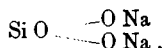


Heizen erst umgewandelt und zwar entweder durch Destillation (Gasfeuerung, Koksfeuerung) oder durch unvollständige Verbrennung (Generatorgas, Mischgas u. s. w.). In Bezug auf die häuslichen Feuerungen spricht Verf. besonders zu Gunsten der Gasfeuerung. Dass dieselbe nicht weiter verbreitet ist, liegt wesentlich an der mangelhaften Einrichtung der Öfen und Kamine, welche letztere im Allgemeinen bedeutend zu weit sind. Der Vortrag enthält im Allgemeinen nichts Neues.

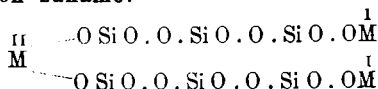
B.

Glas, Thon, Cement.

Constitution des Glases und verwandter Erzeugnisse. K. Zulkowsky (Chem. Ind. 22, 280) fand, dass beim Niederschmelzen von Siliciumdioxid mit kohlen-sauren Alkalien nur dann Orthosilicate entstehen, wenn das Alkali in grossem Überschuss vorhanden und die Schmelztemperatur sehr hoch ist. Zuerst entstehen jedenfalls Metasilicate

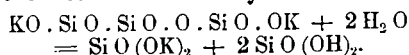


Sämmtliche Polykieselsäuren sind ebenfalls zweibasisch und entsprechen der allgemeinen Form $\text{Si}_n \text{O}_{2n-1} (\text{OH})_2$. Daraus ergibt sich, dass der Verhältniss-exponent zwischen Alkali und Siliciumdioxid immer eine ganze Zahl sein muss. Strukturformeln, wie man sie wohl findet, sind demnach unmöglich; obige Verbindung ist vielmehr ein Gemisch eines Metasilicats und eines Disilicats. Dieselben Verhältnisse trifft man bei den Erdalkalisilicaten, von denen die Kalksilicate eine sehr wichtige Rolle beim Hochofenprocess spielen. Oft ist dabei die Menge des zugesetzten Kalkes so gross, dass auf 1 Mol. Si O_2 2 Mol. Basis kommen. Man sollte die Bildung von Orthosilicaten erwarten; statt dessen entsteht ein basisches Kalkmetasilicat, welches man durch plötzliche Abkühlung vor der Umlagerung in die Orthoverbindung schützen kann; man bekommt einen Hydraulit. Bei den Gläsern arbeitet man im Gegentheil auf die Bildung saurer Doppelsilicate hin. Meist stehen Basen und Quarz in einem Verhältniss, dass sich Trisilicate bilden können, denen dann folgende Constitution zukäme:

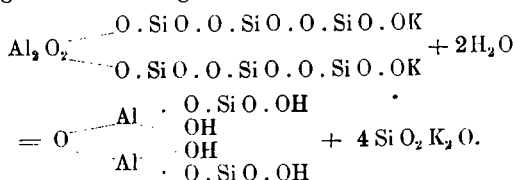


Leider hält man sich bei der Herstellung von Glassätzen wenig an stöchiometrische Verhältnisse. Die gewöhnlichen Gläser sind daher Gemische verschiedener Silicate, die man für den einzelnen Fall sich leicht construiren kann. Im Zusammenhange damit

steht die Löslichkeit der Gläser im Wasser. Der Lösung des Wasserglases geht nach Ansicht des Verf. eine Hydratation voraus:



Bei fehlerhafter Mischung entstehen in den Gläsern stets solche Silicate, die nur eine Basis enthalten und denen die leichte Zersetzbarkeit zukommt. Je homogener ein Glas ist, desto widerstandsfähiger dürfte es sein. Verf. bespricht dann das Verhalten der Sesquioxys, besonders des Aluminiumoxyds in Silicaten. Wie die Versuche gezeigt haben, stellt die Thonerde in Form des Diaspor eine Pyrosäure dar, welche in der Metakieselsäure ihr Analogon findet. Zur Constitution der Thonerdesilicate gelangt Verf. auf Grund des Verwitterungsprocesses von Orthoklas, für den er folgende Gleichung aufstellt:



