

mung der organischen Säuren und das Methylorange für die Mineralsäuren und die kaustischen und kohlensauren Alkalien. Für Borate, Silikate und Aluminate u. s. w. gelten besondere Methoden¹⁾.

Der Ton von St. Louis.

Von Dr. Otto Mühlhaeuser.

Im folgenden teile ich einige Arbeiten mit, welche, obgleich unabhängig von einander unternommen, doch in genetischem Verhältnis zu einander stehen und vor allem das gemeinsam haben, daß sie von einheitlichem Gesichtspunkte aus, mit demselben Material ausgeführt worden sind. Gegenstand dieser Studien bildet ein in Nordamerika vorkommender Ton¹⁾, der seiner hervorragenden Eigenschaften wegen eine angemessene Verwendung in der Industrie gefunden hat, und da er für eine gewisse Klasse von feuerfesten Tonen typisch ist, allgemeineres Interesse besitzt. Ich habe einerseits das Wesen dieses Tonos nach manchen Richtungen hin aufzuklären gesucht, andererseits damit eine Reihe von Untersuchungen ausgeführt, welche sich auf die Eigenschaften der nach verschiedenen keramischen Arbeitsverfahren hergestellten Produkte beziehen, um dadurch Fragen, die zur Zeit noch ungelöst sind, der Lösung nahe zu bringen und in den Interessenkreis der Allgemeinheit zu rücken. Vorbildlich waren mir die Arbeiten Segers und seiner Schule auf dem in Frage kommenden Gebiete, vor allem die bahnbrechenden Arbeiten des Meisters selbst, ferner diejenigen von Aron, Cramer und Hecht und von Bischof, deren Meßmethoden und Bestimmungsweisen ich — soweit ich sie nicht selbst für meine Zwecke

zu schaffen hatte — an dem von mir zum Studium auserwählten Stoff zur Anwendung gebracht habe.

I. Eigenschaften und Verhalten des Tonos.

In Missouri gewinnt man in der Nähe von St. Louis einen feuerfesten Ton, dessen Ruf in Amerika ebenso fest begründet ist, wie derjenige des bekannten Tonos von Andenne in Europa. Nicht nur haben sich in der Nähe der Tonlager größere Werke angesiedelt, welche dieses Material in die den verschiedenen Zwecken dienenden feuerfesten Produkte umwandeln und auf den Markt bringen, der Ton mancher Gruben wird vielmehr weithin verschickt und sind gewisse heimische Industrien, wie die Zinkindustrie, geradezu auf diesen Ton angewiesen. Die Zinkhütten in Illinois, Missouri und Kansas, selbst diejenigen in Pennsylvania verwenden St. Louis-Ton ganz oder teilweise zur Herstellung der Muffeln und Retorten, zum Bau der Zinköfen, der Röstöfen, Generatoren u. s. w.

Auf den Markt gelangt dieser Ton unter dem Namen St. Louis-Ton²⁾ (St. Louis-Clay). Der lufttrockene Ton hat eine hellgraue Farbe. Der Bruch ist erdig und zeigt öfters fettglänzende Flächen von muschligem Aussehen. Er schneidet sich glatt. Beim Vermahlen bez. Zerreiben knirscht der völlig trockene Ton nur wenig und läßt sich ziemlich schwer zu einem ganz feinen Mehl verarbeiten. Sein spez. Gewicht beträgt 2,56.

Er wird dem Lager durch Bergbau entnommen. Durchschnittproben, welche verschiedenen Stellen eines im Abbau begriffenen Lagers in Abständen von 30 cm entnommen worden waren, hatten die folgende chemische Zusammensetzung:

| | Abstand von der Sohle des Lagers | | | | Durchschnitt | |
|--|----------------------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------------------------|------------------|
| | 30 cm Proz. | 60 cm Proz. | 90 cm Proz. | 120 cm Proz. | bei 120° C. getrocknet Proz. | geglüht Proz. |
| Al ₂ O ₃ | 34,46 | 34,64 | 33,80 | 34,95 | 34,46 | 39,26 |
| SiO ₂ | 49,40 | 49,60 | 50,00 | 49,00 | 49,50 | 56,39 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,94 | 1,96 | 2,20 | 2,45 | 2,39 | 2,72 |
| CaO | 0,80 | 1,20 | 0,40 | 0,80 | 0,80 | 0,91 |
| MgO | 0,87 | 0,66 | 0,36 | 0,58 | 0,62 | 0,71 |
| K ₂ O | — | — | — | — | — | — |
| Na ₂ O | — | — | — | — | — | — |
| Glührückstand | 12,75 | 12,90 | 12,80 | 13,00 | 12,86 | 0,00 |

¹⁾ Ein weiterer Bericht über experimentelle Untersuchungen, welche der Verfasser seit längerer Zeit über Indikatoren und andere die Maßanalyse betreffende Gegenstände angestellt hat, wird dem am 1. Juni d. J. in Berlin zusammentretenden V. Internationalen Kongreß für angewandte Chemie vorgelegt werden. G. L.

¹⁾ Um die Erforschung nordamerikanischer

Tone hat sich Prof. Dr. Heinrich Ries in Ithaka (N. Y.) große Verdienste erworben, und sind es namentlich die Tone von Alabama, welche von diesem Forscher einer sehr gründlichen Bearbeitung unterworfen worden sind.

²⁾ Im folgenden beschreibe ich nur den Ton einer einzigen Grube, ohne auf die Tone anderer Gewinnungsstätten Rücksicht zu nehmen.

Diese Zahlen zeigen, wie gleichmäßig der Ton in den einzelnen Horizonten zusammengesetzt ist. Eine andere Analyse, welche die chemische Zusammensetzung einer den Durchschnitt der Jahresproduktion darstellenden Probe repräsentiert und einige Jahre später ausgeführt worden ist, ist im folgenden verzeichnet:

| | bei 120° C. getrocknet | geglüht |
|--------------------------------|---------------------------|---------|
| | Proz. | Proz. |
| Al ₂ O ₃ | 35,02 | 39,26 |
| SiO ₂ | 50,02 | 56,08 |
| Fe ₂ O ₃ | 2,76 | 3,09 |
| CaO | 0,70 | 0,78 |
| MgO | 0,46 | 0,51 |
| K ₂ O | 0,06 | 0,07 |
| Na ₂ O | 0,17 | 0,19 |
| Glühverlust | 12,51 | 0,00 |

Im grubenfeuchten Zustande sieht der Ton grau aus, wird aber beim Wettern heller. Gewetterte Tonstücke zeigen vielfach gelbliche Anflüge bez. Streifen von Eisenoxydhydrat. Auf dem längere Zeit der Wittringung ausgesetzt gewesenen Tonhaufen findet man Versteinerungen, die hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk, Sphärosiderit und Limonit bestehen. Auch Gips- und Pyritkristalle sind zu finden. Entfernt man die Tonsubstanz durch nasses Zerreissen von den Beimengungen, so verbleibt nach dem Abschlämmen ein kleiner Rückstand, welcher neben den erwähnten Mineralien und Versteinerungen runde Quarzkörner erkennen lässt.

Um die Quantität dieser Beimengungen zu bestimmen, wird ein Durchschnittsmuster grösstlich gepulvert, so daß es ein Sieb, welches 10 Maschen pro 1 Zoll besitzt, vollständig passiert. Diese Probe wird verwaschen, indem man eine abgewogene Menge mit Wasser zum Brei anführt, längere Zeit kocht und mit einem feinen Pinsel auf dem Gewebe eines Handsiebes (5000 Maschen pro 1 qcm) verteilt und den Ton mit einem Wasserstrahl durchwäscht. Man behält dann auf dem feinmaschigen Gewebe nach dem vollständigen Auswaschen des Tones einen Rückstand, welcher nach dem Trocknen und Wiegen nur 1,57 Proc. von der bei 120° C. getrockneten und in Anwendung gebrachten Tonmenge beträgt und unter dem Mikroskope die oben erwähnten Mineralien erkennen lässt.

Den durch das feine Siebhindurchgehenden Ton fand ich wie nachstehend zusammengesetzt:

| | bei 120° C. getrocknet |
|--------------------------------|---------------------------|
| | Proz. |
| Al ₂ O ₃ | 34,59 |
| SiO ₂ | 48,00 |
| Fe ₂ O ₃ | 3,83 |

| | bei 120° C. getrocknet |
|-------------------|------------------------|
| | Proz. |
| CaO | 0,50 |
| MgO | 0,48 |
| K ₂ O | 0,02 |
| Na ₂ O | 0,13 |
| Glürückstand | 12,59 |

Auf Grund einer rationellen Analyse fand ich die mineralische Zusammensetzung des Tones wie folgt:

| | |
|-------------|-------------|
| Tonsubstanz | 91,69 Proz. |
| Quarz | 8,04 - |
| Feldspat | 0,27 - |

Die Feststellung des Schmelzpunktes geschah in der bekannten von Seger mitgeteilten Weise im Deville-Ofen. Der Ton schmilzt zwischen den Segerkegeln 30 bis 31.

