenen Fabriken am Tyne eingeführt worden, mußte aber bald wieder aufgegeben werden (1. Aufl. S. 169 bis 171).

Eine andere Art der Ausführung deſſelben Princips ſtellt der Ofen von Haſenclever und Helbig vor (1. Aufl. S. 174 bis 178). Bei dieſem iſt am Ende einer Reihe von Stückkiesöfen eine Art Thurm angebracht, mit acht geneigten Thonplatten, über welche das Erzklein allmälig herunterrutſchen und auf dieſem Wege abgeröſtet werden ſollte. Aber das Princip des ſelbſtthätigen Nachrutſchens bewährte ſich nicht; die Bewegung des Erzkleins mußte durch Handarbeit unterſtützt werden, wobei viel falſche Luft eindrang, und obwohl viele ſolcher Oefen erbaut worden ſind, beſonders in Deutſchland, ſo ſind ſie doch ſchon ſeit einiger Zeit faſt oder ganz wieder abgekommen.

c) Verbrennung von Feinkies ohne äußere Erhitzung.

Hier müſſen wir zunächſt ein Verfahren beſchreiben, welches keine beſonderen Feinkiesöfen beanſprucht, und nur eine Vervollkommnung der „Klüttenmethode“ darſtellt. Es beruht darauf, daß Schwefelkies in Form von ſehr feinem Pulver mit Waſſer innig vermiſcht, ſchon ohne Zuhülfenahme einer plaſtiſchen Subſtanz zu einer feſten Maſſe zuſammenbäckt. Dies kommt daher, daß der fein vertheilte Pyrit bei Gegenwart von Waſſer und Luft ſchon nach kurzer Zeit ſelbſt bei gewöhnlicher Temperatur ſich zu oxydiren anfängt und dabei baſiſches Ferriſulfat entſteht, welches die einzelnen Körnchen des Pyrits feſt zuſammenkittet. Zu genügendem Maße tritt dieſes Reſultat jedoch nur dann ein, wenn die einzelnen Körnchen des Pyrits eben ſehr klein (faſt ſo fein wie Weizenmehl) und die Miſchung mit Waſſer eine höchſt innige iſt, und dieſes läßt ſich durch bloßes Sieben und Anfeuchten des Pyrits nie erreichen. Man muß daher das Erzklein auf einer Mühle mit Waſſer zuſammen fein mahlen und benutzt dazu in England die daſelbſt für Mörtelbereitung in größerem Maßſtabe üblichen „pug-mills“, eine Art verticaler Mühlen, ähnlich den Oelſaatmühlen, aber oft mit rotirender Bodenpfanne, und (bei feſtſtehender Pfanne) in der Art conſtruirt, daß nach Ende der Operation, wenn alſo das Gemenge die richtige Conſiſtenz hat, daſſelbe mechaniſch aus der Mühle herausgeſchafft wird.

Man wirft das Pyritpulver auf die Mühle, läßt Waſſer dazu laufen, und läßt nun die Mühle arbeiten, bis ein ganz gleichmäßiges, einem feinen Mörtel ähnliches Gemiſch entſtanden iſt, welches ſchon für ſich einigermaßen plaſtiſche Eigenſchaften zeigt. Die fertige Maſſe wird in Schichten von etwa 12 mm Dicke auf der Decke der Kiesöfen getrocknet, öfters in Kuchen von etwa 50 cm im

Quadrat, und ist schon nach 24 bis 36 Stunden so hart geworden, daß man sie gebrauchen kann. Man zerbricht sie dann in Stücke von derselben Größe wie den Stuffies und beschickt sie zugleich mit diesem in die gewöhnlichen Kiesbrenner mit Rost. Dabei ist man an kein bestimmtes Verhältniß gebunden, denn die auf diese Weise bereiteten Klütten sind sehr hart, so daß man sie ohne Schaden auf den Boden werfen kann; sie zerfallen nicht im Kiesofen und brennen sich ebenso gut aus wie Stückkies; auch ist natürlich ihr Abbrand ebenso viel werth als derjenige des Stückkieses, während der mit Thon verunreinigte die Verwendung des aus den Kupferhütten schließlich abgegebenen Eisenoxyds sehr erschwert.

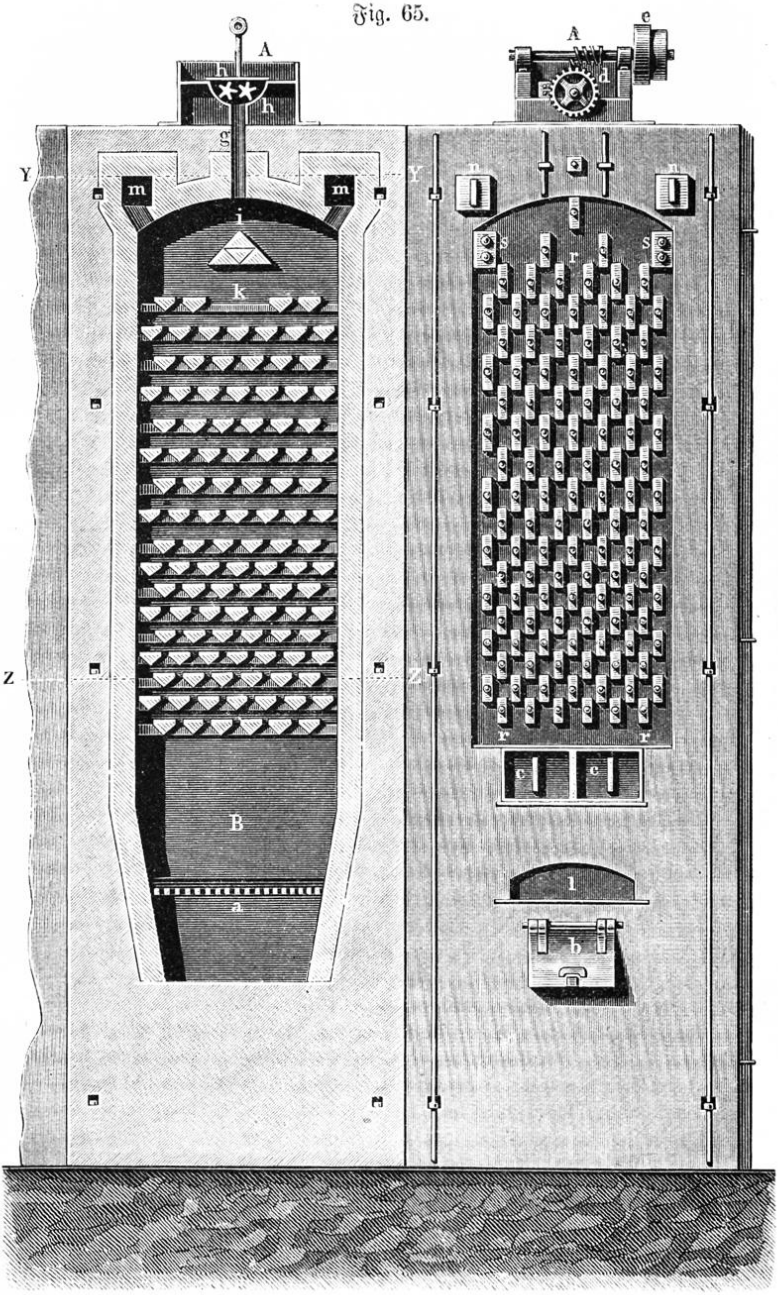
Der einzige Nachtheil dieses Verfahrens ist der, daß die Mühlen durch den harten Pyrit ziemlich leiden; aber trotzdem ist es in England in den großen Fabriken noch immer sehr verbreitet. Die Kosten desselben belaufen sich an Arbeitslohn für das Mahlen, Transport auf die Brenner zum Trocknen, Herunterschaffen, Zerbrechen, Wiegen und Ablegen vor die Brenner auf $1^1/_3$ Mark per Tonne. Dazu kommt noch eine halbe Mark für Kohlen zum Betrieb der Mühle und Verschleiß derselben, im Ganzen jedenfalls nicht über 2 Mark; außerdem natürlich noch der Arbeitslohn für das Brennen in den Kiesöfen selbst (auch wieder circa 2 Mark per Tonne in Nordengland).

Dasselbe Ergebniß wird vielleicht in vollkommenerer, jedenfalls aber weitaus kostspieligerer Weise durch das Verfahren von H. Wurtz erreicht (Ver. St. Pat. Nr. 252 287). Er mischt das Erzklein mit gepulvertem metallischem Eisen, befeuchtet das Gemenge mit einer Lösung von Eisenvitriol und läßt das Ganze durch Rosten zusammenkitten.

Das eben erwähnte Verfahren ist nicht anwendbar in den Fällen, wo die größere Menge oder das Ganze des zu verwendenden Kieses in Form von Erzklein gegeben ist. Hier konnte man früher nur die oben (S. 225) erwähnten Muffelöfen mit allen ihren Schattenseiten anwenden. Der Erste, welcher zeigte, daß die durch die Verbrennung des Eisenbisulfurets erzeugte Hitze vollkommen ausreicht, den Vorgang ohne Mitwirkung von äußerer Hitze durchzuführen, ganz ebenso bei Feinkies wie bei Stückkies, war Moritz Gerstenhöfer, dessen Oefen (welche zuerst 1864 in Gang kamen und durch eine Beschreibung von Bode 1866 bekannter wurden) in der 1. Aufl. d. W. **1**, 182 bis 192 ausführlich beschrieben und durch viele Abbildungen verdeutlicht sind. Wir geben hier nur die Zeichnungen, Fig. 65 bis 68, und eine kurze Beschreibung. Der Ofen ist ein Schacht von 5,2 m Höhe, 1,3 m Länge und 0,8 m Breite, gefüllt mit einer großen Anzahl von Thonprismen, die so angeordnet sind, daß die Zwischenräume je zweier Prismen auf die Prismen der oben und unten benachbarten Schichten treffen. Das Erzklein wird durch geriffelte Speisewalzen eingeführt und fällt von Schicht zu Schicht herunter, wobei es die auf den Prismen liegenden Theilchen entsprechend der natürlichen Böschung des Erzes herunterstößt. Ehe man mit der Speisung durch Erz beginnt, wird der Ofen durch ein Kohlenfeuer auf helle Rothgluth gebracht; später ist die Verbrennung des Pyrits durch die von unten eintretende Luft eine genügende Wärmequelle.

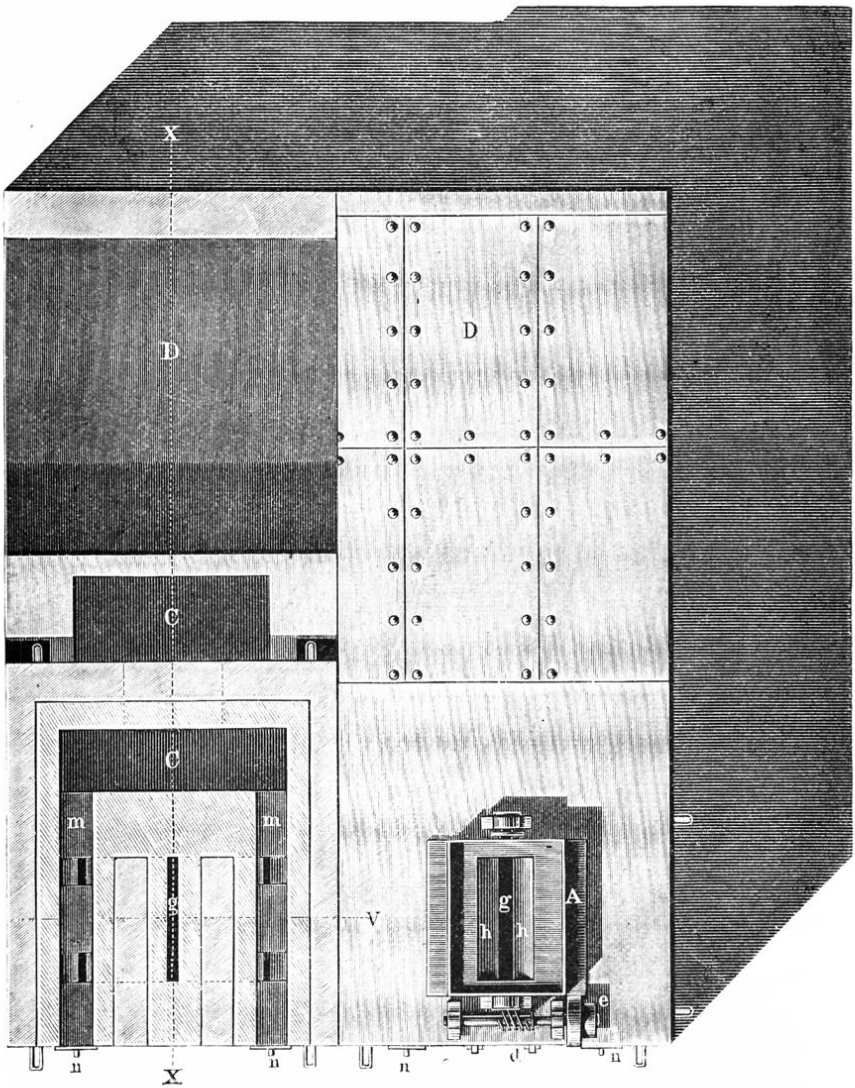
Die beiden großen Nachtheile des Gerstenhöfer-Ofens sind die große Menge des darin erzeugten Flugstaubes und die sehr unvollkommene Entschwefe-

Fig. 65.



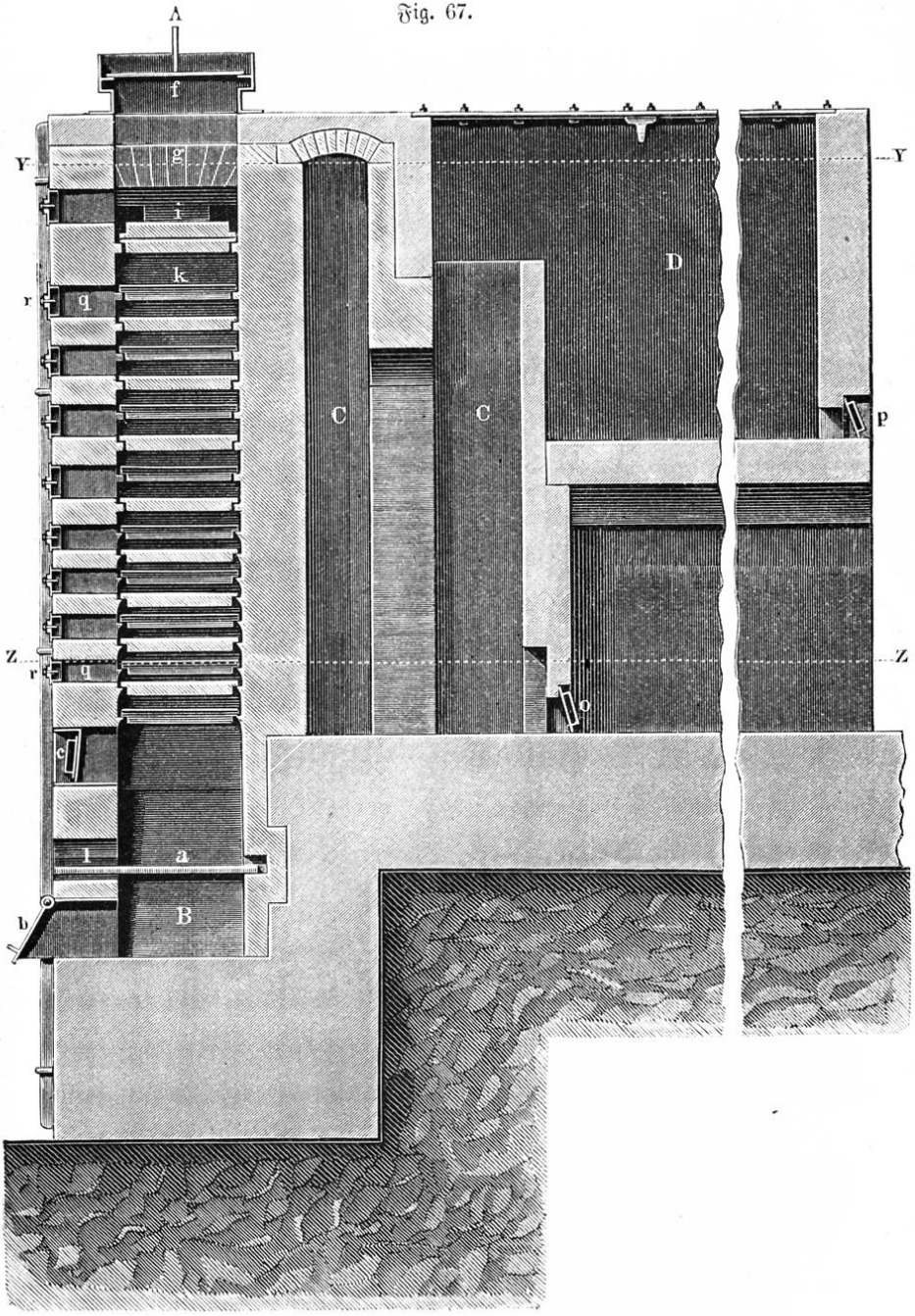
lung. Besonders aus diesen Gründen ist jener sinnreiche Apparat beinahe allenthalben wieder abgeschafft worden und wird heute nur zum Abrösten von

Fig. 66.



Rohstein in einigen wenigen Kupferhütten und in Freiberg für gemischte Erze angewendet. Man kann im Allgemeinen angeben, daß er sich für Erze oder Hüttenproducte mit 25 bis 36 Proc. Schwefel eignet. Unter 25 Proc. geht er

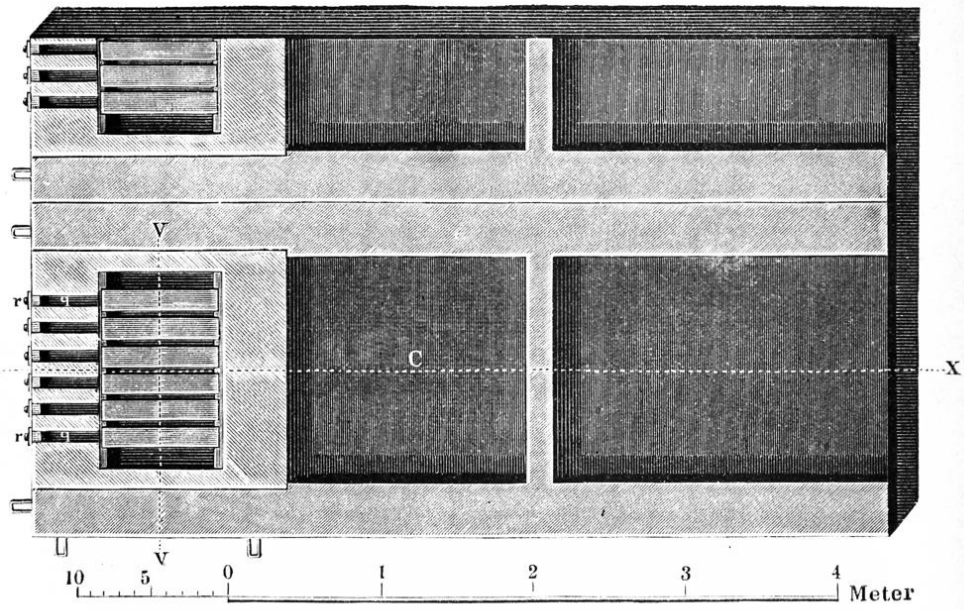
Fig. 67.



gar nicht; oberhalb 36 Proc. steht er dem sofort zu beschreibenden Etagenofen weitaus nach.

Mit jedem dieser Oefen kann man 2500 bis 3000 kg Kies in 24 Stunden abrösten, muß aber dann schon den Sammelraum *B* mindestens einmal alle sechs Stunden entleeren. Auch so ist die Menge des Flugstaubes, welcher von dem Zuge mit fortgeführt wird, so groß, daß nicht daran zu denken ist, das Röstgas durch einen Gloverthurm gehen zu lassen. In Freiberg, wo der Gerstenhöfer-Ofen noch immer für Schliech ausschließlich in Anwendung steht, muß man deshalb die alte, lästige Einrichtung der Cascaden und Kochtrommeln für die Salpetersäure und Nitrose anwenden. Die Gluth bleibt bis unten hin bestehen, und

Fig. 68.



die Abröstung ist dabei so schlecht, daß selbst beim Zumischen von 30 Proc. Abbränden das Röstgut noch 11 Proc. Schwefel enthält, weshalb man die neueren Oefen 1 m tiefer gemacht hat. Ausführliche Angaben über die Function dieses Apparates finden sich in der ersten Ausgabe dieses Werkes; sie gelten auch heute noch, haben aber wenig Wichtigkeit, da wohl kaum Jemand an eine Einführung des Gerstenhöfer-Ofens an neuen Orten denken wird.

Nach Scheurer-Kestner (Bull. Soc. Chim. 45, 228) hätte Perret neuerdings einen dem Gerstenhöfer'schen ähnlichen, aber von dessen Fehlern freien Ofen construirt. Der Pyrit soll darin vollständig ausgenutzt und nur halb soviel Arbeit wie bei Malétra-Oefen (s. u.) erfordert werden. Zur Zeit, als dieser Bericht erschien, war augenscheinlich der betreffende Ofen noch im Ver-

ſuchsſtadium, und da ſeitdem nichts darüber verlautet hat, muß man annehmen, daß er ſich doch nicht bewährt hat.

Die durch Gerſtenhöfer's Erfindung nur unvollkommen erreichte Abſicht iſt auf ſehr einfachem Wege wirklich erreicht worden, in der That ſo einfach, daß man nicht einmal daran dachte, die Erfindung zu patentiren, obwohl ſie ſich ſpäter als außerordentlich wichtig erwies. Malétra, Beſitzer der Fabrik zu Petit Quevilly bei Rouen, wo längere Zeit der Feinkies in Olivier-Perret'ſchen Oefen gebrannt worden war, kam auf den Gedanken, den oberen Theil dieſes Ofens von dem unteren zu trennen und das Erzklein durch ſeine eigene Verbrennungshitze abzuröſten, ohne Unterſtützung eines Stückkiesbrenners. Dieſe, um 1867 herum mit Hülfe von Tinel ausgearbeitete Idee hatte vollſtändigen Erfolg; aber trotzdem, und obwohl der ſo conſtruirte „Etagenofen“ oder „Plattenofen“ der einfachſte und billigſte aller Feinkiesöfen iſt, wurde er doch verhältnißmäßig langſam bekannt. Erſt ſeit 1873, wo die Wiener Weltausſtellung die Aufmerkſamkeit auf ihn lenkte, verbreitete er ſich mit großer Schnelligkeit; in England erſt ſeit 1880, nachdem er dort durch vorliegendes Werk bekannt geworden war.

Der erſte Ofen außerhalb Frankreichs ſcheint in der Fabrik von Gebrüder Schnorf zu Uetikon am Züricher See 1870 gebaut worden zu ſein; der erſte in Deutſchland in der Kunheim'ſchen Fabrik in Berlin. In anderer Geſtalt ſind übrigens die ſo einfachen Plattenöfen gewiß auch ſchon früher im Gebrauch geweſen; ſicher iſt aber, daß ihre erfolgreiche Anwendung für Pyritkleinröſtung erſt von Malétra's Fabrik durchgeſetzt worden iſt.

Fig. 69 giebt einen Längsdurchſchnitt und Fig. 70 einen Querdurchſchnitt, letzteren durch zwei benachbarte Oefen; gewöhnlich ſind mehrere neben einander aufgeſtellt. Um ihn in Gang zu ſetzen, dient der Kohlenroſt *a* mit Feuerthür *b*, die jedoch nebſt dem Aſchenfall vermauert wird, ſobald der Ofen Weißgluth angenommen hat. Während der Feuerung mit Kohlen bleibt die oberſte Arbeitsthür offen. Man beſchickt dann die fünf Platten *cdefg* mit Feinkies durch die Arbeitsthüren *hik*, worauf der Pyrit ſofort Feuer fängt. Die nöthige Luft wird durch den Canal *l* eingeführt und beliebig regulirt. Die Gaſe ziehen in der durch die Pfeile angedeuteten Schlangenlinie über alle Platten hin, entweichen durch den Fuchs *m* in die Flugſtaubkammer *n* und gehen durch *o* nach der Bleikammer, eventuell nach einer anderen Flugſtaubkammer. Die Kammer *n* iſt mit einer Gußplatte *p* abgedeckt und auf dieſer Decke ſtehen Bleipfannen *rr*, in denen ſämmtliche Kammerſäure von 52 bis 60° B. abgedampft werden kann. Die Säure der Pfannen communicirt wie gewöhnlich durch Heber, oder auch durch einfache Ueberläufe. Jede der 2,40 m langen und 1,50 m breiten Etagen beſteht aus acht Platten, in zwei Reihen von je vier; die Platten ruhen ſeitlich in den Seitenmauern des Ofens, in der Mitte auf Trägern von feuerfeſtem Thon *ss*, deren Form durch Fig. 71 noch mehr anſchaulich gemacht werden wird. Sie ſind nicht in gleichen Abſtänden von einander, wie man es auch auf der Zeichnung ſieht; die oberen Etagen, auf denen ſich mehr Gas entwickelt, ſind etwas höher als die unteren, welche zugleich die ſtrahlende Wärme der Thonplatten um ſo nöthiger haben. Am geeignetſten für die oberen Etagen iſt ein lichter Abſtand zwiſchen den

Fig. 69.

