

Zeitschrift für angewandte Chemie.

1898. Heft 48.

Untersuchungen über die Darstellung von Chlor nach dem Magnesium-Manganit-Verfahren von de Wilde und Reyhler.

Von

G. Lunge und U. Wegeli.

Die Untersuchung, über welche im Folgenden berichtet werden soll, ist in ihrem Gange und den dabei angewendeten Analysenmethoden sehr ähnlich derjenigen, welche der Eine von uns mit Marmier über das Deacon-Verfahren u. s. w. angestellt hat (d. Ztschr. 1897, 105). Es sei daher in obiger Beziehung auf jene Arbeit verwiesen; ausserdem auf die Dissertation von Wegeli (Diessenhofen, bei C. Forrer, 1898), in der die angewendeten Apparate und Methoden ausführlich beschrieben sind. Die Temperaturmessungen werden wieder mit einem Heraus-Pyrometer ausgeführt. Hier geben wir nur eine kurze Übersicht über die Ergebnisse der Arbeit.

Das Verfahren von de Wilde und Reyhler ist in den deutschen Reichspatenten No. 50 155, 51 540 und 53 749 und in Lunge's Soda-industrie 2. Aufl. Bd. 3 S. 488 ff. beschrieben, und sei hier nur erwähnt, dass sie eine Contactsubstanz durch Zusammenschmelzen gleicher Äquivalente von Bittersalz, Magnesiumchlorid und Manganchlorür darstellen, über welche abwechselnd Salzsäuregas (bei 425°) und Luft (etwa bei 525°) geleitet wird. Im ersten Stadium entwickelt sich etwa $\frac{1}{4}$ des Chlors der Salzsäure im freien Zustande und in concentrirter Form, der Rest der Salzsäure wird von der Contactmasse zurückgehalten. Im zweiten Stadium wird durch die erhitzte Luft der grösste Theil des Chlors im freien Zustande ausgetrieben, bis auf 80 Proc. des ganzen HCl, allerdings gemischt mit viel Sauerstoff und Stickstoff, und zugleich regenerirt sich die Contactmasse.

Von früheren Untersuchungen sei erwähnt die Veröffentlichung der Erfinder im Moniteur Scientifique 1890, 1109, und diejenigen von Jurisch, Chem. Ind. 1890, 364 und 1891, 151.

Das Verfahren wurde von der United Alkali Company angekauft und im Grossen probeweise ausgeführt; bei der strengen Ge-

heimhaltung, welche jene Firma sich zur Regel gemacht hat, ist nicht bekannt geworden, mit welchem Erfolge. Doch scheint es nicht in den Grossbetrieb aufgenommen worden zu sein.

Obwohl die Erfinder nicht beabsichtigt zu haben scheinen, ihre Contactmasse nach Art des Deacon-Verfahrens gleichzeitig continuirlich mit Salzsäure und Luft zu behandeln, so stellten wir doch auch nach dieser Richtung Versuche an; hauptsächlich aber natürlich in der von ihnen vorgezogenen Art, nämlich durch abwechselnde Behandlung mit reinem Salzsäuregas und darauf mit heisser Luft. Es wurde untersucht: der Einfluss des Salzsäuregehaltes der Luft, derjenige der Feuchtigkeit und derjenige der Temperatur.

A. Continuirliche Arbeitsweise.

1. Einfluss des Verhältnisses zwischen Salzsäure und Luft. Wir ersehen diesen Einfluss aus den die Versuchsresultate zusammenfassenden Schaulinien Fig. 276, namentlich No. VI und VII. Die Abscissen zeigen den Procentgehalt des Gases an HCl, die Ordinaten den Grad der Umwandlung der Salzsäure in freies Chlor in Procenten.

Fassen wir zunächst die Linie für 550° ins Auge, so finden wir bei einem Gehalt von 9 Proc. HCl und 91 Proc. Luft, also einem grossen Überschuss der letzteren, eine Zersetzung von 59 Proc. der Theorie. Mit steigendem Salzsäuregehalt nimmt der Wirkungsgrad ab, und zwar langsam und sehr gleichmässig, so dass die Curve beinahe zu einer Geraden wird. Bei 12 Proc. Salzsäure beträgt die Zersetzung noch 56,4 Proc., bei 16,4 Proc. HCl noch 52,2 Proc., bei 32,3 Proc. Salzsäure aber nur 37,7 Proc.