Der St. Louis-Ton kommt demnach, wie folgende Tabelle ersehen lässt, dem Giroder und Hettenleidelheimer Tone in der Zusammensetzung nahe:

| | St. Louis-Ton | Giroder Ton | Hettenleidelheimer Ton |
|--------------------------------|---------------|-------------|------------------------|
| Al ₂ O ₃ | Proz. | 34,59 | 35,10 |
| SiO ₂ | - | 48,00 | 49,23 |
| Fe ₂ O ₃ | - | 3,83 | 1,80 |
| Glühverlust | - | 12,59 | 13,06 |
| Schmelzpunkt, Kegel | 30—31 | 34 | 33 |

enthält jedoch mehr Eisen und weicht im Schmelzpunkte zu seinen Ungunsten ab, was aber wenig Bedeutung hat, da er den großen Anforderungen, welche die Heiztechnik an ihn stellt, dennoch in hohem Maße genügt und dies auch erklärlich ist, da bekanntlich die meisten der in der Industrie verwendeten als hochfeuerfest geschätzten Tone annähernd den gleichen Schmelzpunkt besitzen.

Legt man ein frisch der Grube entnommenes Stückchen Ton in Wasser, so dringt dasselbe zwischen den Berührungsflächen der einzelnen Schichten — den Jahrringen — ein und der Ton spaltet sich in Blättchen, die sich zum Teil noch weiter in Schlamm auflösen. Die Eigenschaft dieser den Schlamm bildenden Tonpartikel, in Wasser zu schwimmen, gibt ein Mittel an die Hand, sie von den grösseren schwerer zerfallenden Konglomeraten der Tonpartikel zu trennen. Die Methode, die ich zur ungefähren Bestimmung der groben Anteile anwende, ist genügend genau, um einen Einblick in die Struktur des Tones zu geben. Man nimmt so viel vom Ton, als 25 g (bei 120° C.) getrocknetem Material entsprechen, bringt die Probe in einer geeigneten Flasche mit 250 ccm Wasser zusammen, schüttelt durch, dekantiert und wiederholt diese Operation so oft, bis das Wasser klar bleibt und anscheinend nur noch

wenig Ton beim Schütteln in Suspension geht. Dann trocknet man den Rückstand, erst auf dem Wasserbad, zuletzt im Trockenschränke bei 120° C. und wiegt. Die Differenz ist der Schlamm. Eine in dieser Weise mit gewettertem Tone angestellte Probe ergab:

62,82 Proz. Rückstand und
37,18 - feinen Ton.

Wie erwähnt, löscht sich der Ton beim Einlegen in Wasser. Viel gründlicher findet der Zerfall in feinen Schlamm statt, wenn man den der Grube entnommenen Ton längere Zeit im Freien der unbeschränkten Einwirkung der Atmosphärierlichen, während der kalten und heißen Jahreszeit, aussetzt. Dann füllen sich Poren, kleinere und größere Zwischenräume mit Wasser an, das im Winter friert und, beim WiederaufTauen sich ausdehnend, den Ton zersprengt. Derartig gewettert enthält er mehr feine ausschlämmbare Tonpartikel als nicht gewetterter Grubenton. Außer der mechanischen und chemischen Wirkung des Wetterns, welche den Zerfall des Tones und die Umwandlung gewisser organischer Stoffe, des Pyrits u. s. w. zur Folge hat, wird beim Wettern auch ein beschränkter Auslaugprozeß statthaben. Gewisse leicht lösliche Stoffe, wie Sulfate u. s. w. gelangen an die Oberfläche und werden vom Regen weggeschwemmt. Um zu erfahren, wie viel Substanz man dem gewetterten Tone durch energetisches Auswaschen entziehen kann, habe ich denselben längere Zeit mit Wasser behandelt und das Aussüßwasser analysiert.

Die Tabelle gibt die Versuchsbedingungen und die Resultate.

mit dem Stiele eines Hammers die parallelepipedische Form. Um tadellose Steine zu bereiten, muß man die Mulde leicht mit Vaseline einfetten, sämtlichen Steinchen dieselbe Anzahl Schläge von gleicher Stärke erteilen und beim Ausheben des feuchten Steins wie folgt verfahren: Man schiebt den Boden *a* mittels *e* (s. Fig. 1) in die Höhe, genau bis

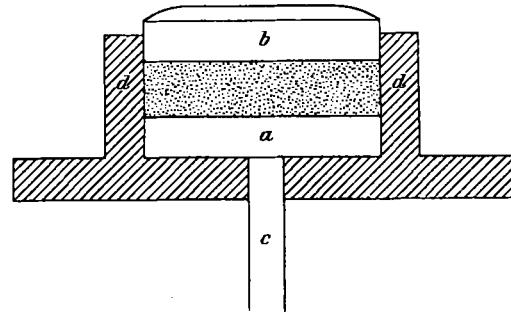


Fig. 1.

an den oberen Rand der Form *a*, dann zieht man den Stempel *b* in völlig horizontaler Richtung seitlich ab, hebt *a* mit dem Stein ganz aus der Form heraus und streicht den nassen Stein auf einer horizontal liegenden Bleiplatte, parallel zur Platte und ohne stark zu drücken ab. Bei einiger Übung und Beobachtung der Regel, immer unter gleichen Verhältnissen zu arbeiten, erhält man Steinchen von tadelloser Form und annähernd gleichem Gewichte. In diesem Zustande enthalten die Steine, wie erwähnt, 18 Proc. Wasser. Sie geben das Wasser leicht ab, trocknen rissefrei und ohne Verziehungen zu

| No. | Ton g | Wasser cem | Kochdauer Stdn. | Schließliche Verdünnung 1 | Extrakt-Stoffe | | | |
|-----|----------|---------------|--------------------|---------------------------------|--------------------------------|------|------|-------|
| | | | | | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | Total |
| | | | | | Proc. | | | |
| 1 | 30 | 50 | 6 | 1 | 0,09 | 0,22 | 0,05 | 0,36 |
| 2 | 25 | 500 | 6 | 1 | 0,00 | 0,16 | 0,05 | 0,21 |

Man kann also dem gewetterten Tone ca. 0,3 Proc. Substanz entziehen.

Mit Wasser verknetet gibt der gewetterte Ton einen leicht verarbeitbaren, recht plastischen Teig, der sich gut verformen läßt. Im formrechten Zustand enthält der Teig 18,5 Proc. Wasser.

Zu meinen Versuchen habe ich mir einen Tonballen mit dem genannten Feuchtigkeitsgehalt hergestellt und auf kleine Steine wie folgt verarbeitet. Genau 100 g Tonteig wurden in eine Form aus Messing von 78,5 mm Länge eingelegt und mit der Hand oberflächlich in die Form eingepreßt. Dann setzte man den Stempel *b* ein und erteilte dem Ton durch 12-maliges leichtes Aufschlagen

erleiden. Dieses gutartige Verhalten beim Trocknen findet seine Begründung darin, daß der Ton beim Wettern nicht vollständig in jene feinsten Tonpartikel zerfällt, vielmehr aus der Wetterung und nachfolgenden Homogenisierung als ein, aus ganz feinen und mehr oder weniger groben Teilchen bestehendes Gemisch hervorgeht. Es dürfen gerade infolge dieser eigenartigen Mischung verschiedene großer Teilchen zahlreiche Poren bez. Hohlräume sich bilden, welche beim Trocknen das Anmachwasser leicht nach außen leiten und dadurch die Verdunstung befördern. Die Hohlräume betragen beim völlig getrockneten Steinchen 20,3 Volumprozente. Die

lineare Schwindung beim Trocknen beträgt 6,2 Proz. und 100 g des getrockneten Steines nehmen ein Volum von 48,95 ccm ein.

II. Verhalten des Tons im Feuer.

Wie früher erörtert wurde, besteht der St. Louis-Ton der Hauptsache nach aus Tonsubstanz neben Quarz. Andere mineralische Begleiter wie Feldspat, Pyrit, Limonit, Gips und Kalkspat treten in quantitativer Hinsicht sehr zurück und Titansäure ist nur in Spuren vorhanden.

Was nun das Verhalten der einen derartigen Ton zusammensetzenden Mineralien im Feuer betrifft, so geht dasselbe aus der nachstehenden Darstellung hervor.

Der Ton verliert zunächst beim Erhitzen auf 120° C. seine Feuchtigkeit. Zwischen 120—150° C. tritt gar keine Veränderung ein, dagegen geht eine solche zwischen 150 bis 250° C. vor sich, indem sich die im Ton vorhandene organische Substanz unter Abspaltung von Wasser zersetzt und dadurch die Plastizität des Tones, soweit dieselbe durch die Anwesenheit der organischen Substanz bedingt ist, etwas vermindert wird. Eine Veränderung der Tonsubstanz scheint beim Erhitzen auf 250°, ja selbst auf 300° C. nicht eingetreten zu sein, und hat der Ton nach dem Erhitzen auf diese Temperatur eine wesentliche Einbuße an Plastizität noch nicht erfahren, da die Tonsubstanz das Konstitutionswasser erst beim Erhitzen auf beginnende Rotglut abgibt und damit auch die am meisten in die Erscheinung tretende Eigenschaft, die Plastizität, verliert.

