

Karl Emil von Schafhäutl,

XXXVI. Das Portland- und Roman-Cement. Ein Beitrag zur Geschichte der Cemente oder hydraulischen Mörtel in England, nebst einem Anhang über die Theorie der Erstarrung der Mörtel und über den glänzenden Stucco der Alten; vom Conservator Dr. Schafhäutl.

Vor dem Jahre 1756 bediente man sich in England als hydraulischen Mörtels des daselbst sogenannten holländischen Trasses (*dutch Tarras*). Holländisch nannte man ihn, weil er von Holland aus bezogen wurde, und erst durch die Nachforschungen des berühmten englischen Ingenieurs Smeaton ward es klar, daß der Traß nicht in Holland selbst gebrochen wurde, sondern als „poröser Stein“ vom Rheine bei Andernach komme, und in Holland bloß gepulvert werde. Es ist dieß, wie bekannt, der vulcanische Tuff des Brohlthales.

Man pflegte gewöhnlich zwei Maaßtheile Kalkhydrat (Aetzkalk, so lange mit Wasser befeuchtet, daß er zu Pulver zerfällt) mit einem Maaßtheile Traß genau zu vermengen, und dann unter beständigem Durcharbeiten nicht mehr Wasser hinzuzufügen, als nöthig war, um der Mischung eine breiartige Consistenz zu geben.

Im Jahre 1739 verwendete jedoch der Ingenieur Labelye zuerst Puzzolane von Civita-Vecchia zum Bau der untern Theile der Westminster-Brücke. Von dieser Puzzolane fand Smeaton, der über sie erst Nachrichten durch Belidor's *Architectura hydraulica* erhalten hatte, noch einen Vorrath im Besitz des Handlungshauses, das ihn geliefert hatte; denn es war keine weitere Nachfrage darnach, so daß die Puzzolane um einen äußerst niedern Preis zu haben war.

Die Seltenheit und Kostspieligkeit der Puzzolane war natürlich die Veranlassung, daß man ihre Stelle durch ein wohlfeileres Material zu ersetzen suchte. Es wurden häufige Versuche in dieser Beziehung angestellt, die aber alle zu keinem Ziele führten.

Die ersten praktischen und zugleich wissenschaftlichen Untersuchungen über Cemente verdanken wir dem obengenannten englischen Ingenieur John Smeaton, veranlaßt durch den projectirten Bau des [|187|](#) berühmten Edystone Leuchtturmes auf einem Felsen im Eingange des Sundes von Plymouth. Zwei Leuchttürme waren bereits von der stürmenden See verschlungen worden; Smeaton's Aufgabe war deßhalb eine ganz außerordentliche, bei welcher er neue eigenthümliche Wege zur Errichtung seines Baues aufzufinden hatte; es war deßhalb natürlich, daß er mit aller Ueberlegung und der detaillirtesten Umsicht, die den praktischen gesunden Sinn der Engländer so sehr charakterisirt, Vorbereitungen zu seinem neuen Werke machte, und sich deßhalb vor allem mit der Natur des beim Baue zu verwendenden Mörtels genau bekannt zu machen suchte.

Von der Theorie des Mörtels überhaupt war zu Smeaton's Zeiten noch gar nichts Brauchbares bekannt, ja selbst die Praxis hatte nur so schwankende und sich zum Theil widersprechende Ueberlieferungen, daß Smeaton genöthigt war, bei seinen Untersuchungen von vorn herein zu beginnen und einen eigenen Weg einzuschlagen.²⁹⁾

Smeaton beschäftigte sich zuerst mit der Untersuchung des gewöhnlichen Kalkes, der zu Mörtel verwendet wird.

Die Maurer hielten den Kalk aus Kreide gebrannt für den allerschwächsten. Smeaton zeigte durch Versuche, daß der Kreide-Kalk so gut war, als der beste aus dichten Kalksteinen gebrannt.

Er fand aber zugleich, daß der beste und reinste Kalk unter Wasser nicht erhärte, sondern zerfalle und also für Wasserbauten nicht zu brauchen sey. Bei seinen mit englischer Geduld und Consequenz fortgesetzten Erkundigungen hörte er von Maurern, daß in der Gegend von Aberthaw (am rechten

Ufer der Severn und dem südlichsten Punkte von Glamorganshire am Bristol-Canal) ein blaulich-grauer (matt himmelblauer nach Smeaton) Kalkstein gebrochen werde, der gebrannt stärker (*stronger*) sey als gewöhnlicher Kalk, und den Einwirkungen des Wassers besser widerstände als jeder andere. Smeaton machte sogleich eine Reise nach dem Orte, nahm die Brüche in Augenschein und machte Experimente mit diesem Kalke, der der Liasformation angehört, die auf Kohlenkalk liegt.

Smeaton fand wirklich die Aussage der Maurer bestätigt, und begann nun die chemische Natur dieses merkwürdigen Kalksteines zu |188| untersuchen. Er löste ihn zu diesem Ende sehr zweckmäßig in verdünnter Salpetersäure auf, und fand, daß eine ziemliche Quantität von unlöslicher grauer Masse zurückblieb, die, von der Flüssigkeit abgesondert, sich wie Thon kneten ließ, und die er deßhalb auch für Thon erklärte. Smeaton untersuchte nun ähnliche Kalke auf der entgegengesetzten Seite des Bristol-Canals, z.B. in Watchet in Sommersetshire, und fand, daß alle diese Kalke, welche thonigen Rückstand nach der Auflösung in Säuren hinterließen, gebrannt unter Wasser erhärten, während alle Kalksteine, welche nach der Auflösung in Salpetersäure keinen Rückstand hinterließen, zum Wassermörtel nichts taugen.

Smeaton sagt deßhalb §. 179 des oben citirten Werkes: „das Experiment überzeugte mich, daß der reinste Kalkstein nicht der beste für den Mörtel sey, namentlich bei Wasserbauten.“

Das war die erste wissenschaftlich errungene Thatsache von unendlichem Werthe den Irrthümern von 2000 Jahren gegenüber, während welcher man den härtesten weißesten Kalkstein für den besten hielt, und sie ist die Grundlage aller nachfolgenden Experimente und Entdeckungen von John in Berlin, Vicat in Frankreich und anderen Ingenieuren etc. in England geworden.

Erst im Jahre 1828 begann eine neue Aera in diesem Gebiete durch den Oberbergrath Fuchs in München, der die erste wissenschaftliche Theorie der Wirkung hydraulischer Kalke gab und somit die Wege zeigte, hydraulische Kalke von einer bestimmten verlässigen Wirkung jedesmal auf dem kürzesten und sichersten Wege zu erhalten.

Während die beste Autorität in dieser Beziehung in England, Generalmajor Pasley, noch im Jahre 1847 glaubte, die Erhärtung der hydraulischen Cemente geschehe durch Anziehung von Kohlensäure wie beim gewöhnlichen Mörtel, hatte Fuchs schon im Jahre 1828 bewiesen, daß während des Erhärtens des hydraulischen Kalkes unter Wasser eine Umtauschung der chemischen Bestandtheile des hydraulischen Kalkes und eine chemische Verbindung des Kalkes mit Kieselsäure und Wasser zu einem Kalkhydrosilicate vor sich gehe, welche die Erhärtung des hydraulischen Kalkes in Berührung mit Wasser bedingt, und daß Kalkhydrat mit amorpher Kieselsäure oder auch wässeriger amorpher Kieselsäure ein ausgezeichnet gutes Cement gebe.

Er hat gezeigt, daß in thonhaltigen Kalksteinen, welche zu hydraulischen Kalken geeignet seyn sollen, der Thon eine besondere Zusammensetzung besitzen und diese Combination durch Brennen in der Art aufgeschlossen werden müsse, daß der kohlen-saure Kalk ätzend werde und die |189| Kieselsäure durch den Aetzkalk die Freiheit erlange, sich in Berührung mit Wasser mit diesem Aetzkalke zu einer bestimmten chemischen Verbindung zu vereinigen.

Er hat unser Wissen mit der überraschenden Thatsache bereichert, daß diese Verbindung von Kieselsäure und Kalk unter Wasser mit solcher Kraft geschehe, daß sogar viel mächtigere Basen als Kalk, wenn sie in Wasser löslich sind, z.B. die Alkalien, der Kalkerde ihren Platz überlassen müssen. Dabei hat er zuerst den Alkaligehalt der meisten Thone und namentlich der Thone in den Mergeln nachgewiesen.

Ferner, daß die Aufschließung der Thonerde und die nachfolgende Kalksilicat-Bildung noch leichter vor sich gehe, wenn mit der Thonerde verwandte in Wasser unlösliche Basen, wie Eisenoxyd,

vorhanden sind. Da jedoch diese unlöslichen Basen nicht mit der Thonerde chemisch gebunden sind, wie z.B. das Eisenoxyd, und auch bei der neuen Verbindung nicht ausgeschieden werden können, so müssen sie zuerst mit dem Thone in chemische Verbindung gebracht werden, wenn sie auch in der neuen Verbindung als chemischer Bestandtheil auftreten sollen. Treten sie in dem neuen Hydrosilicate nicht als chemische Bestandtheile auf, so stören sie durch ihre mechanische Zwischenlagerung den Zusammenhang des erhärtenden Cementes.

Deßhalb bilden eisenhaltige Thone, z.B. Ziegelthone, erst wenn sie so stark d.h. bis zum Schmelzen erhitzt werden, wo das mechanisch beigemengte Eisenoxyd sich mit dem Thonerdesilicate zum Thonerdeeisen-oxydulsilicate verbunden hat, eine Art von künstlicher Puzzolane, welche mit Aetzkalk verbunden in Berührung mit Wasser zu einer festen Masse erhärtet.

Man sieht aus diesen Erfahrungen von Fuchs, daß es nicht des Kalkes zum Aufschließen des Thones bedarf, sondern daß das Eisenoxyd dieselbe Wirkung verrichtet, indem es sich mit dem Thonerdesilicate zu einer neuen Verbindung einigt, und einen Theil der Kieselerde des Thones in Anspruch nimmt, wodurch sich die Löslichkeit oder Zersetzbarkeit des Silicates ändert.

Fuchs hat ferner dargethan, daß wir natürliche hydraulische Cemente in allen unsern ungeheuren Mergelmassen des Vaterlandes besitzen, welche gegen 25 Proc. Thonerde enthalten.³⁰⁾ Smeaton |190| machte seine chemischen Analysen quantitativ, und fand, daß der Aberthaw-Kalk 13, der Watchet-Kalk 12 Proc. Thon enthalte.

Nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse, die wir durch Fuchs erlangten, können wir sogleich voraussagen, daß dieser Gehalt an Thonerde zu geringe sey, um guten hydraulischen Kalk zu bilden, und so fand dieß auch Smeaton durch Erfahrung, nämlich daß Cemente aus diesen Steinen bereitet, unter Wasser nicht so hart werden als Puzzolan-Cement; indessen sind dennoch mit dem Cement aus diesem Kalke in den neuesten Zeiten z.B. die Pfeiler der berühmten Menai-Kettenbrücke gebaut worden. Da von der oben erwähnten Puzzolanerde noch so viel vorhanden war, daß er damit Versuche anstellen konnte, so fand er bald, daß wenn er Puzzolanerde in gleichem Maaßtheile seinem Liaskalke beimengte, er ein Cement erhielt, das dem besten aus mehr Puzzolanerde bereiteten nichts nachgab. Smeaton unterscheidet ganz gut zwei Sorten von Puzzolane; die eine, von Civita Vecchia, von brauner Farbe und dem Ansehen eines durch Brennen porös gewordenen Eisenerzes, fand er als die beste, von der doppelten Wirkung der grauen Puzzolane, die von Neapel kam.

