

durch das Glühen die Alkalien in kohlen-saure Salze verwandelt werden, und sich dann durch Wasser von der Talkerde trennen lassen.

### VIII. Aluminium.

Bestimmung des Aluminiums und der Thonerde. — Die Thonerde wird aus ihren Auflösungen durch kohlen-saures und reines Ammoniak gefällt. Der Niederschlag ist sehr voluminös und läßt sich schwer aussüßen, was am besten mit warmem Wasser geschieht; er schwindet beim Trocknen außerordentlich zusammen, und muß erst sehr gut getrocknet worden sein, ehe man ihn glühen und wägen kann. Das Glühen muß mit Behutsamkeit geschehen, weil die getrocknete Thonerde dabei manchmal decrepitiert, und so einen Verlust verursachen kann.

Von den beiden genannten Fällungsmitteln ist das kohlen-saure Ammoniak das beste, und muß daher immer angewandt werden, wenn es nicht nöthig ist, die Gegenwart von Kohlensäure zu vermeiden. Selbst wenn man eine neutrale Auflösung von Thonerde durch kohlen-saures Ammoniak oder andere kohlen-saure Alkalien niederschlägt, so entsteht ein Brausen von Kohlensäure, weil diese sich nicht mit der Thonerde verbindet. Reines Ammoniak schlägt zwar die Thonerde gut nieder, und muß in sehr vielen Fällen angewandt werden, wenn man sich nicht des kohlen-sauren Ammoniaks bedienen kann; man muß aber vermeiden, einen sehr großen Ueberschuß davon zur Flüssigkeit zu setzen, weil dadurch Spuren von Thonerde aufgelöst werden können; denn filtrirt man den Niederschlag ab, und erwärmt man die abfiltrirte Flüssigkeit so lange, bis der Ueberschuß des Ammoniaks sich verflüchtigt hat, so scheiden sich manchmal unbedeutende, oft beinahe ganz unwägbare, Flocken von Thonerde ab.

Kohlensaurer Kali oder Natron als Fällungsmittel für Thonerde zu benutzen, ist sehr unzweckmäsig. Beide

schlagen zwar die Thonerde ziemlich vollkommen in der Kälte nieder, doch ist es außerordentlich schwer, ja fast unmöglich, die letzten Spuren des Kali's oder Natrons von der Thonerde durch Auswaschen zu trennen, wodurch man beim Wägen der Thonerde ein etwas größeres Gewicht erhält, als man eigentlich erhalten sollte. Ist man gezwungen gewesen, die Thonerde durch kohlen-saures Kali oder Natron niederzuschlagen, so muß man bei genauen quantitativen Analysen die niedergeschlagene und abfiltrirte Thonerde noch einmal durch eine Säure, z. B. durch Chlorwasserstoffsäure, auflösen und durch kohlen-saures Ammoniak wieder fällen. — In kochenden sehr concentrirten Auflösungen von kohlen-saurem Kali oder Natron ist die Thonerde nach Magrus etwas auflöslich.

Die Thonerde kommt in der Natur als Corund in einem solchen Zustand der Dichtigkeit vor, dafs sie durch Säuren nicht angegriffen wird. Auch durch Schmelzen mit kohlen-saurem Kali oder Natron wird sie nachher in Säuren nicht auflöslich. Von gleicher Art der Dichtigkeit sind manche in der Natur vorkommende Verbindungen der Thonerde mit einigen Basen, in welchen die Thonerde gegen letztere die Rolle einer Säure vertritt. Eine solche Verbindung ist die der Thonerde mit der Talkerde, welche Spinell heifst. Diese können nur dann in Säuren aufgelöst werden, wenn sie vorher mit reinem Kali geschmolzen oder mit kohlen-saurer Baryterde sehr stark geglüht worden sind. Die Zersetzung dieser Verbindungen durch reines Kali oder durch Baryterde erfordert viele Vorsichtsmaafsregeln. Das Verfahren, welches dabei beobachtet wird, ist dasselbe, das man bei der Behandlung einiger kieselsäurehaltiger Verbindungen mit reinem Kali oder Baryterde anwendet. Da dieses umständlich weiter unten bei der quantitativen Bestimmung der Kieselsäure angegeben wird, so halte ich nicht für nöthig, es hier zu beschreiben.

