

Die Technik der Absorption der Gase.

Vortrag, gehalten in der Hauptversammlung des Vereins deutscher Chemiker am 22. Oktober 1916.

Von WALTHER HEMPEL.

(Eingeg. 6./11. 1916.)

Die ersten Versuche, Gase in allergrößtem Maßstabe zu absorbieren, wurden 1827 von Walker gemacht, um die bei dem Leblancprozeß auftretende Salzsäure zu verdichten und dadurch für den Pflanzenwuchs unschädlich zu machen. 1836 hat Gosage für diesen Zweck Türme verwendet, in denen Wasser dem

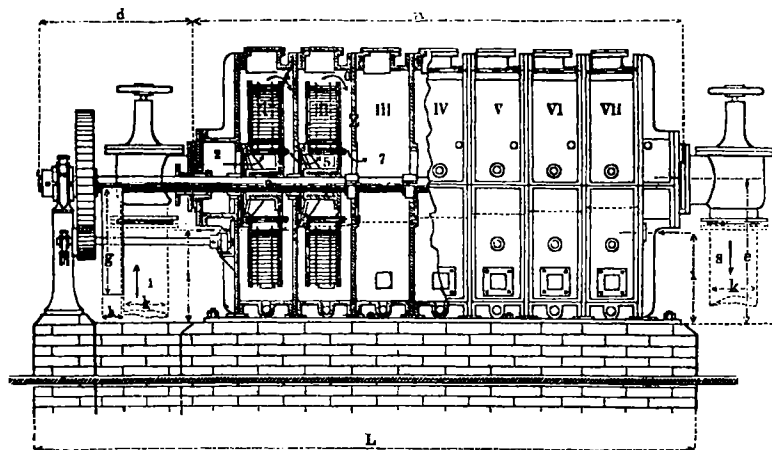


Fig. 1.

aus den Sulfatöfen entweichenden Gasstrom entgegenlief. Der wöchentliche Verlust an nicht kondensierter Salzsäure war damals 1000 t in England. 1867 ging noch die Hälfte aller Salzsäure verloren. Durch die Lord Derby Alkali Acte wurde dann Abhilfe geschaffen; sie bestimmte, daß 95% der entwickelten Salzsäure gewonnen werden mußten, und daß nicht mehr als 0,454 g Salzsäure pro Kubikmeter Abgase in die Luft gehen durften. Es entspricht dies einer Verdünnung von etwa 3 Hundertmillionstel des Volumens. Ein Jahr nach Erlaß des Gesetzes wurden 89,72%, zwei Jahre später 99,11% und drei Jahre später 99,27% der erzeugten Salzsäure kondensiert. Der Verlust ist auch heute noch etwa 0,73%.

Zum Zweck der Kondensation von Salzsäure ist von Aussig das Vorbild einer sehr schönen Anlage geschaffen worden, die an sehr vielen Orten zur Aufstellung gekommen ist. Die Gase gehen nach der Waschung in einem kleinen Steinturm durch eine Reihe von Tonflaschen (Turills) mit hohen, aufgesetzten U-förmigen Ver-

bindungskühlröhren, und dann durch einen Steinzeugturm. Das Wasser läuft im Gegenstrom. Da bei der Absorption der Salzsäure Wärme frei wird, so ist es wesentlich, daß die Gase nach jeder Berührung mit Wasser gekühlt werden. Die aufgesetzten, durch Luft gekühlten Röhren haben den Vorteil, daß dadurch Nebelbildung vermieden wird, die bei sehr schneller Kühlung durch Wasser leicht eintreten kann. Sind aber erst Nebel gebildet, so ist die Absorption außerordentlich erschwert.

Ein Fehler der ursprünglichen Ausführung lag darin, daß die großen Tonflaschen einen sehr großen Flüssigkeitsinhalt hatten. Cellarius, Theodor Meyer und Uebel haben flache Absorptionsgefäße angegeben, die diesen Übelstand vermeiden. Lunge hat für die vielfältigsten Zwecke einen sog. Plattenturm erfunden. Bei demselben läuft die Absorptionsflüssigkeit auf durchlochte Platten, die so gestellt sind, daß die Gase im Zickzackstrom sich bewegen müssen und dabei von Tausenden von Tropfen getroffen werden.

Gleichzeitig hat sich die Kondensation in Türmen entwickelt, die als Gay-Lussac und Glover benannt sind. Als Füllungsmaterial hat man im größten Umfang Koks verwendet, der sich in der Schwefelsäurefabrikation bewährt hat, vorausgesetzt, daß er hart gebrannt und von allem Staub und Gruß befreit ist. Ungenügend gebrannter Koks zerfällt nach und nach zu Brei. Ich habe seinerzeit mit Liern gezeigt, daß Koks nicht ein Gemisch von Kohlenstoff mit Asche ist, daß vielmehr der Kohlenstoff durch vorhandenes Carborundum und Ferrosilicium gebunden wird, wodurch sich die Härte und große Festigkeit des Kokes vollständig erklärt.

Viele Erfinder haben die verschiedensten Formen für Füllkörper aus Steinzeug zur Füllung von Türmen angegeben.

Die Raschig'schen Zylinder dürften, wenn es sich um Flüssigkeiten handelt, die Eisen nicht angreifen, wegen ihrer großen Leichtigkeit und dadurch, daß sie sehr wenig Widerstand für die Bewegung der Gase erzeugen, den Vorzug verdienen.

Handelt es sich um saure Flüssigkeit, so daß man nur Material aus Steinzeug anwenden kann, so werden sie sehr teuer. Viel wichtiger als die Form der Füllkörper scheint mir jedoch die gute Verteilung der herabrieselnden Flüssigkeit zu sein.

Unzweifelhaft hat die Leuchtgasfabrikation die Methoden der Gasreinigung in hohem Maße durchgebildet. Ich besitze unter den alten Zeichnungen der technischen Hochschule die Abbildung eines bewegten mechanischen Wäschers, wie er vor 75 Jahren gebraucht worden ist. Als ich vor 35 Jahren das erstmal in Amerika war, hatte man da neben den gewöhnlichen Skrubbern überall mechanische Gasreiner, bei denen durch eine umlaufende Welle, an der sich eine große Zahl von Stäben befand, die in einem Trog befindliche Absorptionsflüssigkeit zu Staub zerschlagen wurde.