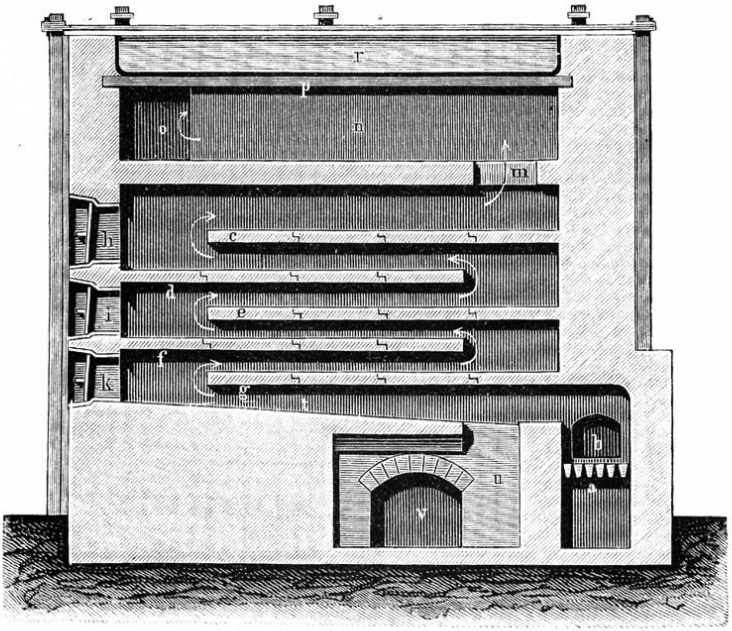
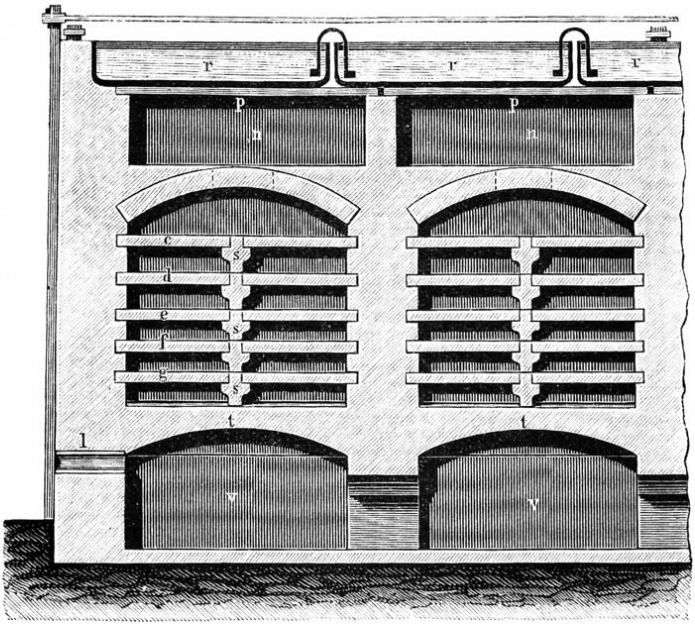
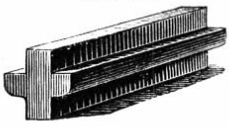


Fig. 70.



Platten von 11 cm. Um eine größere Menge von Erz abröſten zu können, kann man ſich nun freilich nicht damit begnügen, wie bei dem Olivier-Perret'ſchen Ofen, die Maſſe ruhig liegen zu laſſen; da hier die äußere Erhitzung durch die Gaſe des Stückkiesofens fehlt, ſo würde die Verbrennung zu unvollſtändig ſein und die Hitze bald ſo ſehr ſinken, daß die Verbrennung ganz aufhören würde. Man muß alſo die Maſſe in Bewegung ſetzen, was auf folgende Weiſe geſchieht. Alle vier Stunden wird durch die Thür *k* der Inhalt der unterſten Platte *g* auf das Gewölbe *t*, welches oben abgeebnet iſt, aber nach hinten ſich abſenkt, ausgezogen, nachdem vorher das darauf liegende, nun ganz abgeröſtete Erz durch dieſelbe Thür *k* und den Fuchs *u* in den Keller *v* geſchoben worden iſt. Dann ſtößt man durch die Thür *i* den Inhalt von *f* nach der Platte *g* hinunter und ebnet ihn daſelbſt wieder. Ebenſo verfährt man ſucceſſive mit den höheren Platten, bis man oben die Platte *e* ganz leer bekommt, die nun mit friſchem Erz beſchickt wird. Wenn vier Oefen zuſammengebaut ſind, ſo kommt je einer davon alle Stunden daran. Der Inhalt des Kellers *u* wird durch die Thür *v* alle Tage einmal ausgeräumt. Die Bewegung des Erzes beim jedesmaligen Befördern von einer Etage zur anderen bewirkt ſeine gründliche Verbrennung und befördert zugleich dadurch die Ofentemperatur. In vier Oefen obiger Dimenſionen werden täglich 3000 kg Pyritklein abgeröſtet; man rechnet 32 bis 35 kg Pyrit auf jedes Quadratmeter der Platten.

Fig. 71.



Zuweilen conſtruirt man die Etagen in Form eines ſehr flachen Gewölbes, der größeren Stabilität halber; doch iſt dies nicht empfehlenswerth, da das Erz ſich in den Zwickeln anhäuft und nicht gut herausgeſchafft werden kann. Die Oberſeite der Platten ſollte eben ſein; der Unterſeite kann man, namentlich bei breiteren Platten, eine gewölbte Form geben. Manche Fabrikanten ziehen es vor, die Oefen ſo zu bauen, daß die Thonplatten, welche die Etagen bilden, nicht in das Seitenmauerwerk eingeſchloſſen ſind, weil man ſie dann leichter erneuern kann. Neuerdings hat man die Platten ſtärker gemacht, um die ſonſt angewendeten Mittelträger (Fig. 71) entbehren zu können, welche beim Arbeiten im Ofen ſehr im Wege ſind. Solche einfache Platten macht man im Lichten 1 bis 1,1 m breit.

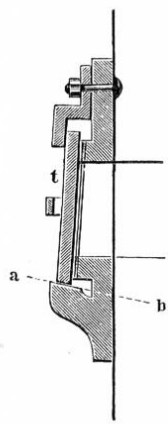
In Deutſchland hat der Malétra'ſche Plattenofen vielfache Verbeſſerungen erfahren, von denen nur folgende erwähnt ſein mögen.

Bei Kunheim's Einrichtung wird beim Chargiren auf beiden Seiten gleichzeitig gearbeitet, und dadurch die Zeit ſehr verkürzt, während welcher die Thüren geöffnet ſein müſſen. Man kann in dem Ofen noch Stücke bis 17 mm Durchmeſſer befriedigend abröſten. Zum Betriebe eines bis vier Oefen ſind je zwei Arbeiter per Schicht erforderlich. Bei Bode's Ofen bedient ein Mann vier Oefen zu 3000 kg Kies in 24 Stunden und ſchafft zugleich den Abbrand heraus; zum Auskarren des Abbrandes iſt ein zweiter Mann jede zweite Schicht drei Stunden lang beſchäftigt.

Die von Schaffner zu Außig conſtruirten Plattenöfen, von welchen ich durch die Güte des Erbauers in den Figuren 72 bis 76 vollſtändige Conſtructions-

zeichnungen zu geben im Stande bin, ſind in einigen Einzelheiten von den urſprünglichen Malétra'ſchen verſchieden, und gehören jedenfalls zu den beſten, welche exiſtiren. Es ſind bei dieſen ſieben Platten vorhanden, von denen jede durch eine eigene Thür bedient wird, und zwar drei von der einen und vier von der anderen Seite. An der erſten Seite befindet ſich auch die Aſchenfallthür von etwa $^1/_2$ m im Quadrat zum Ausziehen der Abbrände, welches demnach in gewöhnlicher Weiſe, nicht durch den etwas ſchwer zugänglichen „Keller" von Malétra geſchieht. Die Thüren gleiten ſämmtlich mit ihren abgehobelten Rändern auf gleichfalls abgehobelten, an die Frontplatten angegoſſenen Leiſten; eine weitere Dichtung oder Verſchmierung iſt durchaus nicht nöthig. An die Frontplatten iſt eine Anzahl von eiſernen Knieſtücken angebolzt, welche zwiſchen ihrem gekröpften Theile und den abgehobelten Leiſten hinreichenden Raum frei laſſen, daß die Thüren darin hin- und hergleiten können, und es ſind ſo viel dieſer Theile vorhanden, daß die Thüren immer von je dreien derſelben gehalten ſind (Fig. 77).

Fig. 77.



Dieſe Art Arbeit iſt augenſcheinlich viel billiger, als wenn Alles in einem Stücke gegoſſen wäre, weil das Hobeln dabei ſehr einfach iſt, und auch viel billiger, als die oben S. 210 abgebildete, in England gebräuchliche Einrichtung, ohne darum weniger zweckentſprechend und ſolid als die letztere zu ſein. Beſondere Luftöffnungen ſind nicht vorhanden, da trotz der abgehobelten Dichtungsflächen Luft genug zum Betriebe des Ofens eindringt; die Regulirung muß eben hier ganz durch den Schornſteinſchieber geſchehen.

Die einzelnen Etagen werden durch Platten aus beſter Chamottemaſſe gebildet, welche ohne Mittelſtützen quer über die ganze Breite des Ofens hinlaufen; ſie ſind 1,5 m lang (= der Breite des Ofens zuzüglich der Auflage an beiden Enden) und je 0,5 m breit; ihre untere Seite iſt gewölbeartig geſtaltet, in der Mitte ſind ſie etwa 90 mm, an den Enden etwa 130 mm ſtark.

Die Decke der ganzen Ofenreihe wird durch einen Flugſtaubcanal gebildet, welcher ſich hinter den Oefen noch in eine größere Kammer fortſetzt, aus der das Gas während des Anheizens durch einen unterirdiſchen Canal zum Schornſtein, während der Arbeit ſelbſt aber durch ein eiſernes Rohr zum Glover-Thurm geleitet wird. Durch den Flugſtaubcanal hindurch geht für jeden Ofen ein Fülltrichter für den Pyritſtaub; das Trichterrohr iſt durch einen kleinen gußeiſernen Conus (mit der Baſis nach unten) verſchloſſen, welcher ſich oben in eine aus dem Trichter herausragende Stange fortſetzt; dieſe iſt feſt mit einem wagerechten zweiarmigen Hebel verbunden, deſſen Drehpunkt außerhalb des Rumpfes liegt, und deſſen äußerer Arm mit einem Gegengewichte verſehen iſt. Dies geſtattet, den mit Erzklein gefüllten Trichter leicht und augenblicklich durch Niederdrücken des äußeren Hebelarmes zu entleeren; die neu aufgeſchüttete Charge bewirkt nach dem Niedergehen des Ventilconus wieder einen gasdichten Verſchluß. Am Ende des ganzen Syſtemes befindet ſich die oben erwähnte Staubkammer, an welche ſich

Fig. 72.

Ansicht.

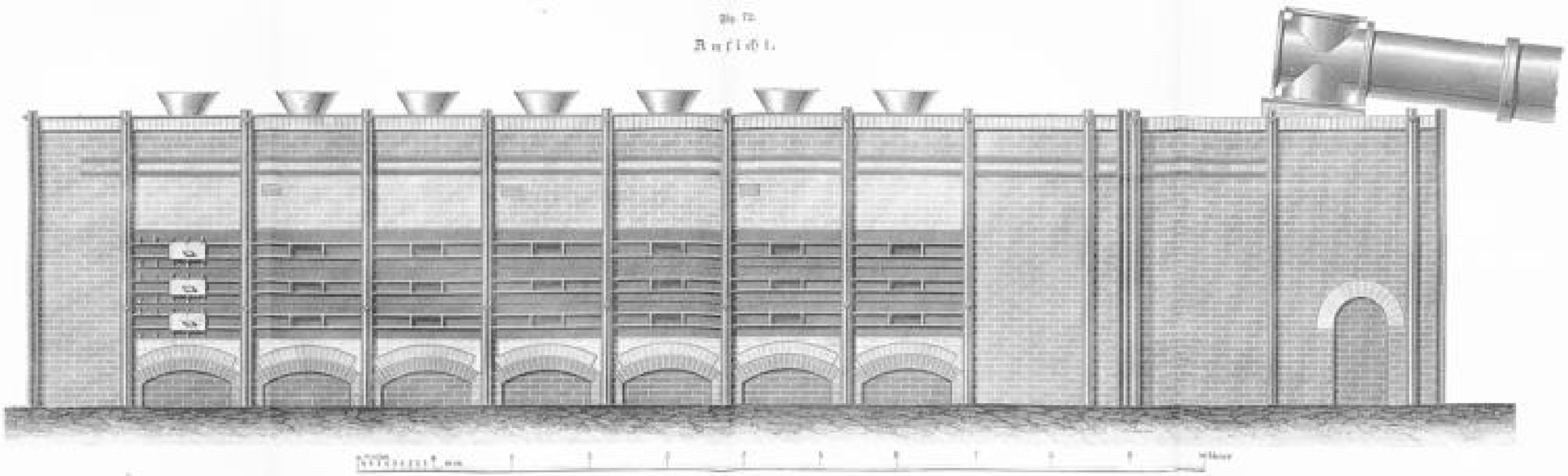


Fig. 73.

Schnitt nach A B

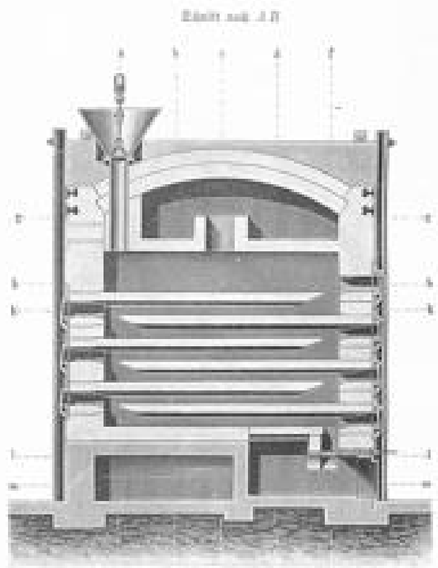


Fig. 74.

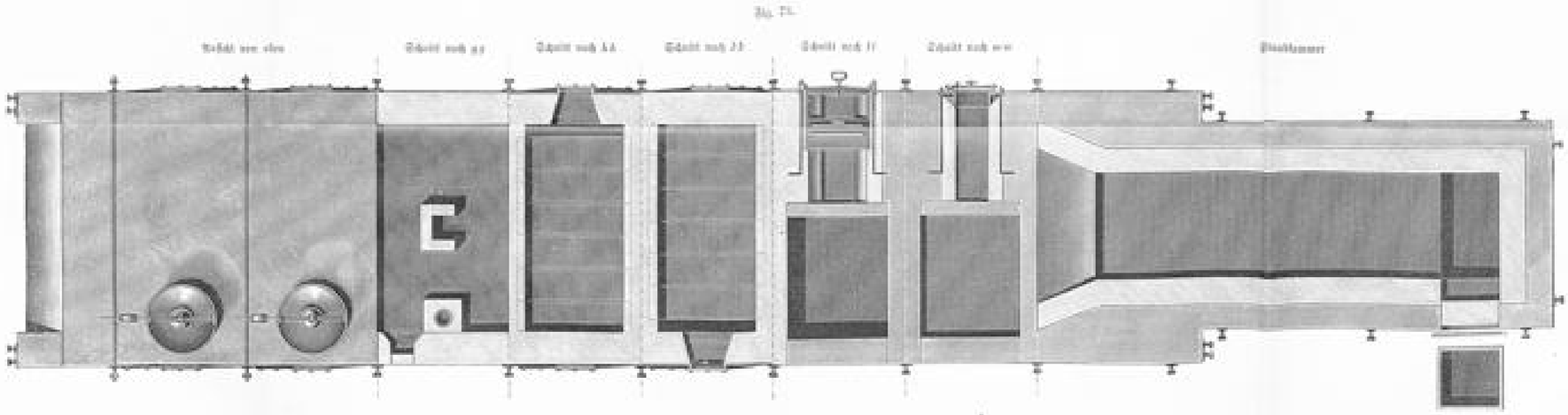


Fig. 75.

Schnitt nach C D

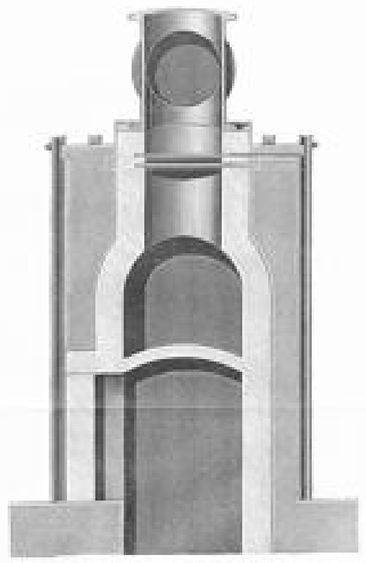
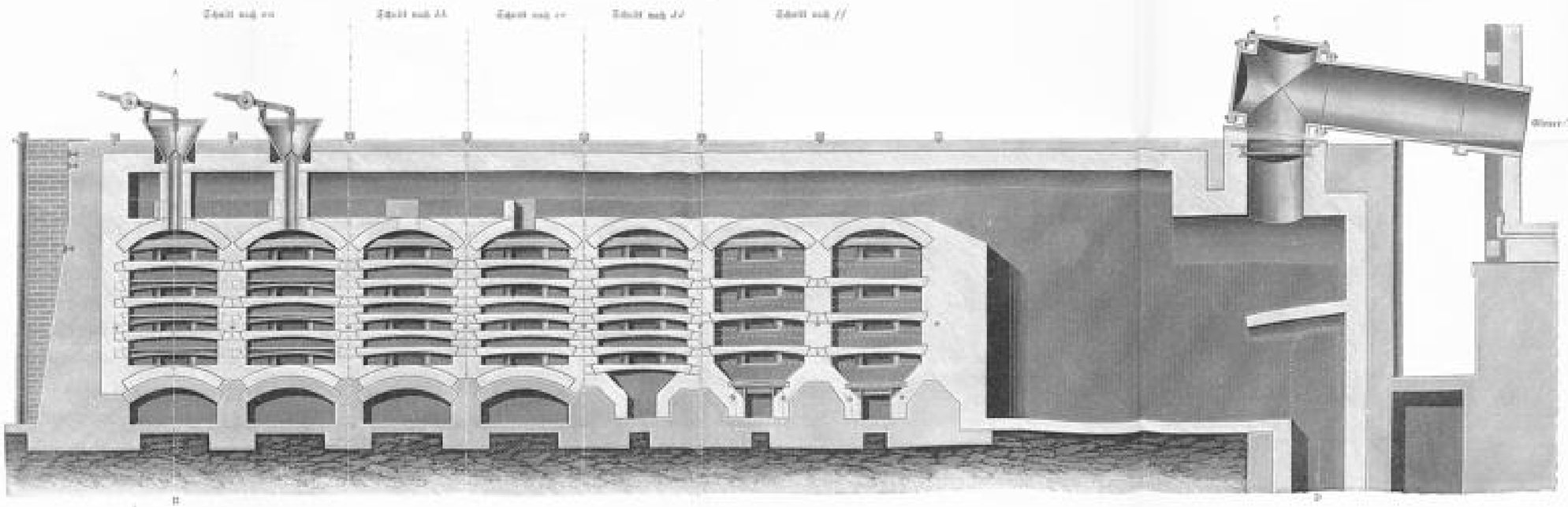


Fig. 76.



der Glover-Thurm unmittelbar anſchließt. In dieſem Ofen werden Staub und Graupen zugleich gebrannt, und bis auf 1 Proc. Schwefel abgeröſtet; man erſpart es ſich alſo hier, das Erzklein fein zu mahlen, was in manchen anderen Fabriken noch geſchieht.

Einer der hauptſächlichſten Vorzüge des Etagenofens iſt der, daß das Erz darin weit beſſer als ſonſt ausgebrannt wird, nicht nur im Vergleich mit anderen Formen von Feinkiesöfen, ſondern ſelbſt mit den beſten Stückkiesöfen. Selbſt ohne das Erzklein fein zu mahlen, kann man den Schwefel in den Abbränden ſehr leicht auf 1,5 Proc. herunterbringen. An vielen Orten, z. B. in Uetikon, kommt der Durchſchnittsgehalt der Abbrände nie über 1 Proc., und bleibt oft darunter. In der Fabrik von Malétra ſelbſt kommt man auf 0,6 bis 0,8 Proc., jedoch nur dadurch, daß man den Feinkies zu einem gleichförmigen Pulver mahlt. Auch die durch die Oefen gehende Erzmenge iſt von Einfluß auf dieſen Punkt. Sorel giebt an, daß man in einer Ofenbatterie, wenn man 34 bis 35 kg Erz pro Quadratmeter in 24 Stunden durchſetzte, regelmäßig auf 0,75 Proc. Schwefel hinab kam; bei 36 kg ſtieg der Schwefelgehalt auf 1 Proc., bei 32 kg ſank er auf 0,42 Proc. Selbſtredend kann man ſolche Zahlen nur bei reinen, von Zink, Blei u. ſ. w. freien Erzen erwarten. Daher werden die Abbrände von Plattenöfen gern für Hochöfen und andere metallurgiſche Zwecke angekauft.

In einem Ofen mit ſechs Platten ſollte kaum eine violette Flamme ſichtbar ſein, wenn man die Beſchickung von der oberſten auf die zweite Platte hinunter krückt. Die zweite Platte iſt hellrothglühend, die dritte etwas weniger, und ſo fort; der hintere Theil der fünften ſollte nur bei Nacht ſichtbar ſein, durch das von der vierten Platte ausgeſtrahlte Licht, und die ſechſte ſollte ganz ſchwarz erſcheinen.

Sorel fand auf den verſchiedenen Platten folgenden Schwefelgehalt:

Im friſchen Erze	50	Proc.
Auf der erſten Platte	32	„
„ „ zweiten „	17	„
„ „ dritten „	7	„
„ „ vierten „	5	„
„ „ fünften „	2	„
„ „ ſechsten „	0,75	„

Er fand regelmäßig die eine Hälfte des Schwefels in den Abbränden in Geſtalt von Monoſulfuret, die andere in der von Ferriſulfat.

Eine Reihe von Gasanalyſen aus den verſchiedenen Etagen eines Malétra-Ofens giebt F. Fiſcher (vergl. S. 292).

Crowder (Journ. Soc. Chem. Ind. 1891, p. 298) fand bei Oefen mit ſieben Platten, welche alle acht Stunden beſchickt werden, ſo daß jede Beſchickung $7 \times 8 = 56$ Stunden im Ofen zubringt, bei zwei Reihen (a. und b.) von je 23 und 26 Verſuchen folgende Mittelgehalte des Erzes an Schwefel in Procent:

	a.	b.
Friſches Erz	50,00	50,00 Proc. S
Oberſte Platte . . .	32,27	32,81 „ „
Zweite „ . . .	21,41	17,55 „ „
Dritte „ . . .	12,77	11,09 „ „
Vierte „ . . .	6,39	5,05 „ „
Fünfte „ . . .	4,08	3,42 „ „
Sechſte „ . . .	2,35	2,56 „ „
Siebente „ . . .	2,27	1,96 „ „

Wenn der Zug zu ſtark iſt, ſo kühlen ſich die unteren Platten zu ſehr ab, und die oberen werden heißer. Dies kann den Anſchein verurſachen, als ob der Proceß ſehr gut ginge; aber es kommt bald anders heraus. Wenn im Gegentheil zu wenig Zug iſt, ſo wird die unterſte Platte leuchtend und der Schwefelgehalt der Abbrände ſteigt raſch. In beiden Fällen findet auf der zweiten Platte eine Sinterung, und in Folge davon ſchlechte Abröſtung ſtatt. Man kann dem abhelfen, indem man an der Thür der zweiten Platte etwas Luft einläßt, oder auch, indem man mit der Beſchickung etwas Abbrand miſcht. Die Zulaſſung von Luft auf die Zwiſchenplatten iſt auch dazu dienlich, etwa zurückgebliebene Oefen vorwärts zu bringen, und den etwa von der erſten Platte ſublimirenden Schwefel zu verbrennen, was bei zu heiß gehenden Oefen oder auch bei feuchtem, Schwefelwaſſerſtoff ausgebendem Pyrit nothwendig werden kann; aber dieſes Hilfsmittel, welches bei richtigem Gebrauche ſehr nützlich iſt, muß immer mit Vorſicht angewendet werden, damit die Bodenplatten nicht durch Mangel an Luft zu kalt werden.

Bei normalen Arbeitsbedingungen wird alle zur Verwandlung des Schwefels in Schwefelſäure erforderliche Luft auf der unterſten Platte eingeführt, und dieſe große Luftmenge kann die Temperatur der beinahe ausgebrannten Maſſe ſo weit erniedrigen, daß das Ferriſulfat nicht mehr zerſetzt wird. Man verſuchte bei Malétra zuerſt dies dadurch zu vermeiden, daß man das Röſtgas unter die Bodenplatte zurückführte, wodurch man dieſe heizte und den darunter befindlichen Raum noch als Staubkammer ausnutzte; aber dies ging nicht an und wurde ſehr bald wieder aufgegeben. Man hat ſogar verſucht, die Hitze der Röſtgaſe zur Vorwärmung der Verbrennungsluft auszunutzen. Aber dies muß augenſcheinlich ſehr ſtörend für den Zug ſein, und wird ſich auf die Länge kaum bewähren. Man könnte denſelben Vortheil mit größerer Leichtigkeit erreichen, wenn man am Boden nur die unbedingt zur Beendigung des Röſtens erforderliche Luft zuließe, und die übrige Luft durch einen Regulirungsſchieber in der oberſten Arbeitsthür einführte. In dieſem Falle wird die Bodenplatte im Finſtern deutlich glühend erſcheinen. Man kann dieſes Verfahren jedoch nur bei ſehr gutem Zuge durchführen, z. B. wenn man das Gas vor dem Eintritt in die Kammer bedeutend anſteigen und es auf keinem Theile ſeines Weges hinabſteigen läßt. Die Ofenwände müßten in dieſem Falle ziemlich dick gemacht werden, um Wärmeverluſt im unteren Theile des Ofens zu vermeiden; andererſeits müßte man eine Ueberhitzung der oberſten Platte dadurch verhüten, daß man den Gascanal recht hoch macht und

die Ableitung der Wärme von dort durch Aufsetzen von Säureverdampfpfannen und dergleichen befördert.

