



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.



Chem 8998.72

Harvard College Library



FROM THE LIBRARY OF

WOLCOTT GIBBS

RUMFORD PROFESSOR

1863-1908

RECEIVED MARCH 5, 1909

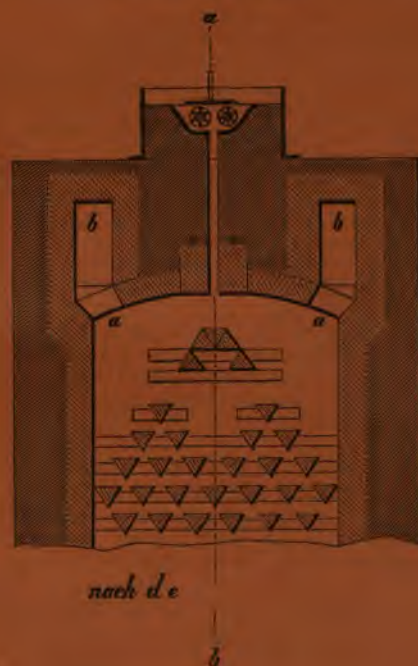
SCIENCE CENTER LIBRARY

over

de 8998,72

BEITRÄGE ZUR THEORIE UND PRAXIS
DER
SCHWEFELSÄURE-FABRIKATION

VON
FRIEDRICH BODE,
INGENIEUR UND ASSISTENT IN M. GERSTENHOEFER'S TECHNISCHEM BUREAU;
FREIBERG IN SACHSEN.



BERLIN.
VERLAG VON ROBERT OPPENHEIM.
1872

Von April 1872 ab erscheint im Verlage von Robert Oppenheim
in Berlin:

Kurzes chemisches Handwörterbuch

zum Gebrauch für

Chemiker, Techniker, Aerzte, Pharmaceuten, Lehrer
und für

Freunde der Naturwissenschaft überhaupt,

herausgegeben von

Dr. Otto Dammer.

In 12 — 13 monatlichen Lieferungen von je 4 Bogen gr. Lex. - 8.
zum Preise von 12 Sgr pr. Lieferung.

Die Thatsache, daß gegenüber den zahlreichen Lehrbüchern der Chemie es bisher bei uns kein Werk gab, welches in nicht zu ausgedehntem Rahmen und bei mässigem Preise alle jene anerkannten Vortheile gewährt, die ein handliches, das ausserordentlich reichhaltige Material in alphabetischer Anordnung umfassendes Nachschlagebuch bietet, veranlaßten Verfasser und Verleger zur Schöpfung eines Unternehmens, welchem unzweifelhaft die verschiedensten Berufskreise ein lebhaftes Interesse entgegengetragen werden.

Keine Wissenschaft greift heut zu Tage gleich der Chemie in fast jeden Erwerbszweig ein und handelte es sich daher darum, ein Werk zu schaffen, welches dem praktischen Bedürfniss des Chemikers und Technikers, des Arztes, des Pharmaceuten und des Lehrers, sowie auch eines Jeden zu entsprechen sucht, welcher sich für die Naturwissenschaften interessirt und über chemische Verhältnisse Aufklärung sucht.

Das grosse Handwörterbuch der Chemie von Liebig und Poggen-
dorff, welches gegenwärtig in neuer, von Prof. Fehling bearbeiteter
Auflage erscheint, wird allerdings allseitigen Anforderungen Rechnung
tragen, aber abgesehen von der erst in Jahren zu erwartenden Voll-
endung des Werkes, durch seinen Umfang und den entsprechenden
Preis einem nur verhältnissmässig kleinen Kreise zugänglich sein.
Dasselbe hat in England und Frankreich mehrfache Nachahmung ge-
funden, doch beschränkten sich die fremdländischen Autoren auf die
Veröffentlichung von Werken, die nach Ausdehnung und Preis einen
grösseren Abnehmerkreis gewinnen konnten, und solchem Beispiele,
aber ohne Anlehnung an irgend eines dieser Werke zu folgen, ist die
Absicht des Verfassers.

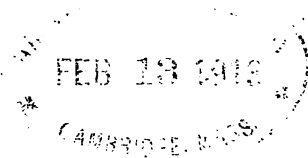
Den das Unternehmen leitenden Gedanken anlangend, so sind aus
der überwältigend grossen Zahl chemischer Verbindungen diejenigen
ausgewählt worden, welche in irgend einer Weise praktische Bedeutung
haben und ausserdem alle, an welche sich ein hervorragendes theore-
tisches oder naturgeschichtliches Interesse knüpft. Es findet mithin
neben der reinen Chemie ebensowohl die technische und pharmaceuti-
sche, als auch die Chemie der Thiere, Pflanzen und der Mineralien
volle Berücksichtigung und mit Sorgfalt sind die Angaben so zusammen-

BEITRÄGE
ZUR
THEORIE UND PRAXIS
DER
SCHWEFELSÄURE-FABRIKATION

VON
FRIEDRICH BODE,
INGENIEUR UND ASSISTENT IN M. GERSTENHOEFER'S TECHNISCHEN BUREAU;
FREIBERG IN SACHSEN.

BERLIN.
VERLAG VON ROBERT OPPENHEIM.
1872.

Chem 8998.72



Received of
Prof. William L. Miller
Cambridge, Mass.

I n h a l t.

	Seite
I. Wärmeentwicklung bei der Verbrennung verschiedener Schwefelmetalle	4
II. Beleuchtung einiger dem Schüttofen gemachten Vorwürfe .	32
III. Betrachtungen über die Röstung einiger Schwefelmetalle mit Rücksicht auf ihre Verröstung in Schüttöfen und nachfolgender Schwefelsäurefabrikation	63
1. Bleiglanz	63
2. Zinkblende	71
3. Rohstein (Mansfelder)	83
4. Konzentrationsstein oder Spurstein (Mansfelder) .	87
5. Einfach-Schwefeleisen	89
6. Schwefelkies	91
IV. Verbesserungen an den Schüttöfen	97
1. Zum Ziehen der Abbrände	97
2. Abänderungen zur Verminderung der Flugstaubmengen	105
3. Luftzuführung	105
V. Vergleichende Betrachtung einiger anderer Röstöfen für alleinige oder theilweise Verbrennung von klaren Schwefelkiesen oder anderen klaren Schwefelmetallen . . .	110
Statistik des Schüttofens	128

Der weitaus grösste Theil der heute in Deutschland dargestellten Schwefelsäure wird nicht mehr aus Schwefel, sondern aus Schwefelmetallen erhalten, die natürlich vorkommen oder künstlich gewonnen werden. Mit der Verwendung von Schwefelkies beginnend, ist man zu kupferhaltigen Schwefelkiesen übergegangen, es folgte dann die Anwendung von blendigen und glänzigen Kiesen, ferner von Hüttenprodukten, wie Kupferrohstein in Mansfeld und Swansea und gegenwärtig verarbeiten die Freiburger Hütten, woran vor einigen Jahren vielleicht noch Keiner gedacht hätte, sogar arme Bleisteine von etwa 22 Proc. Schwefelgehalt.

Von der Benutzung des Bleiglanzes auf Schwefelsäure wird wohl, aus später zu entwickelnden Gründen, für immer abzusehen sein. Dagegen muss die Zinkblende, obgleich ihre Benutzung bisher nur in ganz vereinzeltten Fällen und noch nicht mit dem Erfolg, den man erwarten darf, versucht worden ist, als ein Material bezeichnet werden, welches unter geeigneten Verhältnissen rentabel zur Schwefelsäurefabrikation gebraucht werden kann.

Obschon sonach nicht mehr die Verbrennung von Schwefel als solchem, sondern die Abröstung von Schwefelmetallen im Vordergrund der Praxis der Schwefelsäurefabrikation steht, so sind gleichwohl die Angaben, welche die besten der vorhandenen Lehr- und Handbücher über

die anzuwendenden oder angewendeten Oefen zur Ab-
röstung der Schwefelmetalle machen, sehr wenig voll-
ständig und nicht befriedigend. Meistentheils findet man
eine wahre Musterkarte von Oefen angeführt, die ent-
weder lange abgeschafft sind oder doch lange abge-
schafft sein könnten, insbesondere vermisst man, auch in
den ausführlichen Werken, Angaben darüber, welche
Gesichtspunkte bei Anlage der Röstöfen hinsichtlich der
besten Entschwefelung zu beobachten sind und welche
Anforderungen man an die Anordnung, Aufstellung und
Konstruktion der Röstöfen in Hinsicht auf die bequemste
Ausführung der vorkommenden Manipulationen zu stel-
len hat.

Der Röstprozess, diese wichtige Einleitung zum
Bleikammerprozess, wird fast durchweg mit Stillschwei-
gen übergangen. —

Die zur Schwefelsäurefabrikation benutzten Schwefel-
metalle liegen in den meisten Fällen und auch der grös-
seren Menge nach, in Stücken, als sogenanntes Stuff-
werk, vor; seltener in feiner Form, als Schliege. Nur
in Bezug auf die zur Verbrennung von Schliegen an-
zuwendenden oder angewendeten Oefen beabsichtige ich,
in den nachfolgenden Blättern etwas ausführlich abzu-
handeln. Es haben jedoch hin und wieder auch Be-
merkungen über Oefen für Stuffwerk Platz gefunden.

Feine Schwefelmetalle kann man entweder in Muffel-
öfen mit Anwendung von Brennmaterial oder in Oefen
mit der vom verbrennenden Schwefelmetall selbst gelie-
fertten Hitze abrösten. Es dürfte heutzutage wohl kaum
noch Jemand ernstlich daran denken, eine zur Gewin-
nung von schwefliger Säure für Bleikammern vorzu-
nehmende Röstung von feinen Materialien (etwa Zink-
blende ausgenommen, aber auch da ist es noch sehr

fraglich, ob es anders nicht vortheilhafter ist) mit Anwendung von Brennmaterial in einem Gefäßsofen auszuführen. Die Zahl der Oefen, in denen Schliege selbstständig verbrannt werden können, ist beschränkt. Streng genommen giebt es eigentlich nur Einen solchen Ofen, das ist der Schüttofen von Gerstenhöfer. Denn bei zwei anderen Apparaten, die zur Schliegverbrennung angegeben sind, muss man Stufwerk als Brennmaterial ansehen, ohne welches die Schliegverbrennung nicht möglich ist.

Der Gerstenhöfer'sche Schüttofen, bei seinem Erscheinen allgemein bewillkommnet, hat reichlich Gelegenheit gehabt, sich im Laufe von acht Jahren in der Praxis einzubürgern und zu erproben. Gleichwohl ist er in letzter Zeit theils wegen übertriebener Anforderungen, theils bei Gelegenheit neu auftauchender Oefen, die ähnliche Zwecke verfolgten, Gegenstand von Angriffen gewesen.

Ich werde, nach Vorausschickung von einigen allgemeinen Betrachtungen über die Röstung verschiedener Schwefelmetalle, im Folgenden diese Angriffe widerlegen oder auf ihr richtiges Mass zurückführen, die Verbesserungen erwähnen, welcher der Gerstenhöfer'sche Ofen erfahren hat und endlich die neueren Röstöfen besprechen, welche ebenfalls zur Schliegverbrennung angegeben sind. Es wird mir dabei vielfach Gelegenheit gegeben sein, auch andere Punkte aus der Technik der Schwefelsäurefabrikation zu berühren und damit um so mehr dem Titel gerecht zu werden, welcher diesen Blättern vorgesetzt wurde.

I. Wärmeentwicklung bei der Verbrennung verschiedener Schwefelmetalle.

Während einige chemisch-technologische Werke dem Gerstenhöfer'schen Schütttofen gerade ausschliesslich für die Metallurgie eine Zukunft ankündigen, seine Wichtigkeit für die Schwefelsäurefabrikation dagegen weniger gelten lassen wollen, habe ich andererseits umgekehrt in der Praxis häufig die Ansicht vertreten gefunden, dass der Schütttofen wenigstens für die metallurgische Abröstung von Bleiglanz und Zinkblende aus dem Grunde unzureichend sei, weil diese beiden Schwefelmetalle in Folge ihres niedrigen Schwefelgehaltes nicht im Stande wären, hinreichende Wärme zur Unterhaltung der ferneren Röstung zu entwickeln.

Was zunächst die letztere Ansicht anbetrifft, so ist von vornherein nicht zu vergessen, dass bei allen Röstprozessen der Schwefel nicht allein als wärmeentwickelnde Substanz anzusehen ist, sondern als solche ebensogut auch die mit dem Schwefel verbundenen Metalle gelten müssen. Ausserdem aber dürfte sich zeigen lassen, dass die Ansicht, wenigstens was die Zinkblende anbetrifft (für den Bleiglanz fehlen die zur Rechnung erforderlichen Grundlagen), geradezu irrig und die bei der Verbrennung von Zinkblende entwickelte Temperatur zur Unterhaltung der ferneren Röstung nicht allein ausreicht, sondern sogar noch höher ist, als die Verbrennungstemperatur des Schwefelkieses und anderer in Schüttöfen bereits mit Erfolg verrösteter Schwefelmetalle.

Die Verbrennungswärme des Schwefelkieses berechnet sich wie folgt.

Nach Dulong entwickelt 1 Gewichtstheil Sauer-

stoff, wenn derselbe mit 2,333 . . . Gewichtstheilen Eisen zu Eisenoxyd verbrennt, 4327 Wärmeeinheiten. Es werden mithin bei Verbrennung von 1 Gewichtstheil Eisen $\frac{4327}{2,333} = 1855$ Wärmeeinheiten frei.

Ferner resultiren nach Dulong bei der Verbrennung von 1 Gewichtstheil Schwefel zu schwefliger Säure 2601 Wärmeeinheiten. Hiernach geben:

2 . 16 = 32 Gewth. Schwefel 32 . 2601 = 83232 Calor.,
 28 - Eisen 28 . 1855 = 51940 Calor.
 folglich 60 Gewth. Eisenbisulfuret . . 135172 Calor.

Die Verbrennungswärme des Schwefelkieses ist hiernach:

$$\frac{135172}{60} = 2253 \text{ Calorien,}$$

wenn die vollständige Verbrennung zu schwefliger Säure und Eisenoxyd angenommen wird.

Die Verbrennungstemperatur lässt sich hieraus ableiten, indem man diese Zahl durch die Summe der den Verbrennungsprodukten zukommenden absoluten Wärmemengen dividirt.

Die Verbrennungsprodukte zunächst ergeben sich in folgender Weise. 32 Gewichtstheile Schwefel geben 64 Gewichtstheile schweflige Säure, welche 32 Gewichtstheile Sauerstoff erfordern.

28 Gewichtstheile Eisen liefern $\frac{80 \cdot 28}{56} = 40$ Gewichtstheile Eisenoxyd, wozu 12 Gewichtstheile Sauerstoff erforderlich sind.

Endlich hinterlassen $32 + 12 = 44$ Gewichtstheile aus der atmosphärischen Luft entnommenen Sauerstoffs 145,77 Gewichtstheile Stickstoff.

Nach Regnault sind die spezifischen Wärmen von:

Stickstoff . . .	0,2440	} bei konstantem Druck,
schwefliger Säure	0,1553	
Eisenoxyd . . .	0,1681 (stark geglüht).	

Die absoluten Wärmemengen sind also:

$$0,2440 \cdot 145,77 = 35,568$$

$$0,1553 \cdot 64, = 9,939$$

$$0,1681 \cdot 40, = 6,724$$

$$\text{Summe } 52,231$$

Die Verbrennungstemperatur des Schwefelkieses ist nun:

$$\frac{2253 \cdot 60}{52,931} = 2588^{\circ} \text{ C.}$$

Hierbei ist vorausgesetzt, dass sich die spezifische Wärme der Verbrennungsprodukte mit höherer Temperatur nicht ändert; eine Voraussetzung, die jedoch nur für Gase ihre Richtigkeit hat, für feste Substanzen aber nicht ganz zutreffend sein dürfte.

Enthält der Schwefelkies noch $\frac{1}{3}$ Gangarten, so reduziert sich die gefundene Temperatur, wenn die spezifische Wärme dieser Gangarten zu 0,2 angesetzt wird, auf:

$$\frac{2253 \cdot 60}{52,231 + 30 \cdot 02} = 2322^{\circ} \text{ C.}$$

Führt man dieselben Rechnungen für Zinkblende durch, so giebt nach Dulong 1 Gewichtstheil Sauerstoff mit 4,0625 Gewichtstheilen Zink zu Zinkoxyd verbrennend 5275 Wärmeeinheiten, wonach bei Verbrennung von 1 Gewichtstheil Zink

$$\frac{5275}{4,0625} = 1299 \text{ Calorien}$$

entwickelt werden.

Hiernach erhält man die Verbrennungswärme der Zinkblende zu:

$$\frac{16 \cdot 2601 + 32,5 \cdot 1299}{16 + 32,5} = 1729 \text{ Calorien.}$$

Als Verbrennungsprodukte hat man bei der vollständigen Verbrennung zu schwefliger Säure und Zinkoxyd: aus 16 Gewichtstheilen Schwefel 32 Gewichtstheile schweflige Säure, wobei 16 Gewichtstheile Sauerstoff verbraucht werden.

Aus 32,5 Gewichtstheilen Zink resultiren 40,5 Gewichtstheile Zinkoxyd bei einem Verbrauch von 8 Gewichtstheilen Sauerstoff.

$16 + 8 = 24$ Gewichtstheile Sauerstoff waren mit 79,515 Gewichtstheilen Stickstoff zu atmosphärischer Luft vereinigt.

Die spezifische Wärme von Zinkoxyd $= 0,1248$ nach Regnault gesetzt, erhält man die absolute Wärme der Verbrennungsprodukte zu:

$$0,1248 \cdot 40,5 + 0,1553 \cdot 32 + 0,244 \cdot 79,515 = 29,425,$$

und folglich die Verbrennungstemperatur der Zinkblende zu

$$\frac{1729 \cdot 48,5}{29,425} = 2850^{\circ} \text{ C.}$$

Nimmt man wiederum den dritten Theil Gangart an, so ermässigt sich diese Temperatur auf:

$$\frac{1729 \cdot 48,5}{29,425 + 24,25 \cdot 0,2} = 2447^{\circ} \text{ C.}$$

Diesen Zahlen braucht, mit den oben für Schwefelkies erhaltenen verglichen, nichts weiter zugefügt zu werden. Die von Zinkblende mit $\frac{1}{3}$ Bergart entwickelte Temperatur ist sogar nur um ein Geringes niedriger, als die von reinem Schwefelkies entwickelte.

Es dürfte nicht ganz ohne Interesse sein, die Verbrennungswärmen und Verbrennungstemperaturen einiger anderer mehr oder weniger häufig vorkommender Schwefelmetalle kennen zu lernen. Die folgende Tabelle (S. 9) giebt zunächst in Columnne I. die Verbrennungswärme von 15 Schwefelmetallen, in Columnne II. das Verhältniss der Verbrennungswärmen zu derjenigen des Schwefelkieses, endlich in Columnne III. das Gewicht der verschiedenen Schwefelmetalle, welches dieselbe Wärmemenge wie 1 Theil Schwefelkies entwickelt.

Es ist zu dieser Tabelle nur noch zu bemerken, dass die Zahlen durchweg in gleicher Weise erhalten worden sind, wie an den vorhergehenden Beispielen gezeigt wurde und dass überall die vollständige Verbrennung zu schwefliger Säure und beziehungsweise Eisenoxyd, Kupferoxyd, Zinkoxyd, Nickeloxyd, Kobalt-oxyd, Antimonoxyd und Zinnoxid angenommen worden ist.

Ferner ist nach Dulong angenommen, dass bei Verbrennung von 1 Gewichtstheil Sauerstoff mit Kupfer 2591, mit Nickel 3706, mit Kobalt 3983, mit Antimon 3818 und mit Zinn 4513 Wärmeeinheiten frei werden.

Die folgende Zusammenstellung giebt die Verbrennungstemperaturen, welche den in der vorhergehenden Tabelle aufgeführten Schwefelmetallen bei ihrer Verbrennung zu schwefliger Säure und Metalloxyd zukommen, sowie das Verhältniss dieser Temperaturen, wenn die des reinen Schwefelkieses = 1 gesetzt wird.

- | | | | |
|--|----------|-----------|--------|
| 1) Schwefelkies, reiner | 2588° C. | | 1,000. |
| desgl. mit $\frac{1}{2}$ Gangarten | 2322° C. | | 0,897. |
| 2) Magnetkies | 2698° C. | | 1,043. |
| 3) Einfach-Schwefeleisen | 2725° C. | | 1,053. |
| 4) Rohstein | 2810° C. | | 1,088. |

	I.	II.	III.	Formel.	Prozentale Zusammensetzung.
1) Schwefelkies . . .	2253 Cal.	1	1	FeS ₂	53,33 S, 46,67 Fe
2) Magnetkies . . .	2150 -	0,95428	1,0479	Fe ₇ S ₈	39,50 S, 60,50 Fe
3) Einfach-Schwefel- eisen	2126 -	0,94363	1,0597	FeS	36,36 S, 63,64 Fe
4) Rohstein	2061 -	0,91478	1,0932	Fe ₂ S ₃ , FeS	27,59 S, 72,41 Fe
5) Kupferkies . . .	1701 -	0,75499	1,3245	Cu ₂ S, Fe ₂ S ₃	34,89 S, 30,63 Fe, 34,57 Cu
6) Kupferglanz . .	1048 -	0,46516	2,1498	Cu ₂ S	20,15 S, 79,85 Cu
7) Kupferrohstein (Mansfelder) . .	1615 -	0,71682	1,3950	Cu ₂ S, 2 FeS	28,67 S, 37,88 Cu, 33,45 Fe
8) Spurstein (desgl.) .	1244 -	0,55215	1,8111	5 Cu ₂ S, 2 FeS	11,55 S, 65,36 Cu, 23,09 Fe
9) Buntkupfer . . .	1398 -	0,62051	1,6116	3 Cu ₂ S, Fe ₂ S ₃	28,29 S, 55,21 Cu, 16,50 Fe
10) Zinkblende, reine .	1729 -	0,76731	1,3033	ZnS	32,99 S, 67,01 Zn
11) desgl., schwarze .	1821 -	0,80820	1,2371	3 ZnS, FeS	33,77 S, 51,46 Zn, 14,77 Fe
12) Nickelties . . .	1913 -	0,84925	1,1777	NiS	35,56 S, 64,44 Ni
13) Kobaltkies . . .	2041 -	0,90590	1,1039	Co ₂ S ₃	44,44 S, 55,56 Co
14) Antimonglanz . .	1288 -	0,57168	1,7492	Sb ₂ S ₃	28,52 S, 71,48 Sb
15) Zinnkies	1518 -	0,53521	1,4188	2(Cu ₂ S, FeS), SnS ₂	28,44 S, 17,33 Sn, 16,59 Fe, 37,64 Cu

5) Kupferkies	2425° C.	0,937.
6) Kupferglanz	1976° C.	0,764.
7) Kupferrohstein (Mans- felder)	2391° C.	0,924.
8) Spurstein, desgl.	2161° C.	0,835.
9) Buntkupfer	2246° C.	0,868.
10) Zinkblende, reine	2850° C.	1,101.
desgl. mit $\frac{1}{3}$ Gangarten	2447° C.	0,946.
11) desgl. schwarze	2815° C.	1,088.
12) Nickelkies	2551° C.	0,986.
13) Cobaltkies	2572° C.	0,994.
14) Antimonglanz	2517° C.	0,973.
15) Zinnkies	2456° C.	0,949.

Zu dieser Zusammenstellung muss noch Folgendes bemerkt werden. Die Berechnung ist in derselben Weise vorgenommen, wie an den Beispielen mit Schwefelkies und Zinkblende im Einzelnen durchgeführt ist. Es sind ferner die Zahlen für die spezifischen Wärmen nach Regnault und zwar für Kupferoxyd = 0,1420, für Zinnoxid = 0,0933 und für Antimonoxid = 0,0901 genommen. Für Nickeloxid und Kobaltoxid liegen, wie es scheint, direkte Bestimmungen nicht vor. Die spezifischen Wärmen wurden daher aus den Atomwärmen der betreffenden Oxyde ermittelt. Nun kann zwar die Atomwärme einer Verbindung (bekanntlich das Produkt aus Atomgewicht und spezifischer Wärme) selbst erst gefunden werden, wenn die spezifische Wärme bereits bekannt ist. Doch bleibt für grosse Gruppen ähnlich zusammengesetzter Verbindungen die Atomwärme immer die gleiche und demgemäss wurde nach Regnault's Bestimmungen die Atomwärme für die nach der allgemeinen Formel $R_2 O_3$ zusammengesetzten Oxyde im Mittel zu 12,3 angenommen. Man erhält dann, bei den

nahezu übereinstimmenden Atomzahlen von Kobalt und Nickel, die spezifische Wärme der Oxyde nahezu übereinstimmend zu:

$$\frac{12,30}{2.30 + 3.8} = 0,15.$$

Nach Pouillet entspricht der Glühzustand des Eisens, den man blendendes Weissglühen nennt, einer Temperatur von 1500° C., und das Platinmetall schmilzt bei 2500° C. Unter den errechneten Verbrennungstemperaturen findet sich keine einzige, die unter 1500° C., wohl aber mehrere, die über dem Schmelzpunkte des Platins liegen. Es kann daher auch, selbst wenn man annimmt, dass die Hälfte der Wärme durch Transmission verloren geht, kein Zweifel darüber obwalten, dass die genannten Schwefelmetalle durch die eigene Verbrennung genügende Wärme zur weiteren Fortführung der Röstung entwickeln, mögen sie als Stoffwerk oder in Schliegform zur Verbrennung gelangen.

Allerdings lässt sich gegen die zuletzt vorgeführten Zahlen der Einwand erheben, dass sie mit einer der Wirklichkeit wenig entsprechenden Annahme ermittelt sind. Es ist nämlich vorausgesetzt, einerseits, dass das ganze Schwefelmetall nur zu schwefliger Säure und freiem Metalloxyd verbrenne, und andererseits eben nur soviel Luftzutritt stattfinde, als zur Bildung der schwefligen Säure und der resp. Oxyde nothwendig ist.

Was zunächst die festen Röstprodukte anbelangt, so lässt sich wohl bei keinem Röstprozesse, der nur durch die von den verbrennenden Schwefelmetallen entwickelte Wärme, ohne Mitankwendung von Brennmaterial, unterhalten wird, die alleinige Bildung von schwefliger Säure und Metalloxyd erreichen; es werden auch immer, je nach dem Luftzutritt und der Natur der resultiren-

den Oxyde mehr oder weniger schwefelsaure Salze mit nebenher fallen. Und schon hieraus würde sich auch eine wesentlich andere Zusammensetzung der flüchtigen Röstprodukte ergeben, da nicht nur ein gewisser Antheil schwefliger Säure fehlen, sondern auch eine gewisse Menge Stickstoff, herrührend von der Sulfatbildung, überschüssig vorhanden sein würde.

Bei Röstprozessen, hinter welchen die produzierte schweflige Säure nicht kondensirt werden soll (sei es zu Schwefelsäure oder auf eine andere Weise), wo folglich der Luftzutritt garnicht mit Rücksicht auf die entstehenden Röstgase, sondern einzig mit Rücksicht auf die zu erzielende Zusammensetzung des Röstgutes regulirt wird und wobei dann in der Regel bei weitem grössere Luftmengen in Anspruch genommen werden, als, nach der Theorie, nothwendig sind, würden allerdings die mitgetheilten Verbrennungstemperaturen eine Reduktion erfahren müssen, dieselbe lässt sich aber auf vollkommen wissenschaftlichem Wege vornehmen, sobald man nur den Prozentgehalt der Röstgase an schwefliger Säure kennt, welcher mittels des Reich'schen Apparates sehr schnell und leicht gefunden wird, und ferner die Zusammensetzung des Röstgutes gegeben ist.

Es giebt aber auch eine Anzahl Fälle, wo an den Röstprozess die doppelte Anforderung gestellt wird, dass die Röstgase möglichst reich an schwefliger Säure, das Röstgut möglichst arm an Schwefel sein soll. Diese Fälle liegen überall da vor, wo die entwickelte schweflige Säure durch Erzeugung von Schwefelsäure, Schwefel, unterschwefligsaurem Natron u. s. w. unschädlich gemacht werden soll oder wo sie gar zur Schwefelsäurefabrikation eigens dargestellt wird. Bei allen hierhergehörigen Prozessen ohne Ausnahme kann die Konden-

sation weniger energisch stattfinden, wenn die niederzuschlagende schweflige Säure in einem grossen Gasvolumen vertheilt ist, ganz abgesehen davon, dass die erforderlichen Apparate mit der Verdünnung der schwefligen Säure an Grösse zunehmen müssen.

Man wende hier nicht ein, dass die Anforderung der möglichsten Abtreibung des Schwefels auf solchen metallurgischen Werken gar nicht in Betracht kommen könne, welche einerseits die erzeugte schweflige Säure nur in lästiger Nebenarbeit kondensiren und andererseits die gerösteten Produkte häufig gar nicht mit dem möglichst geringsten Schwefelgehalt bedürfen, um sie weiter zu verarbeiten. Um diesen Einwand durch ein Beispiel zu illustriren, so kann der Fall vorliegen, dass ein Kupferwerk die Abröstung seines Rohsteines mit Schwefelsäuregewinnung verbunden hat, aus welchem zur Vorbereitung der weiteren Operationen etwa die Hälfte des Schwefelgehaltes abgetrieben werden müsste. Nun wäre man aber im Stande, mehr als die Hälfte, etwa $\frac{2}{3}$ des Schwefelgehaltes, durch die Röstung zu entfernen. Hier würde man trotzdem allemal besser thun, die Röstung soweit als thunlich zu treiben und den mehr vertriebenen Schwefel durch entsprechenden Zusatz von ungeröstetem Produkt bei den späteren Operationen zu ersetzen. Der Vortheil würde darin liegen, dass man weniger Massen in Arbeit zu nehmen braucht und es würde sonach auch hier nicht allein die Anforderung gelten, an schwefliger Säure reiche Röstgase zu erzielen, sondern auch die der möglichsten Entschwefelung.

Unter den eben näher bezeichneten Röstprozessen nun nehmen unzweifelhaft diejenigen die wichtigste Stelle ein, welche der Schwefelsäurefabrikation vorausgehen. Bei derselben ist, von der unvermeidlichen

Sulfatbildung vorläufig ganz abgesehen, gegen die zur reinen Verbrennung nothwendige Luftmenge, in doppelter Hinsicht ein Ueberschuss an Luft erforderlich. Erstens tritt nämlich diejenige Luftmenge noch mit auf, deren Sauerstoffgehalt in den Bleikammern zur Bildung der Schwefelsäure in Anspruch genommen wird. Zweitens ist über dieses Quantum hinaus noch ein Ueberschuss von atmosphärischer Luft vonnöthen, durch welches die Regeneration des Stickstoffoxyds zu Untersalpetersäure wesentlich beschleunigt wird. Dieses letztere Quantum wird gewöhnlich in der Weise bestimmt, dass man den Sauerstoffgehalt der abziehenden Kammergase, aus denen in den Kammern schweflige Säure mit dem betreffenden Antheil Sauerstoff, sowie im Gay-Lussac'schen Kondensationsapparat die Salpetergase als salpetrige Säure verschwunden sind, mit noch 6 Volumenprozenten freien Sauerstoffs verlangt. Einen Luftüberschuss von der bezeichneten Grösse kann man füglich verlangen auf die Gefahr hin, mit einer Anzahl von Lehrbüchern in Widerspruch zu gerathen. So heisst es im Lehrbuch der chem. Technologie von Knapp (3. Aufl.) I. 2. Seite 299: „Selbstredend muss bei Mangel an Luft die Bildung der Schwefelsäure unvollständig bleiben; aber nach der übereinstimmenden Erfahrung aller Praktiker ist Ueberschuss von Luft ebenso schädlich, als ein Mangel daran.“ Nach Wagner, chem. Technologie (7. Aufl.) Seite 210, soll „die aus den Kammern tretende Luft nicht mehr als 2—3 Proz. Sauerstoff enthalten.“ de Hemptinne (Annal. des mines, 1865, p. 366) wünscht nicht mehr als 2—2½ Proz. Luftüberschuss.

