

Zeitschrift für angewandte Chemie.

1901. Heft 3.

Bildung und Zusammensetzung des Chlorkalks.

Von Hugo Ditz.

(Mittheilung aus dem chem.-technologischen
Laboratorium an der K. K. Technischen Hochschule
zu Brunn.)

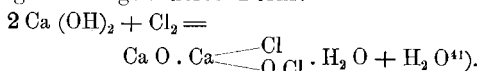
[Fortsetzung von S. 31.]

Der folgende Versuch wurde durchgeführt, um zu erfahren, ob bei höherer Temperatur eine directe Zersetzung der Verbindung stattfindet, oder ob Chlorat in grösserer Menge auftritt. 1,9977 g Chlorkalk wurden im trockenen Luftstrome bei langsam steigender Temperatur erhitzt. Schon unter 150° wirft sich der Chlorkalk, wobei starke Gasentwicklung bemerkbar wird. Die Temperatur wurde bis 190° gesteigert und nach einstündigem Erhitzen im Luftstrome erkalten gelassen. Der im Schiffchen verbliebene Chlorkalk (es wurde ein grösseres Schiffchen genommen, damit beim Werfen des Chlorkalks letzterer nicht übertrete) wurde nun nach dem Verreiben mit Wasser auf 250 ccm gebracht und in je 50 ccm der Gehalt an Hypochlorit und Chlorat je zweimal bestimmt. Das Hypochlorit-Chlor wurde dabei zu 1,7 Proc., das Chlorat-Chlor zu 0,8 Proc. ermittelt. Es ist also der grösste Theil des bleich. Chlors verschwunden und nur eine geringe Menge Chlorat gebildet worden. Die bei 60—90° (resp. im Exsiccator) weggehende Quantität Wasser, welche, da bei ihrer Entfernung der Chlorkalk keine Veränderung erleidet, also weder ein Chlorverlust, noch Chloratbildung in in Betracht kommendem Maasse eintritt, zweifellos im Chlorkalk als freies, ungebundenes Wasser, also als Feuchtigkeit vorhanden, beträgt 8,31 Proc. Dasselbe besteht 1. aus dem Wasser, welches aus dem im ursprünglichen Kalkhydrate vorhandenen Wasserüberschusse herrührt, 2. aus dem Wasser, welches bei der Bildung des Chlorkalks frei geworden ist. Das erstere ergibt sich durch Subtraction des dem Gesamt-Ca O entsprechenden Wassers von dem ermittelten Gesamt-Wasser, beträgt also $16,48 - 14,76 = 1,72$ Proc. Bringe ich dieses von 8,31 Proc. in Abzug, so erhalte ich die Menge des bei der Bildung dieses Chlorkalks (1) frei gewordenen Wassers zu 6,59 Proc. Die Hälfte des dem Gesamt-Ca O entsprechenden Wassers (14,76 Proc.)

beträgt 7,38 Proc.; dieser Werth weicht nur um einige Zehntel Procente von dem ermittelten ab.

Meiner Ansicht nach geht die Hälfte des vorhandenen, dem Gesamt-Ca O entsprechenden Wassers unter 100° (oder im Exsiccator) weg und ist als bei der Bildung des Chlorkalks (1) frei gewordenen Wasser zu betrachten.

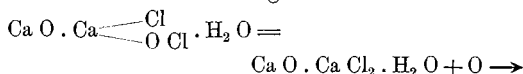
Die Gleichung (1) erhält demnach die folgende abgeänderte Form:



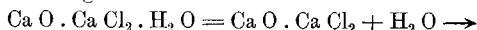
Das eine Molecül H_2O entweicht beim Erhitzen unter 100°. — Bei höherer Temperatur (130—180° C.) tritt eine Zersetzung der nun vorhandenen Verbindung



ein nach der Gleichung:



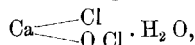
Das noch vorhandene Wasser entweicht erst beim Erhitzen zur Rothgluth nach der Gleichung:



Die geringe Abweichung des beim Erhitzen bis 90° frei gewordenen Wassers von dem theoretischen Werthe ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, dass die Verbindung



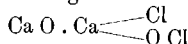
unter dem Einflusse des vorhandenen freien Wassers in geringer Menge dissociirt unter Bildung der Verbindung



welch letztere, wie aus den weiteren Untersuchungen hervorgeht, nur die Hälfte des Wassers in diesem Temperatur-Intervalle abgiebt.

Ein Chlorkalk mit 38,95 Proc. bleich. Cl, welcher seiner Herstellung nach einem solchen von der Formel (2) nahe kam (die

⁴¹⁾ In meiner vorläufigen Mittheilung stellte ich mir die Verbindung



als wasserfrei vor, dachte also, dass das Gesamt-Wasser des Chlorkalks (1) schon bis 100° weggehen wird.

vollständige Analyse desselben wurde nicht ausgeführt), wurde nun bezüglich seines Wassergehaltes untersucht. 0,6235 g desselben gaben schon bei schwachem Erwärmen nach wenigen Minuten eine Jodausscheidung in der Jodkaliumvorlage. Die Temperatur wurde dann 1 Stunde bei 50—70° gehalten und dann im Luftstrome erkalten gelassen. Die dabei abgegebene Wassermenge betrug 9,46 Proc., die Chlormenge 3,35 Proc. Bei weiterem Erhitzen trat bei 130° wieder Chlor-entwicklung auf; die Temperatur wurde bis 195° gesteigert, dann im Luftstrome erkalten gelassen. Die hier abgegebene Wassermenge wurde zu 0,09 Proc., das Chlor zu 1,68 Proc. ermittelt. Der Chlorkalk wurde nun bis zur Rothgluth erhitzt, bis die Masse nach vorherigem Zusammensintern vollständig niederschmolz. Es wurde hierbei nur eine schwache Spur Chlor frei und 4,4 Proc. H₂O*).