Der Malétra-Ofen eignet sich am besten für reiche Erze. Bei 50procentigem Erz bekommt man gute Resultate, wenn man auf das Quadratmeter in 24 Stunden 32 bis 37 kg Erz verbrennt. Die unterste Grenze ist 28 kg, aber dies darf nur ausnahmsweise geschehen, weil die Oefen sonst kalt werden.

Für arme Erze unter 38 Proc. Schwefelgehalt ist der Plattenofen nicht gut brauchbar.

Plattenöfen sind leichter als Stückkiesöfen zu führen, brauchen aber etwas mehr Arbeit. Man nimmt gewöhnlich an, daß ein Mann täglich 1000 kg Pyrit beschicken, brennen und ausziehen kann; das Maximum ist 1250 kg. Am besten giebt man jedem Manne fünf Oefen, so daß jeder Ofen alle fünf Stunden an die Reihe kommt. Saurenbildung kommt hier kaum je vor. Die Arbeitsthüren dürfen nie länger als unbedingt nöthig offen gelassen werden; wird dies beobachtet, so ist das Ausbringen an Säure und der Salpeterverbrauch bei Plattenöfen gerade so gut wie bei den besten Stückkiesöfen. Wenigstens ist mir dies in allen von mir besuchten Fabriken versichert worden.

Wenn ein Ofen frisch in Betrieb gesetzt werden soll, so muß er natürlich wie gewöhnlich gut ausgetrocknet werden. Die Verbindung mit den Kammern wird verschlossen, und auf den Platten ein Kohlenfeuer angemacht, wobei man mit der untersten beginnt und nöthigenfalls einen provisorischen Kamin aufsetzt. Nach vier bis fünf Tagen, wenn der Ofen mäßig roth glüht (es ist nicht nur unnöthig, sondern geradezu schädlich, bis auf helle Rothgluth zu gehen), wird das noch übrige Feuer ausgezogen, Pyrit auf die drei obersten Platten beschickt und die Verbindung mit den Kammern geöffnet, worauf der Proceß, wie oben beschrieben, weiter geht.

Im Laufe der letzten 10 Jahre sind die Plattenöfen auch in verschiedenen englischen Fabriken, überall mit vollem Erfolge, eingeführt worden, in großartigster Art in den Newcastle Chemical Works, wo 129 Oefen der S. 235 beschriebenen Art errichtet worden sind, welche wöchentlich 600 bis 650 Tons spanischen Pyrit verbrennen. Jeder Ofen empfängt alle acht Stunden eine Beschickung von 225 bis 237 kg Feinkies.

Andere Formen von Etagenöfen.

Der Ofen von Finch, W., J. und S. Willoughby (Engl. Pat. Nr. 2913, 1883) unterscheidet sich von einem Malétra-Ofen nur dadurch, daß die Platten nicht horizontal, sondern abwechselnd nach verschiedenen Seiten geneigt sind.

Mactear (Engl. Pat. Nr. 3701, 1878) beschreibt einen ein wenig abgeänderten Malétra-Ofen.

Hasenclever und Helbig haben einen Ofen beschrieben, der gewissermaßen zwischen Gerstenhöfer's und Malétra's in der Mitte steht. Dieser Ofen, dessen Zeichnung und Beschreibung in der 1. Aufl. d. W. I, 196 bis 198 zu finden ist, scheint nie in der Wirklichkeit ausgeführt worden zu sein.

Chemisches Institut

Bramwell (Deutsch. Pat. Nr. 22758) hat einen complicirten Pyritofen construirt, in welchem, entgegengesetzt den gewöhnlichen Feinkiesöfen, die frische Luft mit dem rohen Erz zusammentrifft und die Röstgase nach und nach über theilweise abgeröstetes Erz und zuletzt über die fast erschöpften Abbrände geführt werden. Dies wird dadurch durchgeführt, daß fünf Röstherde in einer Reihe gebaut werden, von denen jeder einen mit einem Hauptcanal communicirenden Gasabzugscanal besitzt, welcher mittelst einer Drosselklappe auf- oder zugestellt werden kann, so daß man den Gasstrom nach Belieben leiten kann. Der letzte Ofen communicirt mit dem ersten durch einen unterirdischen Canal, so daß man einen regelmäßigen Rundgang, wie bei Soda-Auslaugungsgefäßen, einrichten kann.

Die Nothwendigkeit, bei Malétra'schen und ähnlichen Oefen die Thüren häufig zu öffnen, verursacht viel Arbeit und stets auch Einströmen von falscher Luft. Diese Uebelstände sind in äußerst geistreicher Weise in dem mechanischen Röstofen von Gebrüder Macdougall aus Liverpool vermieden worden, leider mit Einführung anderweitiger Schattenseiten, welche zu einem Aufgeben dieser Oefen geführt haben. Aber da sie trotzdem die theoretisch besten aller Feinkiesöfen sind, so möge ihre Beschreibung dennoch hier gegeben werden, da die bei ihnen vorhandenen Uebelstände möglicherweise doch durch weitere Erfindungen vermieden werden können. Der in Fig. 78 bis 80 gezeichnete Ofen besteht aus einem gußeisernen Cylinder, 1,85 m im Durchmesser und 3,50 m hoch, aus sieben einzelnen Ringen aa zusammengeschraubt und mit Boden versehen, aber oben offen. Die einzelnen Ringe sind so gegossen, daß ihr unterer innerer Rand als Widerlager für flache Gewölbe b_1 bis b_6 dienen kann, welche den Innenraum des Cylinders in sieben vertical über einander liegende Kammern theilen, deren oberste oben offen ist. Die Gewölbe, sowie auch der gußeiserne Boden des Cylinders sind sämmtlich in der Mitte durchbrochen und gestatten den Durchgang einer stehenden gußeisernen Welle c, 0,15 m dick, welche durch das Stirnrad d, die mit Trieb versehene Riemscheibe e und die als Motor dienende Dampfmaschine f in Umdrehung versetzt wird. An der Welle sind oben und unten die Doppelbecher g und g_1 angebracht, in welche die am obersten Gewölbe und am Cylinderboden befestigten Ringe h und h_1 eingreifen; die letzteren sind fest, während die Becher $g g_1$ sich mit der Welle drehen, und ein Flüssigkeitsverschluß (Wasser dürfte dabei zu schnell verdampfen; vermuthlich könnte man recht gut statt einer Flüssigkeit Sand anwenden) macht die Ein- und Austrittsstelle der Welle somit leicht gasdicht. Man bemerkt ferner die an der Welle fest angebrachten, mit abwärts gestellten Zähnen versehenen gußeisernen Arme i_1, i_2 ꝛc. bis i_7. Die Zähne derselben sind abwechselnd in umgekehrter Richtung gestellt, so daß der Arm i_1 den Erzstaub vom Centrum nach der Peripherie, i_2 denselben von der Peripherie nach dem Centrum schiebt, i_3 wieder wie i_1, i_4 wie i_2 und so fort wirkt. Dem entsprechend enthalten die Gewölbe abwechselnde Durchbrechungen, b_1, b_3 und b_5 am Rande, b_2, b_4 und b_6 in der Mitte; bei den letzteren ist aber eine große, 0,372 m im Durchmesser haltende, mit einer eisernen Röhre ausgefütterte Centralöffnung, welche um den Wellbaum herum dem Staub und Gas freien Spielraum giebt, während in den anderen Böden die Welle von

Fig. 78.

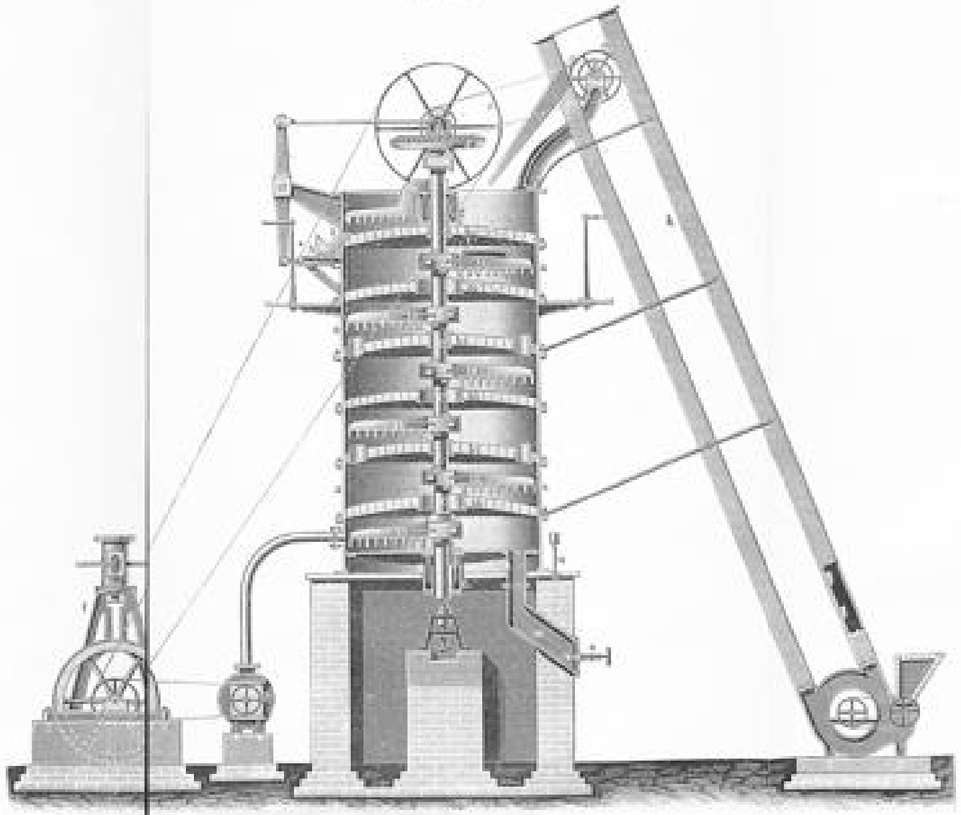


Fig. 79.

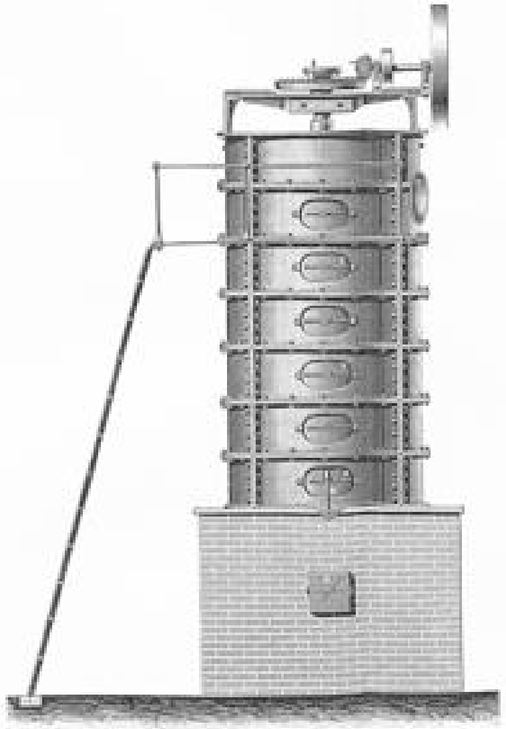
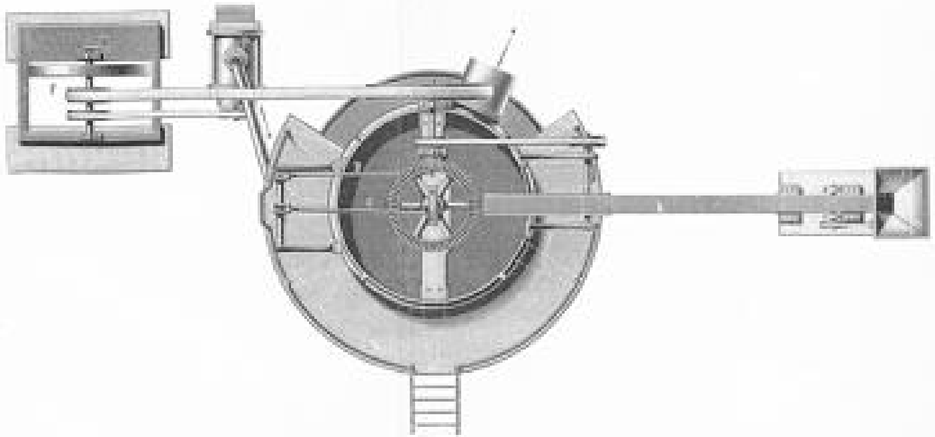


Fig. 80.



einem Eisenrohre so dicht umgeben ist, daß fast gar kein Staub und noch weniger Gas durchpassiren kann. Das Erzklein (welches übrigens nur durch ein Sieb von je einer Oeffnung auf 25 mm zu passiren braucht, also Stücke von Nußgröße enthalten darf) wird durch den Elevator k, der ebenfalls von der Maschine f bedient wird, nach oben gehoben, und entleert sich auf den obersten Boden b_1, wo ihn der Arm i_1 umherführt und allmälig der Peripherie zuleitet; dabei wird das Erz durch die Hitze der Gase vollständig getrocknet. Von der obersten offenen Kammer wird nun das am Rande bei l herunterfallende Erz durch den Kolben bei A continuirlich in die erste geschlossene Kammer eingestoßen; der Kolben A kann entweder durch die Stange B oder C in hin- und hergehende Bewegung versetzt werden, und man kann ihn beliebig schneller oder langsamer gehen lassen, wodurch die Speisung mit Erz vollkommen genau regulirt werden kann. Der Arm i_2 schafft nun das Erz nach dem Centrum von b_2, wo es hinabfällt, von i_3 nach der Peripherie von b_3 gebracht wird, dort wieder hinabfällt und so fort, in ganz allmäliger Bewegung, und fortwährend durch die Zähne der Arme umgewendet, bis es endlich am Boden ankommt und durch das Rohr m entleert wird. Die zwei Schieber n und o bewirken, daß man den Inhalt von m ohne Gasverlust oder Eindringen von Luft nach außen schaffen kann. Da der Ofen während der Operation in voller Gluth ist, und zwar oben am heißesten, so entzündet sich das Erz, sowie es in der ersten geschlossenen Kammer auf dem Boden b_2 ankommt, und wird auf seinem allmäligen schraubenförmigen Wege nach unten vollständig abgeröstet. Die nöthige Luft wird durch die Luftpumpe p continuirlich und in genau nöthiger Quantität zugeführt, und die Röstgase entweichen durch das Rohr r nach den Kammern.

Die hier gezeichneten Dimensionen reichen für die Verbrennung von 3500 kg Erzklein pro 24 Stunden aus; mit acht Kammern statt der sechs (geschlossenen) kann man 5000 kg abrösten. Auch für Gasreinigungsmasse eignet sich der Apparat vorzüglich, aber dann nur mit vier Kammern. Der Kohlenverbrauch bei dem gezeichneten Apparate belief sich in einer nordenglischen, dem Verfasser bekannten Fabrik auf 4000 kg wöchentlich, sämmtlich zum Betreiben der Maschinerie; eine zweipferdige Maschine und ein 37 mm weites Dampfrohr soll für den größten Ofen ausreichen. Der Arbeitslohn war 85 Mark per Woche, was eigentlich ziemlich hoch erscheint, da der Ofen ja ganz automatisch arbeitet; aber es war damals nur ein Ofen im Gange, ein zweiter in der Aufstellung begriffen und ein dritter bestellt, und die Eigenthümer erwarteten, mit demselben Arbeiterpersonale sämmtliche drei Oefen bedienen zu können. Jedenfalls ist man dabei von der Geschicklichkeit der Pyritbrenner-Arbeiter unabhängig, welche meist erst durch jahrelange Uebung erworben werden kann.

Zum ersten Ingangsetzen wird die Maschinerie angelassen und der kalte Ofen allmälig gefüllt, wobei man, wie auch später, die Dicke der Schichten auf den Böden ganz genau in der Hand hat. Wenn das Erz unten angekommen ist, stellt man die Maschine still und läßt die Flamme eines temporär an das unterste Mannloch angebauten Kohlenherdes in den Cylinder treten, bis das Erz auf dem Boden und dem Gewölbe b_2 entzündet ist. Dann setzt man die Maschine in Gang, nimmt den Feuerherd weg, schließt das Mannloch und hat weiter nichts

mehr zu thun, als zu ſehen, daß das Erz richtig abgeröſtet unten ankommt. Sollte dies nicht der Fall ſein, ſo ändert man den Gang des Speiſekolbens *A*, der Luftpumpe oder der Rührwelle, bis alles in Ordnung iſt. Man kann ohne Schwierigkeit bis auf 1 Proc. Schwefel in den Abbränden kommen; bei forcirter Arbeit jedoch auf 3 bis 4 Proc.

Einen Vorwurf wird man dem Macdougall'ſchen Ofen an erſter Stelle zu machen geneigt ſein, nämlich daß die Maſchinerie im Innern deſſelben ſich nach kurzer Zeit abnutzen müſſe. Um dieſem Vorwurfe möglichſt zu begegnen, ſind alle Theile der Maſchinerie aus dickem Gußeiſen gemacht, und wenn ſich einer der Arme abnutzt, ſo kann man ihn durch die Mannlöcher *ss* erneuern, ohne den Ofen abkühlen zu müſſen. Daß im Uebrigen dieſer Apparat ſehr große Vorzüge vor den anderen Verbrennungsapparaten hat, iſt ganz klar. Die Umwendung der Erztheilchen iſt eine ganz vollkommene, ohne daß dabei, wie in allen übrigen Fällen, durch Handarbeit bei offenen Thüren gearbeitet würde. Ja nicht einmal beim Beſchicken oder Ausleeren kommt falſche Luft in den Ofen, und man kann durch die Luftpumpe in völlig regelmäßiger Weiſe immer genau ſo viel Luft einlaſſen, als man braucht. (In der Praxis zeigte ſich dies übrigens doch ziemlich ſchwierig.) Man arbeitet in der That hier unter ſo günſtigen Bedingungen, wie ſie kein einziger anderer Kiesröſtungsapparat, ſei es für Stücke oder Schliech, darbietet, und man darf annehmen, daß der Salpeterverbrauch auf ein Minimum, die Ausbeute von Schwefelſäure auf das Maximum dabei hätte kommen müſſen. Einen Uebelſtand hat aber der Macdougall'ſche Ofen, und einen ſo großen, daß er in der oben erwähnten Fabrik wieder aufgegeben worden iſt. Die Menge des Flugſtaubes iſt nämlich bei ihm ſo außerordentlich groß, daß man ihn gar nicht bewältigen konnte, und die Kammerarbeit weſentlich geſtört wurde; an Anwendung des Gloverthurmes konnte gar nicht gedacht werden. Nach den mir vorliegenden Notizen ſcheint man freilich an die Anlegung wirklich zweckmäßiger Flugſtaubkammern gar nicht gegangen zu ſein, weil die Erfinder ſowohl als die Fabrikanten früher ſolche nie gebraucht hatten und wenig von ihnen wiſſen mochten; auch wirkte die Luftpumpe zu gewaltthätig und riß den Staub durch lange Canäle mit fort. Es iſt ſehr ſchade, daß man dieſer einen Schwierigkeit nicht nachhaltiger zu begegnen verſucht, und lieber den ganzen Apparat aufgegeben hat. Uebrigens hatte man doch auch mit der Maſchinerie noch viel zu viel Umſtände und Reparaturen, und müßte jedenfalls die techniſche Conſtruction noch in manchen Einzelheiten verbeſſert werden.

Ein neues Patent der Gebrüder Macdougall (Engl. Pat. Nr. 3985, 1883) ſollte die Uebelſtände ihres geſchilderten Ofens vermeiden. Zur Aufhaltung des Flugſtaubes waren Staubkammern mit durchbrochenen Querwänden vorgeſehen, aus denen man den ſich anſammelnden Staub ohne Eintritt von Luft oder Austritt von Gas entfernen konnte. Die Rührwelle und Rührſchaufeln ſollten aus Gußeiſen gemacht werden, aber mit Anbringung eines centralen Schmiedeiſenrohres, was ein Werfen und Biegen durch die Wirkung der Hitze verhüten ſollte. Um die Welle leicht herausnehmen zu können, ſollten die Seitenarme daran durch gegabelte Enden und Vorſtecker befeſtigt ſein. Eine zweite Abänderung des Ofens ſollte den beim Herabfallen von einer Kammer in die

andere entſtehenden Staub vermeiden. Dieſer Ofen beſteht aus einer oblongen horizontalen Kammer, welche mit einer Reihe von ſenkrechten Rührwellen mit Schaufeln verſehen iſt, die ſich in abwechſelnd umgekehrter Weiſe herumdrehen. Die Zähne ſind ſo geſtellt, daß das Röſtgut von einer Welle zur anderen, alſo von einem Ende des Ofens zum anderen fortbewegt wird. Wo lange andauerndes Röſten oder Brennen erforderlich iſt, ſoll man einen ähnlichen Ofen, oder den früher beſchriebenen Ofen darüber ſetzen und das Material zuerſt durch den oberen Ofen gehen laſſen.

Obwohl mechaniſche Röſtöfen für Pyrit ſich nach dem eben Geſagten noch keines durchſchlagenden Erfolges zu rühmen haben, ſo ſei doch auf eine mit vielen Abbildungen begleitete Abhandlung von Bode über mechaniſche Röſtöfen (Dingl. polyt. Journ. **119**, 53; Wagner's Jahresber. f. 1876, S. 298) hingewieſen, welche freilich dieſelben im Allgemeinen, nicht vom Standpunkte des Schwefelſäurefabrikanten, beſpricht. Ein ſpecieller Ofen der Art für Pyrit iſt auch von Perret conſtruirt worden (patentirt für Frankreich am 23. Juni 1875).

Ein dem MacDougall'ſchen Ofen ſehr ähnlicher iſt von R. Mackenzie patentirt worden (Engl. Pat. Nr. 4418, 1881). Dieſer iſt am Boden mit einem Waſſerbehälter verſehen, in der Idee, die Röſtung durch Waſſerdampf zu befördern.

Ein nur in Einzelheiten abweichender Ofen iſt von Black und Larkin patentirt worden (Engl. Pat. Nr. 4456, 1881).

Farmer und Hardwicke's mechaniſcher Pyritofen (1878) iſt dem mechaniſchen Sulfatofen von Jones und Walſh ähnlich. Er wird ſelbſtthätig beſchickt und entleert, und ſoll in 7 bis 9 Stunden $5\frac{1}{2}$ Tons Pyrit abbrennen.

Keiner dieſer Oefen ſcheint wirklich im Betriebe zu ſtehen.

Der mechaniſche Röſtofen von P. Spence (Engl. Pat. vom 24. December 1878; Deutſch. Pat. Nr. 9267; Ver. St. Pat. Nr. 248521) iſt ein Etagenofen mit mechaniſcher Rührvorrichtung. Da dieſer Ofen nach rationellen Grundſätzen conſtruirt iſt und in Amerika, wo er vielfach angewendet wird, ſich praktiſch bewährt zu haben ſcheint, ſo ſei hier ſeine ausführliche Beſchreibung und Zeichnung (Fig. 81 bis 87) gegeben. Fig. 81 zeigt einen Aufriß, Fig. 82 einen Grundriß, Fig. 83 (a. S. 244) den Querſchnitt einer Hälfte eines Doppelofens, deſſen andere Hälfte im Aufriß gezeichnet iſt; Fig. 84 (a. S. 244) den Längsſchnitt der Röſtſohlen, Fig. 85, 86 und 87 (a. S. 244) Einzelheiten der Rührvorrichtungen. Die Conſtruction der Röſtſohlen iſt am beſten aus Fig. 83 erſichtlich. Hier bedeutet 1 die Seitenwände des Ofens, in denen hervorragende Thonconſolen 2 eingeſetzt ſind. Auf dieſen liegen Platten 3, welche von einer Seite des Ofens zur anderen reichen und zuſammen eine Röſtſohle (Etage) ausmachen. In Fig. 83 und 84 ſind die verſchiedenen Etagen bei 3, 3*a*, 3*b* und 3*c* gezeigt; abwechſelnd geſtellte Oeffnungen in denſelben ſind bei 4, 5, 6 und 7 ſichtbar. Das Erzklein wird bei *H* auf die Sohle 3 geſchüttet; horizontal vorgehende Krähle oder Pflüge rühren es um und ſtoßen einen Theil deſſelben durch die Oeffnung 4 auf die zweite Sohle 3*a*. Die Zähne der Krähle ſind von dreieckigem Querſchnitt, wie aus Fig. 87 erſichtlich, ſo zwar, daß die Spitze des Dreiecks, alſo die ſcharfe Kante des Werkzeugs, in der Richtung des Vor-

gehens jedes Krählś auf dem Boden der betreffenden Röſtſohle liegt, während die flachen Seiten der Zähne des Krählś in der Richtung liegen, nach welcher

Fig. 81.