Das Wasser nimmt also nicht nur einen theilweisen Abbau des Silicats, sondern auch eine Hydratisirung der gebundenen Thonerde vor; im Kaolin figurirt also die Thonerde in der Form des Bauxits. Eine Spaltung der kieselsauren Thonerde durch Wasser tritt merkwürdiger Weise nicht ein. Es ist jetzt das in der Hüttenpraxis bekannte Verhalten der Thonerde erklärbar, dass sie nämlich unter Umständen bei der Schlackenbildung scheinbar als neutraler Körper figurirt, die Kieselsäure nicht absättigt. Das ist nur dadurch zu erklären, dass die Thonerde mit der Kieselsäure Verbindungen liefert, die wiederum Säuren sind und dabei gegenseitig eine Einbusse von 2 Valenzen erleiden. Nachdem auch die Thonerde zu den Säuren gezählt werden muss, erscheint es zweckmässig, um den sauren oder basischen Charakter eines Glases oder glasartigen Productes auszudrücken, die in Moleculen ausgedrückte Basenmenge durch die Anzahl der sauren Kerne zu dividiren und den so erhaltenen Quotienten als „Sättigungsgrad“ zu bezeichnen und für den Vergleich zu benutzen. Verf. führt einige derartige Berechnungen für Hochofenschlacke als Beispiele aus.

B.

Verhandlungen des Vereins deutscher Portlandcement-Fabrikanten¹⁾.

¹⁾ Dem Verein gehören 70 deutsche Fabriken an mit einer Production von 16 150 000 Fass Cement.

In der am 22. und 23. Februar d. J. stattgefundenen Generalversammlung besprach F. Schott zunächst eine Abhandlung von Glinka, welche nichts Neues enthält. Nach Schott kann kein Zweifel bestehen, dass bei den Hauptverwendungszwecken des Portlandcements, bei Verwendung in der Luft, die Ausscheidung von Kalkhydrat von allerhöchster Wichtigkeit ist. Auf der Ausscheidung von Kalkhydrat²⁾ bei dem hydraulischen Erhärtungsprocess des Portlandcements beruht die starke Nachhärtung, die der Cementmörtel später beim Austrocknen in der Luft erleidet. Während die Kalkhydrosilicat- und Kalkaluminatverbindungen durch die Einwirkung der Kohlensäure zersetzt werden, entsteht durch die Aufnahme von Kohlensäure durch das Kalkhydrat ein sehr beständiger Körper, dem wir die Beständigkeit des Portlandcements in der Luft und den Grundunterschied, den gerade der Portlandcement bei Erhärtung in der Luft gegenüber dem Puzzolanmörtel zeigt, verdanken.

R. Dyckerhoff berichtet über die Einwirkung von Meereswasser auf hydraulische Bindemittel, besonders über auf Sylt ausgeführte Versuche. Abgesehen von einigen widersprechenden Ergebnissen ergibt sich, dass die Festigkeit aller Mörtel im Seewasser geringer ist als im Süßwasser, und dass die Festigkeitsunterschiede zwischen den verschiedenen Mörteln auch nach längerer Erhärtung im Seewasser bestehen bleiben. Ferner lässt sich aus den Nachweisungen von Kratz erkennen, dass bei den 4jährigen Proben (von 1894) das Verhalten der verschiedenen Bindemittel und Mörtel im Seewasser im Wesentlichen das Gleiche ist, wie bei einer Erhärtungsdauer von 2 Jahren, indem alle fetten Cementmörtel und Portlandcemente auch in magerer Mischung (1 : 4) gut erhalten sind. Die Trassproben sind weiter vom Seewasser zerstört, die Cementkalkmörtel zum Theil noch erhalten. Die zweijährigen Proben von 1896, welche dem mechanischen Angriff der See stärker ausgesetzt waren, zeigen ein ähnliches Bild, nur sind einzelne Portlandcementmörtel etwas angegriffen, wesentlich stärker dagegen die Mörtel vom Roman- und Puzzolancement, namentlich in magerer Mischung. Die Trassproben auch dieser Versuchsreihe waren, soweit nicht von der See fortgetrieben, verschlissen.

Die Normalsand-Commission stellt folgenden Antrag: Der Normalsand wird aus tertiärem Quarzsand eines bestimmten Flötzes der Freienwalder Grube Hammer-

thal durch Waschen und Sieben gewonnen. — Der Normalsand soll mindestens 99 Proc. Si O₂ und nicht mehr als 0,1 Proc. abschlämbare Theile enthalten. Seine Körner sollen durch kreisrunde Löcher von 1,35 mm Durchmesser fallen und auf kreisrunden Löchern von 0,775 mm Durchmesser liegen bleiben. Die Bleche der Controllsiebe sollen 0,25 mm dick sein. Bei der Controlle mit diesen Sieben dürfen nicht mehr als 2 Proc. zu grobe und 10 Proc. zu feine Körner zugelassen werden. Die Controlle geschieht durch die Königl. Versuchsanstalt zu Charlottenburg. Der Sand wird in Säcken abgegeben, die mit der Plombe der Versuchsanstalt geschlossen sind. — Beschluss wird nicht gefasst.

