

Ich muss demnach meinen Ausspruch (d. Zeitschr. S. 1) zurücknehmen, wonach der Widerspruch zwischen L. W. Winkler und mir ein unüberbrückbarer sei. Vielmehr hat Winkler gezeigt, dass sowohl seine wie meine Versuche richtig angestellt waren und dass es nur an den Versuchsbedingungen, insbesondere dem Verhältniss von Wasser und Schwefelsäure liegt, ob man die Brucin-reaction im einen oder im anderen Falle bekommt. Unsere Controverse hat aber dies erst festgestellt und ist demnach wahrlich nicht nutzlos gewesen.

Zürich, 27. Februar 1902.

Vergleichende Studien über die Rentabilität der Schwefelsäure- gewinnung mittels des Anhydridverfahrens und des modernen Bleikammerprocesses.

Von Fr. Lüty und H. H. Niedenführ.¹⁾

Der grosse Erfolg, den Clemens Winkler mit der Durchführung der Synthese der Schwefelsäure aus schwefliger Säure und Sauerstoff erzielt hatte, musste naturgemäss den Technikern die lebhafteste Anregung geben, das alte Bleikammerverfahren mit seiner voluminösen theuren Apparatur in der Praxis durch den um so viel einfacher erscheinenden Contactprocess zu ersetzen. Die intensiven Anstrengungen, die in dieser Hinsicht von dem genannten Forscher, von Dr. M. Schröder und den vorm. Grillo'schen Zinkwerken, von der Badischen Anilin- und Sodafabrik, den Höchster Farbwerten, Dr. H. Rabe und dem Verein chemischer Fabriken in Mannheim gemacht worden sind, haben zu Resultaten geführt, die eine neue Ära der Schwefelsäure-industrie begründet haben. Durch den erreichten epochemachenden Erfolg in technischer Hinsicht und die ungetheilte Anerkennung, welche demselben zu Theil wurde, entstand aber auf wirthschaftlichem Gebiete im Hinblick auf die grossen in Bleikammeranlagen investirten Capitalien eine Panik, die sich bis heute in allen Interessentenkreisen auf das Unangenehmste fühlbar macht, da richtige Vorstellungen über die Concurrenz-kraft des neuen Verfahrens im Verhältniss zum alten Kammerprocess fehlen.

Mit nachstehenden Untersuchungen soll ein Versuch zur Klarstellung der Sachlage gemacht werden, soweit die in Frage kommenden Factoren sich heute übersehen lassen.

¹⁾ Vortrag, gehalten von Director Fritz Lüty im Märkischen Bezirksverein zu Berlin am 13. Februar a. cr.

Für das alte Verfahren setzt sich der Gesteigungspreis der Schwefelsäure aus dem Aufwand an Schwefelrohmaterial, an Salpeter, Kohlen, Arbeitslöhnen, Reparatur-, Regiekosten und der Amortisations- und Verzinsungsquote des Anlagecapitals zusammen. Für den Preis der Säure nach dem Anhydrid-process kommen dieselben Ausgabenposten mit Ausschluss des Betrages für Salpeter, dagegen zuzüglich der Amortisation und Verzinsung der Lizenzbeträge für Überlassung der Methoden in Betracht.

Nach dem Kammerverfahren variirt der resultirende Werth der Säure, je nachdem es sich um concentrirtes oder schwaches Product handelt, nicht nur nach seinem Gehalt an Monohydrat, sondern erhöht sich für das erstere durch die Concentrationskosten wesentlich. Der Preis für Anhydridsäure verschiedener Stärke wird so gut wie ausschliesslich durch deren factischen Gehalt bestimmt.

Man findet häufig die Ansicht verbreitet, dass das Anhydridverfahren im Gegensatz zum Kammerprocess die Durchführung sehr grosser Productionen in einem Apparatesystem gestattet, also damit billigere Production bedingt. Dementgegen lässt sich nachweisen, dass auch beim Bleikammerverfahren eine sehr hohe Tagesleistung praktisch und rationell durchführbar ist. So wurde im Jahre 1901 von Niedenführ ein Bleikammersystem in Oberschlesien reconstruirt, das bei tadellosem, gleichmässigem und ökonomischem Betriebsgange in 24 Stunden — und zwar aus Blende — 28 000 kg Monohydrat und mehr erzeugt.

Für die nachfolgend aufgestellten, vergleichenden Calculationen sind Anlagen von 20 000 kg Leistung an als Monohydrat gerechneter Säure pro 24 Stunden angenommen. Die Anwendung der am meisten benutzten ca. 50 Proc. Schwefel haltenden portugiesischen Pyrite vorausgesetzt, kann man für gut construirte und geleitete Kammeranlagen eine Ausnutzung des Rohstoffes von circa 94,5 Proc. annehmen, indem bis $3\frac{1}{2}$ Proc. des aufgewandten Schwefels in den Abbränden, 2 Proc. bei der Umwandlung der erzeugten schwefligen Säure zu Kammerensäure verloren gehen. Bei einem Preise von 2 M. pro 100 kg Pyrit nach Abzug des Werthes der Abbrände resultiren demnach die Kosten des Schwefelrohmaterials für 100 kg als Monohydrat gerechnete Kammerensäure mit 1,28 M.

Der Verbrauch an 36° Salpetersäure stellt sich bei einem rationell betriebenen Kammer-system für 100 Theile Monohydrat auf circa 1,1 Proc., also wenn 100 kg derselben 19 M. kosten, auf 21 Pf.

Der Kohlenaufwand bei der Kammer-säureerzeugung beläuft sich auf 100 Theile als Monohydrat gerechneten Products auf 12 Proc., also bei einem Preise des Heizmaterials von 16 M. pro Tonne auf ungefähr 19 Pf.

Die für den Gesamtbetrieb in 24 Stunden erforderlichen Arbeiter sind

für die Dampfanlage	2 Mann
für Zufuhr der Rohstoffe und Ab-fuhr der Abbrände und Diverses	3 -
für die Röstöfen (Stückkies und Feinkies)	8 -
für den Kammerbetrieb (automa-tische Säurehebung vorausgesetzt)	2 -
	<hr/> 15 Mann.

Bei 3 M. Taglohn ergeben sich demnach für 100 kg als Monohydrat gerechneter Säure 22 $\frac{1}{2}$ Pf. Bedient man sich zur Erzeugung der schwefligen Säure der neuerdings auch in Deutschland eingeführten mechanischen Röstöfen, so stellen sich die Arbeitslöhne für 100 kg H_2SO_4 nur auf circa 16 $\frac{1}{2}$ Pf.

Für Reparaturen sind 14 Pf. für 100 kg Product ein entsprechender Satz. Generalunkosten sollen hier nicht in Betracht gezogen werden, da für diese bei dem alten und neuen Verfahren ein Unterschied nicht anzunehmen ist.

Der in der Praxis am meisten unter den den Gestehtungspreis der Säure gebenden Factoren variirende ist die Amortisationsquote, wie sie sich aus den in Betracht zu ziehenden Anlagekosten ergibt. Diese würden bei einer Kammeranlage, wie man sie in den 80er Jahren des verflossenen Jahrhunderts zu bauen pflegte, für deutsche Verhältnisse bei rationeller ökonomischer Durchführung sich folgendermaassen zusammenstellen:

1. Terrain 2500 qm à 20 M.	50 000 M.
2. Gebäulichkeiten circa	100 000 -
3. Dampf- und Maschinenanlage	16 000 -
4. Kiesöfen und Gascanäle	48 000 -
5. Glover, Kammern und Gay-Lussacs	156 000 -
	<hr/> Sa. 370 000 M.

Hieraus ergibt sich bei einer mittleren Amortisation der Anlagekosten von 7 $\frac{1}{2}$ Proc. und bei 5 Proc. Verzinsung des Anlage- und Terrainwerthes ein jährlicher Betrag von 42 500 M., also für 100 kg als Monohydrat gerechneter Säure eine Amortisations- und Verzinsungsquote von 58,3 Pf.

Es wurde im Vorstehenden betont, dass die mit 370 000 M. ausgesetzten Anlagekosten für eine rationelle ökonomische bauliche Ausführung gelten; für viele existirende Kammeranlagen trifft diese Voraussetzung nicht zu und ist für die in Frage stehende Production ein Capitalaufwand von 450 000 M.

und darüber keine Seltenheit. Bei einer solchen Summe beträgt aber die Amortisation und Verzinsung auf 100 kg Product 75 Pf. und darüber.

Bei der ausschlaggebenden Bedeutung, die die Anlagekosten für die Rentabilität des Bleikammerprocesses besitzen, ist in den Fachkreisen der Frage ihrer Verminderung stets ein lebhaftes Interesse gewidmet worden, das mit der fabrikatorischen Durchführung des Anhydridverfahrens eine um so intensivere Anregung erfuhr, als man bei der hochentwickelten Technik des Kammerbetriebes nur in der Reducirung der Amortisations- und Verzinsungsquote seiner Apparatur eine ins Gewicht fallende Verbilligung der Productgestehungskosten vorabsehen konnte. Und in der That haben die bezüglichlichen Bestrebungen in den letzten Jahren dazu geführt, dass für den Kammerprocess, und zwar in erster Linie durch intensivste Ausnutzung des Reactionsraumes, eine bedeutende Herabsetzung der Säureselbstkosten bewirkt worden ist.

Für den Zweck der vorliegenden Untersuchungen ist ein näheres Eingehen auf die Mittel, mit denen man zu diesem Resultate gelangt ist, nöthig.

Die vor den achtziger Jahren ausgeführten Kammeranlagen weisen durchweg einen sehr geringen Aufwand an Glover- und Gay-Lussacraum und eine zumeist recht primitive constructive Behandlung dieser Apparate auf. Erst mit der Erkenntniss auch der hohen productiven Leistung dieser Thürme wurden deren Dimensionen vergrößert und ihrer baulichen Ausführung eine sachgemässere, logische Behandlung zu Theil. Durch hinreichend weit bemessene Gloverapparate, durch die Berücksichtigung aller für guten Gasauftrieb in Betracht kommenden Bedingungen wurden die vorderen Kammerpartien unter stärkeren Druck und damit zu hoher Raumleistung gebracht. Die Erkenntniss, dass die früher üblichen Gloverfüllungen mit netzwerkartig zusammengestellten auf Kant aufgebauten Steinen, vor Allem aber die lange Zeit beliebten Cylinder von den beiden in Reaction zu setzenden Materien Gas und Flüssigkeit für letztere eine zu schnelle Bewegung durch den Reactionsraum ergaben, führte zu neuen Constructionen, die eine wesentliche Verminderung der Höhe des Gloverapparates gestattet haben.

