

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 (Brode), bei der Jodionenkatalyse (Brode¹⁷), Walton¹⁸), bei der Benzoinsynthese (Stern)¹⁹), 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 unfruchtbarer 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 blendenden Zauberformel „Formänderung der Moleküle“ scheinbar spielend 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 innewohnt. 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 Widerstande 3 Ohm dem „direkten“ Wege auf dem einfachen Sprunge A, der aber größeren 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) ergötzlich liest, die Wirkung des Königswassers auf Gold durch einen Gedanken, welcher den Raschigschen 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, Guiberg, Waage, Clausius, Bunsen, Helmholtz, Maxwell, Gibbs u. a.³¹) uns exakte experimentelle und theoretische Methoden der Naturbetrachtung in die Hand gegeben haben, auf jene geistreichelnde, verschwommene Pseudoatomistik 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.

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.

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).

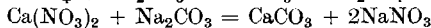
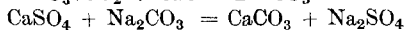
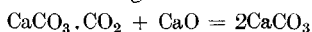
²⁶) Nach M. Loeb besteht kein Einfluß eines magnetischen Feldes auf eine Reaktionsgeschwindigkeit, Z. physikal. Chem. **7**, 518 (1891); siehe auch A. de Hemptinne, Zeitschr. f. physik. Chemie **34**, 669 (1900).

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

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 Wehrenpennig muß der chemische Teil als vollkommen mißglückt bezeichnet werden; die Erklärung und Beschreibung der Reinigungsapparate ist klar und verständlich, und ihr Studium ist empfehlenswert.

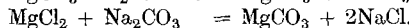
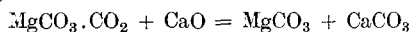
In den beiden Arbeiten wird angenommen, daß die gewählten Untersuchungsmethoden unter allen Umständen genaue Resultate liefern, und es werden mit Hilfe von mathematischen Formeln, welche nicht immer richtig sind, die erforderlichen Reagenzien berechnet. Hierbei werden nach dem Vorschlage Wehrenpennigs 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 Wehrenpennigsche 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 Wehrenpennigschen 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

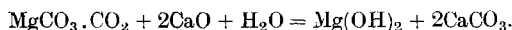


als neutrales Carbonat, welches in Wasser nur sehr

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:



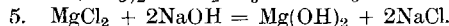
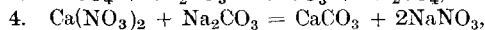
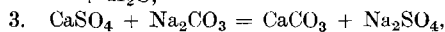
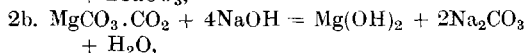
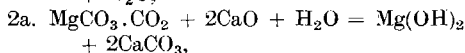
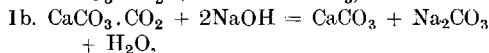
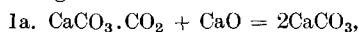
Da aber das neutrale MgCO₃ in Wasser leicht löslich ist, so glaubte man lange Zeit, daß die Magnesiaverbindungen nur durch einen Überschuß von Kalk in das sehr wenig lösliche Mg(OH)₂ verwandelt werden können. Stingl schlug zuerst vor, anstatt des Kalkes Ätznatron zu verwenden, hat jedoch von diesem Vorschlage bei den gemeinschaftlich mit Berenger 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 Magnesiagehaltes abgeschieden wird. Die von Günsberg angewandten Kalkmengen sind nach der Formelgleichung:

$\text{MgCO}_3 \cdot \text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{MgCO}_3 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ 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 l 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 Ätznatron, und es muß je nach der Art und Menge der abzuscheidenden Kalk- und Magnesiaverbindungen einer dieser drei Stoffe allein oder Soda und Ätznatron oder Kalk und Ätznatron verwendet werden. Der letzte Fall ist der häufigste. Die Reaktionen verlaufen nach folgenden Gleichungen:



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

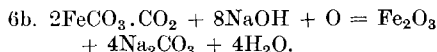
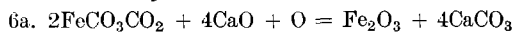
²⁾ Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens N. F. 25, Heft 2 (1888).