Die Commission zur Prüfung der Volumbeständigkeitsproben hat auf Grund der jetzt vorliegenden zweijährigen Erfahrungen in Übereinstimmung mit der Königl. Versuchsanstalt folgende Schlussfolgerungen gezogen:

Das Ergebniss der vorliegenden Versuche kann dahin zusammengefasst werden, dass keine der sog. beschleunigten Raumbeständigkeitsproben geeignet ist, ein in allen Fällen zuverlässiges und schnelles Urtheil über die Verwendbarkeit eines Cementes in der Praxis zu gestatten. Die Versuche haben ferner dargethan, dass alle 10 Cemente, welche die Kuchenprobe nach den Normen bestanden haben, auch bei Verwendung zu Probekörpern und zu Cementwaaren raumbeständig (im Sinne der Praxis) sind. Die Festigkeitszunahme der Probekörper beim Erhärten in Wasser und Luft spricht für die praktische Verwendbarkeit der Cemente.

Die Behauptung, dass die Normenproben zur Beurtheilung eines Cementes ungenügend seien, besonders dann, wenn der Cement bei der praktischen Verwendung an der Luft erhärten soll, hat durch die Versuche der Commission keine Bestätigung erfahren. Die Commission ist indessen bereit, noch weitere Versuche auszuführen und ersucht hiermit die Befürworter der beschleunigten Raumbeständigkeitsproben, solche Cemente in ausreichender Menge zur Verfügung zu stellen, welche die Normenproben bestehen, den beschleunigten Proben nicht genügen und in der Praxis treiben. Bis es gelingt, eine Raumbeständigkeitsprobe aufzufinden, welche die Prüfung zuverlässig und in kürzerer Zeit als die Normenprobe gestattet, muss die Kuchenprobe der Normen als entscheidend beibehalten werden. Bei der praktischen Verwendung von Portlandcement empfiehlt es sich jedoch in solchen Ausnahmefällen, in denen der Cement bei höherer Wärme

²⁾ Bereits von Schott nachgewiesen. Vergl. Dingl. 202, 434.

beansprucht werden soll, den Cement auch unter ähnlichen Verhältnissen bei höheren Wärmegraden zu prüfen, wie bei den oben behandelten beschleunigten Proben.

Den Einfluss von kohlenensäurehaltigem Wasser auf Portlandcement und Trassmörtel untersuchte Schiffner. Danach vermag kein kalkhaltiges Bindematerial auf die Dauer der zerstörenden Einwirkung des fliessenden, freie Kohlensäure enthaltenden Wassers zu widerstehen. Trassmörtel zeigt unter allen Umständen eine viel geringere Widerstandsfähigkeit als Portlandcementmörtel: 24,75 Proc. Abnahme bei 28 monatlicher Einwirkung auf Trasskalkmörtel (1 : 1 : 1) gegen 12,10 Proc. Abnahme bei 30 monatlicher Einwirkung auf Cement-Sandmehl-Sandmörtel (1:1:2). Selbst harter Marmor wird verhältnissmässig mehr angegriffen als Portlandcementmörtel, sogar in Mischung 1 Cement + 3 S.: Marmor 10,99 Proc. in 10 Monaten gegen 5,53 Proc. der Mischung 1 Cement + 1 S. in 15 Monaten und gegen 12,10 Proc. der Mischung 1 Cement + 1 Sandmehl + 2 N.-S. in 30 Monaten. Ein Zusatz von Trass zum Portlandcementmörtel erhöht die Widerstandsfähigkeit gegen die Zerstörung durch kohlenensäurehaltiges Wasser nach den bis jetzt in 30 Monaten gemachten Beobachtungen nicht. Ältere Mörtel leisten, soviel bis jetzt bei dem Trasskalkmörtel zu ersehen und wie auch vorauszusetzen, besseren Widerstand als jüngere. Als wirksames Schutzmittel gegen die Zerstörung scheint sich die Behandlung mit Fluaten zu bewähren. Wenn es den Anschein hatte, als ob Bleifluat dem Magnesium- oder Zinkfluat vorzuziehen sei, so dürfte dies darin seinen Grund haben, dass die mit Magnesium- und Zinkfluat nur eine Stunde, die mit Bleifluat dagegen 3mal 24 Stunden in der Lösung gelegen hatten. Die neu angefertigten und ganz gleich mit den 3 Lösungen behandelten, am 22. März 1898 eingehängten Probekörper zeigen dagegen jetzt nach zehnmonatlicher Einwirkung des Wassers fast gleiche Abnahme. Diese letztere ist im Verhältniss zur Abnahme der nicht mit Fluat behandelten Körper so gering, dass bei noch besserer und längerer Einwirkung der Fluat die Möglichkeit eines vollständigen Schutzes nicht ausgeschlossen erscheint.