In dieser Hinsicht haben sich besonders die nach dem Princip der Lunge'schen Platten construirten Füllkörper, wie dieselben zugleich mit der Art ihres Aufbaues mit den Figuren 16 und 17 erläutert sind, bewährt. Dieselben werden gegenwärtig in den unteren

Thurmpartien mit weiteren, nach oben zu mit geringer werdenden Abständen einmontirt. Sehr empfehlenswerth ist es, den obersten Thurmtheil mit nach dem Deutschen Reichspatent No. 128651 der Meissner Thonwaren- und Kunststeinfabriken vorm. Kollrepp arrangirten Schalen, welche die Abbildungen in Fig. 5, 6, 12, 13, 14 und 15 zeigen, auszusetzen.

Die Figuren 1 bis 17 führen einen in der vorstehend beschriebenen Weise gefüllten Glover vor, bei dem auch die Niedenführ und Rohrmann patentirte Unterbrechung der Aussetzung mit seitlichem Zugang zur leichteren Entfernung von Flugstaubansätzen angewandt ist. Diese Vorkehrung hat inzwischen bei verschiedenen Schwefelsäurefabriken erfolgreich Anwendung gefunden. Der erwähnte Apparat, für ein System von 10—15 000 kg H_2SO_4 Tagesleistung ausreichend, hat trotz der doppelten Tragbögen und des für die Einsteigöffnung erforderlichen unausgesetzten Raumes nur 7 m Höhe, während z. B. bei Cylinderfüllung 10 m Thurmhöhe und darüber nöthig sein würden. Kommt die vorerwähnte Unterbrechung der Aussetzung nicht zur Anwendung, so genügen für die nach Niedenführ'schem System gefüllten Gloverthürme schon 6 m Totalhöhe; auf einem bekannten mitteldeutschen Werke functioniren sogar mehrere Thürme mit nur 5,6 m zur vollsten Zufriedenheit.

Von grösster Wichtigkeit für die Beschränkung des aufzuwendenden Gloverraumes ist noch eine den ganzen Thurmquerschnitt gleichmässig treffende Berieselung. Um eine solche zu erreichen, muss die Decke mit einer möglichst grossen Anzahl Einflussöffnungen versehen und darauf geachtet werden, dass jeder derselben in gleichen Zeiträumen gleiche Flüssigkeitsmengen zugeführt werden. Letzteres erreicht man für Apparate von kleinerem Durchmesser immer noch am einfachsten mittels der Segner'schen Räder und Regulirung des Zuflusses zu denselben mit Rabe'schen Messhähnen. Für grössere Thürme reicht ein Segner-Rad auf die nöthig werdende Anzahl der Einflussöffnungen nicht aus; bei Anwendung mehrerer Apparate würden sich deren Anzahl entsprechende Gruppen ungleich berieselter Einflusskapseln ergeben. Man behilft sich für weitere Glover darum mit Überlaufvertheilern, wie sie auf Seite 478 in Band I der II. Auflage des Lunge'schen Handbuches der Soda-industrie abgebildet sind, die sich bei entsprechend grossem Durchmesser mit einer grossen Anzahl von Überläufen (Fig. 26 u. 27) construiren lassen. Leider lässt die Gleichmässigkeit des Functionirens der einzelnen

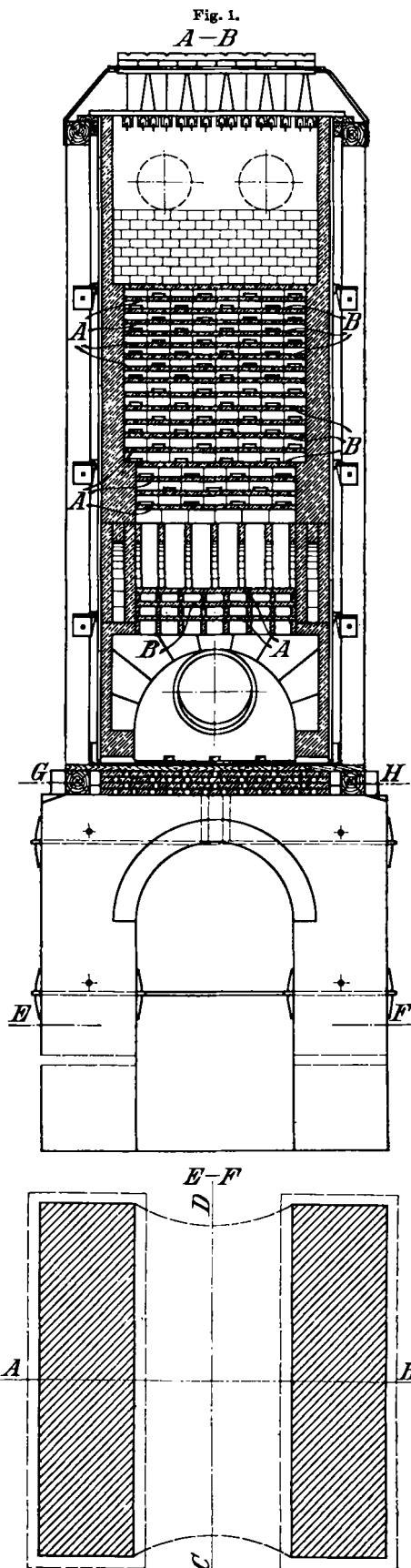


Fig. 3.

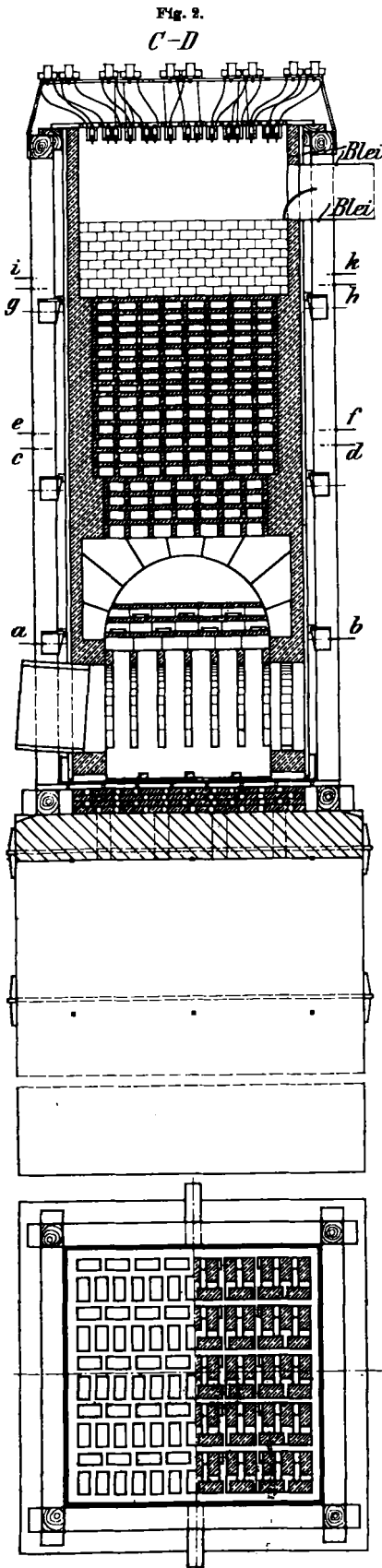


Fig. 4.

Überläufe zu wünschen übrig. Besser ist es, über der Thurmsdecke mehrere parallele mit Überlaufschlaufen versehene, von einem Segnerrade gespeiste Rinnen anzubringen, von

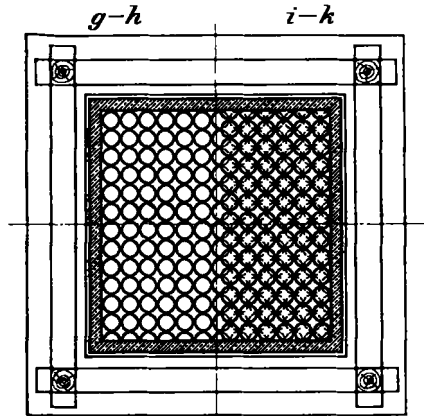


Fig. 5 und 6.

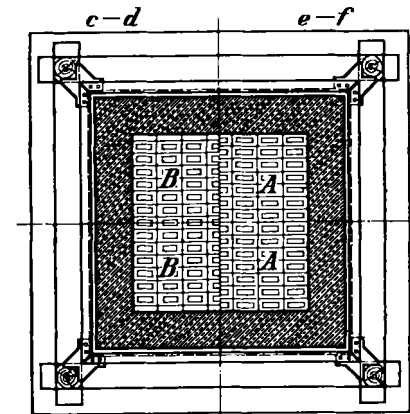


Fig. 7 und 8.

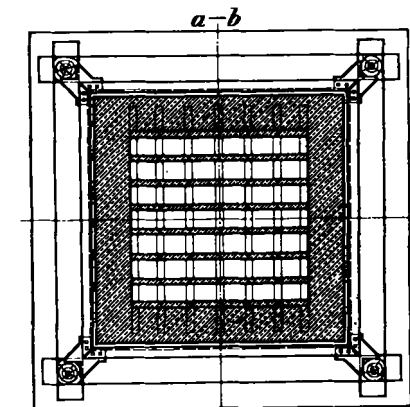


Fig. 9.

denen so wenigstens jede derselben gleiche Flüssigkeitsquanten erhält.

Eine neue, ungemein praktische Säurevertheilung hat vor Kurzem Dr. Rabe zur Anwendung gebracht, über die leider z. Z. nicht mehr veröffentlicht werden darf, als

dass dieselbe eine zwangsläufige ist, die in einer denkbar idealen Gleichmässigkeit die Säureeinfliessöffnungen der Thürme bedient.

eine sehr hohe productive Leistung (bei 15—20 Proc. der Gesamtproduction eines Systems) aufweist.

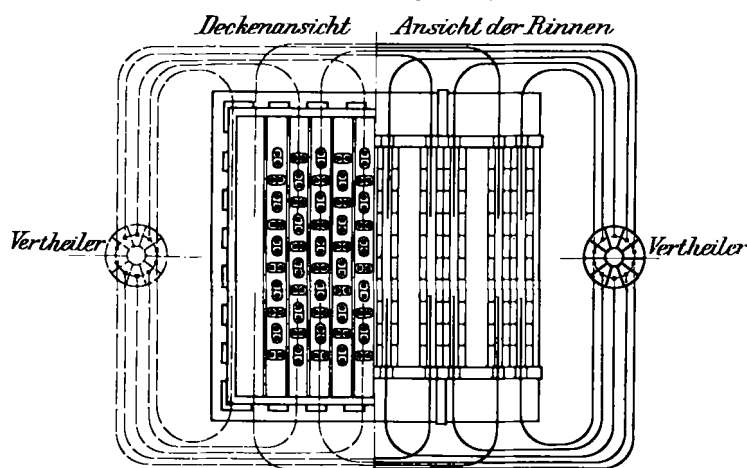


Fig. 10 und 11.