Die in den verschiedenen Temperaturintervallen abgegebenen Chlor- und Wassermengen waren also:

bei 50—70°	9,46 Proc. H ₂ O	3,35 Proc. Cl
- 130—195°	0,09 - -	1,68 - -
- Rothgluth	4,40 - -	- -
Summe	13,95 Proc. H ₂ O	5,03 Proc. Cl

Bei einem zweiten, mit demselben Chlorkalk ausgeführten Versuche ergaben sich:

bei 50—70°	9,50 Proc. H ₂ O	3,64 Proc. Cl
- 150—200°	0,00 - -	0,61 - -
- Rothgluth	3,81 - -	0,07 - -
Summe	13,31 Proc. H ₂ O	4,32 Proc. Cl

Die beim zweiten Versuche erhaltenen Resultate sind, was speciell die bei Rothgluth erhaltenen Zahlen betrifft, zu niedrig, da auch eine Gesamtwasserbestimmung des Chlorkalks, beim directen Erhitzen bis zur Rothgluth, 14,4 Proc. H₂O ergab. (Hierbei entwichen 5,27 Proc. Cl.) Zwischen 50 bis 70° werden also ca. 9½ Proc. H₂O frei; es setzen sich diese jedenfalls zusammen aus dem vom Kalkhydrate herstammenden überschüssigen Wasser, aus dem bei der Bildung des Productes freigewordenen Wasser und endlich, da hierbei eine theilweise Zersetzung des Chlorkalks unter Chlorentwicklung stattfindet, aus einem Theile des die Stabilität der bleichenden Verbindung $\text{Ca} \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O Cl} \end{smallmatrix} \cdot n \text{H}_2\text{O}$

*) Das mit Chlorcalcium gefüllte U-Rohr enthielt an beiden Enden als Abschluss eine geringe Menge Glaswolle. Es zeigte sich nun sowohl bei diesem wie auch bei späteren Versuchen an der Eintrittsstelle des mit Chlor gemengten Wasserdampfes eine mit der Dauer der Einwirkung zunehmende Braunfärbung der Glaswolle; dieselbe wurde auch brüchig und zerreiblich, während sie an der Austrittsstelle des Gasstromes, wo also trockenes Chlor vorhanden war, vollständig intact blieb. Ich will bemerken, dass der Eisengehalt dieser Glaswolle ein relativ sehr geringer ist.

bedingenden Constitutionswassers. Letzterer Umstand unterscheidet das Verhalten dieses Chlorkalks wesentlich von dem des Chlorkalks (1), welcher beim Erwärmen im trockenen, kohlensäurefreien Luftstrome bei 50 bis 70° keine Zersetzung erleidet. Bei 130 bis 200° giebt der Chlorkalk der Formel (2) nur sehr wenig oder gar kein Wasser ab und wird der Rest des Wassers erst bei Rothgluth ausgetrieben⁴²⁾. Weitere Schlüsse konnte ich aus den erhaltenen Resultaten nicht ziehen, da mir die Analyse des Productes nicht bekannt war.

Zur Untersuchung gelangte nun der in der Tabelle II mit (3 A.) bezeichnete Chlorkalk.

0,6130 g desselben wurden zur Bestimmung des Gesamtwassergehaltes eine Stunde im trockenen, kohlensäurefreien Luftstrome bei Rothgluth erhitzt und hierbei 17,66 Proc. H₂O erhalten. Der im Schiffchen verbliebene Rückstand war nicht vollständig niedergeschmolzen, sondern ein Theil, vielleicht in Folge des grösseren Gehaltes an kohlensaurem Kalk, nur gesintert. Der Rückstand wurde, um möglicherweise noch vorhandene Spuren von Wasser in Freiheit zu setzen, mit frisch geglühtem Natriumkaliumcarbonat versetzt und nochmals eine Stunde geglüht, wobei noch 0,88 Proc., also im Ganzen 18,54 Proc. H₂O abgegeben wurden. (Eine zweite Bestimmung des Gesamtwassers ergab 18,6 Proc.) Die hierbei freiwerdenden Chlormengen betrugen 11,44 resp. 10,08 Proc.*).

0,5868 g Chlorkalk wurden nun eine Stunde im Luftstrome bis ca. 180° erhitzt, dabei wurden 13,1 Proc. H₂O und 8,83 Proc. Cl frei. Bei weiterem Erhitzen zur Rothgluth (unter nachherigem Zusatz von Natriumkaliumcarbonat, wie früher) wurde noch eine Spur Chlor und 4,89 Proc. H₂O frei. Die Summe der abgegebenen Wassermengen beträgt 17,99 Proc. (Das früher ermittelte Gesamtwasser beträgt 18,54 Proc.) Das dem Ges.-Ca O entsprechende H₂O (11,16 Proc.) von der Gesamtwassermenge (18,54 Proc.) in Abzug gebracht, ergibt

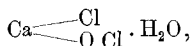
⁴²⁾ 1,2697 g des Chlorkalks verloren durch 12 Tage im Exsiccator 12,6 Proc. von ihrem Gewichte. Bei einem zweiten Versuche wurden 4,8944 g durch fast 5 Wochen in einem Wägefläschchen im Exsiccator gelassen, nach je 2—3 Tagen gewogen, bis das Gewicht nahezu constant war. Der Gewichtsverlust betrug 12,89 Proc. (Bei 50—70° betrug der Gesamtverlust an Chlor und Wasser beim ersten Versuche 12,81, beim zweiten Versuche 13,14 Proc.).

*) Theoretisch sollten 16,07 Proc. Chlor freiwerden. Die Art der Berechnung dieses Werthes, sowie die Erklärung für die Abweichung von der Theorie ist aus den späteren Angaben ersichtlich.

7,38 Proc. H_2O , die vom überschüssigen Wasser im Kalkhydrate herrühren, sind bei der Bildung des Chlorkalks frei geworden⁴³).

8,875 Proc. H_2O sind also als hygroskop. Wasser im Chlorkalk vorhanden.

Dazu kommt noch die Wassermenge, die beim Erhitzen bis 180° durch die Zersetzung des Chlorkalks bez. der Verbindung



frei wird. Diese beträgt meiner ursprünglichen Ansicht nach die Hälfte des Wassers, welches in der Verbindung

$Ca \begin{array}{c} \diagup Cl \\ \diagdown O \end{array} Cl \cdot H_2O$ als Constitutionswasser

vorhanden ist. Dieses letztere ergibt sich durch Subtraction des Wassers, welches ursprünglich an dem „freien“ CaO gebunden war, von dem dem Gesamt- CaO entsprechenden, d. i. also $11,16 - 2,99 = 8,17$ Proc.

Die Hälfte davon ist 4,085 Proc. H_2O
Ver mehrt um d. hygrosk. Wasser 8,875 - -

12,960 Proc. H_2O

sollten demnach der Theorie nach bis 180° frei werden; gefunden wurden nach Obigem 13,1 Proc.

Bei Rothgluth sollen der Theorie nach frei werden

das in der Verbindung

$CaO \cdot Ca \begin{array}{c} \diagup Cl \\ \diagdown O \end{array} Cl \cdot H_2O$ vorhandene H_2O 1,495 Proc.

und die zweite Hälfte des Constitutions-

wassers d. Verb. $Ca \begin{array}{c} \diagup Cl \\ \diagdown O \end{array} Cl \cdot H_2O$ 4,085 -

Summe 5,58 Proc.

Gefunden wurden 4,89 Proc.⁴⁴).

Zur Untersuchung gelangte nun der mit (3 B.) bezeichnete Chlorkalk. Der Gesamtwassergehalt ergab sich im Mittel zu 17,56 Proc. Beim Erhitzen bis 180° wurden bei 2 Versuchen frei

11,64 Proc. 12,13 Proc.