Die nämlichen Erscheinungen finden wir bei 650°; die beiden Curven verlaufen beinahe parallel. Die Zersetzung fällt von 43 Proc. bei 9,7 Proc. Chlorwasserstoff auf 39,2 Proc. bei 17 Proc., auf 37,9 Proc. bei 23 Proc. und erreicht bei 32,9 Proc. Salzsäure nur noch 27 Proc.

Ähnlich verhalten sich die Curven II, III, IV und V.

Sehr deutlich äussert sich der Einfluss des Salzsäuregehaltes in dem Verhältniss der wiedergefundenen Salzsäure.

Bei einem Gehalt von 12 Proc. Chlorwasserstoff wurden 88,5 Proc. des letzteren wiedergefunden, was auf die gute Ausnutzung des Luftsauerstoffs schliessen lässt; bei der nämlichen Temperatur, bei einem Gehalt von 32,3 Proc. Salzsäure, hält die Contactsubstanz 60 Proc. der letzteren zurück.

Das ausgetretene freie Chlor ist hier wohl zum grössten Theil der directen Einwirkung des Chlorwasserstoffs auf das MnO_2 , zuzuschreiben, während die Einwirkung der Luft zurückgetreten sein muss.

die Feuchtigkeit eine Differenz von 13 Proc. bewirkt.

Es ist hier noch zu bemerken, dass vor den Versuchen mit feuchtem Gas die Contactmasse, die zu etwa 20 Versuchen gedient hatte, erneuert wurde.

Da in der Technik das Gasgemisch kaum vollständig getrocknet werden kann, und ein Gas unter 10 Proc. Salzsäure selbst bei guter Zersetzung wie in Versuch 29, ein zu schwaches Chlor liefern wird, als dass es für die Chlorkalkfabrikation verwendet werden könnte,