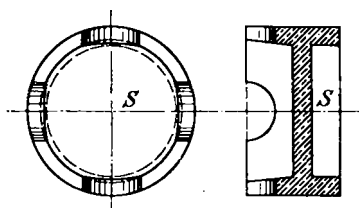


Fig. 12.

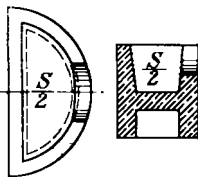


Fig. 13.

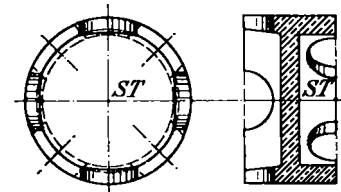


Fig. 14.

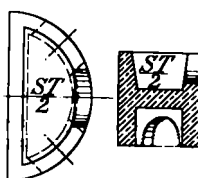
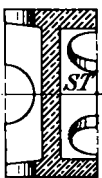


Fig. 15.

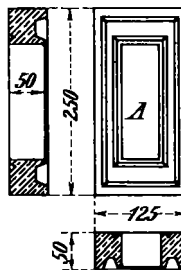


Fig. 16.

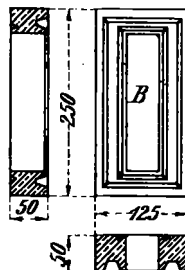


Fig. 17.

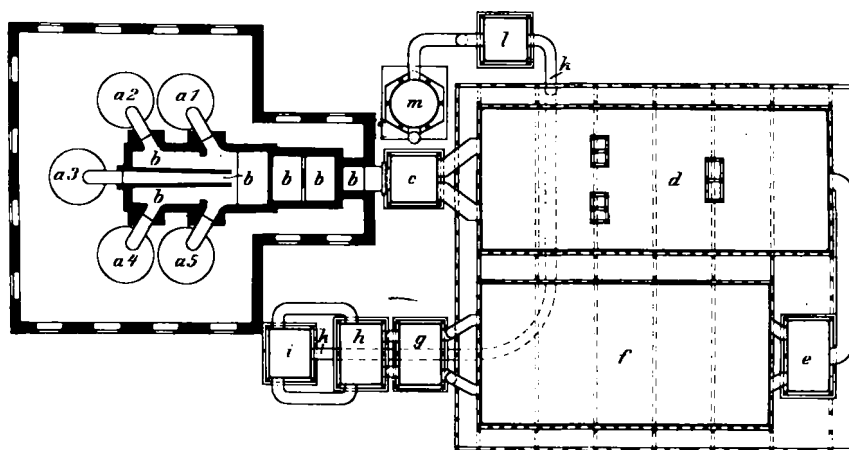


Fig. 18.

Mit der durch diese neueren Gloverconstructionen gegebenen Möglichkeit, die Thurmhöhe zu vermindern, ist schon an sich gegen früher eine Ersparniss in den Anlagekosten erreicht worden, die sich aber dadurch noch grösser gestaltet, dass der moderne Apparat

Von gleicher Wichtigkeit für den qualitativen und quantitativen Effect einer Kammeranlage wie der Glover ist der Gay-Lussac-Apparat. Ist für diesen stets ein grösserer Aufwand an Reactionsraum zu empfehlen — selbst 4 Proc. des Kammertraumes werden sich

stets bezahlt machen —, so soll ebenso auf alle Factoren, die denselben wirksamer ge-

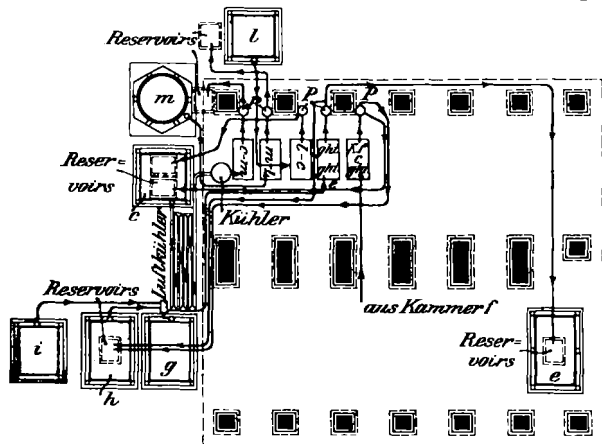


Fig. 19.

man damit einerseits eine vor Allem den Betrieb vertheuernde übermässige Thurmhöhe, so wird, wenn durch Unregelmässigkeiten im Kammerbetriebe der Process in den Gay-Lussac schlägt, wenigstens der zweite Apparat noch längere Zeit seine Pflicht thun und das System vor Salpeterverlust bewahren.

Für die Thurmfüllung ist zu berücksichtigen, dass in jeder Zone Koks von möglichst gleicher Form und Grösse verwandt werden soll, um eine gleichmässige Vertheilung von Hohlräumen und Füllung im Thurm zu schaffen. Diese Bedingungen liessen sich übrigens sehr zweckmässig durch gewöhnliche Kugeln, wie solche aus Steinzeug hergestellt werden, erreichen, wenn sich die Füllung mit solchen nicht erheblich theurer

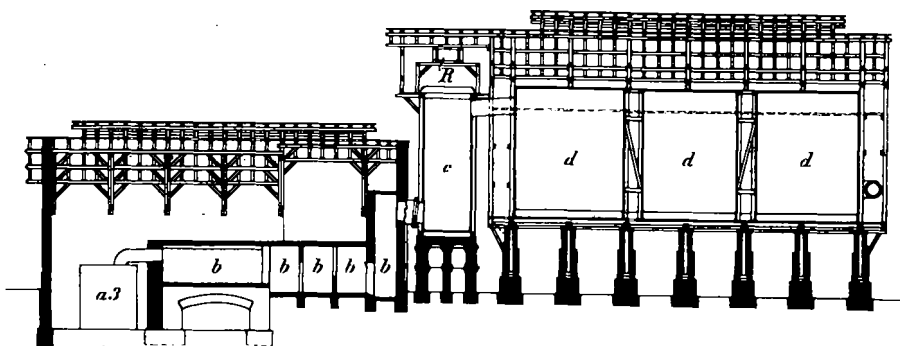


Fig. 20.

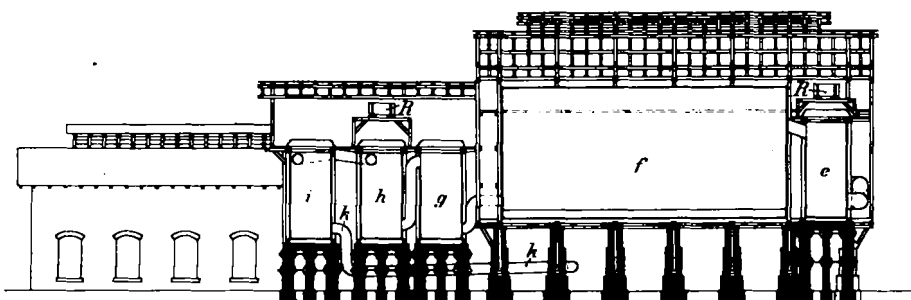


Fig. 21

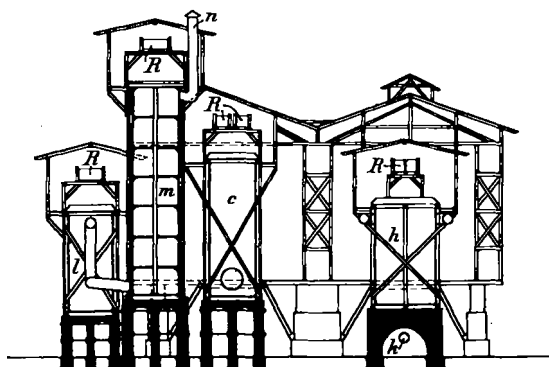


Fig. 22.

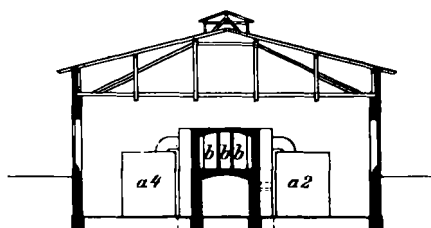


Fig. 23.

stalten, streng geachtet werden. Ein rationelles System soll mit mindestens 2 Absorptionsthürmen versehen sein. Vermeidet

stellen würde, als mit Koks. Mit Durchbohrungen versehene Hohlkugeln, wie solche von Guttman empfohlen werden, anzuwenden, hat keinen Zweck, weil einmal beim Einfüllen der Kugeln in den Apparat der grösste Theil der Durchbohrungen sich verlegen muss, dann aber die Gase sicher

leichter ihren Weg um die Kugeln nehmen, als sich durch die grosse Reibung verursachende verhältnissmässig kleine Öffnung in denselben durchzuzwängen. Noch weniger Neigung würde das in der Kugel schliesslich resultierende inactive Gas haben, dieselbe wieder zu verlassen.

Für den ersten Gay-Lussac haben sich als Füllmaterial, mit dem zugleich eine bedeutende Verminderung der Thurmhöhe ermöglicht wird, die Lunge-Rohrmann'schen Platten vorzüglich bewährt, bei deren Verwendung eine totale Thurmhöhe von 5—6 m genügt, um die gleiche Leistung wie mit einem 9—12 m hohen Koksthurm zu erzielen. Dabei verursacht letzterer ungefähr den 4—6fachen Zugverlust wie ein Plattenapparat.

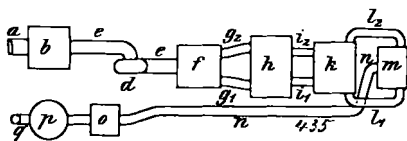
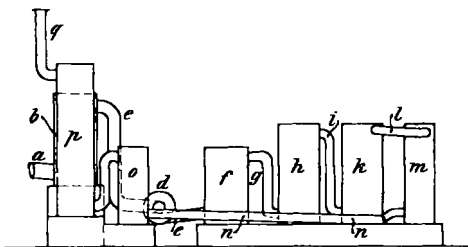


Fig. 24 und 25.

Auch die schon erwähnten, nach dem Princip des D.R.P. No. 128 625 aufgebauten Schalen sind für Gay-Lussacfüllungen recht geeignet.

Für die Berieselung der Gay-Lussacs gilt dasselbe, was in Bezug auf den Gloverthurm gesagt worden ist.

Der Aufwand an Reaktionsraum für die Glover- und Gay-Lussac Thürme, sowie deren logisch constructive Durchführung bedingen den für eine gegebene Production nöthigen Kammerraum. Die Beschränkung des letzteren auf Kosten der erstgenannten Apparate wird sich stets bezahlt machen.

