Aluminium.

Zu den dreiwertigen Elementen, die als solche und als Verbindungen eine große Rolle in der Technik spielen, gehört außer Stickstoff und Phosphor das Aluminium. Das Metall wurde 1828 von Fr. Wöhler in Göttingen aus Chloraluminium mit Hilfe von Natrium hergestellt.

Er erhielt zuerst nur ein graues Pulver und teilte weiter im Jahre 1845 mit, daß er kleine Kugeln erhalten habe, aber doch nur fünf im ganzen, die zusammen 66 mg wogen, so daß die Bestimmung des spezifischen Gewichts nur annähernd erfolgen konnte.

Die Entwickelung durch den technischen Betrieb wird dadurch veranschaulicht, daß jetzt eine Jahresproduktion von mehr als 20 Millionen Kilogramm Aluminium stattfindet.

Nicht minder auffallend ist die mit dieser Entwicklung verbundene Änderung des Preises.

Die erste Fabrikation fand 1855 in Frankreich statt, und zwar unter besonderer Begünstigung des Kaisers Napoleon III., welcher glaubte, daß dieses auffallend leichte Metall sich besonders für Helme, Kürasse und überhaupt für militärische Zwecke eignen würde. Damals wurde der Preis für 1 kg Aluminium auf 2600 Franken festgesetzt.

Statt der Soldatenhelme, die sich zu leicht verbiegen, macht man jetzt Hauben für Schleuderapparate u. dgl. aus Aluminium. Der Preis für 1 kg ist selten mehr als 2 Mark.

Diese selbst auf dem Gebiete der chemischen Technik seltene Entwicklung ist dadurch möglich geworden, daß Aluminium auf elektrolytischem Wege aus dem Oxyd abgeschieden werden konnte, und weiter dadurch, daß die elektrolytische Kraft durch die Bewegung des Flußwassers gewonnen wird, so z. B. durch Benutzung des Rheinfalls bei Neuhausen in der Schweiz.

Der Rohstoff ist Oxyd und der gleich näher zu bezeichnende Kryolith. Bei der Benutzung kommt in Betracht, daß seine Eigenschaften meistens etwas verhüllt sind, weil sich auf dem Metall an der Luft sofort ein feines Oxydhäutchen bildet mit dem Erfolge, Passivität hervorzurufen. Wird dieses Häutchen zerrissen, z. B. durch Anätzen des Aluminiums mit Quecksilberchloridlösung, so zersetzt das Metall Wasser, wie Alkalimetalle es tun, natürlich nicht so lebhaft.

Ebenso wirkt geschmolzenes Aluminium energisch auf die meisten Oxyde ein und reduziert z. B. Eisen. Ein Gemisch von feinkörnigem Aluminium und Eisenoxyd kann durch einen brennenden Magnesium-

draht oder durch eine aus Bariumsuperoxyd und Magnesiumpulver bestehende Zündkirsche in Reaktion gebracht werden. Die Temperatur steigt auf hellste Weißglut (etwa 3000°), das entstehende Eisen schmilzt zu einem Regulus zusammen, der an der Luft leicht unter lebhaftem Funkensprühen verbrennt, und das Aluminiumoxyd schmilzt zu einer Schlacke, die beim Abkühlen zu Kristallen von Korund erstarrt.

Darauf beruht das Goldschmidtsche Schweißverfahren, das heißt die Möglichkeit, zwei Stücke Eisen durch Umgeben mit dem zu erhitzenden, Aluminium und Eisenoxyd enthaltenden Pulver an den Berührungsflächen so zu erhitzen, daß sie zusammenschmelzen, also zwei eiserne Röhren zu verbinden usw.

Auf der Reduktion von Eisen aus den entstandenen Oxyden beruht auch die bis jetzt größte Verwendung des Aluminiums, auf die bei Stahl zurückzukommen ist.

Die große Widerstandsfähigkeit des Aluminiums gegen Salpetersäure hat zur Verwendung an den Nitrierzentrifugen für Zellulose geführt, wie erwähnt.

Was die Verbindungen des Aluminiums betrifft, so ist das Silikat erst nach der Kieselsäure und im Zusammenhange mit anderen Silikaten zu besprechen. Der Umstand aber, daß der gewöhnliche Ton Aluminiumsilikat ist, erklärt viele für Aluminiumverbindungen übliche Bezeichnungen. Daher kommt es, daß Aluminiumoxyd Tonerde heißt und alle Aluminiumverbindungen auch als Tonerdeverbindungen bezeichnet werden.