**Trennung der Thonerde von der Talkerde.**  
 — Um Thonerde von Talkerde zu trennen, hat man mehrere Methoden. Man setzt zu der Auflösung beider so viel einer Auflösung von Chlorwasserstoff-Ammoniak, als man für hinreichend glaubt, um die Talkerde durch reines Ammoniak unfällbar zu machen. Dann fällt man die Thonerde durch Ammoniak. Ist die Auflösung beider Erden sauer, so ist es nicht nöthig, zu derselben Chlorwasserstoff-Ammoniak hinzuzufügen, weil durch die Sättigung der Säure mit Ammoniak genug eines ammoniakalischen Salzes entsteht, um die Talkerde, nach dem Zusatz von Ammoniak, aufgelöst zu erhalten.

Die Thonerde wird abfiltrirt und ausgüßt; es ist indessen nicht nöthig, sie ganz vollkommen auszustüßen, da sie noch nicht ganz rein ist, sondern noch eine gewisse Menge Talkerde enthält. Selbst wenn man vorher zur Flüssigkeit eine sehr große Menge von Chlorwasserstoff-Ammoniak gesetzt hat, kann man die Fällung einer gewissen Menge Talkerde, die aus chemischer Verwandtschaft zur Thonerde mit derselben gemeinschaftlich niederfällt, nicht vermeiden.

Um diese Quantität Talkerde zu trennen, muß man die Thonerde, während sie noch feucht ist, mit reiner Kaliallösung behandeln. Am besten verfährt man dabei auf die Weise, daß man das feuchte Filtrum mit der Thonerde in ein Becherglas thut und in Chlorwasserstoffsäure auflöst, jedoch einen zu großen Ueberschuß derselben vermeidet. Hierauf filtrirt man die Auflösung und stüßt das Filtrum vollständig aus.

Hat man den durch Ammoniak erhaltenen Niederschlag geglüht, so löst er sich nicht vollständig in Chlorwasserstoffsäure auf; es bleibt die Talkerde, mit einer gewissen Menge Thonerde verbunden, ungelöst zurück.

Zu der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure setzt man Kaliallösung im Uebermaas hinzu, und erhitzt das Ganze in einer Porcellanschale, oder besser in einer Platin-

schale. Die Thonerde löst sich in der Kalilauge auf, während die kleine Menge Talkerde ungelöst zurückbleibt. Die Auflösung geschieht zwar schon in der Kälte, es ist aber immer besser Wärme anzuwenden, damit die Trennung vollständiger geschehe. Die kleine Menge der Talkerde wird nun filtrirt und ausgesüßt; darauf bringt man sie mit dem feuchten Filtrum in Chlorwasserstoffsäure, worin sie aufgelöst wird. Das Filtrum süßt man gehörig aus, und gießt dann die Auflösung der kleinen Menge Talkerde zu der Flüssigkeit, worin die größte Menge von Talkerde enthalten ist, die im Anfange von dem durch Ammoniak entstandenen Niederschlage abfiltrirt worden ist. Durch das Vermischen beider Flüssigkeiten hat man die ganze Menge der Talkerde beisammen; man bestimmt die Menge derselben dann auf die Weise, wie es bei der quantitativen Bestimmung der Talkerde angegeben ist.

Es muß nun noch die Menge der Thonerde bestimmt werden, die in der Kalilauge aufgelöst ist. Man setzt zu der Auflösung so viel Chlorwasserstoffsäure, daß die dadurch anfangs gefällte Thonerde durch ein sehr geringes Uebermaß der angewandten Säure wieder aufgelöst wird. Aus der Auflösung in Chlorwasserstoffsäure fällt man die Thonerde durch Ammoniak, oder besser durch kohlen-saures Ammoniak. Diese Methode, die Thonerde aus ihrer Auflösung in Kali zu fällen, ist einer andern weit vorzuziehen, die wohlfeiler ist und gewöhnlich angewandt wird. Sie besteht darin, daß man zu der alkalischen Auflösung der Thonerde eine Auflösung von Chlorwasserstoff-Ammoniak setzt; hierdurch wird das Kali in Chlorkalium verwandelt, die Thonerde schlägt sich nieder und Ammoniak wird frei. Aber die große Menge des Ammoniaks kann bewirken, daß etwas Thonerde aufgelöst bleibt; auch scheidet sich dann mit der Thonerde etwas Kali ab, wodurch eine Vergrößerung des Gewichtes entsteht.