Für die eigentliche Kammeranlage hat die moderne Schwefelsäureindustrie zunächst in der äusseren baulichen Ausführung eine rationelle Ökonomie geschaffen. Während man in früheren Jahren, besonders in England, in unangebrachter Sparsamkeit die Bleikammern ohne Bedachung direct ins Freie placirte und damit für deren Haltbarkeit und Betriebsgang ungünstige Bedingungen schuf, wurden die in Deutschland in den 80er Jahren erbauten Systeme zumeist in massiven kost-

spieligen Gebäuden aufgestellt. Die richtige Mitte in dem Aufwand für das Kammergebäude hält entschieden die auf den Werken der Rhenania practicirte Ausführungsweise, wie sie von R. Hasenclever in seinem Aufsatz „Die Schwefelsäurefabrikation im Jahre 1898“ in No. 2 der „Chemischen Industrie“, Jahrgang 1899 veröffentlicht worden ist. Man stellt dort zunächst die Glover- und Gay-Lussac-Thürme ins Freie und giebt nur dem Thurmkopf eine leichte Bedachung. Der Unterbau der Kammern besteht aus gemauerten Pfeilern; wenn der Platz unter den Bleikammern zur Aufstellung der Empfangskästen und der Hebevorrichtungen für die Thurmssäure benutzt werden soll, kann man zum

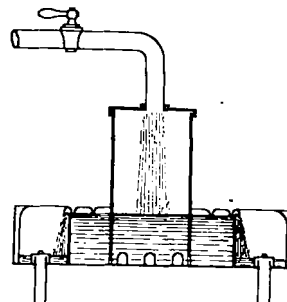
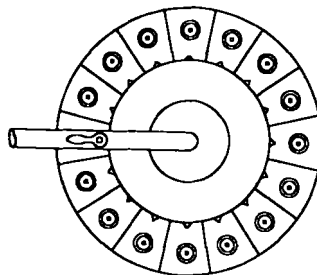


Fig. 26 und 27.

Schutze der Arbeiter und Apparatur den Raum zwischen den auf der Aussenseite der Kammern stehenden Pfeilern mit einer schwachen Steinschicht aussetzen. Die eigentliche Kammeretage wird mit Holzwänden umschalt und mit einer den Platzverhältnissen entsprechenden Bedachung, zumeist Pappdach, eingedeckt. Ein Quadratmeter Grundfläche des Kammergebäudes stellt sich so inclusive Kammergerüsten je nach der Systemgrösse auf circa 30 bis 45 M.

Wenn es die räumlichen Verhältnisse unter den Bleikammern gestatten, stellt man auch zweckmässig die zur Erzeugung der schwefeligen Säure dienenden Öfen hier auf.

Am meisten werden natürlich die Anlagekosten einer Schwefelsäurefabrik durch die Grösse des für die gegebene Production aufgewandten Kammerraumes beeinflusst.

In der ersten Zeit nach Einführung der Glover- und Gay-Lussacapparate, als diese

noch sehr klein bemessen wurden und man ihrer inneren Construction und Behandlung weniger Sorgfalt angedeihen liess als heute, benöthigte man bei normalem Salpeterverbrauch für Kiesbetrieb bis nahe an 2 cbm Kammerraum pro kg aus der erzeugten Säure berechneten Schwefels. Mit der Vergrösserung der erwähnten Thürme und Berücksichtigung aller für dieselben in Betracht kommenden Bedingungen fiel diese Ziffer ständig; heute werden circa 1,2 cbm Kammerraum pro kg Schwefel für erforderlich erachtet, sofern nicht mit anormalem Salpeterverbrauch gearbeitet wird.

Eine weitere Vermehrung der Productivität der Bleikammern wurde durch die Anwendung von Ventilatoren für die Gasbewegung erzielt. Dieselben gestatten, die Kammern unter grösserem Druck zu halten, indem die durch sie gesicherte gleichmässige Geschwindigkeit der Gasbewegung die Anwendung des Maximums der letzteren zulässt. Bei Kammern, die mit einer Esse verbunden sind oder ins Freie arbeiten, darf man der Grenze grösster Gasgeschwindigkeit nicht so nahe kommen, da sonst bei den allzu sehr variirenden Zugbedingungen der Betrieb durch Einschlagen des Processes in den Gay-Lussac zu leicht gestört wird.

Am zweckmässigsten wären die Ventilatoren vor dem Glover zu placiren, wenn hier hohe Temperatur und Flugstaub ihrer Haltbarkeit nicht ein schnelles Ende bereiten würden. Auch direct hinter dem Glover würden die Apparate noch sehr gut ihrem Zwecke entsprechen, wenn das für dieselben bisher benutzte Material, Hartblei, nicht an dieser Stelle, an der noch mit heissen Gasen und einem grossen Überschuss an Stickstoffsäure und anderen schädlichen Factoren zu rechnen ist, zu schnell corrodirt werden würde. Man baut sie daher zumeist vor dem Gay-Lussac ein. In neuester Zeit haben March Söhne in Charlottenburg einen ganz vorzüglichen Ventilator aus Steinzeug construiert, dessen bisherige Verwendung für andere Zwecke voraussetzen lässt, dass derselbe bedenkenlos schon zwischen Glover und erster Kammer verwendet werden kann. Versuche in dieser Richtung stehen in Aussicht und würden dann für besonders grosse Systeme vortheilhaft 2 Ventilatoren, einer zwischen Glover und 1. Kammer, der zweite vor dem Gay-Lussac aufzustellen sein.

Bei sehr langen Systemen von kleinen Querschnittsdimensionen, wie solche häufig durch allmählichen Zubau von Kammern zu einer ursprünglichen kleinen Anlage entstehen, lässt sich oft, besonders wenn noch von den Öfen nach Glover und Kammern

wenig Gasauftrieb gegeben ist, neben lässigem Kammergange ein starkes Auftreten von Untersalpetersäure und damit hoher Salpeterverbrauch constatiren. In solchen Fällen schafft der logisch benutzte Ventilator grossen Nutzen und bewirkt bei wesentlicher Steigerung der Production normalen Verbrauch an Salpetersäure.

Selbstverständlich wird die zwangsläufige Gasbewegung ein Kammerssystem dann zu seinem höchsten Effect bringen, wenn das dabei erstehende Übermaass an Reactionswärme aus dem Process entfernt wird. Ein richtig behandelter Glover, der einen hinreichend weitem Querschnitt besitzt, um den Gasen eine recht grosse Flüssigkeitsmenge entgegenführen zu können, eine zweckmässige Thurmfüllung, die die Berieselungsflüssigkeit in zeitlich längsten Connex mit dem Gase bringt, werden bewirken, dass letzteres nicht schon in die Kammer ein zu grosses Plus von Reactionswärme mit einführt.

Übrigens wird die Reactionswärme der Kammern neuerdings nutzbringend zur Verdampfung des für den Process nöthigen Wassers verwandt. Besonders in heissen Gegenden hat man durch Wasserzuführung mittels Streudüsen verstanden, den Kammern normale Temperaturen zu schaffen und dabei gleichzeitig eine nicht unwesentliche Ökonomie durch Wegfall der Dampferzeugungskosten zu erreichen.

Mit grossem Effect benutzt weiter Dr. Meyer bei seinem Tangentialsystem Kühlung des Innenraumes mit Wasser, das ein von der Kammerdecke herabhängendes Rohrsystem durchfliesst.

Die einfachste und billigste Kühlung gestatten die als Ersatz des Kammerraums dienenden Lunge-Rohrmann'schen Platten Thürme, deren Construction eine intensive Berieselungskühlung gestattet, so dass z. B. mit circa 12 Plattenlagen von 200 mm Abstand schon bei mässiger Flüssigkeitszuführung eine Herabsetzung der Temperatur der mit 80° C. eintretenden Gase auf 40° C. spielend erreicht werden kann.

In den vorstehenden Zeilen war des Meyer'schen Tangentialsystems Erwähnung gethan. Mit demselben ist für die Ökonomie des alten Bleikammerprocesses ein wesentlicher Fortschritt geschaffen worden. Während bei gewöhnlichen Systemen von 3 gleich grossen Kammern verschiedene von Niedenführ angestellte Messungen für die erste Kammer 2,5—3,5, die zweite 1,75—2,25, die dritte 0,8—1,25 kg H₂SO₄ pro cbm Reactionsraum ergaben, resultirten bei der aus 3 gleich grossen Tangentialapparaten bestehenden Harburger Anlage 4,4, 4, resp.

1,1 kg Säure. Diese Zahlen berechtigen zu den günstigsten Folgerungen für den Werth der Meyer'schen Hypothese.

Das Maximum der Raumproductivität in der Schwefelsäureindustrie ist bisher mit dem Lunge-Rohrman'schen Plattenthürme erreicht worden, der darum in den letzten Jahren eine sehr grosse Verbreitung gefunden hat. Für seine Leistung an Stelle des Kammerraumes gleich hinter dem Glover liegen leider z. Z. noch keine Daten vor. Dagegen liefern zwischen erster und zweiter Kammer eines aus 3 gleich grossen Kammern bestehenden Systems aufgestellte Apparate pro cbm des mit Platten (von 10 cm Abstand) gefüllten Raumes circa 130 kg, ein hinter den Kammern placirter Thurm noch bei 20 kg Monohydrat in 24 Stunden.

Wenn das seiner Zeit aus nur mit Plath'schen Kegeln gefüllten Thürmen errichtete System trotz thatsächlich sehr hoher Production hinsichtlich seines Salpeterverbrauchs kein rationelles Resultat ergeben hat, so dürfte die Ursache nur darin zu suchen sein, dass sein Erbauer in Folge der zu engen Bemessung der Thürme der hohen Reactionstemperatur in denselben nicht Herr werden konnte. Da man inzwischen bei Anwendung von Lunge-Thürmen gelernt hat, diesem Übelstande durch grösseren Querschnitt und eine damit ermöglichte intensivere Berieselung zu begegnen, dürfte für eine rationelle Durchführung des Processes an sich heute der Anwendung eines nur aus Thürmen bestehenden Systems kein Hinderniss entgegenstehen. Wie sich ein solches anzulegen empfiehlt, soll noch im weiteren Verlauf der vorliegenden Untersuchungen behandelt werden.

Nach der bisher praktisch geübten Verwendungsweise der Plattenthürme zur Schwefelsäuregewinnung werden dieselben mit Bleikammern combinirt benutzt und zwar stellte man sie Anfangs als Zwischenthürme zwischen 2 Kammern auf. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass den Apparaten für eine solche Disposition ein sehr weiter, die Anlage vertheuernder Querschnitt gegeben werden muss, da anders zum Ausgleich des mit den Platten geschaffenen Zugverlustes in der folgenden Apparatur eine anormal grosse Geschwindigkeit der sie passirenden Gase nothwendig wird, die zu einer schlechten Raumausnutzung und grossem Salpeterverbrauch führt.