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

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 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 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 Maschinenschmiermittel 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 gruppiert 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
Eisenoxyl, 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. Wehrenpennig⁸⁾ benutzt diese Kalmannsche Berechnungsart, drückt jedoch die Mengen der auszufällenden Verbindungen und der Fällungsmittel in äquivalenten Härtegraden aus. Eine zweite, von Pfeifer⁹⁾ herrührende 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 Grittner 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 Ht diejenige Härte, welche von den Carbonaten herrührt, also äquivalent ist der gebundenen Kohlensäure, bleibende oder permanente Härte Hp 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	Na_2O = 20,0 g	Cl = 22,9 g	—	—	—
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ = 61,5 g	CaO = 21,0 g	N_2O_5 = 40,5 g	—	39,8	—
MgCl_2 = 76,0 g	MgO = 32,0 g	Cl = 56,8 g	—	—	64
CaSO_4 = 207,4 g	CaO = 85,4 g	SO_3 = 122,0 g	—	161,6	—
CaCO_3 = 91,1 g	CaO = 51,0 g	CO_2 = 40,1 g	51,0	—	—
MgCO_3 = 79,8 g	MgO = 38,0 g	CO_2 = 41,8 g	106,4	—	—
Fe_2O_3 = 3,1 g			4,4	—	—
SiO_2 = 9,2 g			—	—	—
			161,8 g	201,4 g	64,0 g

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

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

⁸⁾ l. 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 $\frac{1}{10}$ -n. Salzsäure bei gewöhnlicher Temperatur bestimmt werden¹⁰⁾. Als Indikator verwendet man Methylorange, welches gegen Kohlensäure ganz unempfindlich ist. Da 1 ccm $\frac{1}{10}$ -n. Salzsäure 3,618 mg HCl enthält, welche 2,184 mg gebundene CO_2 austreiben und 2,732 mg CaO äquivalent sind, so zeigt bei Anwendung von 250 ccm Wasser 1 ccm verbrauchte $\frac{1}{10}$ -n. Salzsäure 8,736 mg gebundene CO_2 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 Kaliumoleatlösung unter Zusatz von Seignettesalz und Kaliumoxydhydrat den Kalk und die Magnesia bestimmte. Das Verfahren ist von G r i t t n e r (l. c.) für unbrauchbar befunden worden. K r a u t¹²⁾ bestimmt den Kalk, indem er ihn durch eine gemessene, zur Ausfällung genügenden Menge $\frac{1}{10}$ -n. Oxalsäure ausfällt und den angewendeten Oxalsäureüberschuß durch $\frac{1}{10}$ -n. Chamäleonlösung zurückmißt. Nach F r e s c o n i u s¹³⁾ ist jedoch, wenn Magnesia zugegen ist, immer Gefahr vorhanden, daß mit dem oxalsauren Calcium auch oxalsaures Magnesium niederschlägt. 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 P f e i f e r, 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 $\frac{1}{10}$ -n. Säure zurückmißt, ist auf seine Brauchbarkeit für die Wasseruntersuchung noch nicht geprüft worden. Besonders ist hierbei die Löslichkeit von $\text{Mg}(\text{OH})_2$ in Wasser und verd. Salzlösungen ebensowenig berücksichtigt worden, wie die Löslichkeit dieser Verbindung und des neutralen CaCO_3 bei den Verfahren für die schnelle Ermittlung der für die Wasserreinigung erforderlichen Reagenzien meistens nicht genügend oder gar nicht beachtet wird¹⁴⁾.

Bei allen quantitativen Untersuchungen, bei welchen die Abscheidung von $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 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 Untersuchungsergebnis 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 annähernd $\frac{1}{10}$ -n. Salzsäure ausgeführt worden; die verbrauchte Menge wurde auf $\frac{1}{10}$ -n. Säure umgerechnet. Die benutzten Atomgewichte entstammen E r d m a n n s 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 $\frac{1}{10}$ -n. Salzsäure. Dieses Kalkwasser brauchte nach dem Filtrieren durch ein Faltenfilter Nr. 605 von Schleicher und Schüll 41,00 ccm $\frac{1}{10}$ -n. Säure und nach nochmaligem Filtrieren durch ein frisches Filter nur noch 40,46 ccm $\frac{1}{10}$ -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 $\frac{1}{10}$ -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 $\frac{1}{10}$ -n. Säure.

