

davon überzeugt zu haben, daß man auf diesem Wege auch nicht weiter kommt, so ignoriert Herr Raschig wieder die bereits vorhandenen Arbeiten über die Zwischenverbindungen bei der Molybdänsäurekatalyse (Brode¹⁷), bei der Jodionenkatalyse (Brode¹⁷, Walton¹⁸), bei der Benzoinsynthese (Stern¹⁹), die Studien über Stufenreaktionen, gekoppelte Reaktionen und Übertragungskatalysen (Ostwald²⁰, Engler²¹, Luther und Schilow²², Federlin²³, Manchot²⁴) und ebenso die von Haber und mir²⁵) in dieser Zeitschrift gebrachte Verwahrung gegen den Versuch, Ostwalds Äußerungen über Zwischenreaktionen als eine Abweisung derselben zu deuten.

Ebenso spricht Herr Raschig vom Einflusse elektrischer Kreisströme auf die Reaktionsgeschwindigkeit (S. 1761), ohne zu beachten, daß Ähnliches bereits mit bisher negativem Resultat experimentell²⁶) untersucht ist. In dieselbe Klasse unfruchtbare Phantasien gehört der geheimnisvolle Hinweis, daß das Eisen, wie es leicht magnetisierbar sei, auch leicht passivierbar sei (S. 1760). Herr Raschig übersieht, daß auch das nicht leicht magnetisierbare Aluminium sehr leicht passivierbar ist.

Es ist auch durchaus verständlich, wenn Herr Raschig durch ungenügende Rücksicht auf die wissenschaftlichen Lehren und Beobachtungen von der chemischen Reaktionsgeschwindigkeit sich selbst beständig bei seinen Betrachtungen gekünstelte Widersprüche und Rätsel konstruiert, die er dann mit seiner blenden Zauberformel „Formänderung der Moleküle“ scheinbar spießend löst. So wundert Herr Raschig sich auf S. 1758 darüber, daß bei demselben Energieabfall eine Reaktion den Umweg von Zwischenreaktionen einschlägt, wo ihr doch die Energie zu einem großen direkten Sprunge innenwohnt. Nun ist man aber längst darüber einig, daß die Energie eines Vorganges durchaus nichts Eindeutiges über die Geschwindigkeit²⁷) desselben aussagt. So wird z. B. eine Akkumulatorenbatterie dieselbe Menge Energie bei derselben Span-

nung mit viel langsamerer Geschwindigkeit durch einen großen Widerstand A von z. B. 10 000 Ohm entladen, als durch zwei hintereinander geschaltete, kleine Stufenwiderstände B und C von z. B. 1 und bzw. 2 Ohm. Schaltet man also den Weg A und parallel dazu den Weg B + C gleichzeitig zwischen die Pole der Batterie²⁸), so wird es niemand verwundern, wenn der elektrische Strom mit derselben Menge Energie den „Umweg“ über die zwei hintereinander geschalteten Stufenstrecken B + C in „zwei Sprüngen“ mit dem kleinen Widerstand 3 Ohm dem „direkten“ Wege auf dem einfachen Sprunge A, der aber größer Widerstand 10 000 bietet, vorzieht.

Herr Raschig betont mit Recht, daß die molekularhypothetischen Spekulationen, die er bringt, nicht neu sind²⁹). In der Tat hat schon Lemery vor bald 200 Jahren, wie man bei Ostwald³⁰) ergötzt liest, die Wirkung des Königswassers auf Gold durch einen Gedanken, welcher den Raschig'schen verwandt erscheint, nämlich durch „Einbohren der Stacheln der Säuremoleküle in die Goldteilchen“ erklärt. Natürlich beruhte dann die Ausfällung des Goldes auf dem Abbrechen dieser Stacheln. Einem Lemery wird niemand seine naiven Grübeleien vor zwei Jahrhunderten verdenken. Wenn aber heute, nachdem ein Berthollet, Wilhelmy, Harcourt und Esson, Guldberg, Waage, Clausius, Bunsen, Helmholz, Maxwell, Gibbs u. a.³¹) uns exakte experimentelle und theoretische Methoden der Naturbetrachtung in die Hand gegeben haben, auf jene geistreichelnde, verschwommene Pseudatomistik vergangener Tage zurückgegriffen wird, so scheint es mit der Ehrung dieser unserer wirklich solid bauenden „alten Meister“ der Naturforschung doch noch immer nicht ganz geheuer zu sein.

¹⁷⁾ J. Brode, Z. physikal. Chem. **49**, 208 (1904).

¹⁸⁾ J. H. Walton, Z. physikal. Chem. **47**, 185 (1904).

¹⁹⁾ E. Stern, Z. physikal. Chem. **50**, 513 (1905).

²⁰⁾ Ostwald, Z. physikal. Chem. **34**, 248 (1900).

²¹⁾ Engler und Weißberg, Studien üb. d. Vorgänge d. Autoxydation (Braunschweig 1904).

²²⁾ R. Luther und N. Schilow, Z. physikal. Chem. **46**, 777 (1903); N. Schilow, Z. physikal. Chem. **42**, 641 (1903).

²³⁾ Federlin, Z. physikal. Chem. **41**, 565 (1902).

²⁴⁾ Manchot, Lieb. Ann. **325**, 93 u. 105 (1902).

²⁵⁾ Diese Z. **16**, 557 (1903).

²⁶⁾ Nach M. Loeb besteht kein Einfluß eines magnetischen Feldes auf eine Reaktionsgeschwindigkeit, Z. physikal. Chem. **7**, 518 (1891); siehe auch A. de Hempstinne, Zeitschr. f. physik. Chemie **34**, 669 (1900).

²⁷⁾ Vgl. z. B. Nernst, Theoret. Chemie (4. Aufl.) S. 655.

Die Beaufsichtigung der Wasserreinigungsanlagen.

Von v. COCHENHAUSEN-Chemnitz.

(Eingeg. d. 19.7. 1906.)

Die chemischen Prozesse, durch welche die Entfernung der in dem Wasser gelösten Kalk- und Magnesiasalze erreicht werden kann, sind vor länger als 20 Jahren erkannt worden, und es herrscht jetzt kein Zweifel darüber, daß man nur bei Anwendung derjenigen Reagenzienmengen, welche nicht nur aus den Resultaten einer vollständigen Wasseranalyse, sondern auch aus den Ergebnissen einiger schnell auszuführenden Versuche ermittelt werden können, eine befriedigende Wasserreinigung erzielen

²⁸⁾ Vgl. Brode, l. c. S. 305.