Smeaton hatte nun ein vollkommen gutes Cement; aber die Puzzolane kam ihm zu theuer, und er suchte deßhalb nach einem Surrogate für Puzzolane in seiner Nähe. Der umsichtige Ingenieur fand z.B. auf dem Grunde eines Flusses den Sand und die Steine zu einer festen Masse zusammengekittet, und zwar durch Stückchen von Schmiedeeisen, das sich in Oxydhydrat oder in Rost verwandelt hatte. Er richtete deßhalb zuerst sein Augenmerk auf Eisenoxyd, das wohlfeil zu erhalten sey. Dieß fand er in dem Staub, der beim Rösten der Erze abfiel. Zu gleichen Theilen mit seinem Liacemente gemengt, erhielt er ein besseres Cement, aber doch nicht so gut als das mit Puzzolane. Er versuchte hierauf Hammerschlag, und dieser that ihm natürlich noch bessere Dienste als das geröstete Eisenerz, was sich aus der Theorie unseres Fuchs sehr leicht erklären läßt.

Smeaton versuchte noch einen andern Kalkstein von Barrow, der nahezu 22 Proc. Thon enthielt, und deßhalb schon an und für sich ein besseres Cement gegeben haben würde.

Er mischte mit 4 Maaßtheilen dieses Kalkes 2 Maaßtheile gepulverte Abfälle von Eisenerzen, 2 Theile groben Sand, und fand, daß diese Mischung seinem Vorhaben sehr gut entsprach. Zum Theil mit |191| dieser Mischung und mit Aberthaw-Kalk und Puzzolane ist der Leuchtturm von Edystone

gebaut. Smeaton theilte noch umständlich seine Erfahrungen über die beste Bereitung hydraulischer Kalke³¹⁾ mit, die alle Beachtung verdienen.

Weiter wurde in Bezug auf hydraulische Kalke nichts gethan, bis James Parker von Northfleet in der Grafschaft Kent wieder Versuche anstellte, und (da man immer seit Smeaton einen Gehalt an Eisen in den für Cement brauchbaren Kalksteinen für unerlässlich hielt, indem man die wohlthätige Wirkung der dem Thone beigemengten Eisenoxyde so oft erfahre hatte) gewisse Concretionen im Londonthone als Kalk brannte, welche durch ihre hellbraune Farbe einen hinreichenden Eisengehalt zu verrathen schienen.

Er fand sich in seiner Erwartung nicht betrogen, und ließ sich seine Erfindung im Jahre 1796 unterm 28. Juni patentiren, worauf er sich mit Wyatt verband, der unter der Firma Wyatt, Parker und Comp. bis zu diesem Tage ausgezeichnete Geschäfte machte.

Das Cement, von Farbe hellbraun, etwas ins Gelbliche sich ziehend, fand sehr bald ungemeinen Absatz, verdrängte die Puzzolane beinahe vollständig und findet noch unter dem Namen Parker's Roman-Cement so häufigen Absatz, daß unter den vielen Cementbereitern in London der Nachfolger von Parker, J. M. Blashfield, alljährlich 10 bis 15000 Tonnen in seiner Fabrik Millwall Poplar auf der Isle of Dogs in der Themse in der Nähe des Londoner Hafens verfertigte.

Das rasche Erhärten des hydraulischen Mörtels und seine große Festigkeit nach diesem raschen Erhärten, welche zuletzt die des gewöhnlichen Mörtels wenigstens fünfmal übertrifft – seine Undurchdringlichkeit gegen alles Wasser, machen diesen hydraulischen Mörtel zu einem unschätzbaren Baumaterial, das den gewöhnlichen Mörtel rasch verdrängen würde, wenn nicht die Kostbarkeit des hydraulischen Mörtels Ursache wäre, daß man ihn nur da anwenden kann, wo gewöhnlicher Mörtel nicht ausreicht.

Als in London im Jahre 1834 die Parlamentshäuser niederbrannten, war es Aufgabe, so rasch als möglich ein temporäres Gebäude für die [192](#) Sitzungen der Lords und der Gemeinen herzustellen, das sogleich bewohnbar sey. Man gebrauchte statt des gewöhnlichen Mörtels hydraulischen Kalk (Roman-Cement von Blashfield) und in drei Monaten während der ungünstigsten Jahreszeit standen die temporären Gebäude für die Parlaments-Sitzung vollkommen trocken, als wären Jahre seit ihrer Erbauung verflossen, und sogleich zum Beziehen bereit.

Ein noch schlagenderes Beispiel gibt der Themse-Tunnel. Dieser wäre ohne hydraulischen Kalk gar nicht ausführbar gewesen; denn nach der durch die Umstände vorgeschriebenen Bauweise ist das Ziegel-Mauerwerk nicht in Bunden gelegt, sondern es wurden Rippen von nur 9 und oft nur 4 1/2 Zoll Länge ausgeführt, die alle bloß durch Roman-Cement aus der oben erwähnten Blashfield'schen Fabrik mit einander verbunden und durch den bekannten Schild selbst zusammengedrückt wurden, bis das Cement angezogen hatte. Hätte man bloß Kalkmörtel gebraucht, so wäre man natürlich genöthigt gewesen, Monate lang zu warten, bis die Ziegelsteine durch den Mörtel zusammengehalten worden wären, und die Arbeit wäre natürlich auf Jahrzehnte ausgedehnt unausführbar geworden. Ueberhaupt würde der Druck des sehr rolligen Erdreichs die einzelnen Mauertheile bald zerstört, an andern Stellen das Wasser den Mörtel wieder ausgewaschen haben.

Das rasche Erstarren und die Festigkeit hydraulischer Cemente veranlaßte bekanntlich den berühmten Ingenieur Sir Mark Isambard Brunel ganze und halbe sehr flach gedrückte Bogen ohne alle Centerung oder irgend ein Lehrgerüste auszuführen.

Eine Idee von diesem merkwürdigen Experimente gibt Fig. 17, in welcher das Ziegelbauwerk von der Fronte und Rückenseite dargestellt ist. Der Pfeiler *a*, welcher die beiden Halbbogen trägt, ist 4 Fuß breit, 8 Fuß hoch, und in der Länge, die man natürlich hier nicht sehen kann, 10 Fuß. Der Grund ist

nur 8 Zoll tief gelegt, und besteht aus Yorkshirer Pflastersteinen von 3 Zoll Dicke. Von diesem Pfeiler *a* nun erstrecken sich die beiden flachgedrückten Halbbogen in entgegengesetzter Richtung, der rechte 60 Fuß, der linke 37 Fuß, und dieser letztere ist noch mit einem Gewichte *b* von 62,700 Pfd. beladen. Diese Halbbogen allein ohne ihre Füllung sind $3\frac{1}{2}$ Fuß breit und 13 Zoll dick, und ebenso das obere horizontale Carnieß. Die eine nördliche Seite ist, wie wir in Fig. 17 sehen, zwischen dem Bogen und Carnieß eben ausgefüllt; auf der südlichen Seite Fig. 18 | [193](#) | sehen wir die Zwischenräume mit sieben kleinen offenen Bogen ausgefüllt, so daß das Mauerwerk hier nur 18 Zoll dick war.

Es ist natürlich, daß auch das stärkste Cement eine solche Länge von 60 Fuß kaum allein zu tragen im Stande gewesen wäre. Brunel bediente sich deßhalb zur bessern Zusammenhaltung der Fugen zuerst in einer Höhe von $4\frac{1}{2}$ Fuß einfacher Latten, welche er in den zehn Lagen über die Fugen legte, hierauf nahm er statt des Holzes gewöhnliches Reifeisen, wozu er eilf Lagen nöthig hatte.

Bei der ersten Lage brauchte er bloß 2 Bandeisen, in der zweiten Ziegelreihe 3, in der dritten 4, in der vierten 5, in der fünften, sechsten, siebenten, achten und neunten überall 6, in der zehnten 4, und in der eilften 6 Stücke. Ueber dieser befand sich nur mehr eine Ziegelsteinlage. Der hydraulische Kalk haftet eben so gut an dem Eisen als an den Ziegeln und verbindet Alles zu einer festen Masse.

Beide Bogen wurden ohne Bogengerüste gebaut. Die Maurer standen bloß auf einem kleinen beweglichen Gerüste, welches wie das Gewicht *b* am Ende des vollendeten Bogentheiles selbst hing, und sobald ein Theil des Bogens angesetzt war, auf diesem wieder nachgerückt wurde.

Auch 13 Fuß lange und $18\frac{3}{4}$ Zoll breite Balken aus Ziegeln wurden von Pasley auf dieselbe Weise gebaut und auf 10 Fuß im Lichten von einander gelegene Ziegelpfeiler gekittet, wie Fig. 19 zeigt.

Fig. 20 gibt den Querschnitt des Ziegelbalkens an. Man sieht, daß er die Breite von zwei Ziegeln hatte und aus vier Reihen von Ziegeln bestand. Ebenso sieht man da die fünf Stücke (gewalzten) Reif- oder Bandeisens. Zwei wurden in der untern Fuge angebracht, eines in der mittlern und zwei in der obern, so daß der Querschnitt einen Quincunx bildet.

Nachdem 2537 Pfd. auf die Waagschale gelegt worden waren, ergab sich eine Einbiegung von $\frac{1}{10}$ Zoll, und diese wurde doppelt so groß mit 3718 Pfd., wobei sich zugleich ein Sprung durch die zwei untern Ziegellagen zeigte. Mit 3945 Pfd. zog sich der Sprung durch die dritte Ziegellage und eine Biegung von $\frac{5}{10}$ eines Zolls; bei 4308 Pfd. erreichte sie 1 Zoll und bei 4523 Pfd. ging der Sprung durch den ganzen Balken, der jedoch noch durch die Reifeisen zusammengehalten wurde. Erst als man 4314 Pfd. aufgelegt hatte, rissen die zwei | [194](#) | untern Eisenreifen und der Balken fiel bis er auf die Waagschale *a* zu liegen kam, welche zu beiden Seiten die Gewichte zum Brechen trug.

Wenn übrigens so lange Ziegelbalken ohne die Verbindung durch Reifeisen wohl nicht zu empfehlen sind, so zeichnet sich jedoch auch das flachste und dünnste Gewölbe mit Cement erbaut, eben durch seine Tragkraft vor allen ähnlichen Constructionen dieser Art aus.

Ein sehr flacher Bogen bloß aus zwei Reihen von gezähnten oder gebunden gelegten Ziegelsteinen in einer Casematte gebildet, die mit ihren Lagern durch reines Cement aneinander gekittet waren, hatte eine Sehne oder Spannweite von 15 Fuß 4 Zoll, und der Pfeil oder sein Ansteigen betrug bloß 9 Zoll. Der nicht ganz $4\frac{1}{2}$ Zoll dicke Bogen wurde nach vier Monaten und dann successive mit losen Ziegelsteinen, in derselben Weise wie die gekitteten Steine geordnet, beschwert, und erst nachdem zehn Reihen von Steinen mit einem Gewichte von 6400 Pfd. aufgelegt waren, bemerkte man eine Deflexion von $\frac{2}{16}$ " und nun nachdem die vierzehnte Ziegellage mit einem Gewichte von 8960 Pfd. aufgelegt war, brach der Bogen zusammen, ebenso als wie etwa ein ähnlicher aus Gußeisen gebrochen seyn würde, während ein ganz gleicher Bogen mit dem besten gewöhnlichen Mörtel

aufgeführt, nicht einmal sein eigenes Gewicht zu tragen vermochte und zusammenbrach als man nach vier Monaten das Gerüst hinwegnahm.

Beim Cementbogen wurde das Bogengerüst hinweggenommen, sobald der Bogen vollendet war.

Aber nicht allein regelmäßige, sondern sogar hängende oder verkehrte Bogen und Gewölbe hat Pasley aus Ziegelsteinen mit Cement verbunden construiert, eine Bauart, die ohne Cement auf keine Weise auszuführen gewesen wäre.