Eine andere Methode, Thonerde von Talkerde zu trennen, könnte darin bestehen, daß man beide in einer Säure, z. B. in Chlorwasserstoffsäure, auflöst, jedoch einen Ueberschuß derselben vermeidet, zu der Auflösung ein Uebermaas von reiner Kaliallösung setzt und das Ganze erwärmt, wodurch die Thonerde würde aufgelöst werden, die Talkerde aber ungelöst zurückbleiben würde. Aber diese Methode ist der so eben beschriebenen, ungeachtet ihrer Kürze, durchaus nicht vorzuziehen, weil, bei Gegenwart einer großen Menge Talkerde, durch Kali die Thonerde von ihr nicht völlig getrennt wird. Es ist daher immer besser, von der Thonerde erst die größte Menge der Talkerde zu scheiden, und dann die Thonerde in Kali aufzulösen. Wenn indessen geringere Mengen Talkerde von größeren Mengen Thonerde zu trennen sind, so kann diese zweite Methode angewandt werden.

Eine dritte Methode, Thonerde von Talkerde zu trennen, besteht darin, daß man zu der mit Wasser verdünnten Auflösung beider eine Auflösung von zweifach kohlensaurem Kali setzt. Es entsteht dabei ein starkes Brausen, die Thonerde wird vollständig niedergeschlagen, und die Talkerde bleibt aufgelöst. Der Niederschlag wird ausgesüßt; gewöhnlich trocknet man ihn darauf, glüht ihn und bestimmt seine Menge. Es ist indessen schon oben angeführt worden, daß es genauer sei, die Thonerde, wenn sie durch ein Kalisalz gefällt worden ist, noch einmal in Chlorwasserstoffsäure aufzulösen, und aus der Auflösung die Thonerde durch Ammoniak, oder besser durch kohlensaures Ammoniak zu fällen. Wenn man daher die gefällte Thonerde genug ausgesüßt hat, legt man das feuchte Filtrum mit dem Niederschlag in ein Becherglas, löst ihn in Chlorwasserstoffsäure auf, filtrirt die Auflösung, süßt das Filtrum aus und fällt die Thonerde von Neuem. — Die Auflösung der Talkerde im zweifach kohlensauren Kali kocht man längere Zeit,

wodurch der größte Theil der Talkerde als kohlensäure Talkerde gefällt wird. Die Menge von Talkerde, welche durch's Kochen nicht gefällt worden ist, wird entweder durch rasches Abdampfen der Flüssigkeit bis zur Trockniss, oder durch eine Auflösung von phosphorsaurem Natron mit einem Zusatz von Ammoniak erhalten (S. 28.).

Trennung der Thonerde von der Kalkerde.

— Die Trennung der Thonerde von der Kalkerde ist mit keinen Schwierigkeiten verbunden. Die Auflösung beider wird mit reinem Ammoniak übersättigt, wodurch blofs die Thonerde gefällt wird. Hierbei muß nun aber eine Vorsichtsmaafsregel beobachtet werden, durch deren Nichtachtung bei quantitativen Analysen sehr oft die bedeutendsten Fehler entstehen können. Es wird nämlich durch Ammoniak bekanntlich die Kalkerde nicht gefällt; indessen wenn eine Auflösung, die Kalkerde enthält, mit Ammoniak übersättigt wird, so zieht sie nach kürzerer oder längerer Zeit Kohlensäure aus der atmosphärischen Luft an, und es setzen sich sandartige Krystalle von kohlensaurer Kalkerde an die Wände des Glases an. Die schnellere oder langsamere Bildung derselben hängt davon ab, ob Ammoniak im größeren oder geringeren Ueberschusse vorhanden, oder ob die Auflösung sehr verdünnt oder wenig verdünnt ist. Wenn man daher Thonerde von Kalkerde durch Ammoniak trennen will, so muß man einen bedeutenden Ueberschufs desselben vermeiden; man muß ferner die gefällte Thonerde so schnell wie möglich abfiltriren, damit sie nicht durch kohlensäure Kalkerde verunreinigt werde, und während des Filtrirens den Trichter mit einer Glasplatte bedecken, um den Zutritt der atmosphärischen Luft so viel wie möglich zu vermeiden. — Man muß auch sich eines Ammoniaks bedienen, welches frei von kohlensaurem Ammoniak ist. Lange Zeit aufbewahrtes Ammoniak ist nicht frei von dieser Verunreinigung.