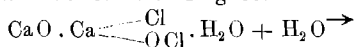
bei weiterem Erhitzen bis

zur Rothgluth 5,29 Proc. 5,36 Proc.

Summe 16,93 Proc. 17,49 Proc.

Die bei 3 Versuchen abgeschiedenen Chlormengen betragen dabei 9,75, 8,62, 5,55 Proc.; beim directen Erhitzen auf Rothgluth wurden

⁴³) Nach der früheren Angabe:



⁴⁴) Dieser zu gering erhaltene Werth hängt damit zusammen, dass die Gesamtmenge des Wassers bei der directen Bestimmung (18,54 Proc.) sich um 0,55 Proc. höher ergibt, als die Summe des Wassers bei den verschiedenen Temperaturintervallen (17,99 Proc.), hat also einerseits in den Fehlerquellen der Bestimmung seine Ursache, andererseits ist er aber auch auf eintretende Nebenreactionen zurückzuführen, wie ich dies später des Näheren erörtern werde.

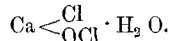
7,78 Proc. Cl frei*). — Das Gesamt-Wasser (17,56 Proc.) vermindert um das dem Ges.- CaO entsprechende Wasser (11,84 Proc.) giebt

5,72 Proc. H_2O , welche von dem überschüssigen Wasser im Kalkhydrate herkommen.

1,58 Proc. H_2O sind bei der Bildung des Chlorkalks frei geworden.

7,30 Proc. H_2O sind als freies (hygrosk.) Wasser im Chlorkalk vorhanden.

4,34 Proc. H_2O beträgt die Hälfte des Constitutionswassers der Verbindung



11,64 Proc. H_2O sollen demnach theoret. beim Erhitzen bis 180° frei werden.

Bei Rothgluth sollen der Theorie nach $4,34 + 1,58 = 5,92$ Proc. H_2O abgegeben werden. Die Abweichungen von der Theorie sind gering und sind auf dieselben Ursachen wie in dem vorhergehenden Falle zurückzuführen.

Der Untersuchung wurde nun auf dieselbe Weise der Chlorkalk (4) unterworfen. Das Gesamt-Wasser beim directen Erhitzen zur Rothgluth im Rohre ergab sich im Mittel zu 16,36 Proc. Das hierbei freiwerdende Chlor betrug 12,52 Proc. Beim Erhitzen dieses Chlorkalks in verschiedenen Temperatur-Intervallen fand bei $150-170^\circ$ der stärkste Chlor-Austritt statt, so dass in der mit Jodkaliumlösung beschickten Waschflasche Jod in grösserer Menge sich in fester Form ausschied.

Beim Erhitzen

bis 180° wurden

frei . . . 11,71 Proc. H_2O 13,71 Proc. Cl

bis Rothgluth

wurden frei 4,58 Proc. H_2O 0,08 Proc. Cl

Summe 16,29 Proc. H_2O 13,79 Proc. Cl ⁴⁵)

4,82 Proc. H_2O stammen von dem überschüssigen Wasser d. Kalkhydr.

0,58 Proc. H_2O sind bei der Bildung von (4) frei geworden.

5,40 Proc. H_2O sind also im Chlorkalk als freies Wasser vorhanden.

5,19 Proc. des Const. H_2O werden beim Erhitzen bis 180° theoret. abgegeben.

10,59 Proc. H_2O sollen theoret. bis 180° erhalten werden.

Das bei Rothgluth frei werdende Wasser soll nach der Theorie $5,19 + 0,58 = 5,77$ Proc. H_2O betragen.

Die Untersuchung wurde nun auf den Chlorkalk (5 A.) ausgedehnt. Der Gesamt-Wassergehalt desselben wurde im Mittel zu 24,05 Proc. gefunden. Die beim directen

*) Theoretisch sollten 17,0 Proc. Chlor frei werden.

⁴⁵) Der Theorie nach sollten 20,4 Proc. Chlor frei werden.

Erhitzen zur Rothgluth frei werdende Chlormenge betrug 14,3 Proc.; zu bemerken ist, dass der Chlorkalk sich dabei nur wenig wirft.

Beim Erhitzen

bis 180° wurden

frei . . . 18,86 Proc. H₂O 15,11 Proc. Cl

auf Rothgluth

wurden frei . . . 5,19 Proc. H₂O ⁴⁶⁾ 0,45 Proc. Cl

Summe 24,05 Proc. H₂O 15,56 Proc. Cl ⁴⁷⁾

14,24 Proc. H₂O waren schon ursprünglich frei vorhanden.

0,38 Proc. H₂O werden bei der Bildung von (5 A.) frei

14,62 Proc. H₂O sind als freies Wasser enthalten.

4,525 Proc. des Constit. H₂O werden bis 180° abgegeben.

19,145 Proc. H₂O sollen theoretisch beim Erhitzen bis 180° frei werden.

Bei Rothgluth sollen theoretisch 4,525 + 0,38 = 4,905 Proc. H₂O frei werden. Die Übereinstimmung ist hier eine fast quantitative; dies hängt wohl damit zusammen, dass die entweichende Chlormenge dem theoretischen Werthe sehr nahe kommt, dementsprechend die Nebenreactionen nur in geringem Maasse stattfinden, wie dies später des Näheren erörtert wird.

Der Chlorkalk (5 B.), der nun untersucht wurde, hatte einen Gesamt-Wassergehalt von 23,53 Proc. Beim Erhitzen im trockenen, kohlenstofffreien Luftstrome beginnt bei ca. 45° die Chlor-Entbindung, bei 53° scheidet sich dasselbe in grösserer Menge ab. Die Temperatur wurde dann eine Stunde bei 80 bis 100° gehalten und dann im Luftstrome erkalten gelassen. Die hierbei frei gewordene Wassermenge betrug 18,97 Proc.; bei weiterem Erhitzen bis 180° wurden nur mehr 0,17 Proc. H₂O frei. Die Gesamtmenge des freigewordenen Chlors betrug hierbei 10,29 Proc., das Gesamt-Wasser 19,14 Proc. ⁴⁸⁾. Bei einem zweiten Versuche wurden bis 180° 19,50 Proc. Wasser frei und bei weiterem Erhitzen bis Rothgluth 4,71 Proc. H₂O, zusammen 24,21 Proc. H₂O. Die freiwerdende Chlormenge betrug hier 10,89 Proc. ⁴⁹⁾.

⁴⁶⁾ Wurde indirect bestimmt durch Subtraction des bis 180° gefundenen Werthes von dem Gesamt-Wassergehalte.

⁴⁷⁾ Theoretisch sollten 17,81 Proc. Chlor frei werden.