Die Einwirkung des Meerwassers auf die hydraulischen Bindemittel besprach Schuliatschenko. Aus den seit 1840 in Frankreich gemachten Beobachtungen und Versuchen folgt, dass trotz der chemischen Beziehungen, welche zwischen den Seewassersalzen und den Bestandtheilen der

hydraulischen Bindemittel bestehen, welche Zerstörungen von Seebauten unter Umständen hervorrufen können, solche keineswegs unvermeidlich sind. Im Gegentheil existiren mehrere Seebauten, die mit römischen Puzzolanen, sowie auch mit neuen hydraulischen Bindemitteln von mannigfaltiger Zusammensetzung und Herkunft ausgeführt worden sind, welche sich mehrere Jahre, sogar bis auf unsere Zeit, vollständig erhalten haben. Die Eigenschaft, der Zerstörung des Seewassers zu widerstehen, ist nicht irgend einem einzelnen hydraulischen Bindemittel eigen, sondern zeigt sich bei den verschiedenartigsten hydraulischen Kalken, künstlichen Puzzolanen und Romancementen. Eines der wichtigsten Momente, welches die Dauerhaftigkeit der Seebauten bedingt, ist die Dichte des Betons, die das Eindringen des Seewassers erschwert und das Innere des Betons vor unmittelbarer chemischer Zerstörung schützt.

Redner stellt schliesslich folgende Thesen auf:

1. Von dem Tage an, wo die Frage betreffs der chemischen Wirkung des Meerwassers aufgeworfen wurde (1840), bis auf den heutigen Tag gibt es trotz einer Menge von Untersuchungen und selbst Beispielen von Zerstörungen von im Meere bei Anwendung hydraulischer Mörtel aufgeführten Bauten doch keine einzige genau untersuchte Thatsache, welche die Unmöglichkeit einer Anwendung hydraulischer Mörtel im Meere, in Folge der chemischen Wirkung des Seewassers, beweisen könnte.

2. Alle hydraulischen Mörtel, ohne Unterschied ihrer Benennungen, besitzen die Fähigkeit, der Wirkung des Meerwassers Trotz zu bieten, seien es nun Puzzolanmörtel, natürliche oder künstliche, hydraulische Kalke, Romancemente, Portlandemente; hier muss natürlich die Bedingung erfüllt sein, dass alle diese Bindemittel von guter Qualität sind und bei den Bauten den Anforderungen der Praxis des Bau- und Seewesens entsprechend angewandt werden.

3. Der Portlandcement hat einen unbestreitbaren Vorzug vor allen anderen hydraulischen Bindemitteln, und zwar aus dem Grunde, weil seine Production sich nicht auf irgend einen bestimmten Ort, wie z. B. die Production des römischen Puzzolans, des Teil'schen Kalkes, des Trasses u. s. w. beschränkt, sondern weil er in der ganzen Welt fabricirt wird, überall, wo es Kalkgruben und Thon gibt. Überall hat der Portlandcement eine gleiche Zusammensetzung (mit geringen Ausnahmen) und eine gleiche Qualität. Ungeachtet dessen nun, dass man die Mörtel aus Portlandcement später als alle übrigen dieser Art acceptirte, behalten doch die Versuche des einen Landes ihre Bedeutung auch für einen jeden anderen Ort; in Folge dessen sind auch die Versuchsergebnisse in Betreff des Portlandcements am zahlreichsten, und speciell in Betreff dieses Cements können wir mit unumstösslicher Gewissheit feststellen, dass

man bei Befolgung der nöthigen Bauregeln, die aus ausgiebigen Experimenten geschöpft sind, und bei der Sicherung der nöthigen Qualität durch normale Untersuchungen, mit völliger Gewissheit und gefahrlos Seebauten unter Anwendung von Portlandcement aufführen kann.