Fig. 21 gibt uns eine Idee von dieser Bauart. Sie stellt ein Sommerhaus im Längenschnitt vor, ganz aus Ziegelsteinen und Roman-Cement von Pasley im Garten der Officiers-Wohnung bei der Brompton Caserne zu Chatham erbaut. Der Grundriß bildet ein Quadrat von 7 Fuß 2 Zoll Seite im Lichten. Das Gebäude selbst war 9 Fuß 3 Zoll hoch vom Boden bis zur Traufe, auf einen Unterbau von Concrete *a*, wovon wir nachher sprechen werden, 1 Fuß dick, gesetzt, auf welches das Fundament *b* von drei Ziegeln, 9 Zoll hoch und dick gelegt war, und dieses diente den Mauern und dem Dache zur Unterlage, die alle nur einen halben Ziegelstein, also bloß 4 1/2" dick waren. Das ganze Gebäude wurde in der Art angelegt, daß es ohne [195](#) die befestigende Kraft des Cementes nicht hätte halten und ausgeführt werden können.

Das Dach, dessen Form schon zeigt, daß seine Theile nur durch die adhäsive Kraft des Cementes zusammengehalten werden konnten, war natürlich aus vier gleichen Quadranten von 5 1/2 Fuß Radius zusammengesetzt; die obern Radien lagen alle in derselben horizontalen Ebene und die convexen Enden berührten einander an der Spitze, so daß das Dach an den 2 Fuß frei hereinragenden Traufenden 12 Fuß Seite hatte. Kein Band aus Eisen oder Holz, kein Bruchstein wurde angewendet, und das Dach ohne Lehrgerüst aus freier Hand gebaut. Es wurde nämlich immer eine Lage von Steinen rund herum über die andere angesetzt und als Lehre bediente man sich bloß einer Quadrantsetzwaage mit einem Senkel versehen.

Als man das Dach aufsetzte, waren die schwachen Wände des Gebäudes durch zwei temporäre Rahmen von innen und außen verankert, damit sie durch den Druck des unvollendeten Daches weder auswärts noch einwärts gedrückt werden konnten, bis das Dach geschlossen ward, was rathsam schien, da die Wände zwei Thüröffnungen an zwei sich einander berührenden Seiten von 7 Fuß Höhe hatten. Fig. 22 zeigt das vollendete Gebäude. Die Ornamente sind aus reinem Cemente verfertigt; die flachen Wände innen und außen mit Mörtel aus Cement und Sand in gleichen Maaßtheilen überzogen. Ebenso wurde Roman-Cement aus der oben erwähnten Fabrik bei den London Docks, bei der Royal Exchange, beim brittischen Museum durch Sir Robert Smirke, bei dem Lyceums- und St. James-Theater und bei unzähligen andern Bauwerken angewendet. Man baut in England feuerfeste und doch äußerst leichte Zimmerdecken, eben und sogar flach gewölbt, aus Ziegelplatten und Cement oder auch aus hohlen kegelförmigen oder topfartigen Steinen (*arch-pots*). Ein Beispiel der letzteren gibt das neue Schatzkammer-Gebäude in Whitehall, gebaut durch Soane, der Unionclub von Sir Rob. Smirke, das Estrich der National-Gallerie und des Buckingham Palastes. Man bedient sich desselben Cements ferner noch zum Anwurf der Häuser, und mehrere neue Straßen sind mit diesem Roman-Cement beworfen, so z.B. alle Häuser in Regent-Street, Regents-Park. Er wird da gewöhnlich mit Sand gemengt. Ebenso werden in London in der Blashfield'schen Fabrik die sogenannten *chimney pots*, röhrenartige Kaminaufsätze, gegossen, welche [196](#) früher aus Töpferthon gebrannt wurden, aber kaum ein paar Jahre ausdauerten, während die aus Cement gegossenen im Regents-Park bereits mehr als zehn Jahre stehen, ohne daß ein einziger zu Grunde gegangen wäre.

Da Parker's Originalpatent meines Wissens nirgends abgedruckt ist, wie es sich nämlich in London im Rolls Yard im Petty bag-office befindet und gegen den Erlag von 3 Shilling 6 Pence wohl eingesehen aber nicht copirt werden darf, so will ich hier eine Uebersetzung des Originalpatents beifügen, soweit

es das Wesentliche der Bereitung selbst betrifft. Ich hatte nämlich das Patent bereits bis zum letzten Worte mit Bleistift glücklicher Weise copirt, als der Beamte erst mein Unternehmen bemerkte und mir erklärte, daß Copien zu nehmen hier strengstens verboten sey. Das Patent ist auf den Namen James Parker ausgestellt für seine Erfindung eines gewissen Cementes oder Tarras (Traß), bei Wasser- und andern Bauten zu gebrauchen. Parker beschreibt sein Verfahren folgender Weise:

„Das Princip meiner Erfindung, sagt er, beruht darin, gewisse Steine oder thonige Erzeugnisse, Thonnieren genannt, zu Pulver zu reducirn, und das Pulver mit Wasser zu einem Cemente anzumachen, das dann fester und härter wird als gutes Cement oder jeder Mörtel gegenwärtig auf künstlichem Wege bereitet.“

„Ich kenne keine bestimmten allgemeinen Namen für diese Thonnieren, aber ich verstehe darunter gewisse Steine aus Thon oder Concretionen aus Thon, enthaltend Adern von kalkigen Materien und häufig, wenn auch nicht immer Wasser in ihrem Mittelpunkte, dessen Höhlung gewöhnlich mit kleinen Krystallen von der oben erwähnten kalkigen Materie ausgekleidet ist. Diese Nieren sind gewöhnlich nahezu von der Farbe des Thonlagers, in dem oder in der Nähe dessen man sie findet.“

„Wenn man diese Thonnieren in einer Hitze brennt, welche stärker ist als die, welche man bei gewöhnlichen Kalksteinen anwendet, so erhalten sie ein braunes Aussehen, werden ein wenig weicher, von lockererem Zusammenhange, und wenn man sie in diesem Zustande mit Wasser übergießt, werden sie warm, aber löschen sich nicht.“

„Wenn man diese Nieren nach dem Brennen in Pulver verwandelt, das Pulver mit nicht mehr Wasser anrührt als gerade nöthig ist, um es in einen Teig zu verwandeln, so erhärtet es unter Wasser ungefähr in Zeit einer Stunde.“ | [197](#) |

„Diese Steine aus Thon oder die Nieren werden zuerst in kleine Stücke zerbrochen. Diese Stücke werden dann in einem gewöhnlichen Ofen, wie man sich deren zum Kalkbrennen überhaupt bedient, gebrannt in einer Hitze, die beinahe hinreicht, sie zu verglasen, dann gepulvert durch irgend eine mechanische oder andere Vorrichtung, und das auf diese Weise erhaltene Pulver ist die Basis des Cementes.“

„Um das Cement selbst in der besten und vortheilhaftesten Weise zusammen zu setzen, nehme ich 2 Maaßtheile Wasser und 5 Maaßtheile des beschriebenen Pulvers. Ich füge dann entweder Pulver zu dem Wasser, oder das Wasser zu dem Pulver mit der Vorsicht, die Masse während der ganzen Dauer der Mischung sorgfältig umzurühren und durchzuarbeiten. Das Cement ist nun auf diese Weise fertig, und erhärtet in 10 oder 20 Minuten nachdem die Mischung geschehen ist, entweder unter dem Wasser oder in der Luft.“

„Gelegentlich brenne, mahle und mische ich das eben beschriebene Pulver mit Kalk und andern Steinen, Thon, Sand oder gebrannten Erden in solchen Verhältnissen, als nöthig und nützlich seyn mag für die verschiedenen Zwecke, für welche Cement verwendet wird, wobei ich immer im Auge habe: je weniger Wasser man (beim Anmachen des Cements) verwendet, und je schneller der Mörtel oder das Cement nach seiner Anfertigung gebraucht wird, desto härter wird das Cement werden.“

Wir lernen aus dieser Beschreibung, daß Parker unter seinen Thonnieren diejenigen Concretionen versteht, welche die Mineralogen ehemals Septarien oder *Ludus Helmonti* genannt haben.

Wie schon bemerkt, finden sie sich in Thonmergelschichten des Londonthones eingelagert und werden vorzüglich von der Insel Sheppey bezogen, welche an der Mündung der Themse liegt, und nichts anders ist als ein Landstrich durch den von Süden herkommenden Medway-Fluß vom Lande getrennt. Die Nieren sind Concretionen in einer sehr harten Schichtenmasse und würden sich

deßhalb nur mit bedeutenden Kosten von der Thonmasse trennen lassen, wenn nicht die Natur selbst diese Operation übernehme. Die ziemlich steilen Ufer der Insel werden nämlich vom Wellenschlage des Meeres ausgehöhlt, die der Unterstützung beraubte Schichtenmasse stürzt dann nach, wird von den Wellen an den seichten Ufern immer mehr zertrümmert, die einzelnen Stücke schleifen sich selbst wechselweise ab, bis der härteste Nucleus – die oben beschriebenen Nieren nämlich – zur Zeit der Ebbe zurückbleiben, und |[198](#)| dann als Sheppey-Steine oder Kiesel (*Sheppey stones – or pebbles*) gesammelt werden.

Die Zusammensetzung dieser Concretionen ist etwas veränderlich; indessen kommen alle nahezu auf 23–26 Proc. Thon und 4 Procent Eisenoxyd, 1–2 Proc. Manganoxyd.

Nach meiner Analyse enthält ein dichtes Fragment des grünlichbräunlichen Sheppeysteines 23,64 Proc. Thon. Den Thon fand ich zusammengesetzt aus:

16,51 Kieselsäure,
4,20 Thonerde,
1,03 Eisenoxyd,
0,61 Manganoxyd,
0,41 Bittererde,
0,88 Kali mit Spuren von Natron.

—

23,64.

Der in Säuren auflösliche Theil bestand aus:

67,12 kohlensaurem Kalk,
1,33 „ Bittererde,
5,50 „ Eisenoxydul,
1,55 „ Manganoxydul,
0,41 Thonerde.

—

Summe: 75,91.

Ich will hier nur auf den Kaligehalt dieser Mergel aufmerksam machen, den Fuchs zuerst 1828 in dem Thone beinahe aller Mergel entdeckte.

Dieß hell gelblich-braune Roman-Cement wird in England von der oben angegebenen ursprünglichen Firma verkauft in Fässern, die 356 Pfund enthalten, für 12 Shillings wobei noch 4 Shillinge für das Faß gerechnet werden, so daß der englische Centner (nahezu 90 bayerische Pfund) auf 2 Shilling 3 Pence oder 1 fl. 24 kr. zu stehen kommt, was für den bayerischen Centner 1 fl. 33 kr. macht.

Man sieht leicht ein, daß das Material zu dieser Sorte von hydraulischem Kalke, da seine Quantität von der Wirkung der Meereswellen abhängt, doch nicht in unbegrenzter Menge aufzutreiben sey.

Der englische Ingenieur Frost, in seinen unermüdlichen Bemühungen der getreue Nachtreter Vicat's in Frankreich, suchte deshalb nach einem Material, dem der Sheppey-Steine gleichkommend, und fand es auch in einem ähnlichen eisen- und manganhaltigen Mergel an der Küste von Harwich in Essex an der östlichen Küste von England. Da |199| dieser Mergel, welcher von etwas dunklerer Farbe als der Sheppey-Stein und nach dem Brennen nußbraun ist, gegen 47 Proc. Thon enthält, so brennt und pulvert man ihn, und mischt ihn dann mit Sheppey-Cement, wodurch man ein eben so gutes, vielleicht besseres, in jedem Falle wohlfeileres aber etwas mehr braun gefärbtes Cement erhält, das jetzt allgemein gebraucht wird. Frost's Cementwerke sind nun im Besitz der HHrn. John Bazley White und Söhne, Millbank-Street, London. Man hat ferner in England Septarien in andern Localitäten und Formationen aufgesucht und gefunden, die überall, obwohl ihr Eisengehalt ziemlich gleich ist, doch eine viel größere Quantität Thon enthalten.

So gebraucht man Septarien von Whitby in Yorkshire, Atkinsons-Cement, weil dieser Ingenieur dasselbe zuerst in London einfuhrte, auch Mulgrave-Cement genannt, nach dem Grafen von Mulgrave, die gewöhnlich einen Ammoniten als Centrum habend, 34 Procent Thon enthalten; Dorsetshire-Cement von Medina Hants enthält 39 Procent Thon.