²⁹⁾ Auch „gesammelt“ sind sie bereits, aber kritisch.

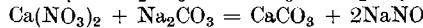
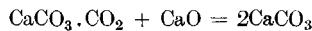
³⁰⁾ Ostwald, Lehrb. d. allgem. Chemie II (2), 4—8.

³¹⁾ Um von den Lebenden zu schweigen.

kann. Diese Versuche müssen mit Sachkenntnis und großer Genauigkeit und demnach nur von einem Chemiker, welcher die hierzu erforderlichen Spezialkenntnisse besitzt, ausgeführt werden. Trotzdem nun jeder Chemiker, welcher sich mit diesem, für den Fachmann durchaus nicht schwierigen Gebiet der chemischen Technologie beschäftigt hat, die Richtigkeit dieser Ansicht als selbstverständlich angesehen wird, begegnet man in der technischen Literatur von Zeit zu Zeit Arbeiten¹⁾, welche den Beweis liefern, daß diese Ansicht von Nichtchemikern nicht geteilt wird. Die ältere dieser unten angeführten Arbeiten ist seiner Zeit von Ost²⁾ in der ihr gebührenden Weise zurückgewiesen und auch von dem Verf.³⁾ kritisiert worden. In dem Werk von Wehrenpfennig muß der chemische Teil als vollkommen mißglückt bezeichnet werden; die Erklärung und Beschreibung der Reinigungsapparate ist klar und verständlich, und ihr Studium ist empfehlenswert.

In den beiden Arbeiten wird angenommen, daß die gewählten Untersuchungsmethoden unter allen Umständen genaue Resultate liefern, und es werden mit Hilfe von mathematischen Formeln, welche nicht immer richtig sind, die erforderlichen Reagenzien berechnet. Hierbei werden nach dem Vorschlag Wehrenpfennigs alle durch die Untersuchung gefundenen Verbindungen, CaO, MgO, CO₂ auf die äquivalenten Mengen von CaO resp. auf Härtegrade umgerechnet, und schließlich müssen die in Härtegraden ausgedrückten Resultate dieser Rechnung wieder auf Gewichtsmengen CaO, NaOH und Na₂CO₃, welche zur Reinigung erforderlich sind, umgerechnet werden. Die vollständige Beherrschung dieser Umrechnungsmethode verlangt eine chemische Ausbildung, welche der „Praktiker“, für den das Wehrenpfennigsche Werk bestimmt ist, wohl selten besitzt, und wenn er über sie verfügt, so wird er das Berechnungsverfahren nicht anwenden, weil die dem Chemiker bekannte Analysenberechnung weit einfacher ist. Im übrigen liefern die zahlreichen Unrichtigkeiten, Fehler und Irrtümer in dem Wehrenpfennigschen Werk den deutlichsten Beweis, daß chemische Arbeiten nicht mechanisch ausgeführt werden dürfen, man kann in ihm aber auch von neuem den lebhaften Wunsch aller Maschinentechniker erkennen, ein einfaches, nach Vorschrift auch durch den Laien ausführbares Verfahren der Wasseruntersuchung zu besitzen — ein Wunsch, der bis jetzt noch nicht erfüllt worden ist.

Daß die in einem Wasser gelösten Kalksalze durch die äquivalenten Mengen von Kalk und Soda nach den Gleichungen



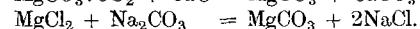
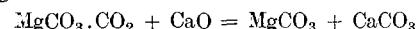
als neutrales Carbonat, welches in Wasser nur sehr

¹⁾ Die Untersuchung des Wassers von A. M. Friedrich, Der Civilingenieur 1887, 193—232, 571; Die Untersuchung und Weichmachung des Wassers von E. F. Wehrenpfennig, Wiesbaden, Kreidels Verlag, 1905.

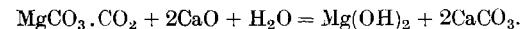
²⁾ Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens N. F. 25, Heft 2 (1888).

³⁾ Der Civilingenieur 1887, 563 (Die Arbeit ist im Namen- und Sachregister nicht aufzufinden).

schwer löslich ist, ausgefällt werden können, ist seit langer Zeit bekannt, und man nahm früher an, daß Kalk und Soda eine gleiche Wirkung auf die Magnesiasalze ausüben:



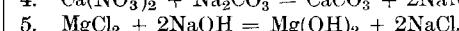
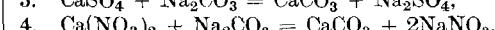
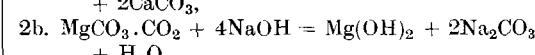
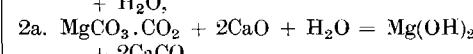
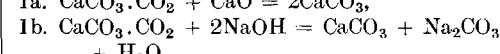
Da aber das neutrale MgCO₃ in Wasser leicht löslich ist, so glaubte man lange Zeit, daß die Magnesiaverbindungen nur durch einen Überschuß von Kalk in das sehr wenig lösliche Mg(OH)₂ verwandelt werden können. Stingl schlug zuerst vor, anstatt des Kalkes Ätnatron zu verwenden, hat jedoch von diesem Vorschlage bei den gemeinschaftlich mit Beringer eingerichteten Wasserreinigungsanlagen niemals Gebrauch gemacht, weil er gefunden hatte, daß kein Überschuß von Kalk, sondern nur so viel nötig ist, daß Mg(OH)₂ entstehen kann.



Stingl hat jedoch über diese Reaktion niemals etwas veröffentlicht. Der Nachweis, daß MgCO₃ · CO₂ ohne einen Überschuß von Kalk, entsprechend der vorstehenden Gleichung in Mg(OH)₂ verwandelt werden kann, und daß ein mit Kalk bei gewöhnlicher Temperatur gereinigtes Wasser bereits nach 2 Stunden nur noch so viel Magnesia enthält, als der Löslichkeit der Mg(OH)₂ in Wasser entspricht, ist von dem Verf. zuerst 1886 bekannt gegeben worden⁴⁾. Günsberg⁵⁾ gibt z. B. noch 1878 an, daß aus einer Lösung von MgCO₃ · CO₂ durch CaO nur 38—40% des ursprünglich vorhandenen Magnesiegehaltes abgeschieden wird. Die von Günsberg angewandten Kalkmengen sind nach der Formelgleichung:

$$\text{MgCO}_3 \cdot \text{CO}_2 + \text{Ca(OH)}_2 = \text{MgCO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$
 berechnet worden und haben nur deshalb eine Abscheidung von MgCO₃ bewirkt, weil mit sehr konz. Lösungen (3,796 g MgO als MgCO₃ · CO₂, entsprechend 7,97 g MgCO₃ in 1 l) gearbeitet worden ist.