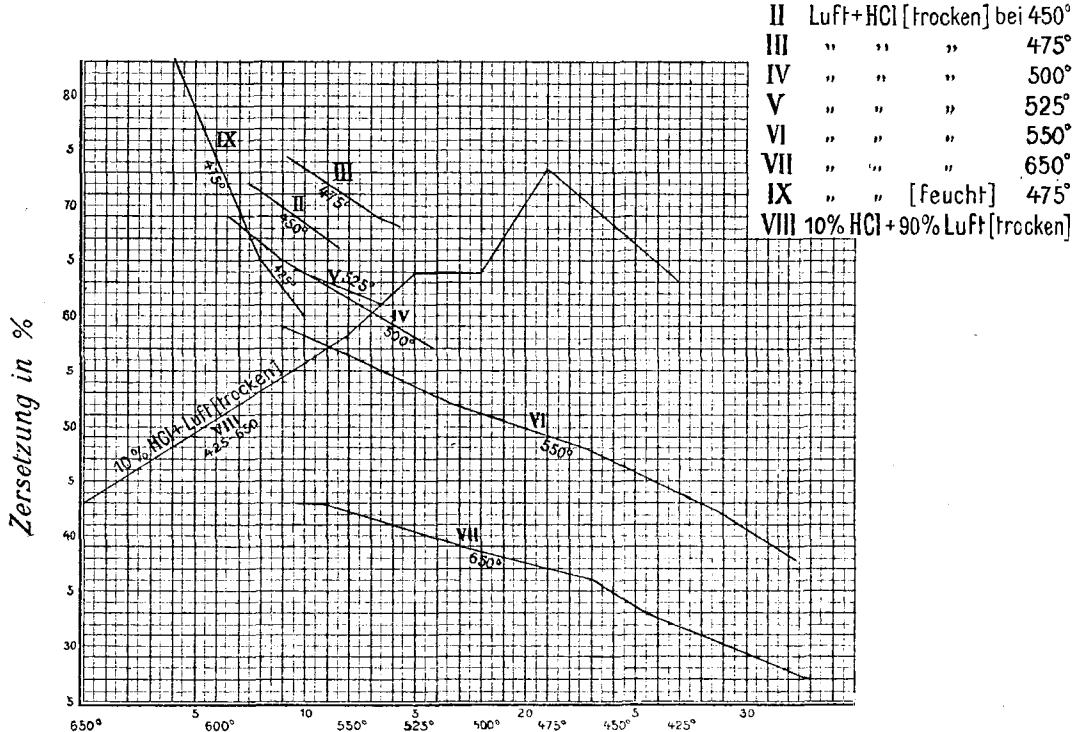


Fig. 276.

2. Einfluss der Feuchtigkeit. Dieser ist von grosser Wichtigkeit und äussert sich in unserer Untersuchung in nachtheiliger Weise.

Als Temperatur wurde für die betreffende Versuchsreihe diejenige gewählt, bei der mit trockenem Gas das Maximum der Zersetzung erhalten worden war, d. i. 475° . Der Gehalt an Salzsäure äussert sich hier in viel stärkerem Maasse als bei trockenem Gas.

Nach Curve IX finden wir bei 4 Proc. Chlorwasserstoff eine Zersetzung von 83 Proc. der Theorie. Die Curve fällt jedoch rapid. Bei 7,6 Proc. Salzsäure beträgt der Wirkungsgrad noch 66,7 Proc., bei 10 Proc. sinkt er sogar auf 60,1 Proc. herunter. Demselben Gehalt an Chlorwasserstoff entspricht bei derselben Temperatur und trockenem Gas eine Zersetzung von 73,3 Proc., so dass also

so eignet sich die Contactsubstanz nach de Wilde und Reyhler nicht für continuirliche Arbeitsweise.

3. Der Einfluss der Temperatur zeigt sich am besten an Curve VIII.

Wir finden bei constant bleibendem Salzsäuregehalt (10 Proc.) bei 425° eine Zersetzung von 63 Proc. Sie steigt rasch an, erreicht bei 450° schon 68,3 Proc., bei 475° das Maximum 73,3 Proc., fällt ebenso rasch bei 500° auf 63,8 Proc., bleibt bis 525° ziemlich constant, um dann bei 550° auf 58 Proc., bei 650° sogar auf 43 Proc. zurückzugehen.

Bemerkenswerth ist, dass mit steigender Temperatur das Chlor in den abziehenden Gasen zurücktritt. Als ein derartiger Versuch ein befremdend niedriges Resultat ergab, wurde zur Sicherheit die Contactmasse er-

neuert. Die Resultate blieben dieselben, und weitere Versuche stimmten damit überein.

Ursache der geringeren Zersetzung kann auch nicht, wie etwa im Deacon- oder Mond'schen Nickelprocess die Flüchtigkeit der Contactsubstanz sein, da im vorliegenden

Feuchtigkeit gesättigtes Gas in Anwendung brachten.

Die Ergebnisse lassen sich in diesem Falle nicht gut in Schaulinien darstellen, und sind daher in Folgendem tabellarisch wiedergegeben.

Reihe	Versuch	Proc. HCl im Gas	Behandlung mit HCl (Chlorirung)				Behandlung mit Luft (Oxydation)				Wiedergefunden			
			Temperatur °	Ausgetretene Proc. der gesammten HCl als Cl als HCl	Zersetzunggrad	Absorbirt Proc. der gesammten HCl	Temperatur °	Ausgetretene Proc. der gesammten HCl als Cl als HCl	Zersetzunggrad Proc. Cl i. austretenden Gas	Proc. der gesammten HCl als Cl als HCl	Total			
IX	33	90,80	425	9,2	0,6	93,4	90,2	525	58,7	9,1	86,9	67,8	9,8	77,6
	34	99,25	425	11,2	3,1	78,9	85,7	525	45,9	5,2	89,7	57,1	8,3	65,4
	35	99,20	425	16,6	5,6	74,6	77,8	550	90,0	7,5	92,3	106,6	13,1	119,7
	36	99,20	425	12,7	6,6	65,8	80,7	600	86,9	5,6	93,9	99,6	12,2	111,8
X	37	99,2	500	2,6	10,1	20,2	87,4	600	76,7	3,6	95,5	79,2	13,9	93,1
XI	38	45,6	425	12,1	7,2	62,7	80,8	600	77,9	3,2	96,1	89,9	10,4	100,3
	39	36,1	425	11,1	6,9	61,6	81,2	600	85,0	5,9	93,5	96,3	12,9	109,2
XII	40	48,6	475	7,9	6,3	55,5	85,8	600	51,4	4,1	92,7	59,3	10,4	69,7
	41	44,3	475	10,8	8,2	56,7	81,0	600	88,0	5,1	94,5	98,8	13,3	112,1
XIII	42	44,2	525	8,7	9,4	47,8	81,9	600	79,9	3,2	96,2	88,5	12,7	101,2