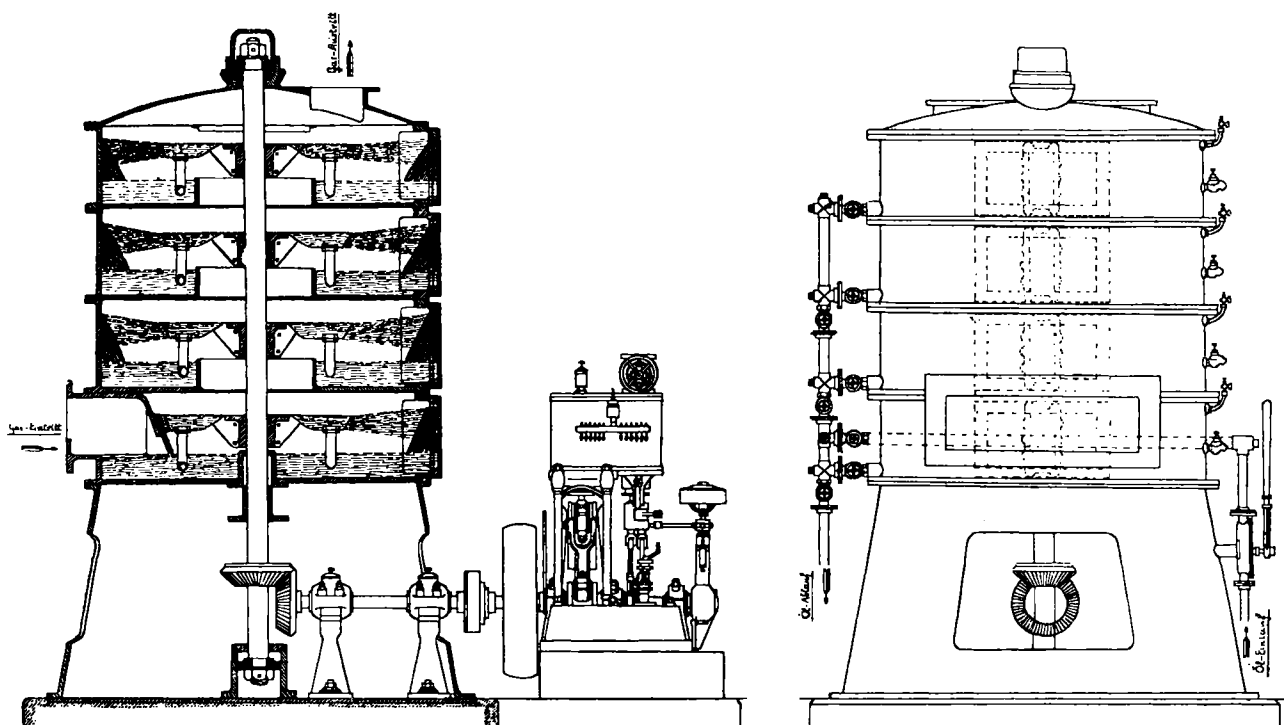


Fig. 2.

Lange Zeit wurde bei uns das Reinigen des Leuchtgases in riesigen Türmen, die mit einer Füllung von Reissig versehen waren, in der Weise ausgeführt, daß man die Absorptionsflüssigkeit von oben nach unten, das unten eintretende Leuchtgas im Gegenstrom von unten nach oben gehen ließ. In neuerer Zeit hat man jedoch gefunden, daß man viel weitergehende Reinigung mit mechanischen Apparaten erhalten kann, die den großen Vorzug haben, daß sie sehr wenig Raum beanspruchen und darum viel billiger sind.

Eine große Verbreitung hat der Standardwäscher (Fig. 1) gefunden; derselbe sieht von außen einer Gasuhr ähnlich. Es bewegt sich bei ihm eine Achse, auf welche eine große Zahl ganz dünner Holzscheiben in einem Abstand von etwa 5 mm aufgesetzt sind, in einem zylindrischen Gehäuse, welches durch Scheidewände in eine größere Zahl von Abteilungen getrennt ist. Die Holzscheiben tauchen mit ihrem unteren Teil in die Absorptionsflüssigkeit; sie bewegen sich ganz langsam, da die Welle nur eine Umdrehung in der Minute macht. Die Abteilungen sind so eingerichtet, daß das zu reinigende Gas durch die Zwischenräume zwischen den mit der Absorptionsflüssigkeit benetzten Scheiben gehen muß; es passiert dabei die einzelnen Abteilungen nach dem Gegenstromprinzip durch passende Öffnungen, ebenso geht die Absorptionsflüssigkeit aus einer Abteilung in die andere im Gegenstrom. Der Kraftbedarf, um den Apparat zu bewegen, beträgt nur etwa $\frac{1}{2}$ PS.

Sehr eingehend hat sich mit der Frage des Gaswaschens Walter Feld beschäftigt, dessen Ideen in den von der Firma Zimmermann und Jansen in Düren (Rhld.), konstruierten Zentrifugalwäscher (Fig. 2) verwertet sind. In einem stehenden großen Zylinder sind durch Böden 4 Trogräume geschaffen, welche die Absorptionsflüssigkeit von oben nach unten durchläuft. Eine in dem Zylinder senkrecht stehende Welle, die etwa 200 Umdrehungen pro Minute macht, hat angesetzte Schöpfköpfe und Flügel, die die Flüssigkeit gegen die Wandung werfen und dadurch in einen Sturzregen von Flüssigkeit auflösen, den die zu waschenden Gase passieren müssen.

In neuester Zeit ist der Desintegratorwäscher von Theisen (Fig. 3 und 4) vielfach in Gebrauch. Bei demselben wird die Waschflüssigkeit durch die Flügel eines rasch umlaufenden Ventilators in feinsten Flüssigkeitsstaub verwandelt. Der Apparat hat den Vorzug, daß er gleichzeitig durch Ventilatorwirkung die

Gase stark ansaugt und weiterpreßt, der Kraftbedarf ist jedoch sehr erheblich.

Während die alten Skrubber ein Leuchtgas, das etwa 180—200 g Ammoniak enthält, nur bis auf 40 g Ammoniak pro Kubikmeter auswaschen, nimmt der Standardwäscher das Ammoniak bis auf 5 g pro Kubikmeter heraus.

Die Frage wird viel schwieriger, wenn es sich um möglichst vollständige Auswaschung handelt, wie dies bei der Vermeidung von

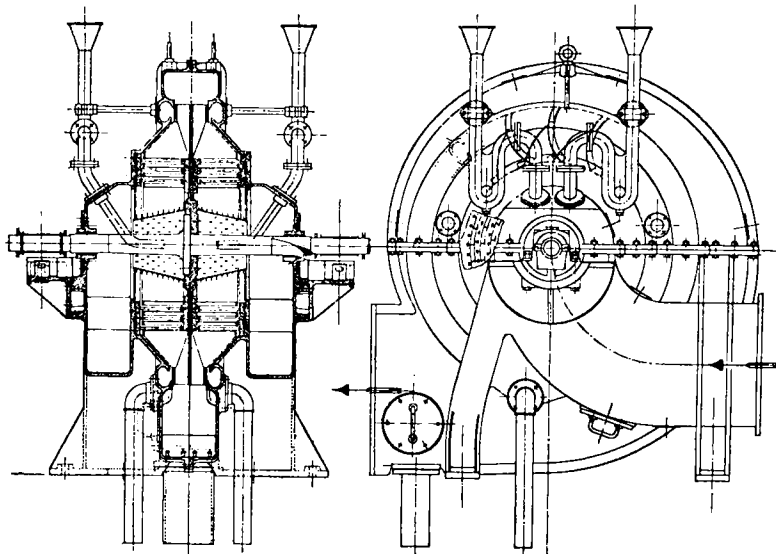


Fig. 3.

Rauchschäden der Fall ist. Die Sächsische Staatsregierung pflegt Fabriken, die saure Gase abgeben, aufzuerlegen, daß die austretenden Gase nicht mehr als 5 g pro Kubikmeter enthalten.

Die Gase der großen Esse in Halsbrücke hatten im Jahre 1900 noch 0,12 Volumprozent schweflige Säure. Damit ist die Verdünnung längst noch nicht erreicht, die notwendig ist, damit keine Schädigung der Vegetation stattfindet.