Die wasserfreie Tonsubstanz, die Verbindung $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$, steht in Bezug auf Feuerfestigkeit bekanntlich am höchsten und schmilzt nach Seger erst bei Kegel 36. Ganz nahe steht ihr in dieser Hinsicht der Quarz, welcher bei Kegel 35 schmilzt. Der in der Tonsubstanz eingebettete Quarz verhält sich beim Brennen in mancher Beziehung bemerkenswert. Vor allem schwinden diejenigen Quarzkörper, welche ihrer Größe oder sonstiger Umstände halber in keinerlei Reaktionen mit anderen Stoffen verwickelt werden, nicht, sie scheinen im Gegenteil zu wachsen. C. Cramer³⁾, der das Verhalten des Quarzes beim Erhitzen eingehend erforscht hat, fand, daß das spez. Gewicht des Quarzsandes selbst bei 10-maligem stärksten Erhitzen nach jedem Brände immer noch weiter abnimmt. Cramer hat aus den spezifischen Gewichten die Volum-Abnahmen und die lineare Ausdehnung berechnet und fand, daß bei jedem neuen Brände ein neues Schwellen eintritt, das sich wahr-

scheinlich so lange fortsetzt, bis der Tridymitzustand erreicht ist. (Der Tridymit findet sich bekanntlich in vulkanischen Gesteinen und muß als die beständige und normale Form von Kieselsäure bei hohen Temperaturen angesehen werden. Derselbe ist auch in Zinkretorten*) beobachtet worden.) Fremden Körpern gegenüber verhält sich der Quarz schon bei ein und derselben Temperatur verschieden und hängt in dieser Beziehung sein pyrochemisches Betragen einerseits vom Mengenverhältnis, andererseits von der Feinheit der in Frage kommenden Ingredienzien ab. Die Tonsubstanz ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) wird vom Quarzmehl in der Weise beeinflußt, daß mit zunehmendem Quarzgehalt der Schmelzpunkt der Gemenge sich so lange erniedrigt, bis das Verhältnis ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$): 15 SiO_2 eingetreten ist. Die zwischen ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) und ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) + 15 SiO_2 liegenden Mischungen schmelzen um so leichter und desto schneller, je feiner und je inniger die Ingredienzien gemischt sind. Setzt man zur Mischung $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 17\text{SiO}_2$ noch mehr Quarz hinzu, so nimmt die Schwierschmelzbarkeit wieder zu. Dieses höchst interessante Ergebnis, welches uns das Verhalten des Quarzes der Tonsubstanz gegenüber offenbart, verdanken wir Hecht⁴⁾ und Seger⁵⁾. Obwohl nun derartig hohe Temperaturen, wie sie uns die genannten Forscher vorführen, im allgemeinen in der Technik nicht erreicht werden, so sind diese Tatsachen darum interessant, weil sie ausnahmsweise doch auftreten können. Bei den in Frage kommenden Temperaturen wird der im St. Louis-Tone vorhandene Quarz, trotzdem er größtenteils in einem außerordentlich feinen Zustande im Tone enthalten ist, nicht als Flußmittel auf die Tonsubstanz einwirken, vielmehr sich ebenfalls als ein Träger der Feuerfestigkeit erweisen und höchstens die dem Quarz zugeschriebenen Quellerscheinungen beim andauernden Erhitzen erleiden.

Wenn auch sowohl die Tonsubstanz wie der Quarz bei den gewöhnlich in Anwendung gebrachten Temperaturen als feuerfest zu bezeichnen sind und vom Kohlenstoff nicht angegriffen bez. verändert werden, so gilt das doch nur für niedere Temperaturen. Bei höheren Temperaturen, wie sie im elektrischen Ofen erreicht werden, gehen, wie Acheson und Mühlhaeuser⁶⁾ gezeigt haben, sowohl die

*) Auch bei der Darstellung von Carborund (SiC) entsteht zunächst Tridymit (vgl. O. Mühlhaeuser, Zeitschr. f. anorg. Chem. 1893, S. 105).

⁴⁾ Ton-Industrie-Ztg. 1888, S. 73.

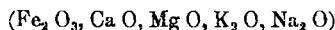
⁵⁾ Ton-Industrie-Ztg. 1893, S. 263.

⁶⁾ Zeitschr. f. anorg. Chem. 1893, Bd. V, S. 105; Journal of the Franklin Institute 1893, September-sitzung.

³⁾ Ton-Industrie-Ztg. 1886, S. 355.

Tonsubstanz wie der Quarzsand in Anwesenheit von Kohle in Siliciumcarbid über, während aus der Tonerde der Tonsubstanz Aluminiumcarbid entsteht.

Auch bei den Flußmitteln



spielt der Feinheitsgrad eine große Rolle. Sind dieselben als feines Mehl im Tone gleichmäßig verbreitet, so wirken sie auf die Kieselsäure zunächst unter Bildung leicht flüssiger, einfacher Silicate ein, welche durch die Poren der Tonsubstanz aufgesaugt werden, sich durch den ganzen Scherben hindurch gleichmäßig verbreiten und in höheren Temperaturen sich mit der sie umschließenden Tonsubstanz unter Bildung der schwerer flüssigen Doppelsilicate vereinigen. Unter diesen Verhältnissen besitzt der gebrannte Ton ein homogenes, einfarbiges Äußere und hängt seine Farbe im wesentlichen von dem Verhältnis ab, in welchem sich Eisen und Kalk vorfinden. Außer von der mehr oder weniger leichten Dichtbrennbarkeit der Tonsubstanz selbst, welche bei den einzelnen feuerfesten Tonen sehr verschieden ist, wird die Dichtbrennbarkeit des Scherbens sowohl von der Art wie der Menge der Flußmittel beeinflußt. Je mehr die Poren des Scherbens sich mit leicht flüssigem Silicat anfüllen, desto heftiger und reichlicher wird die Tonsubstanz verschlackt werden, desto dichter wird der Scherben schließlich werden. Er wird auch desto früher erweichen und schmelzen. In welcher Weise die Tonsubstanz in quantitativer Hinsicht von dem Flußmittel beeinflußt wird, hat A. Richter⁷⁾ gezeigt, welcher fand, daß die verschiedenen Flußmittel im Verhältnis ihrer Äquivalentgewichte verflüssigend auf die Tonsubstanz bez. auf Gemenge von Tonerde und Kieselsäure einwirken:

| | |
|-----------------------------|-----|
| Mg O = | 20 |
| Ca O = | 28 |
| Na ₂ O = | 31 |
| Fe O = | 36 |
| K ₂ O = | 47, |

derart, daß Bittererde am heftigsten, ein gleich großes Gewicht Kali am mildesten aufschließend wirkt.

Bei den Eisenverbindungen lassen sich die Verschlackungsvorgänge, wie sie sich äußerlich darstellen, der Farbe der entstehenden Verbindungen halber, verfolgen und kann man beobachten, wie ein einzelnes Limonitstückchen von der umgebenden Tonsubstanz unter Bildung eines Holes allmählich aufgesaugt wird, bis schließlich an seiner Stelle ein Hohlräum entstanden ist. Je nach der Dicht-

brennbarkeit der Tonsubstanz, der Art und Größe der Mineral-Sandkörner und der Temperatur geht dieses Aufsaugen der Körner mehr oder weniger vollkommen bez. schneller oder langsamer vor sich und hängt von diesen Momenten der Grad der Verschlackung ab. Speziell bei den Eisenverbindungen wird der Vorgang außerdem noch von dem Charakter der Feuergase, dem Vorliegen verkotter organischer Substanz beeinflußt und event. der Oxydationsstufe der Silicate bestimmt und können dabei auch die sich entwickelnden Gase Anlaß zu Aufblähungen geben, falls ungenügende Porosität des Scherbens den Gasen den Ausweg nicht mehr gestattet. Im allgemeinen liefern Tone, in welchen sich die Flußmittel in Form großer Partikel vorfinden, einen unschönen Scherben und ist deren Farbe vielfach durch Flecken gestört.

Die Flußmittel verhalten sich im einzelnen wie nachsteht.

Feldspat erweicht zunächst beim Erhitzen, dringt in die Poren der Tonsubstanz ein und übt dann eine verkittende Wirkung aus. Bei Kegel 8—9 schmilzt spez. der Orthoklas und schließen sich ihm in diesem Verhalten auch die andern Feldspate eng an. Er stellt in feuerflüssigem Zustande einen sehr reaktionsfähigen Körper dar, der sowohl auf Quarz wie auf Tonerde-Silicat aufschließend einwirkt. Auf die Erniedrigung des Schmelzpunktes der Tonsubstanz übt der Feldspat in geringen Mengen — wie Hecht⁸⁾ gezeigt hat — merkwürdigerweise keinen sehr großen Einfluß aus. So schmilzt eine Mischung von 85 Proz. Tonsubstanz und 15 Proz. Feldspat noch oberhalb dem Segerkegel No. 34, während die Tonsubstanz (Zettlitzer Kaolin) bei Kegel 35 schmilzt.

Gips wird unter Bildung von Calciumsilicat und Abspaltung von SO₃ zersetzt und bei höherer Temperatur in komplizierte Silicate übergeführt. In ähnlicher Weise verhalten sich Kalkspat und Dolomit, welche ebenfalls zunächst nur einfache leichtflüssige Silicate bilden, die dann in den Poren des Scherbens zu Doppelsilicaten umgewandelt werden.