Fabrikanten, welche nach Knapp ohne Luftüberschuss arbeiten wollten, würden sehr üble Erfahrungen

machen. Dass die Vermeidung eines Luftüberschusses übereinstimmende Erfahrung aller Praktiker sei, habe ich übrigens keineswegs bestätigt gefunden. Eine grosse Anzahl derselben hat im Gegentheil über diesen Punkt gar keine Ansichten und Erfahrungen, weil man in einer grossen Anzahl von Fabriken die schweflige Säure so in die Kammern gehen lässt, wie sie in den Schwefelöfen oder in den Röstöfen eben fällt, weil man ferner die in den Oefen produzierten Gase gar nicht auf ihren Gehalt an schwefliger Säure untersucht und weil man endlich auch vielfach gar nicht die Mittel hat, zu starken Luftzutritt schon in den Schwefelöfen und Röstöfen zu verhindern.

Bei Versuchen über die zweckmässige Höhe des Luftüberschusses würde man sich aber bald entschliessen, auch über die von R. Wagner mitgetheilte Forderung noch hinaus zu gehen. Wenn oben 6 Volumenprozentfreien Sauerstoffs in den abziehenden Gasen verlangt werden, so ist das eher ein Minimum als ein Maximum. Ich habe bei zwei gleich grossen, in ganz gleicher Weise angelegten und nebeneinander stehenden Kammer-systemen, denen aus Schwefel erzeugte schweflige Säure zugeführt wurde, gefunden, dass das eine mit gegen 8 Volumenprozenten freien Sauerstoffs in den Austrittsgasen (und also auch mit entsprechend weniger Volumenprozenten schwefliger Säure in den Eintrittsgasen) dennoch im Ausbringen ebenso gut, im Salpeterverbrauch um ein Geringes besser arbeitete, als das andere, wo die Eintrittsgase entsprechend stärker fielen und der Sauerstoffgehalt der Austrittsgase sich bei 6 Volumenprozenten hielt.

In ganz entsprechender Weise habe ich in meiner Praxis mit Schwefel arbeitende Systeme gefunden, wo

die Untersuchung der Eintrittsgase nur 5 und 4 Volumenprocente schweflige Säure auswies, während doch die Verbrennung des Schwefels zur Schwefelsäurefabrikation mit Berücksichtigung der erwähnten 6 Volumenprocente freien Sauerstoffs so geleitet werden kann, dass man Gase mit über 10 Volumenprozenten schwefliger Säure erhält. Dennoch war bei diesen Systemen neben befriedigendem Ausbringen weder der in Anspruch genommene Kammerraum, noch der Salpeteraufwand so gross, als man nach Analogie von solchen Kammer-systemen hätte erwarten sollen, welche mit an schwefliger Säure zwar gleichprocentigen, aber an Stickstoff viel reicheren Gasen arbeiten, wie sie z. B. bei der Abröstung zinkischer und bleiischer Erze oder Produkte oder von Kupferrohstein fallen.

Dies Alles deutet darauf hin, dass der Sauerstoffüberschuss, trotzdem seine Gegenwart das Gasvolumen vergrössert, doch dafür die Energie der Aktion in den Kammern erhöht und die Ermittlung, wie weit man mit dem Sauerstoffüberschuss gehen dürfte, um bei Vermeidung zu starker Verdünnung der Gase den grösstmöglichen Nutzen zu schaffen, wäre eine in doppelter Beziehung lohnende Aufgabe.

Bleibt man jedoch bei den von den gewiegteren Praktikern geforderten 6 Volumprozenten Sauerstoff in den Austrittsgasen stehen, so ermittelt sich, um nunmehr wieder auf die Berechnung der Verbrennungstemperaturen zurückzukommen, die Verbrennungstemperatur des Schwefelkieses, wenn seine Röstung in der für die Schwefelsäurefabrikation erforderlichen angedeuteten Weise geleitet wird, in folgender Weise.

Bei der Annahme der vollkommenen Verbrennung des Schwefelkieses zu schwefliger Säure und Eisenoxyd

wurden oben als Röstprodukte aus 1 Gewichtstheil Kies erhalten:

64	Gewichtstheile	schweflige Säure,
40	-	Eisenoxyd,
145,77	-	Stickstoff.

Um 64 Gewichtstheile schweflige Säure in Schwefelsäure zu verwandeln, sind noch 16 Gewichtstheile Sauerstoff erforderlich, welche ferner 53,01 Gewichtstheilen Stickstoff entsprechen.

Von den genannten Gasmengen sind $145,77 + 53,01 = 198,78$ Gewichtstheile Stickstoff unter allen Umständen aus den Kammern abzuführen. Sie repräsentiren für Metermass bei 0° C. und 760 mm. Bar.

158,1913 Volumina.

Setzt man den Stickstoffgehalt der atmosphärischen Luft, welche den Beitrag von 6 Volumenprozenten freien Sauerstoffs in den Austrittsgasen nunmehr noch zu liefern hat, $= x$, den Sauerstoffgehalt $= y$, so hat man zur Bestimmung dieses Luftquantums:

$$x : y = 79,04 : 20,96,$$

sowie auch:

$$158,1913 + x - y : y = 94 : 6.$$

Aus diesen Gleichungen bestimmt sich

das Stickstoffvolumen $x = 46,364$,

das Sauerstoffvolumen $y = 12,295$.

Diese Volumina entsprechen:

58,260 Gewichtstheilen Stickstoff,

17,585 - Sauerstoff.

Die Röstgase bestehen nunmehr aus:

64 Gewichtstheilen schwefliger Säure.

16 + 17,585 = 33,585 - Sauerstoff,

198,78 + 58,26 = 257,04 - Stickstoff.

und die Verbrennungstemperatur des Schwefelkieses ist hiernach (die spezifische Wärme des Sauerstoffs gleich 0,2182):

$$\frac{2253 \cdot 60}{64 \cdot 0,1553 + 33,585 \cdot 0,2182 + 257,04 \cdot 0,244 + 40 \cdot 0,1681} = 1563^{\circ}\text{C}.$$

Diese Temperatur repräsentirt noch immer ein heftiges Weissglühen, bei welcher der Schmelzpunkt des Gusseisens (1100 — 1200° C.) bereits wesentlich überschritten ist.

Für reine Zinkblende würde man, die Rechnung in gleicher Weise durchgeführt, eine Verbrennungstemperatur erhalten von

$$1712^{\circ}\text{C},$$

also auch hier wiederum wesentlich höher, als die des Schwefelkieses, wie sich das schon bei der Verbrennung ohne jeden Luftüberschuss herausstellte.

Die folgende Zusammenstellung giebt die Verbrennungstemperaturen einiger Schwefelmetalle für den Fall berechnet, dass die Röstung der Kondensation der schwefligen Säure zu Schwefelsäure vorausgeht und die aus den Bleikammern tretenden Gase noch 6 Volumenprocente freien Sauerstoff enthalten.

Prozentale Zusammensetzung.		
1) Schwefelkies . .	1563° C.	53,33 S, 46,67 Fe.
2) desgl. mit $\frac{1}{3}$ Gangarten	1459° C.	35,55 S, 31,12 Fe, 33,33 Gangarten.
3) Rohstein . . .	1887° C.	27,59 S, 72,41 Fe.
4) Zinkblende, reine .	1712° C.	32,99 S, 67,01 Zn.
5) desgl. mit $\frac{1}{3}$ Gangarten	1558° C.	21,99 S, 44,67 Zn, 33,33 Gangarten.

Man sieht aus dieser Zusammenstellung, wenn man die Schwefelgehalte und die Temperaturen vergleicht, dass die landläufige Ansicht, nach welcher die Hitzeentwicklung eines Schwefelmetalles nach seinem Schwefelgehalte beurtheilt wird, in keiner Beziehung haltbar ist, wie dies auch schon von vornherein vermuthet werden konnte.

Nach diesen Ermittlungen war es nun für den Verfasser noch von besonderem Interesse, die Verbrennungstemperaturen vollständig nach den Verhältnissen der Wirklichkeit zu ermitteln, d. h. mit Berücksichtigung der festen Röstprodukte, wie sie wirklich fallen oder fallen können und mit Beibehaltung der mehrfach erwähnten 6 Volumenprocente freien Sauerstoffs in den Austrittsgasen.

Doch stösst man bei diesem Versuche auf einige Schwierigkeiten. Wie schon erwähnt, lässt sich bei keinem der hier in Rede stehenden Röstprozesse die Bildung von Sulfaten ganz vermeiden. Es fehlen aber, soviel mir bekannt, mit alleiniger Ausnahme des schwefelsauren Bleioxydes, alle Angaben über die spezifischen Wärmen der Sulfate mit metallischer Basis. Für dem Bleioxyd ähnlich zusammengesetzte Sulfate nun könnte man wohl die aus der Atomwärme berechnete spezifische Wärme zu Grunde legen. Für die Eisensulfate, welche nicht mehr in die Gruppe RO , SO_3 passen, ist dies aber nicht zulässig, und man muss sich deswegen, um die Rechnung zu Ende zu führen, auf willkürliche Annahmen einlassen, welche auch wenn man die spezifische Wärme scheinbar sehr hoch annimmt, doch immer willkürlich und unzuverlässig bleiben. Dennoch ist im Folgenden für 2 Schwefelmetalle der Versuch durchgeführt.

Nimmt man im Röstgut von reiner Blende 9 Prozent rückständigen Schwefel an, wovon $\frac{1}{3}$ auf intakt gebliebenes Sulfuret, $\frac{2}{3}$ auf neutrales schwefelsaures Zinkoxyd gerechnet werden, so ergibt sich folgende Zusammensetzung des Röstgutes:

				Zn.
Zn S	{	S 3,0	9,1	6,1
		Zn . . . 6,1		
ZnO, SO ₂	{	Zn O . . 15,2	30,2	12,2
		SO ₂ . . 15,0		
Zn O			60,7	48,7
			100,0	mit 67,0 Zink.

Die in 100 Gewichtstheilen dieser Röstmasse enthaltenen 67 Gewichtstheile Zink bildeten vor der Röstung mit $\frac{67 \cdot 16}{32,5} = 33$ Gewichtstheilen Schwefel 100 Gewichtstheile Zinkblende und es würde sonach bei einem in dieser Weise verlaufenen Röstprozess das Röstgut das Gewicht der angewandten Blende beibehalten. Es würden also 48,5 Gewichtstheile Blende an Röstgut ausgeben:

				S.
Zn S	{	S 1,44	4,36	1,44
		Zn . . . 2,92		
ZnO, SO ₂	{	Zn O . . 7,40	14,64	2,89
		SO ₂ . . 7,24		
Zn O			20,50	
			48,50 mit 4,33 S.	

Von 16 Gewichtstheilen Schwefel, welche die Blende enthielt, sind also nur $16 - 4,33 = 11,67$ Gewichtstheile Schwefel zur Verbrennung zu schwefliger Säure gekommen, wobei $2 \cdot 11,67 = 23,34$ Gewichtstheile schweflige Säure, sowie durch den Verbrauch von 11,67 Ge-

wichtstheilen Sauerstoff 38,66 Gewichtstheile Stickstoff resultiren.

Zur Bildung von 14,64 Gewichtstheilen schwefelsaurem Zinkoxyd gehören 4,55 Gewichtstheile Sauerstoff, und in 29,5 Gewichtstheilen Zinkoxyd sind 5,83 Gewichtstheile Sauerstoff enthalten.

Zur Verwandlung in Schwefelsäure beanspruchen 23,24 Gewichtstheile schweflige Säure 5,83 Gewichtstheile Sauerstoff. $4,55 + 5,83 + 5,83 = 16,21$ Gewichtstheile Sauerstoff, aus der atmosphärischen Luft entnommen, hinterlassen an Stickstoff 53,69 Gewichtstheile.

Die gesammte Stickstoffmenge würde also sein:
 $53,69 + 38,66 = 92,35$ Gewichtstheile $= 73,493$ Vol.

An überschüssiger atmosphärischer Luft würde, um den Austrittsgasen einen Gehalt von 6 Volumenprozenten Sauerstoff zu ertheilen, noch hinzukommen:

Stickstoff 21,491 Vol. $= 27,005$ Gewichtstheile,

Sauerstoff 5,699 - $= 8,151$ -

und die festen und flüchtigen Röstprodukte würden somit sein:

Schwefelzink	4,36	Gewichtstheile,
schwefels. Zinkoxyd	14,94	-
Zinkoxyd	29,50	-
schweflige Säure	23,34	-
Stickstoff $(92,35 + 27,00) =$	119,35	-
Sauerstoff $(5,83 + 8,15) =$	13,98	-

Die spezifische Wärme der Zinkblende ist $= 0,1230$ (Regnault), die des schwefelsauren Zinkoxydes ist nicht bekannt, ergiebt sich aber durch Rechnung, wenn die Atomwärme nach vorliegenden Bestimmungen anderer ähnlich zusammengesetzter Sulfate zu 13,2 angenommen wird, zu $\frac{13,2}{80,5} = 0,164$.

Die absolute Wärme der Verbrennungsprodukte ist mithin:

$$\begin{aligned} & 4,36 \cdot 0,1230 + 14,64 \cdot 0,164 + 29,50 \cdot 0,1248 + \\ & + 23,34 \cdot 0,1553 + 119,35 \cdot 0,2440 + 13,98 \cdot 0,2182 = \\ & = 42,4153 \end{aligned}$$

und sonach die Verbrennungstemperatur der Zinkblende:

$$\frac{1729 \cdot 48,5}{42,4153} = 1977^\circ \text{ C.}$$

Ueberraschend an diesem Resultate ist der Umstand, dass die Verbrennungstemperatur hier bei einem grösseren zur Verbrennung nöthigen Luftquantum dennoch höher ausfällt, als vorher für den Fall ermittelt wurde, wo die Röstung in idealer Weise ohne Sulfatbildung abgeht und wo sich nur 1712° C. herausgestellt haben. Die Mengen von Stickstoff und Sauerstoff nämlich, welche in die Bleikammern eintreten, sind für den Fall, wo die Sulfatbildung keine Berücksichtigung fand (und sich die Temperatur 1712° C. ergab):

Stickstoff 137,02 Gewichtstheile,
Sauerstoff 25,358 -

für den Fall, wo die Sulfatbildung berücksichtigt wurde (Temperatur 1977° C.):

Stickstoff 119,35 Gewichtstheile,
Sauerstoff 13,98 -

Bevor weitere Bemerkungen an diese Resultate geknüpft werden, möge noch die analoge Berechnung für Schwefelkies, wenigstens in kurzer Andeutung des Ganges, vorangehen.

Eine Schwefelkiesröstung, welche auf 60 Gewichtstheile Schwefelkies 11 Gewichtstheile Schwefel (d. h. also den dritten Theil des ursprünglichen Schwefelgehaltes) in dem Röstgut lässt, kann als eine befriedi-

gende durchaus nicht angesehen werden. Vertheilen sich von jenen 11 Theilen Schwefel 2 Theile auf intakt gebliebenes Bisulfuret, 3 Theile auf Monosulfuret, 6 Theile auf Sulfate, so liefern 60 Gewichtstheile Schwefelkies in festen Röstprodukten:

3,75 Bisulfuret	mit 2 Schwefel und	1,75 Eisen,
5,25 Monosulfuret	- 3 - -	2,25 -
45,00 Sulfat($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{SO}_3$) -	6 - -	21,00 -
4,30 Eisenoxyd		3,00 -
		<hr/> 11 Schwefel und 28,00 Eisen.

Zur Bildung von schwefliger Säure sind daher nur $32 - 11 = 21$ Gewichtstheile Schwefel gekommen.

Werden nun weiter in der früheren Weise die Mengen der flüchtigen Röstprodukte berechnet und die spezifischen Wärmen von Eisenbisulfuret und Eisenmonosulfuret nach Regnault zu 0,1301 bez. 0,1357 angesetzt, ferner die spezifische Wärme der Eisensulfate willkürlich zu 0,4 genommen, so stellt sich die Verbrennungstemperatur des Schwefelkieses heraus zu:

1602° C.;

also wiederum höher, als früher ohne Berücksichtigung irgend welcher Sulfatbildung gefunden wurde (nämlich 1563° C.).

So vorsichtig man sich nun auch gegen die zuletzt errechneten Resultate verhalten muss, so scheinen sie mir doch in der That eine Bestätigung in der Praxis zu finden. Ich habe nämlich schon öfter die Beobachtung, besonders bei Inbetriebsetzungen von Schüttöfen und Stufkiesöfen gemacht, dass sich die Temperatur nach einiger Zeit des Beginnens, wo an die Nachwirkung der Anheizung nicht mehr zu denken ist, ungemein heftig steigert und bei anscheinend genügendem Luft-

zuge einerseits die Abbrände eine weniger gute Entschwefelung, andererseits die Röstgase weniger Volumenprocente an schwefliger Säure aufweisen. Bessere Entschwefelung und normal fallende Gase stellten sich nach und nach mit einem merklichen Sinken der Temperatur ein. Ich habe bisher nicht Gelegenheit gehabt, in solchem Falle die Abbrände vergleichend auf ihren Gehalt an Sulfaten zu untersuchen. Fände man in der That, dass mit reichlicher Sulfatbildung eine höhere Temperatur verbunden ist, so würden damit allerdings die durchgeführten Rechnungen eine wesentliche Stütze erhalten; für die Praxis würde aber bei dem Umstande, dass die Schwefelkiesröstung bei nicht hinreichendem Luftzutritt allemal reichliche Sulfatbildung aufweist, daraus folgen, mehr Luft zutreten zu lassen, welche die Sulfatbildung vermindern und die Temperatur herabziehen würde.

Allerdings ist auch für den Schwefelkies, wie es schon bei der Blende der Fall war, das aus 60 Gewichtstheilen Kies erwachsende Gasquantum mit Berücksichtigung der Sulfate wesentlich geringer, als das ohne Sulfatbildung sich ergebende. Das Quantum ist nämlich dem Gewicht nach:

a) ohne Sulfatbildung: $64 \text{ SO}_2 + 33,585 \text{ O} + 257,04 \text{ N}$
= 354,625 Gewichtstheile (vergl. S. 17);

b) mit Sulfatbildung: $42 \text{ SO}_2 + 25,179 \text{ O} + 214,93 \text{ N}$
= 282,109 Gewichtstheile.

Aber dieses durch Sulfatbildung erkaufte geringere Gasquantum kann doch nur der ersten oberflächlichen Betrachtung als ein Vortheil erscheinen, der bei näherer Betrachtung sich vollständig in das Gegentheil auflöst. Verwandelt man nämlich die einzelnen sub a und b an-

gegebenen Gewichtsmengen der Gase in Volumina, so resultiren:

	<i>a</i>	<i>b</i>
Stickstoff . . .	204,555 Vol.	171,043 Vol.
Sauerstoff . . .	23,482 -	17,604 -
schwefl. Säure .	22,373 -	14,682 -
	<u>250,410 Vol.</u>	<u>203,429 Vol.</u>

Bei einem gewissen Salpeteraufwande und gemäss dem nach der Natur der Schwefelmetalle zu erzielenden Gehalte der Röstgase an schwefliger Säure ist die Produktionsfähigkeit eines gewissen Kammerraumes gegeben.

Nun enthalten die sub *a* gefundenen 250,41 Volumina Gase $\frac{22,373 \cdot 100}{250,41} = 8,9346$ Volumenproz. schweflige Säure, dagegen die sub *b* erhaltenen 203,429 Volumina Gase nur 7,2173 Volumenprocente schweflige Säure. Ist also auch die absolute Menge der Gase für gleiche Gewichtstheile Schwefelkies mit Sulfatbildung geringer, als ohne dieselbe, so ist doch dafür im ersteren Falle der relative Gehalt der Gase an schwefliger Säure auch wiederum niedriger. Hieraus würde, wenn eine bestimmte Produktion an Schwefelsäure verlangt wird, entweder eine Vergrösserung des Kammerraumes, oder eine Vermehrung des Salpeteraufwandes oder endlich auch eventuell beides zugleich folgen.

Mit dieser Vergrösserung resp. Vermehrung wäre man aber keineswegs am Ende. Denn wenn man nun weiter auch den Sauerstoffgehalt der betreffenden Gas-mengen in's Auge fasst, so erweist sich derselbe bei der Röstung ohne Sulfatbildung zu $\frac{23,482 \cdot 100}{250,41} = 9,3773$ Volumenprozenten (*a*); bei der Röstung mit Sul-

metallen durchaus nicht hoch; ist diese erreicht, so tritt neben starker oder schwacher Entwicklung von schwefeliger Säure (dies richtet sich darnach, was für Schwefelungsstufen in der Röstpost vorhanden) auch die Bildung von schwefelsauren Salzen ein. Zur Zersetzung derselben bis zu dem in jedem einzelnen Falle gewünschten Grade ist aber eine ganz andere, viel höhere Temperatur nothwendig, als zur blossen Entzündung der Masse. Dieselbe erfolgt, in feinvertheiltem Zustande: beim Schwefelkies bei einer Temperatur, hoch genug um Schwefel an der Luft zu entzünden; beim Magnetkies: bei angehender dunkler Rothglühhitze; ebenso beim Kupferstein und Bleiglanz; bei der Zinkblende: bei mässiger Rothglut; ebenso beim Schwefelmangan; beim Speisskobalt bei angehender Rothglühhitze (vergl. Plattner, metallurg. Röstprozesse, Seite 81 u. ff.).

Zur Zersetzung der Sulfate dagegen sind fast durchgängig höhere Temperaturen erforderlich. Es ist nicht ohne Interesse, wenn man sich hier das Verhalten der wichtigsten Sulfate zur Hitze vergegenwärtigt. Denn dass in der Rothglühhitze alle schwefelsauren Salze ausgenommen die der schwefelsauren Alkalien und Erden zerlegt werden, wie man in einigen Werken lesen kann, ist keineswegs richtig. Das neutrale schwefelsaure Bleioxyd ist bei starker Rothglut ohne Zersetzung schmelzbar und verliert erst in der Weissglut einen Theil seiner Schwefelsäure bei Hinterlassung von basischem Bleisulfat (Percy, Metallurgie des Bleies). Neutrales schwefelsaures Zinkoxyd wird bei höherer Temperatur, als bei welcher die Blende sich entzündet, in basisch schwefelsaures Zinkoxyd verwandelt, welches erst in der Weissglühhitze zerlegt wird; schwefelsaures Manganoxydul erleidet erst bei heftiger Rothglut Zer-

setzung. Schwefelsaures Eisenoxyd wird durch andauernde Rothglut in freies Eisenoxyd und Schwefelsäure zersetzt; zur Zerlegung des schwefelsauren Kupferoxydes ist eine etwas höhere Temperatur erforderlich, als zu derjenigen von schwefelsaurem Eisenoxyd.

Der Zeitpunkt, in welchem die Zersetzung der in der Röstpost vorhandenen Sulfate eintritt, lässt sich in der Regel leicht erkennen; er wird durch einen wolligen Zustand der Röstmasse, die dabei ungemein leicht beweglich, fast fließend, ist und dem Röstgezäh ausweicht, bezeichnet; Erscheinungen, welche die Folge von dampfförmig entweichender Schwefelsäure sind.

Aus den soeben gemachten Angaben über die Entzündbarkeit verschiedener Schwefelmetalle geht hervor, dass bei allen solchen, welche in der Technik eine Rolle spielen, die Entzündung bei etwas über mässiger Rothglut sicher eintritt, und bis zu dieser Temperatur wären also die Röstöfen mindestens vorzuwärmen. Bei solchen Röstöfen, wo das Einbringen der Röstposten einige Zeit anhält und gleichzeitig der Zutritt von Luft, welche wieder abkühlt, nicht gehindert werden kann, würde man von vornherein auf eine etwas höhere Temperatur anzuwärmen haben, keinesfalls aber bis zu lebhafter Rothglut.

Die Gerstenhöfer'schen Schütttöten werden schon seit Jahren so konstruirt, dass in keiner Weise mehr unnütz abkühlend wirkende atmosphärische Luft in den Ofen treten kann, weder bei Beginn des Betriebes, wo es sich darum handelt, den für das Brennmaterial provisorisch eingelegten Rost aus dem Ofen zu entfernen, noch auch im laufenden Betriebe, wo die früheren Konstruktionen in der Regel beim Ausziehen der gerösteten Masse einen nicht nothwendigen Zugang von Luft ge-

statteten, der sich indessen durch einige Vorsicht beim Auskrücken der Abbrände selbst, dann aber auch durch weniger häufiges Ausziehen ermässigen liess. Aus diesem Grunde liess schon früher die gleichmässige Beschaffenheit des nach den Bleikammern gehenden Gasstromes bei den Schüttöfen wenig zu wünschen übrig, ein Umstand, welcher sich an der gleichmässigen Aktion in den Bleikammern am vortheilhaftesten bemerklich machte. Immerhin ist aber auch die Beseitigung dieses kleinen Uebelstandes in einfacher Weise erreicht worden.

Ich habe in meiner eingangs angezogenen Abhandlung „über die Röstung des Kupferrohsteines auf Eckardthütte bei Leimbach“ die Anheizung der dortigen Schüttöfen ziemlich umständlich angegeben und von einer circa drei Wochen andauernden Anwärmung und Anheizung erzählt. Diese Angaben sind, obgleich nur einen speziellen Fall betreffend, gleichwohl in einer Weise wiederholt worden, als müssten sie absolut allgemein eingehalten werden. Dem gegenüber kann ich konstatiren, dass man einen Schüttofen für Schwefelkiese, dessen Mauerwerk bereits ausgetrocknet ist, nach einer ganz gelinden Anwärmung von drei bis vier Tagen unbedenklich in Betrieb nehmen kann und die Temperatur nicht höher zu treiben braucht, als dass man in den mittleren Trägerreihen eben wahrnehmbare dunkelste Rothglut bemerkt. Hierbei ist die Temperatur der oberen Ofenzonen eine hinreichend hohe, dass von dem durch die Schüttvorrichtung eingestreuten Kiese schon im Erzzuführungsschlitz des Ofengewölbes und im Ofen unter dem letzteren sofort das erste Atom Schwefel abdestillirt und der ganze Raum bis in die Abzüge hinein mit einer blauen Flamme ausgefüllt ist. Die Temperatur nimmt dann von selbst sehr schnell zu.

Dass man Schüttöfen für schwerer entzündliche Materialien etwas höher erhitzt, möchte auf der Hand liegen, aber auch für Blende und Kupferrohstein braucht man nicht bis zu lebhafter Rothglut zu gehen.

Indem ich also hiermit die Nothwendigkeit der Erwärmung des Ofens bis zur Weissglut gegen meine frühere Angabe ausdrücklich auch für Kupferrohstein in Abrede stelle, bleibt mir nur noch zu erinnern, dass wenn dieselbe auch für letzteres Material ihre Richtigkeit hätte, es doch nicht statthaft erscheinen kann, dieselbe schlechtweg für Schwefelkies herüberzunehmen, wie es, indem der Schüttofen als „Kiesbrenner“ besprochen wird, im Lehrbuch der chem. Technologie von Fr. Knapp und im Handbuch der chem. Technologie von Ph. Schwarzenberg (begründet von Bolley) geschehen ist. Gleichviel ob mit oder ohne meine Schuld eine Uebertreibung berichtet worden ist; dieselbe wird dadurch nur noch vergrößert.

Es ist bereits gezeigt worden, dass die Möglichkeit der Röstung von Schwefelmetallen, gleichgiltig ob diese als Stufwerk oder als Schliege vorliegen, ohne Anwendung von Brennmaterial durch die bei der Röstung entwickelte Hitze allein, nicht ausschliesslich abhängig ist von dem Procentgehalte an Schwefel, und es musste von diesen Betrachtungen unter den wichtigeren und häufigeren Schwefelmetallen nur der Bleiglanz ausgeschlossen bleiben, da die Unterlagen zur Rechnung fehlen.

II. Beleuchtung einiger dem Schüttofen gemachten Vorwürfe.

Es gilt nun, auch die andere eingangs schon erwähnte Ansicht, nach welcher der Schüttofen nur für die metallurgische Röstung überhaupt oder speciell in Verbindung mit Schwefelsäurefabrikation so recht am Platze sein soll, auf ihr richtiges Mass zurückzuführen. Diese Behauptung ist gerade auch in voller Deutlichkeit in dem genannten Werke von Ph. Schwarzenberg ausgesprochen. Die nähere Beleuchtung der beigebrachten Gründe dürfte nicht ohne Interesse sein, da sich so am besten einige Bemerkungen von allgemeiner Wichtigkeit mit anbringen lassen. Zuvor aber muss ich eine eigene früher ausgesprochene Ansicht, die ich längst als Illusion erkannt habe, hier noch besonders als solche hervorheben.

Wenn ich früher (l. c. Seite 25) an die Anwendung von Schüttöfen zur Röstung von Bleiglanz gedacht habe, so ist dies eigentlich fast mehr als eine Illusion; es ist ein vollständiges Ignoriren des Verhaltens von Schwefelblei bei der oxydirenden Röstung. Abgesehen davon, dass man reinen Bleiglanz oder an solchem reiche Erze schwerlich nach einer Methode auf Blei verschmelzen wird, welche die vorherige Abröstung der Erze in einem besonderen Apparate erforderlich macht, verhält sich Schwefelblei bei der Röstung derartig, dass schweflige Säure, freies und schwefelsaures Bleioxyd entsteht. Das letztere ist bei höherer Temperatur schmelzbar; wenn nun schon in den gewöhnlichen Kilns bei der Röstung von Stufwerk Schmelzungen durch Bildung von mehr

oder weniger grossen Klumpen eine höchst lästige Zugabe sind, so würden sich dieselben in Schüttöfen, wo die Freihaltung der Zwischenräume zwischen den Trägern Hauptbedingung ist für gleichmässigen Niedergang des röstenden Materials und für gleichmässiges Aufsteigen der Oxydationsluft, bis zur Unerträglichkeit potenziren. Wäre an einer Stelle der Zugang der Luft aufgehoben oder nur wesentlich vermindert, so würde der noch unzersetzte Bleiglanz nicht sowohl rösten, als vielmehr ebenfalls schmelzen. Die weitere Ausführung hiervon mache man sich nun selbst; nur an die bekannte Thatsache sei noch erinnert, dass Schwefelblei, schmelzend, durch irdene Gefässe hindurchgeht: die Träger des Ofens sowie die Seitenwände würden also sehr bald energisch angegriffen und bis zur Unbrauchbarkeit zerstört werden.