4. Ferner kann Verf. feststellen, dass die von Michaelis vorgeschlagene Verbesserung des Portlandcements durch Hinzufügung von Trass von Nutzen sein kann. Es ist jedoch dieses nicht unbedingt nothwendig, wie zahlreiche, mit gewöhnlichem Portlandcement aufgeführte Seebauten beweisen.

Die Wasserbindung der hydraulischen Bindemittel besprach Michaelis. Wenn man feinstgemahlenen Portlandcement mit $1\frac{1}{2}$ Th. Wasser anmacht, so vermag er dieses Wasser völlig zu binden. Dieser wasserreiche Mörtel erhärtete 4 Wochen in verschlossenem Glase, alsdann wurde das Glas zerschlagen und abgelöst, der Mörtel abgetrocknet, gewogen und dann im Exsiccator über Schwefelsäure getrocknet; nach 5 Tagen hatte er fast 100 Th. Wasser abgegeben und bestand aus 100 G.-Th. Cement und 51 G.-Vh. Wasser; nach 24 Tagen kamen auf 100 Cement 27,53 Wasser; bei 95° getrocknet verlor der Mörtel dann 1,95 Proc. Wasser; bei 180° getrocknet weitere 5,37 Proc.; bei 320° weiter 4,08 Proc. und endlich bei lebhafter Rothgluth 10,02 Proc.; im Ganzen also noch 21,42 Proc. Wasser, also 78,58 Cement + 21,42 Wasser = 100 Cement und 27,26 Wasser.

Redner hat ferner statt der 2 fachen eine 40 fache Wassermenge auf die hydraulischen Bindemittel einwirken lassen. In diesem Cylinder wurden 15 g durch das 5000-Maschensieb geschlagenen Portlandcement mit 600 cc destillirten Wassers solange geschüttelt, bis die flockig gewordene voluminöse Masse beim Absitzen nicht mehr zusammenbackte, d. h. sich hinreichend hydratisirt hatte, um durch weitere Wasseraufnahme sich nicht mehr miteinander fest vereinigen zu können, was bei hinreichend feinem Pulver sehr bald erreicht ist; alsdann hat er den Inhalt des Cylinders der Ruhe überlassen und die Masse sich absetzen lassen. Die hydratisirte Cementmasse nimmt in diesem Falle 100 cc ein und stellt eine steife Gallerte dar. In einem Cylinder wurden 15 g desselben Cements mit Kalkwasser behandelt, wobei dieselbe Aufquellung auf 100 cc eingetreten ist. Der Raum dieser 15 g Cement ist höchstens 4,8 cc, also ist eine Quellung auf das 21 fache Volumen erfolgt. 15 g Stern-Cement mit destillirtem Wasser, Quellung 160 cc, also 33 faches Volumen; 15 g mit Kalkwasser, Quellung 95 cc, also nahe 20 fache Volumenvermehrung. Die Wände der Cylinder sind ganz mit grossen Kalkhydratkrystallen bekleidet und ebenso ist das Magma ganz erfüllt davon. Weiter wurden 15 g desselben Stern-Cements (durch 5000 Maschen) und 15 g Plaidter Trass (durch 1600 Maschen) innig gemischt mit 600 cc destillirten Wassers ebenso behandelt;

das Magma nimmt 400 cc ein; der Cement für sich hatte 160 cc Quellung, also sind die 15 g Trass mit 6,4 cc Raumerfüllung auf 240 cc durch das aus dem Cement entstehende Kalkwasser aufgequellt worden, was einer 38 fachen Quellung entspricht.

Das Wasser über den Cementen war gesättigtes Kalkwasser mit 1262 mg Kalkerde; das Wasser über der Cement-Trass-Mischung enthält nur 54 mg Kalk, was beweist, dass der aus dem Cement frei werdende Kalk vom Trass gebunden wird. Hieraus ergibt sich, dass der Trass in höherem Maasse unter der Einwirkung von Kalkwasser aufquillt als der Portlandcement. Bei 2 g römischem Cement, der 0,75 cc Raum erfüllt, mit 60 cc destillirten Wassers in eben derselben Weise behandelt, erfolgt die Quellung auf 55 cc, mithin eine 73 fache.