Limonit und Pyrit verhalten sich ähnlich. Beim Pyrit kann der Fall eintreten, daß er den Schwefel nur zur Hälfte als SO₃ abgibt, während ein Teil als Einfachschwefel-Eisen unverändert bleibt und erst bei höheren Temperaturen, unter Aufblähen in Eisenoxyd bez. dessen Umsetzungsprodukte übergeht. Wie aus den Untersuchungen von C. Cramer⁹⁾ hervorgeht, verflügt sich ein Teil der in einem feuer-

⁷⁾ Dingl. polyt. Journ. 191, 59, 150, 229, und 197, 268; vgl. auch C. Cramer, Ton-Industrie-Ztg. 1897, S. 288.

⁸⁾ Wagners Jahresbericht 1896, S. 723.

⁹⁾ Ton-Industrie-Ztg. 1897, S. 288.

festen Ton vorhandenen Flußmittel in höherer Temperatur. Schon beim Erhitzen auf Kegel 17 verflüchtigen sich T'senoxyd, Kalkerde, Bittererde und die Alkalien. Beim Erhitzen auf Kegel 30 ist die Verflüchtigung der Flußmittel entsprechend größer.

Ich habe die Wirkungsweise der genannten Mineralien auf die Tonsubstanz darum eingehend besprochen, weil sich sämtliche dieser Flußmittel auch im St. Louis-Ton vorfinden und sowohl den spezifischen Charakter dieses Tones determinieren wie namentlich auch dessen Verhalten im Feuer erklären.

Um das Betragen des St. Louis-Tones beim Brennen kennen zu lernen, wurde eine Anzahl Steinchen, einzeln und unter jedesmaliger Anwendung einer etwas höheren Temperatur, gebrannt und letztere mit dem Pyrometer von Le Châtelier bez. mit Segerkegeln gemessen. An den erkalteten Brennobjekten wurde der durch das Brennen entstandene Gewichtsverlust, die Schwindung, das Volum und die Porosität bestimmt.

In der Tabelle sind die bei diesen — im Segerschen Gasofen ausgeführten — Brennversuchen erhaltenen Resultate verzeichnet und in einem Diagramm (Fig. 2) zur Darstellung gebracht:

Was von nun an ausbrennt, ist kein Wasser mehr, sondern wesentlich etwas kohlige Substanz und der Schwefel des Pyrits. Ersterer verdankt der Ton seine graue Farbe, welche beim Erhitzen des Tons auf 693° an der Oberfläche der Steinchen bereits in weiß übergegangen ist, ein Beweis dafür, daß dieselbe auszubrennen beginnt. Das Weiß geht später durch gelbweiß und braunweiß in braun über.

| Marke | Temperatur °C. | Brennfarbe | Ausfälle | Risse |
|-------|-------------------|------------|-----------|-------|
| 1 | 198 | grau | — | — |
| 2 | 349 | hellgrau | — | — |
| 3 | 473 | do. | — | — |
| 4 | 583 | weiß | — | — |
| 5 | 693 | do. | — | — |
| 6 | 803 | do. | — | — |
| 7 | 913 | do. | — | — |
| 8 | 950 | do. | — | — |
| 9 | 1000 | do. | — | — |
| 10 | 1028 | gelbweiß | — | — |
| 11 | 1089 | do. | Fleckchen | Risse |
| 12 | 1111 | do. | do. | do. |
| 13 | 1150 | do. | Flecken | do. |
| 14 | 1200 | braunweiß | do. | do. |
| 15 | 1210 | do. | Pocken | do. |
| 16 | 1221 | hellbraun | Blasen | do. |
| 17 | 1265 | lederbraun | do. | do. |
| 18 | 1309 | rostbraun | do. | do. |

| Temperatur °C. | Kegel | Gewicht vom trockne- nen Stein g | Gewicht nach dem Bren- nen g | Ge- wichte- Ver- lust Proz. | Länge nach dem Trock- nen mm | Länge nach dem Bren- nen mm | Schwin- dung Proz. | Gewicht des Steins nach dem Tränken mit Was- ser g | Menge der absorbierten Flüssigkeit Petro- leum g | Volum cem | Porosi- tät Vol. Proz. | 100. V g | Spez. Ge- wicht | |
|-------------------|-------|---|---|---|---|--|--------------------------|--|---|--------------|---------------------------------|-------------|-----------------------|-----------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 198 | — | 81,75 | 80,65 | 1,3 | 73,7 | 73,7 | 0,0 | — | 87,85 | 8,9* | 7,20 | 39,6 | 22,5 | 49,1 2,62 |
| 349 | — | 81,85 | 80,25 | 2,0 | 73,5 | 73,4 | 0,0 | — | 87,70 | 9,20* | 7,45 | 40,1 | 22,9 | 49,9 2,59 |
| 473 | — | 81,30 | 78,80 | 3 1 | 74,3 | 74,1 | 0,3 | — | 86,20 | 9,13* | 7,40 | 39,9 | 22,8 | 50,6 2,63 |
| 583 | — | 81,60 | 75,45 | 7,5 | 73,4 | 73,0 | 0,6 | — | 83,40 | 9,81* | 7,95 | 38,9 | 25,2 | 51,6 2,59 |
| 693 | — | 81,65 | 71,30 | 12,7 | 73,9 | 72,9 | 1,4 | 81,70 | — | 10,40 | — | 37,7 | 27,6 | 52,9 2,61 |
| 803 | — | 81,95 | 71,25 | 13,1 | 73,7 | 72,3 | 1,9 | 80,90 | — | 9,65 | — | 36,8 | 26,2 | 51,6 2,62 |
| 913 | — | 81,95 | 71,00 | 13,4 | 73,6 | 70,7 | 3,9 | 79,45 | — | 8,45 | — | 35,2 | 24,0 | 49,6 2,65 |
| 950 | 09 | 81,15 | 70,95 | 12,5 | 73,3 | 70,4 | 4,0 | 79,15 | — | 8,20 | — | 34,6 | 23,7 | 48,8 2,68 |
| 1000 | 06 | 81,60 | 70,70 | 13,3 | 73,3 | 70,0 | 4,5 | 78,70 | — | 8,00 | — | 34,4 | 23,2 | 48,7 2,67 |
| 1028 | 03 | 81,35 | 71,00 | 12,7 | 74,0 | 70,4 | 4,9 | 78,50 | — | 7,05 | — | 33,9 | 20,8 | 47,7 2,64 |
| 1089 | 1 | 81,25 | 70,60 | 13,1 | 73,6 | 68,7 | 6,6 | 75,00 | — | 4,40 | — | 31,1 | 14,1 | 44,1 2,64 |
| 1111 | 3 | 81,55 | 70,50 | 13,5 | 73,6 | 68,1 | 7,5 | 74,45 | — | 3,95 | — | 31,2 | 12,7 | 44,3 2,58 |
| 1150 | 5 | 81,25 | 70,60 | 13,1 | 73,9 | 68,5 | 7,3 | 73,90 | — | 3,30 | — | 30,8 | 10,7 | 42,2 2,56 |
| 1200 | 8 | 81,40 | 70,80 | 13,1 | 73,8 | 68,3 | 7,4 | 74,00 | — | 3,20 | — | 30,8 | 10,4 | 43,2 2,58 |
| 1210 | 9 | 81,40 | 70,85 | 13,0 | 73,8 | 68,2 | 7,5 | 73,35 | — | 2,50 | — | 30,6 | 8,2 | 43,8 2,52 |
| 1221 | 11 | 82,00 | 70,85 | 13,6 | 73,9 | 68,5 | 7,3 | 73,40 | — | 2,55 | — | 31,0 | 8,2 | 44,1 2,48 |
| 1265 | 13 | 80,95 | 70,50 | 12,9 | 73,5 | 68,0 | 7,5 | 72,65 | — | 2,15 | — | 31,1 | 6,9 | 43,2 2,43 |
| 1309 | 15 | 81,40 | 70,80 | 13,0 | 73,9 | 68,7 | 7,0 | 72,45 | — | 1,64 | — | 30,7 | 5,3 | 44,5 2,43 |

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß der Ton von St. Louis beim Erhitzen auf Rotglut das Konstitutionswasser verliert. Sobald dasselbe vollständig ausgetrieben ist — das meiste davon wird zwischen 473—693°C. abgegeben — besitzt der Stein die größte Porosität, das größte Volum und auch das höchste, d. h. das wirkliche spez. Gewicht. Damit ist auch der Punkt erreicht, von dem ab der Ton zu schwinden beginnt.

Ch. 1908.

Die Brennfarbe der einzelnen Steinchen bei den verschiedenen Temperaturen und die beim Erhitzen auftretenden Begleiterscheinungen, welche zum Teil den Steinchen ein unsauberes Aussehen verleihen, können aus der obenstehenden Zusammenstellung entnommen werden.