⁴⁸⁾ Dieser, wie auch schon ein früherer Versuch (bei dem der Formel (2) entsprechenden Chlorkalk) lehrt, dass schon beim Erhitzen bis 100° dieselben Mengen Wasser frei werden als beim Erhitzen bis 180°; in dem letzten Temperatur-Intervalle werden nur noch eventuell nicht vollständig entfernte Spuren von Wasser, begünstigt durch die hierbei eintretende Zersetzung unter Sauerstoff-Abgabe, weggebracht.

⁴⁹⁾ Theoretisch sollten 18,54 Proc. Chlor frei werden.

13,54 Proc. H₂O waren ursprünglich im Chlorkalk (5 B.) frei.
0,28 Proc. H₂O werden bei der Bildung von (5 B.) frei.

13,82 Proc. H₂O sind also als freies Wasser enthalten.

4,715 Proc. H₂O des Constit.-Wassers werden beim Erhitzen bis 180° frei.

18,535 Proc. H₂O werden bis 180° theoret. frei.

4,715 + 0,28 = 4,995 Proc. H₂O sollen beim Erhitzen bis zur Rothgluth der Theorie nach frei werden.

Die Übereinstimmung der experimentell gefundenen Werthe mit den nach der Theorie berechneten, entspricht der in den früheren Fällen beobachteten.

Es wurde endlich noch der Chlorkalk (6) in derselben Weise untersucht. Derselbe hatte einen Wassergehalt von 28,41 Proc.; die beim directen Erhitzen auf Rothgluth frei werdende Chlormenge betrug 14,14 Proc. Beim Erhitzen blähte sich die Substanz bei 90° stark auf, das Wasser entwich fast momentan, wobei die ganze Masse gleichsam ins Sieden kam.

Bis 180° entwichen 24,05 Proc. H₂O
bei Rothgluth . . . 4,14 Proc. H₂O

Summe 28,19 Proc. H₂O

Die bei 2 Versuchen frei werdenden Chlormengen betrugen 15,02 und 15,24 Proc. — (Theoretisch sollten 17,23 Proc. frei werden.)

19,33 Proc. H₂O waren ursprünglich im Chlorkalk (6) frei vorhanden.

0,16 Proc. H₂O werden bei der Bildung von (6) frei.

19,49 Proc. H₂O sind als freies (hygroskop.) Wasser vorhanden.

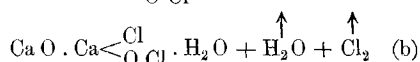
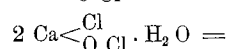
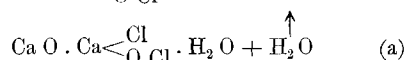
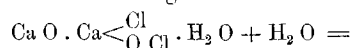
4,38 Proc. H₂O des Constit.-Wassers werden beim Erhitzen bis 180° frei.

23,87 Proc. H₂O sollen theoret. beim Erhitzen bis 180° frei werden.

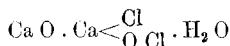
4,38 + 0,16 = 4,54 Proc. H₂O sollen theoretisch bei Rothgluth frei werden.

Die Übereinstimmung ist die gewöhnliche.

Wenn ich die aus der durchgeführten Untersuchung über den Wassergehalt des Chlorkalks und dessen Verhalten in der Wärme gewonnenen Ergebnisse zusammenfasse, so bestehen dieselben in Folgendem: Beim Erhitzen des Chlorkalks im trockenen, kohlenstofffreien Luftstrome bis ca. 100° gehen theoretisch folgende Processe vor sich:

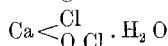


Ein Chlorkalk von der Formel (1) wird sich demnach unter den angegebenen Umständen nach Gleichung (a) verhalten, d. h. er wird beim Erhitzen bis 100° das bei der Bildung des Chlorkalks frei gewordene Wasser (selbstverständlich auch das ursprünglich vorhandene, überschüssige Wasser des Kalkhydrats) abgeben, wobei der Gehalt an bleich. Chlor nicht verändert wird. Es enthält demnach die Verbindung

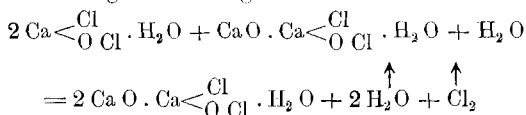


ein Molecül Wasser, welches als Constitutionswasser einen wesentlichen Bestandtheil derselben bildet.

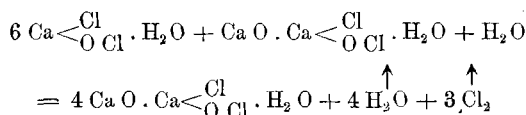
Ein Chlorkalk von der Formel (2), welcher neben diesem intermediären Producte auch die Verbindung



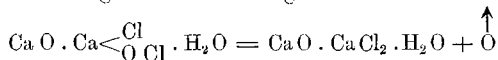
enthält, wird sich sowohl nach Gleichung (a) als auch nach (b) verhalten und wird seine Zersetzung beim Erhitzen bis 100°, abgesehen von den hier eintretenden, noch zu besprechenden Nebenreactionen nach folgender Gleichung vor sich gehen:



Ähnlich wird ein Chlorkalk von der Formel (3) nach folgender Gleichung sich verhalten:

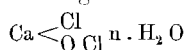


Erhitzt man den Chlorkalk im trockenen kohlenstofffreien Luftstrome bis auf eine Temperatur von 180—190°, so geht, trotzdem die erhaltenen Chlor- und Wassermengen denen gleichkommen, die beim Erhitzen bis 100° frei werden, noch eine weitere Zersetzung des Chlorkalks vor sich. Dieselbe giebt sich schon äusserlich zu erkennen, indem zw. 120—150° der Chlorkalk sich wirft unter Sauerstoff-Abgabe. Hierbei findet folgende Zersetzung statt:

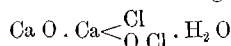


Gemäss dieser Reaktionsgleichung werden sowohl der Chlorkalk (1) als auch die übrigen Chlorkalke zersetzt, da ja letztere nach dem Erhitzen bis 100° zum grossen Theile von der Zusammensetzung des getrockneten Chlorkalks (1) sind.

Die Verbindung



enthält, wie aus dem Verhalten des Chlorkalks beim Erhitzen im trockenen, kohlenstofffreien Luftstrome zu schliessen ist, ein Molecül Constitutionswasser, dessen Vorhandensein die Stabilität der Verbindung bedingt. Beim Erhitzen bis 100° wird theoretisch die Hälfte des Constitutionswassers unter gleichzeitiger Abgabe der Hälfte des Chlorgehaltes frei und bleibt die Verbindung

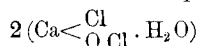


zurück. Es folgt daraus, dass

$$1. \quad 2 (\text{Ca} < \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O} \end{smallmatrix} \text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O})$$

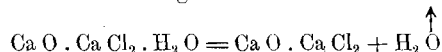
oder ein Vielfaches davon das Molecül dieser Verbindung bildet, welche Thatsache auch in den Bildungsgleichungen zum Ausdruck gebracht ist.