Von Plattner ist (l. c. Seite 96 u. ff.) nachgewiesen worden, dass sich die meisten Metalle und ihre Oxyde, besonders wenn sie sich in fein vertheiltem Zustande befinden, bei Gegenwart von atmosphärischer Luft und schwefliger Säure in der Hitze durch Kontaktwirkung in schwefelsaure Salze verwandeln. Sind auch durch höhere Temperatur die entstandenen Salze meist wieder zerlegbar, so ist dies doch beim schwefelsauren Bleioxyd nicht, bei einigen anderen Sulfaten nur sehr schwierig der Fall.

Wendet man diese Erscheinung auf die Röstung von solchem Bleiglanz und solcher Zinkblende an, welche als Beimengungen Schwefelkies oder Einfach-Schwefel-eisen, überhaupt solche Schwefelmetalle enthalten, welche reichlich schweflige Säure ausgeben, so wird man auch allemal in einem solchen Falle eine reichlichere Bildung von Sulfaten zu erwarten haben, welche, mögen Stücke

oder Schliege vorliegen, unzersetzt aus dem Ofen hervorgehen. Diese Erwartung stimmt vollkommen mit der Erfahrung überein. Ist also an die Röstung von reinem Bleiglanz im Schüttofen nicht zu denken, so muss man auch noch auf die Röstung kiesigen Bleiglanzes darin verzichten und erst bei glänzigen Kiesen von einem gewissen Gehalt an Bleiglanz ab, über welchen später die Rede sein wird, kann man den Schüttofen anwenden.

Was nun die Gründe anbetrifft, denen zufolge Schwarzenberg dem Schüttofen nur für die Metallurgie Wichtigkeit beimisst, so führe ich hier gleich die betreffende Stelle ganz an (l. c. Seite 421): „Die höchst sinnreiche Erfindung Gerstenhöfer's wird wahrscheinlich für die Metallurgie von der grössten Wichtigkeit werden, weil mit keiner anderen Ofeneinrichtung eine so gleichmässige Röstung erzielt werden kann. Man hat indessen beim Betrieb der Schüttöfen mit bedeutenden Schwierigkeiten zu kämpfen, welche durch die grossen Mengen von Flugstaub, die fortwährend alle Durchgangsöffnungen zu sperren drohen, und durch die geringe Haltbarkeit der Erzträger verursacht werden. Wegen dieses letzteren Umstandes soll es nöthig sein, Oefen, welche in Betrieb gesetzt werden, vor Beginn der Röstung drei Wochen lang dergestalt zu feuern, dass die Hitze nach und nach bis zur Weissglut gesteigert wird. Diese Schwierigkeiten haben wahrscheinlich zur Folge, dass man für die Röstung von Schwefelkiesen, aus denen nur allein Schwefelsäure fabrizirt werden soll, den von Olivier und Perret konstruirten Ofen vorziehen wird.“

Ich kann der Versuchung nicht widerstehen, hier gleich auch noch eine Stelle aus Knapp's Lehrbuch (I. 2. Seite 314) anzuziehen. Es heisst daselbst: „Die

sehr sinnreiche Einrichtung von Gerstenhöfer, die wie es scheint, eine Zukunft hat und dazu beitragen dürfte, die Frage von der Verbindung der metallurgischen Röstung der Erze mit der Schwefelsäurefabrikation zur Lösung zu bringen, enthält namentlich zwei Schwierigkeiten. Die eine ist die Haltbarkeit der thönernen Bänke, die sich wohl gern durchgeben oder springen (man soll aus diesem Grunde drei Wochen lang bei neuen Oefen langsam anfeuern, ehe man Beschickung aufgiebt); die andere ist die grosse Menge Flugstaub, die unaufhörlich alle Durchgänge zu verlegen droht und ein häufiges lästiges Aufräumen der Kanäle u. s. f. erfordert. Die Zwischenräume zwischen den Bänken müssen alle drei Stunden, der Kanal nach der Flugkammer alle drei Tage gereinigt werden.“

Für diejenigen, denen die Uebereinstimmung dieser beiden Stellen interessant ist, sei bemerkt, dass Knapp's Buch aus dem Jahre 1866, das von Schwarzenberg aus dem Jahre 1869 ist.

Eingehend auf Schwarzenberg's Ausführungen, so ist es zunächst eine Uebertreibung, dass mit keinem anderen Ofen eine so gleichmässige Röstung erzielt werden kann. Sieht man auch von Schachtröstöfen für stückige Materialien ab, bei welchen sich im Allgemeinen ganz ähnliche Betrachtungen in Bezug auf gleichmässige Abröstung anstellen lassen, wie für Schüttöfen, und bei welchen nur für den aufsteigenden Strom der Röstgase etwas andere Verhältnisse stattfinden, als im Schüttofen, so ist nicht einzusehen, weshalb in anderen Röstöfen mit kontinuierlichem Betriebe nicht dieselbe Gleichmässigkeit der Abröstung zu erreichen sein soll. Ich erinnere in dieser Beziehung nur an den vom Amerikaner Keith schon vor dem Bekanntwerden des Schüttofens ange-

wendeten Ofen, welcher nichts weiter als eine überwölbte schiefe Ebene bildet, auf welcher die zu röstenden Massen abwärts gleiten, während ihnen entgegen der Luftstrom aufwärts steigt (der Keith'sche Ofen ist beschrieben: Berg- und hüttenmännische Zeitung, 1870, Seite 417 und abgebildet ibidem, Tafel 12). Hier ist den Bedingungen einer gleichmässigen Entschwefelung vollkommen genügt; freilich nicht auch gleichzeitig der Bedingung der vollständigsten Entschwefelung.

Ferner ist aber eine möglichst gleichmässige Abröstung nicht allein das Desideratum des Metallurgen, sondern ebensogut auch des Schwefelsäurefabrikanten. Der Unterschied liegt nur darin, dass der Schwefelsäurefabrikant unter allen Umständen eine möglichst weit getriebene (aber doch immerhin gleichmässige) Entschwefelung anstreben muss, während der Metallurg dies nicht in allen Fällen braucht. Es ist aber schon früher darauf hingewiesen worden, dass auch in der Metallurgie eine Abröstung, welche über den gerade nothwendigen Grad hinausgeht, mit Vortheil verbunden sein und vielfach durch Zuschlag von ungeröstetem Material bei den späteren Operationen wieder ausgeglichen werden kann.

Doch giebt es auch metallurgische Röstprozesse, bei denen die fast vollständige Abtreibung des Schwefels unerlässlich ist. So müssen bei der Zinkgewinnung aus Blende die Rückstände von der Röstung bis auf 2 Prozent, besser noch weniger, Schwefel abgeröstet sein. Man kann aber im Schüttofen die Entschwefelung der Blende nur bis auf 6 Prozent Schwefel in den Rückständen erreichen. Kann in diesem Falle durch die Anwendung des Schüttofens kein Vortheil gegen das bisherige Verfahren erreicht werden, sei es durch

Gewinn an Schwefelsäure und Verminderung der Ausgabe für Hüttenrauchentschädigung, sei es durch geringeren Aufwand an Brennmateriel und Arbeitslöhnen, so wird wohl auch der wärmste Freund des Schüttofens seine Anwendung in der Metallurgie des Zinks unterlassen.

Noch ein Umstand ist hervorzuheben. Es können den Schüttöfen nur feine Materialien übergeben werden; die Zerkleinerung muss um so sorgfältiger bewirkt sein, je schwieriger das betreffende Schwefelmetall röstet. Für solche metallurgische Werke also, die nur mit stückigen Erzen und Produkten arbeiten, würde wieder die Frage zu beantworten sein, ob die mit der Zerkleinerung verbundenen Kosten auf andere Weise durch den Betrieb mit klarem Material aufgewogen werden. Wäre dies nicht der Fall, so dürfte auch hier, trotz der gleichmässigen Abröstung, vom Schüttofen Abstand zu nehmen sein.

Anknüpfend an die von Knapp und Schwarzenberg so übereinstimmend geschilderten Schwierigkeiten im Betriebe der Schüttöfen, ist nun noch Einiges über Flugstaubbildung und Zerbrechlichkeit der Träger zu sagen. In meiner früheren Abhandlung habe ich berichtet, dass Versuche mit Trägern aus verschiedenen Bezugsquellen ungünstig ausfielen, indem dieselben theils bei der Anheizung des Ofens, theils nach eröffnetem Betriebe zersprangen, dass aber schliesslich Träger aus Meissen bezogen die gewünschte Haltbarkeit zeigten. Es ist mir nicht bekannt, dass über diesen Punkt ausser von mir noch von anderer Seite öffentlich berichtet worden ist. Da nun bei allen später erbauten Schüttöfen niemals dergleichen Versuche mit Trägern aus ungeeignetem Material wieder vorgenommen, sondern von

Anfang an Träger aus passendem Material angewandt worden sind, also über diesen Punkt nirgends Klage geführt sein kann, so ist die erwähnte Schwierigkeit in Betreff der geringen Haltbarkeit der Träger wohl nur aus meinem Bericht abstrahirt. Zu bedauern bleibt nur, dass nicht der Zusatz gemacht ist, dass wenigstens von Meissen sich brauchbare Träger beschaffen lassen. Knapp hat aber noch ein Uebriges thun zu sollen geglaubt. Nach ihm sollen die Träger „sich wohl gern durchgeben oder springen“. Es ist nicht recht klar, was mit dem „Sich wohl gern durchgeben“ gemeint ist und man darf billig zweifeln, dass er selbst eine bestimmte Vorstellung damit verbunden hat.

Die erste Anforderung, welche an Träger für Schüttöfen zu stellen ist, besteht nicht sowohl in grosser Feuerfestigkeit des Materials, als vielmehr in der Eigenschaft desselben, bei Temperaturdifferenzen nicht zu springen. Geeignete Thone (mit einem Zusatz von Quarz oder Chamotte) sind durchaus nicht selten und es sind bereits aus den verschiedensten Gegenden Deutschlands, sowie auch aus Frankreich und Belgien vortreffliche Träger bezogen. Das Morgensterner Werk zu Merzdorf in Schlesien hat z. B. 2 Jahre lang mit Schüttöfen gearbeitet, bevor ein einziger Träger gesprungen ist. Aehnliches werden andere Werke bestätigen können. Mehrfach habe ich selbst die Güte der Materialien versucht, indem ich beim Anheizen, wo die untersten Trägerreihen am meisten erhitzt werden, absichtlich viel kalte Luft über dem Roste zusetzen liess, ohne dass Brüche eingetreten wären. Ueberhaupt fanden früher die Brüche fast nur in den unteren Reihen der Träger beim Wegnehmen des Rostes statt, weil sich der Zugang von

zuviel kalter Luft nicht gut vermeiden liess. Dies ist nach den neueren Konstruktionen nicht mehr möglich.

R. Hasenclever (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1870, Seite 705 u. ff.) behauptet ebenfalls, dass es schwer sei, haltbare Prismen für den Schüttofen herzustellen und fügt hinzu, dass dieselben, einmal zerbrochen, nicht auszuwechseln sind, ohne den Ofen zu arretiren. Hierzu ist zu bemerken, dass es nicht gar viel zu bedeuten hat, wenn ein zerbrochener Träger im Ofen liegt. Derselbe arbeitet deswegen doch weiter, ohne dass man einen nennenswerthen Unterschied in der Abröstung merkt und nur das Eine ist zu beobachten, dass die Stelle, wo der gebrochene Träger liegt, fleissiger, als die übrigen Träger zu reinigen ist, um Anhäufungen des Materiales zu verhüten. Es ist aber auch gar nicht nöthig, den zerbrochenen Träger, der immer nur zwei Stücke bilden wird, im Ofen liegen zu lassen. Man kann dieselben während des Betriebes, obgleich Hasenclever das Gegentheil behauptet, mit Anwendung einiger Vorsicht in kurzer Zeit herausnehmen und, wenn es noch nicht genügen sollte, dass wenigstens die Stücke entfernt sind, selbst durch einen neuen ersetzen.

Was nun die Flugstaubbildung anbetrifft, so wird man allerdings bei einem Ofen, in welchem ein herabfallender Strom staubförmiger Substanzen einem aufsteigenden Luftstrom begegnet, mehr Flugstaub zu erwarten haben, als in Gefässöfen, in welchen die zu röstenden Substanzen flach ausgebreitet liegen und nur künstlich bewegt werden. Dieser Vorwurf liegt im System und wird durch die Vorzüge desselben reichlich aufgewogen.

Es lässt sich jedoch behaupten, dass alle Diejenigen,

welche die grossen mit dem Betriebe von Schüttöfen verbundenen Flugstaubmengen so sehr betonen (dahin gehört auch Stetefeldt, Berg- und hüttenmännische Zeitung, 1871, Seite 42, welcher gar von ungeröstetem Flugstaub spricht — als ob die grösseren schwieriger röstenden Körner der Beschickung am leichtesten davonfliegen —), nicht wissen wie hoch denn eigentlich der Flugstaubfall, in Prozenten der Beschickung ausgedrückt, sich herausstellt.

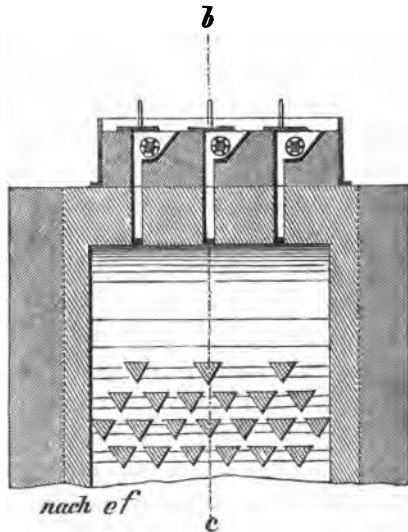
Die Flugstaubmengen wechseln naturgemäss mit den Durchsetzmengen. Sie werden auch, selbst bei gleichen Durchsetzmengen veränderlich sein, je nachdem man die Beschickung in drei Staubströmen (wie es früher geschah), oder in Einem Strom in den Ofen treten lässt (wie es später eingeführt wurde). Die grössten Durchsetzmengen werden im Mansfeld'schen durch die Schüttöfen getrieben. Von unter 50 Ztr. Rohstein in 24 Stunden beginnend, ist man aufgestiegen zu 200 Ztr. in 24 Stunden und soll, wenn ich recht unterrichtet bin, in Perioden, wo der Zug lebhaft genug ist, auf 300 Ztr. Rohstein gekommen sein. Die Mehle oder Granalien sind dabei überspurgar abgeröstet. Bei diesen Durchsetzmengen beträgt der Flugstaubfall durchschnittlich 5 Prozent des durchgesetzten Rohsteines. Ueber den Grad der Entschwefelung des Flugstaubes kann ich allerdings keine positiven Zahlen beibringen; ich kann jedoch anführen, dass in der ersten Zeit des auf Kupferkammerhütte eingeführten Schüttofenbetriebes die manchmal nicht spurgar abgerösteten Steine auf Zuschlag von Flugstaub allemal Spursteine von der gewünschten Konzentration an Kupfer gaben (66 Prozent), was beweist, dass der Flugstaub besser als spurgar abgeröstet war.

Herr Direktor Woat (vom fürstlich Auersperg'schen Bergamte zu Lukawitz bei Chrudim in Böhmen) theilt mir über Flugstaubfall und Abröstung des Staubes Folgendes mit. Die Flugstaubmenge beträgt 1,7 Prozent des Durchsetzquantums, wozu bemerkt werden muss, dass die Beschickung (pptr. 35 Ztr. Schwefelkies in 24 Stunden mit 35 Prozent Schwefelgehalt) auf einem Kollergange vorbereitet wird, der ziemlich viel sehr feines, leicht mit davonfliegendes Mehl erzeugt. Der in der Flugstaubkammer sich ansammelnde Staub enthält im Mittel 1,12 Prozent Schwefel, von welchem sich gegen 0,2 Prozent als Schwefelsäure mit Wasser auslaugen lassen. Ein Flugstaub aus dem vom Ende der Flugstaubkammer nach der Bleikammer führenden Gasrohre entnommen, zeigte naturgemäss, da die Probe weiter vom Ofen entfernt gezogen wurde, also aus um so feineren mitgerissenen Theilchen bestehen musste, einen noch geringeren Schwefelgehalt. Beiläufig sei hier bemerkt, dass auf dem genannten Werke die Abröstung der Beschickung auf durchschnittlich 2,75 Proz. Schwefel in den Abbränden erfolgt. Es zeigen sich also hier ebenfalls die Flugstaube besser entschwefelt, als die Beschickung. Dieses Verhältniss ist auch so natürlich, dass man es von vornherein erwarten muss und es bleibt daher ein wenig überlegter und aus der Praxis gar nicht zu erhärtender Vorwurf, welchen Stetefeldt den Schüttöfen macht, wenn er von bedeutenden Mengen ungerösteten Flugstaubes spricht.

Die im Mansfeld'schen üblichen Durchsetzmengen sind die grössten, welche man den Schüttöfen zu bieten vermag. Zur Zeit, als ich über die Verhältnisse auf Eckardthütte berichtete (1865), waren 100 Ztr. Rohstein in 24 Stunden das übliche Durchsetzquantum. Diese

Menge wird von Knapp ohne Bedenken auch für Schwefelkies angegeben, ist aber für dieses Schwefelmetall viel zu hoch und noch nirgends versucht. Doch kann man bis auf 50—60 Ztr. Durchsetzquantum an Schwefelkies in die Höhe gehen. Auch die Art der Reinigung, wie ich sie für Rohstein bei hohem Durchsetzquantum angegeben, muss für Knapp auch für Schwefelkies unbedenklich gültig sein.

Fig. 1.



Die grossen Flugstaubmengen, welche unaufhörlich alle Durchgänge zu versperren drohen und ein häufiges lästiges Aufräumen der Kanäle erfordern sollen, sind Erfindung von Knapp, welche Schwarzenberg nachgeschrieben hat. Auf dem Morgensterner Werk bei Merzdorf in Schlesien reinigt man die Flugstaubkammern jährlich Ein Mal. Herr Woat theilt mir in dieser Be-

ziehung Folgendes mit: „Der Schüttofen kann 5 bis 6 Monate fortbetrieben werden, ohne dass man den Flugstaub aus der Flugstaubkammer zu ziehen braucht (was in einigen Stunden geschehen ist); die Träger werden in dem oberen Drittel 4 mal, im unteren Theile 1—2 mal täglich gereinigt; die oberen Züge (vergl. *bb*

Fig. 2.

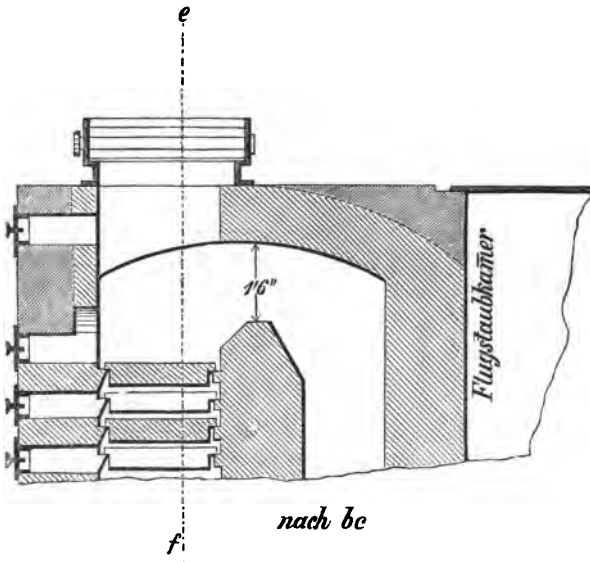
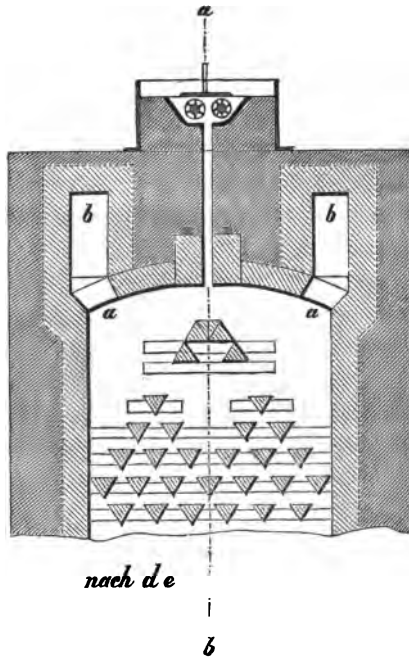


Fig. 3) werden höchstens alle 2 — 3 Wochen einmal durchgekrückt.“ Zum weiteren Beweise, dass es mit dem unaufhörlichen Verlegen der Durchgänge und dem häufigen lästigen Aufräumen nicht so schlimm bestellt sein kann, als dargestellt wird, möge hier gleich eine an dem Ofen angebrachte Vereinfachung erwähnt werden, welche geradezu widersinnig wäre, wenn die Aufräumung so häufig stattfinden müsste, dass sie lästig wird.

In den Oefen früherer Konstruktion fand nämlich der Abzug der flüchtigen Röstprodukte unter dem oberen Gewölbe in der Hinterwand des Ofens statt, welche hier bei 18 Zoll Abstand vom Gewölbe abgesetzt war und solchergestalt einen Durchgang von $4\frac{1}{2} \cdot 1\frac{1}{2} = 6\frac{3}{4}$ Qua-

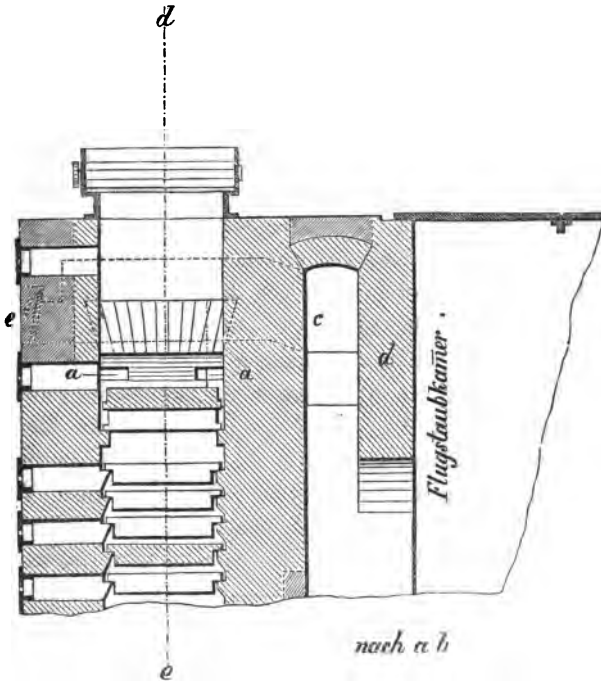
Fig. 3.



dratfuss für die Röstgase frei liess (vergl. die Skizzen 1 und 2). Bei den neueren Konstruktionen ist diese Art und Weise, die Gase abzuführen, verlassen; aus sogleich näher zu erwähnenden Gründen. Die Skizzen 3 und 4 zeigen die neuere, bessere Anordnung. Es sind *aaaa* vier seitliche Oeffnungen in dem Ofengewölbe, von wel-

chen allemal je zwei mit den seitlichen Zügen *bb* in Verbindung stehen. Die letzteren münden nach rückwärts direkt in die Flugstaubkammer bei *c* aus, treffen aber gegenüber noch einmal einen gemauerten Vorhang *d*,

Fig. 4.



durch welchen dem Gasstrom eine niedergehende Richtung ertheilt und somit gleich im vorderen Theile der Flugstaubkammer das Ausfallen der Staubtheilchen wirksam befördert wird. Nach vorn, in der Arbeitsseite des Ofens sind die beiden Züge *bb* fortgesetzt und können hier durch eine vorgesetzte Platte *e* geschlossen

werden. Um die Züge zu reinigen, wird letztere entfernt, eine Krücke eingeführt und der Flugstaub theils durch die Oeffnungen *a* in den Ofenschacht hinein, theils weiter hinten bei *c* in die Flugstaubkammer hinabgestossen. Mit einer zweimaligen Bewegung der Krücke nach hinten kann dies geschehen und die ganze Arbeit für beide Züge einschliesslich des Zusetzens und Wiederverschmierens der Platte mit Lehm oder Thon ohne irgend welche nennenswerthe Belästigung durch schweflige Säure in einigen Minuten beendigt sein.

Bei grossen Durchsetzmengen, z. B. bei 200 Ztr. Rohstein ist in 24 Stunden diese Operation kaum zwei Mal zu wiederholen, bei geringeren dagegen, z. B. bei dem normalen Durchsetzquantum für Kiese von 40 Ztr. jede Woche, wie schon erwähnt, kaum einmal und noch seltener. Vergleicht man den Durchgang der Gase in der früheren mit dem der neueren Konstruktion, so hat man im ersten Falle $6\frac{3}{4}$ Quadratfuss, im andern für die beiden Züge $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1\frac{1}{2} = 2$ Quadratfuss, für die vier Oeffnungen *a* aber gar nur $4 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = 1$ Quadratfuss Durchgang. Schwerlich würde diese Art und Weise der Abführung der Gase aus dem Ofen mit gegen früher so bedeutend reducirtem Durchgang adoptirt worden sein, wenn wirklich Schwierigkeiten in der von Knapp und Schwarzenberg angedeuteten Richtung bestanden hätten.

Die skizzirte neuere Konstruktion entstand aus dem Bestreben, die Menge des Flugstaubes überhaupt zu reduzieren. In der That, wenn man die ältere Konstruktion genauer betrachtet, so ist nicht zu verkennen, dass die Art der Einführung des zu röstenden Materials verbunden mit der Gasabführung der Bildung einer unnützen Menge Flugstaub, welche sich recht wohl ver-

meiden lässt, geradezu förderlich ist. Man sieht, dass die staubförmigen Massen, noch dazu in drei Strahlen, gerade da herabfallen, wo der Strom der Röstgase den Ofen verlässt. Dieses Verhältniss ist der vermehrten Flugstaubbildung günstig. Die Skizzen 3 und 4 zeigen in dieser Beziehung wesentliche Verbesserungen. Zunächst geschieht die Einführung der Schliege oder Granalien nur noch in Einem Strahl, aber mit 2 Walzen, womit gleichzeitig eine Vereinfachung der Schüttvorrichtung verbunden war. Sodann ist der Abzug der Gase durch die 4 Oeffnungen *a* in die Seiten des Deckgewölbes verlegt, also möglichst weit von dem einfallenden Strom der zu verbrennenden Produkte entfernt. Die eben beschriebene Neuerung hat sich gut bewährt.

Gesetzt aber auch, die Schwierigkeiten in Bezug auf massenhafte Bildung wären wirklich so gross, als dargestellt wird, so wäre dies doch gar kein Grund, die Schüttöfen nur für die Metallurgie brauchbar, für die Schwefelsäurefabrikation aber nicht empfehlenswerth zu finden. Denn erstens ist nicht einzusehen, weshalb der Metallurg im Betriebe seiner Röstöfen mit Schwierigkeiten zu kämpfen mehr Neigung haben sollte, als der Schwefelsäurefabrikant; sodann würde umgekehrt für solche metallurgische Werke, welche sehr werthvolle Metalle in den zu röstenden Erzen oder Produkten haben, wegen der Flugstaubbildung eher die Vermeidung, als die Anwendung des Schüttofens folgen.

Die Befürchtung vor Silberverlusten hat aber z. B. die Mansfelder Gewerkschaft, sowie Vivian in Swansea nicht von der Einführung von Schüttöfen abgehalten. Jeder Ofen, auch für Schwefelkiese, erhält eine Flugstaubkammer, die man nur genügend zu vergrössern hat, um bei Gegenwart werthvoller Metalle einen ge-

nügenden Niederschlag des Flugstaubes zu erzielen und Verlusten vorzubeugen.

In Muspratt's Chemie (2. Auflage) 4. Band, Seite 1381 wird angeführt, dass das Mauerwerk der Flugstaubkammern von den heissen schwefligsauren Gasen stark angegriffen werde. Mir ist in dieser Beziehung nur Ein Fall bekannt geworden und in diesem Falle wäre das Mauerwerk auch angegriffen worden, wenn durch die Flugstaubkammer andere als im Schütt-ofen erzeugte schwefligsaure Gase gezogen wären. Aus einem einzelnen Falle sollte man aber noch keine Regel machen. Auf Muldener-Hütten bei Freiberg arbeiten die zuerst angelegten Oefen seit acht Jahren noch heute mit den damals angebauten Flugstaubkammern und bis jetzt kann man ihnen noch nicht ansehen, wann sie einmal zu erneuern sein werden.

Man darf eben bei Herstellung solcher Flugstaubkammern, gleichviel ob sie hinter Kilns, Schüttöfen oder was immer für Röstöfen zu stehen kommen, nicht jede beliebige Sorte von Mauersteinen und namentlich auch keinen kalkhaltigen Mörtel, am allerwenigsten Kalkmörtel selbst verwenden. In letzterer Beziehung ist entweder fetter, möglichst kalkfreier Thon oder eben solcher Lehm oder auch, wenn man ganz sicher gehen will, Theermörtel zu empfehlen, welcher hergestellt wird, indem man gemahlenen Thon in kochenden Theer unter Umrühren einträgt, bis die Masse Mörtelkonsistenz hat. Dünne Mörtelfugen und gehöriges Zusammentreiben der Steine sind bei allen dergleichen Ausführungen sehr am Platze. Die Steine müssen möglichst kalkfrei und scharf gebrannt sein, weil im anderen Falle die Thonerde als löslich vorhanden ist und mit Schwefelsäure Salze bildet, welche, krystallisirend, die Fugen auseinandertreiben.

Dichte Steine bewähren sich besser, als poröse. Beobachtet man diese Vorsichtsmaassregeln, die man sich sämmtlich vor der Ausführung abstrahiren kann, so ist die Möglichkeit der Bildung von Gyps und schwefelsaurer Thonerde ausgeschlossen und man wird dann auch eine dauerhafte Flugstaubkammer erhalten.

Bei Muspratt (a. a. O.) wird auch eine starke Verunreinigung der Kammersäure durch den noch bis in die Bleikammern gelangenden Flugstaub erwähnt. Schon beim Betriebe mit Stufkiesen ist es, wenn nicht ganz besondere Einrichtungen getroffen sind, unmöglich, eine eisenfreie Schwefelsäure in den Kammern zu erzeugen. Das Uebel wird also bei feinen Kiesen und überhaupt feinen Materialien sicher noch stärker auftreten. Doch lässt sich der Eisengehalt, abgesehen davon, dass sich in der Regel ein grosser Theil Säure mit demselben unbeanstandet absetzen lässt, je nach Bedürfniss sehr vermindern oder auch ganz beseitigen.

Die auf Eckardthütte produzierte Kammersäure ist auf ihren Gehalt an Kupfer untersucht worden, wobei sich herausgestellt hat, dass in der jährlich erzeugten Schwefelsäure, wenn ich mich noch recht erinnere, gegen 7 Ztr. Kupfer mit verkauft werden. Als später von der Mansfelder Gewerkschaft die grosse Rösthütte mit Schwefelsäurefabrik auf Kupferkammerhütte bei Hettstädt angelegt wurde, errichtete man, ausser den Flugstaubkammern direkt hinter den Oefen, noch eine nach Art der Bleikammern ausgeführte bleierne Flugstaubkammer, welche im Kammerhause aufgestellt wurde und durch welche die Röstgase ihren Weg nehmen müssen, bevor sie in der ersten Schwefelsäurekammer mit Salpetersäure zusammentreffen. Ferner wurde den in diese

Flugstaubkammer eintretenden Gasen durch ein Bleirohr noch ein dünner Strahl Wasserdampf beigemischt. Der Erfolg war ein zugleich ausserordentlich günstiger und merkwürdiger.