Durch die Vermengung der Sheppey- und Harwich-Steine erhält man aus der angeführten Blashfield'schen Fabrik Cemente für Stucco den bayerischen Centner zu 52 kr. und einen ganz guten für Anwurf um 42 kr. ohne Faß oder Verpackung.

Daß diese Cemente beim Gebrauche in der Luft immer mit Sand gemengt werden, versteht sich wohl von selbst, und das beste Roman-Cement verträgt den meisten Sand; so kann man dem obigen Cemente aus der Blashfield'schen Fabrik je nach dem Preise 3, 2 und 1 Maaßtheil Sand beimengen.

Mit einem Bushel Cement = 2815,5 Kubikzoll, das gegen 58 Pfund bayerisch wiegt, kann man 10 Quadratfuß Oberfläche mit einer 3/4 Zoll dicken Lage Cements bedecken, dem man zwei Maaßtheile Sand beigemengt hat, wie die Anwürfe in Regents-Park und den meisten neuen Straßen Londons beweisen.

So war bis beinahe zum Jahre 1818 das Roman-Cement das einzige, das bei den meisten Bauten in der Luft und im Wasser angewendet wurde. Indessen die häufig wachsende Nachfrage nach Cement, da das Roman-Cement durch ein Patent geschützt war, der Umstand ferner, daß selbst in England noch manche Vorurtheile gegen Parker's Roman-Cement bestehen, denn die Docks von Southampton und ein großer Theil der Fundamente der neuen Parlamentshäuser wurden mit italienischem Puzzolanemörtel herausgemauert, waren Veranlassung, daß man |200| sehr eifrig nach andern hydraulischen Cementen forschte, die man aus ihren wesentlichen Bestandtheilen zuvor erst zusammensetzte, und sie deshalb künstliche Cemente nannte. Dennoch finden wir, wie schon gesagt, bis zum Jahre 1818 kein Patent, das eigentlich die Verfertigung hydraulischen Mörtels auf eine künstliche Weise zu seinem Gegenstande gehabt hätte. Denn John White in seinem Patent vom 27 November 1809 für eine Substanz, die in Stein verwandelt werden könne, nimmt bloß Schlamm der Themse anstatt Töpferthon, und hat also gar nichts zu thun mit unserem Cement.

Ebenso ist das Patent von John Kent vom 3. Sept. 1810, Verbesserungen in der Verfertigung von künstlichen Steinen, hier von keinem Belange. Sein Patent gehört zu den sogenannten Concreten, von welchen wir später sprechen werden. Kent nimmt nämlich 1 Theil gebrannten und gepulverten Kalk, 3 Theile feinen Sand, 6 Theile groben Sand, feuchtet die Mischung an, und preßt sie in Formen.

Das Mastic-Cement von Christoph Dihl 1815 (1. Junius) ist ein fettes Cement mit Leinölfirniß und Peter Hamelins Cement vom Jahre 1818 (19. Januar) um Ornamente und Statuen daraus zu verfertigen, gehört in dieselbe Classe.

Von größerem Interesse ist das Patent des Moritz St. Ledger in Camberwell, vom 19. November 1818. Er beschreibt eine interessante Methode Kalk zu machen in folgender Weise:

„Ich nehme Kreide oder irgend eine andere Substanz, aus welcher Kalk gemacht werden kann, die ich pulvere, und zu welcher ich gewöhnlichen Thon mische oder irgend eine andere Substanz, welche Thonerde und Kieselerde enthält und welche ich vermehre oder vermindere, je nachdem ich den Kalk stärker oder schwacher verlange. Die beiden Ingredienzien vermische ich mit einander und mische Wasser dazu, bis sie einen Brei bilden von der Consistenz gewöhnlichen Mörtels. Diese beschriebene Paste forme ich in Klumpen, welche ich dann, nachdem sie durch natürliche oder künstliche Hitze getrocknet sind, in einen Kalkofen bringe und sie der Wirkung des Feuers aussetze, in der gewöhnlichen Weise in welcher man Kalk brennt. Der Hitzegrad hängt natürlich von der Größe und Qualität der Klumpen ab, doch finde ich, daß dieselben hinreichend im Feuer gewesen sind, wenn sie mit der Hand gebrochen werden können. Der Kreide oder andern ähnlichen oben erwähnten Substanzen kann auch gewöhnlicher durch Löschen in Pulver verwandelter Kalk substituirt werden, da braucht jedoch das Gemenge keiner so starken Hitze ausgesetzt zu werden. |[201](#)|

Die Quantität des zuzusetzenden Thones oder einer andern Substanz, enthaltend Thonerde und Kieselerde, hängt ebenfalls von der Qualität der Kreide und dergl. ab; aber ich finde im allgemeinen, daß ein bis zwanzig Maaßtheile Thon zu hundert Maaßtheilen Kreide das eigentliche zweckmäßige Verhältniß sey.“

Wir haben hier die wesentlichsten Bestandtheile der berühmtesten künstlichsten Cemente, obwohl das Verhältniß der Thonerde zur Kalkerde zu gering ist, als daß man ein gut bindendes Cement hätte erwarten können, weßhalb auch wahrscheinlich das Cement in dieser Weise bereitet nie auf den Markt kam. Im Titel seiner Patentbeschreibung gibt er an, daß ihm diese verbesserte Methode Kalk zu bereiten von einem Ausländer, dem Civil-Ingenieur Mr. Vicat aus St. Soulgat im Königreich Frankreich mitgetheilt worden sey, und dieser Mr. Vicat ist wahrscheinlich derselbe, der sich in den letzten Jahren durch seine zahlreichen empirischen Versuche über hydraulische Kalke bekannt gemacht hat.

Die ganze Vorschrift ging natürlich aus der alten Entdeckung Smeaton's hervor, daß der Kalk, der unter Wasser erhärten soll, eine gewisse Quantität Thon vor dem Brennen enthalten müsse, obwohl unglücklicherweise die erforderliche Quantität Thon, um den besten hydraulischen Kalk hervorzubringen, noch nicht mit Sicherheit angegeben werden konnte.

Von nun an finden wir bis zu uns herauf eine Menge von Engländern mit Erfindung künstlicher hydraulischer Cemente beschäftigt, keiner aber hatte auch nur eine Idee von den wesentlichen Bedingungen zur Erzeugung eines guten, der Puzzolane gleichkommenden künstlichen Cements, und selbst gegenwärtig weiß man in England von der Theorie der Bildung und Erhärtung hydraulischer Mörtel nicht mehr, als aus dem empirischen Haufwerk der Vicat'schen Versuche zu entnehmen ist. Von den Entdeckungen unseres Fuchs, die schon aus dem Jahre 1828 herkommen, hat man dort noch keine Ahnung.

An St. Ledger reiht sich J. A. Fickell (6. Julius 1820); er erhielt ein Patent auf Verwendung der eisenarmen Sphärosideritnieren oder Kugeln aus der Kohlenformation von Staffordshire, die mit den Eisensteinen zugleich gewonnen werden. Man sieht das Ganze ist nichts als ein Versuch, das Roman-Cement aus Septarien älterer Formation zu bilden. Heinrich Chambers in Broadstreet (breite Straße), Middlesex, nahm unterm 7. Julius 1821 ein Patent auf Verbesserungen hydraulischer Kalke. |[202](#)|

Er verwendet Thon oder Lehm, der sich in starker Hitze verglasen läßt, oder überhaupt wohl verglaste Schlacke statt des gewöhnlichen Sandes und vermischt diese mit Kalk und dergl. Man sieht hier wieder den Mangel an theoretischem Wissen. Ob man auf diese Weise brauchbares oder unbrauchbares Cement erhielt, das hing von der chemischen Zusammensetzung des Thones oder der Schlacke ab, wovon der Erfinder keine Ahnung hatte, und es waren aller Wahrscheinlichkeit nach auch hier die schwankenden unsicheren Resultate, welche den Erfolg des Patentes vernichteten.

Mit größerer Umsicht ging der schon öfters erwähnte James Frost aus Finchley in der Grafschaft Middlesex zu Werke, aber auch in seinen mit großer Ausdauer fortgesetzten Versuchen sieht man den gänzlichen Mangel eines wissenschaftlichen theoretischen Leitfadens, und seine Resultate beruhen wie die von Vicat auf einem empirischen Herumtappen aufs Gerathewohl.

In seinem Patent vom 11. Junius 1822 schreibt er vor, Kalkstein, Mergel oder Dolomite zu nehmen, die ganz oder beinahe frei von Thonerde oder thonigen Beimischungen sind, dagegen 9–40 Procent Kieselerde enthalten, oder Verbindungen von Kieselerde und Eisenoxyden. Die Kieselerde muß immer im Ueberschuß vorhanden seyn, in einem höchst fein vertheilten Zustande. Er brennt diese Materialien in kleinen Stücken in einem gewöhnlichen Kalkofen so lange bis alle Kohlensäure entfernt ist, und gibt als Zeichen hinlänglichen Brennens an: wenn man eine herausgekommene Probe nach dem Erkalten mit Wasser befeuchte, so dürfe sie sich nicht löschen oder in Pulver zerfallen.

Von besserem Erfolge waren die durch mehr als zehn Jahre mit der größten Ausdauer fortgesetzten Experimente des Joseph Aspdin von Leeds in der Grafschaft York. Am 21. October 1824 erhielt er sein Patent für eine neue Verbesserung in der Weise künstlichen Stein zu machen.

Sein Cement oder seinen künstlichen Stein setzt er auf folgende Weise zusammen. Er nimmt eine bestimmte Quantität Kalkstein, wie er (in Leeds) zum Wegmachen verwendet wird, pulverisirt ihn entweder durch Maschinen oder nimmt (am wohlfeilsten) den Staub oder auch Koth von den mit diesem Material reparirten Straßen, trocknet die Masse und brennt sie in einem Kalkofen auf die gewöhnliche Weise. |[203](#)|

Hierauf nimmt er eine gleiche Quantität Thon, mischt und arbeitet ihn unter Wasser mit dem gebrannten Kalke mit der Hand oder mit Maschinerie so lange bis die Masse einen plastischen Zustand angenommen hat, bringt sie in flache Geschirre und trocknet sie durch natürliche oder künstliche Wärme. Die trockene Mengung wird dann in Stücke gebrochen und wieder in einem Kalkofen gebrannt, bis alle Kohlensäure entwichen ist. Dann wird die Masse in ein feines Pulver verwandelt, und ist nun zum Gebrauche fertig.

Man sieht, daß es auch hier auf die Qualität der anzuwendenden Materialien aus der Steinkohlenformation von Yorkshire genommen, ankomme, von welcher sich der Erfinder, ein gewöhnlicher Maurer, natürlich keine Rechenschaft zu geben wußte; er nahm seine Materialien, wie er sie in Leeds in Yorkshire vorfand, und erzeugte damit ein vortreffliches Cement. Er errichtete zu Wakefield, der Yorkshirer Eisenbahn-Station gegenüber, seine *Patent Portland Cement Works*, die noch im guten Gange sind, obwohl der Erfinder bereits 73 Jahre alt ist.

Dieses Cement wird nicht sehr schnell hart, aber es erlangt zuletzt eine außerordentliche Festigkeit und wird deßhalb in seinem Festwerden durch das sogenannte Setzen von Mauerwerken nicht gestört, was namentlich bei Mauern unter Wasser beinahe immer stattfindet und einen Theil wenigstens der Wirkung gewöhnlicher Cemente verhindert. Denn wenn die Cemente rasch anziehen und dann durch das nie ausbleibende Setzen des Mauerwerkes in ihrem erstarrten Zustande oder vielmehr in ihrer Continuität gestört werden, so binden sie nur mehr unvollkommen, wie das schon Smeaton nachgewiesen hat.