Merkwürdigerweise haben sich die Gase der Ringziegelöfen als dem Pflanzenwuchs besonders schädlich erwiesen. Clemens

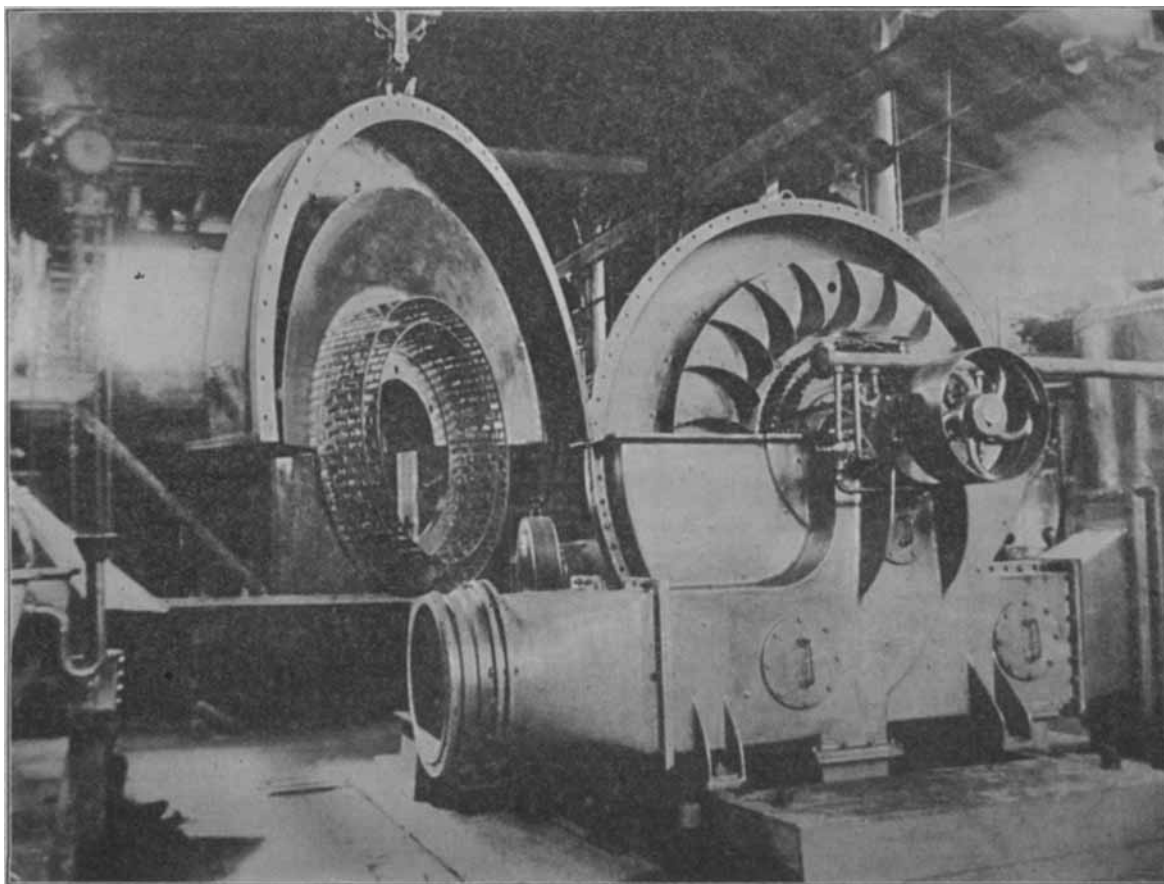


Fig. 4.

Winkler glaubte, die Erklärung hierfür in einem besonders hohen Wassergehalt dieser Gase suchen zu dürfen. Es ist aber später erwiesen worden, daß das nicht der Fall ist, da Ringöfen mit enormem Überschuß an Luft betrieben werden.

H. Wislicenus hat dann die wirkliche Ursache gefunden. Er hat gezeigt, daß ein Gehalt an Fluorsilicium die Hauptrolle spielt.

Wislicenus fand in der Trockensubstanz frischer Lehmziegel aus Lindenau bei Schneeberg in Sachsen 0,16% Fluor, in den gebrannten Ziegeln nur 0,035% Fluor.

Die Abgase der fraglichen Ziegelei enthielten 0,6 g Fluor pro Kubikmeter.

Der Fluorgehalt ist bedingt in einem Turmalingehalt des Gneises, aus welchem der Lehm durch Verwitterung entstanden ist. Die Fensterscheiben der Steinzeugfabrik von Fikentscher-Zwickau sind durch die Wirkungen des Fluors angeätzt, welches zeigt, daß auch beim Brennen anderer Tone Fluor entweicht.

Wislicenus hat gefunden, daß Fluorsilicium ein enorm starkes Pflanzengift ist.

Auf Anregung des Landtages hat der sächsische Staat für eine ganze Reihe von Jahren 30 000 M für die zweijährige Finanzperiode bewilligt zur Erteilung von Preisen für Fortschritte, die in der Beseitigung des Rauchschadens gemacht werden. An Bewerbern um

Nebelbildung eintritt, da die Gase nicht Zeit haben, sich zu größeren Tropfen zu verdichten.

Die rationelle Kühlung von heißen Gasen verlangt nun ferner, daß man sie bei der Kühlung von oben nach unten führt, während man bei der Absorption von Gasen zweckmäßig den Gegenstrom anwendet und darum, da die Flüssigkeiten durch die Schwere von oben nach unten gehen, die Gase von unten nach oben führen muß. Das sind aber zwei verschiedene Forderungen, die sich in einem Apparat nicht vereinigen lassen. Man muß darum die Gase in einem Apparat erst kühlen und dabei die Gase von oben nach unten führen, und sie dann in einem anderen Apparat zur Absorption bringen.

Aus diesem Grunde wurden bei den Versuchen in Lindenau die aus dem Ringofen austretenden Gase in einer 24 m langen gußeisernen Röhre von 500 mm lichter Weite, die in freier Luft unter einem Winkel von etwa 25° fallend geführt war, zunächst durch Luft gekühlt und dann in einen von dem Werksbaumeister Friedrich erfundenen Naßventilator (Fig. 5), dessen Achse aus Gußeisen, Flügel und Gehäuse aus Holz hergestellt sind, angesaugt und gleichzeitig stark gekühlt, hierauf in die Winklersche Waschkammer und nach dieser in aus Reisig und Koks hergestellte Filter gedrückt. Die Einrichtung erwies sich jedoch als ungenügend, da der Rauchschaden so noch nicht beseitigt werden konnte, und außerdem wegen des hohen Gehaltes des Abgase des Ziegelofens an Ruß sehr bald Verstopfungen eintraten.

Ein vom Verfasser vorgeschlagener Filtergraben (Fig. 6) hat schließlich zum Ziele geführt, so daß die ganze Anlage befriedigend arbeitete. Die Gase treten dabei mit einer Temperatur von 180 bis 183° aus dem Ringofen in das gußeiserne Rohr, welches sie mit einer Temperatur von 130–140° in den Friedrichschen Naßventilator abgibt, den sie mit 30–40° verlassen. An den Naßventilator schließt sich ein etwa 80 cm weites Steinzeugrohr, welches die Gase nach dem Filtergraben führt.