Bekanntlich scheiden sich die in der Kammersäure in Lösung vorhandenen Eisensalze beim Verstärken der Kammersäure und besonders bei der Konzentration auf 66° Bé. durch Wasserentziehung seitens der starken Schwefelsäure als neutrales schwefelsaures Eisenoxyd aus, welches, in konzentrierter Schwefelsäure vollkommen unlöslich, sich als weisser Niederschlag in Krusten theils an die Gefässe ansetzt, theils in feinen, glänzenden Flocken in der konzentrirten Säure suspendirt bleibt. Die Untersuchung dieses aus dem Platinkessel auf Kupferkammerhütte entnommenen Niederschlages ergab neben dem genannten Eisenoxydsalz nur eine ganz geringe Menge von Blei, herrührend von dem Bleiblech der Kammern, aber kein Kupfer. Ob dieses Metall trotzdem in der Kammersäure vorhanden, ist mir bis jetzt nicht bekannt geworden.

Beim Betriebe mit stückigen Materialien wird sich das Erscheinen des besprochenen weissen Niederschlages kaum je in einer Weise fühlbar machen, dass man an Abhilfe denken müsste. Beim Betriebe mit feinen Materialien können aber in doppelter Beziehung Unannehmlichkeiten daraus entspringen. Einerseits nämlich macht das krustenartige Auftreten des Niederschlages selbst hin und wieder Stillstände im Gange der Konzentration im Platinkessel nöthig, um die Krusten, die sich übrigens ganz leicht von den Kesselwänden abblättern, zu entfernen; andererseits ist für manche Verwendungen der Schwefelsäure die Gegenwart der Eisensalze nicht erwünscht. Oft auch versuchen nur die Abnehmer in

Folge des Niederschlages, weil er sichtbar vor Augen gelegt werden kann, den Preis der Schwefelsäure herabzudrücken, während bei demselben Eisengehalte, wäre er in gelöstem Zustande vorhanden, kein Monitum erfolgen würde. Die letzteren Fälle, vielleicht die häufigsten, vermögen gleichwohl dem Fabrikanten manche Unannehmlichkeiten zu bereiten.

In beiden Beziehungen hat Gerstenhöfer Abhilfe geschaffen. Zunächst wurde eine Porzellanschale, so gross als man sie bequem durch den Hals des Platinkessels bringen kann, an Platindrähten in den Kessel eingehängt, so dass sie vollständig in Säure eintaucht. In dieser Schale sammeln und häufen sich in Folge der kochenden Bewegung der Flüssigkeit alle von den Kesselwänden sich ablösenden Krustenstücke an und der Betrieb kann daher so lange ohne eine Unterbrechung fortgeführt werden, bis sich die Porzellanschale mit den Absätzen angehäuft hat. Die Unterbrechung, welche dann nothwendig wird, ist nur von kurzer Dauer. Es braucht nämlich nur die Schale aus dem Kessel genommen, entleert und wieder eingehängt zu werden, wobei allerdings die Gegenwart aus dem Kessel heraustretender schwefelsaurer Dämpfe nicht erwünscht ist, jedoch auch die Feuerung nicht vollständig kalt gelegt zu werden braucht. Die Unterbrechungen des Betriebes sind also seltener und auch kürzer.

Die Beseitigung des in der bereits aus dem Kessel abgezogenen Säure noch vorhandenen Niederschlages ist durch eine sehr einfache und geschickt angelegte Klärvorrichtung gelungen, auf deren nähere Beschreibung ich hier nicht eingehen will. Die geklärte Säure kann ohne jedweden Niederschlag erhalten werden.

Es verdient bemerkt zu werden, dass sich die bei-

den zuletzt erwähnten Vorrichtungen meines Wissens nur auf den Freiburger Hütten bis jetzt als nothwendig erwiesen haben. Hier ist von allen mir bekannten mit stückigen oder pulverförmigen Materialien arbeitenden Hütten und Schwefelsäurefabriken der Absatz von Flugstaub in den Bleikammern weitaus am bedeutendsten, obgleich kaum ein anderes Werk zu finden sein dürfte, wo die Röstgase vor dem Eintritt in die Bleikammern so sorgfältig von Flugstaub zu befreien gesucht werden und so grosse Flugstaubkammern und lange Kanäle zu passiren haben. Man wird nicht fehlgehen, wenn man diese grossen noch in die Bleikammern gelangenden Flugstaubmengen dem durchschnittlich hohen Gehalte von Arsen in den Freiburger Erzen zuschreibt. Während ich Beispiele kenne, dass Bleikammern monatelang mit reinen Kiesen in Schliegform betrieben worden sind, ohne dass sich im Platinkessel ein nennenswerther Absatz des unlöslichen Eisensalzes zeigte, könnte man denselben auf den Freiburger Hütten in derselben Zeit pfundweise sammeln. Die bei der Röstung entwickelte arsenige Säure scheint eben in diesem Falle ein Träger der Eisensalze zu sein und sie weiter mit fortzuschleppen, als sonst geschehen würde. Dass es aber nicht leicht ist, die sonst so leicht verdichtbare arsenige Säure bei den Temperaturen, wie sie in den Bleikammern herrschen, zum absoluten Ausfall zu bringen, beweist der Umstand, dass sie sich noch immer in den hinter dem Gay-Lussac'schen Apparat stattfindenden geringen Niederschlägen nachweisen lässt, nachdem die Gase Flugstaubkammern, lange Kanäle, Bleikammern und einen mit 60 grädiger Schwefelsäure berieselten Koksthurm passirt haben.

Dr. Grüneberg hat im Kölner Bezirksverein

deutscher Ingenieure (vergl. Zeitschrift desselben, 1871, Seite 342 u. ff.) einen Vortrag über „Verwendung von Schwefelkiesen und schwefelhaltigen Erzen zur Schwefelsäurefabrikation“ gehalten, worin er die verschiedenen Methoden der Abröstung mit Rücksicht auf die in Frage kommenden Oefen bespricht und dabei als einen Nachtheil des Gerstenhöfer'schen Schüttofens hervorhebt, dass man die zu röstenden Erze fein pulvern müsse, was fast genau so viel sagen will, als wenn man einem Ofen für Stufwerk zum Nachtheil anrechnen wollte, dass man Stücke darin verbrennen muss.

Den Umstand, dass man im Schüttofen nur pulverförmige Materialien rösten kann, als einen Nachtheil desselben auszugeben, beruht auf einer vollständigen Verkennung seiner Anwendung, die sich eben nur auf bereits vorliegende pulverförmige Materialien erstrecken soll. Niemals ist vom Erfinder verlangt worden, dass man Schwefelmetalle bloß um deswillen pulvern solle, damit sie nur in seinen Oefen geröstet werden könnten. Es möge hierfür nur beiläufig angeführt werden, dass in dem Jahre 1870—71 nach Gerstenhöfer'schen Plänen in verschiedenen neuen und alten Schwefelsäurefabriken allein vierzig Stufkiesröstöfen in Betrieb gesetzt wurden oder noch in der Anlage begriffen sind, mit welchen sich jährlich nahezu 300000 Ztr. westphälischer oder norwegischer Stückkiese verarbeiten lassen. Dagegen kamen im gleichen Zeitraume nur neun Schüttöfen in Betrieb oder zur Anlage. Dieselben kamen ausschliesslich auf solchen Werken zur Anwendung, welche entweder die benutzten Schwefelkiese in Folge von Aufbereitungsarbeiten in Pulverform zur Disposition haben oder aber sie in der Grube in feinem Zustande bereits vorfinden.

Schwarzenberg meint, dass die Schwefelsäurefabrikanten den Ofen von Olivier und Perret dem Gerstenhöfer'schen Schüttöfen wegen der mit seinem Betriebe verbundenen Schwierigkeiten vorziehen werden. Nun setzt aber die Abröstung von Feinkiesen in dem erstgenannten Ofen die gleichzeitige Abröstung von Stufwerk voraus, wie dies auch bei dem Hasenclever'schen Röstöfen der Fall ist, welcher allerdings auch so angelegt sein kann, dass das Verbrennen von Stufwerk durch künstliche Feuerung entbehrlich gemacht wird. Dies wäre aber für Kiesröstung eine Verschwendung. Es leuchtet also ein, dass solche Schwefelsäurefabrikanten, die nur feine Schwefelkiese, aber Stufwerk gar nicht oder nur mit vermehrten Kosten zur Verfügung haben, durch Anwendung der Öfen nach Olivier-Perret oder Hasenclever-Helbig sich wesentlich im Lichte stehen würden.

B. Kerl (in Muspratt's Chemie, 4. Bd., S. 1381) sagt von den Schüttöfen: sie erfordern eine sorgfältige Wartung, wenn der Schlieg nicht auf den Bänken fest-sintern soll. Man kann damit, bis auf das Festsintern, einverstanden sein, welches höchstens beim Kupferrohstein, aber nicht bei Schwefelkies vorkommt, welcher sich, durch Sulfatbildungen, nur ganz lose zusammenlegt. Man würde aber im Irrthum sein, wenn man annehmen wollte, dass die sorgfältige Wartung der Schüttöfen mehr Arbeitskraft erfordert, als diejenige anderer Öfen für Stufwerk.

Häufig sind mir auch Besorgnisse um geeignete Arbeiter ausgesprochen worden, an denen man zur Bedienung der Schüttöfen eine höhere Intelligenz für erforderlich hielt. Dem gegenüber kann versichert werden, dass spätestens nach einer Woche die Arbeiter

überall genügend eingeübt waren, um von selbst das Nothwendige zu thun und dass ferner zu Neu-Moldowa im Banat Zigeuner und Wallachen von Anfang an die Schüttöfen bedienen.

Hasenclever (l. c. Seite 710) behauptet, dass, neben schon erwähnten Ausstellungen, auch die Abröstung des feinen Schwefelkieses im Schüttofen nicht immer befriedigend sei, so dass trotz der sinnreichen und originellen Erfindung, der Ofen sich im Ganzen wenig Eingang verschafft habe. Keine Behauptung kann grundloser sein, als diese zuletzt ausgesprochene. Die Statistik des Schüttofens am Schlusse dieser Blätter mag dies beweisen. Was aber die fernere Behauptung anlangt, dass der Ofen „nicht immer“ befriedigend abröste, so giebt sie von selbst zu, dass er es wenigstens zuweilen thut. Ein derartiger Apparat mag an sich noch so sehr geeignet sein, befriedigende Resultate zu geben, dennoch wird es immer sehr leicht bleiben, auch schlechte Resultate damit zu erzielen; es bleibt also eine sachgemässe Handhabung und Kontrolle immerhin nothwendig. Auch ist dem Verfasser nicht unbekannt geblieben, wie der eine Erfinder des Hasenclever-Helbig'schen Ofens gegen verschiedene Personen, welche auf der Waldmeister-Hütte bei Stollberg, wo der Apparat unter Hasenclever's Augen arbeitet, Proben von der Röstmasse ziehen wollten, geäußert hat, dass diese Proben kein Urtheil zulassen würden, da der Ofen gegenwärtig gerade nicht normal arbeite.

Wenn man auch annimmt, dass es böser Zufall ist, dass der Ofen in diesen verschiedenen Fällen jedesmal eine Unart hatte, so geht aber aus dem Gesagten doch mit Sicherheit soviel hervor, dass der Ofen von Hasenclever & Helbig die Klippe, „nicht immer“ befriedigend

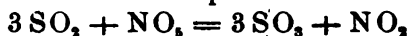
zu arbeiten, ebenfalls nicht vermieden hat und dass daher Hasenclever den nämlichen Vorwurf, dem Gerstenhöfer'schen Schüttofen gemacht, besser weggelassen hätte.

Es mag an dieser Stelle noch ein anderer Punkt besprochen werden, welchen Hasenclever in dem erwähnten Artikel (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1870, Seite 706) ebenfalls berührt und welcher, wenn auch nicht speciell in dieses Kapitel, so doch ganz unter den Titel gehört, welcher diesen Blättern vorgesetzt ist. In der etwas akademisch gehaltenen Einleitung des Artikels wird der Leser zunächst über Verwendung der schwefligen Säure überhaupt, sowie im Besonderen über Verwendung auf Schwefelsäure und sodann über den Bleikammerprozess durch chemische Formeln aufgeklärt. Hasenclever lässt sodann der Direktion der Freiburger Hütten eine Belobigung zukommen für vortreffliche Leistungen in der Schwefelsäurefabrikation. Dieses Lob, in welches übrigens Jedermann, und zwar nicht allein in Hinsicht auf Schwefelsäurefabrikation, einstimmen wird, ist u. A. auch durch die Winkler'sche Arbeit (Untersuchungen über die chemischen Vorgänge in den Gay-Lussac'schen Kondensationsapparaten der Schwefelsäurefabriken, Freiberg 1867) begründet, obgleich, beiläufig erwähnt, Winkler's Arbeit gar nicht auf Veranlassung der genannten Direktion entstanden ist und Winkler selbst den Freiburger Hütten auch nicht angehört.

Dieser Winkler'schen Arbeit nun wird nachgerühmt, dass sie Klarheit gebracht habe in die Reaktionen der Stickstoffverbindungen beim Austritt aus den Kammern. Auch hierin muss ich Hasenclever Recht geben, muss jedoch bemerken, dass derselbe bei aller Anerkennung das Schriftchen doch nicht vollständig durch- oder

mindestens sehr oberflächlich gelesen hat. Sonst müsste er sich aus den mitgetheilten Versuchen Konsequenzen gezogen haben, welche, von Winkler bereits selbst angedeutet, mit den von Hasenclever zur Illustration des Kammerprozesses mitgetheilten Formeln unvereinbar sind.

Hasenclever dozirt nämlich (a. a. O.): „Der Prozess in den Bleikammern beginnt damit, dass bei Gegenwart von Wasserdampf aus



entstehen; dann folgen folgende Reaktionen:



Nach diesen Formeln müsste in den Kammern die Zersetzung und Neubildung der salpetrigen Säure unter gleichen Bedingungen gleichzeitig von statten gehen, eine Vorstellung, die einerseits gegen das logische Denken verstösst, andererseits eben mit Winkler und mit bekannten chemischen Sätzen in Widerspruch steht, welcher am Schlusse seines Resumé (Seite 20 l. c.) folgende Hauptsätze aufstellt, die Hasenclever, wie es scheint, übersehen hat:

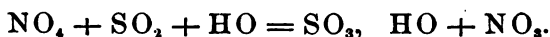
„Es dürfte sehr wahrscheinlich sein, dass der Prozess der Schwefelsäurebildung zur Hauptsache auf der Wechselwirkung zwischen schwefliger Säure und Untersalpetersäure unter Einfluss des Wasserdampfes beruhe. Es entsteht hierbei die Verbindung von Schwefelsäure und salpetriger Säure, welche sich in Form der oft beobachteten weissen Nebel zu Boden senkt, hier mit der dünnen heissen (?) Kammersäure in Berührung kommt und sich in derselben auflöst, wobei salpetrige Säure in Gasform frei wird, welche ein neues Quantum schwef-

liger Säure oxydirt, sich dabei in Stickoxyd verwandelnd, das, indem es sich des vorhandenen Sauerstoffs bemächtigt, zu Untersalpetersäure wird und so den Kreislauf auf's Neue eröffnet.“

Dieser Seitenblick von den Untersuchungen über die Vorgänge im Gay-Lussac'schen Apparat aus auf die Vorgänge in den Kammern muss sich übrigens jedem aufmerksamen Leser des Schriftchens auch ohne Winkler's Anregung von selbst aufdrängen, so dass es auffallend bleibt, wie man den von Winkler mitgetheilten Thatsachen zustimmen, die sich von selbst ergebenden Schlüsse aber ignoriren kann.

Will man nach den Winkler'schen Sätzen die Vorgänge in den Kammern durch Formeln ausdrücken, so ist es am Besten, von der Salpetersäure, deren Reduktion leicht erklärlich ist, abzusehen und mit dem Vorhandensein von Untersalpetersäure zu beginnen. Man hat dann Folgendes:

1) Untersalpetersäure, schweflige Säure und Wasserdampf geben, wie der direkte Versuch beweist (man vergl. Winkler, l. c. Seite 16), bei ihrem Zusammentreffen die als sogenannte „Kammerkrystalle“ oder „nitrose Schwefelsäure“ bekannte Verbindung.

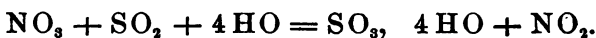


2) Diese Verbindung wird theils in der Bodensäure der Kammer, theils durch den überschüssigen Wasserdampf zersetzt und die salpetrige Säure gasförmig in Freiheit gesetzt.



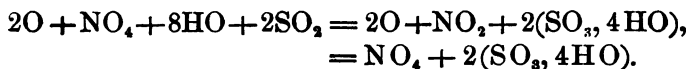
3) Die freigewordene salpetrige Säure erleidet beim Zusammentreffen mit schwefliger Säure Reduktion zu Stickoxydgas, während sich wiederum Schwefelsäure

bildet, von der man annehmen mag, dass sie sich sofort des vorhandenen Wassers bemächtigt und in vierfaches Hydrat übergeht (Winkler, l. c. Seite 14).

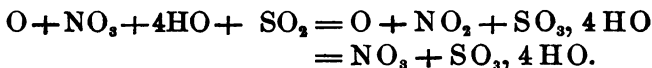


4) Das gebildete Stickoxydgas vereinigt sich mit dem vorhandenen Sauerstoff zu Untersalpetersäure, welche ihrerseits einen neuen Turnus wie bei No. 1 eröffnet (Winkler, l. c. Seite 15).

Sollte sich Hasenclever daran gestossen haben, dass Winkler selbst diese Vorgänge nur als wahrscheinlich hinstellt, so ist daran zu erinnern, dass sie Schwarzenberg nicht anders auffasst. Das Buch desselben ist von Hasenclever wiederum mit einem Lobe bedacht, ohne dass sich derselbe das Gute daraus angeeignet hätte. Vereinigt man nämlich die oben getrennt dargestellten Vorgänge zu Einer Formel, aus der aber kein so klares, anschauliches Bild der einzelnen durch das Experiment ermittelten Reaktionen erhalten wird, so erhält man Folgendes:



und ferner:



Das aber sind genau die Formeln, die Schwarzenberg (Seite 330 seines Buches) zur Erklärung des Kammerprozesses beibringt, mit dem Hinzufügen, dass eigentlich schon logische Schlussfolgerungen zur Aufstellung dieser Formeln hätten führen sollen, bevor ihre Richtigkeit durch die Beobachtung dargethan war.

Kast und Bräuning machen Mittheilungen über die Freiburger Hüttenprozesse (in der Zeitschrift für

das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen im preuss. Staate, 1870, S. 183), worin sie ebenfalls den Schüttöfen verschiedene Vorwürfe machen.

Es wird angegeben, dass das Röstgut von kiesigen Erzen, nachdem es durch die Schüttöfen gegangen ist, noch immer 12 bis 13 Proz. Schwefel enthält und dass zu diesem geringen Effekt noch der Uebelstand hinzutrete, dass die Röstung nicht immer gleichmässig ausfällt. Ohne behaupten zu wollen, dass die Röstung in den Schüttöfen auf den königlichen Hütten bei Freiberg durchweg gleichmässig ausfällt, muss doch daran erinnert werden, dass die Beschickung ebensowenig gleichmässig ist, dass nicht allein der Gehalt derselben an Schwefel, sondern auch an Blei und Zink sehr häufigen Variationen unterworfen ist. Es ist bereits ausgeführt, inwiefern Gehalte an Schwefelzink und Schwefelblei in der Beschickung einer möglichst vollkommenen Entschwefelung nicht günstig sind. Kann nun auch nicht bestritten werden, dass in der That zuweilen noch Gehalte von 12 bis 13 Prozent Schwefel in dem Röstgut auftreten, so sollte doch auch wenigstens der Grund des schlechten Resultates angegeben sein. Auf der Halsbrückener Hütte erfolgt die Abröstung durchschnittlich auf 7 bis 9 Prozent Schwefel in dem Röstgut und die Erze bestehen aus Gemengen von $\frac{1}{3}$ Bleierz mit 25 bis 30 Prozent Blei und $\frac{2}{3}$ kiesigem Erz. Früher, als die kiesigen Erze überhaupt noch in grösserer Menge und freier von Schwefelblei und Schwefelzink angeliefert wurden, war auch die Abröstung eine bessere.

Nach den Genannten werden in Freiberg die Schüttöfen allgemein für Apparate gehalten, die weit entfernt sind, allen technischen Anforderungen zu genügen, die man jedoch in Ermangelung von Besserem vorläufig

beibehalten muss. Die Ansicht, dass die Schüttöfen unvollkommene Apparate sind, kann man gelten lassen, insofern nichts Vollkommenes ist unter der Sonne. Soweit ich meinerseits jedoch Erkundigungen in Freiberg eingezogen habe, wird den Aeusserungen von Kast und Bräuning nicht beigestimmt, und soweit ich keine Erkundigungen eingezogen habe, muss ich daran erinnern, dass es sich auf den Freiburger Hütten keineswegs um blosser Beibehaltung und Ausnutzung der vorhandenen Schüttöfen handelt, wie das die Thatsache beweist, dass im Jahre 1870/71 auf Muldener Hütten vier, auf Halsbrückener Hütten zwei neue Schüttöfen erbaut worden sind. Uebrigens vergleiche man mit dem abfälligen Urtheil von Kast und Bräuning über die Schüttöfen dasjenige von Leuschner, welcher den Schüttöfen die vollständigste Anerkennung ausspricht (Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen im preussischen Staate, XVII, Seite 159).

Kast und Bräuning sprechen im weiteren Verlaufe ihrer Mittheilungen die Ansicht aus, dass es nicht gerade verwerflich sein möchte, zur Abröstung kleinerer Mengen kiesiger Schliege die letzteren mit Thon oder Lehm und angesäuerten vitriolischen Laugen zu Batzen anzubinden und in Kilns zu rösten, obgleich sie vorher selbst angeben, dass auf diese Weise und bei Verwendung jugendlicher Arbeiter das Anbatzen von 1 Ztr. Erz $2\frac{1}{2}$ Groschen kostet. Nach meinem Dafürhalten ist hier allemal die Anwendung eines Schüttofens vorzuziehen, sofern das Erzquantum zum Betriebe eines solchen ausreicht und ein etwaiger Gehalt der Erze an Schwefelblei nicht so hoch steigt, dass die Röstung in Schüttöfen erschwert oder unmöglich gemacht wird. In diesem letzteren Falle würde aber auch die Röstung

der Batzen in Kilns ungenügend ausfallen. Sind ausserdem die kiesigen Erze noch frei oder arm an edlen Metallen, wie es z. B. den meisten ausschliesslich zur Schwefelsäurefabrikation verwendeten Schwefelkiesen der Fall ist, so dürfte es sehr häufig vorkommen, dass der an sich nicht sehr werthvolle Schwefelkies einen Aufschlag von $2\frac{1}{2}$ Groschen pro Zentner für eine blossе Vorbereitungsarbeit nicht mehr vertragen kann. Sollte der klare Schwefelkies auch selbst noch nicht in hinreichend feiner Form vorhanden sein, um in Schüttöfen geröstet werden zu können, so würde die Vorbereitung hierzu etwa mittelst eines Mahlganges immer noch weniger als die Hälfte der Kosten erfordern, welche zum Anbatzen nöthig sind.

Endlich ist als Kuriosum noch eine Auffassung zu erwähnen, die Dr. H. Grothe (in seinem Werke: Die Brennmaterialien und die Feuerungsanlagen) beibringt. Derselbe lässt nämlich den Schüttofen unter den Röstöfen mit intermittirendem Betriebe rangiren, indem er die Träger voll Material fallen, dieses rösten, dann herunterstossen und diese Operationen wieder von Neuem beginnen lässt. Es braucht wohl kaum gesagt zu werden, dass an eine solche Betriebsweise in der Praxis niemals ernstlich gedacht worden ist.

III. Betrachtungen über die Röstung einiger Schwefelmetalle mit Rücksicht auf ihre Verröstung in Schüttöfen und nachfolgender Schwefelsäurefabrikation.

Es ist im Vorhergehenden schon mehrfach darauf hingewiesen worden, dass die Anerkennung der Erfindung des Schüttofens ausschliesslich für die Metallurgie völlig einseitig ist. Um klar zu stellen, wie weit und wo die Anwendung des Schüttofens auch in der Metallurgie angezeigt ist, sollen nun die wichtigsten der etwa in Frage kommenden Schwefelmetalle näher betrachtet werden.

I. Bleiglanz.

Dass der Schüttofen zur Röstung dieses Schwefelmetalles nicht praktikabel ist, wurde bereits mit Gründen belegt. Es lassen sich jedoch auch Betrachtungen anstellen, denen zufolge für die Metallurgie des Bleies die Beseitigung der durch die Röstprozesse entwickelten schwefligen Säure von seiten der Schwefelsäurefabrikation überhaupt sehr wenig zu hoffen ist.

Bei der Gewinnung des Bleies aus Bleiglanz wird bekanntlich auf dreierlei Weise vorgegangen und zwar durch partielle Röstung und darauf folgende Schmelzung, durch Zersetzung des Schwefelbleies mittelst Eisen und endlich durch Röstung und nachherige Reduktion mittels Kohle. Die Methode mit partieller Röstung verlangt möglichst reine Erze, die Methode der Ausfällung des Bleies mittels Eisen (die sogenannte Niederschlagsarbeit) ist für ärmere Erze mit kiesigen Beimengungen

oder auch schwer schmelzbaren Gangarten geeignet; während endlich die Röst-Reduktionsarbeit (oder die „gemeine Bleiarbeit“) für Erze mit mehrerlei beigemengten Schwefelmetallen und viel beigemengten Gangarten angezeigt ist. Nur bei der letztgenannten Arbeit findet also ein Röstprozess separat für sich statt; bei der Methode der partiellen Röstung erfolgt die der Röstung folgende Schmelzung unmittelbar in demselben Ofen.

Wenn auch ein beträchtlicher Theil des Schwefels sowohl bei der Methode mit partieller Röstung, als auch bei der Niederschlagsarbeit in Steine übergeht, die bei den etwa nothwendigen späteren Veränderungen und Repetitionsarbeiten sich recht wohl so rösten lassen, dass man auf einigermassen gleichmässige und nicht zu verdünnte Röstgase rechnen kann (welche beiden Anforderungen Voraussetzungen zur Schwefelsäurefabrikation sind), so wird doch immerhin ein grosser Theil Schwefel, namentlich bei der Methode mit partieller Röstung, schon von vornherein als schweflige Säure vertrieben, welche theils zu verdünnt, theils in zu ungleichmässiger Entwicklung auftritt, als dass sich ihre Kondensation in Bleikammern mit einiger Aussicht auf einen regulären Kammerbetrieb durchführen liesse, ganz abgesehen von der Schwierigkeit, die gebräuchlichen Oefen passend mit Bleikammern zu verbinden, eine Schwierigkeit, die sich aber jedenfalls heben lassen dürfte.

Plattner (metallurgische Röstprozesse Seite 145) fand, dass 100 Gewichtstheile reinen Bleiglanzes, „mit aller Vorsicht vollständig abgeröstet“ (und zwar im Kleinen), 3 Prozent an Gewicht zunehmen und dass die Röstmasse zusammengesetzt war aus:

66,3 freiem Bleioxyd,
 36,7 schwefelsaurem Bleioxyd,
 103,0.

100 Theile Bleiglanz enthalten 13,33 Theile Schwefel. In 36,7 Theilen schwefelsaurem Bleioxyd hat man 3,96 Theile Schwefel; man würde somit aus 100 Gewichtstheilen Bleiglanz, mit aller Vorsicht vollständig abgeröstet, $13,43 - 3,96 = 9,47$ Gewichtstheile Schwefel gewinnen können.

Vorausgesetzt, dass sich die Röstung mit aller Vorsicht auch noch in der angegebenen Weise bewirken liesse, wenn man auf die Zusammensetzung der Röstgase behufs Kondensation der schwefligen Säure in Bleikammern Rücksicht zu nehmen hätte, würde man aus 100 Gewichtstheilen reinen Bleiglanzes folgendes Gasgemenge erhalten.

9,47 Gewichtstheile Schwefel geben 18,94 Gewichtstheile schweflige Säure; zur Bildung derselben sind 9,47 Gewichtstheile Sauerstoff, zur Ueberführung derselben in Schwefelsäure 4,74 Gewichtstheile Sauerstoff erforderlich. Ferner kommen auf 66,3 Gewichtstheile freies Bleioxyd 4,76 Gewichtstheile Sauerstoff; ingleichen auf 36,7 Gewichtstheile Bleisulfat 7,75 Gewichtstheile Sauerstoff. Im Ganzen werden also verbraucht: $9,47 + 4,74 + 4,76 + 7,75 = 26,72$ Gewichtstheile Sauerstoff, welche, aus atmosphärischer Luft entnommen, 88,52 Gewichtstheile Stickstoff hinterlassen. Diese Gasmengen entsprechen folgenden Voluminibus:

18,94	Gewichtstheile	schweflige Säure	6,621	Vol.,
4,74	-	Sauerstoff . . .	3,314	-
88,52	-	Stickstoff . . .	61,890	-
			zusammen	71,825 Vol.

Dem Volumen von 61,890 Stickstoff wäre nun noch so viel atmosphärische Luft zuzuführen, dass der Sauerstoffgehalt des Gemenges 6 Volumenprocente ausmacht. Die Rechnung, in bekannter Weise durchgeführt, giebt:

Stickstoff	18,098 Vol.,
Sauerstoff	4,799 -
zusammen	<u>22,897 Vol.</u>

Man hat also im Ganzen $71,825 + 22,897 = 94,722$ Volumina Gase, in diesen 6,621 Volumina schweflige Säure oder

$$\frac{100 \cdot 6,621}{94,722} = 6,990 \text{ Volumenprocente } \text{SO}_2.$$

Wenn nun allerdings zugegeben werden muss, dass bei Röstgasen von diesem Gehalte an schwefliger Säure die Kondensation derselben zu Schwefelsäure gar keinen Schwierigkeiten unterliegt, so ist es auf der anderen Seite nur bedauerlich, dass man in der Praxis diesen Prozentsatz eben keineswegs erreichen kann. Es ist nicht zu vergessen, dass die Rechnung von einem im Kleinen mit aller Vorsicht ausgeführten Versuche ausgegangen ist. Im Grossen wird die Menge des gebildeten Bleisulfates wahrscheinlich grösser sein, sicher aber ganz bedeutend zunehmen, sobald der zu röstende Bleiglanz auch nur geringe Mengen anderer reichlich schweflige Säure ausgebender Schwefelmetalle beigemengt enthält.

Plattner (a. a. O. Seite 146) führt in dieser Beziehung ein Beispiel an, welches kaum schlagender gedacht werden kann. Er fand in einem dem oberen Heerde der Doppelöfen zu Bleiberg in Kärnthen entnommenen vollständig durchgerösteten Bleiglanzschlieg in 100 Theilen:

15,4 Schwefelsäure,
76,9 Bleioxyd,
5,4 Zinkoxyd,
2,1 Eisenoxyd,
<hr/> 99,8.