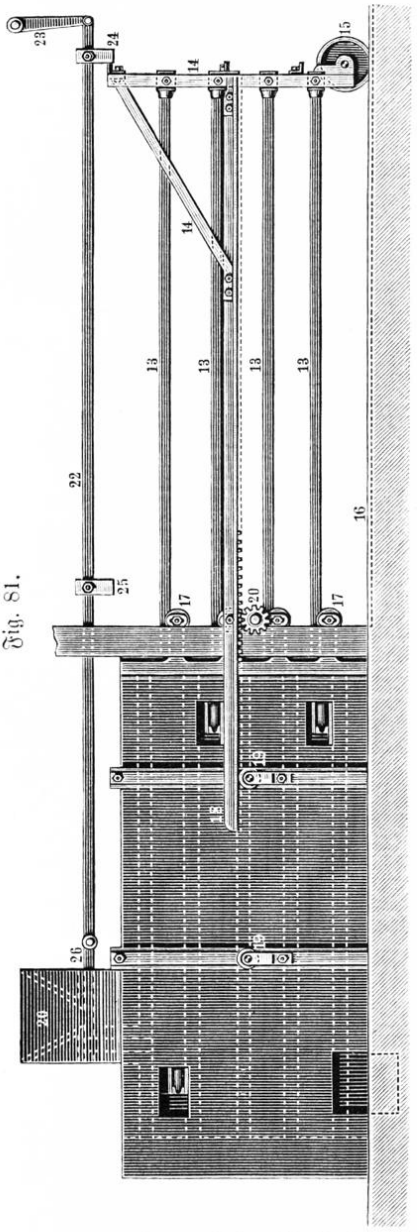
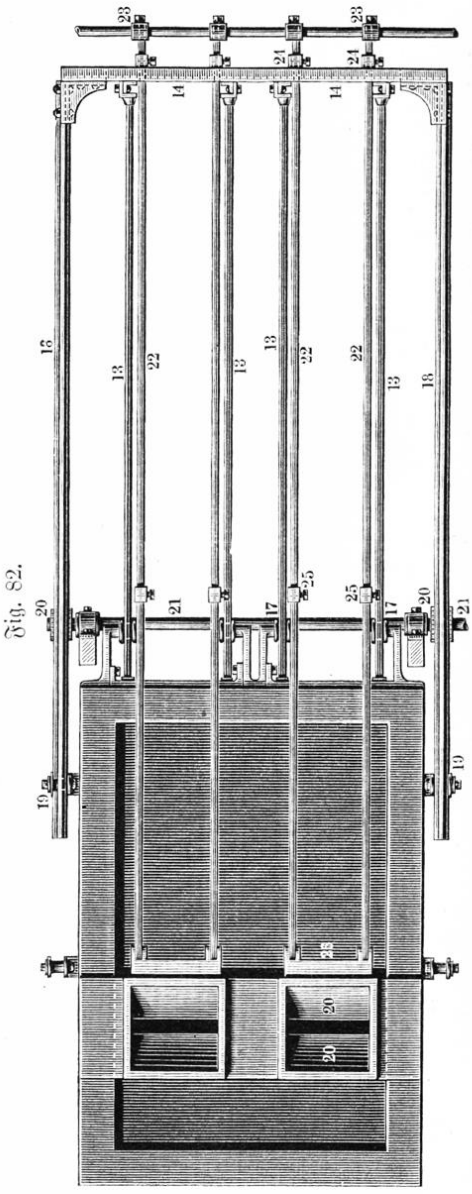


Fig. 82.



man das Erz auf der Röſtſohle hin bewegen will. Wenn der Krähl ſich in der Richtung der ſcharfen Kanten hin bewegt, ſo wird das Erz nur umgewendet;

bei der umgekehrten Bewegung wird ein Theil des Erzes auf der Röſtſohle fortgeſchoben werden. Somit wird das pulverige Erz, welches an dem Punkte *H* auf der Sohle 3 angekommen iſt, umgewendet und darauf theilweiſe vorwärts bewegt, bis es durch die Oeffnung 4 auf die zweite Etage 3*a* fällt, wo derſelbe Vorgang ſtattfindet und das Erz durch die Oeffnung 5 auf die Etage 3*b* fällt. So geht es fort, bis das Erz zuletzt durch die Oeffnung 7 in den Behälter 8 fällt. Da die Oeffnungen in den verſchiedenen Etagen ſich auf abwechſelnd entgegengeſetzten Enden des Ofens befinden, ſo müſſen die Kanten der Rührkrähle in den auf einander folgenden Etagen umgekehrt gerichtet ſein. Die Zähne der Krähle ſind an Winkeleiſen 11 befeſtigt, welche mit Rollen 11* verſehen ſind, die auf den Schienen 12 laufen, welche auf den Thonconſolen 2

Fig. 83.

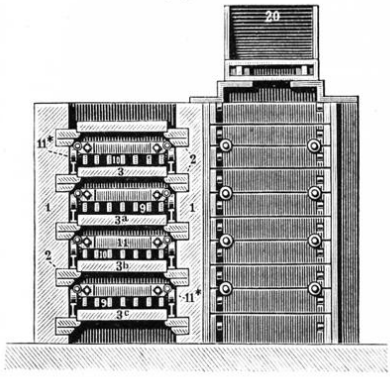
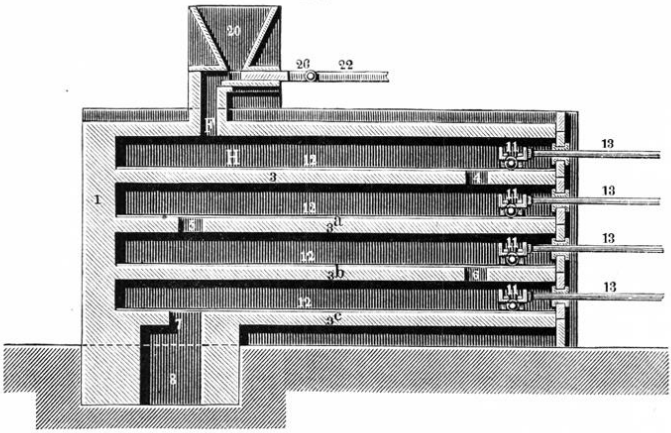


Fig. 84.



liegen. Mit jedem der Winkeleiſen ſind Stangen 13 verbunden, welche am anderen Ende an einem Rahmen oder Wagen 14 befeſtigt ſind, welcher mittelſt der Räder 15 auf den Schienen 16 läuft wobei die Stangen durch mit Nuthen

Fig. 85.

Fig. 86.

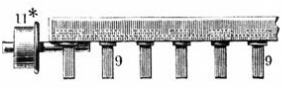
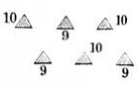


Fig. 87.



verſehene Rollen 17 unterſtützt und geführt werden. Auf dem Wagen 14 ſind Zahnſtangen 18 befeſtigt, welche ſich außerhalb des Ofens befinden und an ihren äußeren Enden durch Rollen 19 unterſtützt werden. In dieſe Zahnſtangen

greifen Getriebe 20 auf einer von einer Dampfmaſchine umgedrehten Welle 21 ein. Die Bewegung der Welle 21 theilt ſich durch die Triebe 20 den Zahnſtangen 18 mit, und bewirkt ſo, daß der Rahmen 14 auf den Schienen 16 vorangeht und damit auch die Stangen 13 auf den verſchiedenen Etagen des Ofens hin- und hergehen. Bei der in den Zeichnungen verſinnlichten Stellung iſt der Rahmen 14 beinahe ganz nach rechts gerückt, und die flachen Seiten der Rührkrücken werden eine gewiſſe Menge Erz durch die Oeffnung 4 nach der Sohle $3a$ und durch 6 nach $3c$ hin befördert haben. Wenn der Wagen jetzt nach links geht, ſo werden die ſcharfen Kanten der Pflüge das Erz auf 3 und $3b$ nur umrühren, während die flachen Seiten derſelben eine gewiſſe Menge deſſelben durch 5 nach $3b$ befördern; zugleich wird aus $3c$ eine gewiſſe Menge vollſtändig abgeröſteten Erzes in den Behälter 8 fallen, aus dem es von Zeit zu Zeit entfernt wird. Die Speiſung des Ofens geſchieht wie folgt. Bei F iſt ein zu der Ofendecke führender Canal und über dieſem ein Fülltrichter 20, welcher von Zeit zu Zeit mit Erzklein verſehen wird. Im Boden des Trichters iſt ein Schieber 26, welcher an ſeinem einen Ende einen Vorſprung hat, wie aus Fig. 84 erſichtlich. Dieſer Schieber iſt verbunden mit Stangen 22, die am Arme 23 drehbar ſind und zwei Anſätze 24, 25 beſitzen. In der gezeichneten Stellung ruht das Erzklein auf dem Schieber 26; dieſer wird mittelſt ſeines Vorſprungs beim Hereinfahren des Wagens, wenn die Anſätze 24 ergriffen werden, fortgeſchoben, ſo daß eine gewiſſe Menge Erz durch F hinabfällt. Bei der Rückkehr des Wagens ſchieben die Anſätze 25 den Schieber 26 zurück, und ſo fort. Statt des Schiebers 26 kann man den Boden des Fülltrichters auch mit einer Droſſelklappe ſchließen. — Ein ſolcher Ofen kann einfach oder doppelt ſein; letzterer, was in der Zeichnung dargeſtellt iſt, iſt beſſer.

Die Welle 21 iſt der Art mit einer Dampfmaſchine verbunden, daß ſie erſt in einer und dann in der anderen Richtung umgedreht wird, wodurch die Rührkrücken abwechſelnd von einem Ende des Ofens zum anderen geſchoben werden. Dieſe Bewegung kann unaufhörlich geſchehen; es iſt jedoch beſſer, wenn die Krücken eine Zeit lang in der in den Zeichnungen gezeigten Stellung ſtehen bleiben, da ſie ſich dann außerhalb des Erzes und der directen Wirkung der Hitze befinden und weniger ſtark leiden.

Eine Anzahl ſolcher Oefen ſtehen bei der Sulphur Mines Company of Virginia zu Baltimore in Arbeit. Nach einer gütigen Mittheilung des Präſidenten, Herrn Crenſhaw, vom Mai 1888, ſtehen drei Doppelöfen in Verbindung mit einem Kammerſyſtem von 180000 Cubikfuß, mit Glover- und Gay-Luſſac-Thürmen, zwei andere Oefen mit einem Syſtem von 126000 Cubikfuß. Dieſe fünf Oefen bewältigen 14 Tons 47- bis 48procentigen Kies in 24 Stunden und laſſen weniger als 2 Proc. Schwefel in den Abbränden.

Man muß zugeben, daß Spence's Ofen den Eindruck größerer Dauerhaftigkeit als die ſinnreichen, früher beſchriebenen mechaniſchen Oefen macht. Der Ofen ſelbſt iſt ebenſo leicht wie ein gewöhnlicher Plattenofen zu bauen, und die beweglichen Theile ſind der Wirkung des Feuers und der ſauren Gaſe lange nicht ſo ſehr wie bei Macdougall's Ofen ausgeſetzt. Vermuthlich wird auch weniger Flugſtaub gemacht. Der Vortheil gegenüber einem gewöhnlichen Plattenofen

liegt theils in der Ersparniß von Arbeit, theils im Fortfallen des oftmaligen Oeffnens der Arbeitsthüren. Dieser Ofen scheint mithin nach richtigen Principien construirt; aber erst längere praktische Erfahrung kann endgiltige Entscheidung über eine praktische Brauchbarkeit geben. Nach den neuesten Berichten hätte er doch die auf ihn gesetzten großen Erwartungen keineswegs ganz erfüllt.

Als Nachtheil hatte sich bei den Spence-Oefen herausgestellt, daß am hinteren Ende das Erzklein sich anhäuft und die Krähle nicht mehr ordentlich arbeiten. Zur Vermeidung davon bringt Bartsch in Bridgeport (Fischer's Jahresber. 1886, S. 256) an den Schmalseiten des Ofens eine Reihe von breiten Platten an, welche durch einen zweiten mechanischen Rahmen in der Art bewegt werden, daß der Staub selbstthätig jedesmal ausgeräumt wird, wenn der erste, hauptsächliche Rahmen seine Arbeit thut.

Hering (G. Pat. Nr. 9634) verbindet den gewöhnlichen Plattenofen mit einer mechanischen Vorrichtung, welche die oberste Platte fortwährend mittelst einer Schraube speist, während eine andere Schraube die Abbrände unten wegnimmt.

J. Mason (Engl. Pat. Nr. 3196, 1880) construirt einen Ofen mit etwas abwärts geneigter Sohle, auf welcher zwanzig geriffelte Walzen aus Gußeisen oder Steinzeug liegen, die durch Zahnräder außerhalb des Ofens in Bewegung gesetzt werden. Das Erzklein wird mechanisch in einen Fülltrichter am oberen Ende des Ofens eingeführt und durch die geriffelten Walzen allmälig dem unteren Ende zugeführt, wo die Abbrände ausgeworfen werden. Bei armen Erzen wird durch Feuerung von unten die Hitze verstärkt. (Es ist nicht wahrscheinlich, daß eine solche Einrichtung die unvermeidliche Abnutzung lange aushalten würde.) Abänderungen dieses Ofens sind in den Patenten Nr. 1788 von 1881 und Nr. 2831 von 1882 beschrieben.

Walker und Carter (Deutsch. Pat. Nr. 28308) verwenden zum Rösten von Pyrit eine Batterie von acht horizontalen cylindrischen Retorten in vier Reihen von je zwei Stück, von außen durch ein Kohlenfeuer geheizt und durch Oeffnungen in den abwechselnden Enden mit einander verbunden. Hohle Rührwellen gehen durch jede Retorte, und Kühlwasser läuft durch alle hindurch, um ein Werfen zu verhüten. Besondere Einrichtungen verhindern die Rührarme daran, im Falle ungleichmäßiger Erhitzung die Retortenwände zu berühren. Das gebrochene Erz wird in die obersten Retorten eingebracht und findet seinen Weg allmälig in die unteren Reihen; ein Luftstrom geht in umgekehrter Richtung. Dieser Apparat soll sich nach dem Engineering and Mining Journal (37, 294) zur Abröstung von 42,2 procentigem Pyrit gut bewährt haben; aber er sieht nicht danach aus, als ob er ohne große Abnutzung längere Zeit gehen könnte, und die Nothwendigkeit äußerer Erhitzung spricht ebenfalls gegen ihn. In der That ist der von W. Martyn darüber gemachte Bericht (Journ. Soc. Chem. Ind. 1885, p. 26) nicht günstig.

Brückner (Fischer's Jahresber. 1884, S. 221) röstet Pyritklein in einem horizontalen drehbaren Cylinder. Da derselbe von innen gefeuert und alle SO_2 mit den Rauchgasen gemischt wird, so ist er kaum für die Schwefelsäurefabrikation bestimmt und jedenfalls nicht dazu geeignet. Dagegen ist dies der Zweck des

Apparates von Orland (Engl. Pat. Nr. 7285, 1885), wo der Pyrit in einem 9 m langen drehbaren Cylinder mit Außenfeuerung geröſtet, die SO_2 alſo von den Rauchgaſen getrennt gehalten wird. Am unteren Ende des ſich drehenden Rohres befindet ſich eine gußeiſerne, von außen durch eine Feuerung erhitzte Verlängerung. Der Luftzutritt wird durch eine Verrichtung am Ende dieſer Verlängerung geregelt, wo ſich auch eine Thür zum Herausſchaffen der Abbrände befindet. — Dieſer Apparat ſcheint ſpeciell zum Röſten von arſenhaltigen Kieſen unter Verdichtung der arſenigen Säure beſtimmt zu ſein.

R. Walter (jetzt in Mailand) hat einen beſonderen Ofen für Abröſtung von „Graupen“ conſtruirt, d. h. Stücken zwiſchen der Größe einer Haſelnuß und dem durch ein Sieb mit 3 mm Maſchenöffnung durchfallenden Staube. Dieſer Ofen iſt in der 1. Aufl. d. W. S. 202 bis 205 abgebildet und beſchrieben. Er hat Roſtſtäbe, welche quer über dem Ofen liegen, mit angegoſſenen Fortſätzen, durch welche eine Stange hindurchgeht. Auf dieſem Wege kann man alle Stäbe zugleich und in genau gleicher Weiſe drehen. Man kann daher die Roſtſpalten ſehr ſchmal halten, ſo daß die „Graupen“ nur bei Bewegung der Roſte durchfallen, und da ſie nur 15 cm tief liegen, kann die Luft bei gewöhnlichen Zugverhältniſſen noch hindurchſtreichen. Jede Abtheilung mit 3 qm Roſtfläche ſetzt täglich 700 bis 1000 kg Graupen durch. Dieſe Oefen erfordern ziemlich ſtarken Zug und können nicht gut mit demſelben Kammerſyſtem wie andere Oefen in Verbindung gebracht werden; bei unzureichendem Zuge bilden ſich ſofort maſſenhaft Sauen. Bei richtiger Behandlung gehen die Oefen recht gut, ſind aber nicht ſehr verbreitet, da ſie eben nur für eine beſtimmte Korngröße paſſen.

Die Verbindung von Stückkies- und Staubkiesöfen in einer einzigen Batterie bietet gewiſſe Schwierigkeiten, weil die letzteren bedeutend mehr Zug als die erſten beanſpruchen. Die Sache läßt ſich jedoch durch entſprechende Regulirung der Füchſe in dem Hauptcanal machen. Die gründlichſte Löſung der Schwierigkeit ſcheint mir die von Dr. Bernhardi in Staßfurt angewendete zu ſein. Er hat die Etagenöfen ſo niedrig geſtellt, daß die oberſte Platte auf einer Horizontale mit der Oberfläche des Kieſes in den Stückkiesöfen liegt. Daher iſt in den Staubkiesöfen immer mehr Auftrieb nach dem gemeinſchaftlichen Gascanal, und ſie blaſen auch beim Oeffnen der Thüren nie aus.

4. Oefen zum Röſten von Blende.

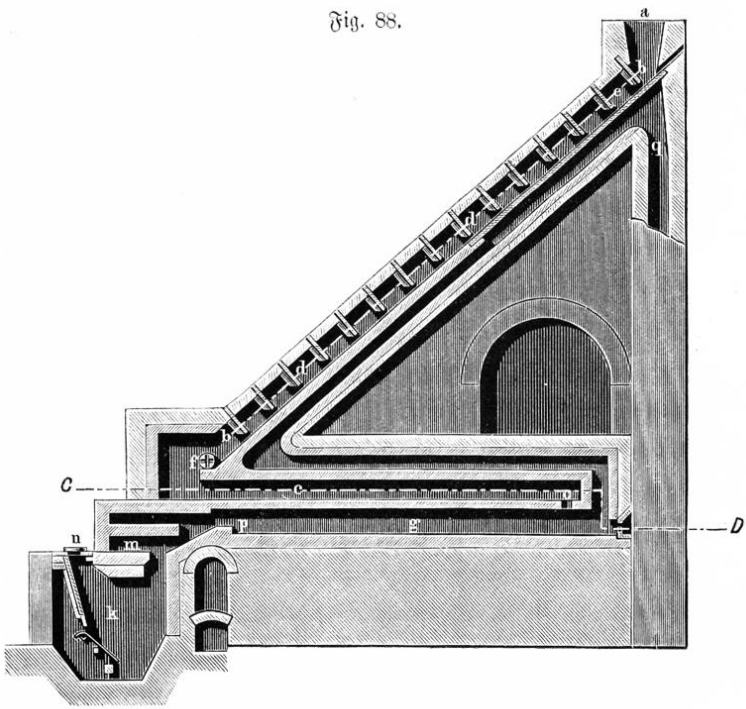
Blende iſt jetzt das wichtigſte aller Zinkerze, und ſie muß ſtets durch gründliche Röſtung in Zinkoxyd umgewandelt werden. Dies iſt viel ſchwieriger als das Röſten von Pyrit, da einerſeits die Blende höchſtens 35 Proc., oft aber nur 20 Proc. Schwefel enthält, und andererſeits man ſie viel ſchwieriger als Eiſen- oder Kupferkies entſchwefeln kann, weil ſich das ſchwer zerſetzbare Zinkſulfat bildet. Da nun für die Darſtellung von Zink der Schwefel vollſtändig abgeröſtet werden muß, und da die für Pyrit conſtruirten Brenner für Blende nicht verwendet werden können, ſo wurde dieſe früher in Flammöfen geröſtet, wobei alle Schwefligſäure mit den Feuergaſen entwich. Dies würde vermuthlich

auch jetzt noch geſchehen, wenn nicht der durch den ſauren Hüttenrauch angerichtete Schaden die Geſundheitsbehörden zunächſt in England, dann auch auf dem Continent dazu gedrängt hätte, den Fabrikanten die Verpflichtung aufzuerlegen, ihr Möglichſtes zur Verdichtung der im Rauche enthaltenen Säuren zu thun. Ueber den durch dieſe angerichteten Schaden vergleiche man oben S. 91 ff.

Die Entwickelung der verſchiedenen Verfahren zur Unſchädlichmachung des Hüttenrauches und Verwerthung der bei der Blenderöſtung entweichenden Schwefligſäure in einem der großen Induſtriecentren Deutſchlands iſt in einer Abhandlung von Haſenclever beſchrieben worden (Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ingen. 1886, S. 83; Fiſcher's Jahresber. 1886, S. 257), woraus hier ein kurzer Auszug gegeben werden ſoll. Vor 1855 wurde ſämmtliche in den großen Stolberger Zinkhütten verwendete Blende in gewöhnlichen Flammöfen durch directe Kohlenfeuerung abgeröſtet, wobei die Gaſe etwa 0,75 Vol.-Proc. Schwefelſäure enthielten und einfach in die äußere Luft entwichen. 1855 baute die Chemiſche Fabrik Rhenania in Stolberg einen Ofen, der einen großen Theil der SO_2 zu Nutze machen ſollte. Er beſtand aus einem langen Muffelofen, in dem das Erz durch Handarbeit von einem Ende zum anderen fortgeſchaufelt wurde, und der augenſcheinlich im Princip mit dem Ofen für Pyritklein (ſ. oben S. 225) vollkommen übereinſtimmte. Auf dieſem Wege konnte etwa die Hälfte des Schwefels in Schwefelſäure umgewandelt werden, aber mit großem Verluſt an Salpeter. Godin verbeſſerte dieſen Ofen, indem er auf ihn eine Reihe von Muffeln ſetzte, durch die das Erz nach und nach hindurchgehen mußte; aber ſein Ofen wurde zu Gunſten des Gerſtenhöfer-Ofens (S. 227 ff.) aufgegeben. Mit letzterem erhielt man verhältnißmäßig reiche Gaſe; aber die ungeheure Menge des Flugſtaubes war läſtig, und es war auch zu ſchwierig, dieſen Ofen mit einem anderen, in dem die Röſtung bis zu Ende durchgeführt werden ſollte, zu verbinden. Hierauf wurden verſchiedene Conſtructionen von Haſenclever und Helbig verſucht, aber alle dieſe zeigten gewiſſe Nachtheile, und dies führte 1874 zur Conſtruction eines neuen Ofens, welcher eine Reihe von Jahren nicht nur in Stolberg, ſondern auch in vielen anderen deutſchen Werken im Betriebe war. Dieſer neue Ofen von Haſenclever und Helbig iſt in der 1. Aufl. d. W. S. 178 bis 180 genauer beſchrieben und abgebildet; hier ſei nur ein Durchſchnitt, Fig. 88, und eine ganz kurze Beſchreibung gegeben. Er beſtand aus einem Flammofen *g*, auf welchem ſeiner Länge nach eine Muffel *c* angebracht war. Der Boden dieſer Muffel bildete zugleich die Decke des Flammofens und wurde auf dieſem Wege geheizt; die Flamme des Ofens ſtrich dann über die Decke der Muffel, erhitzte dieſe ebenfalls und ging dann weiter unter eine im Winkel von 43° geneigte ſchiefe Ebene, an deren Spitze bei *a* friſche Blende im pulverigen Zuſtande eingefüllt wurde. Das Erz glitt auf der ſchiefen Ebene allmälig abwärts, wobei die Scheidewände *dd* ein zu ſchnelles Rutſchen hinderten, und wurde auf dieſem Wege durch die darunter wegſtreichenden Rauchgaſe vorgewärmt; die Erhitzung ſetzte ſich in der Muffel *cc* fort, wo Luft zugelaſſen und ſo viel Schwefel als möglich ausgetrieben wurde. Zuletzt wurde das halbgeröſtete Erz in den Flammofen *g* hinuntergeſtoßen, wo ſeine Röſtung durch das im Gasgenerator *k* erzeugte Feuer beendigt wurde. Das hier erzeugte Schwefel-

dioxyd mußte freilich verloren gehen, und bildete einen erheblichen Theil, meist über ein Drittel des Ganzen; dagegen war das in der Muffel und auf der schiefen Ebene erzeugte Gas stark genug, um in Bleikammern auf Schwefelsäure verarbeitet zu werden, wenn auch vermuthlich mit sehr unsicherem ökonomischen Erfolge. Am Rhein und in Schlesien wurden viele solcher Oefen errichtet; im Durchschnitt setzten sie 60 Proc. des Schwefels in Schwefelsäure um, während 40 Proc. als SO_2 mit den Rauchgasen in die äußere Luft entwichen. Dieser saure Hüttenrauch wurde jedenfalls mit weit mehr Tadel belegt, als er wirklich verdiente, indem man ihm alle Beschädigung der Pflanzenwelt in der Nachbar-

Fig. 88.



schaft zur Last legte, und den Antheil der zahlreichen Zinkhütten, Glashütten u. s. w. daran meist übersah (S. 94).