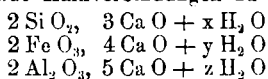
Die Quellung d. h. der mehr oder weniger intensive Colloidalzustand der erhärteten Bindemittel bietet Schutz gegen die Einwirkung der Meerwassersalze, insbesondere der Gefahr bringenden Sulfate. Je mehr das Bindemittel quillt, desto mehr werden alle Poren des Mörtels geschlossen und in desto vollkommenerer Weise tritt die Eigenschaft der Colloide auf, nur das Wasser durchtreten zu lassen, die complexeren Molecüle der Salze aber zurückzuhalten; denn man hat gefunden, dass gewisse Colloide die Eigenschaft besitzen, nur die Wassermolecüle diffundiren zu lassen, die Salz-molecüle aber zurückzuhalten. Diese Eigenschaft der Halbdurchlässigkeit muss nun auch eine sehr wichtige Rolle spielen als Schutz gegen die Einwirkung des Meerwassers; je vollkommener alle Poren des Mörtels durch colloidalen Verbindungen erfüllt sind, desto vollkommener wird auch der Schutz der inneren Mörtelsubstanz sein, und andererseits muss der als krystallisirtes Kalkmonohydrat in der Mörtelsubstanz ausgeschiedene Kalk überall da, wo er durch Wasser gelöst wird, Hohlräume hinterlassen, also nach seiner Auslaugung den Mörtel porös machen. Nach dieser Richtung üben also alle Zuschläge zum Cement, welche den beim Erhärtungsprocess frei werdenden Kalk binden und an der Ausscheidung in Krystallform verhindern, dafür aber colloidal aufquellen, einen günstigen Einfluss.

Römischer Cement müsste dem Meerwasser am besten widerstehen, da ihm die höchste Quellungsfähigkeit von M. zugeschrieben wird. Thatsächlich haben jetzt 4 Jahre alte Proben im Meerwasser (die auf Festigkeit geprüften Probekörper wurden dann in 2- und 3fach verstärkte Magnesiumsulfatlösungen verbracht) dargethan, dass kein Mörtel sich vorzüglicher und zwar ganz absolut intact auch in 3 proc. Magnesiumsulfatlösung erhalten hat, als der Mörtel aus 1 G.-Th. römischem Cement und 5 G.-Th.

Normalsand. Wenn Michaelis trotzdem die römischen Cemente nicht als die für Seebauten bestgeeigneten Bindemittel empfohlen hat, so geschah dies nur, weil dieselben in ihrer Güte ausserordentlich schwanken, einmal sehr gut und dann wieder sehr minderwerthig sein können; da dieselben nicht mit derselben Sorgfalt ausgewählt und zubereitet werden, insbesondere künstlich so gut wie gar nicht mehr hergestellt werden. Deshalb ist er eben zu dem Ergebniss gelangt, dass durch die Combination von Portlandcement mit wirksamen Puzzolanen oder bestgeeigneten, möglichst entschweiften granulirten Schlacken eben das erreicht werden könnte, was bester römischer Cement für diese Zwecke darbietet: Abwesenheit freien krystallisirten Kalkhydrates im Mörtel und möglichst weitgehende Quellung, damit wirksamster Porenschluss, also dichter Mörtel bei viel höheren Sandzusätzen, als bei Anwendung von Portlandcement allein möglich ist.

Bei Versuchen über die Kalkbindung der Puzzolanen machte er die Beobachtung, dass, obwohl aus dem gesättigten Kalkwasser nur unbedeutende Mengen von Kalk abgeschieden worden waren, das Puzzolanepulver sich auffallend veränderte, indem es, gelatinös aufquellend, ein sehr beträchtliches Volumen erreichte. Er unterwarf alsdann die hydraulische Kieselsäure derselben Behandlung und stellte auch für diese eine sehr beträchtliche Volumvermehrung durch Wasseraufnahme fest.