Falle hiervon nicht die Rede sein kann. Eher kann man annehmen, da in den austretenden Gasen Sauerstoff im Überschuss nachgewiesen werden kann, dass eine umkehrbare Reaction vorliegt, d. h. das aus MnO_2 mit Salzsäure entwickelte Chlor setzt sich mit vorhandenem Wasserdampf wieder zu Salzsäure und Sauerstoff um.

B. Versuche bei discontinuirlicher Arbeitsweise.

Diese Versuche zerfallen in 2 Phasen. In der ersteren wird eine bekannte Menge Salzsäure über die Contactmasse geleitet, welche Operation wir „Chlorirung“ nennen wollen. Aus den austretenden Gasen wird durch Natronlauge Chlor und Salzsäure zurückgehalten und diese Körper quantitativ zu der Lauge bestimmt. Nun wird die Temperatur gesteigert und fractionsweise Luft durch den Zersetzer geleitet. Diese Phase heisse „Oxydationsperiode“. In den abziehenden Gasen wird wiederum Chlor und Salzsäure bestimmt.

De Wilde und Reyhler verwenden nach Jurisch zu ihren Versuchen Chlorwasserstoff, den sie continuirlich aus wässriger Salzsäure durch Einlaufen von 66grädiger Schwefelsäure entwickeln. So lange Salzsäure im Überschuss vorhanden ist, wird das entweichende Gas bei der betreffenden Arbeitstemperatur mit Feuchtigkeit gesättigt sein und erst, wenn die Schwefelsäure vorwiegt, ziemlich trocken weggehen. Wir glaubten also den herrschenden Verhältnissen am nächsten zu kommen, wenn wir ein möglichst concentrirtes, bei Zimmertemperatur mit

Betrachten wir nun die einzelnen Versuche und die entsprechenden Resultate.

De Wilde und Reyhler geben in ihren Publicationen 425° als Chlorirungstemperatur an. In Versuch 33 wurde deshalb die Contactsubstanz bei 425° mit Salzsäure behandelt. Das Gas enthält 90,8 Proc. Chlorwasserstoff; 2,821 g des letzteren passirten den Zersetzer. Davon wurden 90,2 Proc. absorbirt; im nichtabsorbirten Gase waren 9,2 Proc. der gesammten Salzsäure als Chlor und nur 0,6 Proc. als Chlorwasserstoff vorhanden, was einer Zersetzung von 93,4 Proc. entspricht. Oxydationstemperatur war 525° . 58,7 Proc. der gesammten Salzsäure wurde als Chlor, 9,1 Proc. als Chlorwasserstoff abgegeben. Der Wirkungsgrad war in der ersten Fraction 63,8 Proc., also ziemlich niedrig. Dieses Resultat lässt sich jedoch leicht erklären. Die im Zersetzer anwesende, unzersetzte Salzsäure war nämlich durch die Luft in die Absorptionsgefässe getrieben worden. Besser war die Zersetzung in der 2. und 3. Fraction; sie stieg auf 91,4 und 97,6 Proc. Das Mittel beträgt 86,9 Proc. und ist ein recht gutes zu nennen. Im Ganzen wurden 77,6 Proc. der angewandten Salzsäure wiedergefunden und zwar 67,8 Proc. als Chlor und 9,8 Proc. als Chlorwasserstoff.