2. dass die 2 Mol. Wasser, welche zur Constitution des Molecül-Complexes

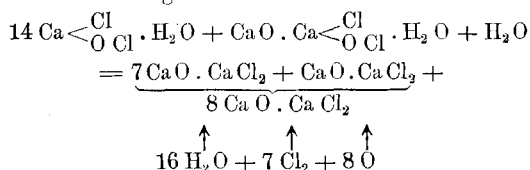


gehören, in verschiedener Weise gebunden sind, entsprechend der verschiedenen Abspaltbarkeit derselben.

Beim Erhitzen zur Rothgluth giebt nun der theoretisch aus $\text{Ca O} \cdot \text{Ca Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ bestehende Rückstand das noch gebundene Wasser ab und es verbleibt hierbei $\text{Ca O} \cdot \text{Ca Cl}_2$ nach der Gleichung:



Es wird demnach ein Chlorkalk (4) sich, abgesehen von den im Folgenden zu besprechenden Nebenreactionen, beim Erhitzen bis zur Rothgluth gemäss der folgenden Gleichung verhalten:



Überblicken wir die bei den vorangehenden Untersuchungen in den verschiedenen Temperatur-Intervallen frei werdenden Chlormengen, so sehen wir, dass die beim directen Erhitzen bis zur Rothgluth frei gewordene Chlormenge oft bedeutend von derjenigen abweicht, welche beim Erhitzen bis 180° entweicht, ferner aber auch, dass die in einem und demselben Temperatur-Intervalle abgeschiedenen Chlormengen auch oft nicht unerheblich differiren. Des weiteren ist ersichtlich, dass die beim Erhitzen bis 180° frei werdenden Chlormengen nur in wenigen Fällen den theoretisch geforderten Werthen nahekommen, gewöhnlich aber viel geringer sind. Diese Erscheinungen sowohl,

wie die hierdurch auch theilweise bedingten Abweichungen der in den verschiedenen Temperatur-Intervallen wirklich abgegebenen Wassermengen von den theoretisch erwarteten, sind natürlicherweise darauf zurückzuführen, dass die Zersetzung des Chlorkalks in der Wärme nicht ausschliesslich nach den angegebenen Gleichungen verläuft; demnach wird auch der Glührückstand des Chlorkalks nicht wie dies die Theorie verlangt, aus gleichen Theilen Ca O und Ca Cl_2 bestehen⁵⁰⁾.

Fragen wir nach der Ursache dieser Erscheinungen, so müssen wir diese in Nebenreactionen suchen, die bei der Zersetzung des Chlorkalks in der Wärme eintreten. Um die Natur derselben kennen zu lernen, wurden die folgenden Versuche angestellt:

Ein fast 6 Monate alter Chlorkalk, der ursprünglich bei einem Gehalte von 39,56 Proc. bleich. Chlor etwas höher chlorirt war, als einem Chlorkalk von der Formel (2) entsprechen würde, wurde untersucht, und enthielt derselbe nach der Analyse: 35,77 Proc. bleich. Chlor, 7,7 Proc. „freies“ Ca O und 0,39 Proc. Chlorat-Chlor entsprechend 1,14 Proc. $\text{Ca (Cl O}_3)_2$, hatte also in dieser Zeit fast 4 Proc. bleich. Chlor verloren. Das Gesamt-Wasser betrug 17,22 Proc.; bei der Bestimmung desselben durch directes Erhitzen bis zur Rothgluth wurden 9,76 Proc. Chlor frei. 2,9971 g Chlorkalk wurden nun im trockenen, kohlenstofffreien Luftströme bis 100° erhitzt und hierbei 11,73 Proc. H_2O und 7,24 Proc. Chlor frei, ohne dass ein Werfen des Chlorkalks hierbei stattfand.

Der Rückstand enthielt nach der Analyse (auf die ursprüngliche Substanz bezogen) 22,50 Proc. bleich. Chlor und 2,02 Proc. Chlorat - Chlor entsprechend 5,90 Proc. $\text{Ca (Cl O}_3)_2$. Da 1,14 Proc. von letzterem ursprünglich vorhanden waren, sind bei diesem Versuche 4,76 Proc. $\text{Ca (Cl O}_3)_2$ gebildet worden⁵¹⁾.

Bei einem zweiten Versuche stieg die Temperatur einige Zeit über 100° , so dass der Chlorkalk sich theilweise zu werfen begann. Es wurden hierbei in demselben Zeitraume wie früher ($\frac{3}{4}$ Stunden) 9,2 Proc. Chlor frei. Der Rückstand enthielt 5,26 Proc. bleich. Chlor, 3,55 Proc. Chlorat-Chlor entsprechend 10,36 Proc. $\text{Ca (Cl O}_3)_2$. Das freie Ca O wurde zu 15,1 Proc. bestimmt. Es

⁵⁰⁾ Selbstverständlich muss hierbei auch berücksichtigt werden, dass der vorhandene kohlen-saure Kalk auch, wenigstens theilweise, beim Glühen in Ca O übergeht.

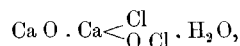
⁵¹⁾ Da 11,73 Proc. H_2O frei wurden, verblieben im Rückstande 5,49 Proc. H_2O (berechnet als Differenz vom Gesamt-Wasser). Entsprechend dem vorhandenen bleich. Chlor sollten 5,72 Proc. H_2O im Rückstande verbleiben.

sind demnach 3,16 Proc. Chlorat-Chlor entsprechend 9,22 Proc. $\text{Ca (Cl O}_3)_2$ bei diesem Versuche gebildet worden.

Bei einem dritten Versuche wurden 2,4282 g desselben Chlorkalks auf höhere Temperatur erhitzt. Bei ca. 133° trat das Werfen des Chlorkalks unter starker Gas-Entwicklung auf. Nach $1\frac{1}{2}$ Stunden und nachdem die Temperatur bis 195° gestiegen war, wurde im Luftströme erkalten gelassen. Es wurden 12,73 Proc. H_2O und 8,33 Proc. Cl frei. Der Rückstand enthielt kein bleichendes Chlor, dagegen 2,38 Proc. Chlorat-Chlor, entsprechend 6,94 Proc. $\text{Ca (Cl O}_3)_2$.

Die wechselnden Mengen des frei werdenden Chlors finden demnach ihre Erklärung in der Bildung von Chlorat, welche ja natürlicherweise auch die Bildung von Chlorid zur Folge hat. Die Menge des gebildeten Chlorats, hiermit auch die Menge des frei werdenden Chlors, hängt nun von der eingehaltenen Temperatur, von der Art der Steigerung derselben, der Dauer des Erhitzens, der Geschwindigkeit des Luftstromes etc. ab.