Niedenfür hat darum neuerdings die Plattenapparate als Nachthürme an das eigentliche Kammersystem angeschlossen und hiermit in jeder Hinsicht gute Resultate erzielt. So wurde im Jahre 1900 auf der chemischen Fabrik zu Schöningen durch Aufstellung eines

Nachthurmes von 192 Platten die Tagesproduction einer Anlage, die bisher in 24 Stunden 6750 kg Kammersäure geleistet hatte, auf nahe an 10000 kg gebracht. Da der ganze Apparat nebst den Mehrproduction entsprechenden Röstöfen nur circa 13000 M. kostete, so war die mehr erzeugte Säure auf 100 kg Monohydrat bei $12\frac{1}{2}$ Proc. Amortisation und Verzinsung für diese Ausgaben fortan mit nur 25 Pf. belastet.

Der Salpeterverbrauch betrug auf 100 Th. Monohydrat nur 0,8 bis 0,9 Proc.

Bei einem oberschlesischen System von 7000 cbm Kammerraum, das in Folge forcirten Betriebes bei hohem Salpeterverbrauch in 24 Stunden ca. 16000 kg Monohydrat erzeugte, wurde durch Anschluss dreier Plattenthürme von 150 cbm Gesamtvolumen mit 960 Platten die Tagesproduction um 9000 kg H_2SO_4 erhöht, wobei der nöthige Aufwand an Salpetersäure um ca. 40 Proc. zurückging. Vor ca. 4 Monaten wurde auf Niedenfür's Veranlassung bei der in Frage stehenden Anlage noch ein Ventilator zwischen dem letzten Plattenthurm und Gay-Lussac eingeschaltet, womit die Production der Anlage insgesamt um über 12000 kg H_2SO_4 gesteigert wurde.

Man wird also bei kleineren und mittleren Anlagen, wie dies auch Meyer in seinem Aufsatz (Zeitschrift für angewandte Chemie 1901, S. 1245): „Zur Reform des Bleikammerprocesses“ vorschlägt, dem Glover nur eine Kammer folgen lassen und hinter diese Plattenthürme stellen. Bei sehr grossen Systemen kann man hinter einer grösseren Kammer einen verhältnissmässig weiten Thurm mit wenig Plattenlagen in grösserem Abstände aufstellen und hinter diesem noch eine kleine Kammer und die entsprechende Anzahl Nachthürme anbringen.

Für die den vorliegenden vergleichenden Calculationen zu Grunde gelegte Tagesproduction von 20000 kg als Monohydrat gerechneter Säure würde nach Niedenfür eine rationelle Schwefelsäureanlage, wie die Abbildungen Fig. 18 bis 23 zeigen, auszuführen sein. Als Schwefelrohmaterial ist Feinkies gedacht, der in den 5 mechanischen Röstöfen a1, a2, a3, a4 und a5 abgeröstet wird. Die resultirenden Röstgase vereinigen sich in den Gas- resp. Flugstaubcanälen b. Zum Ausgleich des durch letztere bedingten Zugverlustes werden dieselben dann mit entsprechendem Auftrieb dem Gloverthurm c zugeführt, aus dem sie in die erste Kammer d von 1820 cbm Inhalt, die mit einigen Luftschächten, besser nach der von Dr. Meyer vorgeschlagenen Wasserrinnenkühlung versehen ist, geleitet werden. An d schliesst sich der erste

Plattenthurm *e* an, der 10 Lagen von 30 cm Abständen à 28 Platten, resp. einen Querschnitt von $4,5 \times 2,7$ m (Bleimaass) erhält. Auf diesen folgt eine zweite Kammer *e* von 1516 cbm Inhalt und endlich drei weitere Plattenapparate *g*, *h* und *i*, *g* mit 12 Lagen zu 20 cm Abstand à 24 Platten oder $4 \times 2,7$ m, *h* mit 14 Lagen zu 20 cm Abstand à 24 Platten oder $4 \times 2,7$ m, und *i* mit 18 Lagen zu 10 cm Abstand, à 20 Platten oder $3,3 \times 2,7$ m Querschnitt. Von hier werden die restirenden Gase durch eine längere Leitung *k* zur Absorption der Stickstoffsäuren in den Plattenvor-Gay-Lussac *l* ($2,7 \times 2,7$ m Querschnitt mit 20 Lagen à 16 Platten) und in den Haupt-Gay-Lussac *m* geführt. Der zur Gasbewegung zweckmässig zu verwendende Ventilator wird in die nach dem Vor-Gay-Lussac führende Gasleitung eingeschaltet.

Für ein so ausgeführtes System, dessen Aufwand an Reactionsraum praktisch erprobten Verhältnissen entspricht, ergeben sich folgende Anlagekosten (die Grundpreise entsprechen den Eingangs für ein System früherer Ausführungsweise eingesetzt Werthen):

1. Terrain 1850 qm à 20 M.	37 000 M.
2. Gebäulichkeiten ca.	34 000 -
3. Dampf- und Maschinenanlage	16 000 -
4. Kieselöfen (Herreshofföfen und Gascanäle)	50 000 -
5. Kammern und Thürme	98 000 -

Summa 235 000 M.

Hieraus ergibt sich bei $7\frac{1}{2}$ Proc. Amortisation der Gebäude und Apparate und 5 Proc. Verzinsung des Capitalaufwands für diese und das nöthige Terrain ein jährlicher Betrag von 26 600 M. resp. für 100 kg als Monohydrat gerechnetes Product 36,4 Pf. Amortisation und Verzinsung.

Vorstehende Berechnungen zeigen die Anlagekosten einer Schwefelsäurefabrik auf Basis der praktisch schon mit Plattenapparaten erreichten Ökonomie an Reactionsraum. Beschränkt man sich auf eine eventuell nach Meyer'schem System auszuführende Kammer mit der entsprechenden Anzahl Lungenthürme, so kommt man natürlich zu noch günstigeren Ziffern.

Wie Eingangs erwähnt, dürfte nach Niedenführ's Erfahrungen auch ein nur aus Reactionsthürmen bestehendes System für einen rationellen Betrieb vollkommen durchführbar sein; mit den Figuren 24 und 25 geben wir ein Bild einer derartigen Anlage für eine Tagesleistung von circa 7200 kg als H_2SO_4 gerechneter Säure.

Die von den Röststoffen resp. Flugstaubkammern kommenden Gase treten durch *a* in einen Vorthurm *b* und durch die Leitung *c*

nach dem Ventilator *d*, der sie durch das Rohr *e* nach dem Denitrirthurm *f* führt. Dieser Apparat wird mit Nitrose und warmem Wasser resp. verdünnter Säure gespeist und so betrieben, dass er eine denitrirte Säure von ca. 54° Bé. liefert. Die für den weiteren Process noch nöthige Salpetersäure wird gleichfalls durch *f* eingeführt. Der Thurm wird mit den gleichen säurefesten Materialien, die für Gloverthürme zur Anwendung kommen, ausgesetzt, und zwar ist für denselben die dichtere Füllungsweise mit Schalen zu empfehlen. Von der aus *f* resultirenden Säure wird ein Theil zur Berieselung des Thurmes *b* verwandt. Dieser Apparat wird ähnlich wie ein Glover mit einer Unterbrechung der Aussetzung versehen, um die untersten Lagen derselben bei Verstopfungen entfernen zu können. Das Füllmaterial dieses Thurmes soll natürlich grössere freie Öffnungen für die Gaspassage haben. Die den Apparat *b* passirende Säure wird in ihm concentrirt, reinigt die Gase und bewirkt eine Verköhlung derselben, so dass sie dann mit einem Ventilator weiter geschafft werden können. Nachdem sie in *f* die Nitrose denitrirt haben, treten sie durch die Leitung *g*, *g*₂ nach dem ersten Plattenthurm *h*. In *g*₁, *g*₂ sind ebenso wie in den weiteren Verbindungsrohren *i*₁, *i*₂ resp. *i*₃ Dampfeinführungen einmontirt. Der Plattenthurm *h* ist mit 12 Lagen à 24 Platten in 3-fachen Abständen gefüllt. Der folgende Thurm *k* erhält 18 Lagen à 20 Platten in doppelten Abständen. Während in *k* die Gase unten ein- und oben austreten, werden sie in dem letzten Productionsplattenthurm *m* oben eingeführt und verlassen ihn unten durch die Leitung *n*. Es hat sich erwiesen, dass bei einer derartigen Gasführung beim Schlussthurm die beste Leistung desselben sowie der vor ihm stehenden Apparatur erreicht wird. *m* ist mit 30 Lagen à 12 Platten in einfachen Abständen ausgesetzt. Die von ihrem Schwefelsäuregehalt befreiten Gase gehen durch die Leitung *n* in den Platten-Vor-Gay-Lussac *o*, der 16 Lagen à 9 Platten erhält, und dann in den Koksthurm *p*, um schliesslich durch die Leitung *q* direct ins Freie geführt zu werden. Die aus dem Vor-Glover *b* fliessende Säure wird mittels eines Luftkühlers von einem grossen Theil der in ihm enthaltenen Verunreinigungen befreit.

Das vorstehend beschriebene System ist für eine tägliche Leistung von 2500 kg zu verbrennenden Schwefels berechnet. Seine Production würde sich wie folgt auf die einzelnen Apparate vertheilen. Es werden ergeben:

	Monohydrat
1. Thurm <i>h</i> mit 288 Platten à ca. 11,— kg	3168 kg
2. - <i>k</i> - 360 - - - 7,—	2520 -
3. - <i>m</i> - 360 - - - 1,75	630 -
Auf die Gloverthürme event. Gay-Lussac	
entfällt dann noch eine Leistung von 882 -	
In Summa Production der Anlage ca. . .	7200 kg.

Für diese Anlage würden sich die Baukosten ungefähr folgendermaassen calculiren:

1. Terrain 350 qm à 20 M. . .	7 000 M.
2. Gebäulichkeiten ca.	6 000 -
3. Dampf- und Maschinenanlage incl. Ventilator	8 500 -
4. Feinkiesöfen und Flugstaub- kammern	14 500 -
5. Thürme	48 000 -

In Summa 84 000 M.