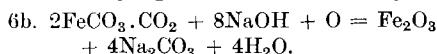
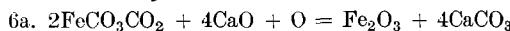
Man nimmt jetzt ganz allgemein an, daß bei der Wasserreinigung alle Kalkverbindungen in neutrales CaCO₃ und alle Magnesiaverbindungen in Mg(OH)₂ verwandelt werden, welche sich infolge ihrer geringen Löslichkeit abscheiden. Die zur Verwendung kommenden Materialien sind Kalk, Soda und Ätnatron, und es muß je nach der Art und Menge der abzuscheidenden Kalk- und Magnesiaverbindungen einer dieser drei Stoffe allein oder Soda und Ätnatron oder Kalk und Ätnatron verwendet werden. Der letzte Fall ist der häufigste. Die Reaktionen verlaufen nach folgenden Gleichungen:



⁴⁾ Programm der Technischen Staatslehranstalten in Chemnitz 1886, 24.

⁵⁾ Dingl. Journ. 228, 451.

Das $\text{FeCO}_3 \cdot \text{CO}_2$ wird durch Kalk oder Ätznatron als Fe(OH)_2 abgeschieden, welches durch den Luftgehalt des Wassers in $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$ verwandelt wird. Man verwendet daher für diese Verbindung eine Menge Kalk, welche der bei der Gewichtsanalyse gewogenen Menge Fe_2O_3 äquivalent ist, also 4CaO resp. 8NaOH ,



Enthält ein Wasser freie Kohlensäure, so ist noch eine ihr äquivalente Menge Kalk nötig. Von der Anwesenheit freier Kohlensäure soll zunächst abgesehen werden. Wenn Kondenswasser zur Kesselspeisung verwendet werden soll, so muß auch die Anwesenheit der verwendeten Maschinenölschmiermittel berücksichtigt werden.

In einem natürlichen, nicht verunreinigten Wasser müssen die bei der vollständigen Analyse gefundenen Basen CaO , MgO , Na_2O und die Säuren CO_2 (gebundene), SO_3 , HCl , N_2O_5 sich gegenseitig sättigen. In welcher Weise man sie zu Salzen vereinigt ist für die Berechnung der zur Reinigung erforderlichen Mengen von Kalk und Soda gleichgültig; gewöhnlich gruppirt man sie nach der Vorschrift von Kubel-Tiemann⁶⁾. Die Berechnung der für jede Verbindung erforderlichen Mengen Kalk, Soda und Ätznatron auf Grund der vorstehenden Gleichungen bietet keine Schwierigkeiten, soll aber an dem folgenden Beispiel gezeigt werden. Ein Kubikmeter Wasser enthält:

Gebundene Kohlensäure, CO_2 ,	81,9 g
Chlor, Cl	79,7 g
Schwefelsäure, SO_3	122,0 g
Salpetersäure, N_2O_5	40,5 g
Natron, Na_2O	20,0 g
Kalk, CaO	157,4 g
Magnesia, MgO	70,0 g
Eisenoxyd, Fe_2O_3	3,1 g
Kieselsäure, SiO_2	9,2 g
Deutsche Härte	25,54 °

Da die Lösungen der Reagenzien vor dem Zusatz zu dem zu reinigenden Wasser gemischt werden, so setzt sich das in Gestalt von gesättigtem Kalkwasser angewendete CaO mit dem Na_2CO_3 um zu 2NaOH und CaCO_3 , welches die Niederschläge in den Klärapparaten unnötig vermehrt und die Röhren verstopfen kann. Man verwendet daher anstatt Na_2CO_3 die äquivalente Menge 2NaOH und ver-

ringert die Menge des Kalkes um die für diese Umsetzung erforderliche Menge. Da im vorliegenden Falle die erforderlichen 201,4 g Na_2CO_3 152,0 g NaOH geben und hierzu 106,4 g CaO verbraucht werden, so muß ein Kubikmeter des Wassers gereinigt werden mit $161,8 - 106,4 = 55,4$ g CaO und $64,0 + 152,0 = 216,0$ g NaOH . Der Reinigungsprozeß verläuft alsdann nicht nach den Gleichungen 1a, 2a, 6a, sondern nach den Gleichungen 1b, 2b, 6b, so daß die dabei zurückgebildete Soda zur Wirkung kommen kann.

Die Kenntnis aller in dem Wasser gelösten Stoffe ist jedoch für die Berechnung der erforderlichen Reinigungsmaterialien nicht nötig, es genügt bereits die Kenntnis weniger Stoffe, welche man sich schnell und mit genügender Genauigkeit verschaffen kann. Kalmann⁷⁾ benutzt hierzu die Menge der gebundenen Kohlensäure, den Gesamtgehalt an Kalk und die Gesamthärte des Wassers. Wehrenpfennig⁸⁾ benutzt diese Kalmannsche Berechnungsart, drückt jedoch die Mengen der auszufüllenden Verbindungen und der Fällungsmittel in äquivalenten Härtegraden aus. Eine zweite, von Pfeifer⁹⁾ herührende Berechnungsart benutzt die Menge der gebundenen Kohlensäure, den Gesamtgehalt an Magnesia und die bleibende Härte. Um sich ein Urteil über diese zwei Berechnungsarten bilden zu können, muß zunächst die Genauigkeit der Methoden betrachtet werden, welche für die Bestimmung der Kohlensäure, des Kalks, der Magnesia und der Härte vorgeschlagen und üblich sind. Diese Untersuchungsverfahren sind schon früher von Pfeifer und Gritter einer eingehenden Prüfung unterzogen worden, deren Resultate als vollkommen zutreffend bezeichnet werden können. Es soll daher, um Wiederholungen zu vermeiden, hier auf diese beiden Arbeiten⁹⁾ verwiesen und nur einige Ergänzungen zu den Resultaten derselben angegeben werden.