Es wirft sich nun die Frage auf, in welcher Weise diese Chlorat-Bildung vor sich geht. Dass dieselbe einfach auf eine durch die zugeführte Wärme erfolgte Umsetzung in Chlorat und Chlorid zurückzuführen ist, halte ich für wenig wahrscheinlich. Ich stelle mir das Chlorat auf folgende Weise entstanden vor: Das entweichende Chlor wird verschieden nach den eingehaltenen Umständen auf den Chlorkalk einwirken. Diese Einwirkung erfolgt hauptsächlich auf die im Chlorkalk vorhandene Verbindung

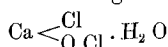


wobei diese unter Sauerstoff-Abgabe zersetzt wird⁵²⁾. Der Sauerstoff im stat. nasc. könnte nun entweder direct, soweit er nicht vom Luftströme fortgeführt wird, die Chloratbildung verursachen. Berechtigter erscheint aber die Annahme, dass das Chlor sich mit dem Sauerstoff obiger Verbindung zu Cl_2O^*)

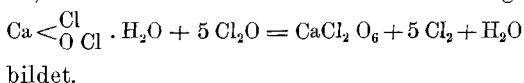
⁵²⁾ Auf die Zersetzung, welche die Verbindung $\text{Ca O} \cdot \text{Ca} < \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O Cl} \end{smallmatrix} \cdot \text{H}_2\text{O}$ durch überschüssiges Chlor erfährt, führte ich auch in meiner ersten Mittheilung die mehrfach beobachtete Erscheinung zurück, nach welcher der Gehalt an bleich. Chlor im Chlorkalk unter Bildung von Ca Cl_2 abnimmt, wenn derselbe nach der Sättigung überschüssigem Chlor ausgesetzt wird. — So beobachtete A. Bobierre (Dingl. Polytechn. Journ. 187, 158) dass in Folge der Einwirkung von überschüssigem Chlor der Gehalt des Productes vermindert und dies durch eine geringe Temperatur-Erhöhung begünstigt wird.

^{*)} Wie schon früher erwähnt, ist die Verbindung $\text{Ca O} \cdot \text{Ca} < \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O Cl} \end{smallmatrix} \cdot \text{H}_2\text{O}$, da sie beim Erhitzen auf relativ niedrige Temperatur den Sauerstoff abgibt, den sich ähnlich verhaltenden Super-

verbindet und giebt letzteres den Sauerstoff sofort an die Verbindung

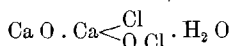


ab, wobei sich Chlorat nach der Gleichung:

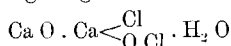


bildet.

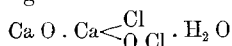
Da nun durch Entweichen von Chlor, wie schon früher erwähnt, sich der Körper



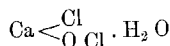
auch bildet, so kann unter Umständen auch dieser neuentstandene Körper unter Sauerstoff-Abgabe zersetzt werden. Doch wird diese letztere Zersetzung jedenfalls nur in geringem Maasse auftreten, worauf auch der Umstand hinweist, dass beim Erhitzen des Chlorkalks (5) und (6) bis 180° die entweichenden Chlormengen den theoretisch erwarteten Mengen sehr nahe kommen, was eben auf den geringen Gehalt an



zurückzuführen ist. Bei der Chloratbildung wird zweifellos, wie immer dieselbe erfolgt, die Verbindung



ihr Wasser nicht abgeben, während die Verbindung



das Constitutionswasser hierbei insoweit abgiebt, als dasselbe nicht vom gebildeten Chlorcalcium zurückgehalten wird. Die Chloratbildung bedingt daher in der Regel eine Vermehrung des Wassers, welches beim Erhitzen bis 180° frei wird, gegenüber der Theorie. Thatsächlich sind die bei Rothgluth entweichenden Wassermengen gewöhnlich niedriger gefunden worden, als wie dies theoretisch erwartet worden war; die Abweichung ist dort geringer, wo das frei gewordene Chlor dem theoretischen Werthe sich nähert. Letzteres ist der Fall bei den Chlorkalken (5 A) und (6), bei welchen die beim Erhitzen bis 180° abgegebenen Chlormengen 15,11 Proc. (theoret. 17,81) resp. 15,24 (theoret. 17,23) die theoretischen Werthe nahezu erreichen⁵³⁾.

oxyden vergleichbar; andererseits wird ja bekanntlich Cl_2O durch Einwirkung von Chlor auf das ebenfalls Sauerstoff leicht abgebende Quecksilberoxyd dargestellt. Es sind also hier die Bedingungen für die primäre Bildung von Cl_2O erfüllt.

⁵³⁾ Andererseits ist aus Früherem ersichtlich, dass bei dem Chlorkalk (1), der beim Erhitzen kein oder nur Spuren von Chlor abgiebt, die Chloratbildung dem entsprechend nur eine minimale ist,

Zur besseren Übersicht gebe ich in der folgenden Tabelle eine Gegenüberstellung der beim Erhitzen bis 180° und Rothgluth gefundenen Mengen Wasser und der nach der Theorie berechneten Werthe und zwar von den in der Tabelle (II) angegebenen Chlorkalken mit Ausnahme des nicht untersuchten Chlorkalks (2).

Tabelle III.

Chlor- kalk	H ₂ O bis 180°		H ₂ O bei Rothgluth	
	Gefunden	Berechnet	Gefunden	Berechnet
1	8,31	9,10	8,17	7,38
3 A	13,1	12,96	4,89	5,58
3 B	{ 11,64	11,64	{ 5,29	5,92
	{ 12,13		{ 5,36	
4	11,71	10,59	4,58	5,77
5 A	18,86	19,145	5,19	4,905
5 B	{ 19,14	18,535	4,71	4,995
	{ 19,50			
6	24,05	23,87	4,14	4,54

Nachdem ich so in erschöpfender Weise meine Ansicht über das Verhalten des Chlorkalks in der Wärme, sowie über den Wassergehalt des Chlorkalks begründet habe, will ich noch die schon theilweise in der Einleitung angegebenen, von anderen Forschern aufgestellten diesbezüglichen Ansichten auf Grund der gewonnenen Erfahrungen einer kurzen Besprechung unterziehen.

Die Ansicht Kolb's, dass die bleichende Verbindung Ca O Cl_2 ein Molekül Wasser enthalte, hat sich als richtig erwiesen, wenn auch die Formel, die derselbe dem Chlorkalk zuschrieb, somit auch der angenommene Gesamt-Wassergehalt desselben, aus dem schon angeführten Grunde unrichtig erscheint.