Der Filtergraben ist 80 cm tief und 265 m lang; er ist mit Klöppeln abgedeckt, auf welchen zunächst Reisig, dann grobe Steine, dann kleine Steine und schließlich Sand oder Erde liegen. Der Filtergraben hat in Abständen von 20 m Holzlutten (Fig. 7), die mit Holzschiebern beliebig geöffnet und geschlossen werden können. Die Holzlutten gestatten, Temperatur- und Druckmessungen vorzunehmen, für gewöhnlich sind sie geschlossen.

Dabei wurde die überraschende Beobachtung gemacht, daß der durch Absorption mit Natronlauge gefundene Fluorgehalt der Gase hinter dem Naßventilator höher war, als beim Austritt aus dem Ringofen.

Die Fluor- und Salzsäuregehalte, welche von Wislicenus beobachtet worden sind, gibt nachfolgende Tabelle.

Hinter dem Essenschieber des Ringofens	0,0929 g F pro ccm	0,17 g HCl pro ccm
Kurz vor dem Naßventilator	0,2926 „ „ „ „	0,12 „ „ „ „
Dicht hinter dem Naßventilator	0,6017 „ „ „ „	0,014 „ „ „ „

Der Grund dieser auffallenden Erscheinung liegt darin, daß das Fluor als Fluorsilicium vorhanden ist, welches beim raschen Durchleiten durch Absorptionsapparate mit Natronlauge nicht aufgenommen wird, da es als SF_4 erst nach der Umsetzung in H_2SiF_6 absorbiert werden kann, und da diese Reaktion nur eine geringe Geschwindigkeit hat.

In den noch warmen Gasen des Ringofens vermag das Fluorsilicium sich mit dem Wasserdampf derselben nicht nach der Gleichung $3\text{SiF}_4 + 4\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\text{SiF}_6 + \text{Si}(\text{OH})_4$ umzusetzen; das erfolgt vielmehr erst nach der Abkühlung im Naßventilator.

Bei einem Versuch am 1. August 1911, wo diese Gase aus dem Naßventilator in die Winklersche Waschkammer durch ein Koksfilter in einen Wislicenuschen Restgasverdünner (Dissipator) traten, war der Gehalt an SO_2 und H_2SO_4 auf SO_3 berechnet

hinter dem Essenschieber	0,369 g SO_3 pro ccm
am Ende der Waschkammer	0,2497 „ „ „ „
im Restgasverdünner	0,0613 „ „ „ „

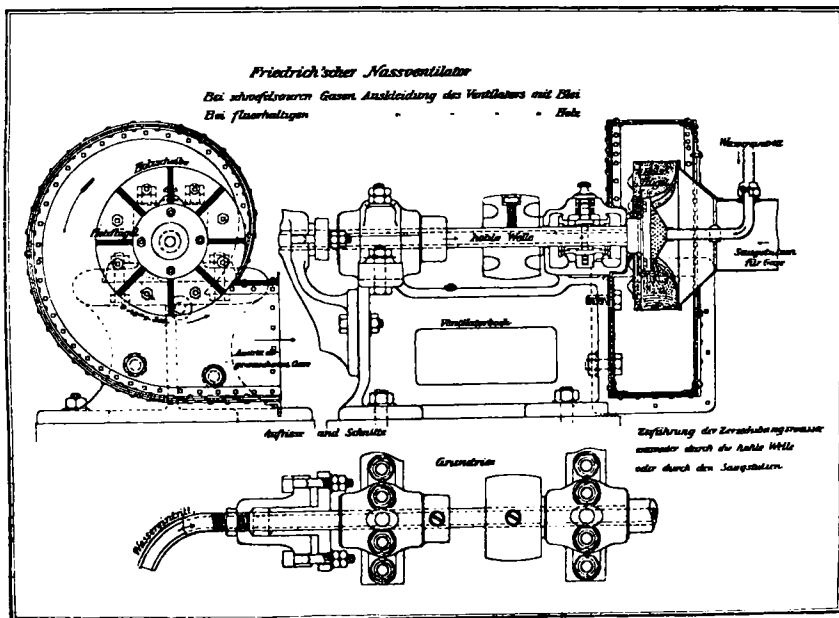


Fig. 5.

den Preis hat es nicht gefehlt, erhalten hat ihn aber bis jetzt noch niemand. Es war dies der Grund, warum sich das Sächsische Finanzministerium entschloß, selbst Versuche nach dieser Richtung zu unternehmen, die es den Professoren Schiffner, Wislicenus und dem Verfasser übertrug.

Die fragliche Ziegelei von Jungnickel in Lindenau bei Schneeberg in Sachsen bot hierfür eine treffliche Gelegenheit, da sie an diesem Fleck die einzige Quelle ist, der schädliche Gase entströmen, und der Wald seit Jahren von einem auf Rauchschaden besonders geschulten Forstpersonal genau beobachtet worden war.

Clemens Winkler hatte dort 1896 schon Versuche gemacht, indem er die Gase des Ziegelofens mit einem Ventilator absaugte und in eine Waschkammer trieb, in der die Gase durch einen Regen von Wasser gereinigt wurden. Er hatte die nachfolgenden Resultate erhalten:

Gase vor der Waschkammer:		Gase hinter der Waschkammer:	
SO_3	0,65	0,7	0,126
SO_2	0,03	0,01	0
HCl		0,16	0,0075

Der Ringofen gibt in 24 Stunden etwa 50 000 cbm Abgase.

Da die Fähigkeit des Wassers, Gase zu absorbieren, mit der steigenden Temperatur abnimmt, so ist es ohne weiteres selbstverständlich, daß man rationeller Weise die Gase kühlen muß, ehe man sie zu absorbieren versucht. Da die Tatsache vorliegt, daß Nebel von festen Körpern und Flüssigkeiten sehr schwer niederzuschlagen sind, da ihnen die Fähigkeit zu diffundieren fehlt, so muß diese Kühlung möglichst langsam geschehen, weil bei schneller Abkühlung stets

Am 4./7. 1913 wurden folgende Beobachtungen gemacht:

Hinter dem Essenschieber . . .	—	3,5 mm Wasserdruck	118° Temp.
Am Ende des eisernen Rohres . . .	—	5 „ „	103° „
Vor dem Naßventilator . . .	—	7 „ „	— „
Hinter dem Naßventilator . . .	+	25 „ „	34° „
Ende der Tonrohrleitung von			
24 m Länge	+	25 „ „	25° „
Mitte des Filtergrabens . . .	20 „ „		26° „
Ende des Filtergrabens . . .	16 „ „		14° „

Eine junge Fichte in unmittelbarer Nähe des Filtergrabens, die wir zum Scherz unsere Renommierfichte nennen, zeigte am Ende des Sommers keinerlei Rauchschaden. Die Ziegelei wird im Winter nicht betrieben.

Die Wirkung des Filtergrabens besteht in der vollständigen Absorption aller sauren Gase, verbunden mit einer enormen Verteilung auf eine Länge von 265 m.

Bei einem Wasserverbrauch von 40 l pro Minute braucht der Naßventilator 53,3 Kilowatt in 24 Stunden, die mit 4,5 M pro Tag zu bezahlen waren.

Er macht 760 Umdrehungen in der Minute.

Zum Betrieb des Ringofens waren 0,5 PS nötig, die sich jedoch durch Einschaltung des 500 mm weiten und 24 m langen Rohres auf 2—3,7 PS steigerten. Die gußeisernen Rohre haben sich für Temperaturen über 100° als vollständig widerstandsfähig erwiesen.

