

Specifische Gewichte von Chlorkalk-
lösungen.

Spec. Gew. bei 15°	Bleich. Chlor, g i. Lit. (beob- achtet)	Bleich. Chlor, g i. Lit. (corri- giert)	Spec. Gew. bei 15°	Bleich. Chlor, g i. Lit. (beob- achtet)	Bleich. Chlor, g i. Lit. (corri- giert)	
	a	b		a	b	c
1,1155	71,79	71,79	1,0600	35,81	35,81	
* 1,1150	71,50	71,50	1,0550	32,68	32,68	
1,1105	68,66	68,40	1,0500	29,41	29,60	
* 1,1100	68,00	68,00	1,0450	26,62	26,62	
1,1060	65,33	65,33	1,0400	23,75	23,75	
* 1,1050	64,50	64,50	1,0350	20,44	20,44	
1,1000	61,17	61,50	1,0300	17,36	17,36	
1,0950	58,33	58,40	1,0250	14,47	14,47	
1,0900	55,18	55,18	1,0200	11,41	11,41	
1,0850	52,27	52,27	1,0150	8,48	8,48	
1,0800	48,96	49,96	1,0100	5,58	5,58	
1,0750	45,70	45,70	1,0050	2,71	2,71	
1,0700	42,31	42 31	1,0025	1,40	1,40	
1,0650	38,71	39,10	1,0000	Spur	Spur	

Zürich, Mai 1893.

**Zur Beurtheilung verschiedener Systeme
für Behandlung von Flüssigkeiten
mit Gasen.**

Von
G. Lunge.

Eine wirklich wissenschaftliche Behandlung der Erscheinungen, welche bei der Berührung von Flüssigkeiten mit Gasen zu Tage treten, und welche für die Beurtheilung vieler der wichtigsten Apparate der chemischen Technik von grösster Wichtigkeit sind, ist zuerst von Hurter versucht worden, dessen frühere Arbeiten über diesen Gegenstand (Journ. Soc. Chem. Ind. 1885, 639 und 1887, 707) nunmehr durch einen dritten Beitrag (ebenda 1893, 227) zu einem vorläufigen Abschluss gekommen zu sein scheinen. Ich kann es hier nicht unternehmen, seine, wie immer, sehr tief durchdachten und mathematisch durchgeföhrten Erörterungen auch nur auszugsweise wiederzugeben, wie es in dem jetzt in Bearbeitung befindlichen zweiten Bande meiner „Soda-industrie“ geschehen soll, und möchte hier nur eine Kritik derjenigen Punkte geben, in denen es mir offenbar scheint, dass Hurter mit der allzu einseitigen Anwendung mathematischer Deductionen auf technische Processe über das Ziel hinausgeschossen hat und zu zweifelhaften oder geradezu ungültigen Schlüssen gekommen ist. Gerade das wohlverdiente Ansehen, das Hurter in den Kreisen der Fachgenossen geniesst, scheint es mir zu erfordern, dass man seine Aus-

sprüche nicht unbesehen als den unbedingt richtigen Ausdruck der thatsächlichen Verhältnisse annimmt.

Hurter unterscheidet drei Hauptmethoden zur Behandlung von Gasen mit Flüssigkeiten, nämlich 1. Saugen oder Pressen des Gases in Blasen durch eine Schicht der Flüssigkeit, 2. Fall der in sehr feine Tröpfchen vertheilten Flüssigkeit durch das Gas, 3. Ausbreitung der Flüssigkeit auf grossen Oberflächen mit Zwischenräumen, durch welche das Gas emporsteigt. Nach seinen Ausführungen ist von diesen Systemen das zweite das schlechteste und im Allgemeinen ganz verwerflich, das dritte dagegen, dessen wichtigster Vertreter der Koksthurm ist, in jeder Beziehung das beste. Sowohl die aufzuwendende mechanische Arbeit, als auch der Nutzeffekt bei der Berührung von Gas und Flüssigkeit sollen sich in der eben erwähnten Ordnung folgen. Im Weiteren werde ich die betreffenden Systeme nur mit den obigen Nummern 1 bis 3 bezeichnen.

Auch wenn dem nichts entgegengesetzt werden könnte, so würde man doch durch die Umstände oft genug gezwungen sein, einen der beiden ersten, weniger günstigen Wege zu wählen; so wird man z. B. breiförmige Gemische, wie Weldon-Schlamm, unmöglich in einem Koksthurme behandeln können. Aber wenn Hurter Recht hätte, so dürfte man in allen Fällen, wo alle drei Wege gangbar sind, immer nur den dritten, und auch diesen nur in der speciellen Form des Koksthurmes wählen.

Ich werde nun zeigen, dass Hurter mehrere sehr wesentliche Umstände ausser Acht gelassen hat, welche den Werth seiner Berechnungen und Schlüsse sehr illusorisch machen. Schon wenn er, ganz richtig, nachweist, dass in allen praktischen Fällen das Volum des Gases immer mindestens das Hundertfache von dem der Flüssigkeit (meist darüber) beträgt, und dass mithin, um gleiche Berührungsfläche in den Fällen 1 und 2 zu erreichen, die Tropfen im Falle 2 nur $\frac{1}{10}$ des Durchmessers der Gasblasen im Falle 1 haben dürfen, so ist doch sein Schluss ganz unstatthaft, dass schon dieses einen Vorzug der Methode 1 (Vertheilung des Gases) vor 2 (Vertheilung der Flüssigkeit) begründe. In einem Flüssigkeitsdunst, wie man ihn mittels eines „Zerstäubers“ erhalten kann, ist doch der Durchmesser der einzelnen Tröpfchen jedenfalls weit unter $\frac{1}{10}$, vielleicht unter $\frac{1}{100}$ der kleinsten, durch technische Mittel im Grossen herzustellenden Gasblasen, ganz abgesehen von den noch viel grösseren Gasmassen, die sich in den Zwischenräumen eines Koksthurmes (Fall 3)