Es bedeuten: vorübergehende oder temporäre Härte H_t diejenige Härte, welche von den Carbonaten herrührt, also äquivalent ist der gebundenen Kohlensäure, bleibende oder permanente Härte H_p diejenige Härte, welche von den übrigen Kalk- und Magnesiasalzen, CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, MgCl_2 herrührt und Gesamthärte H die vorübergehende + bleibende Härte. Die nach dem Kochen des Wassers bleibende Härte, welche Pfeifer mit Recht scheinbar permanente nennt, wird nicht berück-

Vorhandene Salze nach Kubel-Tiemann	Bestandteile der vorhandenen Salze	Erforderliche Reinigungsmaterialien		
		CaO	Na_2CO_3	NaOH
NaCl = 37,7 g	$\text{Na}_2\text{O} = 20,0$ g	Cl = 22,9 g	—	—
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 = 61,5$ g	$\text{CaO} = 21,0$ g	$\text{N}_2\text{O}_5 = 40,5$ g	—	39,8
$\text{MgCl}_2 = 76,0$ g	$\text{MgO} = 32,0$ g	Cl = 56,8 g	—	64
$\text{CaSO}_4 = 207,4$ g	$\text{CaO} = 85,4$ g	$\text{SO}_3 = 122,0$ g	—	161,6
$\text{CaCO}_3 = 91,1$ g	$\text{CaO} = 51,0$ g	$\text{CO}_2 = 40,1$ g	51,0	—
$\text{MgCO}_3 = 79,8$ g	$\text{MgO} = 38,0$ g	$\text{CO}_2 = 41,8$ g	106,4	—
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3,1$ g			4,4	—
$\text{SiO}_2 = 9,2$ g			—	—
			161,8 g	201,4 g
				64,0 g

⁶⁾ Anleitung zur Untersuchung von Trinkwasser von Kubel u. Tiemann, Braunschweig, Vieweg, S. 161.

⁷⁾ Mitteilungen des Technol. Gewerbemuseums in Wien 1890, N. F., Jahrg. II, 12.

⁸⁾ I. c., S. I. ⁹⁾ Diese Z. 14, 198, 847 (1902).

sichtigt, da die Heranziehung dieses Begriffes zwecklos ist.

I. Bestimmung der gebundenen Kohlensäure.

Die gebundene Kohlensäure kann sehr schnell und mit großer Genauigkeit durch Neutralisieren von 250 ccm des Wassers mit $1/10$ -n. Salzsäure bei gewöhnlicher Temperatur bestimmt werden¹⁰⁾. Als Indikator verwendet man Methylorange, welches gegen Kohlensäure ganz unempfindlich ist. Da 1 ccm $1/10$ -n. Salzsäure 3,618 mg HCl enthält, welche 2,184 mg gebundene CO₂ austreiben und 2,732 mg CaO äquivalent sind, so zeigt bei Anwendung von 250 ccm Wasser 1 ccm verbrauchte $1/10$ -n. Salzsäure 8,736 mg gebundene CO₂ in 1 l Wasser oder 1,09° vorübergehende Härte, Ht. an.

II. Bestimmung des Kalks.

L. W. Winkler¹¹⁾ wollte die von Clark vorgeschlagene Härtebestimmung dadurch vervollständigen, daß er ohne vorhergehende Fällung des Kalkes mittels einer Kaliummoleatlösung unter Zusatz von Seignettesalz und Kaliumoxydhydrat den Kalk und die Magnesia bestimmte. Das Verfahren ist von Grittner (l. c.) für unbrauchbar befunden worden. Kraut¹²⁾ bestimmt den Kalk, indem er ihn durch eine gemessene, zur Ausfällung genügenden Menge $1/10$ -n. Oxalsäure ausfällt und den angewendeten Oxalsäureüberschuß durch $1/10$ -n. Chamäleonlösung zurückmißt. Nach Fresenius¹³⁾ ist jedoch, wenn Magnesia zugegen ist, immer Gefahr vorhanden, daß mit dem oxalsauren Calcium auch oxalsaurer Magnesium niederfällt. Da außerdem das zum Neutralisieren erforderliche Ammoniak und auch das zu untersuchende Wasser stets organische Stoffe enthalten, welche ebenfalls übermangansaures Kalium beanspruchen, so gibt auch dieses Verfahren unbrauchbare Resultate. Man ist daher bei der Bestimmung des Kalks auf die Gewichtsanalyse angewiesen, welche für den vorliegenden Zweck zuviel Zeit beansprucht.

III. Bestimmung der Magnesia.

Das Verfahren von Pfeiffer, welcher im Anschluß an die Bestimmung der Kohlensäure nach dem Neutralisieren des Wassers die Magnesia durch Kalkwasser von bekanntem Gehalt ausfällt und den Überschuß des Kalkes mit $1/10$ -n. Säure zurückmißt, ist auf seine Brauchbarkeit für die Wasseruntersuchung noch nicht geprüft worden. Besonders ist hierbei die Löslichkeit von Mg(OH)₂ in Wasser und verd. Salzlösungen ebenso wenig berücksichtigt worden, wie die Löslichkeit dieser Verbindung und des neutralen CaCO₃ bei den Verfahren für die schnelle Ermittlung der für die Wasserréinigung erforderlichen Reagenzien meistens nicht genügend oder gar nicht beachtet wird¹⁴⁾.

Bei allen quantitativen Untersuchungen, bei welchen die Abscheidung von Mg(OH)₂ durch Natron oder Kalk erfolgt, müssen alle Lösungen,

welche titriert werden sollen, vollkommen klar sein; dieses ist nur zu erreichen bei Verwendung von gehärteten Filtern (Nr. 605 von Schleicher und Schüll). Da ferner jedes Filtrierpapier kleine Mengen gelöster Stoffe aus den Lösungen zurückhält, welche in Anbetracht der bei der Wasseruntersuchung zur Verwendung kommenden sehr verdünnten Flüssigkeiten einen großen Einfluß auf das Untersuchungsresultat haben können, so müssen von jedem Filtrat 150–200 ccm durch das Filter abgelaufen sein, bevor man das Filtrat zum Titrieren verwendet. Aus diesem Grund ist es auch zu empfehlen, anstatt 100 ccm Wasser, welche für diese Bestimmungen gewöhnlich verwendet werden, 200–250 ccm anzuwenden.

Alle nachfolgenden Messungen sind mit an-nähernd $1/10$ -n. Salzsäure ausgeführt worden; die verbrauchte Menge wurde auf $1/10$ -n. Säure umgerechnet. Die benutzten Atomgewichte entstammen Erdmanns Lehrbuch der anorganischen Chemie.