Die Versuche lehren, daß es für den wirtschaftlichen Betrieb von höchster Bedeutung ist, möglichst weite Röhren zu nehmen, da der Kraftverbrauch durch die Reibung in den Rohren ein enormer ist.

Diesen Umständen wird im allgemeinen gewöhnlich ganz ungenügend Rechnung getragen.

Der Filtergraben hat den großen Vorzug, daß seine Anlage und Unterhaltung sehr geringe Unkosten macht. Die Reinigung von Ruß kann mit großer Leichtigkeit geschehen und muß nur alljährlich einmal vorgenommen werden, da die große Ausdehnung Massen von Ruß abzulagern gestattet, ohne Betriebsstörungen zu veranlassen. Selbstverständlich erfolgt durch den Filtergraben auch eine absolute Abscheidung allen Rußes.

H. Wislicenus in Tharandt gebührt das Verdienst, einen sehr einfachen Apparat, den sog. Restgasverteiler oder Dissipator, erfunden zu haben, durch welchen die aus einem Schornstein entweichenden Gase so stark verdünnt werden, daß der Gehalt an schädlich wirkenden Bestandteilen so gering wird, daß er den Pflanzenwuchs nicht mehr zu schädigen vermag. Die Einrichtung besteht darin, daß der obere Teil des Schornsteins eine große Zahl von Löchern enthält, so daß die Gase nicht an einem Punkte, sondern aus einer langgestreckten Fläche austreten. Es ist kein Zweifel, daß die Gase unter normalen Verhältnissen eine weitgehende Verdünnung erfahren.

Es wurde darum beschlossen, außer den beschriebenen Einrichtungen auch einen Schornstein mit Dissipator in der Ziegelei zu erproben. Der vorhandene alte Schornstein wurde darum abgebrochen und durch einen neuen Schornstein mit sehr großem Dissipator ersetzt. Im Frühjahr 1914 wurde die Ziegelei zu Anfang nur mit dem Dissipatorschornstein betrieben. Die Berichte des Fortpersonals lauteten zunächst sehr befriedigend; gegen Ende Mai wurde jedoch ein erheblicher Rauchschaden gemeldet. Sofort begaben sich Wislicenus und der Verfasser nach Lindenau. Es zeigte sich dann an dem fraglichen Tage eine sehr merkwürdige Erscheinung. Während bei früheren Besichtigungen die Gase in breitem Strome hoch über den Wald abgeführt wurden, was man an den in ihm schwebenden Rußteilchen gut beobachten konnte, herrschte an diesem Tage ein von oben schräg nach unten gehender Wind, so daß von dem Dissipator nur etwa $\frac{1}{3}$ zur Wirkung kam; die Gase wurden direkt auf die Bäume gedrückt, die den gemeldeten Rauchschaden zeigten.

Derartige Luftströmungen sind den Luftschiffern wohl bekannt; man bezeichnet sie als böige Winde.

Hierdurch ist nun die seit langer Zeit nicht erklärbare Erscheinung der sog. giftigen Schwaden vollkommen verständlich. Es ist eine Tatsache, daß manchmal für lange Zeit Rauchgase keinerlei schädliche Wirkung auf die Vegetation ausüben, daß aber dann plötzlich sehr starke Rauchschäden auftreten. Man hat geglaubt, es läge das daran, daß hoher Wassergehalt der Luft Nebel bilde, die sich dann auf

den Wald senken. Es ist nun ohne weiteres verständlich, daß der Wassergehalt nicht die Ursache der giftigen Schwaden ist, daß es vielmehr Böen, von oben schräg nach unten gehende Wind sind, welche die Schädigungen hervorrufen. Gegen diese Böen ist der Dissipator machtlos.

Da der Betrieb mit Ventilator Geld kostet, während der Dissipator ohne jede Unkosten arbeitet, so ist es sehr zweckmäßig, so zu verfahren, daß man zu Zeiten, wo keine Windböen herrschen, den

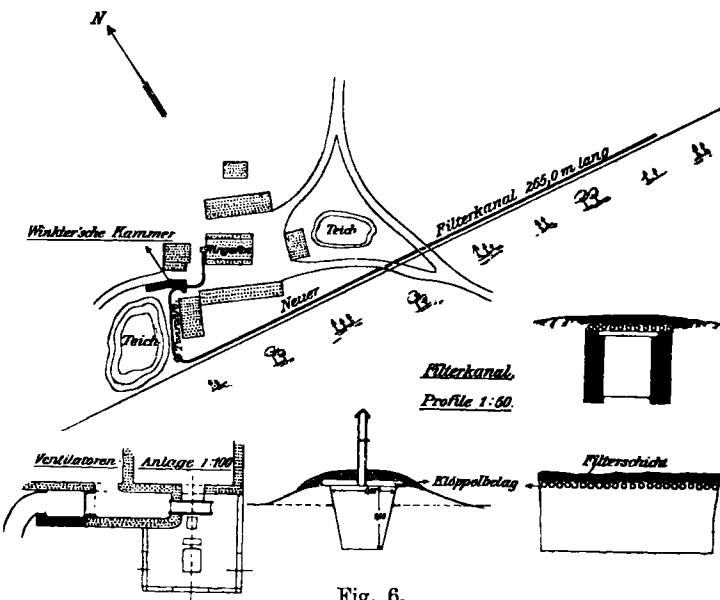


Fig. 6.

Dissipator benutzt und den Ventilator nur bei ungünstiger Witterung. Es kann dies leicht geschehen, wenn man eine Windfahne einrichtet, die Böen anzeigt und dann eine elektrische Glocke in Tätigkeit bringt, die den die Aufsicht führenden Arbeiter veranlaßt, den Ventilator einzuschalten. Diese Einrichtung wird man in Zukunft in Lindenau anwenden. Jetzt ruht die Ziegelei wegen des Krieges.

Da beim Filterkanal die Gase am Boden austreten, so hat natürlich eine Böe keinerlei Einfluß auf denselben.

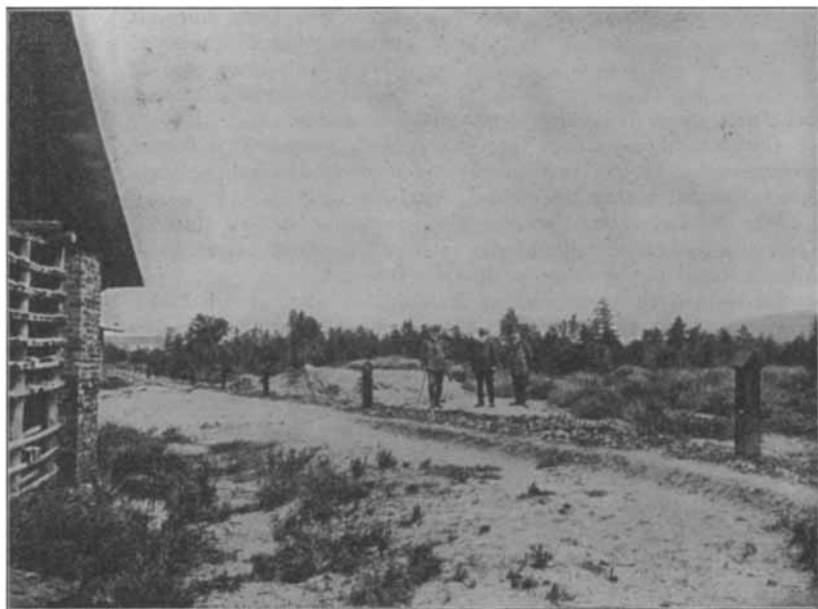


Fig. 7.