Versuch 34. Die Chlorirungstemperatur war die nämliche wie im vorigen Versuche. Das Gas enthielt 99,25 Proc. Chlorwasserstoff. Von 4,5437 g des letzteren wurden 3,8958 g oder 85,7 Proc. im Zersetzer zurückgehalten; im austretenden Gase fand sich eine Zersetzung von 78,9 Proc. Die Oxydation fand zum Theil bei 525° , zum Theil

bei 550° statt. Die mittlere Zersetzung stieg auf 89,7 Proc. und, war also etwas höher als in Versuch 33. Das austretende Chlor entspricht 45,9 Proc. der gesammten Salzsäure, von der selbst 65,4 Proc. wiedergefunden werden.

Versuch 35. Chlorirungstemperatur und Zusammensetzung des Gasgemisches waren die nämlichen wie in Versuch 34.

Die Absorption fiel auf 77,8 Proc., die Zersetzung auf 74 Proc. Die Behandlung mit Luft erfolgte bei 550° . Als mittlere Zersetzung ergibt sich 92,3 Proc.; in den einzelnen Fractionen schwankte dieselbe zwischen 87,6, 97,0, 96,3 und 96,5 Proc. Die Menge der durchgeleiteten Luft stellte sich auf 18 l. Es wurden 119 Proc. der eingeführten Salzsäure wiedergefunden. 106,6 Proc. der ersteren wurden in Chlor verwandelt gefunden. Dieses unmöglich hohe Resultat ist aber leicht zu erklären; vom Versuch 33 und 34 war nämlich Chlor in der Contactsubstanz zurückgeblieben, und durch den Luftüberschuss von Versuch 35 wurde dasselbe frei gemacht.

Versuch 36. Zusammensetzung des Gases und Chlorirungstemperatur wie im vorigen Versuch. Die Absorption nahm wieder zu und stieg auf 80,7 Proc.; die Zersetzung hingegen fiel auf 65,8 Proc. Die Resultate während der Oxydation stellten sich günstiger als im vorigen Versuch. Die Temperatur war auf 600° gesteigert worden. Die mittlere Zersetzung war 93,9 Proc.; in den einzelnen Fractionen ging sie von 86,7 auf 97,3, 99, 97,8 Proc. herauf. 99,6 Proc. der angewandten Salzsäure waren in Chlor verwandelt worden und 12,2 Proc. als Salzsäure ausgetreten (also wieder ein Überschuss über die angewendete HCl).

Einen richtigen Überblick erhalten wir, wenn wir die Resultate dreier auf einander folgender Versuche, wie 34, 35 und 36 zusammenfassen. Die Menge der angewandten Salzsäure betrug 13,8067 g. Absorbirt wurden 11,235 g oder 81,4 Proc. Die während der Oxydation augetretene Salzsäure (Chlor als Salzsäure mitberechnet) stellte sich auf 11,1283 g oder 99 Proc.; im Zersetzer war mithin nur 1 Proc. zurückgehalten worden.

Fassen wir Chlorirung und Oxydation zusammen, so zeigt sich folgendes Ergebniss:

Es wurden von 13,8067 g Salzsäure 13,6998 g oder 99,2 Proc. wiedergefunden; 12,1476 davon traten als freies Chlor aus. Es resultirte also eine Zersetzung von 87,9 Proc., ein Resultat, das im Deacon-process bis jetzt wenigstens im Grossen wohl niemals erhalten worden ist.

Die Contactsubstanz hatte nach den vier ausgeführten Versuchen ihre Aufnahmefähigkeit vollständig bewahrt, wie sich aus Versuch 37 ergab, der zugleich über den Einfluss einer gesteigerten Chlorirungstemperatur Aufschluss geben sollte. Als solche wurde 550° gewählt; das Gas enthielt 99,2 Proc. Salzsäure. Die Absorption nahm etwas zu; sie stieg auf 87,4 Proc. Sehr ungünstig äusserte sich die höhere Temperatur im Grade der Zersetzung, der auf 20,2 Proc. sank.