Interessant ist das Patent ferner, weil in ihm der Erfinder seinem Cement zuerst den Namen Portland-Cement gegeben hat, und zwar, wie er angibt, aus dem Grunde, weil es in Farbe dem berühmten in England so häufig zu Bauten verwendeten Portlandstein sehr ähnlich ist.

Ich führe dieß hier deßhalb an, weil man, obwohl der Name Portland-Cement in England aus Firmen und Anzeigen sehr gut bekannt ist, dennoch keine Nachricht über den Erfinder, den Namen und die Zusammensetzung dieses Cementes in den gewöhnlichen technischen Journalen findet. Selbst in dem illustrierten Kataloge der Londoner Industrie-Ausstellung, wo sehr gute Muster von diesem Cement und seinen einzelnen Bestandtheilen ausgestellt waren, trifft man nur dürftige und oberflächliche Bemerkungen über seine Bereitung, während in Deutschland noch weniger Nachrichten über dieses sich immer mehr und mehr verbreitende Cement zu erhalten sind. [|204|](#)

Von eigentlichem praktischem Interesse sind die Experimente des englischen Generalmajors Sir C. W. Pasley im königlichen Ingenieurcorps zu Chatham vom Jahre 1830 bis 1838, der als der Begründer einer rationellen Fabrication jenes künstlichen Cementes genannt werden kann, das nun so häufig unter dem Namen Portland Cement versendet und verbraucht wird.

Der Herzog von Wellington erließ im Jahre 1826 als damaliger *Master General of the Ordnance* einen Befehl: daß künftig in dem königlichen Ingenieur-Etablissement zu Chatham unter der Direction des oben erwähnten Sir C. W. Pasley praktische Baukunde einen Theil des Unterrichtes für die jungen Officiere des königlich englischen Ingenieurcorps bilden solle. Sir Pasley wurde deßhalb veranlaßt, seine Experimente über hydraulische Cemente zu unternehmen, deren Resultate er in einem Pamphlet veröffentlichte, das im Jahre 1830 publicirt wurde und worin er zugleich sein neues künstliches Cement beschrieb als Nachahmung des natürlichen.

Daß das neue künstliche Cement nach den bekannten Erfahrungen von Smeaton und den beschriebenen Patenten aus einer Mischung von Kalk und Thon bestehen würde, läßt sich wohl voraussehen, und Pasley hatte sich auch dazu des Ziegelthones von Darland bedient, obwohl er kein ganz entsprechendes Resultat erhielt.

Bei einer Wiederholung seiner Experimente in Gegenwart des damals eben in Chatham anwesenden Majors Reid war kein Ziegelthon dieser Art mehr vorhanden, und da Darland nahe zwei englische Meilen von Chatham entfernt lag, so gab Pasley einem Soldaten überhaupt den Auftrag, zwei Theile gepulverte Kreide und einen Theil Thon zusammen zu mischen. Der Soldat sah sich nach dem ihm am nächsten liegenden Thon um, und wählte glücklicherweise den blauen Thon des Medway-Flusses, der die Docks von Chatham bespült. Diese Dock-Yards liegen gerade an der Gränze, wo der London-Thon auf Kreide ruht. Der Fluß hat da bereits Kreide, untern und obern Grünsand und den Wealden-Thon durchschnitten und fließt durch den London-Thon in den Sund der Insel Sheppey, wo die bei einem raschen Falle aufgeschlämmt erhaltenen Theilchen endlich niederfallen, denn die Geschwindigkeit der Flüsse vermindert sich natürlich an ihrer Mündung, wo das Bett weiter wird, und diesem Umstande haben wir den Absatz ganzer Inseln, der sogenannten Fluß-Deltas und dergl. zu verdanken. [|205|](#)

Daß dieser Schlamm aus Thon und kohlenurem Kalk bestehe, läßt sich deßhalb leicht einsehen; es scheint aber auch dem glücklichen Umstande, daß dieser blaue Thon der Schlammabsatz eines Flusses ist, der zu Fluthzeiten Salz- oder Meerwasser enthält, habe das aus diesem Thon bereitete Portland-Cement seine vortrefflichen Eigenschaften zu verdanken, wie aus Prof. Pettenkofers Versuchen hervorgeht.

Dieser Alluvialthon des Medway-Flusses ist an seiner Oberfläche röthlichbraun und behält diese Farbe auch einen Zoll tief, dann erscheint die ursprüngliche schwarzblaue Farbe, welche mehr aus Schwarze gränzt, im feuchten Zustande nämlich.

Wird dieser blaue Thon herausgestochen und einige Zeit der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt, so verliert er nach und nach seine blaue Farbe und nimmt denselben lichtbraunen Ton an, der die Oberfläche des Thones in seinem Flußbette charakterisirt. Der Sauerstoff der Atmosphäre wirkt also oxydirend und gewissermaßen zersetzend auf den frischen Thon.

Pasley fand nun, daß der Thon in diesem Zustande den größten Theil seiner Brauchbarkeit für Cemente verloren habe, wenn er die üblichen Proportionen. 5 Maaßtheile Kreide zu 2 Maaßtheilen feuchtem Thon beibehielt, und nannte ihn deßhalb abgestanden.

Ein Versuch mit diesem abgestandenen Thon erzeugte zwar ein Cement, das sehr rasch unter Wasser erhärtete, aber nach einigen Tagen Nisse zu bekommen anfang und im Verlauf einer Woche in Stücke zerfallen war. Dasselbe findet statt, wenn der blaue frische Thon, mit Kreide gemengt in Ballen geformt, ohne rasch getrocknet zu werden, in diesem Zustande der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt wird.

Der anfangs auch nach der Mischung mit Kreide noch schwarzblau aussehende Ballen wird nach und nach schmutzig weiß an der Oberfläche, eine Veränderung, die bei einzölligen Ballen oft schon nach 48 Stunden, bei 2 1/2 zölligen nach vier bis sechs Wochen den ganzen Ballen durchzieht, und wenn dieser Zustand eingetreten ist, so gibt der Ballen kein gutes schnell erhärtendes hydraulisches Cement mehr. Wurde jedoch die Quantität des Thones von 2 Maaßtheilen auf 2 7/9 Maaßtheile erhöhte, so erzielte man ein gutes Cement, das aber immer sehr langsam, obwohl vollständig erhärtete. [|206|](#)

Da die Veränderung der Farbe im Thone auf eine Verwandlung des Eisenoxyduls in Oxyd schließen läßt, so mischte Pasley auf den Rath eines Chemikers Kohlenpulver oder andere verbrennliche Materien mit dem Gemenge von abgestandenem Thone und Kreide, und wenn die verbrennliche Materie 1/15 Maaßtheil des ganzen Gemenges erreichte, so wurde gewöhnlich die verlorene hydraulische Eigenschaft des Gemenges nach dem Brennen wieder hergestellt.

Ebenso merkwürdig ist, daß wenn nach Pasley das Gemenge aus Kreide und blauem Alluvialthone öfters mit Wasser übergossen und in diesem ausgeschlämmt wird, das Gemenge in den oben genannten Proportionen gleichfalls seine hydraulische Tauglichkeit verliert.

Pasley wollte nun die Ursache erforschen, weshalb der gewöhnliche Lehm der Lehmgruben als Beimischung zur Kreide statt des Alluvialthones nicht zu brauchen sey. Er schlemmte deßhalb zuerst den Alluvialthon des Medway-Flusses und fand, daß nur eine geringe Quantität feinen weißen Sandes zurückblieb, während er nach ähnlicher Behandlung des Lehms eine beträchtliche Quantität groben griesigen Sandes erhielt.

Er rieb deßhalb diesen Lehm in einer Reibschale zum feinsten Pulver, und als er ihn nun mit Kreidepulver mengte, erhielt er ein gutes Cement. Dasselbe war der Fall, nachdem er den feinen Lehm von dem groben abgesondert hatte. Daraus ging also hervor, daß nicht sowohl die chemische

Constitution als die nicht hinreichend feine Vertheilung der Thonmasse die Ursache des Mißlingens der Experimente mit Lehm gewesen seyn mußte. Pasley versuchte nun andere braune Lehm- und Thonarten, und erhielt von allen gutes Cement, wenn er fünf Maaßtheile Kreide mit zwei Maaßtheilen Thon vermischte. Der braune Thon hat einen Vorzug vor dem blauen, daß er nicht so schnell an der Luft absteht, dagegen hat er den Nachtheil, daß die aus ihm bereiteten Cementklumpen sich viel härter brennen, und deßhalb schwerer zu zermahlen sind, was natürlich viel größere Kosten verursacht.

Aus allem diesem schien mit Sicherheit hervorzugehen, daß wenigstens jeder braune Thon, der zu einem unsichtbaren Pulver vertheilt und nicht lange der Luft ausgesetzt gewesen war, mit Kreide gemengt, ein gutes hydraulisches Cement gebe. [|207|](#)

Wieder sehr interessant ist, daß die Einwirkung der Atmosphäre auch den braunen Lehm untauglich für Cementbildung macht, da die braune Farbe wenigstens auf vorwaltendes Eisenoxydhydrat schließen läßt. Die feine Vertheilung des blauen Thons des Medway-Flusses, sein Wassergehalt, der nach Pasley 55,5 Procent beträgt, und deßhalb seine leichte und beinahe kostenlose Behandlung sind Ursache, daß sich die berühmtesten englischen Cementfabrikanten stets dieses Thones zu ihrem Portland-Cement bedienen. Er enthält übrigens wie jeder Alluvialthon eine Menge thierischer Ueberreste von Infusorien und verbreitet deßhalb während des Trocknens über dem Feuer einen sehr unangenehmen Geruch. Eine chemische Analyse dieses Thones fehlt; indessen hat die Analyse des Portland-Cements unter der Leitung des Professors Pettenkofer gelehrt, daß der Thon sehr reich an Alkalien, vorzüglich an Natron ist.³²⁾

Ein Haupterforderniß bei Anfertigung aller künstlichen Cemente ist, wie Pasley gezeigt hat, daß die Materialien, aus welchen das Cement zusammengesetzt wird, sich im Zustande feinsten Vertheilung befinden. Ein großer Vortheil ist es, daß der Flußschlamm überhaupt schon in diesem Zustande feinsten Vertheilung verwendet werden kann; der Kalk muß jedoch noch immer gepulvert werden, ehe er mit dem Thon gemengt werden kann, und das macht die Verfertigung künstlichen Cements kostspieliger, während die natürlichen Cemente gar keine Mengung bedürfen und nur einmal gepulvert zu werden brauchen, nämlich nach dem Brennen. Des leichteren Pulverns halber wählt man in England immer Kreide.

Wo man dichten Kalkstein verwenden muß, wäre das Pulvern durch Maschinen viel zu kostspielig. Man muß deßhalb den dichten Kalk zuerst in einem Kalkofen brennen und ihn dann durch Begießen mit Wasser löschen und in Pulver oder auch in einen Brei verwandeln.

Da aber der Kalk nun zum Hydrate geworden ist, so muß dieses Wasser bei der Wägung oder Messung mit in Rechnung gebracht werden, was große Schwierigkeiten machen würde; das beste Mittel also [|208|](#) ist, den gebrannten Kalk sogleich nach dem Brennen zu wiegen und ihn dann erst zu löschen. Nach Pasley's Versuchen geben 1 Gewichtstheil frisch gebrannter Kalk mit zwei Gewichtstheilen frischen Flußthones des Medway ein sehr gutes Cement. Nachdem der Aetzkalk gewogen ist, muß er wie gewöhnlicher Aetzkalk gelöscht und in einen ziemlich flüssigen Brei verwandelt werden, den man etwa 24 Stunden stehen läßt, ehe man ihn mit dem Thone mischt. Die oben angegebenen Verhältnisse sind gleich 5 Maaßtheilen Kreidepulver und 2 1/2 Maaßtheilen frischen Flußthones.