Wie die »Tonerde« und besonders die für Aluminiumoxydfabrikation geeignete Tonerde erhalten wird, ergibt sich aus der weiteren Darlegung. Voranzustellen aber ist unter den technisch wichtigen Aluminiumverbindungen der sogenannte Alaun.

Der weitere Sprachgebrauch benutzt das Wort »Alaun« für alle Doppelsalze, die zwei Metalle, von denen eins Aluminium oder ein isomorphes Metall ist und als Säure Schwefelsäure oder Selensäure enthalten. Im engeren Sinne sind es Sulfate des Aluminiums mit Kalium. Natrium oder Ammonium, z. B. Kalialaun: $KAl(SO_4)_2 + 12\,H_2O$. Es gibt also im ganzen viele Alaunarten. Z. B. nennt man Chromalaun ein Doppelsalz: $KCr(SO_4)_2 + 12\,H_2O$ und Eisenalaun ein entsprechendes: $KFe(SO_4)_2 + 12\,H_2O$, obwohl beide gar kein Aluminium enthalten, wovon doch der Name abgeleitet ist. Ferner gibt es Selensäurealaun, der in demselben Verhältnis Selensäure wie sonst Schwefelsäure enthält.

Hier aber kommen nur die dem engeren Sinne entsprechenden Doppelsalze in Betracht, und zwar zuerst Kalialaun.

Kalialaun kristallisiert in regulären Oktaedern, verliert bei 92° neun von zwölf Molekülen Kristallwasser, um beim Erkalten, wenn auch lang-

sam, doch kristallinisch zu erstarren. Erst bei starkem Erhitzen gibt er unter starkem Aufblähen das letzte Wasser ab, und es bleibt dann eine weiße, poröse, zerreibliche Masse: »Alumen ustum«, »gebrannter Alaun«. Der Kalialaun, $AlK(SO_4)_2 + 12\,H_2O$ enthält nicht ganz 6 % Aluminium, des Elements, worauf seine Benutzung beruht.

Daß man nichtsdestoweniger diese Form massenhaft benutzt, liegt daran, daß die leicht gebildeten Kristalle Garantie für die Reinheit bieten, und die Löslichkeitsverhältnitsse für die Abscheidung sehr günstig sind. Man hat große Unterschiede der Löslichkeit in warmem und in kaltem Wasser, wie folgende Zahlen zeigen:

100 Teile	Wasser	lösen	bei	10°	—	9,5	Teile Kalialaun,
«	«	«	«	40°	—	31,2	« «
«	«	«	«	100°	—	360,0	« «

Die Lösung schmeckt zwar süßlich, hat aber saure Reaktion. Daher zerstört konzentrierte Alaunlösung empfindliche Farbstoffe, so daß man z. B. säurefestes und nichtsäurefestes Ultramarin danach unterscheidet (siehe bei Ultramarin). Auch entwickelt Alaun, mit Chlornatrium erhitzt, Salzsäure, wie saures Sulfat.

Auf Zusatz von Alkalien erfolgt die Ausscheidung von Tonerdehydrat, $Al(OH)_3$, in Form einer Gallerte. Dabei hat das Ammoniak als Ausscheidungsmittel den Vorzug, weil feste Alkalien im Überschuß die Tonerde wieder lösen, indem Aluminate, z. B. $Al(OK)_3$ oder $O{=}Al{\cdot}OK$, entstehen, Verbindungen, auf die bald zurückzukommen ist; außerdem weil die durch Ammoniak gebildete und im Überschuß nicht wieder gelöste Tonerdegallerte am besten reagiert. Die Reaktion besteht darin, daß Farbstoffe aus einer Lösung angezogen und andere gelöste Stoffe gebunden werden.

Man erkennt dies sofort auf Filtrierpapier an dem Niederschlag mit farblosem Rand. Allmählich wird die Ausscheidung des Farbstoffes eine vollständige. So entstehen »Farblacke«, so kommt Klärung trüben Wassers zustande — kurz so erklären sich viele Verwendungen, welche mit der besonderen Form des Niederschlags zusammenhängen.

Natronalaun, dessen analoge Formel $AlNa(SO_4)_2 + 12\,H_2O$ ist, würde allgemein angewendet werden, wenn er die gleichen Eigenschaften hätte. Da aber die Löslichkeitsverhältnisse ungünstig für die Darstellung sind, nämlich 100 Teile Wasser schon bei 10° 46 Teile Natronalaun, also zu viel lösen, so bedingt auch die größere Billigkeit der Natronsalze keinen genügenden Vorzug.