Die Absorption von Kalk durch Filtrierpapier ist aus folgenden Versuchen ersichtlich. 100 ccm klares gesättigtes Kalkwasser brauchten zum Neutralisieren (Methylorange als Indikator) 41,52 ccm $1/10$ -n. Salzsäure. Dieses Kalkwasser brauchte nach dem Filtrieren durch ein Faltenfilter Nr. 605 von Schleicher und Schüll 41,00 ccm $1/10$ -n. Säure und nach nochmaligem Filtrieren durch ein frisches Filter nur noch 40,46 ccm $1/10$ -n. Säure. 100 ccm desselben Kalkwassers wurden mit ausgekochtem, unter Luftabschluß erkalteten, destillierten Wasser auf 1000 ccm verdünnt. 200 ccm dieses verd. Kalkwassers brauchten 8,31 ccm $1/10$ -n. Säure, nach dem Filtrieren brauchten die ersten 200 ccm 8,18 ccm, die zweiten 200 ccm 8,30 ccm und die folgenden 200 ccm 8,31 ccm $1/10$ -n. Säure.

Die Löslichkeit des neutralen CaCO₃ und des Mg(OH)₂ in Wasser wurden in der Weise bestimmt, daß gefälltes, ausgewaschenes CaCO₃ und MgO, welche durch Glühen von gefälltem, ausgewaschenem bas. MgCO₃ bis zur Gewichtskonstanz erhalten war, mit ausgekochtem, unter Luftabschluß erkaltetem destillierten Wasser mehrere Stunden lang geschüttelt wurde; 200 ccm wurden nach Fortlassung der ersten 200 ccm des Filtrates mit $1/10$ -n. Säure titriert. Bei einer größeren Anzahl gut übereinstimmender Versuche wurden gefunden für

1000 ccm Lösung von CaCO₃ 3,66 ccm $1/10$ -n. HCl = 0,01816 g CaCO₃ = 0,01018 g CaO = 1,02° Härte,

1000 ccm Lösung von Mg(OH)₂ 5,40 ccm $1/10$ -n. HCl = 0,01082 g MgO, äqu. 0,01503 g CaO = 1,50° Härte.

Als neutrales CaCO₃ und MgO zusammen in gleicher Weise behandelt worden waren, wurden für 1000 ccm 8,50 ccm $1/10$ -n. Säure verbraucht, entsprechend 2,37° Härte.

Da bei der Härtebestimmung das durch $1/10$ -n. Salzsäure neutralisierte Wasser, welches daher MgCl₂, CaCl₂ und CaSO₄ enthält, mit einem Überschuß von titrierter Natron-Sodalauge gekocht und hierauf der Überschuß des Fällungsmittels zurückgemessen wird, so enthält das Filtrat außer dem Überschuß von NaOH und Na₂CO₃ auch noch NaCl und Na₂SO₄. Um den Einfluß dieser Salze auf die Löslichkeit des

¹⁰⁾ Fleck, Z. anal. Chem. 1868, 351; 1872, 333.

¹¹⁾ Z. anal. Chem. 1901, 82.

¹²⁾ Chem. Centralbl. 1856, 316.

¹³⁾ Quantit. Analyse 2, 821.

¹⁴⁾ Diese Z. 14, 195 (1902).

CaCO_3 und des $\text{Mg}(\text{OH})_2$ festzustellen, wurde angenommen, daß die Härte eines Wassers von folgender Zusammensetzung nach dem Verfahren von W a r t h a bestimmt werden soll.

$$\left. \begin{array}{l} 0,03032 \text{ g CaO als } \text{CaSO}_4 \\ 0,02375 \text{ g CaO als } \text{CaCO}_3 \\ 0,02822 \text{ g MgO als } \text{MgCO}_3 \\ 0,02500 \text{ g NaCl} \end{array} \right\} 5,40^\circ \text{ Härte.}$$

$$\left. \begin{array}{l} 3,95^\circ \\ \end{array} \right\} 9,35^\circ \text{ Härte.}$$

Wenn in diesem Wasser nach dem Verfahren von W a r t h a die Härte bestimmt wird, so entsteht eine Lösung, welche außer dem im Überschuß angewendeten NaOH und Na_2CO_3 noch 0,0769 g

Na_2SO_4 und 0,1571 g NaCl pro 1 l enthält. Von einer Lösung von 0,769 g Na_2SO_4 und 1,571 g NaCl in 1000 ccm Wasser wurden mehrere Verdünnungen hergestellt; von diesen wurden je 250 ccm mit derselben Menge $1/10\text{-n}$. Natron-Sodalösung versetzt, welche zum Fällen der Calcium- und Magnesiumsalze nötig gewesen wäre, da das Doppelte der erforderlichen Menge angewendet werden soll, hierauf die der angewendeten Menge Na_2SO_4 und NaCl entsprechende Menge gefälltes CaCO_3 und $\text{Mg}(\text{OH})_2$, welche in Wasser suspendiert abgemessen werden, hinzugefügt, gekocht, auf 500 ccm aufgefüllt und 250 ccm des Filtrates mit $1/10\text{-n}$. Säure titriert.

Ein Liter enthält 0,769 g Na_2SO_4 und 1,571 g NaCl	Entsprechend einem Wasser mit einer Härte von	Verbrauch an $1/10\text{-n}$. Säure für 500 ccm Filtrat	Die angewendete Natron-Soda- lösung verlangt	Mehrverbrauch an $1/10\text{-n}$. Säure	Entsprechend einem geringeren Hartebefund von
50 ccm auf 1 l verdünnt	4,67°	5,90 ccm	5,30 ccm	0,60 ccm	0,64°
100 ccm „ 1 l „	9,35°	11,10 ccm	10,60 ccm	0,50 ccm	0,53°
150 ccm „ 1 l „	14,02°	16,20 ccm	15,90 ccm	0,30 ccm	0,32°
200 ccm „ 1 l „	18,70°	21,50 ccm	21,20 ccm	0,30 ccm	0,32°

Da die Löslichkeit des CaCO_3 und des $\text{Mg}(\text{OH})_2$ in reinem Wasser für 1 l 2,37° Härte entspricht, so wird sie durch die bei der Ausfällung der Calcium- und Magnesiumsalze entstehenden Na_2SO_4 und NaCl und durch die im Überschuß angewendeten Mengen von NaOH und Na_2CO_3 sehr verkleinert. Man kann hieraus den Schluß ziehen, daß die Härtebestimmung nach W a r t h a Resultate ergibt, welche je nach der Härte des Wassers um 0,6° bis 0,3° zu klein sind und dementsprechend korrigiert werden können. P f e i f e r¹⁵⁾ hat die bei der Härtebestimmung nach W a r t h a erhaltenen Flüssigkeiten eingedampft und in dem Rückstand eine Menge von CaO und MgO gefunden, welche 0,4° Härte entsprach.