Indessen fand Pasley, daß eine Mischung von 10 Gewichtstheilen reinen trockenen Kreidepulvers mit 13 3/4 Gewichtstheilen frischen Medway-Thones das festeste künstliche Cement gebe, das noch überdieß nicht so rasch anzieht als die übrigen natürlichen und künstlichen Cemente. [\(Der Schluß folgt im nächsten Heft.\)](#)

LVIII. Das Portland- und Roman-Cement. Ein Beitrag zur Geschichte der Cemente oder hydraulischen Mörtel in England, nebst einem Anhang über die Theorie der Erstarrung der Mörtel und über den glänzenden Stucco der Alten; vom Conservator Dr. Schafhäutl.

Mit Abbildungen auf Tab. III. (Schluß von [S. 208](#) des vorhergehenden Heftes.)

Daß übrigens bei der Zusammensetzung dieser Cemente sehr viel Vorsicht anzuwenden ist, lehrt die Erfahrung Pasley's in Bezug auf den veränderlichen Kalkgehalt des Medwaythones. In den Jahren 1828–29 mußte er eilf Procent mehr Kreide zum Thone mengen als im Jahre 1836 um Cement von derselben Qualität zu erhalten.

Zum Pulvern der Kreide bedient man sich in England zweier sich um eine horizontale und dann verticale Achse drehenden verticaler (stehender) Mühlsteine, oder auch der sogenannten Schlamm-Mühle, wobei, während die Walzen die Kreide zerkleinern, das Wasser im Troge die feinen Kreidetheilchen mit sich fortnimmt, während das Gröbere und [|268|](#) Kieselige auf dem Boden des Troges liegen bleibt. Zum Mahlen des gebrannten Cements wendet man zuerst Quetschwalzen an, welche das zerdrückte Material einem horizontal sich drehenden Mühlsteine zuführen. Der Läufer ist nur zur Hälfte und zwar am Rande scharf und hat ziemlich weit auseinander liegende Rillen oder Furchen, welche die Enden einer vom Mittelpunkte aus radirenden etwas krummen Linie bilden.

Zum innigen Mergen des Schlammes mit der Kreide bedient man sich der gewöhnlichen in den Töpfereien üblichen Knetmühle (pugmill) mit einer verticalen sich drehenden Achse, an welcher rechtwinkelig etwa 8 zweischneidige Messer spiralförmig herumgestellt sind. Jedes dieser Messer trägt zwei vertical aufgesetzte Messer nach oben, und in den Zwischenräumen zwei nach unten. Nachdem die Kreide trocken gewogen ist, wird sie mit Wasser angerührt, bis sie einen steifen Teig bildet (dazu sind ungefähr 1/4 Gewichts- oder 1/6 Maaßtheil Wasser vonnöthen) und in Ballen geformt, von gleicher Größe mit den Ballen aus blauem Medwaython. In dieser Gestalt werden sie in die Knetmühle gebracht, die immer voll erhalten werden muß. Die Masse wird durch die schief gestellten beweglichen horizontalen Messer gemengt und nach unten gedrängt, und zuletzt durch eine Oeffnung am Boden des Cylinders oder Fasses herausgedrückt.

Zum Brennen bedient man sich der continuirlichen verlehrt kegelförmigen Kalköfen, deren jeder 70–90 Tonnen Rohmaterial faßt. Die gebrannten Stücke zieht man unten heraus und gibt frische mit Kohlenklein oben nach. Bei genauer Arbeit probirt man die ausgezogenen Ballen mit verdünnter Salzsäure. Brausen sie stark, so werden sie oben wieder aufgegeben, brausen sie nicht, so sind sie hinlänglich gebrannt; sind sie dunkler als vor dem Brennen geworden oder zum Theil geflossen, so sind sie zu stark gebrannt und es müssen die einzelnen glasigen Theile entfernt werden. Die gebrannten Ballen werden hierauf in die Mühle gebracht und das Pulver vor dem Zutritt der Luft bewahrt.

Das Pulver soll eigentlich ein unfühlbares seyn; je feiner das Cement gepulvert ist, desto größer ist seine Wirkung. Wird es mit so viel Wasser angemacht als nöthig ist, um die Masse in Ballen formen zu können, so werden die einzölligen Ballen warm und erreichen ihren höchsten Temperaturgrad innerhalb 7, 10 bis 12 Minuten nach dem Anfeuchten der Masse. Wird die Masse wirklich so heiß, daß sie ein unangenehmes Gefühl in der Hand erregt und zieht dabei zu rasch an, [|269|](#) so hat das Cement zu viel Kalk; werden sie hingegen nicht fühlbar warm und ziehen nur sehr langsam an, so haben sie zu wenig Kalk, dagegen zu viel Thon in ihrer Mischung.

Legt man die geformten Ballen, bevor sie wieder kalt geworden sind, ins Wasser, so sondert sich auch beim besten Cement eine Art Schlamm von den Ballen, der dann das Wasser trübe und schmutzig macht.

Die Einwirkung der Luft hat nachtheiligen Einfluß auf das gepulverte Cement. In dünnen Schichten der Luft ausgesetzt, verliert es in wenigen Wochen seine Eigenschaft unter Wasser zu erhärten; in großen Massen, wie in Fässern, wird höchstens die oberste Schichte verändert und schützt die darunter liegende gegen den fernem nachtheiligen Einfluß auf lange Zeit. Indessen kommt selbst in England manchmal durch langes Liegen verdorbenes Cement in den Handel, und man muß deßhalb beim Einkaufe von Cement sehr auf seiner Hut seyn, da es selbst dem gewissenhaftesten Fabrikanten nicht immer gelingt, stets gleich gutes Fabricat zu erzeugen.

Pasley sagt, daß das Cement Kohlensäure aus der Luft anziehe und dadurch als Cement unbrauchbar werde, ja er hat ein solches abgestandenes Cement durch nochmaliges Brennen wieder hergestellt.

Es kann aber noch eine andere Ursache geben, welche das Cement unbrauchbar macht. Es ist nämlich leicht möglich, daß unter dem Einfluß einer feuchten Luft eine wenn auch nur unvollkommene Verbindung des Kalkes mit der Kieselsäure vor sich gehe, wodurch das Cement unbrauchbar würde, ohne durch Brennen wieder hergestellt werden zu können. Pasley gibt seinen Erfahrungen gemäß folgende praktische Vorsichtsmaßregeln beim Einkaufe von Cementen an, die sich übrigens aus der Natur der Sache von selbst ergeben.

1ste Regel. Man mischt Cement (vollkommen fein gepulvertes) mit gerade so viel Wasser, daß man dasselbe zu Kugeln formen kann, und macht sich vier oder fünf Probekugeln daraus, doch nicht größer als 1 Zoll im Durchmesser.

Sie werden nun, während sie anziehen, warm (heiß wie gesagt sollen sie nicht werden). Wenn sie wieder kalt geworden sind, was bei gutem nicht zu schnell anziehendem Cemente nach einer halben Stunde der Fall seyn wird, so legt man sie in Gefäße mit Wasser. Wenn sie nun unter Wasser fort und fort härter werden und im Verlaufe eines |270|Tages oder auch zweier Tage innen und außen sehr hart geworden sind, was ebenfalls mit den übrigen, die nicht unter Wasser gewesen sind, der Fall seyn muß, so ist das Cement gut. Haben die Ballen in dieser Zeit keine große Härte durch und durch erreicht, so ist das Cement schlecht und darf nicht verwendet werden.

2 te Regel. Wenn die Probekugeln im Wasser nicht erhärten wollen, so muß man sehen, ob dieser Fehler von abgestandenem oder wirklich schlecht gemachtem oder auch verfälschtem Cemente herrühre. Man legt zu diesem Zwecke die eben besprochenen Ballen, nachdem sie trocken geworden, in einen gewöhnlichen Schmelztiegel und macht sie dann in einem Kohlenfeuer rothglühend, bis sie nicht mehr mit Säuren brausen.

Man reibt dann diese wieder gebrannten Kugeln in einer Reibschale zum feinsten Pulver und formt sie mit Wasser wieder zu Kugeln. Verhalten sie sich dann in Luft und Wasser gemäß Regel 1, so ist dieß ein Zeichen daß das Cement ursprünglich gut war, aber durch Einwirkung feuchter Luft abgestanden sey.

Wird dagegen das Cement auch durch das wiederholte Brennen nicht besser, so ist es ein Zeichen daß das ursprüngliche zum Cement verwendete Material schlecht gewesen, oder daß bei künstlichem Cemente die Mischungsverhältnisse nicht gut getroffen waren, oder daß gutes Cement mit Erde und andern wohlfeilen Materialien verfälscht worden sey.³⁷⁾

Cement, das bloß durch Einsaugung von Kohlensäure abgestanden ist, kann durch Brennen wieder zu gutem Cement gemacht werden, indem man das Pulver wieder mit Wasser anfeuchtet, in Ballen formt und diese im Kalkofen neuerdings brennt. Wo man gutes Cement in der Nähe hat, lohnt natürlich diese neue Operation Mühe und Zeit nicht; wo man hingegen genöthigt ist das Cement von fernen Orten oder Ländern kommen zu lassen, wird man sich manchmal genöthigt sehen, das angegebene Verfahren zur Wiederherstellung der hydraulischen Eigenschaften des abgestandenen Cements anzuwenden.

|271| 3te Regel. Die verhältnißmäßige Adhäsionskraft der verschiedenen Cemente zu bestimmen. Die beste praktische Methode die Adhäsivkraft verschiedener Cemente zu prüfen ist nach Pasley, wenn man zwei kubische Steinstücke mit Cement zusammenkittet und dann die Kraft erforscht, welche nöthig ist die zwei Steine wieder von einander zu trennen. Man darf sich dazu nicht der Ziegel bedienen, denn diese brechen in der Regel eher als das Cement nachgibt.

Pasley nimmt deshalb guten dichten Kalkstein und macht sich zwei Parallelepipeda von den Dimensionen der Lagerflächen der Ziegelsteine daraus, jedes 10 Zoll lang, 4 Zoll breit und 4 oder mehr Zoll hoch. Um diese Steine beim Versuche mittelst Zangen halten zu können, werden rechtwinkelige Zapfen- oder Hängelöcher in die Seiten der Steine gehauen, 1 Zoll breit und 7 tief, 1/2 bis 3/4 Zoll hoch, um das Gebiß der Zange aufnehmen zu können.

Die Flächen, welche aufeinander gekittet werden sollen, müssen mit einem halbzölligen Steinmeißel rau gemacht werden, wie die Steinmetzen ihre rauhen Flächen überhaupt zu erzeugen pflegen. Man trägt das Cement immer sorgfältig auf beide zu vereinigende Flächen auf, macht die Mauern zuvor naß und taucht die Ziegelsteine zuvor 1/2 Minute in Wasser.

Um verlässige Resultate zu erlangen, darf man sich auf bloß eine Probe nicht verlassen; man hält deshalb für jede Probe zehn solche Steinparallelepipeda vorrätzig, die man für viele Proben brauchen kann, wenn man verhindert, daß sie nach dem Auseinanderreißen auf den Boden fallen.

Man nimmt nun einen bestimmten aber gleichen Maaßtheil gepulvertes Cement für jede Fuge, und macht sie gerade vor dem Gebrauche mit dem bestimmten Quantum Wasser an, kittet nun die Steine mit dem frisch angemachten Cemente rasch zusammen (Pasley nahm für jeden Stein der oben angegebenen Dimensionen 10 Kubikzoll gepulvertes Cement und mischte es vor dem Gebrauche nach dem Augenmaße mit dem erforderlichen Wasser), und läßt sie zehn Tage in diesem Zustande liegen, damit das Cement Zeit gewinne zu erhärten. Man hängt dann am einfachsten in zwei Zangen ein solches zusammengekittetes Steinpaar an einem Dreifuß aus drei Spießbäumen bestehend auf, hängt in das untere Zangenauge eine große Waagschale und beschwert sie mit Gewichten so lange, bis die zwei Steine von einander getrennt sind.

Aus den zahlreichen Experimenten Pasley's ging nun das wichtige Resultat hervor: |272| 1) Daß eine reine (nicht mit Sand gemengtes) Cement an allen Flächen, selbst an polirten granitischen, nahezu mit gleicher Kraft haften.