Die von Göpner gemachte Angabe, dass der Chlorkalk weniger als 1 Mol. H_2O (unter Chlorkalk die Verbindung Ca O Cl_2 verstanden) enthält, und seine Behauptung, einen Chlorkalk mit $\frac{1}{4}$ Molekül H_2O per Molekül $\text{Ca} < \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O} \end{smallmatrix} \text{Cl}$ dargestellt zu haben, ist durch folgenden Umstand erklärlich:

Ein von Göpner angegebener Chlorkalk, der im ungetrockneten Zustand 15,27 Proc. H_2O enthielt, hatte nach vollständigem Austrocknen über Schwefelsäure in der Kälte und im Vacuum noch 10,93 Proc. H_2O . Derselbe enthielt 63,42 Proc. Ca O Cl_2 und 8,63 Proc. Ca Cl_2 . Rechnet man sogar mit Göpner für das Ca Cl_2 2,79 Proc. H_2O , so verbleiben noch 8,14 Proc. 63,42 Proc. Ca O Cl_2 entsprechen 9 Proc. H_2O bei der Annahme, dass das zur Constitution gehörende Wasser in den Verbindungen

bez. ganz ausbleibt, dieselbe also mit dem Freiwerden von Chlor im directen Zusammenhange steht.

$\text{Ca} \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O Cl} \end{smallmatrix} \text{H}_2\text{O}$ und $\text{Ca O} \cdot \text{Ca} \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O Cl} \end{smallmatrix} \cdot \text{H}_2\text{O}$,
also per Molecül Cl_2 , bez. per 1 $\text{Ca} \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O Cl} \end{smallmatrix}$,
1 Molecül H_2O vorhanden ist.

Kopfer chlorirte ein Kalkhydrat mit 14,42 Proc. H_2O (also mit einem grösseren Gehalte an CaO) und giebt folgende Analyse des erhaltenen Productes an: $\text{Ca} \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O Cl} \end{smallmatrix}$ 38,2 Proc., Ca Cl_2 1,03 Proc., $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 47,52 Proc., Ca O 13,33 Proc.

Aus diesen Angaben zieht er den Schluss, dass die Verbindung Ca O Cl_2 , wenn überhaupt vorhanden, wasserfrei sein muss. Aus den Angaben Lunge und Schäppi's⁵⁴) ist schon ersichtlich, dass der von Kopfer angeführte Chlorkalk (mit nur 22 Proc. bleich. Cl) unvollständig chlorirt war. Ferner lässt sich wie bei dem obigen Falle berechnen, dass neben dem nach meiner Ansicht vorhandenen Constitutionswasser noch ein Überschuss von Wasser in diesem Chlorkalk enthalten ist.

C. Opl liess einen Chlorkalk 3 Tage über conc. Schwefelsäure im Exsiccator stehen, wobei derselbe Wasser und Chlor verlor und hatte derselbe dann die Zusammensetzung: 38,70 Proc. Cl , 30,52 Proc. Ca O geb., 21,33 Proc. Ca O frei, 9,45 Proc. H_2O etc., Summe 100,00.

Aus dieser Analyse folgerte Opl, dass der Chlorkalk weniger Wasser zurückhält, als der Formel $\text{Ca O Cl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ entsprechen würde, machte bei der Berechnung aber die Annahme, dass das freie Ca O als $\text{Ca}(\text{OH})_2$ vorhanden ist. Berechnet man wieder wie früher das zur Constitution gehörige Wasser, entsprechend 1 Mol. H_2O per Mol. Cl_2 , so müssten 9,83 Proc. H_2O im Chlorkalk vorhanden sein; gefunden wurden 9,45 Proc. (incl. Verunreinigungen). Die weiteren Schlussfolgerungen Opl's, die ich in der Einleitung angeführt,

⁵⁴) Dieselben stellten aus einem Kalkhydrate mit 13,64 Proc. H_2O einen Chlorkalk mit 33,34 Proc. Chlor dar. Die relativ grosse Chloraufnahme durch CaO enthaltendes Kalkhydrat erklären Lunge und Schäppi mit der Annahme, dass die Verbindung Ca O Cl_2 nur $\frac{1}{2}$ Molecül Hydratwasser enthält, durch folgende Gleichung:

$2 \text{Ca}(\text{OH})_2 + 2 \text{Cl}_2 = (2 \text{Ca O Cl}_2 + \text{H}_2\text{O}) + \text{H}_2\text{O}$.
Das zweite Molecül Wasser sollte dann auf das CaO unter Bildung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ einwirken. Diese Annahme fällt natürlich mit der Hinfälligkeit der Voraussetzung bezüglich des Constitutionswassers des Chlorkalks weg, und kann auch diese Thatsache, wie leicht ersichtlich, durch meine Theorie der Bildung und Zusammensetzung des Chlorkalks völlig zwanglos erklärt werden, indem das bei der Bildung des Chlorkalks freiwerdende Wasser von dem CaO gebunden wird und mit der Neubildung von $\text{Ca}(\text{OH})_2$ die Bedingung für die weitere Chloraufnahme erfüllt ist.

erfahren, die Thatsache vor Augen gehalten, dass das freie Ca O nicht, wie er annahm, als freies Kalkhydrat vorhanden ist, ihre theilweise Bestätigung. Seine Annahme, dass die bleichende Verbindung Ca O Cl_2 , ähnlich wie das Chlorcalcium mehrere Hydrate zu bilden im Stande ist, gewinnt durch die von Richters und Juncker hervorgehobene Hygroskopicität der Verbindung an Wahrscheinlichkeit.

Was die von Opl beobachtete Wanderung des Wassers anbelangt, so hat derselbe die diesbezüglichen Versuche vor ca. 2 Jahren mit demselben Ergebnisse wiederholt und hatte mir in freundlicher Weise die Resultate zur Verfügung gestellt. Ohne auf diese Versuche, die ich selbst noch nicht durchgeführt habe, hier näher eingehen zu können, ist denselben meiner Ansicht nach kurz Folgendes zu entnehmen: Chlorirt man Kalkhydrat in einem Becherglase in relativ dicker Schichte, so zeigen die einzelnen Schichten des chlorirten Productes verschiedene Zusammensetzung, hauptsächlich in Bezug auf freien Kalk- und Wassergehalt. Die mir von Herrn Director Opl zur Verfügung gestellten Analysen des Chlorkalks in verschiedenen Schichten gestatten mir den Schluss, dass die mittlere Schichte des so dargestellten Chlorkalks am wasserärmsten und am reichsten an freiem Kalk ist, dass der Gehalt an letzterem nach den Wandungen des Gefässes hin abnimmt und die oberste Schichte am wasserreichsten ist und den relativ geringsten Gehalt an freiem Kalk aufweist. Demgemäss entspricht die mittlere Schichte einem nicht völlig chlorirten Chlorkalk von der Formel (2), die oberste Schichte einem solchen von der Formel (3), während die den Gefässwandungen nahe kommenden Chlorkalkpartien zwischen diesen beiden Formeln zu stehen kommen. Diese Erscheinungen erkläre ich mir, ähnlich wie Opl, einfach durch den Umstand, dass die mittlere Schichte sich am stärksten erwärmt, daher das bei der Chlorkalkbildung frei werdende Wasser an die kälteren Schichten abgegeben wird. Die kälteste Schichte ist naturgemäss die an der Oberfläche, da dort die stärkste Wärmeableitung nach aussen stattfinden kann; dieselbe wird daher am wasserreichsten sein und sich ein Chlorkalk von der Formel (3) bilden können.