bewegen. Allerdings fliest eine Menge jener kleinsten Dunsttheilchen zu grösseren Tröpfchen zusammen, aber genau dasselbe tritt bei den durch eine Flüssigkeit streichenden Gasblasen ein. Es ist ja unleugbar, dass viele Zerstäuber häufig durch Verstopfung unthätig werden; auch besitzen sie einen (von Hurter gar nicht erwähnten) Übelstand, dass sich nämlich die feine Öffnung allmählich erweitert und dadurch mehr Flüssigkeit als beabsichtigt herauskommt; aber die neueren Formen, wie z. B. Körting's Spiral-Zerstäuber, sind doch mit diesen Übelständen viel weniger behaftet.

Wenn Hurter im Weiteren die kinetische Gastheorie zu Hilfe ruft, um nachzuweisen, dass die Wirksamkeit jedes Absorptionssystems proportional der Berührungsfläche, der Zeit und dem Gasdrucke ist, so sind dies Annahmen, die von allen Praktikern auch ohne jede Kenntniss der kinetischen Gastheorie und vor Existenz derselben stets als selbstverständlich betrachtet worden sind. Hurter's Versuch, empirische technische Regeln in mathematischer Weise auf Naturgesetze zurückzuführen, ist gewiss äusserst interessant, aber leider wohl verfrüht. Jedenfalls sind ihm dabei sehr erhebliche Irrthümer untergelaufen, wie aus Folgendem erheilt. Er basirt nämlich seine Vergleichung der Fälle 1 und 2 auf ganz verschiedene Prämissen. Für die Geschwindigkeit der in der Flüssigkeit aufsteigenden Gasblasen (Fall 1) nimmt er mit vollem Rechte die von ihm früher (a. a. O. 1885, 641) durch sehr dankenswerthe Versuche ermittelte, für alle vorkommenden Fälle constante Grösse = 0,3 m auf die Secunde an. Aber für die Geschwindigkeit der durch das Gas hindurchfallenden Flüssigkeitströpfchen (Fall 2) setzt er einfach die bekannte Formel $\sqrt{\frac{2h}{g}}$, welche die Fallgeschwindigkeit im luftleeren Raume bedeutet, ohne zu berücksichtigen, dass in der Luft durch die Reibung und durch die lebendige Kraft des Gasstromes jene Formel einen oft weit über der Wirklichkeit liegenden Werth ergibt. Wenn man bedenkt, dass der Zerstäuber einen „Dunst“ oder „Nebel“ hervorruft, so genügt die blosse Aussprache dieser Worte, um zu zeigen, dass hier die obige Formel für die Geschwindigkeit des Falles der feinen Wassetröpfchen zu einem ganz widersinnigen Ergebnisse führen muss, wenn auch selbstverständlich ein solcher Dunst nie so fein vertheilt ist wie ein Nebel in der Natur, und daher auch nicht so langsam wie dieser herabsinkt. Jene ganze so schön aussehende

mathematische Vergleichung ist also hier ganz weggeworfen, und liesse sich auch gar nicht in der nötigen Weise vervollständigen, da die Bedingungen für die Verzögerung des Falles durch die Verstäubung so enorm complicirte sind, dass ihre Erforschung in mathematischer Weise hier ganz hoffnungslos erscheint.

Wir könnten uns also nur an das einzige empirische Argument Hurter's halten, wonach ein Versuch, einen zufällig leeren Gay-Lussacthurm mittels eines Zerstäubers mit Schwefelsäure zu speisen, mit völligem Misserfolg geendet hat. Auch mir ist ein damit identischer Fall aus einer Fabrik bekannt, und habe ich darauf schon in meinem „Handbuch der Soda-industrie“ 2. Aufl., I, 498 Bezug genommen. Ich habe dort schon gesagt, dass die Säuretröpfchen vermutlich zu schnell zu Boden fallen, was ja mit Hurter's Ausführungen stimmt. Aber was für eine so schwere Flüssigkeit wie concentrirte Schwefelsäure und für die damals gebrauchten unvollenkommenen Zerstäuber passte, das kann bei Wässer und besseren Zerstäubern sich ganz anders verhalten, namentlich wenn man mit concentrirteren Gasen als den Salpetergasen in der Kammerluft zu thun hat. Man hat also nach meiner Ansicht durchaus keine Veranlassung, Hurter's unbedingte Verurtheilung des Systemes No. 2 (Zerstäubung der Flüssigkeit in dem Gasstrom) zu billigen und wird nach wie vor jeden Fall besonders anschauen und prüfen müssen. Die Mathematik hätte uns hier wegen ihrer einseitigen Anwendung nur zu irrgigen Schlüssen verleitet.

Was das dritte System betrifft, d. h. die Vertheilung der Flüssigkeit auf grosse Oberflächen, durch deren Lücken das Gas aufsteigt, so begnügt sich Hurter nicht damit, diesem System schon theoretisch den Vorzug vor den beiden ersten einzuräumen, sondern er behauptet auch, dass die bekannteste und allgemeinste Form jenes Systems, der von Gay-Lussac 1827 vorgeschlagene und zuerst von Gossage 1836 wirklich angewendete Koksthurm in jeder Beziehung die beste sei. Auch hier nimmt er mathematische Berechnungen zu Hilfe, aber wieder in so einseitiger Art (wie es auch ganz unvermeidlich ist), dass sie in Wirklichkeit gar nichts beweisen und nur irreleiten können. Niemand wird bestreiten, dass die unebene, unregelmässige Oberfläche des Koks sehr günstig für eine Verzögerung des Herabfliessens des Wassers u. s. w. im Koksthurme wirkt; aber wenn man dies in Zahlen ausdrücken will, so muss man sich

mit rein empirischen, ganz groben Annahmen begnügen, und dasselbe gilt auch von der Berechnung der wirksamen Oberfläche, während die Berührungszeit sich, allerdings auch nur empirisch, genauer schätzen lässt.