Bei der maßanalytischen Bestimmung der Magnesia nach dem Verfahren von P f e i f e r¹⁵⁾ durch Ausfällen mit titriertem Kalkwasser und Zurückmessen des angewendeten Kalküberschusses müssen mehrere Fehlerquellen berücksichtigt werden.

1. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ist in Wasser, welches CaCl_2 und $\text{Ca}(\text{OH})_2$ enthält, nicht unlöslich. Hierdurch wird die Menge des gefundenen MgO verringert.

2. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ schleidet mechanisch um so mehr CaO ab, je mehr Kalk bei der Untersuchung angewendet worden ist. Ein Überschuß an Kalk muß angewendet werden, er darf jedoch nicht zu groß sein. Hierdurch wird die Menge des gefundenen MgO vergrößert.

3. Die Löslichkeit des Kalkes in Wasser nimmt mit Zunahme der Temperatur ab. Auch hierdurch kann das vorhandene MgO zu hoch gefunden werden.

4. Wenn nach dem Neutralisieren des zu untersuchenden Wassers die Kohlensäure nicht vollständig durch Kochen entfernt worden ist, so nimmt auch sie Kalk in Anspruch, und das Resultat wird zu hoch gefunden.

5. Alle Filterprozesse müssen durch gehärtete Faltenfilter Nr. 605 von S c h l e i c h e r und S c h ü l l ausgeführt, und die zuerst ablaufenden 200 ccm müssen wegen der Absorptionskraft des Filterpapiers fortgelassen werden.

Um festzustellen, in welcher Weise die beiden ersten Fehlerquellen sich gegenseitig ausgleichen, wurden verschiedene konz. Lösungen von MgCl_2 mit bekanntem Gehalt an MgO mit verschiedenen Mengen Kalkwasser behandelt. 200 ccm der Lösungen von MgCl_2 wurden mit dem Kalkwasser zum Kochen erhitzt, nach dem Erkalten auf 500 ccm verdünnt, durch Faltenfilter Nr. 605 wurden nach Fortlassung der ersten 200 ccm Flüssigkeit 200 ccm abfiltriert und mit $1/10\text{-n}$. Säure zurückgemessen. Bei den Versuchen 1—6 wurde nicht gekocht, sondern nach einigen Stunden abfiltriert. Die Resultate sind in der Tabelle auf Seite 1992 zusammengestellt.

Aus diesen Versuchsresultaten geht hervor:

1. Das Verfahren gibt, bei gewöhnlicher Temperatur ausgeführt, ganz unbrauchbare Resultate, Versuche 1—6.

2. Bei einem Überschuß von Kalkwasser wird viel CaO durch das $\text{Mg}(\text{OH})_2$ mechanisch abgeschieden; infolgedessen findet man zuviel MgO, Versuche 7—22.

3. Bei einem geringen Überschuß an Kalkwasser sind die Resultate befriedigend, Versuche 23—38. Da $\text{Mg}(\text{OH})_2$ nicht vollständig unlöslich ist, so hätte beim Zurückmessen des im Überschuß verwendeten Kalkwassers mit $1/10\text{-n}$. Säure diese Löslichkeit berücksichtigt werden müssen. Die Versuche 23—38 beweisen jedoch, daß auch bei einem kleinen Überschuß an Kalkwasser durch das $\text{Mg}(\text{OH})_2$ immer etwas CaO mechanisch abgeschieden wird, und daß der dadurch entstehende Fehler durch das gelöst bleibende $\text{Mg}(\text{OH})_2$ bei richtig gewähltem Kalküberschuß ausgeglichen werden kann.

Hiernach ist die Bestimmung des MgO nach P f e i f e r in verdünnten Chlormagnesiumlösungen, welche bei der Wasseruntersuchung allein in Betracht kommen, befriedigend genau, wenn man keinen großen Überschuß an Kalkwasser anwendet und die Löslichkeit des $\text{Mg}(\text{OH})_2$ nicht berücksichtigt, welche durch die mechanische Abscheidung des Kalks ausgeglichen wird. Ein zu großer Überschuß an Kalkwasser muß schon deshalb vermieden werden, weil die Löslichkeit des CaO bei Kochtem-

¹⁵⁾ Diese Z. 14, 199 (1902).