Mit dem Auftreten der braunen Farbe bez. der Flecken, die zunächst (bei den Steinen 11 und 12) nur unter dem Mikroskope zu sehen sind, bemerkt man

auch kleine Risse auf den Steinchen, die namentlich von Stein 13 ab deutlich wahrnehmbar sind und das Wachsen der Steine erklärliech machen. Darnach würde letzteres von im Stein vorhandenen Flußmitteln herrühren, durch unter Gasentwicklung verlaufende Reaktionen, wobei der Stein unter Bildung ganz kleiner Risse aufgetrieben wird. Der Pyrit spielt dabei wohl

Bei stärkerem Erhitzen nimmt das Volum wieder etwas zu, infolge der oben erwähnten Vorgänge. Die auf 693° und darüber hinaus erhitzen Steine nehmen beständig an Porosität ab. Ebenso das spez. Gewicht, ein Beweis dafür, daß der bei höheren Temperaturen mehr und mehr sich dichtende Ton Gase hermetisch einschließt und daher bei der Bestimmung des spez. Gewichts, nach Segers Methode, zu niedere Werte erhalten werden.

Praktisches Interesse hat die Frage, wie hoch man den Ton bei der Herstellung von Chamotte erhitzen soll. Wie man aus der Tabelle bez. dem Diagramm ersehen kann, schwindet der Ton, nachdem die Temperatur erreicht ist, bei welcher Seger-Kegel 1 bez. 3 niederschmilzt, nur noch wenig bez. nicht mehr. Äußerlich gibt sich dieser Erhitzungsgrad durch die gelblich weiße Farbe — durch die Oxydfarbe — zu erkennen. Das gebrannte Material ist dann noch genügend porös, um gut zu binden, d. h. sich gut mit Bindeton in genügendem Prozentsatz verarbeiten zu lassen. Der Zustand $\frac{100 \times V}{g} =$

44 ccm, in welchen sich der Ton durch Erhitzen auf Kegel 1 bez. 3 bringen läßt, wird daher zu Magerungszwecken der geeignete sein. Beim Arbeiten im großen, wo man es mit dem Brennen großer Tonballen zu tun hat, muß man, um diesen Zustand zu erreichen, höhere Temperaturen in Anwendung bringen.

Unser Ton stellt demnach ein gut plastisches tonsubstanzreiches Material von sehr respektabler Feuerfestigkeit dar, das sich aber bei den in der Praxis erreichbaren Temperaturen nicht dicht brennt, wohl infolge der eigenartigen Mischung feinster und gröberer Tonpartikel, welch letztere gewissermaßen wie ein Magermittel wirken.

Auf Grund obiger Versuche kann man daher dem Ton von vornherein — wenn man sich den in der Literatur vertretenen Anschaulungen anschließt — eine vielseitige Verwendung in der Fabrikation der feuerfesten Produkte zusprechen, vornehmlich müßte man annehmen, daß der Ton mit feuerfestem Quarzsand gemagert zur Herstellung von Steinen für Kessel-, Flamm- und Glühöfen, für Ring-, Porzellan- und Steingutöfen und für Essen gebraucht werden kann. Mit aus dem Tone erbrannter Chamotte verarbeitet, dürfte er sich zur Fabrikation von feuerfesten Steinen für Gas-, Koks-, Kalk- und Cementöfen eignen, und mit hochwertiger Chamotte oder Tonschiefer versetzt,

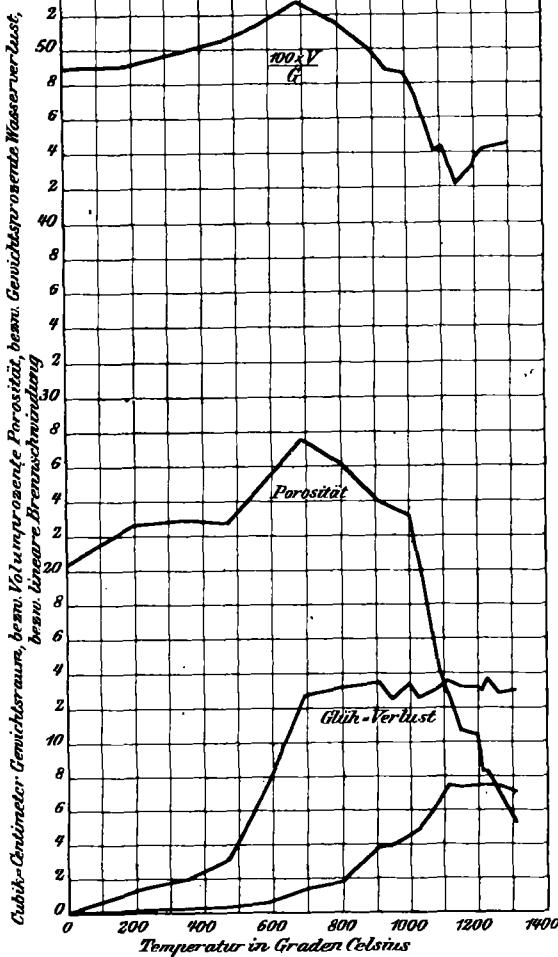


Fig. 2.

die Hauptrolle. Letzterer gibt beim Erhitzen zunächst nur die Hälfte seines Schwefels ab, das entstehende Einfachschweifeisen schmilzt und bildet die auf der Oberfläche des Steinchen sichtbaren Flecke und Pocken, die bei stärkerem Erhitzen auch das zweite Atom S abgeben und unter Blasenbildung zu braunem Oxyd verbrennen. Das aus Pyrit und Limonit herrührende Eisenoxyd verleiht den bei hoher Temperatur erbrannten Steinchen die lederbraune bez. rostbraune Farbe.

Wie erwähnt, besitzt der bei 693° erbrannte Stein das größte Volum und der bei 1150° erbrannte das kleinste.

vermutlich zur Herstellung von Steinen für Hoch-, Puddel-, Schweiß-, Stahl- und Kupol-Öfen dienen können. Dagegen möchte man den Ton, da er sich nicht dichtbrennt, zur Bereitung von Massen für Glashäfen, Sodaöfen und für Zinkretorten nicht empfehlen, wenn man eben der Dichtbrennbarkeit eines Tones auch die Rolle zuschreibt: einen dichten Scherben zu bilden und sowohl die Aktion alkalischer Flüssigkeiten, wie den Durchgang von Gasen durch die Gefäßwände hindurch in wirksamer Weise einzuschränken. Entgegen dieser Ansicht eignet sich jedoch dieser Ton gerade zur Herstellung von Zinkretorten ganz vorzüglich, wenn auch zugegeben werden muß, daß er weit größere Mengen Zink¹⁰⁾ bindet als die früh dichtbrennenden Tone, als deren typischer Vertreter der Ton von Andenne zu betrachten ist.

III. Über die durch Abschlämnen erhaltbaren Tongattungen.

Wie ich schon hervorgehoben habe, besteht gewetterter St. Louis-Ton aus Teilchen verschiedener Größe und lassen sich dieselben in einen „feineren Schlamm“ und in einen „krümlichen Rückstand“ trennen, welch letzterer in den aus St. Louis-Ton hergestellten Steinchen quasi die Rolle eines Magermittels übernimmt und das eigenartige Verhalten des Tons beim Trocknen und Brennen bedingt. Das Einzelstudium der Bestandteile des Tons schien mir daher von Interesse, da sich dabei neue Aufschlüsse über das Wesen des St. Louis-Tons erwarten ließen.

Zur Herstellung der beiden Tonarten führt man den St. Louis-Ton zu einem dünnen Brei an, wirft denselben auf das Messingsieb Nr. 100 und wäscht mit einem Strahl Wasser solange aus, bis dasselbe beinahe klar abläuft und man daher annehmen kann, daß der feine Anteil — die Klasse Nr. 100 — von dem krümlichen getrennt ist.

Den durch das Sieb verwaschenen Tonschlamm läßt man sich absetzen. Dann dekantiert man das Schlämmwasser und trocknet den Schlamm und ebenso den krümlichen Rückstand auf dem Wasserbade.

Um einen Einblick in die Zusammensetzung der beiden Componenten des St. Louis-Tones zu erhalten, habe ich dieselben analysiert. Die Resultate sind in der Tabelle mit einer Analyse des ursprünglichen Tones zusammengestellt.

¹⁰⁾ Vgl. O. Mühlhaeuser, Zeitschr. f. angew. Chem. 1902, S. 1244.

| | I. St. Louis- Ton Proz. | II. Ton- schlamm Proz. | III. Rückstand Proz. |
|-------------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Al_2O_3 | 35,02 | 35,82 | 34,20 |
| SiO_2 | 50,02 | 50,06 | 50,60 |
| Fe_2O_3 | 2,76 | 2,28 | 3,24 |
| CaO | 0,70 | 0,46 | 0,58 |
| MgO | 0,46 | 0,60 | 0,40 |
| K_2O | 0,06 | 0,05 | 0,09 |
| Na_2O | 0,17 | 0,04 | 0,16 |
| Glühverlust | 12,51 | 12,49 | 12,47 |

Wie man sieht, handelt es sich wesentlich um geringe Verschiedenheiten im Eisengehalt. Der Hauptsache nach haben die Componenten dieselbe Zusammensetzung wie das Ausgangsmaterial. Auch die Schmelzpunkte sind dieselben, der St. Louis-Ton schmilzt bei Segerkegel 30 bis 31 und seine Componenten bei genau derselben Temperatur.