Hurter hält den Koks für einen ausgezeichneten Vertheiler und beschreibt einige von ihm mit Carey gemachte Versuche über den Grad der Vertheilung der Flüssigkeit durch Koks; er gibt a. a. O. S. 230 dafür eine Tabelle und eine graphische Versinnlichung. Letztere für sich genommen würde eine vollkommen falsche Vorstellung von der Sache geben, nämlich die, dass nach jenen Versuchen das Wasser in einem Koksturm von 1,2 m im Quadrat durch einen einzigen centralen Wasserstrahl gleichförmig über drei Viertel der Fläche vertheilt werde. Übergehen wir diesen falschen Holzschnitt und wenden wir uns zu den mitgetheilten Zahlen, so finden wir, dass auch diese sehr wenig Brauchbares enthalten. Dies liegt an den ganz verfehlten Versuchsbedingungen. Man hatte den Boden des Thurmes mit acht parallelen, ihn ganz bedeckenden Bleirinnen von je 15 cm Breite versehen, die das Wasser nach aussen führten, wo es für jede Rinne einzeln gemessen werden konnte. Die Zahlen zeigen, dass die beiden mittleren Rinnen 82 Proc. des Wassers empfingen und die vier an sie zunächst angrenzenden 18 Proc., die beiden äusseren nichts. Aber es wäre ja ganz falsch anzunehmen, dass die beiden mittleren der 8 Rinnen das in einem Viertel der Grundfläche des Thurmes niedergegangene Wasser repräsentiren; hätte man diese Fläche nicht in 8 lange parallele, von einer Seite zur anderen durchlaufende Rinnen, sondern in 64 quadratische Tröge getheilt, so würden die vier mittelsten derselben, also $\frac{1}{16}$ der Grundfläche, den weitaus grössten Theil jener 82 Proc. des Wassers empfangen haben. Und auch das ist noch kein Maass für die durch den Koks bewirkte Vertheilung, denn da eine von dem Wasserstrahl gezogene Senkrechte grade auf die Scheidewand der beiden mittleren Längsrinnen traf, so wissen wir nur, dass ein Raum von 30 cm Breite jene 82 Proc. empfing, wissen aber nicht, wie viel davon auf den centralen und wie viel auf den äusseren Theil jener Zone fällt. Der Versuch hätte, um brauchbare Ergebnisse zu liefern, so angeordnet werden müssen, dass im Mittelpunkte des Bodens senkrecht unter dem Wasserstrahl eine kreisförmige Schale, sagen wir ebenfalls von 15 cm Durchmesser, und um diese herum concentrische Schalen, jede

mit einem Auslass nach aussen, angebracht worden wären. Dann hätte unbedingt, gerade in logischer Folgerung jener Versuche, die direct unter dem Wasserstrahl stehende Schale, die nur $\frac{1}{80}$ der Grundfläche eines Thurmes von $1,2 \times 1,2$ Seite repräsentirt, den grössten Theil jener 82 Proc. erhalten, und das Bild der Vertheilung des Wassers durch den Koks wäre ein ungemein weniger günstiges als in Hurter's Darstellung geworden.

Hurter's Vorliebe für Koks kann nun auf alle Fälle doch nicht so weit gehen, die Vertheilung des Wassers gerade als eine dem Koks besonders zukommende Eigenschaft anzusehen. Jedes andere einigermaassen rationelle Füllungsmaterial wird ähnlich wirken, und weitaus besser muss doch ein nach geometrischen Gesetzen entworfener Vertheilungsapparat wirken, wie ich ihn in dem „Plattenturm“ zu construiren bestrebt gewesen bin. Die von Herrn Rohrmann mit Maschinenöl, also gewiss einer genügend zähen Flüssigkeit, angestellten Versuche haben denn auch positiv nachgewiesen, dass das System in der Art wirkt, wie ich es angenommen hatte. Jeder Tropfen fällt dabei auf den Kreuzungspunkt von vier gelochten Nämpchen in der nächst unteren Platte, vertheilt sich auf diese Nämpchen und dies wiederholt sich von Platte zu Platte; die Randleisten der Nämpchen bewirken, dass dies von statthen geht, ohne dass man die unmöglich zu erfüllende Forderung einer mathematisch wage-rechten Fläche der Platten zu stellen braucht. Bei den Platten neuerer Construction ist auch die Unterseite der Art gefurcht, dass die Tropfen sich dort nicht verbreiten können, sondern immer an der richtigen Stelle abfallen müssen. Allerdings wird das nur ermöglicht durch die ganz tadellose technische Ausführung der Thonplatten, über deren bei solcher Waare geradezu verblüffende Schönheit und Genauigkeit (ebenso wie über die oben erwähnte rationelle geometrische Anordnung) Hurter das höchste Lob ausspricht.