„Nimmt man an, dass bei einer so vorsichtigen Röstung, wie sie in Bleiberg betrieben wird, das Zinkoxyd etwa 2 Prozent Schwefelsäure zurückbehalten hat, so bleiben 15,4 — 2,0 = 13,4 Prozent Schwefelsäure für das Bleioxyd. — — Der geröstete Bleiglanzschlieg dürfte demnach zusammengesetzt zu betrachten sein aus:

39,5 freiem Bleioxyd,
50,8 schwefelsaurem Bleioxyd,
7,4 freiem und schwefelsaurem Zinkoxyd,
2,1 Eisenoxyd.
<hr/> 99,8 wie oben.“

Dieses Röstgut ist, Eisenoxyd und Zinkoxyd als von Schwefelkies bzw. Zinkblende herrührend betrachtet, entstanden aus:

82,4 Bleiglanz,	entsprechend 11,03 Schwefel,
6,5 Zinkblende,	- 2,14 -
3,1 Schwefelkies,	- 1,65 -
<hr/> 92,0 Theilen Erz.	<hr/> 14,82 Schwefel.

Es resultirten somit aus 100 Gewichtstheilen Erz an Röstgut $\frac{100 \cdot 100}{92} = 108,7$ Gewichtstheile. Die Gewichtszunahme ist also hier wesentlich höher, als bei dem Versuche im Kleinen beobachtet wurde.

Das Erz bestand prozentual aus:

89,56 Bleiglanz,
7,07 Zinkblende,
3,37 Schwefelkies.
<hr/> 100,00.

Die Menge der Röstgase würde man im vorliegenden Falle in folgender Weise erhalten. Von den in 92 Gewichtstheilen Erz enthaltenen 14,82 Gewichtstheilen Schwefel sind in Schwefelsäure $\frac{15,4 \cdot 16}{40} = 6,16$

Gewichtstheile im Röstgut zurückgeblieben, mithin im Ganzen nur $14,82 - 6,16 = 8,66$ Gewichtstheile Schwefel als schweflige Säure abgetrieben. Es entstanden also 17,32 Gewichtstheile schweflige Säure bei einem Sauerstoffverbrauch von 8,66 Gewichtstheilen. Zur Umwandlung in Schwefelsäure sind fernere 4,33 Gewichtstheile Sauerstoff erforderlich.

Im Röstprodukt sind folgende Sauerstoffmengen gebunden: in 15,4 Schwefelsäure 9,24 Gewichtstheile; in 76,9 Bleioxyd 5,52 Gewichtstheile; in 5,4 Zinkoxyd 1,06 Gewichtstheile; in 2,1 Eisenoxyd 0,63 Gewichtstheile; zusammen also $9,24 + 5,52 + 1,06 + 0,63 = 16,45$ Gewichtstheile Sauerstoff. Der ganze Sauerstoffverbrauch ist also: $8,66 + 4,33 + 16,45 = 29,44$ Gewichtstheile; mithin die übrig bleibende Stickstoffmenge: 97,54 Gewichtstheile, welche einen Raum von 77,62 Vol. ausfüllen.

Um den austretenden Gasen die bekannten 6 Volumenprocente freien Sauerstoffs beizumischen, würde an atmosphärischer Luft noch zuzuführen sein:

22,70 Vol. Stickstoff,
6,02 - Sauerstoff.

Die gesammte Menge der Röstgase wäre also:

schweflige Säure	6,118 Vol.
Stickstoff $77,62 + 22,70 =$	100,320 -
Sauerstoff $4,33$ Gewichtsth. $+ 6,02$ Vol. $=$	9,047 -
zusammen	<u>115,485 Vol.</u>

und der Gehalt an schwefliger Säure ist:

$$\frac{6,118 \cdot 100}{115,485} = 5,29 \text{ Volumenprocente.}$$

Auch dieser Gehalt, wenn schon beträchtlich niedriger, als der für reinen Bleiglanz nach dem Versuche im Kleinen aus dem Rostprodukt ermittelte, würde noch recht gut die Kondensation der schwefligen Säure zu Schwefelsäure zulassen. Allein in doppelter Hinsicht würde man in Wirklichkeit viel schwächere Gase erhalten, als die Rechnung giebt, die sich allein auf die Zusammensetzung des angewandten Erzes und des entstandenen Röstgutes stützt. Einerseits nämlich ist die Röstung der untersuchten Probe bewirkt mit alleiniger Berücksichtigung auf die zu erzielende Zusammensetzung der Röstmasse, während die Zusammensetzung der Röstgase vollständig unbeachtet gelassen wird; auch findet die Anwendung von Brennmaterial statt. Es ist gar keinem Zweifel unterworfen, dass hierbei um vieles grössere Luftmengen durch die Oefen gehen, als in der Rechnung auftreten. Andererseits ist auch nicht zu erwarten, dass bei einer sich selbst überlassenen Röstung der Erzmasse die von Plattner angegebene Entschwefelung erreicht werde. Wenn auch von unzersetztem Schwefelblei, welches von schmelzendem Bleisulfat eingehüllt, vor der ferneren Berührung mit Sauerstoff hierbei vollständig geschützt sein kann, abgesehen wird, so dürfte doch schon die Sulfatbildung reichlicher und die Bildung an freiem Bleioxyd geringer sein. Und dies wird eintreten unabhängig davon, ob das Erz in Stücken oder in Pulverform zur Röstung angewendet wird.

Was nun den maximalen Gehalt an Bleiglanz anbetrifft, mit welchem man andere Schwefelmetalle in Schüttöfen, ohne Schwierigkeiten im Betriebe derselben

zu bekommen, so wird dieser Gehalt nach der Natur der anderen Schwefelmetalle verschieden sein. Bei Gegenwart von reichlich schweflige Säure ausgebenden Schwefelmetallen ist, wie erwähnt, die Bildung von schwefelsaurem Bleioxyd auch allemal reichlicher und aus diesem Grunde darf man die folgenden Angaben, welche das Maximum des Bleiglanzgehaltes in kiesiger Beschickung angeben, nicht auch gleichzeitig als Maxima für andere Beschickungen ansehen, in welchen die übrigen Schwefelmetalle weniger schweflige Säure liefern, als der Schwefelkies.

Für kiesige Erze, welche in Schüttöfen verröstet werden sollen, wird der Gehalt an Bleiglanz nicht wohl über 18 bis 20 Prozent steigen dürfen, entsprechend einem Bleigehalt von gegen 16 bis 17 Prozent. Es soll damit nicht gesagt sein, dass darüber hinaus die Röstung unmöglich wird. Doch wird die Arbeit schwieriger, folglich mehr Arbeitskraft erforderlich. Während für die an den Oefen nöthigen Arbeiten bei bleiglanzleeren oder bleiglanzarmen Kiesen zum Betriebe von 6 Oefen à etwa 40 Ztr. Durchsetzquantum in 24 Stunden 2 Mann in der zwölfstündigen Schicht erforderlich sind, würde man bei Erzen mit höheren Bleigehalten in der zwölfstündigen Schicht etwa 3 bis 4 Mann brauchen, aber trotz des Mehraufwandes an Arbeit, doch nicht entsprechend gut abrösten.

Nimmt man für die eben bezeichneten kiesigen Erze mit 18 Prozent Bleiglanz 35 Prozent Schwefel an, so ist die durchschnittliche Zusammensetzung derselben, von einem geringen Blendegehalt, welcher für den Betrieb der Oefen keine Schwierigkeit bildet, wohl aber wegen reichlicher Sulfatbildung zu ärmeren Röstgasen Anlass giebt, abgesehen:

60 Schwefelkies,
18 Bleiglanz,
22 Gangarten.
<hr/> 100.

Erze von ähnlicher Beschaffenheit, mit 30 — 33 Prozent Schwefelgehalt, werden auf den Freiburger Hütten bis auf 7 bis 10 Prozent Schwefel in den Rückständen heruntergeröstet. Man wird nicht fehlgehen, wenn man den Hauptantheil davon auf Rechnung von Sulfaten setzt.

Uebrigens sind in Bezug auf den in Rede stehenden Bleigehalt mit der Zeit Fortschritte gemacht worden. Der Erfinder der Schüttöfen war in der ersten Zeit, als dieselben in Freiberg in die Praxis übergegangen waren, sorgfältig bemüht, womöglich jede bleiische Beschickung von denselben fern zu halten und erst als die Nothwendigkeit dazu vorlag, wurden Beschickungen mit geringem Gehalt an Bleiglanz aufgegeben, welcher mit der Zeit immer mehr gestiegen ist. So werden jetzt Bleierze von 25 bis 30 Prozent Blei nach vorheriger Vermischung mit kiesigen Erzen oder auch zum Theil mit einem Zuschlag von bereits geröstetem Erz in den Schüttöfen abgeröstet.

2. Zinkblende.

Genügend fein zertheilte Zinkblende lässt sich im Schüttöfen auf 5 bis 6 Prozent Schwefel in den Rückständen abrösten.

Geht man von vollkommener Abröstung der Blende zu Zinkoxyd aus, so würden zur Schwefelsäurefabrikation geeignete Röstgase mit 8,45 Volumenprozenten schwefliger Säure fallen.

Rechnet man dagegen die obigen 6 Prozent rückständigen Schwefel auf neutrales schwefelsaures Zinkoxyd, so würden 100 Theile der Röstmasse bestehen aus: 30,2 Gewichtstheilen schwefelsaurem Zinkoxyd und 69,8 Gewichtstheilen Zinkoxyd. Diese 100 Theile würden aus 101,8 Gewichtstheilen Blende entstanden sein und es geben daher 100 Gewichtstheile Blende 29,67 Gewichtstheile schwefelsaures Zinkoxyd plus 68,56 Gewichtstheile Zinkoxyd = 98,23 Gewichtstheile Röstgut.

In letzterem sind gebunden 5,90 Gewichtstheile Schwefel und 25,37 Gewichtstheile Sauerstoff. Die Röstgase würden also, mit Ansatz von 6 Volumenprozenten freien Sauerstoffs in den Austrittsgasen, fallen zu: 7,10 Volumenprozenten schwefliger Säure.

Eine Blenderöstung, welche in der früher angedeuteten Weise verläuft (wo von 9 Prozent Schwefel im Röstgut $\frac{1}{3}$ auf intakt gebliebenes Sulfuret, $\frac{2}{3}$ auf neutrales schwefelsaures Zinkoxyd gerechnet wurden), würde noch immer, mit Berücksichtigung von 6 Volumenprozenten freien Sauerstoffs in den Austrittsgasen, Röstgase liefern von:

6,05 Volumenprozenten schwefliger Säure.

Bei allen diesen Gehalten ist die Kondensation der bei der Blenderöstung fallenden schwefligen Säure mit keinen Schwierigkeiten verknüpft. Wenn gleichwohl die auf Blende angewiesenen Zinkhütten, soviel mir bekannt, bisjetzt noch nicht versucht haben, die auf ihnen lastenden Entschädigungen für Hüttenrauch durch Fabrikation von Schwefelsäure, wenn nicht auszugleichen, so doch wenigstens zu vermindern, so dürfte der Grund wohl weniger in der geringen Höhe dieser Entschädigungen, als vielmehr in dem Umstande zu suchen sein, dass bei der Zinkgewinnung aus Blende, wenn die Ver-

luste nicht zu bedeutend sein sollen, eine möglichst Entschwefelung der Blende (1 bis höchstens 2 Prozent Schwefel im Röstgut) Bedingung ist, welche nur durch Anwendung von Brennmaterial erreicht werden kann. Die zur Blenderöstung angewandten Oefen sind meistens Flammenöfen mit einem oder, häufiger, mit zwei übereinander liegenden Heerden; fast nur ausnahmsweise sind auch Muffelöfen oder Muffel- und Flammenöfen kombiniirt in Gebrauch.

Wenn nun die Gase von der Blenderöstung zur Schwefelsäurefabrikation benutzt werden sollen, so müsste zunächst, da man die aus den Brennmaterialien herrührenden Verbrennungsgase nicht mit in die Bleikammern nehmen kann, von den üblichen Flammenöfen vollständig abgegangen werden. Es würde dann die weitere Frage entstehen, ob man nun, um für die Schwefelsäurefabrikation geeignete Gase zu erhalten, gleich die vollständige Abröstung der Blende in Muffelöfen oder den grössten Theil der Röstung in Schüttöfen, den Rest der Entschwefelung aber in Flammenöfen, wie bisher, vorzunehmen hätte.

Für Muffelöfen spricht von vornherein der Umstand, dass in ihnen die vollständige Abröstung möglich, folglich nicht eine Theilung der Röstarbeit in zwei ganz getrennte Operationen erforderlich ist; bei vollständiger Abröstung würde man auch die schweflige Säure vollständig zu Schwefelsäure kondensiren können; bei getheilter Röstarbeit jedoch noch immer einen Rest schwefliger Säure übrig behalten, der entweder in alter Weise noch in's Freie geht oder auf andere Art unschädlich gemacht werden müsste. Dagegen ist der Mehraufwand an Brennmaterial bei Muffelöfen schon gegen Flammenöfen wesentlich höher, während die Schüttöfen keines

solchen bedürfen. Auch die nothwendige Arbeitskraft ist für Muffelöfen (auch Flammenöfen) wesentlich höher anzusetzen, als für Schüttöfen. Da ferner in Muffelöfen der Röstprozess unter ungünstigeren Verhältnissen stattfindet, als in Schüttöfen, so werden die Röstgase mit geringen Gehalten an schwefliger Säure erfolgen, zu deren Kondensation dann vermehrter Kammerraum vonnöthen ist.

Nach Kerl (Handbuch der metallurg. Hüttenkunde, II, Seite 650) werden auf der Borbecker Zinkhütte in Westphalen in einem Röstflammenofen mit doppeltem Heerd (Abbildung: ibidem, I., Tafel X, Figg. 245 bis 247) „je nach der schweren oder leichteren Röstbarkeit der Erze Posten von 18 bis 20 Zentner auf der oberen Sohle 12 Stunden, dann ebenso lange auf der unteren Sohle abgeröstet, indem man alle 20 Minuten umrührt. Bei 16 Prozent Gewichtsverlust gehen auf 100 Zentner geröstetes Erz 40 preuss. Scheffel Kohlen.“ Aehnliches wird von Oberhausen und von Llansamlet in Wales angegeben. Zu Oberhausen und Borbeck kommen auf 100 Kilo geröstete Blende, aus welcher man 36 Prozent Zink ausbringt, 45 Kilo Steinkohlen und 1,4 bis 1,5 Frc. Kosten, worunter 0,25 bis 0,3 Francs für die Zerkleinerung der Blende (Kerl, l. c. II, Seite 648).

Bei der Röstung in Muffelöfen würde der Kohlenaufwand bedeutend höher, der Lohnaufwand jedenfalls nicht geringer sein. Nach dem eben angezogenen Zitat beträgt zu Borbeck für einen Doppelofen das Durchsetzquantum 27 bis 30 Zentner in 24 Stunden, aus welchen 22,68 bis 25,20 Zentner Geröstetes resultiren. In der nachfolgenden Vergleichung sollen zu Ungunsten des Schüttofens für die Doppelöfen stets die günstigsten Zahlen, also die höchsten Leistungen bei den geringsten

Kosten, in Ansatz gebracht werden. Wird beispielsweise eine tägliche Menge von 550 Zentner gerösteter Blende verlangt, so sind dazu 12 Doppelöfen erforderlich, welche in der Herstellung mit $12 \cdot 800 = 9600$ Thlr. (wohl sehr niedrig) angesetzt werden.

Der Aufwand an Steinkohlen ist dabei $247\frac{1}{2}$ Zentner, wovon der Zentner mit 2 Groschen in Rechnung gebracht wird. Die Lohnausgabe excl. 0,03 Francs per 100 Kilo für Zerkleinerung ist pro Zentner $\frac{1,1}{2}$ Fracs. = 4,4 Groschen.

In einem Schüttofen lassen sich in 24 Stunden 100 bis 125 Zentner Blende abrösten; zur Abröstung von 550 Zentner Blende würden also 5 Schüttöfen nöthig sein, welche sich mit 5500 Thalern herstellen lassen. Rechnet man zur schliesslichen Abröstung noch 5 Doppelröstöfen à 800 Thaler, so würde das Anlagekapital auf 9500 Thaler steigen, also ebensohoch wie vorher sein. Da für Instandhaltung der Apparate gleiche Prozentsätze zu rechnen sind, so kann dieselbe bei der gleichen Höhe der Anlagekapitalien ausser Acht gelassen werden.

Der Steinkohlenaufwand ist bei den Schüttöfen so gut wie Null. Für die schliessliche Abröstung in fünf Doppelöfen kann die halbe Kohlenmenge vom ersten Falle angenommen werden, was reichlich ist, da die aus den Schüttöfen gezogenen Massen direkt noch glühend in die Doppelöfen gebracht werden können. Den Dienst an den 5 Schüttöfen können zwölfstündig 2 Mann versehen; zum Ueberflusse werden noch 2 Mann zum Trocknen der Blende, sowie zur Förderung von Erz und Röstgut (zusammen 4 Mann mit 4 Thlr. und 4 Mann mit 3 Thaler 10 Groschen Lohn) in Ansatz gebracht; ferner wird der Aufwand für die Betriebskraft der

Schüttöfen mit 1 Thaler täglich berechnet und endlich sollen diesen Sätzen, welche durchschnittlich hoch sind, noch 20 Groschen extra zugeschlagen werden.

Bei der schliesslichen Abröstung in Flammenöfen wird als Lohn die Hälfte des früheren Satzes, also 2,2 Groschen pro Zentner gerechnet.

Die Kalkulation der Röstkosten von 550 Zentner Blende gestaltet sich nun wie folgt.

A. Für Flammenöfen allein.

1) 247½ Ztr. Steinkohlen à 2 Gr.	16 Thl.	15 Gr.	— Pf.
2) Löhne: 550 4,4 Gr.	80	20	—
<hr/>			
Summa	97 Thl.	5 Gr.	— Pf.

oder pro Zentner geröstete Blende 5,3 Groschen.

B. Für Schüttöfen und Flammenöfen
kombinirt.

1) 123¾ Ztr. Steinkohlen à 2 Gr.	8 Thl.	7 Gr.	5 Pf.
2) Löhne: 550 2,2 Gr.	40	10	—
3) Löhne u. sonstige Ausgaben	9	—	—
<hr/>			
Summa	57 Thl.	17 Gr.	5 Pf.

oder pro Zentner geröstete Blende 3,14 Groschen.

Die Differenz auf das tägliche Quantum von 550 Ztr. gerösteter Blende ist also 39 Thaler 18 Groschen. Bei dreihundert jährlichen Arbeitstagen wäre der Lohn-gewinn 11880 Thaler, von welchen sich, auch wenn keine Kondensation der schwefligen Säure stattfände, die Hüttenrauchentschädigung wenn nicht ganz, so doch sicher zum grössten Theile decken liesse.

Es bleibt nun noch die Frage zu erörtern, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn man die bei der Schütt-öfenröstung erhaltene schweflige Säure zu Schwefelsäure

kondensiren will. Es soll auch hier wieder zum Nachtheil für die Schwefelsäurefabrikation von den ungünstigsten Umständen, nämlich von hohen Löhnen und hohen Preisen der Materialien, sowie von geringem Schwefelgewinn (also mangelhafter Abröstung) bei niedrigen Preisen der Schwefelsäure ausgegangen werden.

Zur Abröstung von 100 Zentner Blende täglich würde bei der Verröstung 1 Schüttofen erforderlich sein; 12 Prozent Schwefel der Blende als in den Rückständen bleibend gerechnet, wären täglich $33 - 12 = 21$ Zentner Schwefel in Schwefelsäure zu verwandeln. Bei 320 Arbeitstagen hätte man also eine Produktion von etwa $3 \cdot 21 \cdot 320 = 20160$ Zentner Schwefelsäure $66^\circ \text{ Bé.} = 31500$ Zentner Kammersäure (50° Bé.) zu erwarten.

Bei dem Kostenüberschlag des Anlagekapitals einer Schwefelsäurefabrik von genannter Produktionsfähigkeit müssen zunächst zwei Fälle unterschieden werden, nämlich 1) ob der Absatz der produzierten Säure in Form von Kammersäure und 60grädiger Säure ohne Schwierigkeiten möglich oder 2) ob auch noch auf die Konzentration auf 66° Bé. Rücksicht zu nehmen und die Anlage eines Platinkessels nöthig ist.

Kann von der Aufstellung eines Platingefäßes Abstand genommen werden, so lässt sich, wenn man die Röstgase nur mit 6 Volumenprozenten schwefliger Säure und folglich einen reichlichen Bedarf an Kammerraum annimmt, eine Schwefelsäurefabrik von obiger Produktion mit allen Apparaten, als: Schüttofen, Bleikammern, Gay-Lussac-Apparat zur Wiedergewinnung der salpetrigen Säure, Pfannenofen zur Konzentration auf 60° Bé. , Luftkompressionspumpe und Druckzylinder, Apparat zur getrennten Darstellung von Salpetersäure, Dampfkessel

und Schüttofenmaschine, bei Zugrundelegung höherer als solcher Preise, die man in Rheinland und Westphalen Durchschnittspreise nennen würde, mit 40000 Thl. bequem herstellen. Hierbei ist darauf Rücksicht genommen, dass die Bleikammern und alle Apparate unter Dach und Fach stehen.

Der Betriebskalkulation sei noch Folgendes vorausgeschickt. Der in der Blende zur Disposition stehende Schwefel kostet einer Zinkhütte zwar Nichts, ist aber doch mit 2 Groschen pro Zentner angesetzt worden. Die Kohlenpreise sind mit 7 Groschen pro Zentner und die Löhne mit 1 Thaler respektive $27\frac{1}{2}$ Groschen für die zwölfstündige Schicht berechnet. Obgleich nur 320 Betriebstage angesetzt wurden, sind für die Lohnausgabe doch 350 Arbeitstage genommen. Instandhaltung der Apparate und Gebäude, sowie Beiträge für Regie und Aufsicht sind sehr auskömmlich bemessen. Es ist ferner angenommen, dass sich der Absatz zu $\frac{1}{5}$ der Produktion als Kammersäure (50° Bé.), zu $\frac{2}{3}$ als 60 grädige Säure bewirken lässt.

Die Kalkulation gestaltet sich nun wie folgt.

1) Schwefel, $320 \cdot 21 = 6720$ Ztr. à 2 Gr.	448 Thl.
2) Chilisalpeter, 453,60 Ztr. à $5\frac{1}{8}$ Thl.	2646 -
3) Steinkohlen,	
a) zur Erzeugung von Dampf für die Bleikammern	4725 Ztr.
b) zur Salpeterzersetzung	500 -
Latus	<u>5225 Ztr.</u>
	<u>3094 Thl.</u>

• Transport		5225 Ztr.	3094 Thl.
c)	Maschinenbetrieb:		
	Schüttofenmaschine		
	und Luftkompressionspumpe . . .		
		1000 -	
d)	für Konzentration		
	der 60° Säure zur		
	Absorption der		
	salpetrigen Säure .		
		1728 -	
	zusammen	7953 Ztr. à 7 Gr.	1895 -
4)	diverse Materialien		300 -
5)	Löhne (täglich):		
	2 Mann am Schüttofen	2 Thl. — Gr.	
	2 - zur Ueberwachung der Kammern u. Konzentration	2 - — -	
	2 - zum Heizen des Kessels u. der sonstigen Feuerungen .	2 - — -	
	2 - zur Förderung von Erzen, Röstgut und Kohlen . .	1 - 25 -	
	2 - für Platzarbeit	1 - 25 -	
	1 - in der Salpetersäurefabrik	1 - — -	
<hr/>			
	11 Mann täglich mit einem Lohn von 10 Thl. 20 Gr.		
	Lohnaufwand bei 350 Arbeitstagen . .		3733 -
	Latus		<hr/> 9022 Thl.

	Transport	9022 Thl.
6) Instandhaltung der Apparate und Gebäude.		
10 Prozent von 25000 Thl.		2500 -
5 - von 15000 -		750 -
7) Allgemeine Regiekosten.		
pro Zentner 66° Säure 2 Gr.		1344 -
8) Aufsicht.		
pro Zentner 66° Säure 1¼ Gr.		840 -
	zusammen	14456 Thl.

Die Produktion besteht in 31500 Zentner Schwefelsäure 50° Bé., wovon aber gegen 550 Zentner (50° Bé.) abgehen, welche in Form von 60° Säure zur Salpeterzersetzung verbraucht werden. Zur Verrechnung bleiben also 30950 Zentner Kammersäure 50° Bé.

Als Nebenprodukt fallen etwa 454 Zentner saures schwefelsaures Natron von der Salpetersäurefabrikation, wovon sich der Zentner mit 20 Groschen verwerthen lässt. Die Einnahme ist also 302 Thaler und es bleiben daher zur Verrechnung 14783 — 302 = 14154 Thaler.

Es kostet mithin der Zentner Kammersäure 50° Bé.:

$$\frac{14154 \text{ Thl.}}{30950} = 13,719 \text{ Groschen;}$$

und der Zentner 60° Säure in Form von Kammersäure: 16,935 Groschen.

Für die Konzentration auf 60° Bé. ist 1¼ Groschen auf Kohlen, Löhne und Instandhaltung des Apparates reichlich gerechnet und die Selbstkosten pro Zentner 60° Säure würden also betragen:

18,685 Groschen.

Nimmt man die Verwerthung nur zu 22½ Groschen und 29 Groschen pro Zentner Kammersäure 50° Bé.

beziehungsweise pro Zentner 60° Säure an, so ist die Einnahme für:

30950 Ztr. Kammersäure	7738 Thl.
20633 - desgl. = 16715 Ztr. 60° Säure .	15636 -
Einnahme	<u>23374 Thl.</u>
Ausgabe	14154 -
Unterschied	<u>9220 Thl.</u>

Zieht man hiervon noch für Verzinsung des Anlagekapitals mit 6 Prozent 2400 Thaler ab, so bleiben 6820 Thaler übrig, welche dann noch immer das Anlagekapital von 40000 Thalern mit 17,05 Prozent verzinsen.

Muss man noch einen Platinkessel zur Aufstellung bringen, so steigt das Anlagekapital auf etwa 50000 Thl. Der Platinapparat würde etwa $\frac{9}{4}$ der täglichen Produktion in 66° Säure verwandeln können. Die Kosten der Konzentration von 60° auf 66° Bé. werden für Kohlen und Löhne mit $2\frac{1}{4}$ Groschen pro Zentner 66° Säure reichlich angesetzt. Findet der Absatz der Säure nun zu $\frac{5}{8}$ als 66°, zu $\frac{2}{3}$ als 60° und zu $\frac{1}{8}$ als 50° Säure statt, so ist die Einnahme, den Zentner 66° Säure zu 1 Thl. $7\frac{1}{2}$ Gr. angesetzt, für:

3869 Ztr. 50° Säure	à $22\frac{1}{2}$ Gr.	2902 Thl.
7737 - desgl. = 6268 Ztr.		
60°	à 29 -	6059 -
19344 - desgl. = 12380 Ztr.		
66°	à $1\frac{1}{4}$ Thl.	15475 -
30950 Ztr. 50° Säure	Einnahme	<u>24436 Thl.</u>

Dem gegenüber steht die frühere Ausgabe von 14154 Thalern plus 1000 Thaler für Instandhaltung des Apparates (10 Prozent); macht im Ganzen 15154 Thl. Die Differenz ist hier 9282 Thaler und es stellt sich

auch hier nach vorherigem Abzug der Zinsen von 40000 Thaler zu 6 Prozent die Verzinsung des Anlagekapitals noch auf 17,205 Prozent.

Hiernach ist gar nicht zu bezweifeln, dass die mit Blende arbeitenden Zinkhütten recht wohl im Stande sind, sich ihrer Hüttenrauchentschädigungen mit einem erwachsenden Gewinn zu entledigen, welcher mehr als genügend ist, die Schäden für den noch in früherer Weise in's Freie gehenden Rest der schwefligen Säure zu decken.

Aber auch dieser Rest kann noch ohne Kosten, freilich auch ohne Gewinn, kondensirt werden. Für alle solche Fälle, wo die entwickelte schweflige Säure in zu grosser Verdünnung (bis zu $\frac{1}{2}$ Volumenprozent und darunter) auftritt, als dass an eine mit Vorthail verknüpfte Kondensation zu Schwefelsäure noch zu denken wäre — und ein solcher Fall dürfte bei der Nachröstung von im Schüttofen bereits verrösteter Blende vorliegen — sind in neuester Zeit zwei Kondensationsprozesse aufgetaucht, die alle Beachtung verdienen und wovon der eine auf die Herstellung von krystallisirtem Glaubersalz (auch wohl von unterschwefligsaurem Natron), der andere auf Fabrikation von Schwefel hinausläuft.

Es sei noch bemerkt, dass sich die Blenderöstung in Schüttöfen mit einer Hilfsfeuerung (vergl. die Figg. 8 und 9) auch direkt im Schüttofen für die Zinkdestillation genügend bewirken lässt. Da aber die Gase der Feuerung den Röstgasen beigemengt sind, so müsste von der Verwerthung der letzteren auf Schwefelsäure abgestanden werden; für Gewinnung von Schwefel dagegen würde die Beimengung der Feuerungsgase kein Hinderniss sein.

3. Rohstein (Mansfelder).

Die Mansfelder Rohsteine, im Allgemeinen isomorphe Mischungen von Halbschwefelkupfer und Einfachschwefel-eisen, zeigen nach den bisher bekannt gemachten Analysen (die aber meistens mit Produkten des früheren Betriebes angestellt wurden) eine ziemlich wechselnde Zusammensetzung in dem Verhältniss der beiden Schwefel-metalle zu einander. Man wird wohl nicht fehlgehen, wenn man die den neueren Betriebsverhältnissen am besten entsprechende Zusammensetzung der Rohsteine nach dem Typus $\text{Cu}_2\text{S}, 2\text{FeS}$ zusammengesetzt betrachtet, womit nicht behauptet sein soll, dass geringe Schwankungen im Verhältniss der beiden Schwefel-metalle über oder unter die in der Formel ausgedrückte Grenze in der That nicht vorkämen. Bei dem der Konzentration vorangehenden Röstprozess müssen, wenn Konzentrationssteine mit 65 bis 66 Pfund Kupfer erzielt werden sollen (unter welchem Gehalte sich die Entsilberung weniger vortheilhaft bewirken lässt), bei einem durchschnittlichen Schwefelgehalt der Rohsteine von 25 bis 29 Prozent etwa 12 bis 14 Prozent Schwefel verflüchtigt werden (Leuschner, über den gegenwärtigen Hüttenbetrieb im Bereiche des Mansfeld'schen Kupferschieferbergbaues; in der preussischen Zeitschrift, XVII, Seite 159).

Es sind daher bei Zugrundelegung obiger Formel, welche eine Zusammensetzung giebt von:

$$\begin{array}{r} 63,4 \text{ Kupfer,} \\ 56,0 \text{ Eisen,} \\ 48,0 \text{ Schwefel,} \\ \hline 167,4 \end{array}$$

aus 167,4 Gewichtstheilen Stein etwa 24 Gewichtstheile Schwefel fortzuschaffen.