Um das Verhalten der beiden Tonarten beim Trocknen und Brennen kennen zu lernen, habe ich dieselben mit Wasser in den formrechten Zustand übergeführt und daraus 100 g Steinchen hergestellt. Dabei zeigte sich der feine Ton (II) als ein hochplastisches Produkt, während der krümliche Ton (III) sich schwer verkneten und verformen ließ und sich nur wenig plastisch erwies.

Um einen Vergleich zu ermöglichen, wurden die beiden Tone, mit dem ursprünglichen St. Louis-Ton (I) zusammen, beobachtet.

Zur Bildung einer handrechten Masse brauchte Ton I 19,3 Proz. Wasser, Ton II dagegen 22,3 Proz. und Ton III — wie zu erwarten war — weit weniger, nur 18,41 Proz.

Die lineare Schwindung beim Trocknen ist dem Wassergehalt entsprechend und beträgt bei Ton I 5,7 Proz., bei Ton II 6,9 und bei Ton III nur 5,5 Proz. In der folgenden Tabelle sind die beim Schwinden der Steinchen erhaltenen Resultate zusammengestellt.

| | Wassergehalt Proz. | Schwindung Proz. |
|--------------------|-----------------------|---------------------|
| I. St. Louis-Ton . | 19,3 | 5,7 |
| II. Tonschlamm . | 22,3 | 6,9 |
| III. Rückstand . . | 18,41 | 5,5 |

Es geht aus diesen Versuchen hervor, daß der „krümliche Anteil“ die Plastizität und damit auch die Bindefähigkeit des St. Louis-Tones herabdrückt.

Das Verhalten der verschiedenen Steinchen beim Brennen bei verschiedenen Temperaturen ist in der nachstehenden Tabelle zahlenmäßig niedergelegt.

| Marke | Ge- wicht nach dem Trock- nen | Ge- wicht nach dem Bren- nen | Brenn- ver- lust Proz. | Länge nach dem Trock- nen | Länge nach dem Bren- nen | Schwin- dung beim Bren- nen Proz. | Tempera- tur | Stein plus Wasser | Ab- sorbiert Wasser | Volum. | Porosi- tät Vol.- Proz. | 100. V g | Spez. Gewicht 2,98 | | |
|-------|--|---|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--|-----------------|-------------------------|---------------------------|--------|----------------------------------|-------------|--------------------------|------|------|
| | g | g | | mm | mm | | | g | g | cem | | cem | | | |
| I | 80,75 | 70,45 | 12,7 | 73,9 | 71,5 | 3,2 | 912° C. | 79,35 | 8,90 | 35,5 | 25,1 | 50,4 | 2,98 | | |
| II | 77,90 | 68,20 | 12,5 | 73,0 | 70,6 | 3,1 | do. | 76,70 | 8,50 | 34,1 | 24,9 | 50,0 | 2,99 | | |
| III | 81,80 | 70,95 | 13,3 | 73,9 | 71,6 | 3,1 | do. | 80,30 | 9,35 | 35,5 | 26,3 | 50,3 | 3,06 | | |
| I | 80,45 | 69,80 | 13,2 | 74,0 | 68,6 | 7,3 | Segerkiegel | | III—IV | 73,20 | 3,35 | 30,5 | 10,9 | 43,7 | 2,69 |
| II | 78,00 | 67,95 | 12,9 | 73,2 | 67,6 | 7,7 | do. | 70,50 | 2,55 | 28,9 | 8,8 | 42,5 | 2,67 | | |
| III | 81,85 | 70,40 | 13,9 | 74,4 | 69,6 | 6,5 | do. | 75,20 | 4,80 | 32,3 | 14,8 | 45,9 | 2,73 | | |
| I | 80,85 | 69,90 | 13,5 | 73,9 | 68,8 | 6,9 | VI—VII | | 72,20 | 2,30 | 30,0 | 7,7 | 42,9 | 2,52 | |
| II | 77,80 | 67,70 | 13,0 | 73,2 | 67,2 | 8,2 | do. | 68,65 | 0,95 | 29,0 | 3,2 | 42,8 | 2,41 | | |
| III | 81,60 | 69,50 | 14,9 | 74,2 | 69,4 | 6,5 | do. | 73,35 | 3,85 | 31,5 | 12,2 | 45,4 | 2,51 | | |
| I | 80,85 | 70,20 | 13,2 | 74,0 | 68,7 | 7,1 | IX—X | | 72,00 | 1,80 | 30,7 | 5,8 | 43,7 | 2,42 | |
| II | 77,40 | 67,60 | 12,7 | 73,2 | 67,3 | 8,0 | do. | 68,05 | 0,45 | 28,3 | 1,6 | 41,8 | 2,42 | | |
| III | 81,25 | 69,40 | 14,6 | 74,5 | 69,9 | 6,2 | do. | 73,00 | 3,60 | 32,0 | 11,2 | 46,1 | 2,44 | | |

Der „gewaschene Ton“ besitzt im gebrannten Zustande die geringsten Porositäten und die größte Dichtigkeit überhaupt. Bei einer Temperatur, die zwischen Kegel 9 und 10 liegt, ist er schon beinahe dicht gebrannt. Am undichtesten verhält sich der „Schlämmerückstand“ beim Brennen, der eigentliche

handelt, sondern zum Teil nur um ein Abschließen derselben unter Zellenbildung.

Was die Brennfarbe und sonstige an den Steinen sich zeigende Äußerlichkeiten betrifft, so sind dieselben aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

| | | Brenn-Temperatur | | | |
|------------------|-------------------|------------------|--------------|--------------|--------------------|
| | | 912° C. | III—IV | VI—VII | IX—X |
| St. Louis-Ton . | Farbe der Steine | gelbrot | gelbbraun | braun | dunkelbraun |
| | Risse | keine | keine | keine | Risse |
| | Ausflüsse | keine | keine | keine | schwarze Pocken |
| Tonschlamm . . | Farbe | gelbrot | gelbbraun | lederbraun | lederbraun |
| | Risse | Risse | Risse | Risse | Risse |
| | Ausflüsse | keine | keine | keine | keine |
| Tonrückstand . . | Farbe | gelbweiß | gelbbraun | gelbbraun | gelbbraun |
| | Risse | keine | keine | keine | keine |
| | Ausflüsse | keine | große Blasen | große Pocken | bedeckt mit Pocken |

St. Louis-Ton steht in Bezug auf Dichtbrennen in der Mitte.

Ähnlich verhalten sich die drei Tone beim Schrumpfen. Der „Schlämmerückstand“ schwindet am wenigsten beim Trocknen und beim Brennen, der „Tonschlamm“ am meisten, der St. Louis-Ton steht wiederum in der Mitte. Daraus muß man schließen, daß je größer die Tonpartikel sind, die ein Ton in der Kubikeinheit enthält, desto weniger der Ton beim Trocknen und Brennen schwindet.

Das Geringerwerden des spez. Gewichtes röhrt davon her, daß die Tone mit der Steigerung der Temperatur mehr und mehr Luft einkapseln. Daher nimmt das spez. Gewicht mit dem höheren Erhitzen scheinbar immer mehr ab. Man erkennt daran, daß es sich beim Erhitzen der Tone auf höhere Temperaturen nicht um eine eigentliche Aufhebung der Porenräume

Die Farbe der Steinchen bez. das Äußere überhaupt hängt von der Verteilung des Eisens resp. auch davon ab, in welcher Form dasselbe vorliegt, ob als feinverteiltes Eisenoxyd wie im Tonschlammsteine, oder als Pyrit und grobkörniger Brauneisenstein wie im Tonrückstandssteine. Im letzteren Falle geben die eisenhaltigen Körner in höherer Temperatur Anlaß zu blasigen Ausflüssen und Gebilden in pockenartiger Form.

Auf Grund dieser Versuche muß man annehmen, daß man den St. Louis-Ton durch mechanische Bearbeitung bez. durch länger andauerndes Wettern und rationelle Gestaltung des Haufens bedeutend verbessern könnte, derselbe dadurch plastischer würde und sich dann im ganzen besser als Bindeton verwenden lassen würde. Für die Herstellung von Chamotte würde zweifellos mäßig gewetterter Ton besser sein,

wie der völlig in kleinste Partikel zerfallene Ton. Namentlich sind es also die bei der Tonverarbeitung so sehr ins Gewicht fallenden Eigenarten der Plastizität und Bindefähigkeit, von denen wieder die Dicke der gebrannten Steine abhängt, welche eine Steigerung erfahren könnten.

Es erschien mir nunmehr der Mühe wert, auszufinden, auf welche Weise der Ton total abschlämmbar gemacht werden könnte, und habe ich versucht, denselben durch bloßes Kochen, durch Trocken- und Naßmahlung in den dazu nötigen Zustand überzuführen. Nur das Naßmahlen führt zum Ziele und ergibt ein Produkt, das sich ganz verwaschen lässt.

Kochversuche. 30 g Ton wurden mit 50 g Wasser verrührt und unter Rückflußkühlung 6 Std. lang gekocht. Dann wurde abgeschlämmt und der Rückstand getrocknet und gewogen. Man erhielt 49,49 Proz. Bei einem andern Versuche ließ ich 18 Std. lang kochen und bekam etwas weniger Rückstand — nur 46,90 Proz.