2) Daß das Cement die Steinflächen in einem Zeitraum von 11 Tagen mit einer fünfmal größern Kraft zusammenhalte, als gewöhnlicher Mörtel nach 30 Jahren. Das Erhärten des Cements in Fugen geht weit langsamer vor sich als in der Luft oder frei unter Wasser. So wurden zwei zusammengekittete Ziegelsteine nach 39 Tagen noch mit 1717 Pfund auseinander gerissen; mit derselben Mischung zusammengekittete Ziegelsteine hielten dagegen nach 74 Tagen ein Gewicht von 4455 Pfund aus, und auch da brach nur der Ziegelstein während die Fuge noch fest war.

3) Daß Steinflächen, selbst wenn sie sehr groß sind, durch Cement mit demselben Vortheil zusammengekittet werden können, als Ziegelsteine und kleinere Steinflächen. Zwei große Beamleyfallsteine von 39 bei 29 Zoll Flächenseite hingen mit solcher Kraft zusammen, daß die Masse des Steines selbst nachgab und die Fuge unversehrt blieb. Nachdem man endlich die Steine durch Keile voneinander getrennt hatte, fand man daß in der Zeit von 45 Tagen der innere Theil des Cements nicht vollkommen hart geworden sey, und daß also bloß der äußere erhärtete Cementrand die Steine mit solcher Kraft zusammengehalten habe. Der General, dem die Theorie der hydraulischen Kalke wie allen Engländern unbekannt blieb, schreibt diese Ursache dem Mangel an Luftzutritt zu, während die wahre Ursache wahrscheinlich in der Unmöglichkeit lag, daß das Wasser aus dem Innern entweichen konnte, während die äußeren Theile der Fuge bereits erstarrten.

Man war lange der Meinung, daß man große Bausteine durch Cement nicht vereinigen könne, weil der hydraulische Kalk viel zu schnell anziehe, als daß man Zeit hätte, die großen Steinflächen vor dem Anziehen auf einander zu richten.

Aus Pasley's Versuchen geht indessen aufs unzweideutigste hervor, daß auch das in kleinen Kugeln sehr rasch erhärtende Cement im Großen angewendet weit längere Zeit zum Erhärten brauche, nämlich 15 bis 20 Minuten. Wenn deßhalb die zu vereinigenden Steinflächen zuvor auf einander gepaßt und dann auf beide Steinflächen das Cement aufgetragen wird, so hat man hinlänglich Zeit, die Steine durch einen Flaschenzug auf einander zu legen ehe der Mörtel anzieht, was immer wie schon gesagt einen Zeitraum von 15–20 Minuten erfordert.

Pasley's Versuche lehrten ferner: daß der Zusammenhalt des Cementes in den Fugen selbst noch stärker ist, als seine adhäsive Kraft |273| an die Steinflächen; denn werden die zusammengekitteten Steine endlich von einander gerissen, so löst sich das unversehrte Cement gewöhnlich bloß von den Steinflächen.

Man pflegt ferner die Cemente mit Sand zu vermengen, und in den Ankündigungen der Cementverkäufer ist gewöhnlich angegeben, wie viel Sand jede Sorte ihrer Cemente vertrage.

Nach den sorgfältigsten Untersuchungen Pasley's verringert jede Beimischung von Sand die adhäsive Kraft des Cements, und es ist die in London gebräuchliche Mischung von gleichen Maaßtheilen Sand und Cement mehr als viermal schwächer, als reines Cement.

Brunel war deßhalb vollkommen gerechtfertigt, daß er bloß reines Cement zum Gewölbe des Tunnels nahm, obwohl man bei Wasserbauten die keine außerordentliche Festigkeit verlangen, wie Schiffswerften, Schleußen etc. die gewöhnlich übliche Mischung von Sand anwenden kann, weil dadurch die Kosten bedeutend vermindert werden, das Cement seine hydraulischen Eigenschaften nicht verliert, und dennoch mit dieser Beimischung fester ist als gewöhnlicher Kalkmörtel.

Gebraucht man das Cement als Anwurf (Stucco) wie das in England bei allen neuen Bauten der Fall ist, so muß das Cement mit Sand gemengt werden, um Risse zu vermeiden.

Die besten Verhältnisse sind 1 Maaßtheil scharfen nicht zu feinen reinen Sandes auf 2 Maaßtheile Cement. Der Sand kann ohne Schaden so weit vermehrt werden, daß er an Maaß dem Cement gleich wird. Stucco wird schlecht, wenn der Sand an Maaß das Cement überschreitet. Je gröber und schärfer der Sand, desto besser. Der Cementanwurf darf nicht so lose angeworfen bleiben, wie gewöhnlicher Kalkanwurf, er muß vielmehr mit der Kelle angedrückt werden, noch ehe er anzieht.

Legt man mehrere Schichten über einander, so muß die zweite aufgetragen werden, bevor die erste vollkommen angezogen hat. War dieß letztere der Fall, so vereinigen sich die beiden Schichten nur schwach, und der Frost trennt sie gewöhnlich sehr bald, wenn sie dem Regen ausgesetzt waren.

Die Oberfläche alter Gebäude, wenn sie von Rauch und Zeit angelaufen sind, muß abgekratzt und rauh gemacht werden, ebenso der alte Mörtel aus den Steinfugen 1/2 Zoll tief herausgestochen und die Fläche wohl benetzt werden, wenn der Cementanwurf halten soll.

Eine weitere nicht minder wichtige Anwendung der hydraulischen Cemente ist die zur Hervorbringung künstlicher Steine, Gesimse, Leisten, |274| Ornamente. Auch hier werden Steine, aus hydraulischem Cement allein gemacht, die besten seyn, denn, wie wir im Laufe unserer Untersuchungen gesehen haben: jede Beimischung von Sand vermindert die Festigkeit des hydraulischen Cementes; allein nur für kleinere Gegenstände mit geformter Außenseite, wo scharfe Kanten nothwendig sind, und welche die Arbeit des Steinmetzes ersetzen sollen, erlaubt die Kostspieligkeit der Cemente ihre unvermischte Anwendung.

Nach Versuchen, die Stärke oder den Zusammenhalt von Blöcken verschiedener Cemente durch Zerdrücken zu erforschen, die in Hrn. Grissell's Regents-Canal-Eisenwerken mittelst einer hydraulischen Presse angestellt wurden (im Juli 1848) ergab sich, daß ein Prisma aus reinem Portland-Cement 30 Tage alt, 18 Zoll lang und 9 Zoll Seite, bei einer Anwendung von 52 1/2 Tonnen zu splintern begann, und bei 56 1/4 Tonnen war das Prisma der Länge nach gespalten, aber bei 75 Tonnen oder 1555 Pfd. auf den Quadratzoll, noch nicht zerdrückt.

Ein Prisma, zusammengesetzt aus 1 Theil Portland-Cement und 2 Theilen Sand, 52 Tage alt, begann bei 30, 37 Tonnen an einer Ecke etwas zu reißen, und zersprang bei 45 Tonnen oder 1244 Pfund auf den Quadratzoll. Ein Prisma aus 1 Theil Portland-Cement und 3 Theilen Sand, 52 Tage alt, begann bei 15 Tonnen an einer Ecke zu splintern und wurde bei 25 Tonnen oder 691 Pfd. auf den Quadratzoll zerdrückt.

Die beiden Prismen wurden kurze Zeit nachdem sie verfertigt waren, 7 Tage lang in Wasser gelegt. Das Prisma mit 2 Theilen Sand wog vor dem Einlegen 106 1/2 Pfd., nach 7 Tagen 107 1/2 Pfd. Das Prisma mit 3 Theilen Sand wog vor dem Einlegen 104 Pfd., nach 7 Tagen 105 1/2 Pfd. Das erste hatte demnach 1 Proc., das zweite Prisma 1 1/2 Proc. Wasser aufgenommen.

Eine andere Methode die relative Stärke von Cementprismen zu prüfen ist die, welcher sich vorzüglich General Treussart bediente. Man hängt ein Steinprisma an den Enden in zwei Bügeln auf, und legt in der Mitte einen andern Bügel an, der durch Waagschale und Gewicht so lange niedergezogen wird, bis das Prisma bricht. Die Kraft, welche erforderlich war Steinprismen in ihrer Mitte zu zerbrechen, hing zum Theil natürlich von der Güte des Cementes, zum Theil von Beimischungen von Sand ab.

Pasley nahm Sand von drei verschiedenen Dimensionen, aus Gründen welche wir bald kennen lernen werden. Der gröbste Sand, Grus, war nicht größer als eine Pferdebohne. Der grobe Sand ging |275| durch ein Sieb mit Oeffnungen im Lichten zu 1/8 Zoll, und der feinste Sand durch ein Sieb das 30 Maschen auf einen Zoll hatte.

Die Steine wurden in hölzernen Rahmen oder Formen gemacht, deren Seiten, von Keilen zusammengehalten, auseinander genommen werden konnten. Sie waren 4 Zoll lang, 2 Zoll breit und 2 Zoll tief im Lichten. Hierauf wurden Cement und Sand in Maaßtheilen auf einem Brette gemengt, mit Wasser wohl angemacht, dann in drei Portionen in die Form gebracht, sorgfältig eingerammt und dann die Oberfläche mit einem Streichholze geebnet.

Die Prismen mit einer Mischung aus Harwich- und Sheppey-Cement (Roman-Cement) gaben die besten Resultate bei:

1 Maaßtheil Cement,
1 1/2 „ Grus,
1
1 „ grobem
1 „ feinem Sand
wo die Prismen bei 118 Pfd. brachen; dann

Cement 1 Maaßtheil

Grus 4 „
grobem Sand 1 „
feinem „ 1 „
wo das Prisma mit 102 Pfd. brach.

Weit schwächer war Portland-Cement aus 5 Maaßtheilen Kreide und 2 Maaßtheilen blauem Medwaython, denn die obigen Prismen brachen unter 20 und 27 Pfunden, und wenn sie 439 Tage alt waren und aus einem Gemenge von

1 Maaßtheil Cement,
4 „ Grus,
2 „ groben,
2 „ feinen Sandes
bestanden, unter einem Gewichte von 55 Pfund.

Dagegen brachen Prismen der besten Ziegelsteine von gleichen

Dimensionen im Durchschnitt unter 752 Pfd.

mittelmäßiger Ziegelsteine erst unter 329 Pfd.

Gleiche Prismen von gewöhnlicher dichter getrockneter Kreide, wie sie aus den Kreidefelsen Englands gebrochen wird, brachen erst unter 334 Pfund. |276|

Ueber die verhältnißmäßige Festigkeit von Roman-Cement und Portland-Cement.

Das Portland-Cement begann in England und Deutschland in den letzten Jahren sehr in die Mode zu kommen. Zum Theile von Interesse, zum Theile von Liebhaberei getragen, wurden die guten Eigenschaften des Portland-Cements oft weit über alles Maaß erhoben und die des Roman-Cements in eben dem Verhältnisse herabgebrückt. So wurden die obigen Zerdrückungs-Proben von Portland-Cement vergleichungsweise mit Roman-Cement aus derselben Fabrik angestellt, woraus sich dann ergab, daß die Zusammenhaltungskraft des reinen Portland-Cements dreimal größer war als die des Roman-Cements, des mit 2 Theilen Sand gemengten gar 15 mal, und des mit 3 Theilen Sand gemengten 8 mal größer war als die von Roman-Cement.

Da die Bereitungsweise beider Cemente nicht angegeben war, da die Fabrik, welche das Roman-Cement lieferte, den bedeutendsten Handel mit Portland-Cement treibt, so läßt sich aus diesen Experimenten kein sicherer Schluß für die Praxis ziehen; denn wir kennen die Güte des angewandten Roman-Cements gar nicht, und die Experimente sind so im allgemeinen angegeben, daß man sie als wissenschaftlich praktisches Resultat gar nicht brauchen kann. Generalmajor Pasley hingegen hatte

bei allen seinen Versuchen kein anderes Interesse als die Wahrheit, und konnte kein anderes haben, da er nicht für Gewinn arbeitete, sondern für die Welt.