Vorstehende Endsumme giebt unter den früher aufgeführten Bedingungen amortisirt und verzinst für 100 kg als Monohydrat berechnete Säure eine Belastung der Selbstkosten von 38,4 Pf. Sind wir für ein aus Reactionsthürmen bestehendes System von nur 7200 kg H_2SO_4 als Tagesleistung so zu einem Betrage gekommen, der nur um 2,0 Pf. ungünstiger ausgefallen ist, als für die grosse aus Kammern und Plattenthürmen construirte Anlage mit 20000 kg täglicher Production, so ist damit der Weg gezeigt, auf dem auch bei kleineren Säuresystemen eine sehr niedrigere Amortisations- und Verzinsungsquote erreicht werden kann.

Natürlich werden sich für die mit Reactionsthürmen combinirten Systeme auch die Reparaturkosten niedriger stellen, als für die älteren nur aus Kammern bestehenden Anlagen.

Fassen wir die Resultate vorstehender Untersuchungen über den Gesteigungspreis nicht concentrirter Schwefelsäure nach dem alten Kammerverfahren für die frühere und die moderne neuere Ausführungsweise zusammen, so ergeben sich für 100 kg als Monohydrat gerechnete Säure nebenstehende Werthe.

In der aufgeführten Tabelle repräsentirt der Salpetersäureaufwand 8—9 Proc. der Gesteigungskosten des Productes, eine Ausgabe, die beim Anhydridverfahren zwar in Wegfall kommt, an deren Stelle aber, wie wir weiter sehen werden, andere, und zwar nicht unbedeutliche Werthe treten.

Als Methoden zur Darstellung der Anhydridsäure, die zur Zeit für practisch bewährt gelten, wurden Eingangs die der Badischen Anilin- und Sodafabrik, der Höchster Farbwerke, die Rabe'sche und die der vormals Grillo'schen Zinkwerke genannt, zu denen noch die des Vereins chemischer Fabriken hinzukommt. Von letzterem Verfahren abgesehen, basiren dieselben wesentlich auf den berühmten Winkler'schen Arbeiten,

die dieser geniale Meister der anorganischen chemischen Wissenschaft im Jahre 1875 durch seine bekannte Veröffentlichung in Dingler's Polytechnischem Journal der industriellen Welt bekannt gegeben hat. Wenn Winkler auch damals die dem Contactprocess zu unterwerfende schweflige Säure durch Zerlegung von Schwefelsäure erzeugte, so ist heute bekannt, dass er im weiteren Verlauf der practischen Verwerthung seiner Forschungen auf den Freiburger Hütten auch auf die directe Verarbeitung von Röstogasen auf Anhydridschwefelsäure übergegangen ist und dass ihm nur Rücksichten auf die Interessen, die er mit seiner amtlichen Stellung zu vertreten hatte, weitere Publicationen über den Gegenstand unmöglich machten.

	Ältere System- form nur aus Bleikammern bestehend mit Röstöfen für Handbetrieb M.	Neues System aus Bleikammern (evtl. nach Meyer'schem System) mit Platten- thürmen combinirt bei Anwendung mechan. Röstöfen M.
Pyritkosten	1,28	1,28
Salpetersäurever- brauch	0,21	0,21
Kohlenverbrauch	0,19	0,19
Arbeitslöhne	0,225	0,165
Reparaturen	0,14	0,12
Amortisation und Verzinsung	mindest. 0,583 bis 0,70 und darüber	0,364
100 kg als H_2SO_4 gerechnete Säure kosten also ex- clusive General- spesen	2,628 bis 2,745 resp. bei den häufig zu finden- den höheren An- lagekosten ent- sprechend mehr.	2,329 bei weiterer Ver- minderung des Kammerraumes durch Ersatz mit Reactionsthürmen event. noch weniger.

Übrigens hat auch Hasenclever schon vor den 90er Jahren das Contactverfahren für die Verarbeitung von Zinkblenderöstgasen practisch in Anwendung gebracht und obwohl er aus Gründen, die hier nicht zu erörtern sind, später dasselbe wieder aufgab, eine recht weitgehende Erkenntniss der das Gelingen des Processes bedingenden Factoren erreicht.

Soweit sich zur Zeit beurtheilen lässt, stellt sich eine Anhydridanlage für eine 20 000 kg Monohydrat entsprechende Tagesleistung wohl für keine der existirenden Methoden billiger als auf 400 000 Mark. In vorstehender Summe wird der Terrainwerth für einen gleichen Platzbedarf wie bei der vorher berechneten aus Kammern und Plattenthürmen combinirten Anlage, also für circa 1850 qm à 20 M. mit beiläufig 37 000 M.

anzunehmen sein. Rechnet man wieder eine 5-proc. Verzinsung des Capitalaufwandes und eine $7\frac{1}{2}$ -proc. Amortisation der Baukosten, so resultirt für die Selbstkosten von 100 kg als Monohydrat gerechneter Säure eine Quote von mindestens 67 Pf. Die Lizenzabgaben, die von den Besitzern der verschiedenen Verfahren für die in Frage stehende Production gefordert werden, variiren zwischen 75 000 und 150 000 M.; grössere Forderungen, die wohl kaum berücksichtigt worden sind, können füglich ausser Acht gelassen werden. Die sich hiermit ergebende Verzinsungs- und Amortisationsrate beträgt auf 100 kg H_2SO_4 noch 10,4—20,9 Pf. Als beste Ausbringungsziffer für die Productgewinnung werden 97—98 Proc. der aufgewandten schwefligen Säure bezeichnet. Lässt man diesen Werth auch als Mittelzahl gelten, und berücksichtigt noch den in den Abbränden verloren gegangenen Schwefel, so wird man, 100 kg 50-proc. Pyrit zu 2 M. nach Abzug des Preises der Abbrände gerechnet, für 100 kg Monohydrat zu demselben Kostenaufwand wie bei dem Kammerprocess, also zu 1,28 M. kommen.

Der Kohlenverbrauch des Contactprocesses wird durch den Kraftbedarf der Gasbewegung, der Säurecirculation und den Wärmeconsum der Contactapparatur bedingt. Diejenige Methode, die in Folge der ihr und der zur Anwendung kommenden Apparatur eigenen Bedingungen den geringsten Kraftverbrauch erfordert, die Rabe'sche arbeitet z. Z. mit ca. 6—7 Proc. Kohle auf 100 kg Monohydrat, dürfte aber bei rationellen Kraft erzeugungs- und Antriebsverhältnissen zu noch niedrigeren Ziffern kommen. Fast gleiche Bedingungen treffen für den Kraftaufwand zur Säurecirculation zu; der Heizmaterialverbrauch des Contactofens betrug schon für Systeme von circa 6500 kg Monohydrat Leistung ungefähr 8 Proc. und darunter, wird sich also für 20 000 kg Product noch günstiger stellen. Es resultirt somit ein Gesamtkohlenverbrauch von 18,5 bis 22 Proc. pro 100 kg. Die günstigsten Ziffern, die von andern Anhydridmethoden bekannt geworden sind, lauten auf 20—25 Proc. Heizmaterialaufwand.

Man wird demnach zur Zeit mit einem mittleren Consum von wohl nicht unter 22 Theilen Kohle, bei einem Preise von 16 M. pro Tonne mit einem Betrage von circa 35,2 Pf. pro 100 kg Monohydrat zu rechnen haben.

An Arbeitslöhnen ist für die Dampferzeugung, den Röstöfenbetrieb, für Zufuhr des Pyrits und Abfuhr der Abbrände dasselbe wie beim Kammerbetriebe zu rechnen,

d. h. es sind bei Anwendung mechanischer Röstöfen 9 Arbeiter, bei Handbetrieb der Öfen 13 Arbeiter erforderlich. Während aber für die Bewachung des Kammerbetriebes bei automatischer Säurehebung 2 Mann in 24 Stunden genügen, sind für Anhydridanlagen für die eigentliche Säureerzeugung 6 Mann, zum mindesten 4 Mann nöthig. Somit wird je nach den Umständen bei 13—17 Mann à 3 M., die für 20 000 kg Monohydrat erforderlich sind, die Lohnquote für 100 kg $19\frac{1}{2}$ — $25\frac{1}{2}$ Pf. betragen.

Für die Reparaturkosten liegen beim Anhydridprocess Erfahrungen langjähriger Arbeitsperioden kaum vor. Doch dürfte nicht darauf zu rechnen sein, dass sich dieselben billiger als beim Kammerbetriebe stellen werden.

Nach vorstehenden Ermittlungen ergeben sich für den Anhydridprocess folgende Herstellungskosten für 100 kg als Monohydrat gerechnete Säure:

	Günstiger Werth für 100 kg H_2SO_4 M.	Weniger günstige Ziffer M.
Pyrit	1,28	1,28
Kohlenverbrauch	0,16	0,352
Arbeitslöhne	0,195	0,255
Reparaturen	0,12	0,14
Amortisation und Verzinsung		
a) der Anlage und des Terrains	0,67	0,67
b) der Lizenz	0,104	0,209
100 kg H_2SO_4 kosten ohne Generalspesen .	2,529	2,906

Zu erwähnen bleibt noch, dass der Kammerbetrieb weniger chemische Aufsicht erfordert, als beim Anhydridverfahren nöthig ist, dass also für letzteres sich die Generalunkosten etwas höher stellen werden. Ebenso ist noch ein geringer Kostenbetrag für die Verdünnung des erhaltenen rauchenden Products auf solches von 50 resp. 60° Baumé zu berücksichtigen.

Die Vergleichung dieser Werthe mit den für den Kammerprocess für 100 kg H_2SO_4 berechneten M. 2,329—2,745 zeigt zur Evidenz, dass die neue Methode für nicht concentrirte Säure z. Z. überhaupt nicht mit dem alten Verfahren in Concurrenz treten kann.

Wir kommen nun zur Untersuchung der Verhältnisse, mit denen für concentrirtes Product zu rechnen ist.

Soll solches aus Anhydrid erzeugt werden, so werden sich die vorberechneten Kosten nur unwesentlich durch Einstellung der resultirenden rauchenden Säure auf den ge-

wünschten Monohydratgehalt modificiren und mag der geringfügige hierfür in Betracht zu ziehende Betrag ausser Acht gelassen werden.

Soll hingegen in den Kammern erzeugte Säure von 50—60° Bé. durch Eindampfung verstärkt werden, so wird ein weiterer Capitalaufwand für die hierzu nöthige Apparatur erforderlich.

Die Concentration der Schwefelsäure wurde, abgesehen von den heute schon als vorhistorisch geltenden, früher benutzten Glasapparaten, durch lange Jahre hindurch in der Hauptsache in Platingefässen ausgeführt. Je nach der Construction derselben und der aufgewandten Blechdicke war ihr Platinbedarf ein sehr verschiedener und variierte für 20000 kg als Monohydrat gerechneten Productes für die Herstellung der gewöhnlichen 66-grädigen Säure (mit 93 Proc. H_2SO_4) zwischen 60 bis 100 kg. Am meisten ist die Anwendung der Platingoldapparate zu empfehlen, da diese dem geringsten Verschleiss unterworfen sind.