Um nun auch die in den Rauchgasen enthaltene Schwefelsäure aufzufangen, wurden in Stolberg verschiedene Verfahren im großen Maßstabe durchgeführt (ausführlich beschrieben von Hasenclever in Fischer's Jahresber. 1881, S. 173). Die Absorption der Schwefligsäure durch Kalkmilch eignet sich nur für kleineren Betrieb; in Stolberg, wo die verschiedenen Werke täglich über 80 Tons SO_2 in die Luft schicken, wäre dieses Auskunftsmittel zu kostspielig. Absorption der SO_2 durch Wasser in einem großen Koksthurm ist durchaus nicht genügend wirksam (vergl. unten das Verfahren von Hänisch und Schröder). Ein gründlicher Versuch wurde mit dem Vorschlage von Freytag gemacht (Deutsch. Pat. Nr. 14928

und 15547), die Gaſe durch Schwefelſäure von 50° B. abſorbiren zu laſſen, welche SO_2 und SO_3 zurückhält und unten mit einer Stärke von 56 bis 58° B. ankommt. Aber dieſes Verfahren läßt keinen Nutzen; in den Austrittsgaſen bleibt auch noch viel SO_2 zurück, welche durch Kalkmilch abſorbirt werden muß u. ſ. w. Verſuche, auf dieſem Wege doppeltſchwefligſauren Kalk zum Verkauf zu machen, hatten keinen Erfolg. Es wurde auch ein Verfahren von Cl. Winkler (Deutſch. P. Nr. 14425) probirt, welches in der Abſorption von SO_2 durch feucht gehaltenes Brucheiſen beſteht; aber auch dies kam zu theuer. Selbſt die Verwendung von Kalkſtein oder Dolomit kommt in Folge der vielen Arbeit theuer; und alle erwähnten oder anderweitigen Abſorptionsverfahren erfordern ſehr läſtige Vorbereitungsoperationen, wie die Hervorbringung von ſtarkem Zuge, Beſeitigung des Flugſtaubes, Abkühlung der Gaſe ꝛc.

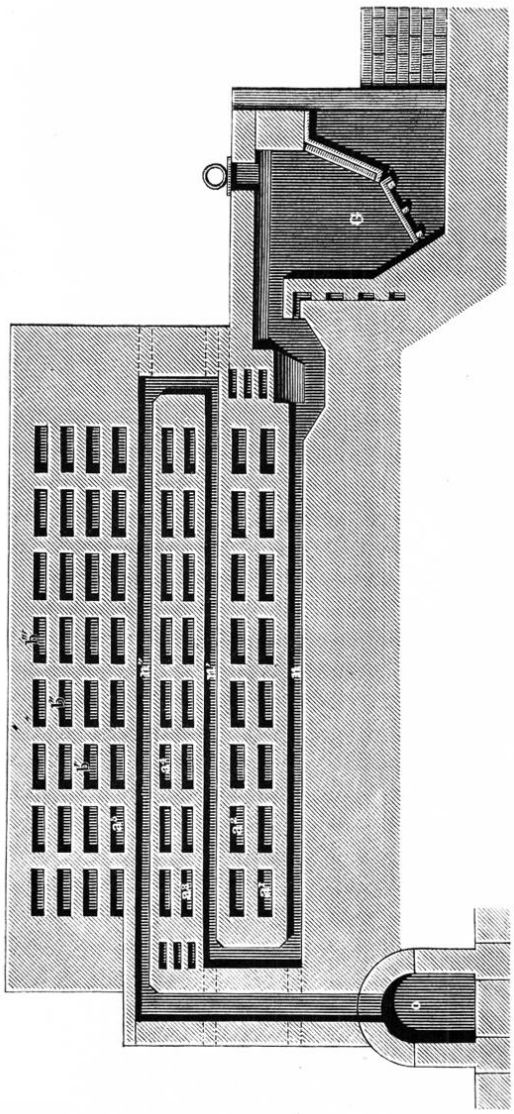


Fig. 89.

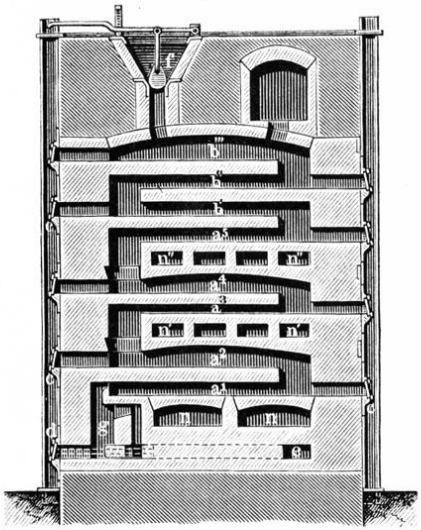
Neuerdings ſind nun verſchiedene Oeſen conſtruirt worden, welche die Verwerthung des ſämmtlichen Schwefels der Blende in Bleikammern geſtatten, und daher die äußerſt läſtigen Verfahren zur Abſorption der SO_2 aus Rauchgaſen unnöthig machen. Alle dieſe neueren Oeſen haben einen gemeinſamen Zug; ſie combiniren die durch die Verbrennung des Blendeſchwefels entſtehende Hitze mit äußerlich angewendeter Erhitzung, in der Art, daß die Feuergaſe ſich mit den Röſtgaſen nicht miſchen können. Es hat ſich heraus-

geſtellt, daß richtig angewendete indirecte Erhitzung zur vollſtändigen Abröſtung der Blende genügt.

Das Princip, welches die Verwerthung des geſammten Blendeſchwefels zur Schwefelſäurefabrikation verwirklichte, iſt eine Erfindung von M. Liebig, welcher die Idee hatte, eine Art Etagenofen zu conſtruiren, deſſen Etagen zum Theil hohl ſind und durch ein beſonderes Feuer erhitzt werden.

Dieſe Oefen (patent. von Eichhorn und Liebig, Deutſch. Pat. Nr. 21032) ſind in Fig. 89 u. 90 gezeigt Sie beſtehen aus einer Anzahl, etwa 7, getrennter Oefen, von denen jeder 5 geheizte, hohle Etagen a^1, a^2, a^3, a^4, a^5, und 3 einfache Platten b', b'', b''' beſitzt, welche ſämmtlich von einer oder der anderen Seite des Ofens durch die Arbeitsthüren $c\,c$ zugänglich ſind. Die Erhitzung geſchieht durch die von dem Generator G erzeugte Flamme, welche in den Zügen $n\,n$ der ganzen Ofenbatterie entlang zieht, in den höheren Zügen $n'n'$ nach vorn zurückkehrt, durch die Züge $n''n''$ wieder umkehrt und ſchließlich in den Canal o abzieht. Die zum Röſten der Blende erforderliche Luft tritt durch die Arbeitsthür d ein; ſie wird durch die von oben von dem Canal n ausgeſtrahlte Hitze vorgewärmt, indem ſie durch den Canal e ſtreichen muß, ehe ſie auf die unterſte Etage a' gelangt. Die oben auf dem Ofen vorgewärmte Blende wird durch den Trichter f auf die oberſte Platte b''' geſtürzt, entzündet ſich dort und wird nach 6 bis 8 Stunden allmälig über b'' und b' nach a^5 weiter befördert. Hier, wo ihre eigene Verbrennungswärme ſchon gering iſt, erhält ſie die Hitze des oberſten Feuercanals und bei ihrem allmäligen Herabſteigen bis nach a' begegnet ſie immer heißeren Etagen, ſo daß bei a' ihre Röſtung beendigt wird, namentlich mit Hülfe der Vorwärmung der Luft im Canal e. Die Abbrände werden in den Keller g zum Ausräumen geſtürzt. Im Ganzen bleibt das Erz 48 Stunden in dem Ofen. Bei einem beſonders verfolgten Verſuch enthielt das friſche Erz 27,8 Proc. Schwefel; nach ſechsſtündigem Verweilen auf der oberſten Platte 24,9 Proc., auf den vier folgenden Platten 17,3, 13,2, 2,3 und 0,2, unten nur noch 0,1 Proc. Schwefel. Die Röſtgaſe entwichen mit 5 bis 6 Proc. Schwefel.

Fig. 90.



Eichhorn giebt an (Fiſcher's Jahresber. 1889, S. 322), daß ein Ofen der eben beſchriebenen Art in 24 Stunden 4,2 bis 4,5 Tons abgeröſtetes Erz liefert, wozu vier Mann (in zwei Schichten zu je zwei Mann) und 0,8 Tons Kohlen verbraucht werden. Von dem Schwefel der Blende ſelbſt bleibt nur 0,1 Proc. in dem Röſtproduct; aber bei Gegenwart von Calciumcarbonat wird

natürlich eine entſprechende Menge Calciumſulfat gebildet. Die Gaſe enthalten 6 bis 8 Vol.-Proc. SO_2 gegenüber 2 Proc. bei den Freiberger Oefen.

Michel Perret (Deutſch. Pat. Nr. 37842) hat ſeinen wohl bekannten Ofen zur Verbrennung von ſtaubförmigem Brennmaterial für die Abröſtung von Blende ohne Vermiſchung der Röſtgaſe mit den Feuergaſen abgeändert. Das dabei angewendete Princip iſt demjenigen von Eichhorn und Liebig ſehr ähnlich; ebenſo wie das eines von Haſenclever beſchriebenen Ofens der „Rhenania“ (Fiſcher's Jahresber. 1886, S. 260) und das des Ofens von Grillo (Deutſch. Pat. Nr. 28458).

Durch die Güte des Herrn Generaldirectors Haſenclever bin ich in Stand geſetzt, in Fig. 91 bis 94 eine vollſtändige Conſtructionszeichnung des „Rhenania“-Blenderöſtofens zu geben, welche ſich von der urſprünglichen ſchematiſchen (ſeither natürlich auch von den Erfindern ſelbſt verbeſſerten) Zeichnung des Liebig-Eichhorn'ſchen Ofens durch praktiſche Durchbildung der Conſtruction unterſcheidet. Es ſind ſchon an ziemlich vielen Orten Oefen dieſes Typus im Betriebe und wurden mir dieſelben von unabhängiger Quelle als ſehr gut bezeichnet. Die Zeichnungen ſind ohne weitere Beſchreibung verſtändlich.

Ein ſolcher Ofen erfordert zwei Mann pro Schicht und entſchwefelt in 24 Stunden etwa 4000 kg Blende bei etwa 800 kg Kohlenverbrauch. Bei ſchwefelreichen Erzen baut man, nach brieflicher Auskunft von Herrn Haſenclever, auch Oefen ohne zwiſchenliegende Feuerzüge; die Muffeln liegen dann direct über einander und geht der Feuerzug direct unter die erſte Muffel und dann über die dritte weg.

Ueber dieſen Ofen finden ſich in Fiſcher's Jahresber. 1890, S. 444 folgende Angaben. Die Temperatur der oberſten Muffel ſollte 580 bis 690°, diejenige der folgenden 750 bis 900° betragen. Der Fortſchritt der Röſtung zeigt ſich aus den folgenden Schwefelprocenten:

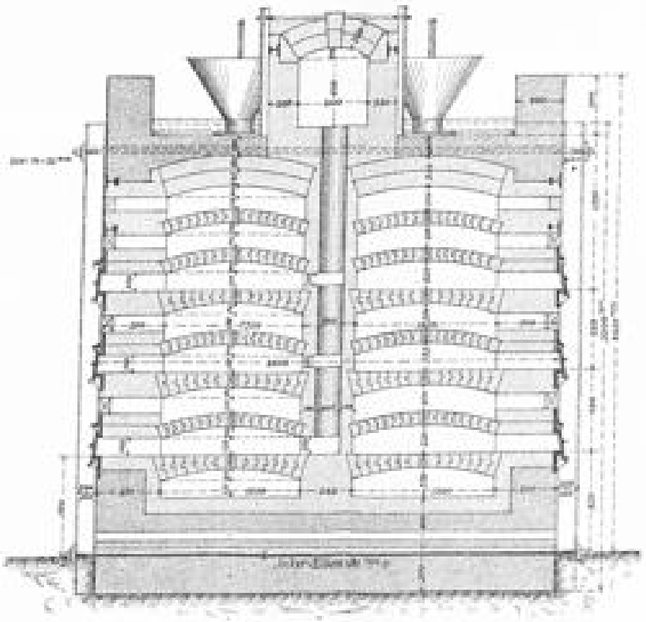
Im friſchen Erz	19,2	26,8	26,5
Am Ende der 1. Muffel .	17,6	19,1 bis 21,9	15,9 bis 21,4
„ „ „ 2. „ .	12,0	11,2 „ 14,3	9,9 „ 12,4
„ „ „ 3. „ .	3,4	1,02 „ 1,48	0,75 „ 1,06
„ „ „ Röſtung .	0,6	0,35 „ 1,02	—

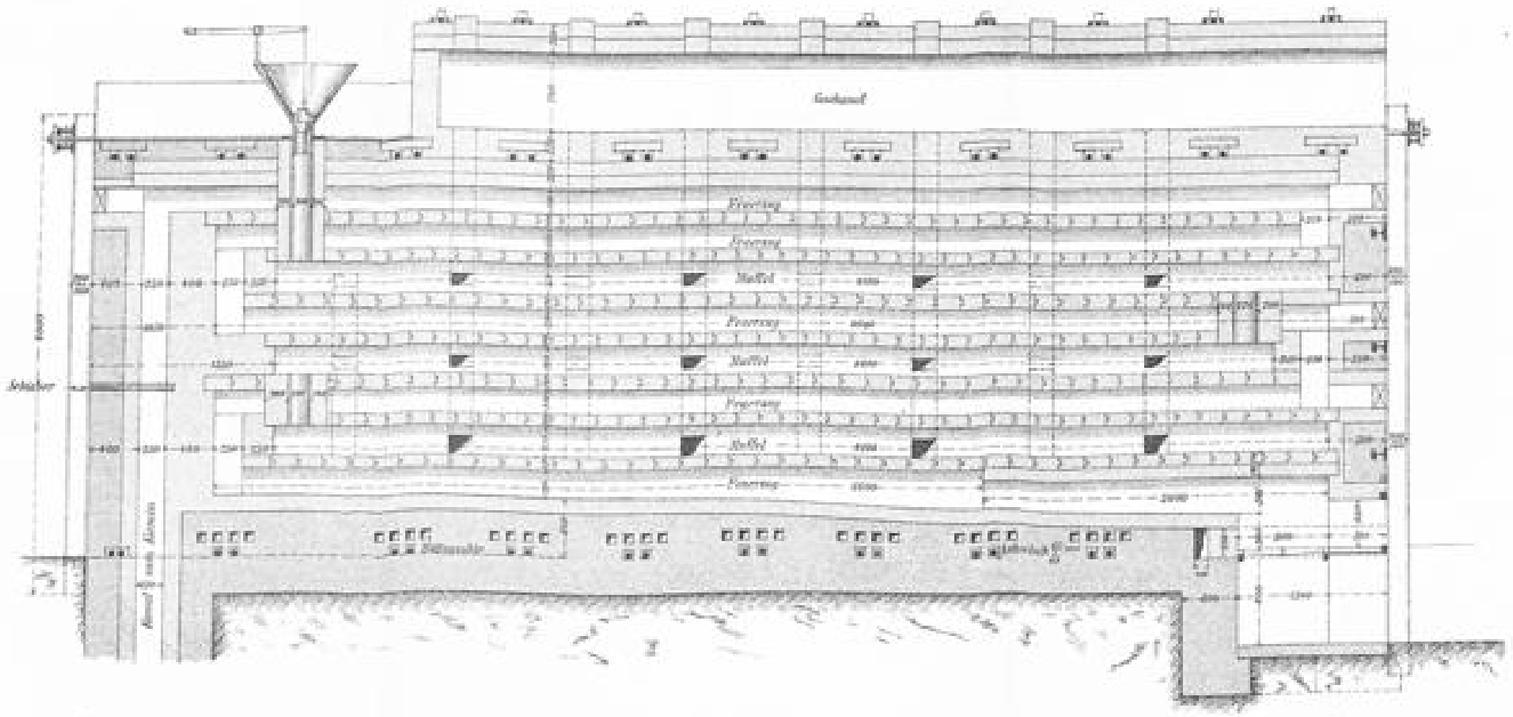
Auch mechaniſche Blenderöſtöfen ſind mehrfach conſtruirt worden. Der von Haas patentirte Ofen (Deutſch. Pat. Nr. 23080) iſt demjenigen von Macdougall ſehr ähnlich, nur ſind die einzelnen Kammern nicht durch einfache Ziegelgewölbe, ſondern mittelſt eines Kohlenfeuers geheizte Hohlcanäle getrennt. Mechaniſche Rührer befördern das Erz von der oberſten Etage auf drei tiefere, und ſchließlich auf die Sohle eines Flammofens, wo die letzte Abröſtung ſtattfindet.

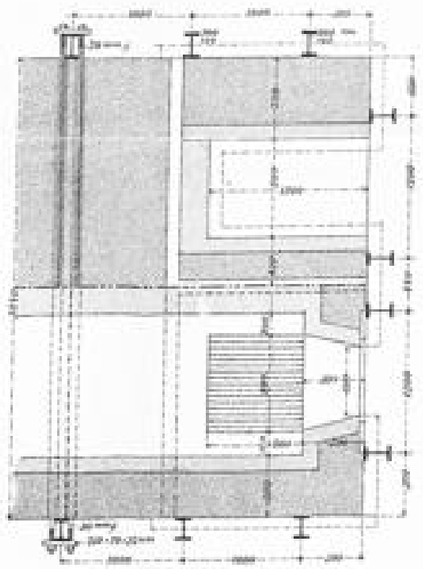
Ein mechaniſcher Ofen von Hegeler (in erfolgreicher Arbeit von mir ſelbſt in der Fabrik des Erfinders zu La Salle in Illinois beobachtet) combinirt den Eichhorn-Liebig-Ofen mit ähnlichen Rührvorrichtungen, wie ſie der Spence-Ofen für gewöhnlichen Pyrit zeigt (S. 242). Derſelben Klaſſe, aber mit größeren Abweichungen, gehört ein Muffelofen mit mechaniſchem Rührwerk der Chemiſchen Fabrik Rhenania (Deutſch. Pat. Nr. 61043) an.

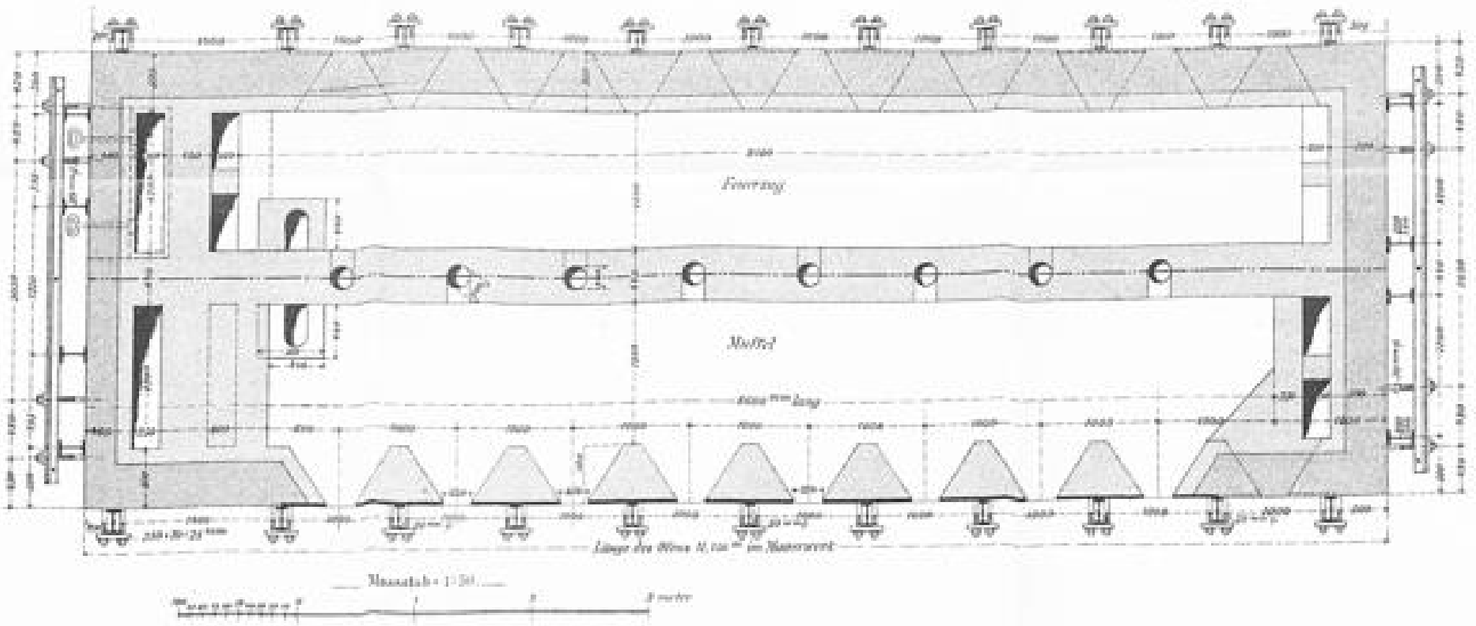
Die von der Société Vieille Montagne patentirten Oefen (Deutſch.

Blende-Röstofen der Rhenania.









Lunge, Soda-Industrie. 3. Aufl.

Pat. Nr. 24155 und 36609) sind mechanische Oefen, in denen die Feuergase von den Röstgasen nicht getrennt sind.

Man sollte meinen, daß die Nachtheile, welche zur Aufgabe der Macdougall'schen Oefen für gewöhnlichen Schwefelkies geführt haben, in ganz ähnlicher Weise auch bei den eben erwähnten Anpassungen dieser Oefen zur Röstung von Blende vorhanden sein werden, in erster Linie die schnelle Abnutzung der arbeitenden Theile. Es scheint aber, daß z. B. die Oefen der Vieille Montagne doch regelmäßig functioniren; eine Besichtigung derselben oder nähere Angaben darüber konnte ich nicht erreichen.

Oefen für Abröstung von Gasreinigungsmasse.

Man laugt heutzutage die gebrauchte Gasreinigungsmasse aus, um die Ammoniaksalze zu gewinnen, und unterwirft sie häufig auch noch einer Behandlung zur Gewinnung von Ferrocyan- und Rhodansalzen. Jedenfalls aber wird der darin im freien Zustande enthaltene Schwefel, der zuweilen 50 Proc. der Masse ausmacht, schließlich verbrannt und in Schwefelsäure umgewandelt. Zuweilen geschieht dies in gewöhnlichen Schwefelbrennern (S. 174 ff.), aber in solchen kann man den Gasschwefel kaum vollständig ausbrennen, und verliert viel davon in den Rückständen. Gewöhnlich verbrennt man ihn in Oefen, welche dem Malétra'schen Plattenofen ganz ähnlich sehen, wie sie in Fig. 95 gezeigt sind (Hill's Ofen). Hier ist jede Kammer etwa 3 m lang, 0,5 m breit und 0,225 m tief. Auch Macdougall's mechanischer Ofen (Fig. 78 bis 80) ist für diesen Zweck verwendet worden. Cowen's Ofen (Fig. 96 und 97) besteht aus einer Reihe von thönernen Gasretorten und ist ohne weitere Erklärung verständlich. Es sollen andere Fabriken den Gasschwefel in Oefen mit sehr engen Roststäben verbrennen, was aber nicht so vortheilhaft scheint.

Fig. 95.

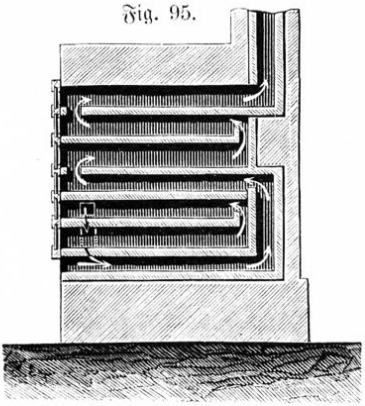


Fig. 96.

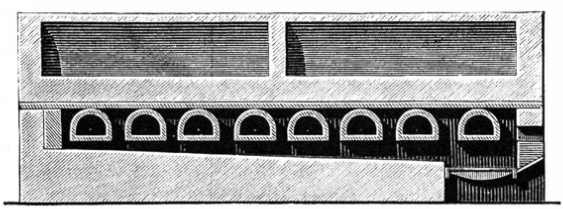
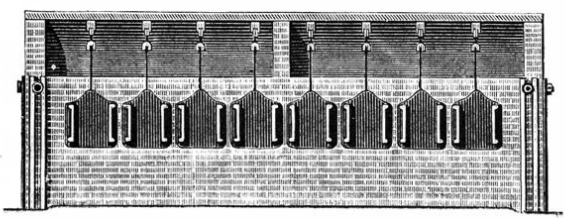


Fig. 97.

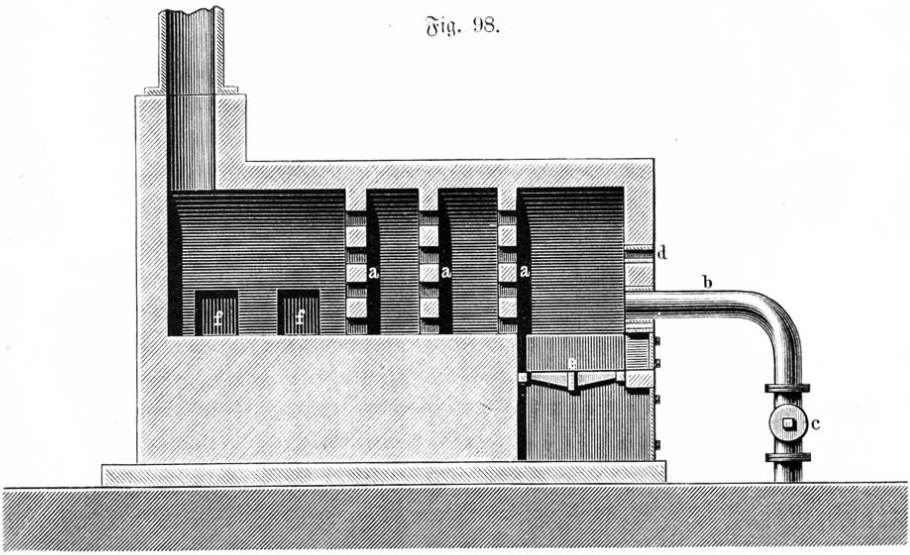


Zuweilen wird die Masse in Ziegelform gebracht und in Stückkiesöfen gebrannt; sie brennt dann gut aus und die Asche fällt ohne Weiteres durch die Roste hindurch, die man dabei möglichst wenig schütteln muß. Doch ist dieses Verfahren nicht so gut, wie die Verbrennung in Plattenöfen.