Aus der von der Thonerde abfiltrirten Flüssigkeit

fällt man nun die Kalkerde durch oxalsaures Ammoniak. Die erhaltene geglähte Thonerde wird gewogen, darauf übergießt man sie mit etwas Wasser, und setzt dann concentrirte Chlorwasserstoffsäure hinzu; entsteht dadurch ein Brausen, so ist die Thonerde mit kohlensaurer Kalkerde verunreinigt.

Trennung der Thonerde von der Talkerde und Kalkerde. — Hat man Thonerde von Kalkerde und Talkerde zu trennen, so setzt man gewöhnlich zu der Auflösung Chlorwasserstoff-Ammoniak, und fällt dann die Thonerde durch reines Ammoniak, welches frei von jeder Spur von kohlensaurem Ammoniak sein muß. Ist die Auflösung sehr sauer, so ist der Zusatz von Chlorwasserstoff-Ammoniak nicht nöthig, weil durch die Uebersättigung derselben mit Ammoniak genug eines ammoniakalischen Salzes entsteht. Die gefällte Thonerde wird schnell und gegen den Zutritt der Luft geschützt, abfiltrirt, damit sie nicht durch kohlensaure Kalkerde verunreinigt werde. Aus der abfiltrirten Flüssigkeit fällt man die Kalkerde durch oxalsaures Ammoniak. Die von der oxalsauren Kalkerde abfiltrirte Flüssigkeit enthält nun die größte Menge der Talkerde; eine kleinere Menge derselben ist mit der Thonerde gemeinschaftlich niedergefallen. Diese wird auf die Art, wie es oben beschrieben worden ist, in reiner Kalialösung aufgelöst, wodurch man diese kleine Menge Talkerde von ihr trennt, die man in Chlorwasserstoffsäure auflöst. Diese Auflösung vereinigt man mit der Flüssigkeit, welche von der oxalsauren Kalkerde abfiltrirt worden ist, und welche die größte Menge von Talkerde enthält. Die Talkerde wird nun durch kohlensaures Kali auf die Weise niedergeschlagen, wie es oben angeführt worden ist.

Eine zweite Methode, die Trennung dieser Erden zu bewirken, ist die, daß man zu der Auflösung eine Auflösung von zweifach kohlensaurem Kali setzt, wodurch man nur die Thonerde niederschlagen, und die Kalk-

erde und Talkerde aufgelöst zu erhalten sucht. Die von der Thonerde abfiltrirte Flüssigkeit kann bis zur Trockniss abgedampft werden. Wenn man die trockne Masse darauf mit heißem Wasser behandelt, so bleiben kohlen-saure Kalkerde und Talkerde zurück; man trennt diese nach einer der Methoden, die bei der quantitativen Bestimmung der Talkerde angegeben sind. In diesem Falle ist jedoch wohl die Methode, beide Erden im schwefel-sauren Zustande durch schwefelsaure Kalkerdeauflösung zu trennen, die vortheilhafteste.

Bei dieser Trennung der Thonerde von der Kalkerde und Talkerde ist noch zu bemerken, daß sie nur dann anwendbar ist, wenn eine außerordentlich kleine Menge von Kalkerde zugegen ist. Durch das zweifach kohlen-saure Kali werden die Kalkerde und Talkerde in zweifach kohlen-saure Salze verwandelt. Die zweifach kohlen-saure Talkerde ist im Wasser ziemlich leicht auflöslich, die zweifach kohlen-saure Kalkerde hingegen ist darin schwerlöslich. Wenn daher die Menge der Kalkerde etwas beträchtlich ist, so muß man die Auflösung, ehe man sie mit zweifach kohlen-saurem Kali vermischt, mit sehr vielem Wasser verdünnen; und dennoch hat man immer zu befürchten, daß die gefällte Thonerde zweifach kohlen-saure Kalkerde enthält.

Trennung der Thonerde von der Strontianerde. — Zur Trennung der Thonerde von der Strontianerde bedient man sich des reinen Ammoniaks, eben so wie bei der Trennung der Thonerde von der Kalkerde. Auch hier ist dieselbe Vorsichtsmaafsregel zu beobachten. Man muß die gefällte Thonerde sehr schnell und gegen den Zutritt der Luft geschützt filtriren, damit sie nicht durch kohlen-saure Strontianerde verunreinigt werde; denn Auflösungen von Strontianerde, wenn sie mit Ammoniak gemischt sind, ziehen, wie die Kalkerdeauflösungen unter gleichen Umständen, Kohlensäure aus der atmosphärischen Luft an.