Es sei mir gestattet, einmal in ähnlicher Weise, wie dies Hurter thut, freilich in viel bescheidenerer Art, ohne kinetische Gastheorie u. dgl., mit Zahlen zu operiren; ich verwahre mich aber ausdrücklich dagegen, dass man mir die Ungenauigkeit solcher Berechnungen vorwerfe, die Niemand mehr als ich würdigt. Wenn auch nur in der Hälfte der Fälle die Tropfen so fallen, wie sie sollen, so macht das doch bei etwa 1000 Löchern in einer Platte von 60×60 cm je 500 Wiederholungen des Processes, wäh-

rend auf einer gleichen Koksfläche, bei der sicher doch zu günstigen Annahme von ganz regelmässiger Füllung mit Stücken von 10 cm Durchmesser, der Vorgang sich immer nur je 36 Mal wiederholen würde. Ausserdem können die Tropfen im Plattenthurm immer nur 10 cm fallen, ehe sie auf eine feste Fläche treffen und sich wieder vertheilen, während sie im Koksthurm oft ziemlich weit herunterfallen müssen, ehe dies geschieht. Obwohl also, wie nicht zu leugnen ist, die Gesamtoberfläche des Koks grösser als die der Platten für gleichen Kubikinhalt ist, so wird dennoch die Vertheilung und Mischung der Flüssigkeit in dem Plattenthurm unbedingt viel regelmässiger als in dem Koksthurm sein.

Noch viel wichtiger aber ist für eine Vergleichung der Leistungsfähigkeit beider Apparate die unvergleichlich bessere Vertheilung der Gase im Plattenthurm. Da Hurter diesen ausschlaggebenden Punkt ganz unvollständig und in wesentlichen Stücken geradezu irrig hinstellt, so sei es mir gestattet, die wichtigsten einschlägigen Thatsachen hier nochmals ganz kurz hervorzuheben, obwohl dieselben in meinen früheren Veröffentlichungen schon angeführt sind. Im Koksthurm sind die einzelnen Gaskanäle zu weit und die inneren Theile des Gases treten nicht in Wechselwirkung mit der Absorptionsflüssigkeit. Dies ist unvermeidlich, wegen der unregelmässigen Gestalt der Koksstücke; der Querschnitt des Thurmes und die Grösse der Koksstücke müssen daher derart sein, dass auch für den schlimmsten Fall genügend Zug übrig bleibt. Um dies zu erreichen, muss man die Koksthürme sehr weit und hoch machen, so dass die Gase lange genug darin verweilen, um sich genügend durchzumischen und mit der Flüssigkeit in Berührung zu treten, und auf diesem Wege erreicht man allerdings schliesslich eine sehr vollständige Wirkung. Aber man kann gerade diese enorme Raumvergrösserung dadurch vermeiden, dass man, wie beim Plattenthurm, den Gasstrom in eine sehr grosse Menge (etwa 1000 auf einen Raum von 360 qdm) von sehr dünnen und ganz gleichförmigen Strahlen spaltet, die ausserdem gezwungen werden, ihre Richtung fortwährend zu ändern und sich dabei gründlich zu mischen. Das Gas muss stets durch alle die Löcher der Platten hindurchgehen und kann sich nie falsche Kanäle aufsuchen, wie dies bei dem Koksthurm so leicht geschieht. Bei einem schlecht gefüllten Koksthurm ist die Wirkung deshalb eine äusserst ungenügende, denn das Gas steigt naturgemäss

vorzugsweise in den weitesten und geradezu Kanälen auf, also gerade in denjenigen, welche im Verhältniss zu dem lichten Raume am wenigsten Wasser u. dgl. führen. Aber selbst in einem durchaus richtig eingebauten Koksthurm sind die Gaskanäle verhältnismässig sehr weit und sehr unregelmässig, dies kann man nur durch einen sehr grossen Raum und sehr lange Berührungsfläche ausgleichen, und muss daher die Koksthürme in sehr grossen Abmessungen bauen.

Diesen nach meiner Ansicht unwiderleglichen Aussprüchen setzt Hurter Folgendes entgegen. Nach ihm gleichen sich die erwähnten Unregelmässigkeiten im Koksthurm derart aus, dass dies geradezu charakteristisch für denselben sei. Aber das kommt doch genau auf dasselbe heraus, was ich sage, nämlich, dass man zur Ausgleichung der Unregelmässigkeiten die Koksthürme sehr weit und hoch machen müsse, während man die Plattenthürme, bei denen die Unregelmässigkeit fortfällt, viel kleiner machen kann. Ferner sollen nach Hurter gerade die Unregelmässigkeiten der Koksstücke Wirbel und Strudel hervorbringen, die eine bessere Mischung der Gase sichern. Aber kann man wohl mehr „Wirbel und Strudel“ hervorbringen als im Plattenthurm, wo jeder der Tausende von Gasstrahlen immer auf eine feste Stelle in der nächsten Oberfläche anprallt? Wenn nun gar Hurter mich eines „schweren Irrthums“ beschuldigt, weil ich sage, dass das Gas da, wo einige weitere Kanäle vorhanden seien, vorzugsweise durch diese gehen werde, und wenn er sagt, eine sorgfältige Betrachtung der Bewegungsgesetze elastischer Flüssigkeiten beweise, dass das Gas sich auf alle vorhandenen Kanäle vertheilen und durch jeden Ritz gehen werde, so ist das denn doch eine ganz unzutreffende Bemerkung. Kein vernünftiger Mensch wird leugnen, dass das Gas theoretisch „durch jeden Ritz“ gehen und „sich auf die verschiedenen Kanäle vertheilen“ wird. Aber wie wird es sich vertheilen? Selbst wenn wir für den Augenblick von der Reibung absehen, so muss doch natürlich die Menge des durch Kanäle von verschiedener Weite hindurchgehenden Gases dieser Weite proportional sein, und muss weitaus mehr Gas durch eine gleiche Anzahl von weiteren als von engeren Öffnungen gehen, während doch die Berührungsfläche in den engeren verhältnismässig viel grösser als in den weiteren Kanälen ist. Wenn z. B. wirklich nicht mehr Gas durch einen Kanal von 2×2 cm Seite, wie durch 4 Kanäle von 1×1 cm Seite hindurch-