Oefen für Verbrennung von Schwefelwasserstoff.

Meist sind diese von sehr einfacher Art. Wie man aus Fig. 98 ersieht, bestehen sie aus einer mit mehreren Anprallwänden *a a* versehenen gemauerten Kammer. Das (fast immer mit einer großen Menge von indifferentem Gase, hauptsächlich Stickstoff, gemengte) Schwefelwasserstoffgas tritt durch ein Guß-

Fig. 98.



eisenrohr *b*, mit Regulirungsventil *c*, ein. Die Luft strömt zum Theil rings um *b*, zum Theil durch eine besondere, mit Regulirungsschieber u. dergl. versehene Oeffnung *d* ein. Die durch die Verbrennung des Schwefelwasserstoffs erzeugte Hitze ist vollkommen ausreichend, um die Temperatur der Kammer auf Rothgluth zu erhalten, so daß das Gas sich immer wieder von Neuem entzündet, wenn die Flamme durch einen Zufall ausgegangen ist. Dies wird durch die Anprallwände *a*, *a* befördert, welche sowohl zur Aufspeicherung von Hitze für den eben erwähnten Zweck, als auch zur besseren Mischung und Verbrennung der Gase dienen. Der (mit glühendem Koks bedeckte) Rost *e* wird nur bei Gasen von sehr unregelmäßiger Zusammensetzung gebraucht, wie sie z. B. bei der Sättigung der Gase aus Ammoniakblasen durch Schwefelsäure entstehen; besonders zum Wiederanzünden des Gases nach Stillständen. Bei regelmäßig zusammengesetzten und verhältnißmäßig reichen Gasen, wie bei denen von Chance's Schwefelregene-

ration, ist der Rost *e* ganz überflüssig, da sich diese Gase wie Leuchtgas entzünden lassen und fortbrennen. Die Thüren *ff* dienen zum Einführen von Salpetertöpfen, wo man es nicht vorzieht, dafür eine rationellere Einrichtung anzuwenden (Cap. 6). Als Dimensionen der Kammer kann man 3 bis 4 m Länge, 1,2 bis 1,5 m Breite und 0,9 m Höhe annehmen. Man kann auch Schwefelsäureconcentrationspfannen darauf setzen, und wird selbst dann noch genug Hitze in den Gasen zum Betriebe eines Gloverthurmes übrig haben. Bei einigermaßen sorgfältiger Regulirung des Luftzutritts tritt nie eine Sublimation von Schwefel ein. Ein besonderer Vortheil der Verbrennung von Schwefelwasserstoff ist der, daß dies ein vollkommen continuirlicher Vorgang ist, ein Gegensatz zu den nie fehlenden Schwankungen bei der Verbrennung von Rohschwefel oder Pyrit, selbst bei regelmäßiger Abwechselung in der Beschickung der Oefen. Der Luftzutritt braucht daher nur ein- für allemal regulirt zu werden, die Procentigkeit der SO_2 im Röstgase ist immer dieselbe, der Kammerproceß ist viel regelmäßiger als mit Rohschwefel oder Pyrit, und der Salpeterverbrauch ist daher kleiner. Alles dies kann freilich nur bei Gasen von constanter Zusammensetzung eintreten, wie sie das Chance-Verfahren liefert, während bei Gasen von sehr wechselnder Zusammensetzung, wie es die der Ammoniakfabriken sind, das Gegentheil von alledem eintritt.

Man hat in einigen der den Schwefelwasserstoff aus dem Chance'schen Verfahren verbrennenden Fabriken gefunden, daß man mehr Salpeter als beim Brennen von Pyrit brauchte, während in anderen eine Ersparniß bemerkt wurde. Augenscheinlich war im ersten Falle der Schwefelwasserstoff nicht von genügend guter Beschaffenheit, jedenfalls ungleich im Procentgehalt und vielleicht sogar kohlensäurehaltig, so daß der Kammerproceß gestört wurde. Zuweilen hat man unvollständige Verbrennung beobachtet, wobei sich Schwefel im Gloverthurm oder gar in den Kammern ablagerte; aber dies kommt augenscheinlich nur bei nachlässiger Arbeit vor, und tritt bei gehöriger Sorgfalt nie auf.

Lombard beschrieb 1886 (Monit. Scient. 1889, p. 1231) einen Plattenofen für Schwefelwasserstoff, bestehend aus zwei getrennten Abtheilungen, 2,3 m tief im Lichten. Es sind vier Etagen von 2 m Länge und 0,4 m Breite vorhanden, jede aus vier Thonplatten bestehend. Die oberste Platte ist mit vielen Löchern versehen und nimmt die ganze Länge und Breite des Ofens ein; die anderen Platten sind nicht gelocht und lassen an abwechselnden Seiten Oeffnungen von 0,3 × 0,4 m für die Gase. Jeder Ofen hat unten vier Brenner für H_2S und zwei Luftröhren, zusammen drei Reihen bildend, von denen die Luftröhren die mittlere einnehmen. Die Brenner bestehen aus Thonröhren von 2 m Länge, 4 cm lichter Weite und 10 mm Wandstärke, welche auf $^2/_3$ ihrer Länge in den Ofen hineinragen und oben mit Löchern oder Schlitzen zur Vertheilung des Gases versehen sind. Vorn sind sie durch ein gußeisernes Rohr mit Regulirungshahn verbunden. Das Luftrohr ist 6 cm weit und mit einem eisernen Drehringe zur Regulirung des Zutritts versehen. Die Röstgase treten in einen 45 × 60 cm weiten Zug auf der Decke des Ofens, dann in eine kleine Staubkammer und dann in einen Gloverthurm. Gesammthöhe 1,77 m. Der Druck des Gases ist = 4 cm Wasser. Der Ofen soll sehr gut arbeiten.

Simpson und Parnell (Engl. Pat. Nr. 14711, 1886) reguliren den Luft- und Gaszutritt in bestimmten Verhältnissen, um entweder freien Schwefel oder SO_2 zu erhalten, indem sie zwei Gefäße, jedes mit Ein- und Auslaßventil versehen, anwenden. Beide Gefäße werden gleichzeitig durch eine selbstthätige Vorrichtung gefüllt und entleert, wobei die beiden Gefäße so mit einander arbeiten, daß das in das eine ein- und daraus austretende Gas in bestimmtem Verhältnisse zu der in das andere eintretenden und daraus entweichenden Luft steht. (Eine solche Vorrichtung kann für die Production von freiem Schwefel aus H_2S sehr günstig sein, ist aber wohl unnöthig complicirt, wenn das H_2S nur zur Schwefelsäurefabrikation dienen soll, wobei ja ein Luftüberschuß nothwendig ist.)

Verfahren zur Absorption von schwefliger Säure aus Hüttenrauch, Feuergasen u. s. f.

Die Unschädlichmachung des sauren Hüttenrauches von metallurgischen und anderen Operationen bietet besondere Schwierigkeiten dar, wenn der Gehalt der Gase an Säure so gering ist, daß ihre Verwerthung durch Condensation oder durch Umwandlung in Schwefelsäure nicht mehr thunlich erscheint, d. h. wenn ihr Gehalt unter 4 Vol.-Proc. SO_2 sinkt. Wir haben schon bei Betrachtung der Röstung von Blende (S. 248 ff.) mehrere der zur Beseitigung der SO_2 und anderer Säuren aus Rauchgasen angewendeten Verfahren besprochen; sie haben alle das gemeinsam, daß sie sehr viel kosten und selten ihren Zweck vollständig erreichen. Die Aufgabe, die ungeheure Menge der in gewöhnlichen Feuerungsgasen enthaltenen Schwefligsäure zu bewältigen, ist kaum je ernstlich an die Hand genommen worden, da die Kosten und die Unbequemlichkeiten jedes für diesen Zweck denkbaren Verfahrens bisher ganz unerträglich erschienen sind; auch wird dies wohl in absehbarer Zukunft nicht anders sein. Das einzige praktisch brauchbare Mittel in diesem Falle, wie auch in vielen Fällen bei Hüttenrauch, ist die Verdünnung der Gase mit großen Luftmengen, indem man hohe Kamine errichtet und die Gase hoch über der Erdoberfläche in die Luft ausströmen läßt. Man hat solche Schornsteine bis zu 130 m Höhe gebaut. Im Falle der Salzsäure haben sie ihren Zweck durchaus verfehlt, wie wir bei Betrachtung der Condensation dieses Gases bei der Sulfatfabrikation sehen werden; bei schwefliger Säure ist die Verdünnung mit Luft wirksamer. Freytag nimmt an (allerdings einigermaßen willkürlicherweise), daß Rauch nur dann unschädlich ist, wenn er nicht über 0,003 Vol.-Proc. SO_2 enthält; da aber z. B. in Bleihütten der Gehalt an SO_2 im Hauptcanal, wo sich alle Feuer- und Rauchgase mischen, selten über 0,1 Proc. steigt, so wird, wenn diese Gase erst in einer Höhe von 60 m oder darüber oberhalb des Pflanzenwuchses in die äußere Luft entweichen können, wohl meist eine solche Verdünnung derselben eintreten, daß sie keinen Schaden mehr anrichten. Dies kommt daher, daß sich Schwefeldioxyd ziemlich gleichmäßig in der Luft vertheilt, während Salzsäure, Schwefelsäure und Salze, welche sichtbare Nebel bilden, gewöhnlich den Boden in wenig zerstreutem Strome erreichen und daher selbst durch sehr hohe Kamine nicht unschädlich gemacht werden können. In der That ist dies die einzige Erklärung dafür, daß die enormen Mengen

von ſchwefliger Säure, die an manchen Orten von Bleihütten, Zinkhütten, Glashütten u. ſ. w. in die Luft geſchickt werden, nicht ſchon längſt alles Pflanzenleben ringsherum zerſtört haben, was doch notoriſch nur in vereinzelten Fällen eingetreten iſt. Aber da ſolche Fälle eben doch vorkommen und die Anforderungen der Geſundheitsbehörden immer ſtrenger werden, ſo kann man die Abführung des Hüttenrauches durch hohe Kamine nicht als eine endgiltige Löſung der Schwierigkeit anſehen, ſelbſt da, wo es ſich nur um Schwefligſäure handelt, um ſo weniger als bei Regenwetter die aus den höchſten Kaminen entweichenden Säuren in ziemlich concentrirtem Zuſtande auf den Boden gelangen können.

Die Verwerthung der bei der Glasfabrikation mit Glauberſalz abfallenden ſchwefligen Säure in der Schwefelſäurefabrikation iſt von O. Schott vorgeſchlagen worden (Dingl. polyt. Journ. **221**, 142). Der Schwefelgehalt der Gaſe ſoll noch dadurch vermehrt werden, daß man in dem Glasſatze den Kalk nicht, wie gewöhnlich, als Calciumcarbonat, ſondern als Gyps einführt, wobei auch noch der Schwefel des Gypſes als ſchweflige Säure gewonnen würde. Man ſoll Glauberſalz, Gyps und Kohle mit Kieſelſäure in den paſſenden Verhältniſſen miſchen und das Gemenge entweder in Muffelöfen oder vielleicht in geneigt liegenden elliptiſchen Thonhäfen bis zur hellen Rothgluth erhitzen, bis die ſchweflige Säure ausgetrieben iſt. (Nach Scheurer-Keſtner, Compt. rend. 1892, **114**, 296, würde bei dieſem Vorgange primär freier Schwefel, und erſt durch deſſen Verbrennung SO_2 entſtehen.) Der geſinterte Rückſtand von Natrium- und Calciumſilicat ſolle zerkleinert und als „Rohglas“ an die Glashütten abgegeben, dagegen ſollen die Gaſe in Bleikammern geleitet und auf Schwefelſäure verarbeitet werden. Dieſes Verfahren dürfte bei ſeiner Einführung in die Praxis ſehr großen techniſchen Schwierigkeiten begegnen, und iſt namentlich die Verwerthung von ſo verdünnten, mit ſehr viel Kohlenſäure gemiſchten Röſtgaſen factiſch bis jetzt unmöglich. Es muß daher auf die Abhandlung ſelbſt verwieſen werden.

Thirion (Fr. Pat. 28. Febr. 1874; Fiſcher's Jahresber. 1875, S. 391) macht ebenfalls den Vorſchlag, Glauberſalz mit Kohle und Kieſelſäure zu erhitzen, wodurch ein Gemiſch von Schwefeldampf, Schwefeldioxyd und Kohlenoxyd entwickelt wird. Das Natriumſilicat ſoll durch Kohlenſäure in Soda verwandelt, oder wie es iſt verwendet werden. (Für Fabrikation von freiem Schwefel oder Schwefelſäure iſt dieſer Vorſchlag augenſcheinlich ganz ausſichtslos.)

Wir geben nun eine Zuſammenſtellung der verſchiedenen Verfahren zur Behandlung von Hüttenrauch mit beſonderer Rückſicht auf die Entfernung von SO_2 und SO_3. Für Einzelheiten müſſen wir auf die im Text angeführten Quellen und auf eine Monographie von C. A. Hering: „Die Verdichtung des Hüttenrauches“ (Stuttgart 1888) verweiſen.

Condenſation durch Waſſer ſcheint das einfachſte und nächſtliegende Verfahren zu ſein, wenn man an die große Löslichkeit der Schwefligſäure und Schwefelſäure in Waſſer denkt. Aber dieſes Verfahren iſt in Wirklichkeit nur dann durchführbar, wenn die Menge der Säure nicht allzu gering iſt; verdünnter Hüttenrauch läßt ſich nur mit Anwendung von verhältnißmäßig ungeheuren

Wassermengen auswaschen, und merkwürdiger Weise ist die Condensation von SO_3 auf diesem Wege noch schwieriger als diejenige von SO_2. Ganz sicher kann man die Verdichtung durch Wasser nur dann mit ökonomischem Vortheil betreiben, wenn die Gase concentrirt genug sind, um sie in Bleikammern in Schwefelsäure umzuwandeln; es liegt daher im Interesse der Hüttenwerke, ihre Processe in solcher Art zu führen, daß die Säuren möglichst wenig mit indifferenten Gasen verdünnt werden. Wenn der Gehalt an SO_2 4 Vol.-Proc. erreicht, so kann man sie nach dem Hänisch-Schröder'schen Verfahren behandeln (s. u. S. 263 ff.), oder kann sie in Schwefelsäure umwandeln; bei diesem Gehalte wird man freilich kaum Gewinn ernten, und sich mit Unschädlichmachung der Gase begnügen müssen. Wo aber noch weniger als 4 Proc. SO_2 in den Gasen vorkommt, da wird an ihre nützliche Verwerthung kaum zu denken sein; die dünnen sauren Flüssigkeiten, die man durch Waschen des Rauches erhält, muß man fortlaufen lassen, was aber in den meisten Fällen nur einen neuen Uebelstand ergiebt und zu Conflicten mit den Behörden führt; auch kann man dann die SO_2 und SO_3 nicht vollständig aus den Gasen entfernen, und die Uebelstände werden nur vermindert, aber nicht aufgehoben.

Auf alle Fälle muß man die Berührung des Absorptionswassers mit den sauren Gasen so innig wie möglich machen. Die für Salzsäure construirten und an ihrem Orte zu beschreibenden Condensationsapparate eignen sich nur für stärkere Gase; die schwach sauren Gase, die man hier behandeln muß, verlangen besondere Mittel, wie Schaufelräder oder andere einen Schaum verursachende Apparate, welche theuer in der Anlage und Unterhaltung, und doch von unvollkommener Wirkung sind.

Statt Wasser verwenden Freytag (Deutsch. Pat. Nr. 9969, 14928, 15546) und Hasenclever (Deutsch. Pat. Nr. 17371) ziemlich concentrirte Schwefelsäure in einem gewöhnlichen großen Koksthurm. Diese hält Schwefelsäureanhydrid besser als Wasser zurück, so daß in manchen Fällen die Kosten des Verfahrens durch den Gewinn an Schwefelsäure gedeckt werden (vergl. o. S. 250). Auch SO_2 wird theilweise zurückgehalten, aber nur dann, wenn die Gase gut abgekühlt worden waren. Die Nothwendigkeit, dies auszuführen und auch den Flugstaub vorher zu beseitigen, was zuweilen nicht leicht ist, bildet einen großen Nachtheil dieses sowohl wie der meisten anderen ähnlichen Verfahren. Freytag's Verfahren, welches im besten Falle nur den kleineren Theil der schädlichen Gase des Hüttenrauches beseitigte, ist wieder eingestellt worden (Hänisch und Schröder, Chem. Ind. 1884, S. 118).

Die Absorption der Säuren durch Aetzkalk, meist in Form von Kalkmilch, ist eines der ältesten und bei richtiger Ausführung noch immer eines der besten Mittel zur Beseitigung des Hüttenrauches. Wo die Menge der Säuren nur gering und die Fabrikation sonst rentabel ist, kann dieses Verfahren noch jetzt angewendet werden, und entfernt bei richtiger Handhabung die Säuren so gut wie vollständig. Die Kalkmilch muß mit den Gasen in fein vertheiltem Zustande zusammentreffen, entweder indem man sie in passend eingerichteten Thürmen herabfließen läßt, oder indem man sie durch Schaufelräder u. dergl. in einen Schaum verwandelt (Rayner und Crookes, Engl. Pat. Nr. 2678,

1875). Daß man hierdurch ſelbſt bei großen Mengen von SO_2, wie ſie beim Röſten der Blende entweichen, zum Ziele kommt, hat ſich in Oberſchleſien im Großen herausgeſtellt (Bernoulli, Fiſcher's Jahresber. 1880, S. 184). Aber leider ſind die Koſten dieſes Verfahrens da, wo große Gasmaſſen zu bewältigen ſind, ſehr hoch, ganz beſonders deshalb, weil lange nicht aller Kalk ausgenutzt werden kann, und die Verſuche, dabei doppeltſchwefligſauren Kalk zu machen (Haſenclever, Deutſch. Pat. Nr. 10710), ſind erfolglos geblieben (vergl. Chem. Ind. 1884, S. 118).

Nach Jenſch (Fiſcher's Jahresber. 1889, S. 321) enthält der ſich in den Kalkmilchthürmen bildende Abſatz ſo viel Kalk, daß man ihn immer wieder verwenden kann und zuletzt ein Product mit 37,7 Proc. CaO, 38,4 SO_2, 2,8 SO_3, 4,2 CO_2 ꝛc. erhält, welches ſehr gut als Zuſatz zu thieriſchem Dünger behufs Fixirung des Ammoniaks verwendet werden kann, in welcher Beziehung er gleichwerthig mit Gyps iſt.

Kalkſtein iſt viel billiger als Aetzkalk, und iſt beinahe ebenſo wirkſam, wenn man ihn in richtiger Weiſe anwendet, d. h. die ſauren Gaſe mit einer großen Oberfläche von Kalkſtein in Berührung bringt und es verhindert, daß dieſe Oberfläche ſich mit einer Kruſte von Sulfit bedeckt, indem man ſie fortwährend mit Waſſer abſpült. Cl. Winkler hat zu dieſem Zwecke eine beſondere Einrichtung conſtruirt (Deutſch. Pat. Nr. 7174), welche in der Schneeberger Ultramarinfabrik ihren Zweck vollkommen erfüllte. Sie beſteht aus drei gemauerten, mit Kalkſtein gefüllten Kammern, bedeckt mit hölzernen, vielfach durchlöcherten Deckeln, durch welche fortwährend Waſſer auf den Kalkſtein auffließt. Die Gaſe werden in regelmäßiger Abwechſelung durch alle drei Kammern geleitet. Die Abſorption der SO_2 iſt ausgezeichnet, aber da jedes Kilogramm Schwefel 3 kg Kalkſtein erfordert und an eine Nutzbarmachung der Laugen nicht zu denken iſt, ſo kommt auch dieſes Verfahren für Hüttenzwecke meiſt noch zu theuer.

Precht (Deutſch. Pat. Nr. 17100) verwendet zur Abſorption der SO_2 aus Gasgemiſchen entweder Magneſiahydrat oder Thonerdehydrat, vorzugsweiſe das erſtere. Man breitet es entweder auf Horden aus, unter Befeuchtung mit Waſſer, oder bringt es im Zuſtande von Milch mit den vorher auf 100° abgekühlten Gaſen zuſammen, entweder in einem mit mechaniſchem Rührwerk verſehenen Apparate, oder in einem Thurme nach Art der Freiberger Thürme zur Reinigung der Schwefelſäure von Arſen durch Schwefelwaſſerſtoff (ſ. Cap. 10). Es bildet ſich ein kryſtalliniſcher Niederſchlag von Magneſiumſulfit und eine Löſung von Magneſiumſulfat. Beim Erhitzen des Magneſiumſulfits auf 200° ſpaltet ſich die SO_2 ab und kann als ſolche condenſirt oder in Schwefelſäure verwandelt werden, während Magneſia, mit etwa 3 Proc. Magneſiumſulfat, zurückbleibt. Man erhitzt den Rückſtand mit Kohle und verwandelt ihn dadurch ganz in MgO, während das entweichende Gemenge von SO_2 und CO_2 in Bleikammern nutzbar gemacht werden kann [?]. M. Lyte beſchreibt dieſes Verfahren mit Zeichnungen im Einzelnen (Journ. Soc. Chem. Ind. 1882, p. 165). Es ſoll mehrfach angewendet worden ſein, iſt aber augenſcheinlich im Allgemeinen nicht vortheilhaft genug.

Thonerde iſt in Precht's Patent eingeſchloſſen, iſt aber nicht ſo wirkſam wie Magneſia. Man hat zuweilen die ſauren Gaſe durch Schichten von Thonſchiefer ſtreichen laſſen, um ſchwefelſaure Thonerde zu bilden, aber dieſes Verfahren hat augenſcheinlich nur locale Anwendbarkeit.

Zinkcarbonat oder Zinkoxyd wurde von Schnabel vorgeſchlagen (Techn. Jahresber. 1882, S. 266), nachdem er in der Lautenthaler Hütte viele andere Verfahren zur Behandlung des Hüttenrauches ohne genügenden Erfolg verſucht hatte. Schließlich führte er ein Verfahren ein (Deutſch. Pat. Nr. 16860), bei dem die Gaſe über mit Waſſer benetztes baſiſches Zinkcarbonat geleitet werden. Es bildet ſich Zinkſulfit, welches beim Erhitzen, am beſten in Miſchung mit Kohle, ſchweflige Säure abgiebt, die man in Bleikammern in Schwefelſäure verwandelt, während ein poröſes Gemiſch von Zinkoxyd mit baſiſchem Zinkſulfat im Rückſtande bleibt. — Schnabel's Apparat iſt ziemlich complicirt, und die Ergebniſſe doch nicht genügend; das Verfahren iſt ſehr läſtig auszuführen und koſtet viel mehr, als durch die erzeugte Schwefelſäure eingebracht wird.

Fleitmann (Deutſch. Pat. Nr. 17397) läßt die ſauren Gaſe, gemiſcht mit etwas Luft, durch einen Schachtofen ſtreichen, in dem ſich ein Gemiſch von Eiſenoxyd und Kohle befindet. Letztere giebt durch ihre Verbrennung die nöthige Hitze und reducirt gleichzeitig das Fe_2O_3 und SO_2, ſo daß ſich FeS im geſchmolzenen Zuſtande unten anſammelt. (Der Erfolg dieſes Verfahrens iſt höchſt zweifelhaft.)

Metalliſches Eiſen, befeuchtet mit Waſſer, wurde von Winkler angewendet (Deutſch. Pat. Nr. 14425), bewährte ſich aber für verdünnte ſaure Gaſe nicht. Thorp (Engl. Pat. Nr. 8862, 1889) empfiehlt ebenfalls Thürme, gefüllt mit Bruchеiſen und berieſelt mit Waſſer oder Eiſenvitriollöſung, bei 49 bis 71°.

Metalliſches Kupfer oder Zink in ſehr fein vertheilter Form wurde in der Deutſchen Gold- und Silberſcheideanſtalt zu Frankfurt angewendet, aber ohne genügenden Erfolg. Dagegen wurde in derſelben Fabrik das nächſte zu beſchreibende Verfahren ausgearbeitet.

Rößler zeigte (Dingl. polyt. Journ. 242, 278; Fiſcher's Jahresber. 1881, S. 184), daß Gasmiſchungen, welche neben Luft ſo wenig SO_2 und SO_3 enthalten, daß an ihre Verwerthung in Bleikammern oder in irgend einer anderen Weiſe nicht zu denken iſt, ſich von beiden genannten Gaſen vollſtändig befreien laſſen, wenn man ſie mittelſt eines Körting'ſchen Injectors und eines durchlöcherten Schlangenrohres in eine Waſſerſäule einpreßt, welche Kupfer in Suspenſion und ein Kupferſalz in Löſung enthält. Das Kupferſulfat wirkt als Sauerſtoffüberträger von der Luft auf die SO_2, und große Mengen Schwefelſäure bilden ſich auf dieſem Wege, ſo daß man ſogar an deren Fabrikation auf dieſe Weiſe denken könnte. Man verfährt jedoch in Frankfurt ſo, daß die Löſung immer mit genügendem Kupferpräcipitat verſehen wird, aus dem man durch dieſes Verfahren koſtenlos Kupfervitriol erhält. Rößler hat auch (Deutſch. Pat. Nr. 22850) eine Combination von Apparaten zur Behandlung von gewöhnlichem Hüttenrauch durch dieſes Verfahren erſonnen.

Eine eigene Claſſe von Verfahren bedient ſich der Reaction zwiſchen Schwefeldioxyd und Schwefelwaſſerſtoff, wobei entweder beide im Gaszuſtande ſind, oder der letztere im naſcirenden Zuſtande aus Sulfiden entwickelt wird. Die Reaction in ihrer einfachſten Form iſt:

$$2H_2S + SO_2 = 2H_2O + 3S;$$

aber ganz abgeſehen davon, daß durch ſecundäre Reactionen Polythionſäuren gebildet werden, iſt auch die Reaction bei verdünnten Gaſen ſehr unvollſtändig. Einzelheiten darüber ſollen in dem von der Wiedergewinnung des Schwefels aus Sodarückſtand handelnden Capitel (Bd. II) gegeben werden; hier mag es genügen, zu erwähnen, daß Landsberg (Deutſch. Pat. Nr. 6364) die obige Reaction bei der Röſtung von Blende zu verwerthen geſucht hat.