	An- gewandtes MgO 1	Entsprechend, CaO 2	Angewen- detes CaO 3	Nichtver- brauchtes CaO 4	Verbrauch- tes CaO 5	Differenz zwischen 2 u. 3 6	Gefundenes MgO 7	Differenz zwischen 1 u. 7 7
1.	0,03382	0,04735	0,05645	0,01397	0,04248	0,00487	0,03053	0,00329 (—)
2.	0,02659	0,03722	0,05645	0,02566	0,03079	0,00643	0,02213	0,00446 (—)
3.	0,01874	0,02604	0,06173	0,03773	0,02400	0,00204	0,01726	0,00148 (—)
4.	0,03770	0,05238	0,12346	0,06552	0,05794	0,00556	0,04172	0,00402 (+)
5.	0,07536	0,10470	0,18519	0,07465	0,11054	0,00584	0,07960	0,00420 (+)
6.	0,11287	0,15682	0,24692	0,08506	0,16186	0,00504	0,11649	0,00362 (+)
7.	0,01875	0,02605	0,05460	0,02677	0,02783	0,00178	0,02003	0,00128 (+)
8.	0,01894	0,02632	0,05460	0,02649	0,02711	0,00079	0,02023	0,00129 (+)
9.	0,07526	0,10456	0,16380	0,05644	0,10736	0,00280	0,07730	0,00204 (+)
10.	0,11294	0,15692	0,21840	0,05900	0,15940	0,00284	0,11473	0,00179 (+)
11.	0,03766	0,05233	0,08872	0,03256	0,05616	0,00388	0,04014	0,00248 (+)
12.	0,03747	0,05203	0,08872	0,03264	0,05608	0,00403	0,03996	0,00249 (+)
13.	0,03774	0,05243	0,08872	0,03264	0,05608	0,00355	0,03996	0,00222 (+)
14.	0,03785	0,05259	0,08872	0,03195	0,05677	0,00318	0,04082	0,00297 (+)
15.	0,03766	0,05233	0,21462	0,15379	0,06083	0,00850	0,04378	0,00612 (+)
16.	0,03747	0,05203	0,21462	0,15379	0,06083	0,00880	0,04378	0,00631 (+)
17.	0,03774	0,05243	0,21462	0,15379	0,06083	0,00840	0,04378	0,00604 (+)
18.	0,03785	0,05259	0,21462	0,15268	0,06194	0,00935	0,04458	0,00673 (+)
19.	0,01874	0,02604	0,06212	0,03468	0,02744	0,00140	0,01965	0,00091 (+)
20.	0,01892	0,02628	0,06212	0,03396	0,02816	0,00198	0,02027	0,00135 (+)
21.	0,01877	0,02608	0,06212	0,03296	0,02916	0,00308	0,02110	0,00233 (+)
22.	0,01870	0,02598	0,06212	0,03380	0,02832	0,00234	0,02040	0,00170 (+)
23.	0,03390	0,04710	0,05402	0,00757	0,04645	0,00065	0,03343	0,00047 (—)
24.	0,03378	0,04730	0,05402	0,00768	0,04634	0,00096	0,03336	0,00042 (—)
25.	0,03420	0,04752	0,05402	0,00768	0,04634	0,00096	0,03336	0,00084 (—)
26.	0,03416	0,04744	0,05402	0,00768	0,04634	0,00096	0,03336	0,00080 (—)
27.	0,03766	0,05233	0,06139	0,01068	0,05071	0,00162	0,03649	0,00117 (—)
28.	0,03747	0,05203	0,06139	0,01041	0,05100	0,00103	0,03669	0,00078 (—)
29.	0,03774	0,05243	0,06139	0,01041	0,05100	0,00143	0,03669	0,00105 (—)
30.	0,03785	0,05259	0,06139	0,00781	0,05152	0,00107	0,03709	0,00076 (—)
31.	0,01874	0,02604	0,03196	0,00692	0,02504	0,00100	0,01804	0,00070 (—)
32.	0,01892	0,02628	0,03214	0,00781	0,02496	0,00132	0,01797	0,00095 (—)
33.	0,01877	0,02608	0,03203	0,00692	0,02511	0,00097	0,01843	0,00034 (—)
34.	0,01870	0,02598	0,03209	0,00718	0,02491	0,00107	0,01796	0,00074 (—)
35.	0,01874	0,02604	0,04084	0,01464	0,02620	0,00014	0,01885	0,00011 (+)
36.	0,01892	0,02628	0,04086	0,01453	0,02633	0,00005	0,01896	0,00004 (+)
37.	0,01877	0,02608	0,04084	0,01436	0,02648	0,00040	0,01945	0,00068 (+)
38.	0,01870	0,02598	0,04086	0,01464	0,02622	0,00024	0,01887	0,00017 (+)

peratur sehr viel geringer als bei gewöhnlicher Temperatur ist, und weil der durch Kochen abgeschiedene Kalk beim Abkühlen und selbst bei gleichzeitigem starken Verdunnen der Lösung nicht wieder vollständig aufgelöst wird. 100 ccm Wasser lösen bei 20° 0,1293 g CaO und bei 100° 0,0597 g CaO. Ein Überschuß kann leicht vermieden werden, wenn man einen Vorversuch mit 200 ccm Wasser und 50 ccm Kalkwasser in der beschriebenen Weise ausführt und die für die vorhandene Menge MgO erforderliche Menge CaO ermittelt. 50 ccm gesättigtes Kalkwasser enthalten mindestens 0,056 g CaO, sodaß auf 250 ccm Flüssigkeit ein Quantum CaO kommt, welches beim Kochen in Lösung bleibt. Diese 0,056 g CaO sind genügend, um aus 200 ccm eines Wassers mit 0,200 g MgO pro 1 l alle Magnesia abzuscheiden.

Das Pfeiffer'sche Verfahren wurde noch angewendet bei der Untersuchung eines Wassers von bekanntem Gehalt, welches durch Mischen der Lösungen von $\text{CaCO}_3 \cdot \text{CO}_2$, $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CO}_2$, CaSO_4 , MgCl_2 und NaCl hergestellt worden war. Die Lösungen von $\text{CaCO}_3 \cdot \text{CO}_2$ und $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CO}_2$ wurden hergestellt, indem man gefälltes CaCO_3 und basisches MgCO_3 in Wasser mit Kohlensäure behandelte, hierauf Luft einblies, filtrierte und CaCO_3 und MgCO_3 mittels $1/10$ -n. Säure bestimmte. Zur Herstellung der Lösung von CaSO_4 wurde klares Kalk-

wasser mit $1/5$ -n. Schwefelsäure neutralisiert und die Lösung, deren Gehalt an CaSO_4 aus der verbrauchten Menge Säure berechnet werden kann, auf 1000 ccm verdünnt. Die gewichtsanalytische Kalkbestimmung dieser Gipslösung ergab vollständige Übereinstimmung mit dem Gehalt an Kalk, welcher aus dem Verbrauch an $1/5$ -n. Schwefelsäure berechnet war. Der MgO-Gehalt des MgCl_2 wurde gewichtsanalytisch festgestellt und das NaCl direkt abgewogen.

Durch Mischen dieser Lösungen wurde ein Wasser hergestellt, welches in 1 l enthielt:

$$\left. \begin{array}{l} 0,04752 \text{ g CaO} \\ \text{als } \text{CaCO}_3 \cdot \text{CO}_2 \\ 0,06063 \text{ g CaO} \\ \text{als } \text{CaSO}_4 \\ 0,05644 \text{ g MgO} \\ \text{als } \text{MgCl}_2 \\ 0,05442 \text{ g MgO} \\ \text{als } \text{MgCO}_3 \cdot \text{CO}_2 \\ 0,05000 \text{ g NaCl} \end{array} \right\} = 0,10815 \text{ g CaO} = 10,81^\circ \text{ Härte}$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right\} = 0,11086 \text{ g MgO} = 15,52^\circ \text{ Härte}$$

$$26,33^\circ \text{ Härte}$$

200 ccm dieses Wassers enthalten
 $0,00950 \text{ g CaO}$ als $\text{CaCO}_3 \cdot \text{CO}_2$ ent-
sprechend $0,00746 \text{ g CO}_2$
und $0,01088 \text{ g MgO}$ als $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CO}_2$
entsprechend $0,01186 \text{ g CO}_2$
Gebundene $\text{CO}_2 = 0,01932 \text{ g}$

Bei drei Versuchen wurden zum Neutralisieren mit $1/10$ -n. Salzsäure 8,91 ccm gebraucht, welche 0,01946 g gebundener CO_2 entsprechen. Es wurden also für 200 ccm Wasser 0,00014 g oder für 1 l 0,0007 g CO_2 zu wenig gefunden. Die hierbei erhaltenen Lösungen wurden 12—15 Minuten gekocht, um alle CO_2 zu entfernen, in einen 400 ccm Kolben gespült, mit 40 ccm titriertem Kalkwasser versetzt, aufgekocht, nach dem Erkalten bis zur Marke mit ausgekochtem Wasser aufgefüllt und filtriert. Bei 12 Versuchen wurde im Minimum 0,0035 g und im Maximum 0,0065 g MgO für 1 l zuviel gefunden. Der Fehler röhrt davon her, daß durch das Mg(OH)_2 etwas CaO mechanisch abgeschieden worden war.