ginge (was, wie wir sehen werden, gar nicht zutrifft), so käme es doch im ersten Falle nur mit 8 cm, im zweiten aber mit 16 cm Kantenlänge des Kanals in Berührung. Dies ist doch auch ohne höhere Mathematik und Physik verständlich. Aber dabei ist ja noch der Einfluss der Reibung übersehen, den Hurter unbegreiflicherweise mit tiefem Still-schweigen übergeht. Dieser Einfluss ist so gross, dass ich, gegenüber Hurter, es als einen „schweren Irrthum“ bezeichnen muss, wenn man behaupten will, dass eine merkliche Menge von Gas „durch jede Ritze“ streicht. Wenn wir z. B. einen Theil irgend eines Rostes, meinethalben eines aus Koks gebildeten, mit einer wenige Zoll dicken Sandschicht überdecken, so wird, wie jeder Anfänger in der Technik weiss, bei gewöhnlichem Drucke alles Gas durch die freigelassene Rostfläche und gar nichts durch den Sand gehen, obwohl Berechnungen nach Art der Hurter'schen auch für den letzteren noch einen recht ansehnlichen Kanalraum herausbringen würden. Solche „Sandverschlüsse“ werden ja allgemein in der Technik angewendet. Eine „sorgfältige Betrachtung der Bewegungsgesetze elastischer Flüssigkeiten“ sollte denn doch jene That-sache auch mit in Berechnung ziehen. Wo bleibt also mein „schwerer Irrthum“, wenn ich behaupte, dass das Gas im Koksthurme vorzugsweise die weiteren Kanäle aufsuchen werde? Es ist ja allgemein bekannt, dass beim Zerbröckeln der Koksfüllung, wo die Zwischenräume zu klein werden, ein Thurm theilweise oder ganz zu functioniren aufhört.

Mit Berechnungen ist hier freilich nichts anzufangen, und ist Hurter's verunglückter Versuch in dieser Richtung als warnender Beleg dafür aufzunehmen, dass man durch einseitige Betonung des rechnerischen Elementes zu ganz falschen Schlüssen gelangen kann. Schon die oberflächlichste Betrachtung lehrt, dass man bei einem der Natur der Sache nach unregelmässigen und grobstückigen Material, wie Koks, mehr Raum als bei der systematisch dafür construirten Thonware brauchen wird; bei ersterem muss man zur Ausgleichung seiner Nachtheile viel mehr Oberfläche und Berührungszeit als bei letzterem anwenden. Allerdings zeigt die Erfahrung seit Gossage, dass man das Ziel einer praktisch vollkommenen Gegenwirkung von Gas und Flüssigkeit auch bei Koks erreichen kann, wenn man nur die Koksthürme gross genug macht, in welcher Beziehung man ja sowohl bei Gay-Lussac-Thürmen wie bei Salzsäure-Thürmen immer weiter gegangen ist. Ganz ähnlich verhält es sich mit der eben-

falls grossen Raum beanspruchenden Schwefelsäurebildung in Bleikammern. Aber Koksthürme und Bleikammern sind eben darum äusserst ungeschlachte und kostspielige Apparate, und es ist gewiss ein gerechtfertigtes Bestreben, die Bedingungen aufzusuchen, unter denen man die betreffenden Reactionen in wesentlich kleineren Räumen vollziehen kann. Dass dies nicht ganz leicht und einfach ist, zeigen die vielen missglückten Versuche in jener Richtung; wer aber darum meinen wollte, man müsse den Kampf aufgeben, den könnte das lange und doch schliesslich erfolgreiche Ringen um eine praktische Gestaltung des Ammoniaksoda- oder des Deacon-Hurter'schen Chlorverfahrens eines Besseren belehren.

Einen neuen Versuch der oben ange-deuteten Art stellen nun die heut doch genügend bekannten „Plattenthürme“ dar, bei denen ich die Mängel der früheren Bestrebungen in derselben Richtung zu vermeiden gesucht habe, und die ich ausser den sonst den Koksthürmen zugewiesenen Functionen namentlich für die Verringerung des Bleikammerraumes (theoretisch bis zum völligen Ersatz der Bleikammern) ausgebildet habe, was übrigens in keramisch-technischer Beziehung nur durch das vorzügliche Material und die grosse praktische Erfahrung des Herrn Rohrmann ermöglicht worden ist. Wenn die (seit Ende 1887 in den Markt gekommenen) Plattenthüme noch nicht die ganze Welt erobert haben, so wundert dies Niemanden weniger als mich selbst, da im vorliegenden Falle Niemand in der Lage ist, wie bei anderen Erfindungen persönliche Propaganda dafür zu machen, die Ausführung zu überwachen, an Ort und Stelle neue Erfahrungen zu sammeln u. s. w. Man bedenke auch, dass bei dem vorliegenden Materiale, das sich nicht wie Metall, Holz oder selbst Stein durch nachträgliche Bearbeitung abändern lässt, das Sammeln der nötigen Erfahrungen für die besten Dimensionen u. s. w. nicht in ganz kurzer Zeit bewerkstelligen liess.