Für die tägliche Herstellung von 20000 kg H_2SO_4 , die als 93-proc. Säure erhalten werden sollen, sind je nach dem Concentrationssystem, das zur Anwendung kommt, bei heutigen Preisen für Gebäude, Platinapparate, Bleipfannen, Öfen und Zubehör 140000 bis 260 000 Mark Capitalaufwand erforderlich.

Nimmt man für die Kammersäure entsprechend den vorher angestellten Berechnungen die billigeren Herstellungskosten, wie sie ein modernes System ergibt, an, so stellen sich die Ausgaben für die Umwandlung von 20000 kg (als H_2SO_4 gerechnet) im Product von 93 Proc. wie folgt:

	Maximal M.	Minimal M.
20 000 kg Monohydrat zu M. 2,33 pro 100 kg . . .	466,—	466,—
3600 kg Kohle, die Tonne zu M. 16,—		57,60
4400 kg Kohle	70,40	
4 Arbeiter à 3 M.	12,—	12,—
Platinverlust (vergoldete Apparate vorausgesetzt) .	0,30	0,23
Reparaturen	10,—	7,50
5 Proc. Verzinsung und, da Platinbenutzung beson- ders gerechnet, 3 Proc. Amortisation für die vom Betriebstärkerconsumirte Gesamteinrichtung bei 140 000 M., nur 1½ Proc. für die weniger der Ab- nutzung ausgesetzte Appa- ratur bei 260 000 M. An- lagekosten	47,—	29,20
21 500 kg Säure von 93 Proc. Monohydrat kosten incl. Generalspesen	605,70	572,53
also 100 kg M. 2,66 bis 2,82.		

Hieraus erhellt, dass, wiewohl die mit grösserem Platinaufwand hergestellten Apparate geringere Platinabnutzung und weniger Reparaturkosten verursachen, diese doch für die Totalkosten des Products ein wesentlich ungünstigeres Resultat zur Folge haben.

Die Herstellung von 93-proc. Säure nur in Bleipfannen und gusseisernen Apparaten bedingt einen Mehraufwand an Heizmaterial von 40 bis 50 Proc. Da dann weiter eine Production, wie die in Frage stehende, eine viel grössere Apparatur in Anspruch nimmt, vermehren sich auch die Arbeitslöhne beträchtlich. Vor allem aber muss bei Guss-eisenapparaten mit sehr hohen Reparaturkosten und einer Amortisationsquote von reichlich über 10 Proc. gerechnet werden. Unter diesen Bedingungen kommt man bei dieser Concentrationsweise zu Gestehungskosten des Productes, die den für Platinapparate ermittelten nicht im Entferntesten Concurrenz halten können. Dagegen hat in den letzten Jahren das Kessler'sche Concentrationsverfahren mit Recht mehr und mehr Eingang gefunden. Besonders hat die englische Industrie seinen hohen Werth schnell erkannt und ihm weiteste Verbreitung gegeben.

Die Arbeit mit dem Kesslerapparat stellt sich um so rentabler, wenn man die Vorconcentration der Kammersäure auf 60° in Bleipfannen, die auf den Gascanälen der Pyritbrenner ihre Aufstellung finden, bewirkt. Nach Niedenführ hat man (worüber sich auch Lunge in seinem Handbuch der Soda-industrie in ähnlicher Weise äussert) diese Art der Vorconcentration in Deutschland mit Unrecht und nur darum verlassen, weil hier der constructiven Behandlung bei der Aufstellung der Bleipfannen nicht die entsprechende Sorgfalt zu Theil geworden war, wodurch häufige Leckage derselben veranlasst worden ist. Im Auslande, besonders wo mit theurem Brennmaterial gerechnet werden muss, hat man es verstanden, die Bleipfannen auf den Kiesöfen in haltbarer rationeller Weise zu arrangiren.

Für die in Frage stehende Production wird sich die gesammte Concentrationsanlage mit Kessler-Apparat und Bleipfannen auf den Pyritbrennern inclusive Gebäude auf Mk. 35 000, stellen. Die Concentrationskosten berechnen sich pro Tag in folgender Weise:

20 000 kg als Monohydrat gerechnete Kammersäure 100 kg M. 2,33 . . .	M. 466,—
2000 kg Koks eine Tonne M. 16,— . .	32,—
1200 kg Kohle eine Tonne M. 16,— . .	19,20
4 Arbeiter à 3 M.	12,—
Übertrag	M. 529,20

Übertrag	M. 529,20
Reparaturen (die am eigentlichen Kesslerapparat resultirenden Remontekosten sind sehr niedrig, nach Angaben einer bekannten englischen Fabrik nur ca. 17 Pfg. pro 1000 kg 93-proc. Säure)	6,—
15 Proc. Amortisation und Zinsen auf M. 35 000,— Anlagecapital	14,60
21 500 kg 93 Proc. Säure kosten exclusive Generalunkosten	M. 549,80
100 kg	2,56

Handelt es sich um Säure von 94—96 Proc. Monohydrat, so können für solche Kessler'sche Apparate in ähnlich vortheilhafter Weise benutzt werden.

Für hochconcentrirtes Product von 97—98 Proc. kommt man bei Anwendung vergoldeter Platinapparate zu folgenden Resultaten: die gesammten Anlagekosten werden, wenn 20 000 kg als Monohydrat gerechnete Kammersäure auf 97—98 Proc. gebracht werden sollen, bei 380 000 M. betragen. Die täglichen Herstellungskosten für das Product sind die folgenden:

20 000 kg als Monohydrat gerechnete 50° Säure, pro 100 kg	M. 2,33	M. 466,—
5800 kg Kohle, pro Tonne	M. 16,—	92,80
6 Arbeiter à M. 3,—		18,—
Platinverlust		0,45
Reparatur		20,—
8 Proc. Amortisation und Verzinsung des Anlagecapital		62,22
20 500 kg Product von 97—98 Proc. H ₂ SO ₄ kosten excl. Generalunkosten		M. 659,47
oder 100 kg		3,22

Aus Anhydrid hergestellte Säure von 93 Proc. H₂SO₄-Gehalt würde sich bei Vernachlässigung der Ausgaben für die Verdünnung der rauchenden Säure laut den berechneten Minimal- und Maximalziffern auf M. 2,35 bis 2,70, solche von 97—98 Proc. Gehalt auf M. 2,47 bis 2,83 stellen.

Somit kommen wir zu folgenden vergleichenden Aufstellungen für 100 kg concentrirter Säure:

a) mit 93 Proc. H₂SO₄-Gehalt hergestellt

Im Platingoldapparat		Im Kessler-Apparat	nach dem Contactverfahren	
Minimal	Maximal	im Mittel	Minimal	Maximal
M. 2,66	M. 2,82	M. 2,56	M. 2,35	M. 2,70

b) von 97—98 Proc. H₂SO₄-Gehalt hergestellt

im Platingoldapparat	nach dem Contactverfahren	
M. 3,22	Minimal	Maximal
	M. 2,47	M. 2,83

Unsere Untersuchungen haben somit zu folgenden Schlüssen geführt.

Für die Herstellung von Säuren von 50 bis 60° Baumé ist ein nach heutigen Prin-

cipien construirtes System des älteren Processes entschieden als rentabler arbeitend anzusehen, als Anlagen nach dem Anhydridverfahren.

Für die Gewinnung von 93-proc. Säure stellt sich das letztere günstiger, als die Concentration von Kammersäure in Platinapparaten. Dagegen hält die im Kesslerapparat eingedampfte Säure in ihren Gesteungskosten der Anhydridsäure entschieden das Gleichgewicht, um so mehr wenn man berücksichtigt, dass in die Mittelwerthe der letzteren = $M. \frac{2,35 + 2,70}{2} = M. 2,525$ die

Kosten für die Verdünnung der rauchenden Säure auf 93 Proc. nicht eingesetzt sind. Auch steht wohl heute noch in Frage, ob für den Anhydridprocess nicht mit höheren Amortisationssätzen gerechnet werden muss, als in den vorliegenden Calculationen geschehen ist.

Soll hingegen 97—98-proc. Product gewonnen werden, so wird man für diesen Fall mit dem Anhydridverfahren zu viel billigeren Gesteungskosten kommen, als wenn Kammersäure in Platinapparaten concentrirt wird. An dieser Thatsache wird auch dadurch nichts geändert, dass man etwa, wie es häufig geschieht, nur einen Platinkessel und auf diesen folgend einen oder mehrere gusseiserne Apparate anwendet.

Die vorstehenden Studien führen aber noch zu einer anderen Folgerung: Wenn nach denselben Kammersäure moderner Systeme sich viel billiger stellt, als aus Anhydrid gewonnene 50° Säure, und die Vortheile der Anhydridsäure erst für concentrirtes Product in Erscheinung treten, so muss folgerichtig diejenige starke Schwefelsäure die billigste sein, die durch Auflösen von Anhydrid in Kammersäure oder besser noch in mit auf den Pyritbrennern aufgestellten Bleipfannen auf 60° Bé. verstärkter Kammersäure erhalten wird.

Folgende Berechnung diene hierfür als Beleg:

für 100 kg 93-proc. Säure sind erforderlich

	minimal	maximal
33,6 kg SO ₂ = 41 kg H ₂ SO ₄		
100 kg zu M. 2,529 resp. 2,906	M. 1,037	1,191
66,4 kg 60° Säure nach dem Kammerv erfahren hergestellt =		
51,8 kg H ₂ SO ₄		
100 kg = M. 2,33	- 1,207	1,207
100 kg Säure von 93 Proc. H ₂ SO ₄ kosten also	M. 2,244	2,398.

Somit stellt sich das durch Auflösen von Anhydrid in auf 60° Bé. gebrachter Kammersäure erhaltene Product um einen recht wesentlichen Betrag billiger, als das nur aus Anhydrid gewonnene. Dieselben Bedin-

gungen gelten natürlich auch für 97/98-proc. resp. 100-proc. Säure.

So lange die Industrie der concentrirten Schwefelsäure mit dieser Thatsache zu rechnen hat, wird der Fabrikant auch für die Gewinnung von starker Säure seine alten Bleikammern beibehalten und braucht nur soviel Anhydrid zu erzeugen, als ihm nöthig ist, um das Kammerproduct mittels desselben auf die erforderliche Grädigkeit zu bringen. Allerdings sollen auch die alten Kammeranlagen zu einer intensiveren Raumausnutzung durch die von der modernen Technik hierzu dargebotenen Mittel gebracht werden, damit durch Verminderung der Amortisationsquote, daneben auch der Arbeitslöhne, Reparaturkosten u. s. w. ein niedrigerer Gestehungspreis der Kammersäure gesichert wird. In dieser Hinsicht bleibt allerdings gerade auch in Deutschland noch sehr viel zu thun übrig, nachdem eine grosse Anzahl unserer Säureanlagen recht veraltet ist und schlecht ausgenutzt wird.