In der früher von mir veröffentlichten Arbeit „über die Röstung des Kupferrohsteines auf Eckardthütte“ (preussische Zeitschrift, XIV, Seite 1 u. w.) sind zwar neue Analysen der Röstprodukte mitgetheilt, welche aber leider nicht ganz vorwurfsfrei sind. Zunächst ist die in den Röstprodukten vorhandene Sauerstoffmenge berechnet und zwar mit der sicherlich nicht zutreffenden Annahme, dass bei der Röstung das im Stein vorhandene Halbschwefelkupfer intakt bleibt, in der Röstmasse selbst also nur Eisensalze vorhanden sind. Es wäre sicher ein Leichtes gewesen, schon durch kaltes Wasser aus der Röstmasse neben Schwefelsäure und Eisen auch Kupfer auszuziehen und in der Lauge nachzuweisen. Dieser Versuch und die Bestimmung, wie viel Schwefelsäure an Eisen, wie viel an Kupfer gebunden war, ist leider unterblieben.

Ferner ist aus dem Umstande, dass die mit obiger Annahme berechnete Sauerstoffmenge die direkt bestimmte Menge der übrigen Bestandtheile der Röstmasse gerade auf 100 ergänzt, der Schluss gezogen, dass „die befriedigenden Resultate die Richtigkeit der gemachten Voraussetzungen bestätigen.“ Dieser Schluss ist aber ein sehr irriger und wäre kaum erklärlich, wenn eben nicht versäumt wäre, die wässerigen Laugen der Röstmasse schon qualitativ auf Kupfer zu prüfen. Es ist gar nicht zu bezweifeln, dass die Resultate auch befriedigend ausgefallen wären, wenn die mit Wasser ausziehbaren Mengen von schwefelsaurem Kupferoxyd und schwefelsaurem Eisenoxyd einzeln bestimmt und wenn ferner ermittelt worden wäre, welches von den verschiedenen

Salzen des Eisenoxyds und der Schwefelsäure in der Röstmasse gegenwärtig war.

Obgleich nun das Fehlen dieser Momente allerdings keine absolut genaue Berechnung der Röstmassen zulässt, so geben doch die Analysen hinreichende Anhaltspunkte zur Aufstellung einer Zusammensetzung, die sicher wenigstens nicht weit von der Wahrheit entfernt ist. Ohne auf die zu Grunde gelegten Betrachtungen näher einzugehen, da sie sich für denjenigen, der ein Interesse daran hat, aus der Zusammenstellung selbst ermitteln lassen, wird aus 167,4 Gewichtstheilen Stein folgende Röstmasse angenommen:

$$\begin{array}{r} 76,59 \text{ Cu}_2\text{S}, \\ 10,61 \text{ Fe S}, \\ 27,00 \text{ Fe}_2\text{O}_3, \text{SO}_2, \\ 5,60 \text{ CuO, SO}_2, \\ 52,34 \text{ Fe}_2\text{O}_3 \\ \hline 172,14 \end{array}$$

172,14 Gewichtstheile Röstgut, spurgar, aber nicht weiter abgeröstet.

Neben diesen festen resultiren dann bei Annahme von 6 Volumenprozenten Sauerstoff in den Austrittsgasen als flüchtige Röstprodukte:

$$\begin{array}{r} 16,78 \text{ Vol. schweflige Säure,} \\ 21,63 \text{ - Sauerstoff,} \\ 220,65 \text{ - Stickstoff.} \\ \hline 259,05 \text{ Vol. Röstgase.} \end{array}$$

und der Prozentgehalt an schwefliger Säure ist also:

$$\frac{100 \cdot 16,78}{259,06} = 6,477 \text{ Volumenprocente.}$$

Will man einer reichlichen Bildung von Eisensulfat vorbeugen, von welchen beim Konzentriren im Flammenofen ein gewisser Theil zur Rückbildung von Sulfureten Veranlassung giebt, so thut man besser, einen noch grösseren Ueberschuss von Luft anzuwenden, die Röstgase also etwas schwächer an schwefliger Säure zu halten. Man kann dann aber noch immer Röstgase mit $5\frac{1}{2}$ bis 5 Volumenprozenten schwefliger Säure erzielen, wobei der Rechnung nach ein Gehalt an Sauerstoff in den Abzugsgasen von gegen 10 Volumenprozenten sich ergibt.

Direkte Bestimmungen, mit Phosphor ausgeführt, gaben mir früher (im Jahre 1868) bei 5 Volumenprozenten schwefliger Säure in den Röstgasen über $11\frac{1}{2}$ Proz. Sauerstoff in den Abgangsgasen hinter dem Gay-Lussac-Apparat. Zur Anbringung der nöthigen Korrekturen wegen des Gehaltes der Gase an Wasserdampf, der Temperatur und des Barometerstandes fehlen mir die Angaben. Aber auch dann würde die Differenz wohl noch keineswegs ausgeglichen sein, da die Methode der Sauerstoffbestimmung mittelst Phosphor, wie ich sie angewandt habe, zu wünschen übrig lässt, und da ferner die wirkliche Zusammensetzung des Röstgutes nicht nothwendig absolut genau mit der hier untergelegten übereinstimmen muss, endlich auch schon der gerade in den Oefen röstende Stein nicht absolut genau die hier angegebene Zusammensetzung haben mochte.

Die Abröstung des Rohsteins, welche man gegenwärtig auf Kupferkammerhütte erreicht, ist sehr günstig; nämlich derart, dass man die Spursteine bei einem Zuschlag von 15 Proz. ungeröstetem Rohstein, mit 70 Pfd. Kupfer erhält.

4. Konzentrationsstein oder Spurstein (Mansfelder).

Bei 65 bis 66 Prozent Kupfergehalt der Spursteine ergibt sich die Zusammensetzung derselben, den Kupfergehalt als Halbschwefelkupfer, den Rest unter Vernachlässigung der sonstigen in den Steinen auftretenden Metalle als Eisenmonosulfuret gerechnet, zu

65,36	Kupfer,
23,09	Eisen,
11,55	Schwefel.
<hr/>	
100,00.	

Dieser Zusammensetzung entspricht die schon früher gebrauchte Formel $5 \text{ Cu}_2 \text{ S}, 2 \text{ FeS}$.

Der Röstprozess, welchen die Mansfelder Spursteine vor ihrer Entsilberung mit warmem Wasser unterworfen werden, gehört vielleicht zu den subtilsten Prozessen in der ganzen Metallurgie. Die Abröstung muss nahezu auf eine völlige Todtröstung hinauslaufen. Es ist nicht daran zu denken, dieses Resultat durch eine sich selbst überlassene Röstung zu erreichen.

Nach Dr. Steinbeck, der eine ausgezeichnete Arbeit über den der Entsilberung nach Ziervogel'scher Methode vorangehenden Röstprozess geliefert hat (preussische Zeitschrift für das Berg-, Hütten- und Salinen-Wesen, XI, Seite 95), sind für den ganzen Röstprozess drei Perioden zu unterscheiden, nämlich die Vorröstungsperiode, die Oxydationsperiode und die Guttröstungsperiode. Nach demselben besteht das Wesen der ersteren in der Bildung von Eisen- und Kupfervitriol, während in der Oxydationsperiode die Zerlegung des Eisenvitriols bezweckt und in der dritten Periode endlich neben der

Zersetzung der übrigen basischen und neutralen schwefelsauren Salze, besonders des Kupfervitriols, die möglichst vollständige Bildung von Silbervitriol zu bewirken ist.

Es ist mir nicht bekannt, ob bereits Versuche stattgefunden haben, welche die Möglichkeit einer Verröstung der Spursteine in Schüttöfen darthun. Es scheint mir aber wenig zweifelhaft zu sein, dass man mit dieser Verröstung in Schüttöfen bis zur Zerlegung des Eisenvitriols, also bis in die zweite der Steinbeck'schen Perioden gelangen kann. Da bei der oxydirenden Röstung von Schwefelkupfer vorwiegend starke Sulfatbildung eintritt, sobald die Temperatur unter starke Rothglut herabgeht, so würde für den Betrieb von Schüttöfen mit Spursteinmehl folgen, jeden Luftüberschuss, welcher zur Verminderung der Temperatur beiträgt, zu vermeiden, also auf möglichst reiche schwefligsaure Gase hinarbeiten. Ich muss dahingestellt sein lassen, ob in starker Rothglut bei dieser Verröstung schon die Bildung oder eventuell gar die Zerlegung von schwefelsaurem Silberoxyd stattfinden würde. Träte nur erst eine beginnende Bildung von Silbervitriol ein, so würde dies bei dem Umstande, dass derselbe sich erst bei etwas höherer Temperatur zersetzt, als der Kupfervitriol und sich folglich bei der nachfolgenden Nach- oder Gutröstung mit Brennmaterial so lange hält, als noch Schwefelsäure aus dem Kupfersulfat davongeht, noch keine Schwierigkeit ausmachen. Stellte sich aber die bereits erfolgende Zersetzung des Silbervitriols bei der Vorröstung im Schüttofen heraus, so müsste man denselben kurzweg als für die Röstung des Kupfersteins behufs dessen Entsilberung durch die Ziervogel'sche Extraktionsmethode unbrauchbar bezeichnen.

Ob bei der Verröstung die Kondensation der schwef-

ligen Säure zu Schwefelsäure lohnend sein würde, kann ich wegen mangelnder Unterlagen nicht beurtheilen. Doch glaube ich nicht, dass durch zu grosse Verdünnung der Gase ein Hinderniss erwachsen würde. Würde überhaupt die Verröstung des Spursteinmehles als zulässig befunden, so wäre mit derselben wohl nicht allein eine Ersparniss an Brennmaterial, sondern auch an Löhnen zu erwarten.

Die Röstung des Mansfelder Kupfersteins, wie sie gegenwärtig in Oefen mit doppelter Sohle (neuerdings sogar mit dreifacher) und von vornherein mit Zuhilfenahme von Brennmaterial ausgeführt wird, liefert jedenfalls an schwefliger Säure ziemlich arme Röstgase, deren Volumen viel zu bedeutend ist, als dass an die Kondensation der in Form von schwefliger Säure vertriebenen Schwefelmengen ohne eine bedeutende Zubusse zu denken wäre. Die schon erwähnten beiden Verfahren zur Kondensation von in starker Verdünnung auftretender schwefliger Säure, über welche einmal besonders zu berichten sein wird, dürften daher hier um so mehr am Orte sein, als bei keinem derselben erwiesenermassen die Gegenwart der aus dem Brennmaterial herrührenden Verbrennungsgase und Russmengen irgendwie hinderlich ist.

5. Einfach-Schwefeleisen.

Für sich allein kommt das Eisenmonosulfuret nicht im Mineralreich vor; auch als Produkt von Schmelzprozessen ist es in den Steinen stets mit noch anderen Sulfureten gemengt. Dagegen giebt es eine hüttenmännische Sublimationsarbeit, bei welcher der Rückstand fast ausschliesslich Einfach-Schwefeleisen ist. Diese

Arbeit besteht in der Darstellung von rohem Schwefelarsen (dem sog. rothen Arsenikglas) durch Erhitzen von zufällig vorhandenen oder besonders hergestellten Gemengen von pulverförmigem Arsenikkies und Schwefelkies. Die hierbei fallenden Rückstände werden in Freiberg noch weiter nutzbar gemacht, indem man sie in Schüttöfen röstet. Die schweflige Säure geht nach den Bleikammern, während das noch rückständige Arsen (nicht über 2 Prozent) als arsenige Säure in den Flugstaubkammern gewonnen wird.

Es lassen sich bei der Röstung von Einfach-Schwefeleisen der bereits mehrfach durchgeführten Rechnung nach die Röstgase, wenn sie zur Schwefelsäurefabrikation verwendet werden und den bekannten Ueberschuss von 6 Volumenprozenten freien Sauerstoffs in den aus den Bleikammern abziehenden Gasen haben sollen, mit

7,62 Volumenprozenten schwefliger Säure herstellen.

Auf den Freiburger Hütten fallen jedoch die Röstgase nur mit 4 bis 5 Volumenprozenten schwefliger Säure, wenn man die Rückstände von der Schwefelarsen-Sublimation für sich allein in Schüttöfen abröstet. In dem Röstgut bleiben dabei bis 13 Prozent Schwefel, welcher zum grössten Theile unzersetzten, rohen Partikeln von den Rückständen angehört.

Wenn man auch in der Praxis überhaupt darauf verzichten muss, den durch die Rechnung ermittelten Prozentgehalt der Röstgase an schwefliger Säure zu erreichen — und im vorliegenden Falle muss man dies ganz besonders, da das in den Rückständen enthaltene Arsen sich mit oxydirt, ohne doch schweflige Säure auszugeben, sondern vielmehr Stickstoff zu hinterlassen — so muss man dennoch den genannten Prozentgehalt

an schwefliger Säure einen ungünstigen nennen. Derselbe erklärt sich aber leicht aus folgenden Umständen.

Die Rückstände, wie sie von der Darstellung des rothen Rohglases kommen, enthalten nur 20 bis 25 Proz. Schwefel. Es leuchtet ein, dass bei einem solchen Schwefelgehalt das Durchsetzquantum sehr hoch genommen werden muss, damit die zu einer guten Abröstung nöthige Hitze erzielt werde. Der Umstand, dass die abgerösteten Rückstände noch immer bis zu 13 Prozent Schwefel enthalten, beweist entweder, dass nicht die genügende Temperatur im Ofen vorhanden war, oder auch, dass die Korngrösse der Rückstände eine bessere Abröstung nicht zulässt.

Da die Rückstände im allgemeinen Hütteninteresse von der Schwefelsäurefabrik nicht zurückgewiesen werden können, so mengt man sie, um bessere Resultate zu erzielen, vor der Röstung mit anderen schwefelreicheren Schliegen, was sich auch schon deswegen empfiehlt, weil man täglich nicht eine hinreichende Menge von Rückständen erhält, um damit konstant einen Schütttofen so zu betreiben, dass die Temperatur in demselben nicht zu weit herabsinkt.

6. Schwefelkies.

Die bei der Verbrennung von reinem Schwefelkies aus $28 + 2 \cdot 16 = 60$ Gewichtstheilen entstehenden flüchtigen Röstprodukte sind, mit Berücksichtigung von 6 Volumenprozenten freien Sauerstoffs in den aus den Bleikammern abziehenden Gasen, wenn die Verbrennung absolut ist, d. h. wenn Eisen nur zu Eisenoxyd, Schwefel nur zu schwefliger Säure verbrennt, nach den früher bereits ermittelten Gewichtsmengen:

22,373	Vol. schweflige Säure,
23,480	- Sauerstoff,
204,560	- Stickstoff.
<hr/>	
250,413	Vol.

Man hat daher in diesem Gasgemisch:

$$\frac{22,373 \cdot 100}{250,413} = 8,93 \text{ Volumenproz. schwefliger Säure.}$$

In der Praxis gelingt es bei der Röstung von **Stufkiesen** und **Feinkiesen** unschwer, die Röstgase mit $7\frac{1}{2}$ bis 8 Volumenprozenten schwefliger Säure zu erzielen. Feinkiese, in Schüttöfen geröstet, geben, auch bei Gegenwart von viel beibrechenden Gangarten, stärkere Röstgase, als Stufkiese mit gleichem Schwefelgehalt. Man wird aus diesem Grunde — und dies bestätigt auch die Erfahrung — bei Anwendung von Feinkiesen und Schüttöfen auf gleiche Kammerräume und gleichen Salpeteraufwand eine höhere Produktion an Schwefelsäure oder auch, bei gleich bleibender Produktion, Ersparnisse an Salpeter zu erwarten haben. Auch ist die Abröstung von Feinkiesen in der Regel etwas besser, als die von Stufwerk mit gleichem Gehalt an Schwefel. Die Gründe für diese beiden Thatsachen lassen sich sehr leicht erkennen.

Im Schüttofen fallen die Körner der Beschickung grösstentheils frei durch den Röstraum, bieten aber dem aufsteigenden Luftstrom, indem sie in kurzen Intervallen auf einen Erzträger treffen und von diesem herabrollen, immer neue Oberflächen dar, so dass die Röstung in der kurzen Zeit von höchstens 1 Minute vollendet sein kann. Sind somit die Bedingungen zur Erzielung einer intensiven Einwirkung der Oxydationsluft auf das Schwefelmetall am günstigsten gewählt, so kommt noch hinzu,

dass bei dem Schütttofen das Aufgeben der Beschickung ohne jedweden Zutritt von unnütz einströmender atmosphärischer Luft geschieht, das Ausziehen der Abbrände aber leicht ohne einen solchen geschehen kann. Es lässt daher die Stärke der Röstgase an schwefliger Säure nicht nur nichts zu wünschen übrig, sondern auch ebensowenig die Gleichmässigkeit des Gasstroms in Bezug auf seinen Gehalt an schwefliger Säure und Sauerstoff. Dieser Umstand übt wiederum den günstigsten Einfluss auf den Gang der Bleikammern aus. Arbeitet man mit Stufkiesen, so können die zur Verbrennung derselben angewendeten Oefen in Bezug auf das Einbringen der neuen Chargen auf zweierlei Art konstruirt sein (die Entleerung der Oefen von den Abbränden findet stets von unten durch den Rost statt, durch welchen entweder die Abbrände gestochert werden, oder dessen Stäbe drehbar sind, in welchem Falle die ausgebrannten Stücke durch die bei Drehung der Stäbe erweiterten Zwischenräume von selbst fallen). Das Chargiren findet nämlich entweder von oben durch Oeffnungen im Deckengewölbe, oder von den Seiten aus statt. Nach ersterer Art werden z. B. die Stufkiesöfen beschickt, welche R. Hasenclever (Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1870, Seite 705; vergl. auch Dingler's Journal, 1871, erste Hälfte) kombinirt mit einem Plattenröstofen für Feinkiese abbildet.

So einfach und empfehlenswerth auch das Beschicken von oben auf den ersten Blick erscheinen mag, so ist es doch gerade das schlechteste Arrangement, welches sich denken lässt. Zunächst müssen die Chargen auf die Oefen gehoben werden. Man entfernt sodann den Deckel der Oeffnung und lässt die Charge in den Ofen fallen, wo sie einen Haufen bildet. Um diesen flach

über die ganze Rostfläche mit einem Krahle oder einer Krücke auszubreiten, bedarf man noch einer oder mehrerer Oeffnungen in den Seitenwänden. Bei dem Arbeiten mit der Krücke oder dem Krahle werden die früheren bereits brennenden Chargen in ihrer Lage leicht gestört, so dass mehr oder weniger ausgebrannte Stücke wieder mit nach oben gezogen werden, Stücke von der frisch aufgegebenen Post aber in die Vertiefungen gelangen und noch unvollkommen abgeröstet aus dem Bereich der Glühschicht kommen.

Beim Aufgeben der Charge durch das Ofengewölbe kann es nicht fehlen, dass Röstgase aus dem Ofen in das Lokal und in die Umgebung gelangen. Durch Anwendung eines Doppelschiebers lässt sich dieser Uebelstand nur in etwas vermindern, nicht ganz beseitigen. Was das Oeffnen der seitlichen Thüren zum Ausbreiten der von oben eingestürzten Chargen anbetrifft, so kommt es auf die Zugverhältnisse an, unter welchen die Oefen und das ganze System arbeiten, ob hierbei ebenfalls schwefligsaure Gase aus dem Ofen stossen, oder ob Luft in den Ofen einzieht, welche zur Verbrennung fast gar nichts beiträgt, sondern lediglich das Gasvolumen vergrössert. Beides ist vom Uebel.

Man kann sich bei so konstruirten Oefen nicht wundern, wenn einerseits die Fabrikanten sehr grosser Kammerräume oder hoher Salpetersätze bedürfen, um eine gewisse Produktion an Schwefelsäure zu leisten und wenn andererseits das Publikum wegen der Schäden die von der entweichenden schwefligen Säure angerichtet werden, sich der Anlage neuer Schwefelsäurefabriken energisch widersetzt. Und doch lassen sich gerade die Kiesöfen mit seitlichen Oeffnungen zum Beschicken so konstruiren, dass das Austreten von schwefliger Säure

aus dem Ofen gar nicht stattfindet und nur ein Minimum überschüssiger Luft durch die Oeffnungen während des Chargirens in die Oefen tritt. Das Einwerfen der Kiese geschieht direkt mit Schaufeln, mit welchen die ganze Charge schrittweise über die ganze Röstfläche sogleich ausgebreitet wird, so dass das Ebnen der Beschickung nur in den einzelnen seltenen Fällen nöthig wird, wo durch das Stochern oder Durchdrehen der Abbrände Unebenheiten entstanden sind. Da in der Decke des Ofens die Oeffnungen zum Chargiren wegfällen, so kann man Pfannen auf die Oefen setzen und in denselben die Kammersäure auf 60° Bé. konzentriren, was einem Gewinn von mindestens 1 Groschen pro Zentner 60° Säure entspricht, der bei den von R. Hasenclever abgebildeten Oefen verschwendet wird.

Dass die Abröstung in Stufkiesöfen überhaupt etwas hinter derjenigen in Schüttöfen zurückbleibt, hat seinen Grund darin, dass die Lage der Stücke im Ganzen genommen vom Chargiren bis zum Dechargiren wesentlich dieselbe bleibt. Die Veränderungen in der Lage der Stücke, welche etwa beim Stochern oder Drehen der Röststäbe stattfinden, gehen verhältnissmässig nur selten vor sich. Die Verbrennung ist bald nach dem Einwerfen der frischen Post am intensivsten und da die Oxydation von der Oberfläche nach dem Innern der Stücke stetig fortschreitet, so wird die Verbrennung eines einzelnen Stückes von Unten aus lebhafter erfolgen, als von den übrigen Seiten. Dies ist ohne Zweifel auch der Grund, weshalb man bei solchen Stücken, welche im Innern noch unzersetzte Kerne von unzersetztem Bisulfuret oder von gebildetem Monosulfuret (richtiger wohl: Achtsiebentel-Schwefeleisen) enthalten, sehr häufig finden kann, dass der übrig geblie-

bene Kern nicht gerade in der Mitte des Stückes liegt, sondern mehr nach einer Seite hin, welche derjenigen entgegengesetzt war, auf welcher die Verbrennung am schnellsten eingeleitet und unterhalten wurde.

Während bei Röstgasen von 8,93 Volumenprozenten schwefliger Säure der Sauerstoffgehalt der Abgangsgase der Rechnung nach 6 Volumenprocente beträgt, stellt sich bei Röstgasen von $7\frac{1}{2}$ Volumenprozenten schwefliger Säure der Sauerstoffgehalt der Austrittsgase auf fast genau ebenfalls $7\frac{1}{2}$ Volumenprocente, wofern absolute Verbrennung zu schwefliger Säure und Eisenoxyd angenommen wird. In der Praxis hat man aber neben Eisenoxyd auch noch eine gewisse Menge von Eisensulfaten mit in den Abbränden und da in denselben ein gewisser Antheil Sauerstoff gebunden ist, so wird sich in der Regel der wirkliche Sauerstoffgehalt der tödten Kammergase etwas niedriger herausstellen, als die Rechnung bei Zugrundelegung der durch den Versuch gefundenen Menge an schwefliger Säure mit der Annahme ergiebt, dass der in Freiheit gesetzte Stickstoff ausschliesslich von der Bildung von Eisenoxyd, schwefliger Säure und von Ueberführung der letzteren in Schwefelsäure herrührt.

Zur Beurtheilung der Resultate, welche sich mit dem Schüttofen in der Verbrennung von Schwefelkies erreichen lassen, sei Folgendes angeführt.

Auf dem Fürstlich Auersperg'schen Werke zu Lukawitz bei Chrudim in Böhmen röstet man Schwefelkiese von durchschnittlich 35 Prozent Schwefel auf durchschnittlich $2\frac{3}{4}$ Prozent Schwefel ab. Das Durchsetzquantum pro Ofen ist 36 Wiener Zentner Schwefelkies in 24 Stunden, auf welches 34 Wiener Zentner Schwefelsäure von 66° Bé. fallen. Der disponible

Kammerraum ist nur 35000 Wiener Kubikfuss und der Salpeteraufwand beträgt, bei Anwendung eines Gay-Lussac'schen Apparates, $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ Pfund pro Zentner 66° Säure.

Auf dem Morgensterner Werk bei Merzdorf an der Niederschlesischen Gebirgsbahn werden aus Schwefelkiesen mit 47 Prozent Schwefel 126 Pfund Schwefelsäurehydrat (SO_3, HO) gewonnen. Der Schwefelgehalt der Rückstände beträgt durchschnittlich 4 Prozent.

Auf Augustenhütte zu Beuel bei Bonn bringt man aus 80 Zentner Schwelmer Schwefelkies 100 Zentner Schwefelsäurehydrat aus und die Rückstände sind entschwefelt bis auf 3 bis 5 Prozent Schwefel.

IV. Verbesserungen an den Schüttöfen.

I. Zum Ziehen der Abbrände.

Sehr zweckmässige Anordnungen sind zum Entleeren der Oefen vom Röstgut getroffen worden, welche sogleich näher beschrieben werden sollen. Bei der Wahl derselben lag ein doppeltes Bestreben zu Grunde. Es konnte nämlich bei der ursprünglichen Art und Weise der Entleerung, bei welcher eine Thür unten im Sammelraum geöffnet und das Röstgut mit Krücken in einen vor den Ofen gestellten Wagen gezogen wurde, nicht umgangen werden, dass während des Ziehens ein

grosser Ueberschuss von Luft in die Oefen eintrat und somit einerseits die Kammergase täglich periodenweise (so oft nämlich das Ziehen der Abbrände stattfand) an einer nicht wünschenswerthen Verdünnung der schwefeligen Säure zu leiden hatten, andererseits ein Heraus-treten der Röstgase aus den oberen Beobachtungsbüchsen in der Vorderwand eintrat, welches sich allerdings durch Schliessung der Büchsenlöcher auf die Zeit des Ziehens ziemlich verhindern liess.

In Betreff der Verdünnung der Röstgase hatte man bei diesem Modus allerdings die Wahl zwischen seltener und öfters wiederholter Entleerung. Doch dürfte der Effekt schliesslich derselbe sein, gleichviel ob man selten Abbrände zieht — was dann dafür um so längere Zeit in Anspruch nimmt — oder öfter entleert, was zwar schneller bewirkt werden kann, wobei sich aber auch der jedesmalige nachtheilige Einfluss um so mehr sum-mirt.

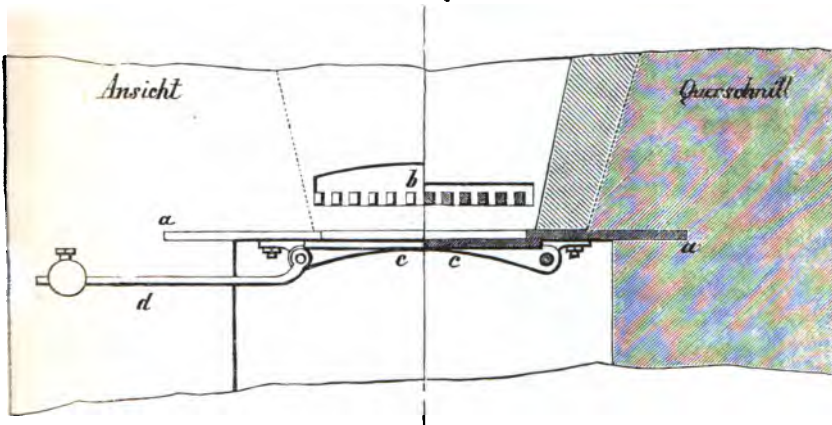
Das Auskrücken der Abbrände aus dem Sammel-raum in den vor den Ofen geschobenen Hund liess sich zwar meistentheils ohne vor den Mund gebundenen Schwamm, doch aber nicht ganz ohne Vermeidung jeder Belästigung durch schweflige Säure bewirken.

Alle diese Uebelstände sind beseitigt durch die in den Skizzen 5, 6, 7, 8 und 9 dargestellten Anordnungen, welchen sämmtlich gemein ist, dass die zur Aufnahme des Röstgutes bestimmten Wagen nicht vor, sondern unter den Ofen geschoben werden können. Um dies zu ermöglichen, ist der Sammelraum für das Röstgut unter dem Röstschaft durch eine gusseiserne Platte abgeschlossen, welche den erforderlichen Durchgang für die Abbrände frei lässt. Zur mehreren Sicherheit kann man sowohl in der Vorderwand als auch in der Rück-

wand des Ofens unmittelbar über dieser Platte Entlastungsbögen schlagen, welche seitlich durch Anker verwahrt sind, die den Druck aufnehmen.

In Fig. 5 (in welcher beide Hälften symmetrisch sind) ist die Platte *a* einfach mit einem viereckigen Loch versehen, über welchem beim Anheizen des Ofens der Rost *b* liegt. Der Verschluss wird durch Klappen *cc* mit belasteten Hebeln *d* bewirkt. Beim Entleeren werden die Klappen durch Entlastung der Hebel nur

Fig. 5.

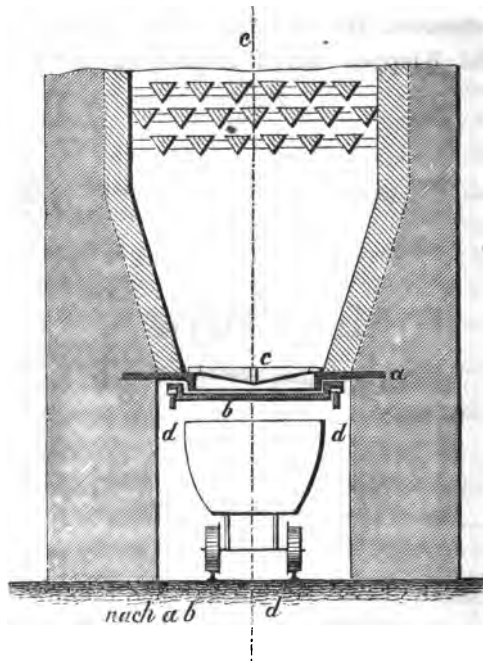


wenig geöffnet, damit der entstandene Schlitz stets von Abbränden ausgefüllt bleibt und kein Luftzutritt in den Ofen stattfinden kann.

Diese Anordnung ist deshalb weniger elegant, als die nunmehr zu beschreibenden, weil sich zwischen die Klappe und die Platte sehr bald Unreinigkeiten einlegen, wodurch der genaue Schluss vereitelt wird, ohne dass jedoch deswegen von unten Luft in den Ofen treten könnte, da dies die Abbrände verhindern.

In den Figg. 6 und 7 ist die Oeffnung der Platte *a* nach unten zu einem kurzen Hals verlängert, unter welchem der Schieber *b* geht. Beim Anheizen des Ofens werden die Roststäbe *c* quer in den Ofen auf Vorsprünge der Platte *a* gelegt und der Schieber geöffnet. Soll

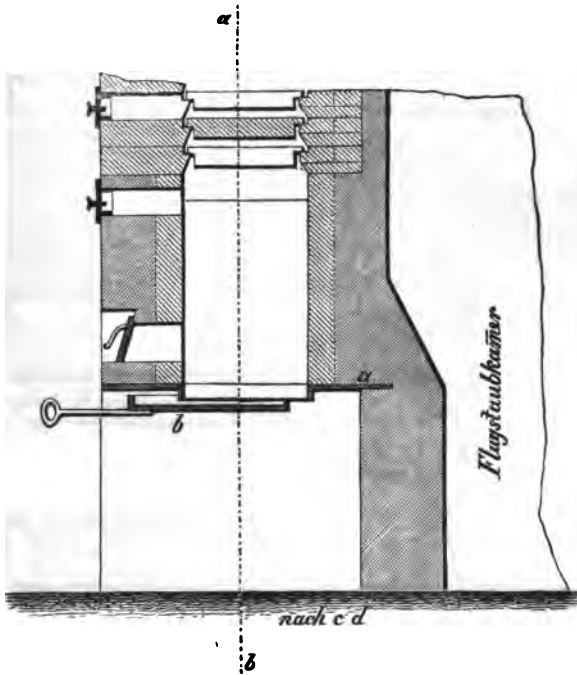
Fig. 6.



zum Betriebe übergegangen werden, so kann der provisorische Rost bequem so vorsichtig aus dem Ofen genommen werden, dass sich der Zutritt von abkühlender Luft fast gänzlich vermeiden lässt. Man beginnt nämlich mit dem Herausnehmen der Röststäbe an der Vorderseite des Ofens und schiebt, sobald ein Roststab

entfernt ist, jedesmal den Schieber entsprechend nach. Damit durch die vordere noch freie Schieberseite und zu beiden Seiten keine Luft zusetzen kann, wirft man den Schieber voll trockenen Sand, später dichten die

Fig. 7.