Die Löslichkeit des neutralen CaCO_3 und des $\text{Mg}(\text{OH})_2$ in Wasser wurden in der Weise bestimmt, daß gefälltes, ausgewaschenes CaCO_3 und MgO , welche durch Glühen von gefälltem, ausgewaschenem bas. MgCO_3 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 $\frac{1}{10}$ -n. Säure titriert. Bei einer größeren Anzahl gut übereinstimmender Versuche wurden gefunden für

1000 ccm Lösung von CaCO_3 3,66 ccm $\frac{1}{10}$ -n. HCl
 $= 0,01816 \text{ g } \text{CaCO}_3 = 0,01018 \text{ g } \text{CaO} = 1,02^\circ$
 Härte,

1000 ccm Lösung von $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 5,40 ccm $\frac{1}{10}$ -n. HCl
 $= 0,01082 \text{ g } \text{MgO}$, äqu. $0,01503 \text{ g } \text{CaO} = 1,50^\circ$ Härte.

Als neutrales CaCO_3 und MgO zusammen in gleicher Weise behandelt worden waren, wurden für 1000 ccm 8,50 ccm $\frac{1}{10}$ -n. Säure verbraucht, entsprechend $2,37^\circ$ Härte.

Da bei der Härtebestimmung das durch $\frac{1}{10}$ -n. Salzsäure neutralisierte Wasser, welches daher MgCl_2 , CaCl_2 und CaSO_4 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 Na_2CO_3 auch noch NaCl und Na_2SO_4 . Um den Einfluß dieser Salze auf die Löslichkeit des

¹⁰⁾ F l e c k, 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).

CaCO₃ und des Mg(OH)₂ festzustellen, wurde angenommen, daß die Härte eines Wassers von folgender Zusammensetzung nach dem Verfahren von Wartha bestimmt werden soll.

0,03032 g CaO als CaSO₄ } 5,40° Härte
0,02375 g CaO als CaCO₃ }
0,02822 g MgO als MgCO₃ 3,95° } 9,35° Härte.
0,02500 g NaCl

Wenn in diesem Wasser nach dem Verfahren von Wartha die Härte bestimmt wird, so entsteht eine Lösung, welche außer dem im Überschuß angewendeten NaOH und Na₂CO₃ noch 0,0769 g

Na₂SO₄ und 0,1571 g NaCl pro 1 l enthält. Von einer Lösung von 0,769 g Na₂SO₄ und 1,571 g NaCl in 1000 ccm Wasser wurden mehrere Verdünnungen hergestellt; von diesen wurden je 250 ccm mit derselben Menge 1/10-n. Natron-Sodalösung versetzt, welche zum Füllen der Calcium- und Magnesiumsalze nötig gewesen wäre, da das Doppelte der erforderlichen Menge angewendet werden soll, hierauf die der angewendeten Menge Na₂SO₄ und NaCl entsprechende Menge gefälltes CaCO₃ und Mg(OH)₂, welche in Wasser suspendiert abgemessen werden, hinzugefügt, gekocht, auf 500 ccm aufgefüllt und 250 ccm des Filtrates mit 1/10-n. Säure titriert.

Ein Liter enthält 0,769 g Na ₂ SO ₄ und 1,571 g NaCl	Entsprechend einem Wasser mit einer Härte von	Verbrauch an 1/10-n. Säure für 500 ccm Filtrat	Die angewendete Natron-Soda- lösung verlangt	Mehrverbrauch an 1/10-n. Säure	Entsprechend einem geringeren Härtebefund 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 CaCO₃ und des Mg(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 Na₂SO₄ und NaCl und durch die im Überschuß angewendeten Mengen von NaOH und Na₂CO₃ sehr verkleinert. Man kann hieraus den Schluß ziehen, daß die Härtebestimmung nach Wartha Resultate ergibt, welche je nach der Härte des Wassers um 0,6° bis 0,3° zu klein sind und dementsprechend korrigiert werden können. Pfeifer¹⁵⁾ hat die bei der Härtebestimmung nach Wartha 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 Pfeifer¹⁵⁾ durch Ausfällen mit titriertem Kalkwasser und Zurückmessen des angewendeten Kalküberschusses müssen mehrere Fehlerquellen berücksichtigt werden.