Bei Anwendung von Sulfiden ſind die Reactionen noch complicirter, aber die Abſorption der SO_2 kann vollſtändiger erreicht werden. Cl. Winkler (Chem. Ind. 1880, S. 126) beſchreibt ein ſehr intereſſantes Verfahren zur Behandlung der an SO_2 reichen Gaſe einer Ultramarinfabrik. Sie wurden in Berührung mit einer Löſung von Schwefelnatrium gebracht, das man durch Reduction des dort abfallenden Natriumſulfats mit Kohle erhielt. Die SO_2 wird vollſtändig abſorbirt, wobei ſich Natriumthioſulfat oder, bei einer Abänderung des Verfahrens, freier Schwefel bildet; aber im Großen entſtand auch Natriumtetrathionat, das man durch Erhitzen in Natriumſulfat, SO_2 und S, umſetzen mußte. Theoretiſch wurde dabei nichts als Kohle verbraucht; aber augenſcheinlich mußte bei den vielen Verdampfungen und Schmelzungen viel Brennmaterial verbraucht werden, und wurde zudem viel Arbeit aufgewendet, außer Verhältniß zum Werthe der erhaltenen Producte. Nachdem dieſes Verfahren in den Jahren 1868 bis 1877 ausgeübt worden war, wurde es zu Gunſten des oben beſchriebenen, der einfachen Abſorption durch mit Waſſer berieſelten Kalkſtein, verlaſſen (ſ. S. 259).

Uebrigens hatte Jacob ſchon im Jahre 1864 ein ganz ähnliches Verfahren mit Anwendung von Natrium- oder Calciumſulfid zu Münſterbuſch ausgeführt (Fiſcher's Jahresber. 1881, S. 181).

Schwefelcalcium (das ſchon vor vielen Jahren von Dumas zu dieſem Zwecke vorgeſchlagen worden war) bildet auch die abſorbirende Subſtanz in Kosmann's Verfahren (Deutſch. Pat. Nr. 13123). Durch Reduction von Gyps mit Kohle und Auslaugen ſoll eine Löſung von Calciumſulfhydrat entſtehen [?], welche im fein vertheilten Zuſtande mit den Gaſen in Berührung gebracht wird, wobei Schwefel und Gyps gebildet werden:

$$5SO_2 + 2CaH_2S_2 + 2H_2O = 7S + 2CaSO_4, 4H_2O.$$

Der Schwefel wird durch überhitzten Dampf aus der Miſchung abdeſtillirt und der Gyps kehrt wieder in den Kreislauf der Operationen zurück (was ſchwerlich angehen wird). Aus weiteren Mittheilungen Kosmann's (Fiſcher's Jahresber. 1882, S. 270) erſieht man, daß das Abſorptionsmittel ſpäter durch Kochen von Schwefel mit Kalkmilch zubereitet wurde (alſo „Schwefelleber!“) und daß das ganze Verfahren noch im Verſuchsſtadium war, in dem es wohl auch geblieben iſt.

Schwefelbarium, welches in Freiberg versuchsweise angewendet wurde, erwies sich als viel zu theuer.

Holzkohle wurde von Allen vorgeschlagen (Engl. Pat. Nr. 189, 1879). Er läßt die von Staub befreiten Gase durch mit Schwefelsäure berieselte Thürme und dann durch Thürme streichen, welche mit vorher in einem Strome von Stickstoff ausgeglühter Holzkohle gefüllt sind. Hier wird die SO_2 zurückgehalten, während der Stickstoff entweicht. Die SO_2 wird dann durch eine Luftpumpe, oder durch Erhitzen auf 300 bis 400°, oder durch eine Vereinigung beider Methoden wieder ausgetrieben und verwerthet. (Abgesehen von den unerschwinglichen Kosten ist dieses Verfahren unbrauchbar, weil die betreffenden Gase stets eine große Menge Sauerstoff enthalten, welche in den Poren der Holzkohle zum großen Theil in Schwefelsäure übergehen wird.)

Glühende Kohlen sind schon seit sehr langer Zeit angewendet worden, um die SO_2 aus Hüttenrauch zu freiem Schwefel zu reduciren. Dieser Vorschlag findet sich schon in einer Broschüre von Vivian aus dem Jahre 1833, und einer eben solchen von Reich, welche die im Jahre 1858 in Frankfurt gemachten Versuche beschreibt. Derselbe Vorschlag ist sehr häufig wiederholt worden, aber ohne Erfolg geblieben. Ein neuer Apparat von Hänisch und Schröder (Deutsch. Pat. Nr. 33100) soll besseren Erfolg haben und fast den ganzen Schwefel der SO_2 zu S reduciren; aber ihr Verfahren ist augenscheinlich nur für reiche Gase passend; nicht aber für die uns hier interessirenden schwach sauren Gase. Scheurer-Kestner (Compt. rend. 1892, **114**, 296) hat die Bedingungen dieser Reaction genauer untersucht; nach ihm ist die Hauptgleichung:

$$2\,SO_2 + 3\,C = 2\,CO + CO_2 + 2\,S.$$

Darstellung von Schwefeldioxyd in reinem Zustande.

Früher wurde reines, von Stickstoff und überschüssigem Sauerstoff freies Schwefeldioxyd nur für wenige gewerbliche Zwecke benutzt und nach verschiedenen Methoden dargestellt, am gewöhnlichsten durch Erhitzen von concentrirter Schwefelsäure mit Kupfer. Dies geht selbstverständlich nur dann an, wenn der entstehende Kupfervitriol verkäuflich ist, und eignet sich auch kaum für den Großbetrieb. Leichter und billiger ist das Verfahren der Erhitzung von concentrirter Schwefelsäure mit Holzkohle, wobei man ein Gemisch von SO_2 mit CO_2 (und CO) bekommt:

$$2\,H_2SO_4 + C = 2\,H_2O + 2\,SO_2 + CO_2.$$

Das CO_2 und CO sind für die meisten Verwendungen der SO_2 unschädlich. Von anderen Gasen ganz freies Schwefeldioxyd stellt man durch Erhitzen von concentrirter Schwefelsäure mit Schwefel dar:

$$2\,H_2SO_4 + S = 2\,H_2O + 3\,SO_2.$$

Dies kann man so machen, daß man einen langsamen Strom von Schwefelsäure auf Schwefel laufen läßt, der in einer eisernen Retorte auf 400° erhitzt wird. Man soll jedoch bedenken, daß Gußeisen von schmelzendem Schwefel stark angegriffen wird; daher scheint ein anderes, dem Verfasser von kundiger Seite mit-

getheiltes Verfahren besser. Man nimmt die Operation in einem eisernen Kessel vor, welcher sich oben in der Art erweitert, daß man ein Futter von säurefesten Ziegeln einsetzen kann. Hier kocht man concentrirte Schwefelsäure mit Schwefel, der an der Oberfläche schwimmt und durch den säurefesten Ring an der Berührung mit dem Eisen gehindert wird, während der untere Theil des Kessels der vollen Wirkung des Feuers ausgesetzt ist.

Die Compagnie industrielle des procédés Raoul Pictet (Deutsch. Pat. Nr. 22365) reinigte das auf solchem Wege hergestellte Schwefeldioxyd in einem eigenen Apparate mit Zugrundelegung der Thatsache, daß die Hydrate der SO_2 alle bei -10^0 krystallisiren, und gasiges SO_2 bei dieser Temperatur sein ganzes Wasser verliert. Wir beschreiben diesen ziemlich complicirten Apparat nicht, da er durch das viel einfachere Verfahren von Hänisch und Schröder zur Darstellung von flüssigem Schwefeldioxyd verdrängt worden ist.

P. Hart (Engl. Pat. Nr. 13950, 1885) stellt reines Schwefeldioxyd durch Einwirkung von Schwefelsäure vom specif. Gewicht 1,750 auf fein gemahlenes Schwefeleisen dar. Die Materialien werden in einer gußeisernen Retorte gemischt und auf über 200^0 erhitzt, worauf ein regelmäßiger Strom von fast reinem SO_2 abgegeben wird.

Ein altes und wohlbekanntes Verfahren zur Darstellung von reinem SO_2 ist die Erhitzung von Ferrosulfat mit Schwefel und ein wenig Luft, nach der Reaction:

$$2\,FeSO_4 + 2\,S + 3\,O = Fe_2O_3 + 4\,SO_2.$$

Dieses Verfahren ist als neu von Terrell patentirt worden (Engl. Pat. Nr. 5930, 1884), welcher es augenscheinlich besonders auf die Gewinnung einer guten Malerfarbe aus dem rückständigen Eisenoxyd absieht.

Ford (Amerik. Pat. Nr. 363457; Chem. Ztg. 1887, S. 721) verbrennt einfach Schwefel in vorher durch Schwefelsäure getrockneter Luft und läßt die Gase durch eine Schlange gehen, wo durch Abkühlung und Druck flüssiges Schwefeldioxyd condensirt wird. Es ist kaum einzusehen, worin die Neuheit des Verfahrens liegen soll.

Alle anderen Verfahren zur Darstellung von reinem, flüssigem Schwefeldioxyd sind durch dasjenige von Hänisch und Schröder in den Hintergrund gedrängt worden, welches die Darstellung jener Substanz auf sehr billigem Wege aus Gasen mit bis zu 4 Vol.-Proc. SO_2 herab gestattet, z. B. aus den Gasen aus den Eichhorn-Liebig-Oefen (S. 251) und in ähnlichen Fällen. Es ist kaum nöthig zu sagen, daß reichere Gase sich dafür noch besser eignen. Durch dieses Verfahren ist flüssiges Schwefeldioxyd ein billiger Handelsartikel geworden, den man in vielen Fällen im Großen anwenden kann, wo man früher nur gewöhnliches unreines Schwefligsäuregas anwenden konnte.

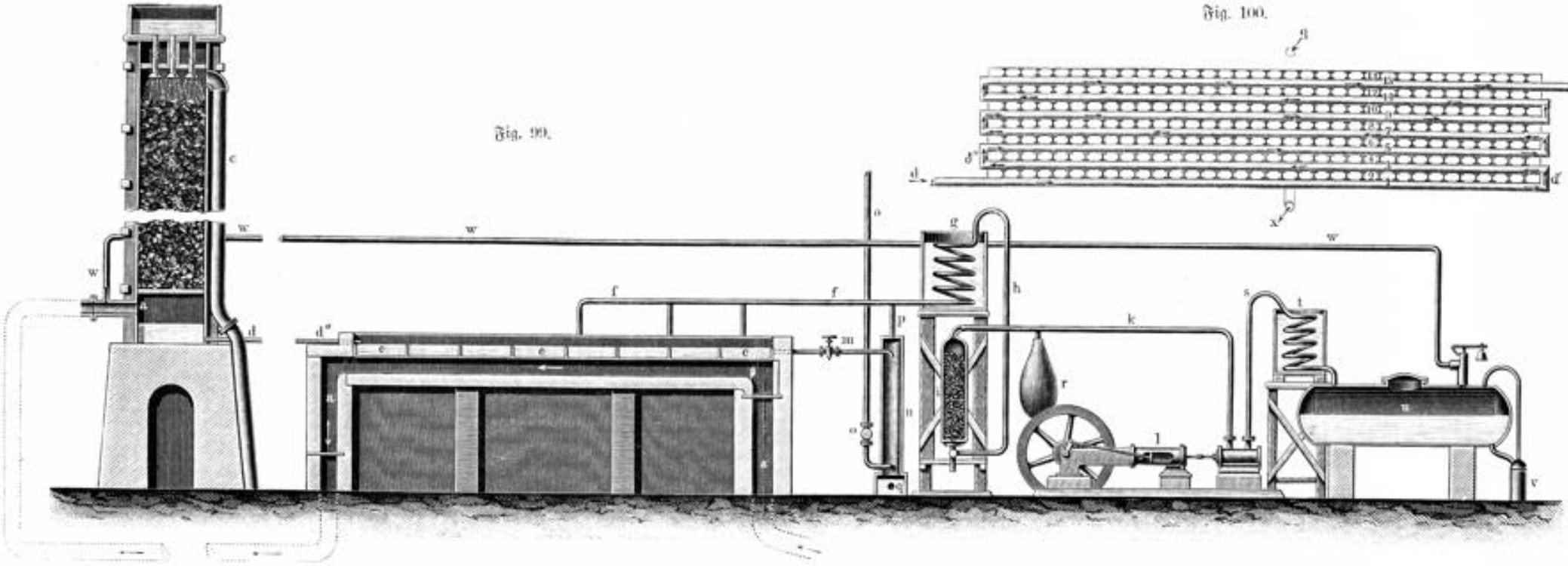
Das Verfahren von Hänisch und Schröder (Deutsch. Pat. Nr. 26181, 27581, 36721) beruht darauf, das SO_2 durch Wasser in einem gewöhnlichen Koksthurm zu absorbiren, und es aus der entstehenden schwachen Lösung durch Erhitzen in der Art auszutreiben, daß die latente Wärme des Wasserdampfes vollkommen ausgenutzt und eine verhältnißmäßig sehr kleine Menge Kohlen gebraucht wird. Die Erfinder geben eine Beschreibung des Verfahrens in der

Chem. Ind. 1884, S. 120, wo ſie darauf aufmerkſam machen, daß die Austreibung der SO_2 aus ihren Löſungen durch gleichzeitige Anwendung eines Luftſtromes ſehr erleichtert wird, und daß man auf dieſem Wege noch weit reichere Gaſe als durch Verbrennung von Rohſchwefel oder der beſten Pyrite erhalten kann, ſo daß man die Bleikammern viel kleiner machen, und durch dieſe Erſparniß die Koſten ihres eigenen Apparates zur Abſorption des SO_2 aus dünnen Gaſen und Wiederaustreibung deſſelben mehr als decken könne. Die Hoffnungen der Erfinder auf Verwerthung ihres Verfahrens in dieſer Richtung haben ſich allerdings nicht erfüllt: der geringſte Gehalt der Gaſe an SO_2, bei dem ihr Verfahren noch lohnend iſt, iſt 4 Proc., d. h. ein Gas, welches man auch ſonſt in Bleikammern ohne directen Geldverluſt in Schwefelſäure umſetzen kann. Wir geben deshalb hier die genauen Beſchreibungen und (ohnehin nur ſkizzenhaften) Zeichnungen aus den deutſchen Patenten in der Chemiſchen Induſtrie nicht wieder, ſondern geben aus den ſpäteren engliſchen und deutſchen Patenten die Beſchreibung des in der Praxis zur Darſtellung von *flüſſigem Schwefeldioxyd* angewendeten Apparates (vergl. Zeitſchr. f. angew. Chem. 1888, S. 448).

Die Röſtgaſe kommen in dem Canal *aa*, Fig. 99, an und nachdem ſie einen großen Theil ihrer Hitze an die Bleipfannen *ee* abgegeben haben, gehen ſie in den Koksthurm *b*, wo ſie mit ſo viel Waſſer behandelt werden, daß alle SO_2 ausgewaſchen wird und nur O und N aus *c* hinausgehen. Die Löſung der ſchwefligen Säure läuft aus dem Rohre *d* aus und geht zunächſt durch einen in Fig. 100 beſonders gezeichneten Apparat, wo ſie vorgewärmt wird, und dann der Reihe nach durch die bedeckten Bleipfannen *ee*, wo die Erhitzung durch die im Canal *aa* ankommenden heißen Röſtgaſe fortgeſetzt wird. Der Apparat Fig. 100 dient zur Anwärmung der kalten, ſauren Lauge durch die Hitze der in einem ſpäteren Stadium des Proceſſes entſtehenden Abfalllauge. Er iſt aus einer Anzahl von über einander geſchichteten Bleiplatten von 3 mm Dicke aufgebaut, welche eine große Oberfläche, entſprechend der Menge der zu behandelnden ſauren Laugen, darbieten. Dieſe Platten ſind in der Art mit einander verbunden, daß ſie eine Anzahl von über einander liegenden flachen Bleikammern von etwa 4 cm Tiefe bilden, welche in folgender Art mit einander communiciren. Die ſaure Lauge fließt durch *d* in die unterſte Kammer von links nach rechts; durch eine Seitenverbindung *d'*, welche die ganze Seitenkante der Kammer einnimmt, tritt ſie in die dritte Kammer, von da durch δ'' in Kammer 5, und ſo weiter in Kammer 7, 9 u. ſ. f., worauf ſie bei δ^7 herauskommt. Die Kammern 2, 4, 6, 8 u. ſ. f. dienen in gleicher Weiſe zum Abwärtslaufen der in einem ſpäteren Stadium des Proceſſes erhaltenen heißen Abfalllauge. Dieſe Lauge, welche bei *q* eintritt, fließt immer in rechtwinkliger Richtung zu der in den abwechſelnden Kammern aufſteigenden ſauren Lauge, ſo daß die Verbindungen für die Abfalllauge vorn und hinten in dem Apparate Fig. 100 angebracht ſind. Um eine Durchbiegung der Bleiplatten zu verhüten, ſind in jeder Kammer Bleiſtreifen angebracht, welche ſie verſteifen und welche in der Richtung des Flüſſigkeitsſtromes laufen. Da die dünnen Bleiplatten gute Wärmeleiter ſind, ſo wird die in den Kammern 1, 3, 5, 7 ꝛc. aufſteigende kalte ſaure Lauge allmälig angewärmt, während die heiße Abfalllauge bei ihrem Herabfließen durch die

Fig. 100.

Fig. 101.



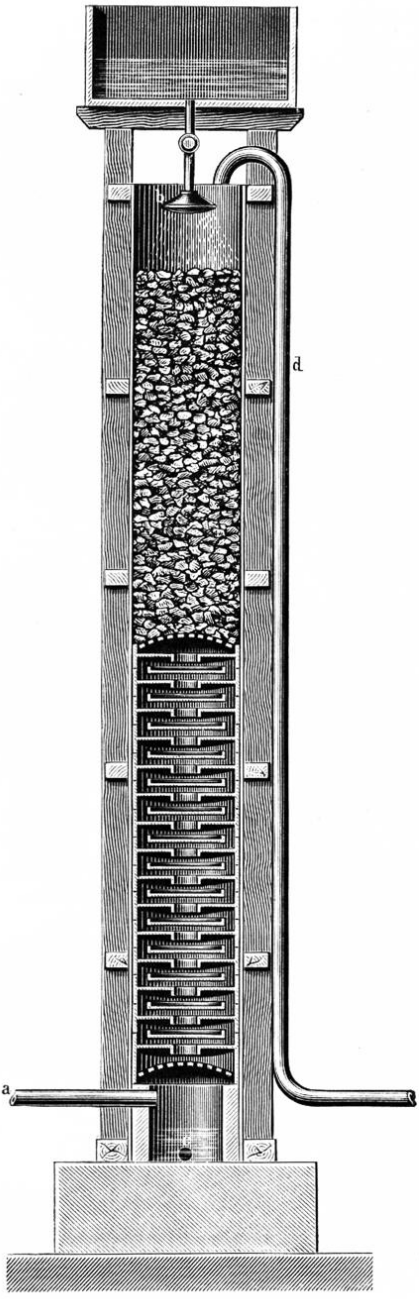
dazwischen liegenden Kammern ihre Hitze abgiebt. Natürlich muß immer ein gewisser Temperaturunterschied zwischen den beiden Laugen und daher ein Wärmeverlust bestehen, der von der Dauer der Berührung, der Tiefe der Flüssigkeitsschicht und der Schnelligkeit des Stromes abhängig ist. Bei Kammern von 4 bis 5 cm Tiefe, einem 10 bis 12 Minuten dauernden Gegenstrom und genügend großen Oberflächen wird der Temperaturunterschied etwa 10^0 sein, d. h. die kalte saure Flüssigkeit wird von 15^0 auf 85^0 angewärmt werden, während die heiße Abfalllauge von 95 bis 25^0 abgekühlt wird. Die kalte Abfalllauge läuft durch x ab.

Die vorgewärmte saure Lauge strömt nun der Reihe nach durch die bedeckten Bleipfannen ee, wo die Erhitzung in früher erwähnter Weise fortgesetzt wird, so daß der Siedepunkt erreicht wird. Die hier abgegebenen Gase und Dämpfe werden durch das Rohr f in die mit Wasser gekühlte Schlange g, und von hier durch das Rohr h in den Thurm i geführt, wo die letzte noch übrigbleibende Flüssigkeit durch trockenes Chlorcalcium oder besser durch mit Schwefelsäure befeuchteten Koks herausgenommen wird. Von hier geht das trockene SO_2 durch das Rohr k in die Pumpe l. — Die in den Pfannen ee zum Sieden erhitzte Lauge, welche noch immer etwas SO_2 enthält, strömt durch das Rohr m in die Colonne n, wo der Wasserdampf durch Einspritzung von kaltem Wasser großentheils verdichtet wird, während fast trockenes SO_2 in p aufsteigt und so ebenfalls in die Schlange g und darauf zu der Pumpe l gelangt. Die Colonne n soll hier mit größeren Einzelheiten gezeigt werden, wie sie in einem späteren Patent (Nr. 36721) beschrieben ist, und da diese Trennung einer Mischung von Wasserdampf und SO_2 von größerem Interesse ist, so sei das Verfahren ausführlicher erläutert. Es ist nicht leicht, große Mengen Wasserdampf von beigemengter SO_2 zu trennen. Indirecte Abkühlung durch äußere Anwendung von kaltem Wasser bedingt sehr große Bleiapparate und wirkt doch nur unvollkommen, da die Dämpfe ungehindert durch die mittleren Theile der Kühlschlangen oder anderweitig angewendeten Apparate streichen. Auch führt das verdichtete Wasser sehr viel SO_2 mit sich weg, wenn man nicht die Temperatur des Kühlapparates beinahe auf Siedhitze hält. Das neue Verfahren bewirkt die Abscheidung des Dampfes aus solchen Mischungen durch directe Einspritzung von kaltem Wasser, welche allerdings zunächst viel SO_2 condensirt. Wenn man aber die so gebildete saure Lösung der heißen Mischung von Wasserdampf und SO_2 im Gegenstrome begegnen läßt, so erhöht sich ihre Temperatur nach und nach und erreicht schließlich Siedhitze, und in gleichem Maße nimmt ihr Gehalt an SO_2 ab, so daß dieser bei 100^0 fast gleich Null ist. Folgende Tabelle zeigt die Verminderung des Gehaltes an SO_2 bei steigender Temperatur.

Gehalt der gesättigten Lösung an SO_2:

bei 20^0 . . .	8,6 Proc. SO_2	bei 70^0 . . .	2,6 Proc. SO_2
„ 30^0 . . .	7,4 „ „	„ 80^0 . . .	1,7 „ „
„ 40^0 . . .	6,1 „ „	„ 90^0 . . .	0,9 „ „
„ 50^0 . . .	4,9 „ „	„ 100^0 . . .	0,1 „ „
„ 60^0 . . .	3,7 „ „		

Fig. 101.



Wenn man die Einſpritzung des Waſſers ſo einrichtet, daß die abfließende Lauge 95° oder 100° warm iſt, ſo kann letztere, wie die Tabelle zeigt, keine erhebliche Menge SO_2 wegführen. Wenn andererſeits der Weg lang genug iſt, ſo muß der Waſſerdampf durch das eingeſpritzte kalte Waſſer vollſtändig verdichtet werden.

Dieſes Verfahren wird in dem in Fig. 101 gezeigten Apparate ausgeführt, beſtehend aus einer Bleicolonne, deren unterer Theil mit Steinzeugtellern, der obere Theil mit Koks ausgeſetzt iſt. Das Gemiſch von Waſſerdampf und SO_2 tritt durch das Rohr *a* ein und ſteigt in dem Thurme auf. Kaltes Waſſer wird durch die Brauſe *b* eingeſpritzt, es condenſirt ſowohl Waſſer als SO_2 und fließt als wäſſerige Löſung von Schwefligſäure herab. Sowie dieſe in den unteren Theil gelangt, trifft ſie immer neue Mengen von heißen Gaſen und Dämpfen und kommt am Boden 100° warm an. Hierbei giebt ſie die weiter oben abſorbirte SO_2 wieder ab und unten führt das Rohr *c* ſowohl das eingeſpritzte als das aus dem Dampf condenſirte Waſſer ab. Nach einiger Zeit des Betriebes und bei richtig geregelter Speiſung ſteigt die Temperatur des Waſſers von oben nach unten ganz regelmäßig bis zum Siedepunkt und vermindert ſich ſein Gehalt an SO_2 in demſelben Verhältniß; aber die Menge der SO_2 in dem oberen Theile iſt ſo bedeutend, daß das eingeſpritzte Waſſer ſie nicht vollſtändig aufnehmen kann und ſomit das Rohr *d* einen continuirlichen Strom von gasförmigem, von Waſſerdampf befreitem SO_2 abführt. Die Tellerform der Thontheile in der unteren Hälfte des Thurmes hat

den Vortheil, die herabfließende Lauge etwas aufzuhalten und ſie dabei der Hitze des aufſteigenden Dampfes auszuſetzen; aber ſtatt deſſen kann man auch durchweg Koks anwenden, wenn man den Thurm hoch genug macht. Ein verbeſſerter Thurm zum Kochen von Schwefligſäurelöſungen iſt von Hänisch patentirt worden (Deutſch. Pat. Nr. 52025).