Die Versuche wurden wiederholt mit einem Wasser, welches durch Verdünnen des Wassers mit $26,33^\circ$ Härte mit der gleichen Menge destilliertem Wasser hergestellt worden war, also $13,16^\circ$ Härte hatte. 1 l des Wassers enthielt demnach 0,0550 g MgO ; es wurde gefunden 0,05470 g, 0,05250 g, 0,05365 g, 0,05290 g. Man erhält hiernach mit dem Verfahren von Pfeiffer bei Wässern, welche nicht abnorm viel MgO enthalten, vollkommen genügende Resultate, wenn man nach dem Neutralisieren der Carbonate die CO_2 durch 12—15 Minuten langes Kochen entfernt, mit dem Doppelten des erforderlichen Kalkwasser versetzt, kocht, nach dem Abkühlen bis zur Marke auffüllt, durch Filter Nr. 605 von Schleicher und Schüll filtriert, 150 ccm ablaufen läßt, 200 ccm abfiltriert und mit $1/10$ -n. Säure titriert. Bei der Berechnung wird die Löslichkeit des Mg(OH)_2 nicht berücksichtigt, weil der dadurch verursachte Fehler durch mechanisch abgeschiedenes CaO ausgeglichen wird, wenn der Gehalt an MgO nicht abnorm groß ist und nicht mehr als das Doppelte des erforderlichen Kalks zum Ausfällen der Magnesia verwendet wurde.

Über Turmfüllungen.

Von RUDOLF HEINZ.

(Eingeg. d. 5/11. 1906.)

Herr J. M. Liebig wiederholt in seinem Artikel, „Über Turmfüllungen“¹⁾ einige alte Irrtümer bezüglich des Guttmannschen Kugelturmes, welche sowohl direkt, wie durch den massenhaften Absatz und die Nachahmung durch andere, widerlegt sind.

Ich habe keineswegs außer Acht gelassen, daß außer einer großen Reaktionsfläche auch ein großer Reaktionsraum nötig sei. Eine einfache Rechnung wird Herrn Liebig zeigen, daß der vcm Kugelmaterial (bei 100 mm-Kugeln) eingenommene Raum nur 14,48% des Turmraumes beträgt, also 85,52%

Reaktionsraum vorhanden sind, während die Rhomboederfüllung nur 42,62% Reaktionsraum, also gerade die Hälfte frei läßt. Wie es dabei mit der Zeit steht, innerhalb welcher die Gase den Turm passieren, ersicht man aus Fig. 3 in Liebig's Artikel, wo die durch die diagonalen Zwischenräume gebildeten, schönen Gaskanäle sofort in die Augen springen.

Herr Liebig geht ganz leicht über meinen Nachweis hinweg, daß ein mit Kugeln gefüllter Gay-Lussacturm höchstens ein Fünftel des Kubikinhaltes eines Koksturmes bei gleicher Leistung benötige und nur die Hälfte koste. Er meint, daß ein Füllmaterial nur dann brauchbar sei, wenn man Türme von 30—60 und mehr Kubikmeter damit füllen könne, was nach Kenntnis meiner Erörterungen doch sonderbar ist. Ich kann ihm aber mit einem Beispiele aus der Praxis dienen, welches ihn über den Wert der Kugeln besser aufklären wird.

Ein Kammersystem von 2718 cbm, welches Gasreinigungsmasse verarbeitet, hatte einen Gay-Lussacturm von 2,44 m Seite und 12,20 m Höhe. Es wurden täglich 2068 kg Schwefel verbrannt, die Chargen konnten nur mit Mühe auf dieser Höhe erhalten werden, und der Gay-Lussacturm erwies sich als ungenügend. Es wurden nun zwei Türme in das System eingeschaltet: 1. ein runder Zwischenturm zwischen der zweiten und dritten Kammer von 1,830 m Durchmesser und 4,190 m Höhe, gefüllt mit ca. 10,500 Kugeln von 100 mm Durchmesser, und ein runder Vor-Gay-Lussac von 0,675 m Durchmesser und 3,35 m Höhe, gefüllt mit ca. 6500 Kugeln von 100 mm. Der Erfolg dieser Änderung ist jedenfalls sehr bemerkenswert. Die Chargen konnten so weit erhöht werden, daß jetzt täglich 2547 kg Schwefel verbrannt werden, also 23,16% mehr als früher. Der kleine Vor-Gay-Lussacturm, von dem bloß 4,70 cbm mit Kugeln gefüllt sind, leistet fast alle Arbeit allein, die Gase treten aus demselben nahezu farblos heraus.

Eine Analyse dieser Gase zeigte einen Total säuregehalt beim Eintritte von 8,05 g SO_3 per cbm, beim Austritte 5,26 g per cbm. Crowder im Journal of the Society of Chemical Industry vom Jahre 1891, S. 303, gibt folgende Zahlen an:

G e s a m t s ä u r e :	
beim Eintritte	beim Austritte
in den Gay-Lussac	aus dem Gay-Lussac
Neue Feinkiesöfen 8,10 g	4,65 g
Stückkiesöfen 8,12 g	4,12 g

Das sieht also nicht danach aus, als ob 30 oder 60 cbm nötig wären. Die Kosten der Kugelfüllung des Vor-Gay-Lussacturmes betragen 1755 M und des Zwischenturmes 2835 M, man braucht also kein „Krösus, der sich eine Schwefelsäurefabrik aus Liebhäberei baut“ zu sein, um sich einen Kugelturm zu leisten. Man wird vielmehr finden, daß man damit das halbe Geld erspart.

1) Diese Z. 19, 1806 (1906).