Wenn sich für kleinere Betriebe die Zuminirung des Anhydridprocesses zur Kammeranlage nicht verlohnt, da ersterer bei zu geringer Production im Verhältniss zu hohe Anlagekosten erfordert, so können solche für Säuren bis etwa 95 Proc. Monohydrat sich ruhig der Kessler'schen Concentration bedienen, die ihnen immer noch einen concurrenzfähigen Einstandspreis der Ware geben wird. Auch wäre die genossenschaftliche Errichtung einer Anhydridfabrik durch mehrere Kammersäureproducenten ein Modus, der letzteren eine gesicherte Position auf dem Markte schaffen würde.

Unsere vorstehenden Studien haben gezeigt, dass der Kammerprocess in seiner modernen Façon der Anhydridmethode auf einer starken soliden Basis gegenübersteht. Seine Position wird aber noch weiter gefestigt werden, wenn man in den Interessentenkreisen sich dazu verstehen wird, bei der Technik der Anhydridindustrie in die Lehre zu gehen und von deren Errungenschaften für eigene Zwecke Nutzen zu ziehen. Ein bedingender Factor der Rentabilität der letzteren ist die rationelle Ausnutzung der Reactionswärme. Wenn in dieser Hinsicht auch beim Kammerbetriebe intensive Anstrengungen gemacht werden würden, um die bei der Verbrennung des Pyrits resultirende Wärme für die Concentration der Kammersäure zu verwerthen, könnte das alte Verfahren dem neuen auch für concentrirtestes Product leicht wieder den Vorrang ablaufen.

Wenngleich schon mehrfache Versuche zur Nutzbarmachung der Röstgashitze für das

Eindampfen von Schwefelsäure auf höhere Grädigkeit gemacht worden sind, so entbehren dieselben zumeist einer energischen und hinreichend sachverständigen Durchführung. Ein wirklich praktischer Erfolg soll erst in neuester Zeit durch das Zanner'sche Verfahren erreicht worden sein. Bei demselben werden in die Gascanäle der Pyritöfen innen mit Thonplatten belegte gusseiserne Pfannen eingebaut, in denen die Concentration der Schwefelsäure durch die Röstgaswärme bewirkt wird. Einer Verunreinigung des Productes durch Flugstaub wird durch geeignete Bedeckung der Apparate, die jedoch den Dämpfen Abzug in den Gascanal und weiter in den Glover verstatet, vorgebeugt. Wenn man einen Reservegascanal vorsieht, hat man ohne die Continuität des Ofen- und Kammer-Betriebes zu stören, zum Concentrationsapparat bequemen Zugang. Mit kaum 1000 Mark Anlagekosten leistet Zanner bei einem Kammer-System in 24 Stunden 2500 kg 93—94 proc. Säure respective auch stärkeres Product in entsprechend geringerem Quantum. Durch Vergrösserung der Eindampfapparatur würden natürlich grössere Productionen ermöglicht werden.

Nimmt man für ein rationell durchgeführtes derartiges Concentrationssystem mit etwa 5000 kg Tagesleistung einen erforderlichen Capitalaufwand von sogar 4000 Mark an, so würden sich mit Benutzung des Eingangs berechneten Werthes für Kammersäure die Kosten des concentrirten Productes maximal wie folgt stellen:

4650 kg als Monohydrat gerechnete Kammersäure, 100 kg =	M. 2,33	M. 108,34
2 Arbeiter à 3 M.		6,—
Reparaturen	alles mehr	6,—
20 Proc. Amortisation und Verzinsung der Anlagekosten	wie reichlich gerechnet	2,40

somit lasten unter ungünstigen Verhältnissen 5000 kg Säure von 93 Proc.

H_2SO_4 M. 122,74

oder 100 kg = M. 2,45.

Die ungünstigst calculirten Zahlen geben den besten Beleg des Werthes der Zanner'schen Idee auch für die Rentabilität der Erzeugung von hochgrädigem Product aus Kammersäure. Es wäre noch der Mühe werth, unter Benutzung dieser Methode das Eindampfen der Kammersäure auch im Vacuum zu versuchen, um mit der durch das verbrannte Pyritquantum gegebenen Wärmemenge quantitativ grössere Leistungen zu erzielen.

So achtungsgebietend die Summe von Geistesarbeit ist, die während eines weit über ein Jahrhundert reichenden Zeitraumes aufgeboren werden musste, um den Kammer-

process zu dem ihm heute eigenen Grade der Vollkommenheit zu bringen, so kann nicht geleugnet werden, dass die überraschend schnelle Durchführung der neueren Anhydridmethoden einer viel intensiveren Thätigkeit, deren hochentwickelte Technik einer mehr wissenschaftlichen Behandlung der Materie zuzuschreiben ist, entspricht.

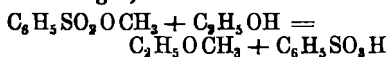
Möge diese Thatsache den Fachgenossen, die in der Industrie des alten Verfahrens thätig sind, zur fruchtbringenden Anregung

dienen, möge sie uns allen endlich die Verdienste Lunge's, des Grossmeisters unserer Fachwissenschaft, zu lebhaftestem Bewusstsein bringen, dessen regem energischem Geist und umfassendem Wissen wir zum guten Theil die Summe von Erkenntniss verdanken, durch die der Kammerprocess in den letzten Jahrzehnten in dem Grade gefördert worden ist, dass er heute dem Contactverfahren gegenüber in Ehren bestehen kann.

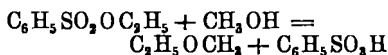
Sitzungsberichte.

Sitzung der Russischen Physikalisch-chemischen Gesellschaft zu St. Petersburg. Vom 7./20. Februar 1902.

N. Menschutkin macht in M. Rosenfeld-Freiberg's Namen Mittheilung über die Bildungsgeschwindigkeit von Äther bei der Kraft'schen Reaction — durch Einwirkung der Ester der Benzolsulfosäure auf Alkohole bei 100°. Es wurden die Wirkung von Methyl-, Isobutyl- und Isoamylester der Benzolsulfosäure auf Methyl-, Äthyl-, Propyl-, Isobutyl- und Isoamylalkohol untersucht und die entsprechenden Constanten bestimmt. Nach den zwei möglichen Gleichungen, z. B.:



und



verläuft die Bildung desselben Esters mit verschiedenen Geschwindigkeiten.

N. Menschutkin berichtet weiter in Lazinesky's und Swadkowsky's Namen über die Bildung von gemischten Äthern der tertiären Alkohole. Bei Einwirkung von 2 Mol. Ätzkali in 2-normaler methylalkoholischer Lösung auf das tertiäre Butylchlorid werden nur 53 Proc. des Chlorürs unter Bildung von Isobutyleu zerlegt. Die übrige Menge verwandelt sich in den Äther $\text{CH}_3\text{OC}(\text{CH}_3)_3$ (Siedep. 54°). Die Untersuchung wird fortgesetzt.

W. Ipatieff berichtet über die Fortsetzung seiner Untersuchungen über die Wirkung von Natriummalonester auf Dibromide. — Derselbe Forscher spricht über seine weiteren Versuche, betreffend pyrogenetische Reactionen. Isobutylalkohol liefert beim Durchleiten durch ein erhitztes Graphitrohr (von demselben Graphit, aus dem die Tiegel angefertigt werden) ein Gemisch von Butylenen ($\frac{2}{3}$ Isobutylene und $\frac{1}{3}$ Pseudobutylene). Die Bildung des letzteren erklärt der Verf. durch Abspalten von Wasser aus dem Isobutylalkohol in anderer Richtung, wie bei der Bildung von Isobutylene; es resultirt ein cyclischer Kohlenwasserstoff, der sich in ein Äthylene isomerisirt. Eine derartige Isomerisation hat der Verf. beim Trimethylen, welches, wie es auch Tanatar gezeigt hat, bei 600° sich in das Propylene verwandelt, beobachtet.

Sch. Jocitsch hat die Wirkung der magnesiumorganischen Verbindungen auf die Halogenderivate der Aldehyde und Ketone studirt und die dabei in guter Ausbeute (50—80 Proc.) resultirenden secundären Alkohole untersucht. Es wurde die Wirkung von Chloral auf Magnesium-Brombenzol, -o-Bromtoluol und -p-Bromtoluol, sowie von Butylchloral auf Magnesiumbrombenzol und Epichlorhydrin auf Magnesiumbromäthyl der Untersuchung unterworfen. — Sch. Jocitsch berichtet weiter über die Wirkung von Zink auf Halogenderivate von Ketonen. Dibromacetophenon lieferte bei der Reaction Acetophenon; Trichloräthylidenacetophenon reagirt stürmisch, unter Abspaltung von Chlorwasserstoff und Bildung eines krystallinischen Körpers vom Schmp. 50 bis 51°. Auch von Trichloräthylidenacetone wird Chlorwasserstoff abgespalten; das resultirende Product bleibt flüssig und verharzt leicht an der Luft. Die Untersuchung wird fortgesetzt. — Derselbe Forscher berichtet über die Magnesiumacetylenverbindungen. Wenn man auf Magnesiumbromäthyl mit einem monosubstituirten Acetylen einwirkt, entweicht Äthan, und man erhält die entsprechende Magnesiumacetylenverbindung ($\text{R}-\text{C}\equiv\text{CMgBr}$), die sich ganz analog den anderen magnesiumorganischen Verbindungen verhält und zu den verschiedensten Synthesen dienen kann. Es wurden tertiäre Alkohole mit einer Acetylenbindung aus Magnesiummonophenylacetylen und Aceton, Methylcyclohexanon, sowie Essigester, auch aus Magnesiummononanthyliden und Aceton dargestellt. Die Untersuchung wird fortgesetzt.

S. Pogorjelsky macht Mittheilung über die Wirkung von Schwefelsäure auf das Glycol $(\text{CH}_2)_2\text{COHCH}_2\text{CH}_2\text{C}(\text{OH})(\text{CH}_3)_2$; es wurde die Concentration der Säure, sowie die Temperatur von 0° bis Zimmertemperatur variirt, das Glycol verwandelte sich in allen Fällen vollständig in das entsprechende, schon früher vom Verf. beschriebene γ -Oxyd.

P. Chrastachow hat die wässrigen Lösungen von NaCl , KCl , KBr , K_2SO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, H_2SO_4 und Rohrzucker kryoskopisch untersucht. Der Verf. glaubt, dass das elektrische Thermometer für kryoskopische Zwecke das beste ist; die gefundenen Zahlen stehen mit der Arrhenius'schen Hypothese nicht im Einklang.