Mit Obigem hängt es auch zusammen, dass die Patentträger von sehr vielen der verkauften Plattenthürme gar nicht wissen, wozu sie dienen, und dass sie in den allerwenigsten Fällen irgend genauere Nachrichten über die damit erzielten Betriebsergebnisse besitzen, wie sie andere Erfinder durch persönliche Bemühungen zu erlangen und zu verbreiten wissen. Unter diesen Umständen spricht es denn doch recht sehr zu Gunsten der im Plattenthurm verkörper-ten Erfindung, dass Herr Rohrmann seit 1887 weit über 100 Stück derselben ver-

kauft und von mehreren Orten Nachbestellungen erhalten hat. Wäre der Plattenthurm, wie es Hurter, gestützt auf seine oben als ungültig erwiesenen Berechnungen annimmt, nicht mehr oder gar noch weniger wert als der ihm gleiche Rauminhalt in Form eines Koksthurms, so hätte doch sicher sein für gleiches Volum viel höherer Preis seine Einführung verhindert, die eben nur möglich war, weil man damit das 10—20fache vom Volum eines Koksthurms erreicht.

Es seien aber doch auch noch einige directere Belege für die Vorzüge des Plattenthurmes gegeben. Am allgemeinsten ist bisher seine Verwendung für Regeneration von Salpetersäure aus den niedrigeren Oxydationsstufen des Stickstoffs gewesen. Zufällig befindet sich in derselben Nummer des Journals, in der Hurter's abfällige theoretische Kritik über den Plattenthurm steht, ein Aufsatz von Guttmann, aus dem hervorgeht, dass ein Plattenthurm von 3 m Höhe für obigen Zweck die Stickstoffoxyde ebenso gut oder besser als ein Koksthurm von 15 m verdichtete, und dabei eine viel stärkere Säure (1,38 gegenüber 1,26 spec. Gew.) lieferte. Da das Steinzeug nicht wie der Koks eine reducirende Wirkung ausübt, so muss nothwendigerweise für diese Verwendung auch in chemischer Beziehung der Plattenthurm dem Koksthurme weit überlegen sein. Übrigens wird er auch von der Chemischen Fabrik Griesheim zur Umwandlung der bei ihrem patentirten Systeme der Salpetersäure-Condensation entweichenden Stickstoffoxyde in Salpetersäure angewendet.

Über Salzsäure-Condensation mit Plattenthürmen kann ich, da mir die Erfahrungen der meisten Fabriken nicht bekannt sind, nur Folgendes über Versuche mit der ersten noch sehr unvollkommenen Form des Thurmes anführen, bei der das Verhältniss zwischen Inhalt und Oberfläche viel ungünstiger als jetzt war. Zwei übereinander gestellte Thürme von je 1,7 cbm Inhalt, mit einer Plattenfläche von 6,3 qm (beide Flächen jeder Platte gerechnet) condensirten 90 Proc. der von einem Sulfat-Schalenpaar kommenden Gase, die aus je 700 k Salz in 4 Stunden entwickelt wurden; hierzu würde man in England einen Koksthurm von $2,1 \times 2,1 \times 12,2$ m angewendet haben, entsprechend einem Kubikinhalt von 57 cbm oder einer Koksfläche von 1858 qm nach Hurter's Berechnung. Die erzielte Salzsäure schwankte zwischen 15° und 22°, und zeigte im Mittel 20° B. bei 15°.

Nehmen wir nun einige Beispiele aus der Schwefelsäurefabrikation, wo die An-

wendung des Plattenthurmes noch viel jüngeren Datums ist. In einer Fabrik, wo man aus bestimmten Gründen die Nitrose bei möglichst niedriger Temperatur denittriren wollte, setzte man auf den vorhandenen Gloverthurm ein ganz kleines Platten-thürmchen von nur 13 Lagen zu je 2 Platten. Hier wird nun 80 Proc. der Denitrirungsarbeit durchgeführt, bei einer Eintrittstemperatur der Gase von 90° und Austrittstemperatur von 60°, und zwar in einem Raume von etwa 1,1 cbm, während ein Gloverthurm sonst etwa 45 cbm Inhalt hat! Natürlich hätten die letzten 20 Proc. im Verhältniss mehr Raum als die ersten 80 Proc. erfordert, aber doch nur einen kleinen Theil jener 45 cbm. Dieses Beispiel erweist zugleich, dass das Plattenthurm-System sich für die Denitrirung vorzüglich eignet. Ich nahm früher Anstand, es dafür zu empfehlen, in der Besorgniss, die Platten würden durch die Hitze und den Flugstaub zu sehr leiden; dies gilt also nur für den unteren Theil eines Gloverthurmes, während für den oberen die Platten vorzügliche Dienste leisten.

In Amerika functionirt ein Plattenthurm von 20×10 Platten als Gay-Lussac-thurm für ein Kammersystem von 6000 cbm, und soll jetzt noch das Gas eines anderen Systemes von 3700 cbm hineingeführt werden, da der Thurm für das erstere zu gross ist und eine Nitrose von nur 1,3 Proc. NaNO_3 liefert. Der wirksame Kubikinhalt des obigen Thurmes ist nur 8 cbm, während man für einen Kamerraum von 9700 cbm doch mindestens 100 cbm, meist aber doppelt oder dreimal soviel an gewöhnlichem Gay-Lussacraum braucht. Ein Koksthurm neben dem Plattenthurm ist dort gar nicht vorhanden.