Er zeigte 4 g Kieselsäure, das Educt bei der quantitativen Analyse, welche 1,82 cc Raum erfüllen und welche, mit 1 l Kalkwasser geschüttelt, auf 120 cc aufgequellt worden sind, was 66 fache Quellung bedeutet; 4 g Santorinerde = 1,75 cc auf 80 cc, also 46fach gequellt; 9 g Andernacher Trass = 3,85 cc auf 110 cc, also 30fach aufgequellt. Quarzmehl wird in der Kälte nur äusserst träge in Hydrat übergeführt; bei erhöhter Temperatur geht es dagegen schnell in Hydrat über; 4 g Bergkrystallmehl = 1,5 cc auf 50 cc, also 33fach aufgequellt. Sämmtliche Modificationen der Kieselsäure können also unter der Einwirkung von Kalklösung Wasser binden und dies bedingt in erster Linie die hydraulische Erhärtung. Lässt man auf Kieselsäure-, Eisenoxyd- und Thonerde-Hydrat eine dauernd gesättigt erhaltene Kalklösung einwirken, so vermögen sich als höchste Sättigungsstufen folgende Kalkverbindungen zu bilden:



Kieselsäure, welche in dieser Weise behandelt ist, ergab 12 Si O₂ auf 13 Ca O, es ist also als Kalkmetasilicat anzusprechen und stellt in dieser Form ein sehr hohes Polyhydrat dar; dasselbe löst sich in Salzsäure vollkommen klar auf.

Gemahlener Bergkrystall mit Kalkbrei angemacht war bei 100° innerhalb 24 Stunden zu einem steinharten Körper erhärtet; damit ist der

Beweis erbracht, dass sämmtliche Modificationen der Kieselsäure hydraulisch erhärten, nur ist bei dem cohärenten Quarz dazu eine höhere Temperatur erforderlich; 95° bis 100° genügen aber dazu vollkommen.

Eisenoxydhydrat, als Pulver mit Kalkbrei angemacht, ist bei gewöhnlicher Temperatur ebenso vorzüglich erhärtet, wie es die hydraulische Kieselsäure und die Thonerde zu thun vermögen. Der Unterschied bei diesen 3 Stoffen, Hydraulefactoren, ist dieser: Eisenoxydhydrat verliert die Fähigkeit, mit Kalkbrei zu erhärten, also Wasser zu binden, wenn es über 400° erhitzt worden ist, Thonerde, wenn sie lebhaft rothgeglüht worden ist, also schon bei 900°, Kieselsäure überhaupt nicht durch hohe Temperaturen. Kalkhydroferrat ist durch Wasser sehr leicht, Kalkhydroaluminat verhältnissmässig leicht und Kalkhydrosilicat verhältnissmässig schwer zersetzbar. Die kalkreichen, auf feurigem Wege entstandenen Kalkverbindungen dieser drei Hydraulefactoren werden durch Wasser bei gewöhnlicher Temperatur unter Kalkausscheidung zerlegt.

Die hydraulische Erhärtung ist also ein combinirter chemisch-physikalischer Vorgang; für den Hauptbestandtheil derselben, das Kalkhydrosilicat, ist es bislang nicht gelungen, einen Krystallisationsprocess nachzuweisen. Seit vielen Jahren werden die verschiedensten Wege versucht, um auf kaltem Wege ein krystallisirtes Kalkhydrosilicat zu erzeugen; aber stets vergebens. Es konnten immer nur höchstens warzenförmige Concretionen eben dieses Kalkmetasilicates ohne jede Spur von Krystallisation und Lichtbrechung erhalten werden, welches von Daubrée, als Plombiërit benannt, in den alten römischen Wasserleitungen zu Plombières aufgefunden worden ist.

Es ist krystallisirtes Kalkhydrosilicat CaO, SiO₂, H₂O, künstlich dargestellt worden, aber unter ganz anderen Umständen, nämlich in schmelzendem Ätzkalihydrat, von R. Bunsen, und damit der Beweis erbracht worden, dass selbst im feurigen Fluss Hydratbildung möglich ist, was um so merkwürdiger erschien, als dieses Kalkhydrosilicat schon bei 109° ⁴/₅ seines Wassers verlor und den Rest noch unter Rothgluth. Diese Thatsache scheint im Einklang zu stehen mit der Hydratisirung der Kieselsäure bei höherer Temperatur im mit Wasserdampf gesättigten Raume; im schmelzenden Kalihydrat löst sich die Kieselsäure zu Hydrat auf und hat bei dieser Temperatur eine sehr bedeutende Affinität zum Kalk, welchen wir im schmelzenden Alkalihydrat ebenfalls als Hydrat annehmen müssen, obwohl er ja bei dieser Temperatur für sich als Hydrat nicht bestehen kann. Bei der hydraulischen Erhärtung wird man es in der Hauptsache mit einem Quellungsprocess zu thun haben.