Dagegen ist Ammoniakalaun, $Al\,(NH_4)\,(SO_4)_2 + 12\,H_2O$, ebenfalls im Gebrauch. Die Löslichkeitsverhältnisse sind sogar noch günstiger als beim Kalialaun:

100 Teile Wasser lösen bei 10°: 9,1 Teile Ammoniakalaun,
« « « » « 40°: 27,27 « «
« « « « « 100°: 421,9 « «

Neben diesen, immer nach dem gleichen Schema zusammengesetzten Verbindungen gibt es andere Doppelsulfate z. B. von Kalium und Aluminium, die sich in den Löslichkeitsverhältnissen auffallend unterscheiden und bei den Darstellungsverfahren zuweilen auftreten. Auch diese werden mit dem Namen Alaun bezeichnet, und zwar ist z. B. $K_2Al_2O(SO_3)_3$, »neutraler Alaun«, eine neutral reagierende schwer lösliche Verbindung. $K_2Al_2(SO_4)_2$ ist ein unlösliches Doppelsalz, das sich zuweilen abscheidet. Beide sind durch Überwiegen der Metalle gekennzeichnet und haben kein Kristallwasser.

Vorkommen des Alauns. Kalialaun findet sich in der Natur sowohl in ausgebildeten Kristallen als in Form von Auswitterungen, die wiederkehren und die besten Fingerzeige für die Darstellung geben. Besonders in vulkanischen Gegenden sowie an Tonlagern, die Schwefel enthalten, bilden sich Alaune, gewöhnlich »Federalaune« genannt, wenn die Verwitterung von Lava oder von Feldspat angreifbare Verbindungen, die Aluminium und Kalium enthalten, entstehen ließ.

Dabei bildet sich dann Schwefelsäure in früher schon angedeuteter Weise: entweder entströmt dem Vulkan Schwefeldioxyd, das durch Wasser und Luft in Schwefelsäure übergeht, oder der Schwefelkies wird allmählich wie folgt oxydiert:

$$\underset{\text{Schwefelkies}}{FeS_2} + \underset{\text{Sauerstoff}}{7O} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{Eisenvitrol}}{FeSO_4} + \underset{\text{Schwefelsäure.}}{H_2SO_4}$$

Auf günstigem Boden, d. h. wenn Aluminium- und Kaliumverbindungen vorhanden sind, bildet sich dann Alaun noch jetzt.

Aus früherer Zeit ist ferner der etwas anders zusammengesetzte, sogenannte »Alaunstein« vorhanden, zum Teil kristallisiert und der Formel $KAl(SO_4)_2 + Al_2(OH)_6$ entsprechend, zum Teil mit Einmengungen von Schwefeleisen, Eisenoxyd, Manganoxyden usw., die ihm rötliche Farbe geben. Er findet sich bei Tolfa, in der Nähe von Rom, in Ungarn usw. Für die

Darstellung von Alaun sind demnach die Rohstoffe ziemlich verbreitet und reichlich vorhanden.

Wenn man aber diese Darstellung näher ansieht, so findet man, daß entweder der Rohstoff nicht richtig ausgenutzt wird oder das Produkt nicht in jeder Beziehung befriedigt, letzteres namentlich, wenn man mit Schwefelsäure aufschließt. Aus dem Alaunstein verläuft die Darstellung am einfachsten. Man hat das Gestein zu rösten, so daß der Tonerde Wasser entzogen wird. Dann zerfällt es und gibt nach-

her beim Auslaugen mit Wasser Alaun, wobei noch der Überschuß von Tonerde die günstige Wirkung hat, die anderen Metalloxyde, namentlich Eisenoxyd, das bei den meisten Verwendungen stören würde, auszufällen, was häufig den Kristallen ein mattes, rötliches Aussehen gibt.

Abgesehen von dieser günstigen Wirkung kommt der hohe Aluminiumgehalt des Rohstoffs nicht zu guter Verwertung.

Daneben gibt es viele Rohstoffe, aus denen man Lösungen, welche Aluminiumsulfat enthalten, gewinnt. Dies geschah zuerst, indem man Aluminiumsilikate von geeigneter Beschaffenheit, also Ton, der durch Verwitterung verändert ist und außerdem Schwefelkies, FeS_2, enthält, röstete, an der Luft längere Zeit liegen ließ, bis die sogenannte Reife eingetreten war, und dann auslaugte, um Aluminiumsulfat zu erhalten. Dabei bildete sich Schwefelsäure aus Kies. Dieses Sulfat ist aber natürlich sehr unrein. Jetzt behandelt man verwitterte und deshalb lösliches Aluminium enthaltende Tone und andere geeignete Rohstoffe mit fertiger Schwefelsäure und bildet durch dieses »Aufschließen« das erforderliche Aluminiumsulfat.