Von besonderer Bedeutung bei allen Absorptionen ist der Umstand, ob die zu absorbierenden Stoffe gasförmig oder staubförmig sind. Bläst man einen Strom von Salzsäuregas durch Waschflaschen mit Wasser, so genügen zwei Waschungen, um die Säure zu entfernen. Bläst man jedoch einen Luftstrom durch rauchende Schwefelsäure, so genügen selbst 8 Waschflaschen nicht, um die als Staub schwebende SO_2 zu absorbieren. Dieser Staub kann jedoch sofort beseitigt werden, wenn man das Gas durch einen Wattepfropfen bläst; er wird von der Watte völlig zurückgehalten. Gase können leicht gewaschen werden,

da sie diffundieren. Staub kann nur durch Berührung mit festen Körpern entfernt werden. Es ist dies der Grund, warum bei dem durch das Kontaktverfahren hergestellten Schwefelsäureanhydrid die Absorption mit Wasser nicht gelingt, jedoch leicht mit konzentrierter Schwefelsäure bei einer Temperatur von 90° erfolgt. Bei gewöhnlicher Temperatur ist das SO_2 in festem Zustand im Gasstrom, bei 90° ist es jedoch als Gas vorhanden, da bei dieser Temperatur seine Tension stark genug ist, so daß es von dem gleichzeitig vorhandenen Stickstoff als Gas aufgenommen werden kann. Das gleiche ist vom Naphthalin zu sagen, das man bei niederen Temperaturen durch Öle schlecht auswaschen kann, während es bei höherer Temperatur leicht auswaschbar ist. Dieser Gesichtspunkt ist bei Gaswaschungen von allergrößter Bedeutung. Es ist dies der Grund, warum die Gaswaschungen nach Walter Feld bei der Abscheidung des Teeres durch Öle bei hohen Temperaturen so sehr wirkungsvoll sind.

Bei Gasen, wo Umsetzungen stattfinden, so bei der Absorption des durch Verbrennung von Ammoniak gebildeten Stickoxyds unter Bildung von Salpetersäure und salpetriger Säure, ist es von der größten Bedeutung, daß Zeit gegeben wird. In diesem Falle ist es ganz vergeblich, schnelle Absorption selbst durch die vollkommensten Apparate erreichen zu wollen, wenn man nicht die nötige Zeit gibt, die zu der Absorption nötig ist.

Damit kommt man zu ganz neuen Gesichtspunkten über den Bau von Absorptionstürmen.

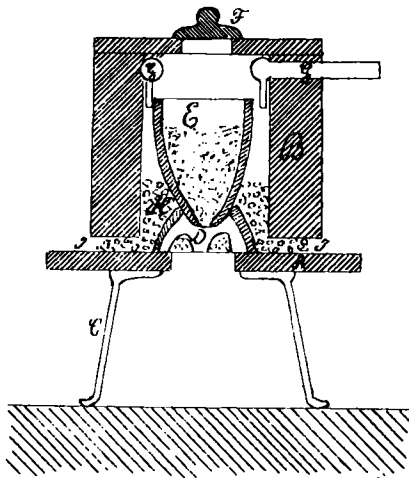


Fig. 8.

Bei gleichem Inhalt eines Absorptionsturmes wird man große Gasgeschwindigkeiten haben, wenn man dem Turm kleinen Querschnitt und große Höhe gibt, hingegen wird man kleine Gasgeschwindigkeiten haben, wenn man den Turm ganz niedrig macht und ihm einen großen Querschnitt gibt.

Jetzt baut man im allgemeinen hoch und gibt kleine Querschnitte. Dadurch ist bedingt, daß man den Turm nur mit grobstückigem Material beschicken kann, da bei kleinstückigem Material

der Turm zuviel Reibungswiderstand geben würde.

Gibt man hingegen dem Turm sehr großen Querschnitt und ganz geringe Höhe, so wird man ohne erhebliche Druckerhöhung ganz feines Material verwenden können, Sand usw.

Was das Füllmaterial anlangt, so nimmt man jetzt als Material Quarzstücke, Steinzeugfüllkörper, Rohrstücke usw. oder Koks. Alles Material von großem spezifischen Gewicht.

Hätte man ein ganz leichtes Material, so wäre natürlich der Seitendruck von viel geringerer Größe; solches Material läßt sich machen.

Im Herbst 1903 bin ich, um den Stromboli zu besuchen, mit meinem Sohn Eberhard und dem Studenten Züncel nach den Liparischen Inseln gefahren, um die vulkanischen Erscheinungen zu studieren. Unter anderen Untersuchungen wurde als Folge der Reise die Synthese des Obsidians und des Bimssteins ausgeführt. Es ergab sich, daß der Bimsstein hergestellt werden kann, wenn man Silicate unter hohem Wasserdampfdruck schmilzt und von der geschmolzenen Masse dann plötzlich den Druck wegnimmt. Die Silicate erstarren dann als eine schaumige Masse, die genau dem natürlichen Bimsstein gleicht. Die natürlichen Bimssteine bestehen aus leicht aufschließbaren Silicaten, würden demnach nicht säurebeständig sein.

Weitere Versuche haben gelehrt, daß man auch aus ganz sauren Gläsern schwammige Massen machen kann. Ich habe einen künstlichen Bimsstein, der aus gewöhnlichem grünen Flaschenglas gemacht wurde, also vollständig säurebeständig ist.

Er wird hergestellt, indem man gewöhnliches grünes Flaschenglas mit $\frac{1}{2}\%$ Ruß zusammen fein pulvert und dann in einem Tropftiegel schmilzt. Da der Kohlenstoff bei der Schmelztemperatur des Glases unter Kohlenoxydbildung die Kieselsäure zu Silicium reduziert, so findet beim Einschmelzen des Gemisches eine starke Gasentwicklung statt, so daß beim Austropfen des Glases dieses bei der Abkühlung

zu einer schaumigen Masse erstarrt, die vollständig säurebeständig und dabei so leicht ist, daß dieser künstliche Bimsstein wie Kork auf Wasser schwimmt. Das Einschmelzen führt man zweckmäßig in einem großen Schamottetiegel aus, der unter Anwendung der flammlosen Verbrennung mit einem Gas-Luftgemisch erhitzt wird. Fig. 8 zeigt die Einrichtung. Auf der in der Mitte durchlochenden Schamotteplatte A, die auf dem eisernen Dreifuß C liegt, steht der durchlochende Untersatz D, welchen man sich leicht aus einem gewöhnlichen Graphittiegel schneiden kann. Der Untersatz D dient zum Tragen des unten durchlochenden Tropftiegels E. Man stellt den Tropftiegel aus einem gewöhnlichen Schamottetiegel her, indem man mittels eines Stahlmeißels den Boden so absprengt, daß unten ein etwa 10 mm weites Loch entsteht, das man beim Ingangsetzen des Ofens mit einem Stück Flaschenglas verschließt, auf welches man die Schmelzmasse schüttet. In dem Ofen B liegt der Ringbrenner G, in welchen man ein Gemisch von Luft und Leuchtgas einbläst. Bei H befindet sich eine Füllung von haselnußgroßen Schamottestücken, die als Kontaktmasse für die flammlose Verbrennung dient, wodurch es möglich wird, im Tiegel eine Temperatur von über 1600° herzustellen. Die Verbrennungsgase entweichen teils durch die Löcher des Untersatzes D, teils durch den Zwischenraum J.