Mit dem verschiedenen grossen Wassergehalte in den einzelnen Schichten hängt auch die von Opl beobachtete Thatsache zusammen, dass beim Vermischen von aus verschiedenen Schichten stammendem Chlorkalk Wärme frei wird, welcher Umstand, falls der Chlorkalk nicht vor dem Verpacken gut durchgemischt wird, nach demselben Autor

Erhitzung des Chlorkalks im Fasse und sogar Explosion hervorrufen kann.

Diese Wärmeentwicklung ist zum Theil auf die Hygroskopieität der Verbindung

$\text{Ca} < \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O Cl} \end{smallmatrix} \cdot \text{H}_2\text{O}$ zurückzuführen, andererseits

aber auch bei Vorhandensein von überschüssigem Wasser der theilweisen Dissociation

der Verbindung $\text{Ca O} \cdot \text{Ca} < \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O Cl} \end{smallmatrix} \cdot \text{H}_2\text{O}$ in

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ und $\text{Ca} < \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O Cl} \end{smallmatrix} \cdot \text{H}_2\text{O}$ zuzuschreiben.

So erklärt sich auch die schon von verschiedener Seite beobachtete Wärmeentwicklung beim Zusammenreiben von trockenem Chlorkalk mit wenig Wasser, die Lunge⁵⁵⁾

auf den Zerfall der Verbindung $\text{Ca} < \begin{smallmatrix} \text{Cl} \\ \text{O Cl} \end{smallmatrix}$

in Ca Cl_2 und $\text{Ca O}_2 \text{Cl}_2$ zurückgeführt hatte.

Nach Opl giebt ein Chlorkalk mit 36,7 Proc. bleich. Chlor, auf 100° erhitzt, bloss Chlorgas ab, beim Erhitzen auf 200° Chlor und Sauerstoff, und bilden sich in letzterem Falle Spuren von chlorsaurem Kalk. Diese Beobachtungen stimmen mit meinen Versuchsergebnissen überein, nur dass eben die Bildung von chlorsaurem Kalk eine ziemlich bedeutende sein kann.

[Schluss folgt.]

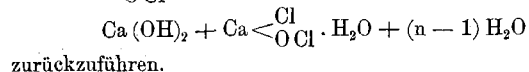
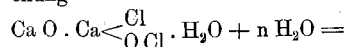
Die Wassersterilisierung durch ozonisierte Luft nach dem System Abraham und Marmier.

Von Civilingenieur Fritz Krull, Hamburg.

Unter den vielen auf der vorjährigen Pariser Weltausstellung ausgestellt gewesenen gesundheitstechnischen Einrichtungen und Gegenständen ist besonders die von der Société industrielle de Pozone in dem Annex für Elektrochemie an der Avenue de la Bourdonnais ausgestellt gewesene Anlage zur Sterilisierung von Trinkwasser mittels ozonisierter Luft nach dem System Abraham und Marmier von Interesse.

Bekanntlich sind die meisten Städte darauf angewiesen, ihr Trinkwasser aus Flüssen oder natürlichen bez. künstlichen Seen zu entnehmen, haben also nur ein mehr oder weniger unreines Wasser zur Verfügung, das auf irgend eine Weise gereinigt werden

⁵⁵⁾ loco cit. — Meiner Ansicht nach ist die Wärmeentwicklung wenigstens theilweise auf den hierbei primär auftretenden Zerfall nach der Gleichung



muss. Dasselbe gilt auch vielfach von den Wasserversorgungen, die brauchbares Grundwasser verwenden können, weil auch dieses durch Infiltration von oben meist verunreinigt wurde. Die Frage der Wasserreinigung im Grossen ist also von grösster Wichtigkeit und beschäftigt daher die Technik in lebhaftester Weise.

Während bisher für den Grossbetrieb fast nur die bekannten Sandfilter in Frage kommen konnten und von den verschiedenen Methoden, durch Zusatz von Chemikalien das Wasser zu reinigen, wegen der Schwierigkeit, die Substanzen aus dem gereinigten Wasser wieder zu entfernen, Abstand genommen werden musste, scheint das neue Abraham-Marmier'sche Verfahren der Reinigung des Wassers mittels Ozon die Frage befriedigend zu lösen. Eine Leistungsfähigkeit von 100 000 cbm gereinigten Wassers pro Tag, die vollkommene Betriebssicherheit und die verhältnissmässig geringen Anlage- und Betriebskosten beweisen wenigstens die Verwendbarkeit des Verfahrens für den Grossbetrieb, wie ja auch bereits eine derartige Anlage die Stadt Lille seit dem Jahre 1898 mit gereinigtem Wasser versorgt. Auf diese Anlage und deren Betriebsergebnisse werden wir zurückkommen.

Die Eigenschaften des Ozons, in Wasser sehr wenig löslich zu sein, daher die Zusammensetzung und den Geschmack des Wassers nicht zu beeinflussen, dabei aber alle lebenden Keime zu tödten und auch alle im Wasser gelösten organischen Bestandtheile, die das Filter hindurchlassen würde, sicher zu zerstören, machen das Ozon in hohem Grade zur Wassersterilisierung tauglich. Und so sind denn auch lange schon Versuche gemacht, das Ozon bez. ozonisierte Luft zur Wasserreinigung im Grossen zu verwenden, ohne dass die Ergebnisse den erwarteten praktischen Erfolg gehabt hätten. Es lag dies in der Schwierigkeit, Ozon in genügender Menge billig zu erzeugen d. h. den Sauerstoff der Luft möglichst vortheilhaft und billig zu ozonisiren. Von den chemischen Processen, bei denen sich Ozon bildet, musste man natürlich absehen und konnte nur die Elektrizität zur Ozonisierung verwenden. Bekanntlich bildet sich bei der sogenannten stillen elektrischen Entladung Ozon, und die Menge des erzeugten Ozons wird mit zunehmender Spannung immer grösser. Da mit der Spannung aber auch die Temperatur steigt, eine höhere Temperatur aber das gebildete Ozon zum Theil wieder zerstören, also die Ausbeute verringern würde, so musste diese Temperaturzunahme verhindert werden, was durch Kühlung der Leiter mittels