Durch Eindampfen auf 30—40° B^e entzieht man zwar den grünen Laugen die Hauptmenge des Eisenvitriols und einige andere Stoffe, die sich abscheiden. Reines Aluminiumsulfat ist aber kaum zu erzielen, weil dieses Salz zu löslich ist, um aus unreiner Lösung gut zu kristallisieren:

100 Teile Wasser lösen etwa 50 Teile Aluminiumsulfat bei gewöhnlicher Temperatur.

Es kristallisiert $Al_2(SO_4)_3 + 18\,H_2O$, aber schwierig und selten rein. Deshalb ist ein so hergestelltes Aluminiumsulfat nur zu verwenden, wenn es auf Reinheit nicht ankommt. Wo aber Freiheit von Eisensalzen, überhaupt Reinheit von Bedeutung ist, wie es bei Farbstoffen meist zutrifft, zieht man vor, Alaun zu machen, und zwar ist es sehr leicht, das Doppelsalz als Kristallmehl zu bilden durch Vermischen der Aluminiumsulfatlösung erstens mit kalter Lösung von Ammoniumsulfat, zweitens mit warmen Lösungen von Kalium- und Natriumsulfat.

In diesem Verhalten liegt der Grund dafür, daß man aus leicht zugänglichen Rohstoffen gut kristallisierten und ziemlich reinen Alaun leicht gewinnen kann, während sich diese Rohstoffe für Aluminiumsulfatdarstellung nicht eignen.

Da aber der Alaun, wie erwähnt, nur wenig Aluminium enthält, so braucht man außerdem Aluminiumsalze von einfacherer Zusammensetzung. Dazu sind seltenere Rohstoffe heranzuziehen, die als solche zu kennzeichnen sind. Namentlich handelt es sich um die Benutzung von Kryolith und Bauxit.

Kryolith. Eigenschaften.

Kryolith ist ein weißes, durchscheinendes, unlösliches Mineral von der Formel $AlNa_3Fl_6$, Aluminiumnatriumfluorid. Es ist schon lange bekannt und stets wegen seines Natriumgehaltes besonders genannt, da natriumhaltige Mineralien selten sind.

Bedeutung bekam Kryolith erst durch die 1850 gemachte Beobachtung, daß Kalk sowohl auf trockenem als nassem Wege zerlegend einwirkt:

$$\underset{\text{Kryolith}}{AlNa_3Fl_6} + \underset{\text{Kalk}}{3\,CaO} = \underset{\substack{\text{Calciumfluorid}\\ \text{(unlöslich)}}}{3\,CaFl_2} + \underset{\substack{\text{Natriumaluminat}\\ \text{(löslich)}}}{AlO_3Na_3}$$

Dadurch wird zunächst eine für die Technik wichtige Gruppe von Aluminiumverbindungen zugänglich: diejenige der Aluminate.

Dieses Aluminat ist leicht durch Kohlensäure zu zerlegen:

$$\underset{\text{Natriumaluminat}}{2\,AlO_3Na_3} + \underset{\text{Kohlensäure}}{3\,H_2CO_3} = \underset{\text{Natriumkarbonat}}{3\,Na_2CO_3} + \underset{\text{Tonerdehydrat.}}{2\,AlO_3H_3}$$

Mit der Form des Niederschlags hängt es zusammen, daß er Soda festhält.

Vorkommen des Kryoliths. Kryolith kommt nur an einer Stelle vor, dort aber sehr reichlich. Das Lager ist im dänischen Nordamerika, bei Ivitut, in einer durch hohe Berge von der offenen See abgeschossenen Bucht.

Diese Lage, Wasser bzw. Eis und Kälte erschweren die Gewinnung und Verschiffung. Nur vom Mai bis Oktober ist die Arbeit möglich, dann aber ziemlich leicht. Der Kryolith liegt zutage und ist einerseits von einer starken Ader Flußspat, $CaFl_2$, Fluorcalcium, andererseits von ebensolcher Ader Quarz, SiO_2, wie von einem Rahmen eingefaßt. (Vgl. Fig. 74.)