Ist der Schmelzpunkt des Glases erreicht, so tropft die Schmelzmasse in etwa möhrengroßen Stücken heraus, die man mittels eines Hakens fortwährend beiseite schiebt. Durch den Deckel F muß man von Zeit zu Zeit mittels eines Trichters Schmelzgut nachgeben.

Mit diesen künstlichen Bimssteinen lassen sich Filterschichten machen, die ganz leicht sind, wodurch die Konstruktion außerordentlich erleichtert ist.

Soweit ich die Fabriken gesehen habe, hat man sehr oft viel zu kleine Anlagen.

Vielfach hat man die Absorptionsgefäße aus Ringen aus Steinzeug gebaut. Es ist dabei unmöglich, den Durchmesser der Türme wesentlich größer als 1,7 m zu

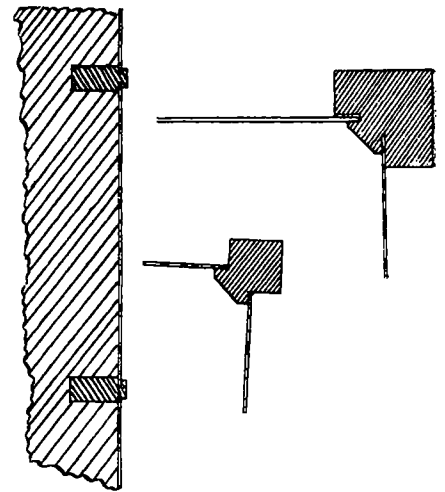


Fig. 9, 10, 11.

machen. Außerdem sind Türme aus Steinzeug enorm teuer. Viele Fabriken haben Türme aus säurefesten Steinen, z. B. die Türme nach Steuler & Co. in Coblenz, die mit säurefestem Kitt gedichtet sind.

Natürlich haben solche Türme Tausende von Fugen und müssen daher mit sehr großer Sorgfalt hergestellt werden, wenn sie säuredicht sein sollen.

Da die gewöhnliche Drahtglasplattenfabrikation Platten von $3\frac{1}{4}$ m zu 80 cm herstellt, die dann nachträglich auf kleine Formate zerschnitten werden, so kam ich auf den Gedanken, die Türme aus Glas zu bauen, und zwar so, daß sie ohne jeden säurefesten Kitt an sich vollständig dicht gegen Flüssigkeiten sind. Genau so, wie jedes Dach aus Ziegeln oder Schiefer ja auch vollständig regendicht gemacht werden kann, wenn es ja auch nichts weniger als gasdicht ist.

Nun kann man ja in ganz gasundichten Apparaten ohne Verlust an Gasen arbeiten, wenn man nur dafür sorgt, daß der Druck im Inneren der Apparate um ein Minimales niedriger ist als der der umgebenden Atmosphäre. Es ist dies eines von den Prinzipien, nach denen in der Gasfabrikation schon seit langer Zeit die Undichtheiten der Gasretorten unschädlich gemacht werden.

Der Gedanke ist also der: aus möglichst großen Glasplatten — es brauchen dies keineswegs Drahtglasplatten zu sein — den Absorptionsapparat in der Weise zu machen (Fig. 9, 10 u. 11), daß an den Stellen, wo die Platten aneinander stoßen, völlig säurefeste Steine eingesetzt sind, die nach der Idee der Falzziegel so übereinander greifen, daß die ganze Anordnung an sich ohne jeden Kitt flüssigkeitsdicht ist. Hält man dann den Druck im Inneren des Apparates unter dem der Atmosphäre, so wird durch die vorhandenen Schlitzte kontinuierlich etwas Luft einströmen. Ist der Unterdruck sehr gering, so wird diese Luftmenge verschwindend klein sein.

Versmiert man die vorhandenen Fugen noch mit einem säurefesten Kitt, so wird man einen Apparat erhalten, bei dem nur Spuren von Luft eingesaugt werden.

In der Ziegelei in Lindenau hat sich der Filterkanal als unvergleichlich vollkommener Absorptionsapparat bewährt. Mein erster Gedanke war darum, wieder einen Filterkanal zu bauen. Zufällig waren aber die lokalen Verhältnisse, unter denen die Gase absorbiert werden mußten, sehr ungünstige. Da das Grundwasser sehr hoch stand, mußte davon abgesehen werden, die Apparate in die Erde einzubauen; außerdem aber waren die räumlichen Verhältnisse so beschränkt, daß es nicht möglich war, eine Einrichtung von sehr großem Querschnitt zu setzen. Wir paßten uns darum den Verhältnissen an und beschlossen, einen verhältnismäßig niederen Turm von sehr großem Querschnitt zu bauen.

Bei diesen Studien habe ich gesehen, daß die Berieselung der Türme in der Weise, wie sie heute ausgeführt wird, keineswegs vollkommen genannt werden kann. In einer Schwefelsäurefabrik, die nach dem Ruschauer Turmsystem arbeitet, fand sich, daß dieselbe sehr schlecht ging, weil die Berieselung ungenügend war.

In Norwegen am Rjukan betreibt man die großen Granittürme, die zur Absorption der nitrosen Gase dienen, in der Weise, daß man sehr große Massen von Flüssigkeit beständig im Kreis herumlaufen läßt, so daß innerhalb des Turmes das Prinzip des Gegenstromes sehr mangelhaft durchgeführt ist. Ganz das gleiche kann man bei allen möglichen Absorptionsapparaten von Gasen sehen. Man tut dies, weil es nur so gelingt, die Füllung des Turmes überall gleichmäßig zu benetzen.

Es ist nicht möglich, die Türme mit einem feinen Flüssigkeitsstaub zu berieseln, da die zur Erzeugung von Flüssigkeitsstaub dienenden Apparate so enge Öffnungen haben, daß man bei den in der Praxis in Frage kommenden Flüssigkeiten mit fortwährenden Verstopfungen zu kämpfen hat, da diese Flüssigkeiten stets mehr oder weniger Schlamm enthalten.

Man hat darum schon vor sehr langer Zeit vorgeschlagen, das Benetzen der Türme intermittierend nach dem Planschsystem zu machen, indem man den Inhalt einer Kippe von Zeit zu Zeit über den Turm ausgießt. Dieses Planschen hat jedoch den Übelstand, daß kurz nach dem Aufgießen die Zwischenräume der Turmfüllung so stark durch die Flüssigkeit verengt sind, daß die Gase eine starke Stauung im Turm erfahren.

Die gleichmäßige Benetzung eines sehr großen Querschnittes läßt sich aber mit Leichtigkeit ausführen, wenn man in der gleichen Weise verfährt, wie man einen Rasenplatz oder die Straße mittels einer Schlauchleitung besprengt.

Man verfährt dann ja bekanntlich so, daß man den starken Flüssigkeitsstrahl, den Schlamm in keiner Weise behindert, nach und nach auf alle Punkte des Rasens oder die Straße richtet. Würde man einen Turm in der gleichen Weise berieseln, so erleidet natürlich der Zug dadurch keinerlei Störung, da immer nur ein ganz kleiner Teil auf einmal durch den starken Flüssigkeitsstrahl getroffen wird.