1. Mg(OH)₂ ist in Wasser, welches CaCl₂ und Ca(OH)₂ enthält, nicht unlöslich. Hierdurch wird die Menge des gefundenen MgO verringert.

2. Mg(OH)₂ scheidet 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 Filtrierprozesse müssen durch gehärtete Faltenfilter Nr. 605 von Schleicher und Schüll 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 verschiedenen konz. Lösungen von MgCl₂ mit bekanntem Gehalt an MgO mit verschiedenen Mengen Kalkwasser behandelt. 200 ccm der Lösungen von MgCl₂ 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-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 Versuchsergebnissen 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 Mg(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 Mg(OH)₂ nicht vollständig unlöslich ist, so hätte beim Zurückmessen des im Überschuß verwendeten Kalkwassers mit 1/10-n. Säure diese Löslichkeit berücksichtigt werden müssen. Die Versuche 23—38 beweisen jedoch, daß auch bei einem kleinen Überschuß an Kalkwasser durch das Mg(OH)₂ immer etwas CaO mechanisch abgeschieden wird, und daß der dadurch entstehende Fehler durch das gelöst bleibende Mg(OH)₂ bei richtig gewähltem Kalküberschuß ausgeglichen werden kann.

Hiernach ist die Bestimmung des MgO nach Pfeifer 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 Mg(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	Entsprechd. 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 8
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 abge-
schiedene Kalk beim Abkühlen und selbst bei
gleichzeitigem starken Verdünnen 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 gesät-
tigtes Kalkwasser enthalten mindestens 0,056 g
CaO, so daß 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 Pfeifersche 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 Lö-
sungen von $\text{CaCO}_3 \cdot \text{CO}_2$ und $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CO}_2$ wurden
hergestellt, indem man gefälltes CaCO_3 und bas.
 MgCO_3 in Wasser mit Kohlensäure behandelte,
hierauf Luft einblies, filtrierte und CaCO_3 und MgCO_3
mittels $\frac{1}{10}$ -n. Säure bestimmte. Zur Herstel-
lung der Lösung von CaSO_4 wurde klares Kalk-

wasser mit $\frac{1}{5}$ -n. Schwefelsäure neutralisiert und
die Lösung, deren Gehalt an CaSO_4 aus der ver-
brauchten Menge Säure berechnet werden kann, auf
1000 ccm verdünnt. Die gewichtsanalytische
Kalkbestimmung dieser Gipslösung ergab voll-
ständige Übereinstimmung mit dem Gehalt an Kalk,
welcher aus dem Verbrauch an $\frac{1}{5}$ -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:

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

$$\left. \begin{array}{l} 0,05644 \text{ g MgO} \\ \text{als } \text{MgCl}_2 \\ 0,05442 \text{ g MgO} \\ \text{als } \text{MgCO}_3 \cdot \text{CO}_2 \end{array} \right\} = 0,11086 \text{ g MgO} = 15,52^\circ \text{ Härte}$$

$$\left. \begin{array}{l} 0,05442 \text{ g MgO} \\ \text{als } \text{MgCO}_3 \cdot \text{CO}_2 \end{array} \right\} = 26,33^\circ \text{ Härte}$$

200 ccm dieses Wassers enthalten
0,00950 g CaO als $\text{CaCO}_3 \cdot \text{CO}_2$ ent-
sprechend 0,00746 g CO_2
und 0,01088 g MgO als $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CO}_2$
entsprechend 0,01186 g CO_2
Gebundene CO_2 = 0,01932 g

Bei drei Versuchen wurden zum Neutralisieren mit $\frac{1}{10}$ -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 rührt davon her, daß durch das $\text{Mg}(\text{OH})_2$ etwas CaO mechanisch abgeschieden worden war.

Die Versuche wurden wiederholt mit einem Wasser, welches durch Verdünnen des Wassers mit 26,33° Härte mit der gleichen Menge destilliertem Wasser hergestellt worden war, also 13,16° 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 $\frac{1}{10}$ -n. Säure titriert. Bei der Berechnung wird die Löslichkeit des $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 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 von Kugelmateriale (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, ersieht 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 Kubikinhalt 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:

Gesamtsäure:

beim Eintritte in den Gay-Lussac	beim Austritte 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 Liebhaberei 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).