Begleitende Mineralien sind: Pyrit, Kupferkies, Bleiglanz, Spateisenstein; die Umgebung ist Gneis. Die obere Kryolithschicht ist weiß; etwa 15 Fuß unter der Oberfläche wird die Farbe dunkler und schließlich schwarz wie Kohle. Diese Farbe läßt sich durch Glühen entfernen.

Man fördert jährlich 6000—9000 Tonnen. Davon geht über die Hälfte nach Amerika, wo namentlich Aluminiummetall elektrolytisch daraus gemacht wird.

Dies hat die Folge gehabt, daß man sich bei uns nach anderen, ähnlich zu verarbeitenden Tonerdemineralien umgesehen hat. Als solches ist anzuschließen der

Bauxit,

ein Tonerdehydrat, welches stets Eisenoxyd und wenig Kieselsäure enthält, annähernd der Formel $(AlFe)_2O(OH)_4$ entsprechend. Es hat

seinen Namen von dem Vorkommen in Frankreich in der Commune Baux. Jetzt aber gelten die Vorkommen in den Staaten Georgia, Alabama und anderen Orten in Amerika als die besten.

Verarbeitung. Das Eigentümliche bei der Verarbeitung von Kryolith und Bauxit ist, kurz gesagt, daß man nicht mit Säuren aufschließt, sondern mit alkalischen Mitteln.

Während nun bei Anwendung von Schwefelsäure alle den Rohstoffen beigemengten Metalle, namentlich Eisen, mit gelöst werden, so daß man unreine Lösungen erhält, ist die Eigenschaft der Tonerde, mit Alkalien lösliche »Aluminate« zu bilden, eine seltene, so daß die übrigen in Betracht kommenden Metalloxyde dadurch ausgeschlossen werden.

Fig. 74.
g Gneis. *i* Spateisenstein. *q* Quarzerde. *b* Silberhaltiger Bleiglanz.
p Pyrit, Kupferkies, Bleiglanz, Blende, Spateisenstein in Kryolith eingemengt,
f Flußspat.

Deshalb arbeitet man zunächst auf Natriumaluminat hin; dies geschieht auf verschiedenen Wegen mit gleich gutem Erfolge.

Für Kryolith ist der Vorgang mit »Kalk« schon angegeben. Das Gewöhnliche ist Glühen mit 1,5 Teilen Kreide während zwei Stunden in kontinuierlich betriebenen Schmelzöfen; indem Kohlensäure entweicht, bilden sich Fluorcalcium und lösliches Natriumaluminat.

Ebenso erhält man das Aluminat aus Bauxit, da die Tonerde an keine Säure gebunden ist, durch Schmelzen mit Soda. Auch dies geschieht in Schmelzöfen bei hoher Temperatur (etwa 1200°).

Das so erhaltene Aluminat, eine in kaltem und warmem Wasser leicht lösliche Verbindung, hat schon an und für sich große Verwendung, da es die wesentlichen Eigenschaften aller Aluminiumverbindungen hat und schon sehr rein ist. Ferner ist es leicht, daraus

Tonerde und Tonerdeverbindungen von entsprechender Reinheit herzustellen.

Dazu gibt es wieder verschiedene Wege: z. B. den schon oben angeführten der Sättigung mit Kohlensäure. Dabei scheidet sich die Tonerde, wenn die Lösung heiß gemessen 35° Bé zeigt, zunächst mit etwa 2% Natriumkarbonat als feiner Bodensatz ab und wird erst gallertartig, wenn man anhaltend mit warmem Wasser wäscht: auch kann man umsetzen unter Benutzung von feingemahlenem Kryolith in heißer Lösung und alle Tonerde fällen:

$$\underset{\text{Natriumaluminat}}{Al(ONa)_3} + \underset{\text{Kryolith}}{AlNa_3Fl_6} = \underset{\text{Natriumfluorid}}{6\,NaFl} + \underset{\text{Tonerde,}}{Al_2O_3}$$

worauf die heiße Lösung des Fluornatriums abzuziehen ist.

Meist wird jetzt die so erhaltene Tonerde kalziniert und dann ausgewaschen. Sie ist rein genug, um alle gebräuchlichen Salze rein zu liefern, so daß man nicht zu dem Hilfsmittel der Alaunbildung zu greifen braucht, wenn man Kryolith hat.

Diese Salze sind namentlich kristallisiertes Aluminiumsulfat und Aluminiumacetat. Das letztere wird gewöhnlich erst von den Konsumenten durch Lösen von Tonerdehydrat in Essigsäure hergestellt.