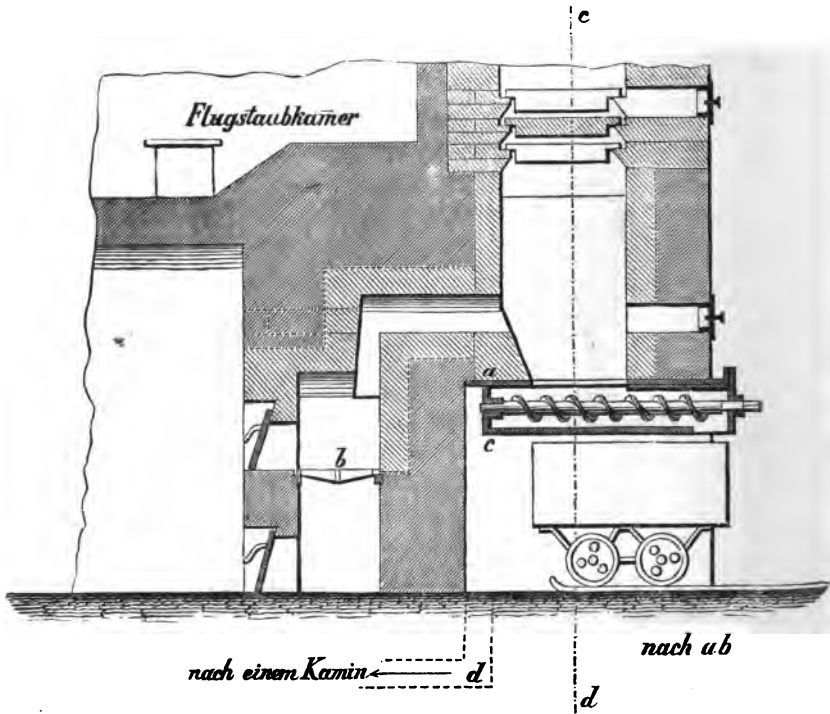


Abbrände. Mit diesem Schieber lassen sich, bei der Inbetriebsetzung in der angedeuteten Weise vorgegangen, die früher in einigen Fällen in Folge plötzlicher Abkühlung durch viel kalte Luft vorgekommenen Brüche von Trägern in den beiden unteren Reihen gänzlich vermeiden, so dass es Schüttöfen giebt, welche an zwei

Jahre mit den zuerst eingelegten Trägern ohne vorgekommenen Bruch gearbeitet haben.

Auch bei diesem Schieber kann während des Herauslassens der Abbrände jeder unnütze Luftzutritt in

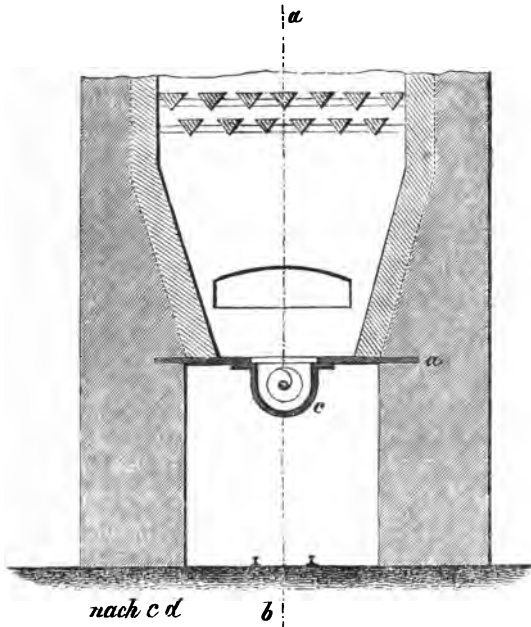
Fig. 8.



den Röstraum des Ofens vermieden werden, wenn man die Oeffnung nicht zu weit herstellt, was bei der Leichtigkeit, mit welcher die Abbrände durch die entstandene Lücke heraustreten, auch gar nicht nöthig ist. Da man den Schieber wegen der unter Umständen bedeutenden

Belastung etwas stark konstruiren muss, wodurch seine bequeme Handhabung einigermassen erschwert wird, so empfiehlt es sich, ihn entweder auf den Schienen *dd* in kleinen Rädern gehen zu lassen oder ihn mittelst einer Kurbel durch eine Schraube mit fester Mutter vor- und rückwärts zu bewegen.

Fig. 9.



Eine dritte Einrichtung zum Entleeren des Ofens vom Röstgut ist in den Skizzen 8 und 9 dargestellt. In Fig. 8 ist gleichzeitig eine gesonderte ausserhalb des Ofens liegende Feuerung *b* angedeutet, mit welcher man sowohl anheizen, als auch nöthigen Falls bei der Röstung selbst mit Brennmaterial nachhelfen kann. Die Platte *a*

unter dem Sammelraum lässt eine viereckige Oeffnung frei, durch welche die Abbrände in ein gusseisernes Gehäuse *c* treten, in welchem eine Schnecke mittels vorn am Vierkant angesetzter Kurbel bewegt werden kann. Die Abbrände fallen bei Drehung der Schnecke durch eine Oeffnung im vorderen Theil des Gehäuses in den unter gestellten Erzhund. Die Abbrände selbst verhindern auch hier das Zutreten von Luft in den Röstraum.

Um den Arbeitern jede Belästigung durch die immer noch mehr oder weniger aus den Abbränden aufsteigende schweflige Säure zu ersparen, ist in dem freien Theile unter dem Ofen in einer Ecke ein kleiner nach dem Schornstein führender Zug von etwa 16 Quadratzoll Querschnitt angebracht. Um ein lebhafteres Saugen durch die Oeffnung desselben zu erhalten, versetzt man die vordere Seite des Zuganges unter dem Ofen mit zwei Blechen, wodurch der unter der Platte eingesaugte Luftstrom alle aus dem gezogenen Röstgut etwa noch austretende schweflige Säure mit nach dem Zuge *d* fortführt. Hört die Entwicklung der schwefligen Säure auf, so bedeckt man die Oeffnung von *d* mit einer Platte, damit die übrigen Feuerungen durch Zutritt von kalter Luft in den Kamin nicht leiden.

Es braucht wohl kaum erwähnt zu werden, dass sich diese Absaugung der aus den Abbränden herrührenden schwefligen Säure auch bei den beiden vorher beschriebenen Anordnungen anbringen lässt.

2. Abänderungen zur Verminderung der Flugstaubmengen.

Von den hierhergehörigen Verbesserungen der Ofenkonstruktion ist eine im Vorhergehenden bereits beschrieben und in den Skizzen 3 und 4 abgebildet. Die mit dieser Aenderung im Zusammenhang stehende Vereinfachung der Vorrichtung zum Aufgeben der Schliege oder Granalien geht aus den Skizzen ebenfalls hervor. Eine andere hierher gehörige Abänderung ist in den Skizzen 10 und 11 dargestellt. Man sieht wie hier zwar die zu röstenden Massen in zwei Strahlen in den Ofen eingetragen werden, wie aber vermieden ist, die eingeführten Massen direkt vor der Oeffnung der abziehenden Röstgase vorbei fallen zu lassen. Da nur die feinsten und leichtesten Theile als Flugstaub von dem Gasstrom mitgenommen werden, diese Theilchen aber ihrerseits viel schneller verbrennen, als das Größere, so erklärt sich vollkommen die Thatsache, dass nämlich der in den Flugstaubkammern abgeröstete Flugstaub sich besser entschwefelt zeigt, als die durch den Ofen gegangenen Massen. Je feiner die Beschickung für den Schüttofen aufbereitet wird, um so besser ist die Ab-röstung, allerdings auch gleichzeitig um so grösser die Flugstaubmenge.

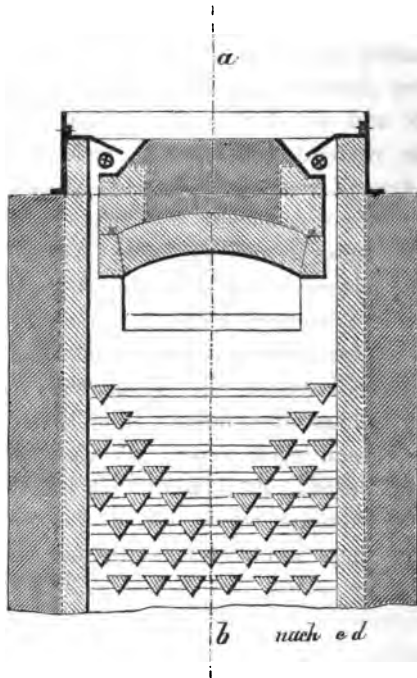
3. Luftzuführung.

Bei den zuerst ausgeführten Gerstenhöfer'schen Oefen war auf die Anwendung von schwach gepresster Luft, welche auch noch durch die abgehende Wärme der Röstgase in einem sehr sinnreich angeordneten Apparat erwärmt werden konnte, Bedacht genommen.

In meiner mehrfach erwähnten Abhandlung sind die betreffenden Einrichtungen ausführlich beschrieben und abgebildet.

Heeren (im 5. Supplementbände zu Prechtl's technologische Enzyklopädie, Artikel „Schwefelsäure“) be-

Fig. 10.

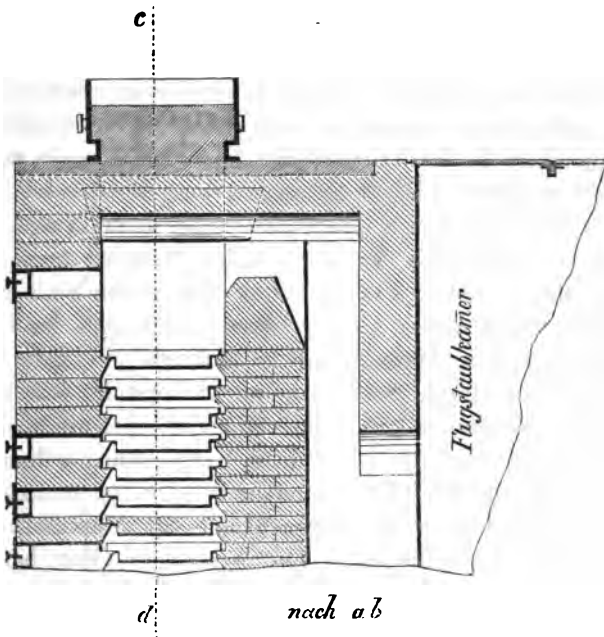


grüsst die Anwendung gepresster und erwärmter Luft zum Abrösten von Schwefelmetallen behufs Verwerthung der schwefligen Säure zu Schwefelsäure als einen wichtigen Fortschritt. So schön auch der Erwärmungsapparat erdacht und ausgeführt war, so fehlerfrei die

Führung der Luft stattfand, ehe sie in den Ofen ausströmte, das ganze Arrangement hat sich nichtsdestoweniger nicht bewährt und wird schon seit dem Jahre 1865 gar nicht mehr in Ausführung gebracht.

Zunächst hatte die Pressung der Oxydationsluft

Fig. 11.



eine vermehrte Bildung von Flugstaub, sowie ein theilweises Herausstossen von Röstgasen aus dem Ofenschacht durch die in der vorderen Ofenwand befindlichen Beobachtungs- und Arbeitsöffnungen im Gefolge. Die rationelle Erwärmung der Luft verlangte eine vielfach ge-

wundene Führung derselben von unten nach oben durch die Röhren des Erwärmungsapparates, dann wieder, der Tendenz erwärmter Luft aufzusteigen entgegen, die Führung von oben nach der unter der tiefsten Trägerreihe in der Hinterwand liegenden Austrittsöffnung. Diese Führung bildete ein Hemmniss für den Zug und da sehr bald die Beobachtung gemacht wurde, dass die Röstung mit erwärmter Luft nicht wesentlich besser verläuft, als mit kalter, so wurde zuerst von der Erwärmung abgesehen.

Bei der alleinigen Anwendung von gepresster Luft die noch immer durch die Hinterwand unter der tiefsten Trägerreihe in den Ofen eintrat, erschien aber ein neues Missverhältniss. Um die Entschwefelung der Beschickung so vollkommen wie möglich zu erreichen, muss man die Zone der höchsten Temperatur im Ofen so hoch wie möglich zu rücken suchen, damit hier schon eine möglichste Verbrennung erzielt werde und dem im Ofen niederfallenden Material noch hinreichende Zeit und Gelegenheit durch Berührung mit Sauerstoff bleibe, bis auf das Maximum zu verbrennen. Soll aber die höchste Temperatur und die möglichste Verbrennung schon im oberen Theile des Ofens erreicht werden, so muss dem entsprechend auch im oberen Theile das Maximum des Luftzutrittes stattfinden. Die einmal in Glut befindlichen Massen bedürfen dann beim weiteren Niedergange nur noch wenig Sauerstoff und dem entsprechend kann auch der Luftzutritt in den unteren Partien des Ofens sehr mässig gehalten werden.

Lässt man nun, wie es früher geschah, alle Luft in Einem Strome unterhalb der Trägerreihen (gleichviel ob gepresst oder nicht) in den Ofen eintreten, so ist dies in doppelter Beziehung nicht vortheilhaft. Die

grosse Menge der kalten Luft findet nämlich zunächst nur Material vor, welches den ganzen Ofenschacht bereits durchlaufen und die möglichste Verbrennung erlitten hat. Die Folge davon ist, dass die Verbrennung der noch nicht verbrannten Theile bei dem schon sehr im Abnehmen begriffenen Glühzustande der Röstmasse nicht nur nicht weiterschreitet, sondern sofort unterbrochen wird, da das Glühen der Masse bei dem Ueberschusse an kalter Luft aufhört. Aus diesem Grunde sahen die unteren Partien der in dieser Weise arbeitenden Oefen meist ziemlich dunkel aus und nur hin und wieder waren von dem vorbeifallenden Material einige Körner noch glühend zu bemerken.

Eine weitere Folge war nun aber auch, dass die möglichste Entschwefelung im oberen Theile des Ofens um deswillen weniger energisch vor sich gehen konnte, weil die unten in den Ofenraum eingetretene Luft, bei ihrem Aufsteigen bereits zu einem Theile ihres Sauerstoffs beraubt und dafür schon schweflige Säure und Stickstoff im Ueberschuss haltend, nicht mehr so kräftig oxydirend wirken konnte, als dies möglich wäre, wenn man da, wo mit der höchsten Temperatur die intensivste Verbrennung herrschen soll, auch erst die reine atmosphärische Luft zusetzen lässt.

Aus allen diesen Gründen ist nicht allein die Zuführung von gepresster Luft, sondern auch die Zuführung der Luft in Einem Strome verlassen worden. Es arbeiten gegenwärtig alle Schüttöfen mit natürlichem Luftzuge; die Verbrennungsluft tritt einfach durch die Oeffnungen in den Beobachtungsbüchsen ein, aus welchen nach Bedarf die Thonstopfen herausgenommen werden. Man muss es sich hierbei zum Grundsatz machen, im oberen Theile möglichst viel Luft zutreten zu lassen

(man kann unter Umständen aus drei horizontalen Reihen der Büchsen die Stopfen herausnehmen), tiefer hinab nicht mehr, als man dadurch nicht eine Abkühlung des Ofens bemerkt; unten ist es gar nicht nöthig, besonders Stopfen aus den Büchsen zu nehmen, da diese nie so absolut dicht schliessen, als dass nicht noch eine gewisse Menge Luft in den Ofen gelangen könnte.

Durch Anwendung des natürlichen Luftzuges ist neben den schon erwähnten Vorthteilen auch die Beobachtung und Regulirung des Ofenganges leichter und bequemer geworden, wie man auch die Arbeiter selbst zur Führung der Schüttöfen mit natürlichem Luftzuge viel leichter anlernen kann, als zur Führung derselben mit gepresster und erwärmter Luft.

V. Vergleichende Betrachtung einiger anderer Röstöfen für alleinige oder theilweise Verbrennung von klaren Schwefelkiesen oder anderen klaren Schwefelmetallen.

Die Röstöfen, welche hier noch einer kurzen Besprechung unterworfen werden sollen, sind folgende:

1) der Ofen von Olivier und Perret (vergl. Handbuch der chemischen Technologie von Bolley; Schwefelsäure etc. von Ph. Schwarzenberg; ferner Muspratt's Chemie, 2. Aufl. Artikel „Schwefel“; auch Rapports du Jury international, Paris 1868, tome 7, groupe 5, p. 19);

2) der Ofen von Hasenclever und Helbig (vergl. Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure, 1870, S. 706; auch Dingler's Journal, 1871, erste Hälfte, und Berg- und Hüttenmännische Zeitung, 1871, No. 21);

3) der Ofen von Stetefeldt (vergl. Berg- und Hüttenmännische Zeitung, 1870, No. 12 und 1871, No. 21).

Der Ofen von Olivier und Perret zunächst ist der Hauptsache nach ein Stufkiesofen mit drehbaren Roststäben, über welchem noch eine Vorrichtung zur Schliegverbrennung aufgeführt ist. Die Abbrände von den Stufkiesen werden durch Thüren unter dem Roste (durch welche gleichzeitig die zur Verbrennung nöthige Luft Zutritt) entfernt, während über dem Roste in der Vorderwand des Ofens die Thüren zum Einwerfen der frischen Kiese angeordnet sind.

Oberhalb des Röstraumes über den zum Beschicken dienenden Oeffnungen sind sieben horizontale Thonplatten in senkrechten Abständen von 20 Centimeter im Lichten angebracht, auf welchen das zu röstende Kiesklein ausgebreitet wird. Die von demselben herrührenden Abbrände werden durch Oeffnungen in den Seitenwänden ausgezogen. Ueber der obersten Platte sind noch Bleipfannen aufgestellt, in welchen mittels der aus dem Ofen abgehenden Wärme Kammersäure auf 60° Bé. konzentriert wird.

Es muss jedoch bemerkt werden, dass der Ofen durch den Aufbau der Platten eine nicht unbeträchtliche Höhe (nahezu 6,5 Meter) erreicht und dass, wenn im Terrain keine Niveaudifferenzen vorhanden sind, mit deren Benutzung man den Ofen so tief unter den Boden der Bleikammern stellen kann, dass die Kammersäure mit natürlichem Fall in die Pfannen läuft, man genöthigt

ist, die zu konzentrierende Kammersäure erst noch einmal in ein über den Pfannen des Ofens aufgestelltes Reservoir zu pumpen oder mit komprimirter Luft zu drücken, was eine kleine Komplikation in der Anlage und im Betriebe abgiebt, immerhin aber durch die Ersparniss an Kohlen für die Konzentration auch bei den niedrigsten Kohlenpreisen sich bezahlt machen wird.

Nach den Abbildungen, welche in Schwarzenberg's Werke von dem Ofen gegeben werden, schätze ich die Menge Kammersäure, welche man mit der abgehenden Wärme auf 60° Bé. verstärken kann, auf etwa die Hälfte der mit einem Ofen erzielbaren täglichen Säureproduktion, was weit hinter dem Erreichbaren zurückbleiben würde.

Jeder Ofen hat zwei Arbeitsseiten, eine für die Stückkiese, die zweite, um 90° gegen die vorige gelegene, für Feinkiese. Hieraus geht hervor, dass man, um diese Seiten frei zu behalten, immer nur vier Oefen an einander bauen kann. Mit der Grösse der Rostfläche jedes einzelnen Ofens kann zwar variirt werden, indessen ist die Vergrösserung der Rostfläche doch sehr begrenzt durch die über den Röstraum gelegten Chamotteplatten, mit deren Vergrösserung man nur bis zu einer gewissen Grenze gehen kann.

Hieraus geht hervor, dass man bei grösseren Kammer-systemen, wo vier aneinander gebaute Oefen mit den grössten möglichen Rostflächen nicht ausreichen würden, für einen gewissen nöthigen Betrag an Rostfläche ziemlich viel Raum im Grundriss in Anspruch nehmen muss, wie es auch ferner nöthig ist, die jedesmal von vier Oefen gelieferten Gase schliesslich in Eine Leitung zu vereinigen.

Die aus dem Stoffwerk entwickelten Gase streichen

über die auf den Thonplatten ausgebreiteten Kiesabfälle, welche von unten und oben erwärmt und durch den in den Röstgasen noch vorhandenen disponiblen Sauerstoff nach und nach oxydirt werden. Die Gase gelangen, nachdem sie noch gemeinschaftlich unter den Bleipfannen entlang gezogen sind, in die Bleikammern.

Der Ofen von Hasenclever und Helbig kann eine veränderte, indess nicht überall verbesserte Auflage des eben beschriebenen Ofens von Olivier und Perret genannt werden. Die feinen Kiese, welche hier ebenfalls mit der Wärme der Stufkiesverbrennung rösten, liegen ebenfalls auf Thonplatten, nur sind dieselben nicht horizontal, sondern um 38° gegen die Horizontale geneigt, angeordnet. Es sind im Ganzen sechs solcher geneigter Platten vorhanden, wovon indessen für die Röstung nur fünf aktiv sind. Da durch den Neigungswinkel der Platten der ganze Apparat eine viel grössere Höhe erhielt, als bei horizontaler Lage der Platten, so war der Aufbau des Feinkiesofens als ein gesonderter, neben den Stufkiesöfen stehender und sich an dieselben anschliessender Apparat nöthig. Die feinen Kiese werden oben in eine trichterartige Erweiterung des Ofens aufgegeben, und rutschen in dem Masse, als unten eine gerippte Walze Abbrände wegnimmt, in den Ofen. Derselbe ist im Lichten 1,00 Meter breit, 3,00 Meter tief und erhebt sich, wenn man die Abbrände direkt in untergefahrne eiserne Erzrhunde entleeren will, 8,50 Meter über die Schienenbahn derselben. Die geneigten Platten liegen alternirend auf einer Seite bündig an der Ofenwand, während auf der anderen Seite der Durchgang für die Röstgase frei bleibt, so dass dieselben schraubenförmig im Ofen aufsteigen.

Wie bei dem Ofen von Olivier und Perret, so setzt auch bei dem Ofen von Hasenclever und Helbig die Verbrennung feiner Kiese (resp. Schwefelmetalle) die Verbrennung von Stufwerk voraus. Das ist ein grosser Uebelstand, wenn gar kein Stufwerk, Schliege dagegen in Menge zur Verfügung stehen, wie dies oft der Fall ist. Beide Oefen sind daher nur einer beschränkten Anwendung fähig.

Die in doppelter Beziehung vortheilhafte Konzentration von Kammersäure, welche bei dem Ofen von Olivier und Perret, wenn auch etwas umständlich, noch möglich ist, ist bei dem Hasenclever-Helbig'schen Schliegeofen nicht möglich. Dagegen wäre sie bei den mit demselben kombinierten Stufkiesöfen recht bequem anzubringen, ist aber nicht angebracht. Statt dessen ist die Oeffnung zum Chargiren in die Decke des Stufkiesofens gelegt und hiermit der mehr als zweifelhafte Vortheil erreicht, dass man allerdings die ganze Kiesportion in den Ofen fallen lassen kann, dafür aber auch, wenn keine bequeme Niveaudifferenz vorhanden, die Abbrände wieder heben muss.

Hasenclever theilt auch eine Kombination mit, nach welcher der Schliegeofen mit einem Muffelofen zusammen angewandt werden kann, in der Weise, dass die Röstgase aus der Muffel, welche selbstverständlich extra geheizt werden muss, durch den Schliegeofen in der angegebenen Weise ziehen und hier die Röstung des feinen Materials bewirken sollen. Er ist sogar der Ansicht, dass man feine Kiesgraupen in dieser Weise rösten werde, wenn sich dieselben so billig stellen, dass der Ankauf trotz der Ausgabe für Kohlen noch gewinnbringend ist. Man kann nur sagen, dass Jeder, der nach dieser Idee Schwefelkiese zur Schwefelsäurefabri-

kation verbrennen wollte, sehr gegen sein Interesse verstossen würde.

Zunächst theilt Hasenclever in dem mehrfach erwähnten Artikel leider die Hauptsachen nicht mit, welche zur Beurtheilung seines Ofens unumgänglich nöthig sind. In derselben fehlen nämlich die Angaben über den Grad der Entschwefelung und über die Durchsetzungsmengen und man legt aus diesem Grunde die Abhandlung mit zwei Hauptfragen, die unbeantwortet bleiben, aus der Hand. Es ist dies dem Verfasser nicht allein so ergangen, eine grosse Zahl von Chemikern und Technikern haben in gleicher Weise demselben ihr Bedauern über das Fehlen dieser Angaben ausgedrückt und es wäre daher sehr erwünscht, wenn man etwas Bestimmtes in dieser Beziehung von Hasenclever selbst erfahren könnte. Nach Nachrichten, welche dem Verfasser von unterrichteten und zuverlässigen Technikern zugegangen sind, sollen jedoch die Resultate rücksichtlich der Abröstung trotz Hasenclever's gegentheiliger Versicherung keineswegs gut sein.

Was das Durchsetzquantum anbetrifft, so soll dasselbe, nach ebensolchen Nachrichten, 10 Zentner in maximo in 24 Stunden betragen, ein ungemein niedriges Quantum, was aber an sich nichts Unwahrscheinliches hat. Ich bescheide mich, wenn ich in Betreff dieser Angaben eines Besseren belehrt werde und würde mich freuen, wenn diese Mittheilungen zu einer Berichtigung Veranlassung gäben.

Es sei jedoch der Fall angenommen, dass die Abröstung der Kiese nichts zu wünschen übrig lasse. Man müsste dann, um nach Hasenclever's Idee feine Kiesgrauen abzurösten, einen Muffelofen heizen und den Hasenclever'schen Schliegofen daranhängen. Die

aufgehenden Kohlen für die Heizung der Muffel müsste man allein auf Rechnung des Umstandes setzen, dass man einen Hasenclever'schen Ofen anwendet. Hasenclever glaubt zwar, dass der Kohlenaufwand unter Umständen ausser Betracht kommt, dann nämlich, wenn man die Graupen sehr billig kaufen kann. Das ist indessen eine Täuschung. Nach grösseren Durchschnitten verbrauchte man ehemals auf Kupferkammerhütte (im Mansfeld'schen) zur Röstung von Rohstein in Muffelöfen auf 100 Ztr. vorgelaufenen Rohstein 4,15 Tonnen Steinkohlen und 5,25 Tonnen Braunkohlen oder 15,75 Zentner Steinkohlen und 14,20 Zentner Braunkohlen. Aus dem Rohstein war nicht ganz die Hälfte des Schwefels zu entfernen; bei Kiesen, welche zur Schwefelsäurefabrikation benutzt werden, würde es sich aber um eine möglichst vollständige Entschwefelung handeln und man kann daher ohne Uebertreibung in Ermangelung anderer Zahlen die oben verzeichneten Kohlenmengen für 100 Ztr. Schwefelkies annehmen. Setzt man die Preise der Kohlen nur zu $3\frac{3}{4}$ Groschen für den Zentner Steinkohle und zu $2\frac{1}{2}$ Groschen für den Zentner Braunkohle, so würden nach Hasenclever's Projekt zur Abröstung von 100 Ztr. Schwefelkies nöthig sein:

$$3,75 \cdot 15,75 = 59,06 \text{ Groschen,}$$

$$2,50 \cdot 14,20 = 35,50 \quad -$$

zusammen 94,56 Groschen

oder beinahe 1 Groschen pro Zentner, wobei die Kohlen so billig angesetzt sind, wie sie für nicht viele Schwefelsäurefabriken zu erlangen sein dürften.

Wählt man statt des Hasenclever'schen Ofens einen Gerstenhöfer'schen Schüttofen, so fällt zwar der Kohlenaufwand für die Heizung der Muffel weg, dagegen müsste das Material, welches in Form von Graupen nicht an-

gewandt werden kann, in die passende Form gebracht werden, was am einfachsten durch einen Kollergang erfolgt. So geschieht es z. B. auf dem Fürstlich Auerperg'schen Werke zu Lukawitz bei Chrudim in Böhmen und es kostet daselbst nach freundlicher Mittheilung des Herrn Direktors Woat ein Zollzentner Kies zu zerkleinern und dann nass aufzubereiten 1,246 Kreuzer östr. Währung oder noch nicht 3 Pfennige.

Setzte man aber auch die Kosten für die bei Anwendung von Gerstenhöfer'schen Schüttöfen nöthige Zerkleinerung dreimal oder auch ebenso hoch, als die Kohlenkosten für die Muffelofenheizung bei der Hasenclever'schen Kombination, so wäre der starke Verbrauch an Arbeitskraft, den die Muffelofenröstung naturgemäss erfordert und welcher sich nur schwierig durch mechanische Vorrichtungen ersetzen lässt, noch nicht kompensirt.

Ferner ist auch nicht unerwähnt zu lassen, dass zur Erzeugung derjenigen Menge Schwefelsäure, welche man mit Einem Gerstenhöfer'schen Schüttofen erzielen kann, zwei Muffelöfen mit mindestens einem Hasenclever'schen Schliegofen kombinirt anzuwenden wären, von welchen ein Muffelofen allein ziemlich dasselbe kosten wird, was ein Schüttofen kostet.

Aus alledem leuchtet ein, dass es in den Fällen, wo Kiesgraupen auf Schwefelsäure benutzt werden sollen, in Bezug auf die Anwendung von Muffelöfen mit Hasenclever'schen Oefen kombinirt gar nicht auf den höheren oder niederen Preis dieser Graupen ankommt und eine weitere für den Gerstenhöfer'schen Schüttofen passende Zerkleinerung sowie die Anwendung desselben vorzuziehen ist.

Werden die Stückkiese mit der Hand geschlägelt, so erhält man etwa $7\frac{1}{2}$ Prozent Abfälle, die zu fein sind,

als dass man sie direkt in die Ofen werfen könnte, und welche daher mit Thon oder Lehm zu Batzen angebunden werden müssen. Ich stimme mit Hasenclever vollständig darin überein, dass diese Batzen in grösserer Menge dem Ofengange nicht nützlich sind. Allein in solchen Fabriken, welche eben ihre Kiese nicht mit dem Steinbrecher knacken, sondern nur mit Hand schlägeln lassen und wo die obigen $7\frac{1}{2}$ Prozent nicht überschritten werden, habe ich noch nirgends Klagen über Verschlechterung des Ofenganges durch die geringe Menge zugesetzter Stöckel gehört. Ich kenne sogar Fälle, wo man die Abfälle bis zu 10 Prozent in Form von Batzen ohne Nachtheil für den Ofengang mit im Stufkiesofen verbrennt. Ebenso könnte ich mehrere Beispiele anführen, welche beweisen, dass die Stöckel, in dieser Menge zugesetzt, ebensogut abrösten, als die Kiese.