Die Behandlung mit Luft, bei 600° vorgenommen, verlief wieder günstig; es resultirte eine mittlere Zersetzung von 95,5, und 93,1 Proc. der gesammten Salzsäure wurden wiedergefunden.

Obwohl beim Hasenclever-Process im Grossen reines HCl-Gas aus wässriger Salzsäure und Schwefelsäure dargestellt wird, so geschieht das doch unter Beimischung mit Luft; ohne solche ist bisher wohl so reines HCl-Gas in der Grosspraxis noch nicht in Verwendung gekommen, und es schien daher räthlich, unsere Untersuchung auch auf Gase auszudehnen, die in ihrer Zusammensetzung guten Sulfatpfannengasen entsprechen, also ungefähr 50 Proc. Salzsäure enthalten.

Versuch 38. Die Chlorirung wurde bei 425° vorgenommen; das Gas enthielt 45,6 Proc. Salzsäure, wovon 80,8 Proc. zurückgehalten wurden, d. h. die Absorption ist die nämliche, wie wenn mit concentrirtem Gas gearbeitet würde. Die Zersetzung ergab sich = 62,7 Proc.; sie ist also etwas kleiner als in den Versuchen 34, 35 und 36. Die Behandlung mit Luft erfolgte bei 600° . Die Resultate fielen sehr günstig aus; die mittlere Zersetzung stieg auf 96,1 Proc., während im Ganzen 89,8 Proc. der angewandten Salzsäure in Chlor verwandelt wurden.

Versuch 39 wurde unter ähnlichen Bedingungen wie 38 ausgeführt. Das Gasgemisch setzte sich aus 36,1 Th. Chlorwasserstoff und 63,9 Th. Luft zusammen; die Absorption war = 81,2 Proc., also gleich derjenigen des vorhergehenden Versuchs. In der Chlorirungsperiode trat eine Zersetzung von 61,6 Proc., in der Oxydationsperiode dagegen eine solche von 93,5 Proc. ein.

Versuch 40. Die Chlorirungstemperatur wurde auf 475° gesteigert, das Gasgemisch enthielt 48,6 Proc. Chlorwasserstoff. Die Absorption stieg auf 85,8 Proc., während die Zersetzung auf 55,5 Proc. zurückging.

Versuch 41. Bei einem Salzsäuregehalt von 44,3 Proc. trat eine Absorption von 81 Proc. und eine Zersetzung von 56,7 Proc. ein. Die Oxydationsperiode stimmte in ihren Bedingungen und auch in den Resultaten mit den vorausgehenden Versuchen überein.

Versuch 42. Die Behandlung mit Salzsäure erfolgte bei 525°. Das Gas enthielt 44,2 Proc. Salzsäure; 81,9 Proc. des angewandten Chlorwasserstoffs wurden absorbirt; in den abziehenden Gasen fand sich eine Zersetzung von nur 47,8 Proc. Die Oxydation bei 600° ergab ein sehr günstiges Resultat, indem die mittlere Zersetzung 96,2 Proc. betrug und 88,5 Proc. der gesammten Salzsäure in Chlor verwandelt wurden.

Fassen wir die Versuche 40, 41 und 42 zusammen, so ergeben sich folgende Zahlen:

Von 7,0208 g Salzsäure wurden 5,7200 g oder 81,4 Proc. absorbirt; in Form von freiem Chlor traten 82,4 Proc. aus, und von der angewandten Salzsäure wurden 94,5 Proc. wiedergefunden.

Schlussbemerkungen.