Bei den Plattenthürmen, die zwischen die Bleikammern gesetzt werden, um die Reaction zu beleben und an Kamerraum zu sparen, ist zwar die Vergleichung mit Koksthürmen nicht statthaft, da ja die Bleikammern nicht mit Koks gefüllt sind. Aber dass das auch hier angewendete Constructionsprincip der Plattenthürme das richtige ist, möge dadurch belegt sein, dass nach den bisher vorliegenden Erfahrungen für jede Platte, entsprechend etwa $\frac{1}{30}$ cbm Kubikraum, ein Kamerraum von 3 bis 6,5 cbm erspart wird, also z. B. für einen Thurm von 20×10 Platten 600 bis 1300 cbm Kamerraum. In einem mir bekannten Falle hat man mit einem Thurm von 112 Platten = etwa 4 cbm, bei einem Kammersysteme von 2600 cbm eine Mehrproduktion von über 40 Proc., also ent-

sprechend dem 250 fachen des Platten-thurmRaumes erreicht, Dabei ist zu bedenken, dass sich aus leicht verständlichen Gründen bisher noch keine Fabrik dazu verstanden hat, die Plattenhürme in der von mir für die rationellste angesehenen Form zu verwenden, nämlich mit ganz kleinen Bleikammern, ja vielleicht als alleinigen Fabrikationsapparathinter einer einzigen kleinen Bleikammer, in der man nur die erste, heftigste Reaction vor sich gehen lässt. Undenkbar wäre es nicht, dass man auch diese Kammer weglassen könnte, und scheint dies nach den jetzt durch die Zeitschriften gehenden Nachrichten von Barbier gethan worden zu sein, der freilich nicht mit den Lunge-Rohrmann'schen Thürmen, sondern mit einem sehr unvollkommenen Ersatz derselben (Thürme mit Cylindern gefüllt) arbeitet. Nach der eigenen Angabe des Erfinders soll man dabei $\frac{1}{16}$ des Raumes von gewöhnlichen Bleikammern brauchen, also das 10—15 fache von dem meiner „Platten-thürme“, was sich aus deren weitaus vollkommener Function gegenüber Thürmen mit Cylinderfüllung erklärt. Mangels genauerer Nachrichten über den Erfolg des völligen Weglassens der Bleikammer möchte ich vor der Hand noch daran festhalten, hinter den Gloverthurm erst eine kleine Bleikammer und erst hinter diese die Platten-thürme zu setzen. In den mir bisher bekannten Fällen hat man aber einfach solche Thürme zwischen schon bestehende, dafür nicht besonders eingerichtete Kammern gesetzt und damit doch die oben erwähnten Mehrproduktionen erreicht.

Es ist natürlich leicht möglich, dass hier und da einer der schon aufgestellten Plattenhürme die auf ihn gesetzten Erwartungen nicht befriedigt hat und vielleicht gar wieder ausser Betrieb gesetzt worden ist. Mir ist nur ein solcher Fall bekannt geworden, aber es kann ja mehrere derselben geben. Wenn man bedenkt, wie häufig auch sonst Fehlgriffe bei der Aufstellung und Inbetriebsetzung neuer Apparate gemacht werden, und dass es mir in keinem einzigen Falle möglich gewesen ist, einen der jetzt arbeitenden Plattenhürme selbst in Betrieb zu setzen und zu überwachen, so muss man sich im Gegentheile darüber wundern, dass augenscheinlich solche ungünstige Fälle so selten vorgekommen sind. Ich darf wohl behaupten, dass unter so erschwerenden Umständen ein Fall des Gelingens mehr als zehn des Misslingens für die Beurtheilung der Richtigkeit des Principes in's Gewicht fallen sollte, und dass mithin die praktische Erfahrung schon

jetzt die Lebensfähigkeit meiner Erfindung gegenüber den Koksthürmen genügend erwiesen hat.

Verkehrt wäre es natürlich, sie für alles anwenden zu wollen, etwa auf dem Boden eines Gloverthurmes, oder in anderen Fällen, wo die Näpfchen und Löcher sich durch Flugstaub, Theer u. dgl. verstopfen können. Andererseits scheint der Platz des Platten-thurmes da am meisten gesichert zu sein, wo Koks aus chemischen Gründen weniger günstig (wie im Gay-Lussacthurm) oder geradezu verwerflich ist (wie bei der Sal-petersäure-Regeneration und in den Bleikammern selbst). Überall, wo wir mit Stickstoffsäuren zu thun haben, ist der Koks als reducirende Substanz zu fürchten, und zwar in sehr wachsendem Maassstabe bei höherer Temperatur und grösserer Concentration der Gase. Selbst für den Gay-Lussacthurm, wo die Temperatur ja ziemlich niedrig ist, habe ich längst nachgewiesen, dass der Koks alle Salpetersäure zu salpetriger Säure reducirt (Chem. Ind. 1885, 2), was zur allmählichen Zerbröckelung des Koks und Verstopfung des Thurmes führen muss; wenn aber höhere Temperaturen auftreten, so geht die Reduction weiter bis zu Stickoxyd, und werden dann wirkliche Verluste eintreten (D. Zeitschr. 1890, 95). Daher mussten die Vorschläge von Gossage u. A., den Bleikammerraum durch Füllung der Kammern mit Koks besser auszunutzen, fruchtlos bleiben; die reducirende Wirkung des Koks und die Bildung von Kohlensäure waren für den Process beide allzu schädlich. Ebenso mussten die Versuche von Thyss missglücken, da im Innern der Kammern das durch Luftkühlung nicht mehr geschützte Blei dem chemischen Angriffe bald erliegt. Ein chemisch vollkommen indifferentes Steinzeug, wie dasjenige von Rohrmann, ist hier allein am Platze, um so mehr, als gerade durch solche Apparate die Intensität der Reaction und damit die Temperatur sehr erhöht wird.