Was die Kosten anbetrifft, welche die Stöckelbildung verursacht, so betragen dieselben nach Angaben von mehreren Fabriken incl. Material und Lohn nicht über $2\frac{1}{2}$ Pfennige bei Anwendung von Lehm und etwa $3\frac{1}{2}$ Pfennige bei Anwendung von Thon, welche Posten sich auf 1 Zentner ungeschlägeltem Stückkies beziehen, der durch Schlägeln 10 Pfund Abfälle giebt.

Es haben daher solche Fabriken, welche wegen Kleinheit des Betriebes zur Zerkleinerung der Kiese keine Steinbrecher anwenden, sondern auf das Schlägeln mit Hand angewiesen sind, durchaus keine Ursache, für die Beseitigung der Abfälle einen besonderen Apparat anzuwenden, sei dies nun ein Ofen nach Olivier-Perret, nach Hasenclever-Helbig oder nach Gerstenhöfer.

Werden die Stückkiese mit dem Steinbrecher gebrochen, so hat man auf 15 bis 20 Prozent Abfälle zu rechnen, welche in den Stufkiesöfen zu verbrennen

Schwierigkeiten macht. Auch in diesem Falle würde aber der Verfasser die Anwendung des Hasenclever'schen Ofens aus sogleich näher zu entwickelnden Gründen nicht empfehlen. Es kommt auf die Menge der Abfälle an, ob man einen Gerstenhöfer'schen Schüttofen damit betreiben kann (was schon mit 25 Zentner Kies mit 40 Prozent Schwefel mit Erfolg geschehen kann). Sollte die Menge der Abfälle aber noch etwas zu gering sein, so sei hier darauf aufmerksam gemacht, dass man seit Beginn des Jahres 1870 ziemlich feine Kiese, welche nur noch einer ganz geringen Nachhilfe in der Zerkleinerung bedürfen, aus den Schwelmer Gruben (im Besitz von Harkort's Erben in Haspe, Westphalen) beziehen kann, welche durchschnittlich den Schwefelkies nicht allein reicher, sondern auch billiger liefern, als die meisten anderen Bezugsquellen für Schwefelkiese. Auch die Gewerkschaft Sicilia zu Altenhundem in Westphalen würde ohne Zweifel die sich massenhaft aufspeichernden Kiesabfälle zu einem äusserst billigen Preise ablassen, da dieselben nicht allein Terrain zum Aufstürzen einnehmen, sondern auch durch Auslaugung der Sulfate Schaden verursachen, den die Gewerkschaft ausgleichen muss.

Es erübrigt nun noch, auf die Bedingungen etwas näher einzugehen, unter welchen im Hasenclever-Helbig'schen Ofen die zu röstenden Schwefelmetalle der Oxydation dargeboten werden. Zunächst ist vorauszuschicken, dass wenn irgend ein Röstprozess, gleichviel ob derselbe in freien Haufen oder in einem Ofen vor sich geht, gleichmässig verlaufen, d. h. wenn das geröstete Material gleichmässig bis auf einen gewissen Grad entschwefelt werden soll — dieser gewisse Grad ist für den Schwefelsäurefabrikanten bei der Schwefel-

kiesröstung ein möglichstes Minimum Schwefel in den Rückständen — so gehört dazu vor allen Dingen eine möglichst gleiche Grösse (ja sogar möglichst gleiche Form) der angewandten Stücke oder gleiches Korn des angewandten Pulvers. Denn der Sauerstoff verbindet sich mit dem Schwefel und dem Metall Schritt für Schritt von der Oberfläche des Stückes oder Kornes aus, wie die jedem Metallurgen bekannte Kernröstung, aber auch jede Kiesröstung beweist, bei welcher man häufig beobachten kann, wie im Innern mancher aus dem Ofen gekommener Stücke ein den Umrissen derselben konformer Kern von Monosulfuret (oder Achtsiebentel-Schwefeleisen), ja zuweilen in diesem Kern noch ein solcher von vollkommen intakt gebliebenem Bisulfuret vorhanden ist. Wegen dieser Forderung, den Röstöfen möglichst gleich grosse Stücke zu übergeben, scheuen sich manche Schwefelsäurefabrikanten, zur Zerkleinerung der Kiese Steinbrecher anzuwenden, welche allerdings besonders bei nicht entsprechender Konstruktion der Brechbacken ein nicht durchweg gleiches Material liefern und zwar nicht allein rücksichtlich der Grösse, sondern auch rücksichtlich der Form, da die Stücke bald flach und länglich, bald rundlich und knollig ausfallen.

Nun ist klar, dass man keine gleichmässige Röstung erzielen kann, dafern man die Röstmasse aus dem Ofen entfernt, wenn die kleinen Stücke ausgebrannt sind, die grossen aber noch unentschwefelte Kerne enthalten. Will man sich den in letzteren enthaltenen Schwefel nicht entgehen lassen, so kann man allerdings das Material längere Zeit im Ofen liegen lassen. Man wird dann zwar noch einen Theil dieses Schwefels nutzbar machen, indessen liegen die kleinen ausgebrannten Stücke

in Bezug auf Wärmeentwicklung passiv im Ofen, ja sie absorbiren sogar nutzlos einen Theil der von der neuen Charge entwickelten Wärme.

Wie man sieht, läuft man also bei dem Bestreben, ungleich grosse Stücke der Beschickung doch gleichmässig abzuschwefeln, unvermeidlich Gefahr, sowohl das Durchsetzquantum vermindern zu müssen, als auch die Ofentemperatur herabzustimmen. Es wäre aber irrig, wenn man glauben wollte, dass sich durch Annahme geringerer Durchsetzmengen die ungleiche Abröstung doch gänzlich beseitigen liesse. Viele von den grösseren noch nicht genügend entschwefelten Stücken kommen nach und nach doch aus dem Bereiche der Glühschicht, erkalten und geben keine schweflige Säure mehr aus.

Hasenclever empfiehlt seinen Ofen hauptsächlich auch für die Kiesabfälle, welche beim Brechen der Stückkiese mit dem Steinbrecher resultiren und er setzt hinzu, dass dieser nützliche Apparat bisher nur deshalb nicht in der Praxis eingeführt worden sei, weil er von 100 Stück-
erz 20 unter 12 mm. Korngrösse liefert. Zunächst ist hier zu erinnern, dass der Steinbrecher doch schon vielfach auch zum Zerkleinern von Schwefelkies angewandt wird und ferner ist zu erwähnen, dass wenn manche Schwefelsäurefabriken, in denen die Anschaffung eines Kiesbrechers sich recht wohl bezahlt machen würde, dennoch von der Anschaffung Abstand nehmen, dies aus der schon früher angeführten Ursache und aus dem Grunde geschieht, weil die Erfahrung keine seltene ist, dass auch die besten und in diesen Sachen erfahrensten Maschinenfabriken noch nicht eine Konstruktion geliefert haben, welche für Schwefelkiese ganz befriedigen könnte. Insbesondere werden Klagen über viel zu schwache und unzweckmässige Konstruktion der Brechbacken geführt.

Die bei Anwendung des Steinbrechers fallenden Feinkiese sind nun keineswegs von einem gleichmässigen Korn und man muss demnach schliessen, dass sie, in was für einem Ofen immer ihre Verbrennung erfolgen mag (Gefässöfen mit künstlicher Heizung ausgenommen) entweder sehr mangelhaft abrösten oder sehr lange im Ofen bleiben müssen. Aus diesem Grunde wurde oben behauptet, dass die Angabe, nach welcher der Hasenclever-Helbig'sche Ofen das ungemein niedrige Durchsetzquantum 10 Zentner in 24 Stunden verarbeitet, durchaus nicht unwahrscheinlich ist.

Es drängen sich jedoch noch weitere Betrachtungen auf, welche zu demselben Resultate führen. In dem Hasenclever-Helbig'schen Ofen streichen Röstgase, nicht Luft über die von Zeit zu Zeit, nicht kontinuierlich, tiefer rutschende Röstmasse. Nur die oberen Partien derselben sind mit Gasen in Berührung und auch diese oberen Partien bieten nur unvollkommen dem Sauerstoff neue Oberflächen dar. Es liegen hier also zwei weitere Momente vor, welche auf den Gang der Röstung verzögernd einwirken.

Wollte man jedoch eine lebhaftere Oxydation im Schliegofen herbeiführen, so müsste man die in denselben eintretenden Gase der Stufkiesöfen etwas sauerstoffreicher halten, also mehr Luft, als nothwendig ist, in die letzteren einströmen lassen. Dieser Luftüberschuss würde auf die Stufkiesöfen abkühlend einwirken. Es sei indess angenommen, dass diese Abkühlung noch nicht so bedeutend ist, dass dadurch einer guten Abröstung des Stufwerks Nachtheile erwachsen. Es ist dann immer nicht zu vergessen, dass die Kiesschicht im Stufkiesofen von dem aufsteigenden Luftstrom allseitig umspült wird — ein Verhältniss, das in Anbetracht der Vorgänge, die

sich vollziehen sollen, das günstigste genannt werden muss — während im Schliegofen der Gasstrom nur mehr über die Oberfläche der Kiesschicht hinstreicht — ein Verhältniss, das viel weniger günstig genannt werden kann, als das vorige. Es kann also der Luftüberschuss, den man etwa durch die Stufkiesöfen ziehen lässt, im Schliegofen nicht unter so günstigen Bedingungen wirken, als die Luft in jenen wirkt und es könnten somit bei angehängtem Schliegofen sogar ärmere Röstgase resultiren, als ohne denselben. Ich sage wohlbedacht: „es könnten“. Denn wenn man den Schliegofen nur recht hoch macht, so lässt sich das ungünstige Moment der mangelhaften Berührung von Sauerstoff und Röstmasse schliesslich wohl paralysiren.

Doch ist nicht zu vergessen, dass der Ofen schon jetzt 26 Fuss über das Niveau der Schienenbahn für die Erzhunde steigt.

Einige Praktiker haben mir als eine gute Eigenschaft der Hasenclever-Helbig'schen Kombination angeführt, dass man damit reiche Röstgase erhalte und folglich mit einem gegebenen Bleikammerraume eine hohe Produktion an Schwefelsäure erzielen könne. Der maximale Gehalt an schwefliger Säure, welchen man bei Verbrennung von Schwefelkies behufs Schwefelsäurefabrikation erlangen kann, wurde zu 8,93 Volumenprozenten schwefliger Säure berechnet. Nahezu so stark kann man aber auch bei Stufkiesen allein die Röstgase ohne Schwierigkeiten herstellen, besonders also ohne mangelhafte Abröstung der Kiese, Schwefelsublimationen und Sauenbildung durch schmelzendes Monosulfuret im Ofen befürchten zu müssen. Es ist aber sehr die Frage, ob damit Etwas gewonnen ist. Zunächst ist zu bedenken, dass wenn man auch Gase von der

angegebenen Stärke durch verminderte Luftzuführung präpariren wollte, man doch keineswegs das Gasgemenge von derjenigen prozentalen Zusammensetzung hätte, welche man findet, wenn man die Rechnungen mit Annahmen durchführt, die in Wirklichkeit keineswegs zutreffen. So gründet sich die oben gefundene Zahl von 8,93 auf die Annahme, dass eine vollständige Verbrennung des Schwefelkieses zu Eisenoxyd und schwefliger Säure stattfindet, während in Wahrheit stets ein Theil schwefelsaurer Salze entsteht, welche Sauerstoff binden und Stickstoff übrig lassen, der nach der Rechnung nicht vorhanden sein sollte.

Es ist mithin klar, dass wenn man in der Praxis den Gehalt der Röstgase an schwefliger Säure ebenso hoch hält, als er sich auf dem Papier berechnet mit der Annahme von 3, 5, 6 — wie es Jedem am besten scheint — Volumenprozenten freien Sauerstoffs in den Austrittsgasen, man faktisch weniger Sauerstoff darin hat, als angenommen wurde. Es ist folglich ebenso klar, dass die Bestimmung der schwefligen Säure allein kein ausreichendes Bild mehr giebt von der Zusammensetzung des in die Kammern gelangenden Gasstroms — wie dies allerdings bei aus Schwefel erzeugten Gasen der Fall ist — sondern dass hierzu auch noch die Bestimmung des Sauerstoffs in den Gasen oder in den Abbränden gehört.

Man kann daher nur sagen, dass alle diejenigen, welche als erstes Desideratum bei solchen Röstprozessen, welche Schwefelsäurefabrikation im Gefolge haben, die Erzeugung schwefligsäure reicher Gase hinstellen, damit eine wenig präzise Forderung erheben, um so mehr, als sich die Röstung ein und desselben Schwefelmetalles so führen lässt, dass der Gehalt an schwefliger Säure

in den Röstgasen nur sehr wenig, dagegen der Gehalt an Sulfaten in der Röstmasse und also auch der Gehalt der Gase an Stickstoff sehr bedeutend differirt.

Indessen auch wenn man die entstehenden Sulfate ganz aus dem Spiele lässt, bleibt es, wie gesagt, immerhin noch sehr fraglich, ob es am nützlichsten ist, gerade mit 8,93 Volumenprozenten schwefliger Säure in den Eintrittsgasen und mit 6 Volumenprozenten Sauerstoff in den Austrittsgasen zu arbeiten. Ich habe in dieser Beziehung mehrfach gegentheilige Erfahrungen gemacht und bin darin mit verschiedenen Praktikern zusammengetroffen. Es lässt sich jedoch vorläufig etwas Bestimmtes in dieser Richtung nicht mittheilen, weil eben die Untersuchung der Gase auf schweflige Säure allein nicht ausreicht, weil ferner die üblichen Bestimmungen des Sauerstoffs mit Phosphor oder Stickoxydgas zu wünschen übrig lassen, also genaue gasometrische Bestimmungen erforderlich sind, die ich bis jetzt noch nicht vornehmen konnte. —

Die Betrachtungen, welche bei dem Ofen von Hasenclever und Helbig angestellt wurden, lassen sich, was Gang der Abröstung und Durchsetzquantum anbetrifft, in ganz gleicher Weise mit Veränderung nur einiger Worte für den Ofen von Olivier und Perret wiederholen. Auch hinsichtlich dieses Ofens sucht man vergebens nach den Angaben über Abröstung der Beschickung und Menge derselben. Nur Schwarzenberg giebt die Notiz, dass in einem Ofen nach Olivier und Perret auf je 35 Theile Stuffwerk 65 Theile Kleinkies gerechnet werden können, eine Angabe, die nicht genügt, weil man nicht weiss, wie viel Stuffkiese im unteren Ofen auf dem Roste verbrannt werden und aus der Grösse des letzteren die Durchsetzmenge nicht mit

Sicherheit erschlossen werden kann, da das Kiesquantum, welches man in 24 Stunden auf den Quadratmeter Rostfläche zu verbrennen vermag, mit dem mehr oder minder lebhaften Zuge bedeutend variirt. Dennoch erscheint die Menge von 65 Kleinkies auf 35 Stückkies immerhin etwas hoch und man muss daraus schliessen, einerseits, dass man sich bei diesem Verhältniss mit einer nicht gar zu vollkommenen Abröstung begnügt, andererseits, dass der verwendete Kleinkies nicht hoch berechnet wird und unter allen Umständen aufgebraucht werden muss. —

Der Röstofen von Stetefeldt wurde zunächst für chlorirende Röstung erfunden, ist aber neuerdings von seinem Erfinder auch für oxydirende Röstung empfohlen (Berg- und Hüttenmännische Zeitung, 1871, No. 5). Der Ofen besteht nach der neueren Konstruktion aus einem 28 Fuss hohen Schacht, der unten 5 zu 5 Fuss Grundfläche im Lichten hat und sich bis auf gegen 3 Fuss verjüngt. Die Erze werden oben durch eine Schüttelvorrichtung in den Ofen gestreut, das Röstgut wird unten in der Vorderwand ausgezogen. Seitlich von dem Ofen sind zwei Generatoren aufgestellt, welche die nöthige Wärme zu liefern haben. Die Gase mit dem fortgerissenen Flugstaub ziehen oben in der Hinterwand des Ofens ab und treten durch den Fuchs in Flugstaubkammern. Hinter diesem Fuchs ist ein dritter Generator aufgestellt, um den aus dem Ofen mitgerissenen Flugstaub vor seinem Eintritt in die Flugstaubkammer nochmals zu erhitzen und abzurösten.

Das Erz durchläuft den Röstraum ausschliesslich in freiem Falle, die Generatorgase steigen den Erzpartikelchen entgegen aufwärts.

Wenn man in Hinsicht auf den Gerstenhöfer'schen

Schüttöfen den Ofen von Hasenclever und Helbig einen Rückschritt nennen muss (wie derselbe denn eigentlich nur eine Rückkehr zu dem Röstofen von Keith [Berg- und Hüttenmännische Zeitung, 1870, Seite 417, mit Abbildungen auf Tafel 12) vorstellt], so muss man den Ofen von Stetefeldt einen Fortschritt nennen, sofern dem Prinzip der Staubstrommethode hier am vollkommensten Rechnung getragen ist und die im Ofen niederfallende Erzmasse, wie es im Gerstenhöfer'schen Ofen durch die Prismen geschieht, gar nicht mehr aufgehalten wird. Hierdurch wird indessen, trotzdem der Röstschaft wesentlich höher, als beim Gerstenhöfer'schen Ofen genommen worden ist, die Röstzeit so wesentlich abgekürzt, dass einerseits künstliche Feuerung nothwendig wird, andererseits die zu röstenden Erze ein noch feineres Korn haben müssen, als beim Gerstenhöfer'schen Ofen. Es wird daher auch ein stärkerer Flugstaubfall stattfinden und vielleicht erklärt sich aus der Nichtbeachtung dieses Umstandes und der Thatsache, dass man im Gerstenhöfer'schen Ofen nicht die Erzmengen durchsetzt, welche man dem Ofen von Stetefeldt bieten kann (500 bis 600 Zentner in 24 Stunden, allerdings mit Hilfe der Feuerungen!), weshalb Stetefeldt den Schüttöfen bedeutende Mengen von (ungeröstetem?) Flugstaub nachsagt.

Da der Ofen von Stetefeldt für alle die Röstprozesse, welche von Schwefelsäurefabrikation gefolgt werden, nicht in Betracht kommt, weil die Feuergase den Röstgasen beigemengt sind, so gilt für ihn dasselbe, was Stetefeldt vom Schüttöfen behauptet, dass nämlich derselbe nur einer beschränkten Anwendung fähig ist. Es dürfte überhaupt schwer sein, einen Universalröstofen herzustellen. Gerstenhöfer hat nie von seinem Ofen behauptet, dass derselbe zur Abröstung bleiglanzreicher

Erze anwendbar sei, sondern hat im Gegentheil Aufträge abgelehnt, nach welchen eine solche Anwendung von seinem Ofen gemacht werden sollte. Ebenso ist auch stets zugegeben worden, dass man im Schüttofen Zinkblende nicht bis zu dem Grade entschwefeln kann, wie es die Zinkdestillation verlangt. Ob dies mit dem Ofen von Stetefeldt möglich ist, muss jedoch der Versuch auch erst noch ausweisen. Dagegen unterliegt es gar keinem Zweifel, dass die Zinkblenderöstung im Schüttofen, wenn sie dem Metallurgen nicht genügt, doch für den Schwefelsäurefabrikanten recht lohnend ausgeführt werden kann.

Statistik des Schüttofens.

Obgleich die schönsten Resultate des Schüttofens gerade auf dem Gebiete der Schwefelkiesröstung behufs Fabrikation von Schwefelsäure zu suchen sind, so arbeiten doch zur Zeit wenigstens noch die Mehrzahl der Schüttöfen in metallurgischen Werken, denen die Schwefelsäurefabrikation nicht in erster Linie steht. Diese Werke haben das in den Schüttöfen zu röstende Material theils ursprünglich in Schliegform, theils können sie es leicht in dieselbe oder in die von Granalien bringen, theils auch müssen sie es. Es ist dies ein neuer

Beleg dafür, dass die Anwendung des Schütttofens eben am meisten indicirt ist, wenn die Materialien eben schon in Pulverform vorhanden sind.

In der nachfolgenden Aufzählung der ausgeführten Schüttöfen ist gleichzeitig das darin verarbeitete Material und die Art seiner Gewinnung angegeben.

Bis Mitte 1871 existiren Schüttöfen an folgenden Orten:

- 1) 8 Stück auf den Königl. Sächs. Muldener Hütten bei Freiberg. Kiesige Erze mit wechselnden Gehalten an Bleiglanz und Blende, Arsen und Silber werden von den Gruben als Schliege angeliefert.
4 - kürzlich neu erbaut.
- 2) 4 - auf den Königl. Sächs. Halsbrückener Hütten bei Freiberg; Erze wie vorher.
2 - ebenda in der Anlage begriffen.
- 3) 3 - auf Eckardthütte bei Leimbach im Mansfeld'schen; Kupferrohstein, granulirt oder als Pulver, das theils durch Besprengen des heissen Steins mit Wasser, theils durch Mahlen erhalten wird.
- 4) 10 - auf Kupferkammerhütte bei Hettstädt im Mansfeld'schen; Kupferrohstein, wie oben.
- 5) 2 - auf dem fürstlich Auersperg'schen Werke zu Lukawitz bei Chrudim in Böhmen; Schwefelkies, aufbereitet aus armen und reicherem Stufwerk durch Mahlen und Waschen.
- 6) 2 - auf dem Werke der österreichischen Staatseisenbahngesellschaft zu Neu-Moldova im Banat; Schwefelkies, aus alten Halden durch Waschen gewonnen.

- 7) 2 Stück auf dem Morgensterner Werk zu Mersdorf an der Niederschlesischen Gebirgsbahn; Schwefelkies durch Pochen und Waschen aus krystallinischen Schiefern gewonnen, deren Kiesgehalt etwa 10 Prozent beträgt.
- 8) 1 - auf der Schwefelsäurefabrik zu Schwandorf in der bayrischen Oberpfalz; Schwefelkies von den Gruben bei Lam im bayrischen Walde, durch Pochen und Waschen gewonnen.
- 9) 1 - auf der chemischen Fabrik zu Nienburg an der Weser; Schwefelkiesabfälle von Altenhundener Stückkiesen, beim Brechen mit dem Steinbrecher gesammelt.
- 10) 4 - auf der Augustenhütte zu Beuel bei Bonn; Schwefelkiesabfälle von Altenhunden oder versuchsweise auch Schwefelkiese aus den Schwelmer Gruben. Beide bedürfen einer geringen Nachhilfe in der Zerkleinerung.
- 11) 6 - worunter 4 Stück im Bau begriffen, auf der chemischen Fabrik von Harkort's Erben zu Harkorten bei Haspe in Westphalen; Schwelmer Kiese mit gegen 50 Prozent Schwefel im staubtrockenen Zustande.
- 12) 2 - auf der Superphosphatfabrik von Ohlen-dorff & Co. in Hamburg; theils Schwefelkiesabfälle von Altenhundener und norwegischen Stückkiesen, theils Kiese aus den Schwelmer Gruben (im Bau begriffen).

- 13) 6 Stück (im Jahre 1867) auf der chemischen Fabrik zu Vedrin in Belgien; Schwefelkiese.
- 14) 2 - auf der Sodafabrik zu Chauny in Frankreich; Schwefelkiese.
- 15) 38 - (im Jahre 1866) auf den Hüttenwerken von Vivian und Sons zu Swansea in Wales.
- 16) 12 - (?) zu Huelva in Spanien; kupferhaltige Schwefelkiese.
- 17) 1 - auf der Zinkhütte der Vieille Montagne zu Flône in Belgien; Zinkblende.
- 18) 1 - auf der Zinkhütte der Vieille Montagne zu Berge-Borbeck bei Essen.
- 19) 3 - auf der Waldmeister Hütte bei Stollberg; Schwefelkies und kiesige Zinkblende.
- 20) 4 - auf der ungarisch-schweizerischen Sodafabrik zu Nagy-Bocsko im Marmaroser Komitat; kupferhaltige Schwefelkiese, welche von der Grube als Schliege angeliefert und, abgeröstet, an dieselbe wieder zurückgegeben werden. Die Ab-
röstung muss vertragsmässig bis auf 5 Prozent Schwefel in den Rückständen erfolgen.

Diese Zusammenstellung weist im Ganzen 120 Oefen aus. Wie viel in Amerika existiren, ist nicht bekannt; ebensowenig kann Näheres über den Zuwachs in England angegeben werden.

6

Verlag von Robert Oppenheim in Berlin.

gestellt, daß sich aus ihnen die Natur eines jeden Stoffes, seine Benutzbarkeit in der Praxis, sowie die Rolle, welche er im Lebensproceß der Pflanzen und Thiere und bei der Bildung der Mineralien spielt, möglichst klar ergibt.

Ein großer Reichthum an kleinen Artikeln wird Jeden sofort überzeugen, daß das Werk eine enorme Fülle von Thatsachen enthält und sehr geeignet ist, auf eine bestimmte Frage schnell und bequem zuverlässige Antwort zu geben. In der Anordnung des Stoffes schließt sich das Werk mit voller Absichtlichkeit der neuen, von Prof. Fehling herausgegebenen Auflage des Handwörterbuchs von Liebig und Poggen-dorff ziemlich genau an, wodurch für Jeden, der sich ausführlicher unterrichten will, erhebliche Vortheile entstehen. Ebenso folgt der Verfasser durchaus den neuesten Anschauungen der modernen Chemie und giebt soweit als nöthig, neben den empirischen auch die rationellen und Strukturformeln, um das Verhalten der Körper gegen einander verständlicher zu machen. Ausgeschlossen wurde aber Alles, was nur ein ganz specielles Interesse bei bestimmten Untersuchungen gewährt, auch wurde von der Erörterung theoretischer Streitfragen durchaus abgesehen und durch solche Beschränkungen die Möglichkeit geschaffen, auf einem verhältnißmäßig sehr kleinen Raum ein weites Gebiet zu umfassen und für zahlreiche Interessen annähernd zu erschöpfen.

Mit den Bemühungen des Verf. hat die Verlagshandlung die ihren vereint, indem sie auf die äufsere Ausstattung des Werkes die grösste Sorgfalt verwandte und meint dieselbe, dem Publikum eine in jeder Beziehung willkommene und preiswürdige Gabe zu bieten.

Der Umfang des Werkes ist, wie oben bemerkt, auf etwa 50 Bogen in gr. Lex. 8° Format festgestellt, die Ausgabe geschieht in monatlichen Lieferungen von je vier Bogen gr. Lex. 8° Format zum Preise von 12 Sgr. pr. Lieferung und wird somit das Unternehmen in Jahresfrist vollendet sein und den Preis von 5 Thlr. voraussichtlich nicht überschreiten. Probefieferungen und ausführliche Prospekte sind in allen Buchhandlungen vorrätzig.

Lewes, G. H. (Verf. von Goethe's Leben.)
Geschichte der alten Philosophie. (Geschichte der Philosophie von Thales bis Comte. Band. I.) gr. 8.
Preis 2 Thlr. 20 Sgr.

Man findet in diesem Werke, das von Neuem das grosse schriftstellerische Talent des Verfassers bekundet, nicht nur die alten griechischen Systeme, sondern in der Art ihrer Behandlung auch ein Stück des jetzigen philosophischen Lebens in England.

(Neue Evangel. Kirchenzeitung.)

Derselbe Reiz der individualisirenden Darstellung, der klaren und leichtverständlichen, die schöne Form und den gedanklichen Inhalt stets in gleicher Weise beachtenden Kritik, der uns in der Goethe-Biographie von Lewes so fesselt, macht auch seine Geschichte der Philosophie zu einem der anziehendsten Werke für gebildete Laien.

(Magazin für die Literatur des Auslandes.)

Verlag von Robert Oppenheim in Berlin.

Bericht, stenographischer, über die Versammlung des Vereins der Stärke- und Stärkesyrup-Fabrikanten Deutschlands. 8. Jahrgang 1868—69. Preis 1 Thlr.

Ehrenberg, C. G., *Gedächtnissrede auf Alexander von Humboldt*, im Auftrage der Königl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, gehalten in der Leibnitz-Sitzung am 7. Juli 1859. gr. 8. Preis 10 Sgr.

Faraday, M., *Naturgeschichte einer Kerze*. Mit 35 Holzschnitten. 8. Preis geh. 20 Sgr., cart. 24 Sgr.

Grasshoff, Joh., *Die Retouche von Photographien*. Zweite verm. Aufl. Mit einer aquarellirten Photographie. 8. Preis 20 Sgr.

Mädler, Dr. J. H. von., K. Russ. wirkl. Staatsrath, und emer. Prof. der Astronomie an der Universität Dorpat, *Reden und Abhandlungen über Gegenstände der Himmelskunde*. gr. 8. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.

Newton, Isaac, *Mathematische Principien der Naturlehre*. Mit Bemerkungen u. Erläuterungen herausgeg. v. Prof. J. Ph. Wolfers. Mit 285 Holzschnitten. gr. 8. Preis 4 Thlr.

Pinner, Dr. Adolf, *Repetitorium der organischen Chemie*. Mit besonderer Rücksicht auf die Studirenden der Medicin und Pharmacie bearbeitet. 8. Preis 1 Thlr. 25 Sgr.

Romelé, Ph., *Kurzes Handbuch der Landschafts-Photographie auf nassem Wege*. Mit einer Photographie. 8. Preis 20 Sgr.

Schützenberger, Prof. Dr. P., *Die Farbstoffe mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung in der Färberei und Druckerei*. Autorisirte deutsche Uebersetzung von Dr. Hermann Schröder. Zwei Bände (73 Bogen gr. 8. mit 37 Holzschnitten, 1 Kupfertafel und 79 Zeugproben auf 21 Mustertafeln). Preis 6 Thlr. 20 Sgr.

Sklarek, Dr. Wilhelm, *Die Gesundheitslehre nach dem neuesten Standpunkte der Physiologie populär dargestellt*. 8. Preis 1 Thlr.

Swan's Pigmentdruck oder das photographische Kohleverfahren, beschrieben von G. Wharton Simpson. Vervollständigt durch die neuesten Erfahrungen von Dr. H. Vogel. Vom Verfasser autorisirte Uebersetzung. Mit einer Pigmentdruck-Beilage. 8. Preis 1 Thlr.

Vogel, Dr. Hermann, *Lehrbuch der Photographie*. Photochemie und photographische Optik, photographische Praxis, photographische Aesthetik. Mit einer Farbentafel und darnach gefertigter Photographie, 4 in den Text eingeklebten Photographien und 172 Holzschnitten. gr. 8. Preis 3 Thlr.

Wohllwill, Emil, *Der Inquisitionsprozess des Galileo Galilei*. Eine Prüfung seiner rechtlichen Grundlage nach den Acten der Inquisition. 8. Preis 16 Sgr.

Wurtz, Ad., Prof. der Chemie an der medic. Facultät zu Paris, *Geschichte der Chemischen Theorien seit Lavoisier bis auf unsere Zeit*. Deutsch herausgeg. von Alph. Oppenheim, Dr. phil., Privatdocent an der Universität Berlin. 8. Preis 25 Sgr.

This book should be returned
the Library on or before the last
stamped below.

A fine of five cents a day is incurred
by retaining it beyond the specified
time.

Please return promptly.

Chem 8998.72
Beitrage zur Theorie und Praxis de
Cabot Science 003429370



3 2044 091 951 889