Naßmahlen. 25 g Ton wurden in einer Porzellanschale mittels einem Gummistopfen mit Wasser zu einem dicklichen Brei angerieben und nach längerem Reiben abgeschlämmt. Der Rückstand in derselben Weise längere Zeit weiter behandelt, wird dann immer weicher, bis schließlich nur noch 3,28 Proz. davon übrig bleiben, die aus Pyrit, Quarz und Limonit bestehen.

Trockenmahlung. Bei 110° C. getrockneter Ton wird in einer Achatschale vermahlen. Das eine Mal stellte ich Pulver her, welches vollständig das Sieb No. 60 passierte, des andere Mal ging ich mit der Feinung so weit, daß das Mehl durch das Sieb No. 100 hindurchging. In beiden Fällen wurden 25 g Tonmehl mit Wasser zum Brei angerührt, geschlämmt und der Rückstand gewogen. Mehl No. 60 hinterließ einen Rückstand von 46,0 Proz., No 100 einen solchen von 33,92 Proz.

In der Tabelle habe ich die Resultate dieser Versuche zusammengestellt.

| Zerteilungsmittel | Rückstand Proz. | Schlamm Proz. |
|----------------------------|--------------------|------------------|
| 6-stündiges Kochen . . | 49,5 | 50,51 |
| 18-stündiges Kochen . . | 46,96 | 53,04 |
| Feinmahlen (Mehl No. 60) . | 46,00 | 54,00 |
| Feinmahlen (Mehl No. 100) | 33,92 | 66,08 |
| Naßmahlen | 3,28 | 96,72 |

Schlämmt man den einfach gewetterten Ton ab, so erhält man nur 37,18 Proz. Schlamm. Man ersieht, daß der Zerfall des Tons in leicht aufschlämmbare Substanz

durch 6-stündigtes Kochen begünstigt wird und daß 18 Stunden langes Kochen jenen Zerfall noch weiter herbeiführt. Feinmahlen des Tones vor dem Behandeln mit Wasser wirkt ebenfalls in dieser Richtung, aber nur durch Naßmahlen, durch nasses Aufreiben des Tones erreicht man das Ziel vollständig. Reibt man den Ton auf harter Unterlage mit einem Gummistopfen auf, so bleiben nur die mineralischen Beimengungen des Tones zurück, der Ton selbst läßt sich vollständig zu kleinsten Teilchen aufreiben.

IV. Über das Verhalten des Tons beim Brennen im natürlichen und im nachgepreßten Zustande.

Nachdem ich mir durch die Aufspaltung des Tones in einen leicht aufschlämmbaren und in einen größeren Anteil und durch das Studium des Verhaltens der Componenten Aufschluß über die Struktur des Tones verschafft hatte, erschien es mir im Hinblick darauf zunächst von Interesse, das Verhalten des Tones beim Brennen im „natürlichen“ und „nachgepreßten“ Zustande“ kennen zu lernen.

Es ist anzunehmen, daß der Ton, sowie er der Grube entnommen wird, sich in dichtester Form befindet. Beim Wettern zerfallen die Schollen bez. Stücke zunächst in Teilchen und Lamellen von verschiedenster Größe, welche ihre Form auch beim Anmachen mit Wasser bez. beim Homogenisieren doch noch wesentlich beibehalten und verformt, nach dem Verdunsten des Wassers, einen Stein geben, der verhältnismäßig viele Poren bez. Hohlräume besitzt, die sich durch Nachpressen im sogenannten lederharten Zustande noch wesentlich vermindern lassen. Man mußte daher erwarten, daß sowohl der nachgepreßte, wie der natürliche Stein beim Brennen dichtere Scherben erzielen lassen, als die auf die gewöhnliche Weise hergestellten Steine, deren Verhalten wir früher kennen gelernt haben.

Zu den Versuchen habe ich frisch der Grube entnommene Schollen in ungefähr gleich große Stücke mit ebenen Flächen zersägt, um daran die Schwindung messen zu können. Ferner habe ich aus einem Tonballen mit 18,7 Proz. Wassergehalt Steinchen von 100 g Gewicht in einer runden eisernen Form von 68 mm Durchmesser hergestellt. Ein Teil dieser runden Steinchen wurde völlig trocknen gelassen, ein anderer Teil im lederharten Zustande — als dieselben noch ca. 11,5 Proz. Wasser enthielten — in derselben Form unter der hydraulischen Presse einem Druck von 4410 kg per 1 qcm aus-

gesetzt. Sämtliche Steinchen wurden getrocknet und immer je drei zusammen im Versuchsofen bei den verschiedensten Temperaturen gebrannt. Auf gewöhnliche Weise durch einfache Verformung des Tones hergestellte Steinchen wurden des Vergleiches halber mitgebrannt.

Die Tabelle läßt ersehen, wie sich die 3 verschiedenen Reihen von Steinchen beim Brennen bei den verschiedenen Temperaturen verhalten. Mit der Ziffer I sind die hydraulisch nachgepreßten Steine bezeichnet. Die nicht gepreßten Steinchen haben die Marke II und die aus nicht gewettertem Ton (aus frischen Schollen) herausgeschnittenen Steine sind mit der No. III gemarkt.

nehmen, daß dieses Wachsen mit Aufblähungen zusammenhängt und nur vorübergehender Natur ist.

Bei einer und derselben Temperatur gebrannt, geben die Steinchen ganz verschiedene Zahlen in Bezug auf Volumen und Porosität. Der nicht gepreßte Stein besitzt in allen Fällen das größte Volum und die größte Porosität. Der natürliche Stein dagegen zeigt die geringste Porosität und auch das kleinste Volum. Der hydraulisch nachgepreßte Stein steht in dieser Beziehung in der Mitte.

Für die Herstellung von Chamotte mag diese Erkenntnis praktische Bedeutung er-

| Marke | Gewicht vom nassen Stein | Gewicht vor dem Nachpressen | Wasser gehalt vor dem Pressen | Gewicht nach dem Trocknen | Gewicht nach dem Brennen | Länge nach dem Trocknen | Länge nach dem Brennen | Brennschwin dung | Stein plus Wasser | Absorbiertes Wasser | Porosität | Volum | 100-V g | Brenn tem peratur Seger kegel |
|-------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|------------------|-------------------|---------------------|------------|-------|---------|-------------------------------|
| | g | g | Proz. | g | g | mm | mm | Proz. | g | g | Vol. Proz. | cem | cem | |
| I | 100 | 91,35 | 11,1 | 81,20 | 70,95 | 66,7 | 64,1 | 3,9 | 78,40 | 7,45 | 21,9 | 34,1 | 48,0 | 09 |
| II | 100 | | | 81,60 | 71,15 | 63,3 | 60,9 | 3,8 | 79,95 | 8,80 | 25,0 | 35,2 | 49,4 | 09 |
| III | | | | 82,20 | 72,05 | 50,0 | 48,5 | 3,0 | 76,35 | 4,30 | 13,6 | 31,6 | 44,0 | 09 |
| I | 100 | 91,50 | 11,0 | 81,40 | 71,00 | 66,7 | 63,9 | 4,2 | 78,15 | 7,15 | 21,1 | 33,8 | 47,6 | 06 |
| II | 100 | | | 81,55 | 71,05 | 63,6 | 61,1 | 3,9 | 79,45 | 8,40 | 23,9 | 35,2 | 49,6 | 06 |
| III | | | | 61,95 | 54,45 | 50,0 | 48,3 | 3,4 | 57,25 | 2,80 | 11,9 | 23,6 | 43,3 | 06 |
| I | 100 | 92,15 | 11,4 | 81,65 | 70,80 | 66,3 | 63,1 | 4,8 | 76,75 | 5,95 | 18,1 | 32,8 | 46,3 | 03 |
| II | 100 | | | 82,60 | 71,30 | 63,6 | 60,5 | 4,9 | 78,70 | 7,40 | 21,7 | 34,1 | 47,8 | 03 |
| III | | | | 124,90 | 109,50 | 50,0 | 48,0 | 4,0 | 113,85 | 4,35 | 9,5 | 46,0 | 42,0 | 03 |
| I | 100 | 92,10 | 12,0 | 81,00 | 70,30 | 66,4 | 63,0 | 5,1 | 75,75 | 5,45 | 17,0 | 32,1 | 45,6 | 1 |
| II | 100 | | | 82,45 | 71,40 | 63,7 | 60,3 | 5,3 | 78,55 | 7,15 | 21,2 | 33,8 | 47,3 | 1 |
| III | | | | 109,25 | 95,65 | 50,0 | 47,9 | 4,2 | 99,60 | 3,95 | 9,8 | 40,1 | 42,0 | 1 |
| I | 100 | 91,95 | 11,4 | 81,50 | 70,75 | 66,4 | 62,1 | 6,5 | 74,75 | 4,00 | 12,9 | 31,0 | 43,8 | 3 |
| II | 100 | | | 81,90 | 70,90 | 63,4 | 59,3 | 6,5 | 76,65 | 5,75 | 17,7 | 32,4 | 45,7 | 3 |
| III | | | | 130,05 | 113,65 | 50,0 | 47,5 | 5,0 | 116,05 | 2,40 | 5,2 | 46,4 | 40,8 | 3 |
| I | 100 | 92,20 | 11,9 | 81,15 | 70,55 | 66,3 | 61,8 | 6,8 | 73,10 | 2,55 | 8,3 | 30,4 | 43,1 | 5 |
| II | 100 | | | 81,15 | 70,65 | 63,3 | 58,6 | 7,4 | 74,85 | 4,20 | 13,3 | 31,5 | 44,5 | 5 |
| III | | | | 72,85 | 63,65 | 50,0 | 47,3 | 5,4 | 64,15 | 0,50 | 1,9 | 26,0 | 41,8 | 5 |
| I | 100 | 91,75 | 11,2 | 81,50 | 70,60 | 66,2 | 61,3 | 7,4 | 72,75 | 2,15 | 7,1 | 30,0 | 42,5 | 7 |
| II | 100 | | | 82,00 | 70,60 | 63,4 | 58,6 | 7,6 | 73,80 | 3,20 | 10,3 | 31,1 | 44,0 | 7 |
| III | | | | 92,55 | 81,10 | 50,0 | 47,3 | 5,4 | 81,80 | 0,70 | 2,1 | 32,9 | 40,6 | 7 |
| I | 100 | 92,55 | 10,3 | 81,05 | 70,10 | 66,2 | 61,1 | 7,7 | 71,45 | 1,35 | 4,5 | 29,9 | 42,6 | 9 |
| II | 100 | | | 81,80 | 70,75 | 63,3 | 58,3 | 7,9 | 72,80 | 2,05 | 6,7 | 30,8 | 43,5 | 9 |
| III | | | | 108,75 | 90,50 | 50,0 | 47,5 | 5,0 | 91,45 | 0,95 | 2,5 | 37,2 | 41,1 | 9 |
| I | 100 | 92,35 | 12,2 | 81,10 | 70,25 | 66,2 | 61,7 | 6,8 | 71,45 | 1,20 | 4,0 | 30,0 | 42,7 | 11 |
| II | 100 | | | 81,65 | 70,65 | 63,5 | 58,6 | 7,7 | 72,80 | 2,15 | 6,9 | 30,8 | 43,5 | 11 |
| III | | | | 66,95 | 58,75 | 50,0 | 47,8 | 4,4 | 59,30 | 0,55 | 2,2 | 24,9 | 42,4 | 11 |