Wenn wir zu Fig. 99 zurückkehren, ſo ſehen wir, daß das in der Schlange *g* condenſirte Waſſer ebenfalls nach dem Thurm *n* kommt und dort ſein SO_2 abgiebt. Die heiße erſchöpfte Lauge läuft unten durch *q* ab und wird, wie oben erwähnt, zur Vorwärmung der kalten ſauren Lauge im Apparate Fig. 100 verwendet, wo der Eintritt des Rohres *q* ſichtbar iſt. Um die Compreſſion des gasförmigen SO_2 zu einer Flüſſigkeit zu reguliren, iſt der Taffetſack *r* in die Röhre *k* eingeſchaltet, und wird die Bewegung der Pumpe *l* nach der Größe dieſes Sackes regulirt. Das comprimirte Gas tritt durch *s* in die Schlange *t* ein und wird dort verflüſſigt; aus *t* läuft die Flüſſigkeit in den ſchmiedeeiſernen Keſſel *u*, aus dem ſie in die eiſernen Flaſchen *v* oder in Keſſelwagen abgelaſſen wird. Um ſich der ſtets mitgeriſſenen Mengen von Sauerſtoff und Stickſtoff zu entledigen, iſt der Keſſel *u* mit einem Abzugsrohr *w* verſehen, das mit *u* durch ein Ventil verbunden iſt; die Gaſe werden von hier in den Abſorptionsthurm *b* zurückgeführt.

Fig. 102.

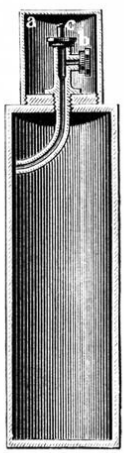
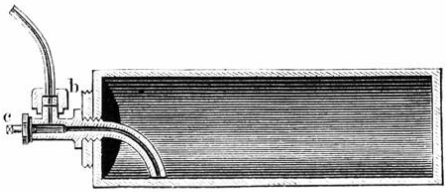


Fig. 103.



Das flüſſige Schwefeldioxyd wird in eiſernen cylindriſchen Flaſchen von 50 oder 100 kg Inhalt, oder in Keſſelwagen von 10 Tons Inhalt verſendet. Die erſteren ſind in Fig. 102 und 103 gezeigt. Bei der Verſendung iſt das Auslaßventil durch eine Kappe *a* geſchützt. Vor dem Gebrauche wird dieſe entfernt, ebenſo auch die kleine Kappe auf dem Stutzen *b*. Wenn man nun die Spindel des Schraubenventils *c* mittelſt eines Schlüſſels dreht, ſo entweicht das SO_2 in Gasform durch die Oeffnung *b*. Die Stopfbüchſe oder das ganze Ventil dürfen nicht abgenommen werden. Nach einiger Zeit ſinkt durch die Verdunſtung von SO_2 die Temperatur auf $-10°$, ſo daß kein Gas mehr entweicht, bis der Apparat wieder Wärme von außen aufgenommen hat.

Wenn man das Schwefeldioxyd in flüſſiger Form abziehen will, ſo legt man die Flaſche auf die Seite (Fig. 103) in ſolcher Stellung, daß der Stutzen *b* nach oben kommt. Der Dampfdruck preßt dann das SO_2 aus *b* heraus, und die gebogene Röhre im Inneren der Flaſche geſtattet, ihren ganzen Inhalt an flüſſigem SO_2 abzugeben. Man kann dieſe Subſtanz durch ein an *b* angeſchraubtes Bleirohr oder ſelbſt durch einen Kautſchukſchlauch fortleiten. Die Flaſchen werden auf 50 Atmoſphären Druck geprüft, ſo daß ihre Verſendung ohne irgend welche Gefahr geſchehen kann, da die Dampfſpannung der SO_2 beträgt:

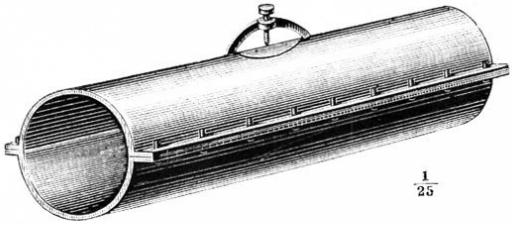
0	Atmosphären	Ueberdruck bei	-10^0
0,53	„	„ „	0^0
1,26	„	„ „	$+10^0$
2,24	„	„ „	$+20^0$
3,51	„	„ „	$+30^0$
5,15	„	„ „	$+40^0$

Immerhin ist es räthlich, die Flüssigkeit an einem Orte aufzubewahren, wo ihre Temperatur nicht über 40^0 steigen kann.

Die Leitungscanäle von den Kiesbrennern nach dem Gloverthurm

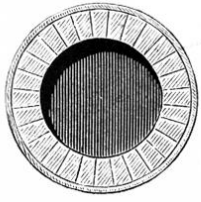
oder den Kammern selbst können nur so weit aus Mauerwerk errichtet werden, als die Gase heiß genug sind, um eine Condensation von Säure nicht befürchten zu müssen. In den Gascanälen über den Brennern, den aufrechten Schächten, den Flugstaubkammern, wird dies noch nicht der Fall sein. Weiterhin aber müssen die Leitungen aus Gußeisen und noch weiter aus Blei gemacht werden. Die Ableitung der Gase geschieht gewöhnlich in großen gußeisernen Röhren, welchen man zweckmäßig folgende Form giebt, wie sie Fig. 104 zeigt, um die obere Hälfte

Fig. 104.



$\frac{1}{25}$

Fig. 105.



$\frac{1}{25}$

unabhängig von der unteren auswechseln oder auch nur zum Reinigen ausheben zu können; zu dem letzteren Zweck sind übrigens auch hier und da Mannlöcher angebracht.

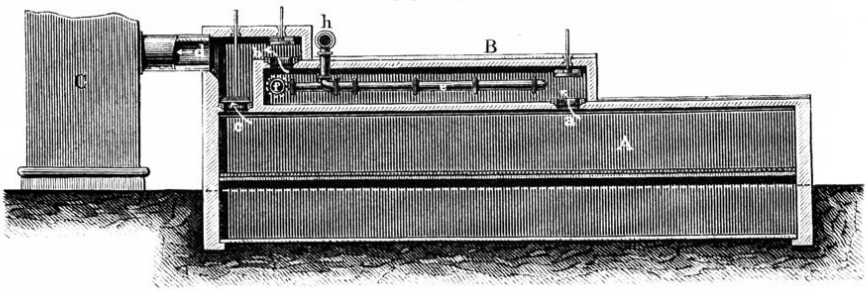
Für eine Batterie von 12 bis 18 Oefen genügt ein Rohr von 60 cm lichtem Durchmesser; bei größeren Entfernungen oder für mehr Oefen muß man es weiter nehmen, und man findet sie 90 cm und darüber weit. Nur selten findet man die Röhren so viel weiter gegossen, daß man sie inwendig mit feuerfesten Ziegeln aussetzen kann, wie es Fig. 105 zeigt; die Abkühlung ist dann sehr schlecht und die Anlage ist viel theurer. Zuweilen, namentlich bei ganz großen und weiten Leitungen, findet man auch Canäle von quadratischem oder oblongem Querschnitt, sei es von Schmiedeeisen oder Gußeisen, immer aber von Eisen, da gemauerte Canäle gar zu schlecht halten. Nur für senkrechte Leitungen und für Flugstaubkammern wird Mauerwerk angewendet, und zwar aus mit Theer getränkten und mit Theer und Sand vermörtelten Ziegeln.

Thonröhren kann man auch nur weiterhin anwenden (meist nur zur directen Einführung in den Gloverthurm).

Senkrechte Röhren oder Schächte wirken als Kamine; wo also kein Gloverthurm vorhanden ist, führt man solche Schächte bis an die Decke der ersten Kammer.

Das aus den Kiesöfen (oder auch den Schwefelbrennern) fortgehende Gas ist viel zu heiß, um direct in die Kammern eingeführt zu werden; es sollte nicht über 60 bis 80° heiß sein, und muß also abgekühlt werden. In manchen Fabriken wurde früher die nöthige Abkühlung der Gase dadurch hervorgebracht, daß man den Canal von den Oefen nach den Kammern sehr lang machte, bis auf 100 m; dies ist aber theuer und unbequem in der Anlage. In anderen Fällen bewirkte man Abkühlung durch Anbringung von Wasserbehältern auf den Röhren (welche dann besser eckigen Querschnitt haben), in anderen Bleicylinder mit eisernem Mantel und Wasserkühlung in dem ringförmigen Raume dazwischen. Auch noch complicirtere Kühlvorrichtungen sind angewendet worden, aber es soll auf ihre Beschreibung hier nicht weiter eingegangen werden, weil es auf ihre specielle Construction wenig ankommt, und weil sie bei Anwendung eines Gloverthurmes doch fortfallen. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß die Gase

Fig. 106.



namentlich der Kiesöfen durch ihren Gehalt an SO_3 und SO_4H_2, respective von Stickstoffsäuren, sehr corrosiv wirken, was aber nur bei ihrer Abkühlung hervortritt; gerade, wenn die Abkühlung recht gut ist, wird Metall und Mauerwerk am allermeisten angegriffen. Dieser Uebelstand wird durch Anwendung des Gloverthurms völlig vermieden, während er bei der Abkühlung durch Säuredampfpfannen noch existirt, da das Mauerwerk der Züge dann speciell von säurefestem Material sein muß, um nicht sehr schnell zerfressen zu werden.

Die einzig rationelle Art der Gaskühlung ist jedenfalls die, daß man die Wärme der Gase nützlich verwendet, und zwar ist die am nächsten liegende und in allen besseren Fabriken durchgängig angewendete Verwendung die zur Concentration der Kammersäure. Das kann durch verschiedene Mittel geschehen; theils durch auf die Kiesöfen und Gascanäle gesetzte Bleipfannen, theils im Gloverthurm. Das Nähere darüber gehört aber erst in folgende Capitel.

Zuweilen wird aber noch eine anderweitige Verwerthung der Wärme erreicht, wie z. B. in der Düngerfabrik von H. und E. Albert zu Biebrich a. Rh. (Engl. Pat. von Albert, Fellner und Ziegler, Nr. 15980; Zeitschr. f.

angew. Chem. 1889, S. 287). Auf jedem Kiesbrenner *A* (Fig. 106, a. v. S.) ist eine Gaskammer *B*; die Röstgase treten durch mit Absperrventilen versehene Oeffnungen *a* ein, und durch ähnliche Oeffnungen *b* in die zum Gloverthurm *C* führende Röhre *d*; eine dritte Oeffnung *c* gestattet, die Gase direct nach *d* und *C* zu leiten. In jeder der Kammern *B* befinden sich horizontale Gußeisenröhren *e*, welche sich von einem Hauptrohr *f* abzweigen, in welches Luft durch einen Ventilator eingeblasen wird. Diese der Hitze der Röstgase ausgesetzte Luft wird selbst erwärmt und verläßt die Kammern, um durch das Hauptrohr *h* fortgeleitet und dann zum Trocknen von Superphosphat verwendet zu werden. In der Fabrik zu Biebrich wird die Luft auf 100° erwärmt; aber man kann sie weniger oder mehr (bis auf 135°) erwärmen, indem man die Schnelligkeit des Ventilators entsprechend regulirt. Das durch *d* in den Gloverthurm *C* eintretende Gas ist noch heiß genug, um die ganze Concentrations- und Denitrirungsarbeit auszuführen; die Gloverthürme werden weniger überhitzt und brauchen weniger Reparaturen als früher; die Säure fließt aus ihnen nur mit 115 bis 120° ab, während sie sonst 140° warm war, und erfordert also weniger Kühlung für die Gay-Lussacthürme. Die Ersparniß an Kohlen für die Trockenthürme beläuft sich auf 5 Tons pro Tag.

In den Gascanälen setzt sich immer Flugstaub ab, und zwar bedeutend mehr bei Anwendung von Erzklein als von Stückerz, namentlich bei solchen Oefen, in denen der Staub mechanisch bewegt wird. In solchen Fällen sind besondere Flugstaubkammern ganz unentbehrlich, wie es schon früher bei Beschreibung der betreffenden Oefen bemerkt worden ist. Aber auch bei Stückkies ist es von Zeit zu Zeit nöthig, die Leitungscanäle und Röhren auszuräumen, weil sie sich sonst ganz verstopfen würden. In manchen Fabriken geschieht dies alle Monate, in anderen seltener. Zu lange sollte man es nie anstehen lassen; sonst verkittet sich der Absatz zu einer steinharten Masse, welche ohne Unterbrechung des Betriebes gar nicht herauszubekommen ist.

Die Zusammensetzung des Flugstaubes ist natürlich äußerst wechselnd, und selbst seine physikalische Natur wechselt von derjenigen trockenen, leichten Staubes bis zu der eines dicken, stark sauren Schlammes. Solcher Natur muß z. B. der von Clapham analysirte Absatz gewesen sein (Richardson und Watts, Chemical Technology, vol. I, part III, p. 73):

Sand ꝛc.	2,333
Bleioxyd	1,683
Eisenoxyd	3,700
Kupferoxyd	Spur
Zinkoxyd	Spur
Arsenige Säure	58,777
Schwefelsäure	25,266
Salpetersäure	Spur
Wasser	8,000
	99,759

Es könnte aber auch dieſer Abſatz ähnlich dem von Reich gefundenen geweſen ſein (Erdm. Journ. **90**, 176), der in der Muldener Hütte einen kryſtalliſirten Flugſtaub von gleichen Molecülen arſeniger Säure und Schwefelſäure fand. Dr. Reidemeiſter in Schönebeck hat ähnliche Abſätze häufig beobachtet.

D. Playfair (Chem. News **39**, 245) fand in Flugſtaub von Pyritöfen weſentlich Arſen, Antimon, Blei, Kupfer, Eiſen; an Thallium war 0,002 bis 0,05, an Tellur und Selen 0,001 Proc. zugegen. Er beſchreibt die von ihm angewendeten Analyſenmethoden im Einzelnen.

In anderen Fällen iſt der Flugſtaub trockener Natur, er beſteht großentheils aus mechaniſch fortgeriſſenem Pyritſtaub, welcher aber beſſer verbrannt iſt, als derjenige im Ofen ſelbſt (Bode, Beiträge zur Theorie und Praxis, S. 41). Faſt immer findet ſich dann Arſenik, oft in ſo großer Quantität, daß es mit Leichtigkeit als kryſtalliniſcher Gemengtheil mit bloßem Auge bemerkt werden kann.

H. A. Smith (Chemie der Schwefelſäurefabrikation, überſetzt von Bode, S. 9) fand darin 46,360 Proc. arſenige Säure, neben einer großen Maſſe von Schwefel im klebrigen Zuſtande — letzterer natürlich durch Sublimation aus dem Pyrit bei ſehr ſchlechter Leitung des Betriebes entſtanden.

Auch für Thallium iſt der Flugſtaub eine Hauptquelle (ſ. d.) und auch Selen findet ſich in demſelben, wo es in den Pyriten reichlicher vorkommt.

Der Flugſtaub vom Röſten der Blende hat natürlich eine ganz andere Zuſammenſetzung, als der vom Röſten des Pyrits. Solcher Flugſtaub enthielt nach Fiſcher's Jahresber. 1882, S. 273:

	I.		II.	
Zinkoxyd, unlöslich	8,40	26,20	8,20	20,20
„ in löſl. Verbindungen .	17,80		12,00	
Eiſenoxydul, löslich	2,16		2,52	
Eiſenoxyd, „	2,40		4,20	
Bleioxyd	3,38		4,26	
Schwefelſäure, unlöslich	6,46	26,89	8,04	26,88
„ löslich	20,43		18,84	
Waſſer	6,59		9,00	
Rückſtand (weſentlich Eiſenoxyd) .	31,80		32,42	
	99,42		99,58	

Bellingrodt (Chem. Ztg. 1886, S. 1039) fand in Flugſtaub vom Röſten der Blende in Oberhauſen eine ſolche Menge von Queckſilber, daß deſſen Gewinnung lohnend erſchien.

G. Krauſe (Deutſch. Pat. Nr. 55 676) will den Flugſtaub von Zinkblende-Röſtöfen dadurch nutzbar machen, daß er ihn mit Waſſer auslaugt und das in Löſung gehende Zink- und Eiſenſulfat mit kohlenſaurem Natron, Kali oder Ammoniak fällt, wodurch Zinkcarbonat fällt und Alkaliſulfat in Löſung geht; oder aber ſo, daß er die Löſung mit Bariumnitrat fällt und die neue Löſung von Zink- und Eiſennitrat mit den oben genannten kohlenſauren Alkalien behandelt. (Aus der Patentbeſchreibung iſt nicht zu erſehen, wie ein ſolches Verfahren ökonomiſch vortheilhaft gemacht werden könnte.)

Wo die Menge des Flugstaubes groß ist, was hauptsächlich bei arsenikalischen Erzen der Fall ist, aber auch bei manchen der Feinkiesöfen eintritt, reichen die gewöhnlichen Staubkammern nicht aus, welche ja gewöhnlich nur Erweiterungen des Gascanals sind (vergl. z. B. Schaffner's Etagenofen, S. 234); man muß dann besondere Einrichtungen anwenden. Diese Sache ist in den Bleihütten und anderen Metallhütten gründlich durchprobirt, und sehr viele Apparate sind zu diesem Zwecke construirt worden. Eine vollständige Zusammenstellung derselben ist in der Broschüre von C. A. Hering: „Die Verdichtung des Hüttenrauches" (Stuttgart 1888), S. 8 bis 36 gegeben. Viele der in Bleihütten und dergleichen angewendeten Vorrichtungen sind für Kiesöfen nicht brauchbar, weil sie aus Eisen construirt sind. Aber die allgemeinen Principien bleiben immer dieselben: Der Flugstaub muß zum Absetzen gebracht werden durch Abkühlung,

Fig. 107.

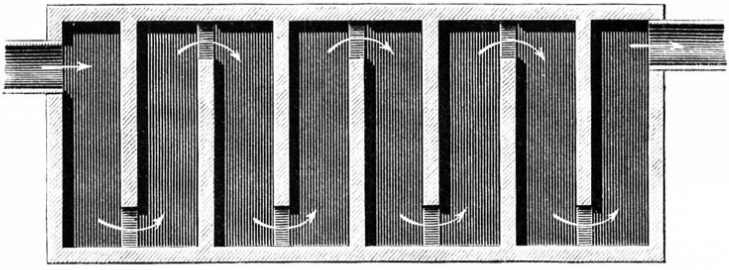
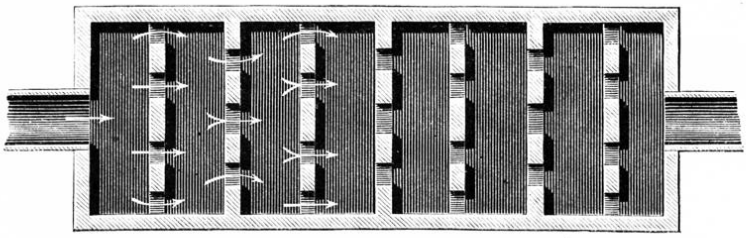


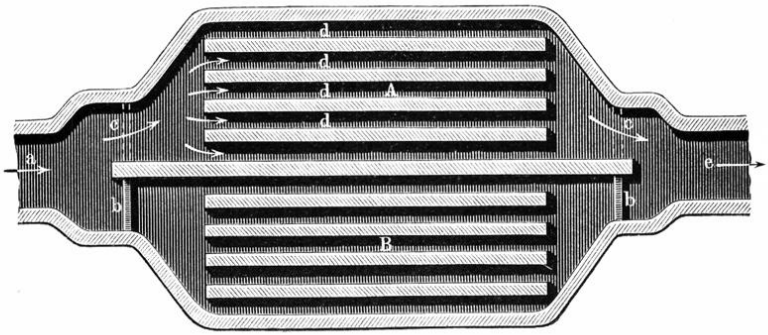
Fig. 108.



durch Verminderung der Geschwindigkeit des Gasstromes und dadurch, daß man ihm große Oberflächen darbietet, an denen er anhaften kann. Alle diese Bedingungen werden mehr oder minder dadurch erfüllt, daß man die Gascanäle genügend lang und weit macht, aber dies genügt nicht für schlimme Fälle, besonders bei arsenikalischen Erzen. Der Fall wird hier dadurch complicirt, daß die Abkühlung der Gase dem Kammerprocesse schaden kann und daß die langen Canäle, besonders die im Zickzack geführten oder mit Anprallwänden versehenen, den Zug sehr stören. Der letzterwähnte Nachtheil ist sehr verringert worden, seitdem man erkannt hat, daß es unnöthig ist, die Gase in Canälen, wie die in Fig. 107 und 108 skizzirten, zu führen (in der ersten Figur kann die Zeichnung nach Belieben für einen Grundriß oder einen Längsschnitt genommen werden), wo der Gasstrom fortwährend an feste Oberflächen anprallt, daß man vielmehr

die Verdichtungsoberflächen in der Richtung des Stromes ſelbſt anordnen kann, wo ſie dem Staub Gelegenheit geben, ſich daran anzuſetzen, ohne doch den Zug zu ſtören. Fig. 109 zeigt, wie dies in ſolcher Art geſchehen kann, daß der Flug-

Fig. 109.



ſtaub ohne Unterbrechung des Proceſſes ausgeräumt werden kann. Die durch *a* ankommenden Gaſe werden mittelſt Schieber entweder durch die Kammer *A* oder durch *B* geleitet. Im vorliegenden Falle ſind die Schieber *b b* geſchloſſen, die Gaſe gehen alſo durch *A*. Jede Kammer iſt durch dünne Wände *d d* in der

Fig. 110.

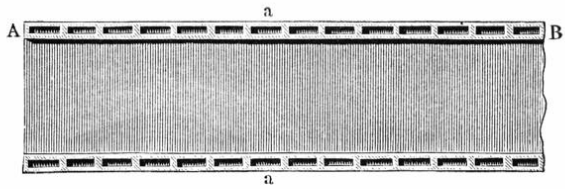
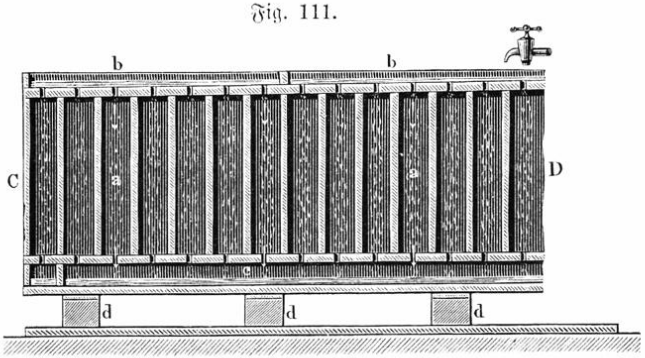


Fig. 111.



Länge nach parallel laufende Canäle getheilt; dieſe Wände können aus Mauerwerk, Thonplatten, Blei u. dergl. conſtruirt ſein. Das Gas wird in dieſem Falle keine weitere Behinderung des Zuges als durch die unvermeidliche Reibung erleiden, und die Theilſtröme vereinigen ſich wieder bei *e* in einen einzigen

Hauptſtrom. Wenn die Kammer *A* zu ſehr mit Staub angefüllt iſt, öffnet man die Schieber *bb*, ſchließt die Schieber *cc* und läßt nun die Gaſe durch *B* ſtreichen, ſo daß man die Kammer *A* inzwiſchen von der Anſammlung von Flugſtaub befreien kann.

In vielen Fällen muß man zur Beſeitigung des Flugſtaubes die Gaſe auch noch künſtlich abkühlen. Dies geſchieht zu Freiberg durch einen eigenthümlichen mit Waſſerkühlung verſehenen Canal, der in Fig. 110 und 111 (a. v. S.) gezeigt iſt, wovon die zweite einen Längsſchnitt nach der Linie *AB*, die erſte einen Horizontalſchnitt nach *CD* vorſtellt. Die Seitenwände des Canals werden durch eine große Anzahl von flachen Röhren *aa* gebildet, welche mit den Schmalſeiten an einander gelöthet ſind. Auf der Decke ſteht ein niedriger Trog *b*, der mit einem beſtändigen Strome von Waſſer verſehen iſt, welches durch die in der Zeichnung gezeigten Löcher in die Räume *aa* und von dieſen durch andere Löcher in den gemeinſamen Längscanal *c* fließt. Der Boden des Canals hat keine Waſſerkühlung, aber da er auf den Mäuerchen *dd* ruht, ſo iſt er der Luftkühlung ausgeſetzt. Dieſe Kühlcanäle ſind ſehr koſtſpielig in der Anlage, verrichten aber ihre Dienſte ſehr gut und brauchen faſt nie Reparaturen (Einzelheiten in dem Freiberger Jahrbuch 1879, S. 151, Taf. XII). Von den 2 bis $2^1/_2$ Proc. Arſen, welches im Durchſchnitt in den Freiberger Erzen enthalten iſt, werden 97 Proc. in dieſen langen Canälen verdichtet, wobei das Gas ſchließlich auf die äußere Lufttemperatur abgekühlt wird.

Fünftes Capitel.

Die Röſtgaſe.

Die Zuſammenſetzung der beim Röſtproceß entſtehenden Gaſe

iſt von Schwarzenberg ſowohl für Schwefel als für Schwefelkies genau berechnet worden, und wollen wir zunächſt dieſe Berechnung mit ſeinen eigenen Worten wiedergeben, mit wenigen unweſentlichen Aenderungen (z. B. in den Atomgewichten). Dabei iſt zugleich auf den Zug Rückſicht genommen und erwieſen, wie derſelbe unter normalen Umſtänden erzeugt wird, und es ſind auch die nöthigen Luftmengen zur Speiſung der Oefen angegeben.

1. Zuſammenſetzung der Röſtgaſe, Zugkraft und nöthige Luftmengen bei der Verbrennung von Schwefel.

Die Zugkraft, durch welche die Luft in den Schwefelbrenner eingeführt und das darin gebildete Gasgemenge reſp. deſſen nach der Bildung der Schwefelſäure