Das reine Aluminiumoxyd wird nicht allein für die Herstellung des Metalls gebraucht, sondern auch als solches in elektrischen Öfen geschmolzen, weil es dadurch eine große, etwa dem Korund entsprechende Härte erlangt. Nachher wieder pulverisiert, ist es ein ausgezeichnetes Schleifmittel — Alundum genannt —, welches namentlich in Amerika in großem Umfange verwandt wird. Als

Anwendungen sind dann noch folgende hervorzuheben.

Der Alaun und alle Tonerdeverbindungen, die löslich sind, finden erstens ausgedehnte Anwendung zur Herstellung von Farblacken und zur Fixierung von Farbstoffen auf der Faser von Geweben usw.

Wie nämlich die Tonerde die Farbstoffe bindet und »Lacke« bildet, die für Tapeten, Buntpapier usw. allgemein im Gebrauch sind, so hat sie anderseits große Verwandtschaft zu den Faserstoffen, besonders den vegetabilischen. Deshalb sind die Tonerdeverbindungen Beizen, und diese spielen auf dem ganzen Gebiete der Färberei eine große Rolle.

Unter Beizen versteht man in der Färberei und Zeugdruckerei angewandte Substanzen, welche zwischen Farbstoff und Faserstoff vermitteln, so daß die Verbindung der letzteren zustande kommt, welche ohne Beizen überhaupt nicht oder nicht genügend erfolgt. Zu solcher Vermittlerrolle ist die Tonerde besonders geeignet, weil sie eine Doppelnatur hat; sie kann sich ebensogut mit basischen Stoffen ver-

binden, indem »Aluminate« entstehen, wie sie andererseits mit Säuren gewöhnliche Salze bildet.

Bei dieser Anwendung in der Färberei ist der Eisengehalt besonders störend, weil er Färbungen anderer Art veranlaßt. Es wird daher auf möglichste Freiheit von Eisen gehalten. Dieses ist aber bei der Herstellung von Alaun, nach der Beschaffenheit der dafür benutzten Rohstoffe, kaum vollständig fernzuhalten. Auch der beste Alaunkristall enthält in der Regel eine Spur Eisen, weil die Eisensalze isomorph sind und mitkristallisieren. Es dürfen aber eben bei Gebrauch in der Färberei nur Spuren sein, d. h. Spuren löslicher Eisenverbindungen. Schon $^1/_{1000}$ Eisen in löslicher Form ist für feinere Farbstoffe nicht ohne Einfluß. Viel weniger wichtig ist dies bei den anderen Verwendungen.

Zweitens dienen Tonerdesalze als Klärmittel für trübe und unreine Flüssigkeiten, also zur Reinigung von Fabrikabwässern und zur Desinfektion. Dabei ist nur festzuhalten, daß der Tonerdeniederschlag vieles mit niederreißt und dadurch zunächst verschwinden läßt, aber nicht zerstört.

Zum Beispiel wird Eiweiß, welches durch seine Fäulnis in dem Abwasser von Stärkefabriken usw. Übelstände hervorrufen kann, durch ein Tonerdereinigungsmittel zunächst ausgefällt und scheinbar zum Verschwinden gebracht. Es fragt sich aber nun, was weiter geschieht. Wenn bald Verbindung mit starkem Wasserlauf eintritt, wird der Niederschlag entfernt, und die Reinigung ist dann genügend. Tritt aber Ruhe ein, so daß sich der Niederschlag absetzt, so kommen nach einiger Zeit Fäulniserscheinungen zutage. In diesem Falle ist also ein Reinigungsmittel, welches oxydiert und zerstört, vorzuziehen.

Drittens ist Alaun in Verbindung mit Chlornatrium ein Gerbemittel für tierische Häute. Er führt zur Herstellung von Leder in der Weißgerberei: »weißgares Leder«.

Außerdem dienen Tonerdeverbindungen als Beschwerungsmittel in der Papierindustrie und zu manchen anderen Verwendungen. Zum Beispiel benutzt man aus Kaolin, Feldspat und Soda geschmolzene und nachher mit heißem Wasser ausgelaugte »Aluminatsilikate«, sogenannten »Permutit« in großen Mengen zur Reinigung von Kesselspeisewasser. Der Permutit — $3\,SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot Na_2O + H_2O$ — entzieht dem Wasser Kalk und Magnesia. Er läßt sich nach dem Gebrauche durch Behandlung mit Kochsalzlösungen leicht regenerieren.

Das Silikat, Ton, wird weiter unten besonders besprochen werden.