In allen drei Versuchsreihen bemerkt man, wie mit der steigenden Temperatur das Volumen sowohl wie die Porosität der Steinchen stetig abnehmen. Die Steinchen schwinden mehr und mehr und werden dichter. Von einem gewissen Punkte ab schrumpfen die Steinchen nicht mehr, sie beginnen zu wachsen¹¹⁾. Man muß an-

langen, namentlich dann, wenn man mit dem geringsten Aufwand von Zeit und Brennmaterial eine Chamotte von einer bestimmten Dichte erbrennen will. Derartige aus nicht gewitterten Tonschollen hergestellte Chamotte wird sich — falls man den Brennprozeß früh, z. B. bei Kegel 1 unterbricht — später bei höheren Temperaturen, z. B. in der Hitze des Zinkofens noch weiter verdichten und sich in dieser Beziehung sehr wesentlich von der in gewöhnlicher Weise hergestellten gleich von Anfang an hoch erbrannten Chamotte unter-

¹¹⁾ Vgl. auch P. Jochum, Die Bestimmung der technisch wichtigsten physikalischen Eigenschaften der Tone, Berlin 1885, und Bischof, Notizblatt 1883, Heft 2.

scheiden. Die Herstellung von Chamotte aus nachgepreßten Steinen würde wohl eine vorzügliche Chamotte ergeben, aber in den meisten Fällen zu teuer zu stehen kommen und selbst durch die Verbesserung der Qualität des Materials nicht genügend gerechtfertigt sein.

Die beiden Diagramme bringen das oben Erläuterte zur Anschauung.

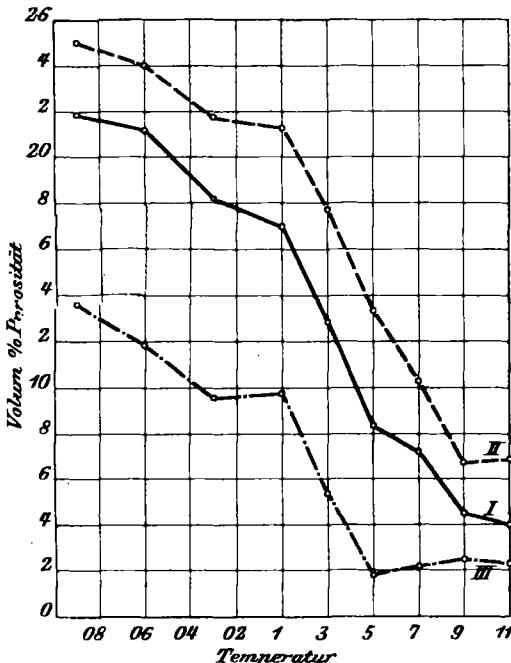


Fig. 3.

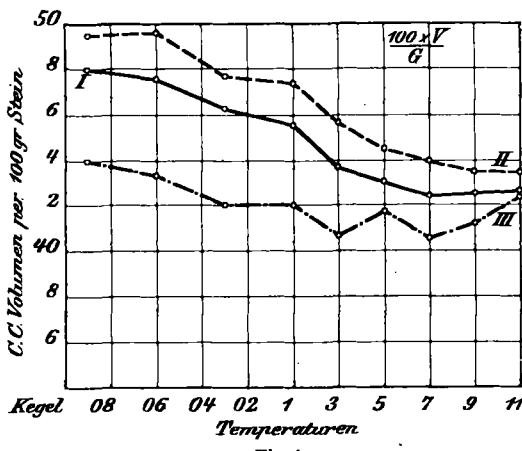


Fig. 4.

Wenn nun auch die bei den Versuchen erhaltenen Zahlen nicht ganz regelmäßig verlaufende Abstufungen zeigen und vereinzelt etwas abweichende Werte erhalten wurden, so möchte ich diese Unregelmäßigkeiten in diesen wie in allen Fällen ähnlicher Art auf die doch etwas schwankende Höhe der Temperatur, welche während der Versuche im Gasofen herrscht und die nie mathematisch genau eingehalten werden kann, zurückführen.

Über

Ventilatoren im Schwefelsäurebetriebe.

(Erwiderung auf den Artikel des Hrn. Dr. Petschow.)

Von Dr. Plath.

Mit großem Interesse habe ich den Beitrag des Herrn Dr. Petschow zur "Ventilatorenfrage im Schwefelsäurebetrieb" (diese Zeitschrift S. 12) gelesen, und ich will gleich vorausschicken, daß mir die Probe, welche in der Chemischen Fabrik Petschow, Davidsohn zu Danzig, vorgenommen wurde, bei Publizierung meines Artikels bekannt war, trotzdem keine Veröffentlichungen darüber bisher erfolgten. Infolge weitgehend einzogener Informationen haben mir nämlich auch die sämtlichen Unterlagen, die sich auf jenen Versuch beziehen, zur Verfügung gestanden, und da durch beiderseitiges Versehen, sowohl von der Lieferantin, als auch von dem den Versuch ausführenden Chemiker, dieser Versuch so völlig aus dem Rahmen irgend eines Beweises pro et contra herausfällt, so habe ich ihn gänzlich bei Seite gelassen, da er nur verwirrend auf die Ansichten über die Anwendbarkeit tönerner Exhaustoren im Schwefelsäurebetrieb wirken kann.

Wenn Herr Dr. Petschow durch Veröffentlichung seines Versuches nun doch demselben eine Art autoritativer Beweiskraft beimitzt, so sehe ich mich veranlaßt, die Details dieses Versuches bekannt zu geben, um es zu rechtfertigen, daß ich auch heute noch, trotz Dr. Petschows Versuch, die Ansicht unbedingt aufrecht halte, daß dem Tonexhaustor ein äußerst wichtiger Platz in der Schwefelsäurefabrikation gebührt, da er wegen seiner Unzerstörbarkeit durch saure Agentien die gegebene Maschine bei Beförderung großer saurer Gasmengen ist.

Ich will aber hier auch gleich meine Grundlagen für die von mir vertretene Ansicht hinzufügen.

Zwei Fabriken, in denen Schwefelsäure nach dem Kammersystem aus Pyrit erzeugt wird, bedienen sich der Tonexhaustoren, bezogen von derselben in Rede stehenden Lieferantin. Diese Exhaustoren stehen zwischen Glover und Kammer. Von der einen Fabrik wird die Temperatur mit 80—90°, von der anderen mit 60—70° angegeben. Bei beiden ist die beanspruchte Luftabsaugung der Exhaustoren durchaus zufriedenstellend. Ich halte diese beiden Fälle, in denen eine rationelle Benutzung stattfindet, für einen wirklichen Beweis für die vorteilhafte Verwendbarkeit der Tonexhaustoren im Schwefelsäurebetrieb. —

Bei jenem Versuch des Herrn Dr. Petschow, Ende 1898, waren aber die Vor-