Es kann mir ja nicht einfallen zu behaupten, dass sich das von mir bei der Construction des „Platten-thurmes“ durchgeführte Princip nur gerade in dieser Form verwirklichen lasse. Gewiss sind auch andere Lösungen der Aufgabe möglich, und zwar auch solche, die anscheinend billiger zum Ziele führen. Man möge sich aber nicht darüber täuschen, dass Thonwaren von so präziser Ausführung und von so grosser Stabilität, wie sie hier erforderlich sind, eben nicht sehr billig ausgeführt werden können; anscheinend wohlfeilere Nachahmungen werden sich vermutlich sehr bald

als theurer erweisen, wenn nicht der erste Anschaffungspreis, sondern die wirkliche Leistung in Betracht gezogen wird, wie ich es schon oben bei Barbier's System nachgewiesen habe. Auch möge man in Bezug auf die Kosten nicht übersehen, was an Bodenfläche, Gebäuden, Fundamenten und Pumpen erspart wird.

Einen Nachtheil haben allerdings die Plattenthürme gegenüber den Koksthürmen, der übrigens bei ihrer Verwendung zur Verringerung des Bleikammerraumes gar nicht in Betracht kommt, nämlich den, dass sie im Verhältniss zu den mächtigen Koksthürmen nur wenig Flüssigkeit und Gas enthalten, und mithin die unvermeidlichen Verschiedenheiten im Betriebe sich nicht so gut ausgleichen. Das habe ich nie geleugnet; aber es lässt sich fast immer durch Combination des Plattenthurms mit einigen als Regulatoren dienenden Thonflaschen oder Stein-kästen verbessern. In anderen Fällen, z. B. bei Gay-Lussacthürmen und Gloverthürmen, wird man einem Plattenthurm den Haupttheil der Aufgabe zuweisen können, während beim Gay-Lussac ein gewöhnlicher Koksthurm die abgekühlten armen Gase, beim Glover ein Steinhurm die allzu heissen und mit Flugstaub verunreinigten ersten Gase aufnimmt. In beiden Fällen hat man den Vortheil, dass bei der geringen Höhe des Plattenthurmes dieser Apparat unter bez. auf den anderen Thurm gesetzt und durch ein einziges Pumpen der Säure für beide zusammen bedient wird. In dem oben erwähnten Falle in Amerika, wo ein Plattenthurm ohne Koksthurm vollkommen befriedigend als Gay-Lussacthurm funktionirt, ist er so aufgestellt, dass die Nitrose ohne Pumpen direct auf den Gloverthurm fliesst, was ja bei einem Koksthurm kaum durchführbar wäre.

Zürich, Mai 1893.

**Eine Modification
der Neubauer'schen Caramelbestimmung
in mit Zucker gebranntem Kaffee.**

(Mittheilung aus dem Laboratorium des Gerichts-Chemikers Dr. Bein-Berlin.)

Von

Dr. J. Stern und Dr. A. Prager.

Die zuerst von Liebig (Chem. Centr. 1866, 575) empfohlene Methode des Kaffee-brennens mit Zucker zum Zwecke der dauernden Erhaltung der beim Brennen sich

bildenden, das Aroma des Kaffees darstellenden aromatischen Principe, hat sich in den letzten Jahren in grösserem Maassstabe bei uns eingebürgert und wird von bedeutenden Firmen nicht zum Nachtheil des consumirenden Publikums ausgeführt. Die auf diese Art gebrannten, sich z. Th. einer grossen Beliebtheit erfreuenden Kaffees sind insofern Gegenstand häufiger Untersuchungen, als durch einen übermässigen Zusatz von Zucker beim Rösten der Caramelgehalt eine solche Höhe erreichen kann, dass durch den relativ niedrigen Kaffegehalt der Nutzen dieser Art des Röstens aufgehoben werden kann. Es ist daher von grosser Wichtigkeit, Kaffees bei Händlern und Producenten auf ihren Caramelgehalt controliren zu können, um zu ermessen, ob es sich bei derartigen Kaffeesorten um eine in gewinnstüchtiger Absicht beigebrachte Gewichtsvermehrung handelt.

Die einzige Methode der Caramelbestimmung in mit Zucker gebrannten Kaffees, welche zuverlässige Resultate gibt, ist die Neubauer'sche. Nach derselben werden abgewogene Mengen des fraglichen mit Zucker gebrannten, nicht zerkleinerten Kaffees mit Äther gleichmässig befeuchtet, mit gewogenen Mengen kochenden Wassers übergossen und unter fleissigem Umrühren $\frac{1}{4}$ Stunde damit in Berührung gelassen. Nach dieser Zeit wird die Flüssigkeit abfiltrirt und auf ein bestimmtes Volumen gebracht. Der Extract wird durch Abdampfen eines Theils der Lösung und durch Trocknen im Luftstrom quantitativ bestimmt.

Da bei dieser Behandlung ein jeder — selbst nicht mit Zucker gebrannter — Kaffee je nach dem stärkeren oder geringeren Grade der Röstung wechselnde Mengen von Extract abgibt, so wurden dieselben Bestimmungen auf verschieden gebrannte Kaffeesorten ausgedehnt und der Extractgehalt bestimmt.

Neubauer fand im Mittel für verschiedene ungleich stark ohne Zucker gebrannte Kaffees einen Extractgehalt von 1,23 Proc.

— Die nach dieser Methode von uns ausgeführten Extractbestimmungen in vielen verschiedenen, ohne Zucker gebrannten Kaffees ergaben einen Durchschnitt von 1,29 Proc. und wir haben diese Zahl unseren Versuchen zu Grunde gelegt.

Unsere Modification der Neubauer'schen Methode, welche auszuarbeiten wir wegen der in grosser Anzahl zugleich auszuführenden Bestimmungen veranlasst wurden, hat den Vortheil, dass das zeitraubende und viel Gefässe erfordерnde Eindampfen und Trocknen bei bestimmter Temperatur in Wegfall