Trennung der Thonerde von der Baryterde. — Die Trennung der Thonerde von der Baryterde geschieht durch Schwefelsäure, wodurch die Baryterde gefällt wird. Aus der von der schwefelsauren Baryterde abfiltrirten Flüssigkeit wird die Thonerde durch Ammoniak, oder besser durch kohlen-saures Ammoniak, niedergeschlagen.

Trennung der Thonerde von den Alkalien. — Die Trennung der Thonerde von den feuerbeständigen Alkalien geschieht durch Ammoniak oder kohlen-saures Ammoniak, wodurch die Thonerde gefällt wird. Die abfiltrirte Flüssigkeit dampft man bis zur Trocknifs ab, und glüht darauf die trockne Masse in einem tarirten Platintiegel; hierdurch wird das ammoniakalische Salz, das durch die Verbindung des Ammoniaks mit der Säure, woran die Thonerde gebunden war, entstanden ist, verflüchtigt, und das Alkali bleibt mit der Säure zurück, mit welcher es in der Auflösung vor der Trennung von der Thonerde verbunden war. Ist die Säure, mit welcher Thonerde und Alkali verbunden waren, Schwefelsäure, so muß das schwefelsaure Alkali beim Glühen noch mit kohlen-saurem Ammoniak auf die Weise behandelt werden, wie es S. 3. gezeigt worden ist.

Trennung der Thonerde von der Talkerde, Kalkerde und den Alkalien. — Hat man Thonerde zu trennen von Talkerde, Kalkerde und einem feuerbeständigen Alkali, welche Trennungen häufig, vorzüglich bei Mineralanalysen, vorkommen, so setzt man zur Auflösung dieser Substanzen zuerst Chlorwasserstoff-Ammoniak, und fügt dann reines Ammoniak, wodurch Thonerde mit etwas Talkerde gefällt wird, hinzu. Ist die Auflösung sehr sauer, so ist der Zusatz von Chlorwasserstoff-Ammoniak nicht nöthig. Der Niederschlag wird schnell filtrirt, damit er nicht mit kohlen-saurer Kalkerde verunreinigt werde. Die Kalkerde wird aus der abfiltrirten Flüssigkeit durch oxalsaures Ammoniak gefällt. Man trennt

darauf die kleine Menge Talkerde, die zugleich mit der Thonerde gefällt worden ist, durch Kaliauflösung, löst sie in einer Säure auf, und setzt die Auflösung zu der von der oxalsauren Kalkerde abfiltrirten Flüssigkeit. Diese dampft man bis zur Trocknifs ab, und glüht die trockne Masse, um die ammoniakalischen Salze zu verjagen; darauf setzt man vorsichtig Schwefelsäure hinzu, erhitzt das Ganze, und glüht es zuletzt gelinde. Die schwefelsaure Talkerde trennt man nun vom schwefelsauren Alkali auf die Weise, wie es oben, S. 33., angegeben worden ist.

## IX. Beryllium.

Bestimmung des Berylliums und der Beryllerde. — Die Beryllerde wird aus ihren Auflösungen durch reines Ammoniak vollständig gefällt. Der Niederschlag hat viel Aehnlichkeit mit gefällter Thonerde; er ist ebenfalls sehr voluminös, schwindet aber beim Trocknen sehr zusammen.

Trennung der Beryllerde von der Thonerde. — Von der Thonerde trennt man die Beryllerde mittelst ihrer Auflöslichkeit in kohlen-sauren Alkalien, wozu man kohlen-saures Ammoniak wählt. Die Trennung kann nach zwei Methoden geschehen. Nach der einen Methode setzt man zu der Flüssigkeit, worin die Thonerde und Beryllerde enthalten sind, eine concentrirte Auflösung von kohlen-saurem Ammoniak, verschließt das Gefäß, und läßt das Ganze unter öfterem Umschütteln ziemlich lange stehen. Es ist nothwendig, daß das kohlen-saure Ammoniak in einem sehr großen Ueberschusse hinzugesetzt wird, denn eine kleine Menge desselben fällt die Beryllerde, und nur eine sehr große Menge desselben löst den anfangs gebildeten Niederschlag nach und nach wieder auf. Man wird daher sehen, daß nach dem Zusetzen des überschüssigen kohlen-sauren Ammoniaks der voluminöse Niederschlag sich allmählig vermindert, weil