Bei einem runden Turm dürfte dieser Gedanke schwer ausführbar sein, während es bei einem viereckigen Turm mit Leichtigkeit gemacht werden kann. Zu diesem Zweck braucht man nur auf zwei einander gegenüberliegenden Seiten des Turmes Flüssigkeitsleitungen mit Düsen anzubringen, und die Sache so einzurichten, daß mittels eines Hahnes die zuströmende Flüssigkeit nach und nach abgeschlossen werden kann. Dies ist leicht möglich, indem man den Hahn mittels eines Zahnrades und Schneckengetriebes langsam dreht.

Ist der Hahn geschlossen, so strömt aus den Düsen keine Flüssigkeit aus. Wird er langsam geöffnet, so beginnt das Ausfließen, das entsprechend dem wachsenden Druck stärker und stärker wird, bis es schließlich die Flüssigkeit bis auf die andere Seite des Turmes spritzt. Schließt sich der Hahn wieder, so findet das Umgekehrte statt. Hat man diese Einrichtung auf beiden Seiten, so gleichen sich etwaige Ungleichheiten der Berieselung vollkommen aus. Richtet man die Sache ferner so ein, daß mittels eines Uhrwerkes der Elektromotor, welcher den Hahn dreht, in gewissen Zeiträumen zum Anlaufen gebracht wird, so kann man den Turm in ganz beliebigen Zeiträumen, alle Minuten, alle 5 Minuten, 10 Minuten oder in jeder beliebigen Zeit gleichmäßig berieseln und ist dadurch imstande, alle unnötigen Überschüsse an Flüssigkeit zu vermeiden und doch die ganze Füllmasse des Turmes gleichmäßig zu benetzen.

Ich werde, wenn ich noch unter den Lebenden weilen sollte, mir erlauben, Ihnen von den gemachten Erfahrungen Mitteilung zu machen. Heute wollte ich nur die Ideen zur allgemeinen Kenntnis bringen, die ja in der verschiedensten Weise ausgeführt werden können.

[A. 173.]

Der Liebig-Stipendien-Verein.

Mit überzeugender Klarheit hat der Weltkrieg auch den der Chemie Fernerstehenden gezeigt, welche hervorragende Bedeutung der chemischen Industrie für die wirtschaftliche, politische und militärische Stellung Deutschlands zukommt. Auch das Ausland hat sich dieser Erkenntnis nicht verschließen können; durch Inanspruchnahme staatlicher Unterstützung, durch Reformvorschläge aller Art bemühen sich jetzt unsere Gegner, das Versäumte nachzuholen und die Vormachtstellung Deutschlands auf chemischem Gebiete zu erschüttern. Ob die angeblich erreichte Unabhängigkeit der feindlichen und neutralen Länder von Deutschlands chemischer Industrie von Bestand bleiben wird, wenn der jetzt ausgeschaltete deutsche Wettbewerb wieder einsetzt, darf wohl bezweifelt werden; jedenfalls steht aber das eine fest, daß Deutschland nach dem Kriege mit einem nicht zu unterschätzenden Anwachsen der ausländischen Konkurrenz zu rechnen haben wird, und daß es alle ihm zur Verfügung stehenden Mittel schon jetzt aufbieten muß, wenn es seine überragende Stellung auf dem chemischen Weltmarkt bewahren will. Die Notwendigkeit, für den nach dem Kriege sicher mit erhöhter Stärke entbrennenden Wirtschaftskrieg Abwehr- und Vorbeugungsmaßnahmen vorzubereiten, wird um so dringlicher, als uns der Krieg bisher schon schwere Opfer an Chemikern gekostet hat. Sie machen es uns zur Pflicht, im weitesten Maße auf die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses hinzuwirken.

Auch das Ausland beginnt jetzt einzusehen, daß eine der Hauptstützen der blühenden chemischen Industrie Deutschlands die musterhafte Ausbildung seiner jungen Chemiker ist. Insbesondere hat Amerika, wie aus zahlreichen zum Teil auch in unserer Zeitschrift wiedergegebenen Äußerungen seiner Fachpresse hervorgeht, ein lebhaftes Interesse für die Fragen der wissenschaftlichen Erziehung bekundet. In Deutschland hat sich die Überzeugung von der Wichtigkeit einer gründlichen wissenschaftlichen Vorbildung seit den Tagen unseres Altmeisters Liebig längst Anerkennung verschafft. Wir wissen, daß Technik und Wissenschaft in nahem Zusammenhang miteinander stehen, und daß auf die Dauer nur dasjenige Volk auf industriellem Gebiete etwas leisten kann, das sich die Pflege wissenschaftlicher Bildung auf breitester Grundlage zu eigen macht. Darum ist es eine der wichtigsten Aufgaben einer weitsichtigen Industrie, zur Verbesserung und Vertiefung wissenschaftlicher Vorbildung beizutragen.

Aus solchen Erwägungen heraus ist am 18./12. d. J., die Gründung eines „Liebig-Stipendien-Vereins“¹⁾ erfolgt, der es sich zur Aufgabe macht, deutschen Chemikern nach abgeschlossener Hochschulbildung, in erster Linie solchen, die promoviert haben, durch Gewährung von Stipendien die Möglichkeit zu verschaffen, als Assistenten von Hochschullehrern ihre Kenntnisse zu erweitern. Es ist bekannt, daß gerade die Assistententätigkeit dem jungen Chemiker durch das enge Zusammenarbeiten mit seinem Lehrer die beste Gelegenheit bietet, seine Kenntnisse zu vertiefen, und sie an der selbständigen Bearbeitung wissenschaftlicher Probleme zu erproben und zu erweitern. Die bescheidene Besoldung der Assistenten, zumal an den Universitäten, hat es bisher Minderbemittelten sehr erschwert oder unmöglich gemacht, die Vorteile einer derartigen Stellung zu genießen; der Zwang, möglichst bald Geld verdienen zu müssen, hat schon manchen begabten jungen Chemiker veranlaßt, mit noch nicht ganz ausgereiften Kenntnissen eine Stellung in der Technik anzunehmen, und manches vielversprechende Talent ist auf diese Weise an der vollen Entfaltung seiner Fähigkeiten gehindert oder vielleicht überhaupt seinem Beruf entfremdet worden.

Durch die Freigebigkeit der deutschen chemischen Industrie, insbesondere durch das warme Interesse, das Geh. Rat Duisberg dieser Frage entgegengebracht hat, wird es jetzt jungen Chemikern, von denen nach dem Urteil ihrer Professoren mehr als Durchschnittsleistungen zu erwarten sind, ermöglicht werden, frei von pekuniären Sorgen sich nach vollendetem Studium wissenschaftlicher Forschungstätigkeit zu widmen. Hierbei ist erfreulicherweise davon abgesehen worden, den Stipendiaten zu verpflichten, später zur Technik überzugehen, so daß er sich einzig und allein der Vertiefung seiner wissenschaftlichen Studien hingeben kann. Selbstverständlich wird durch diese Stiftung gleichzeitig der nicht minder wichtige Zweck erreicht, den Hochschullehrern zur Ausföhrung ihrer wissenschaftlichen Arbeiten die erforderlichen intelligenten Mitarbeiter zu verschaffen, die ihnen bisher allzuoft die Industrie mit ihren besseren materiellen Verhältnissen entzogen hat.

¹⁾ Vgl. Angew. Chem. 29, I, 451 [1916].