Die Contactmasse von de Wilde und Reyhler eignet sich nicht für continuirliche Arbeitsweise nach Art des Deacon-processes, da die Resultate, speciell bei Anwendung eines feuchten Gases, zu niedrig ausfallen; sie lässt sich dagegen unter bestimmten Bedingungen sehr vortheilhaft bei discontinuirlicher Arbeitsweise anwenden.

a) Chlorirungstemperatur. Diejenige Temperatur wird als die beste anzusehen sein, bei welcher, selbst auf Kosten des Absorptionsgrades, ein Gas entsteht, das möglichst viel freies Chlor enthält. Durch Auswaschen der noch vorhandenen Salzsäure kann dann ein sehr concentrirtes Gas erhalten werden, das hochprocentigen Chlorkalk liefern wird. Die vorgenommenen Versuche ergeben in Übereinstimmung mit de Wilde und Reyhler 425° als geeignete Temperatur, sowohl für sehr concentrirte als auch für Pfannengase.

b) Oxydationstemperatur. De Wilde und Reyhler geben 525° als diejenige Temperatur an, bei welcher die Zersetzung am günstigsten verlaufen soll. Bei unseren Versuchen liessen wir die Temperatur von 525 bis 600° variiren; die Resultate fielen bei 600° um einige Prozent höher aus als bei den niedrigeren Temperaturen, und es kann deshalb 600° als richtigste Oxydationstemperatur angesehen werden.

c) Haltbarkeit der Contactmasse. Die Contactsubstanz muss, was ihre Haltbarkeit anbelangt, eine gute genannt werden. Es zeigte sich z. B. nach den Versuchen 38, 39, 40 und 41 nach etwa 40 Arbeitsstunden keine Spur einer Abnahme der Absorptionsfähigkeit. Eine Gefahr ist indessen vorhanden, die bei allen ähnlichen Verfahren auftritt, nämlich der Umstand, dass sich leicht etwas Pulver bildet, das im Gross-

betrieb den Gasen leicht den Durchgang versperren kann.

Zürich, Technisch-chemisches Laboratorium des Polytechnikums.

Chromoxyd im Algierphosphat.

Von

Georg Schüler.

Chromoxyd und Phosphorsäure finden sich in der Natur nur äusserst selten vergesellschaftet. Abgesehen von dem auch nur von einer Fundstelle bekannten Phosphorchromit $\text{Cr}_2\text{P}_2\text{O}_8$ Shepard's ist Chromoxyd bisher nur spurenweise in einigen wenigen Phosphaten aufgefunden worden, so im Variscit Breithaupt's und im Los Roquesphosphat (d. Z. 1894, 742). Beide sind für die Industrie ohne Bedeutung, da zur Superphosphatfabrikation bekanntlich nur Kalkphosphate verwendet werden können. Meines Wissens ist bisher noch in keinem Kalkphosphat Chromoxyd nachgewiesen worden, und es scheint mir daher nicht ohne Interesse festzustellen, dass das in neuerer Zeit zu grosser Bedeutung gelangte Algierphosphat¹⁾ einen constanten, wenn schon sehr geringen Gehalt an Chromoxyd besitzt, wenigstens die in Deutschland wohl ausschliesslich verwendete Tebessawaare. Ich habe es sowohl in Phosphaten vom Djebel Dyr als vom Djebel Kouif als ständigen Begleiter beobachtet und will hier gleich bemerken, dass auch eine Probe Gafsaphosphat, also eines tunesischen Phosphats, die in meine Hände gelangte, einen, wenngleich noch weit geringeren Gehalt an Chromoxyd erkennen liess.

Ob die Waare von Toqueville Chrom enthält, weiss ich nicht, und möchte ich an dieser Stelle die Herren Collegen bitten, die Muster obigen Vorkommens besitzen, die einfache Probe anzustellen, da es mir nicht ausgeschlossen erscheint, dass dem Chromoxydgehalt in Bezug auf die Genesis der algerischen Lagerung später eine gewisse Bedeutung beigelegt werden wird. Qualitativ lässt sich das Chromoxyd leicht folgendermaassen nachweisen. Eine nicht zu kleine Menge Phosphat wird in einer geeigneten Säure z. B. Salzsäure gelöst und das Filtrat mit einem reichlichen Überschuss von Ammoniak gefällt. Calciumphosphat sowie der grösste Theil des Aluminium- und Eisenphosphats fallen aus, während das Chromoxyd grösstentheils in Lösung geht. Das Gemenge wird

¹⁾ Über Bona wurden 1896 = 110 040 t, 1897 schon 207 082 t verschiff.