Leider hat er keine Zerdrückungsversuche angestellt. Glücklicherweise hat man aber in den Regents-Canal-Eisenwerken des Hrn. Grissell auch Adhäsions-Versuche angestellt, und diese lassen sich deßhalb mit Generalmajor Pasley's Versuchen recht gut vergleichen.

Nach den Versuchen in den Regents-Canal-Eisenwerken hing das Roman-Cement am stärksten am Portland-Kalk und zwar mit einer Kraft von 146 Pfd., dagegen Roman-Cement nur mit einer Kraft von 25 Pfund.

An den Bramley-Fallsteinen brachen 36 Pfd. auf den Quadratzoll den Stein und einen Theil der Fuge ab, während bei demselben Experimente Pasley's mit dem Harwich-Cemente (Roman-Cement), das nur an den Rändern fest war, der Stein brach, ohne daß die Fuge im geringsten beschädigt wurde.

Die Adhäsivkraft des besten Roman-Cements war hier bei einer Quadratfläche von 1131 Quadratzollen, in Beziehung auf den weichen |277| innern größten Theil der Cementfläche auf 50 Pfd. per Quadratzoll herabgesunken, während bei den Versuchen in Hrn. Grissell's Eisenwerken bei einer kleinen Oberfläche von nur 36 Quadratzollen selbst mit Portland-Cement ein Theil des Steines und der Fuge mit 36 Pfd. nachgab.

Wenn die Fuge durchaus trocken geworden ist, rechnet Pasley 125 Pfd. Widerstand auf den Quadratzoll und er kam nach allen seinen mühevollen und umsichtigen Versuchen zu dem Resultate, daß sein Portland-Cement dem besten natürlichen Cemente, Roman-Cement aus Francis' und Whites's Fabrik völlig gleich komme, wenn es dasselbe nicht in manchen Fällen übertreffe, und darauf kann man sich in der Praxis ganz gut verlassen. Das natürliche Cement hat in jedem Falle mehr adhäsive Kraft, als die besten Ziegelsteine und selbst manche natürliche Steine Cohäsionskraft besitzen, wie z.B. der Bramley-Fallstein. Um Cementmauern niederzureißen, mußte man Schießpulver anwenden, und als die Mauer niedergerissen wurde, welche zur Verwahrung des Eingangs des Themsetunnels angelegt wurde, während die Fortsetzung der Arbeit im Stocken war, gaben weit eher die Ziegelsteine als die Cementfugen nach.

Im allgemeinen brauchen, wie wir schon erwähnt, Steinfugen von großer Oberfläche eine viel größere Zeit zum Erhärten als kleine, und in dieser Hinsicht gibt Pasley die Regel:

Die adhäsive Kraft der Cemente darf nicht nach der Oberfläche der Steine gerechnet werden, was nur angeht, wenn alle Fugen von gleichem Inhalt und von gleicher Zugänglichkeit für Luft sind. In der That verhält sich die adhäsive Kraft jeder Steinfuge gerade wie das Alter des Cements und verkehrt wie die Oberfläche der Fugen.

Mit der Verfertigung von Portland-Cement beschäftigen sich vorzüglich neben der Blashfield'schen Fabrik: John Bazley, White, and Sons, Millbank-Street, London.

Die Engländer haben sich auf genaue analytische Untersuchungen ihrer Cemente gar nicht eingelassen. Was von ihnen nicht gethan worden, ist von Franzosen und Deutschen geschehen.

Das Portland-Cement ist indessen noch so unbekannt, wie wir im Eingang unserer Abhandlung bewiesen, daß man in Schriften nicht einmal seinen Namen, viel weniger seine Verfertigung und Analyse findet. Professor Pettenkofer in München war der erste, der eine genaue Analyse des Portland-Cements im Jahre 1849 in seinem Laboratorium |278| machen ließ, um den Unterschied zwischen dem bayerischen natürlichen Cemente und dem englischen Portland-Cement herauszufinden.³⁸⁾ Die Zusammensetzung ergab sich in folgender Weise:

Kalk	54,11	
Bittererde	0,75	
Kali		
Natron	1,10	
1,66		2,76 Alkalien
Thonerde	7,75	
Eisenoxyd mit Spuren von Manganoxyd		
5,30		
Kieselsäure	22,23	
Kohlensäure	2,15	
Phosphorsäure	0,75	
Schwefelsäure	1,00	
Sand	2,20	
Wasser	1	

100,00.

Der starke Natrongehalt ist hier vor allem auffallend, und Pettenkofer schreibt diesem Natrongehalte die vorzüglichen Eigenschaften zu, welche das englische Portland-Cement vor dem gewöhnlichen in Bayern bereiteten natürlichen hydraulischen Cemente auszeichnen.

Ein gleichfalls unter Pettenkofer's Leitung analysirtes bayerisches Cement hatte folgende Zusammensetzung:

Kalk	52,11	
Bittererde	3,05	
Kali	1,00	
Natron	0,25	
Thonerde	3,38	
Eisenoxyd mit Spuren von Manganoxyd	3,20	
Kieselsäure	20,82	
Kohlensäure	4,75	
Phosphorsäure	2,55	
Schwefelsäure	0,57	
Sand	1,90	
Wasser	6,00	

Dieses Cement war aus der Kreide oder vielleicht auch den jurassischen Mergeln der bayerischen Vorgebirge um Tegernsee gebrannt und hatte das unerwartet geringe specifische Gewicht von 2,723, während das Portland-Cement ein specifisches Gewicht von 3,05 besitzt. [279]

Das geringe specifische Gewicht, der große Kohlensäure- und Wassergehalt zeigen, daß der Mergel nicht genug gebrannt war, und das Pulver durch Liegen an der Luft schon abzustehen anfing.

Ich habe mich durch zahlreiche Proben überzeugt, daß wir in unserem bayerischen Vorgebirge vom Bodensee bis an die östliche Gränze unerschöpfliche Mergellager besitzen, von mir Fucoiden-Kalkmergel genannt³⁹), von welchem mehrere Schichten richtig gebrannt, eben so schnell erhärtendes Cement geben als das Portland-Cement selbst.

Leider beschäftigen sich mit der Bereitung dieses wichtigen Handelsartikels gewöhnlich Leute, welche mit den Bedingungen, unter welchen hydraulischer Kalk erzeugt werden kann, nicht oder

nicht hinreichend bekannt sind. Das Gelingen ihrer Operation hängt deßhalb vom Zufalle ab, so daß bald gutes bald schlechtes Product in den Handel kommt.

Die oben angegebenen einfachen Merkmale Pasley's zur Erkennung eines guten hydraulischen Cementes dienen natürlich auch zur Erkennung von hydraulischen Mergeln nach dem Brennen. Im allgemeinen kann auch die sinnreiche Bemerkung von Schnitzlein und Frickhinger 40) leiten, daß, da die Ericeen Kieselpflanzen sind, folglich, wo auf kalkigem Boden Ericeen vorkommen, ein Kalkmergel zu erwarten sey.

Die Mergel müssen zuletzt noch durch Brennen in verschiedenen Hitzegraden geprüft werden, und diejenige Hitze, deren Product die Pasley'sche Probe am besten besteht, auch bei dem Brennen im Großen so genau als möglich eingehalten werden.

Daß die specifische Dichtigkeit des Cementes wächst je stärker die Hitze beim Brennen war, ist begreiflich, und so fand auch Pasley, wie wir oben gemeldet, daß abgestandener Medwaython ein schwieriger zu pulverndes, also dichteres Product lieferte als frischer Thon, obwohl er auch gutes Cement von Lehm aus Lehmgruben erhielt, wenn er nur fein genug vertheilt war. Daß ein Natron- und Kaligehalt als eine Art von Flußmittel eine Art von Sinterung noch unter gewöhnlichen Hitzegraden veranlassen müsse, wie Prof. Pettenkofer sehr schön in seiner oben erwähnten Abhandlung dargethan, ist einleuchtend, und in |280| dieser Hinsicht wäre der Thon des Medwayflusses seines wahrscheinlichen Natrongehaltes halber zum Portland-Cement der geeignetste. Von großem Interesse würde die Analyse aller Thonarten seyn, welche in England zu künstlichen Cementen verwendet werden. Ich hoffe diese Arbeit mit der Zeit durchführen zu können, oder wenigstens zu veranlassen daß sie ausgeführt werde.

Künstliche hydraulische Cemente nach Art des Portland-Cementes zusammensetzen, würde sich in Bayern bei seinem Reichthum an hydraulischen Mergeln der Mühe, noch mehr der Kosten nicht lohnen.

Schon in England ist das Portland-Cement bedeutend höher im Preise als das Roman-Cement. Wenn der Bushel von Roman-Cement in der Blashfield'schen Fabrik 1 Shill. 6 Pence kostet, so kommt der Bushel Portland-Cement auf 2 Shill. 3 Pence und in andern Fabriken auf 2 Shill. 6 Pence zu stehen.

Ueber das englische Concrete .

Concrete (künstlicher Stein) der Engländer, ist eine Art Béton der Franzosen. Es besteht aus einem Gemenge von gewöhnlichem Mörtel mit größern Steinen, Grus, das man in verlorenen Formen oder Verschalungen aus Holz (unsere Gußmauern) oder in bleibenden, aus Ziegel- oder Quadermauern (unsere Futtermauern) bestehend, erstarren läßt.

Die Römer, die Mauren und auch die alten englischen, deutschen Baumeister wendeten diese Art von Stein zu ihren Bauten an. Man findet Mauern alter Burgen im Norden nicht selten zum Theil wenigstens aus diesem Gemenge bestehend, z.B. Kendal Castle; auch mehrere ältere und neuere Werke handeln vom Béton, z.B. Belidor; indessen war dieser Mörtel in England in der neuesten Zeit ganz vergessen, bis ihn ein Zufall wieder, seit etwa 1812, zu Credit und sogar in die Mode brachte.

Als die Arbeiter den Grund für einen der Pfeiler der Waterloo-Brücke ausgruben, fanden sie den Grund gerade hier aus einem festen Conglomerat von Grus bestehend, während der letzte im übrigen Theile des Flußbettes vollkommen lose war; Nachforschungen ergaben sehr bald, daß an dieser Stelle ein Schiff mit einer Ladung von Aetzkalk versunken sey, der sich während des Löschens in einem breiartigen Zustande zwischen die losen Rollsteine gelegt und erhärtend dieselben zu einem

Conglomerate verbunden hatte. Der bekannte Baumeister dieser Brücke, John Rennie, erzählte diesen Vorfall dem gegenwärtigen Sir Robert Smirke. | 281 |

Die größte Strafanstalt in London an dem linken Ufer der Themse, Millbank Penitentiary, war auf einem sehr sumpfigen Grund erbaut, die Grundmauern eines Theiles des Gebäudes begannen deßhalb zu sinken, als der zu Rath gezogene Sir R. Smirke beim übrigen Theil des Gebäudes, sich an Rennie's Bemerkungen erinnernd, den Grund aus einem Gemenge von Kalk und Gerölle goß, eine Methode die sich so sehr bewährte, daß dieser Baumeister den Grund zu allen seinen Bauten aus Concrete machte, die nie ihren Dienst versagten. Das neue schöne Customhouse (Zollhaus) im Hafen von London 1814 auf einem Pfahlrost erbaut, gab ein neues Beispiel der guten Dienste, welche das Concrete zu leisten im Stande ist. Der mittlere Theil des Pfahlrostes war gesunken und zwar so, daß der Boden des im Mittlern Theil des Gebäudes befindlichen 190' bei 66' haltenden langen Saales einstürzte und das ganze Gebäude in Gefahr gerieth.

Sir Robert Smirke wurde in diesem mißlichen Falle zu Rathe gezogen, und um nur wenigstens die Seitenflügel zu erhalten, unterbaute er alle Mauern in einer Breite von 12 Fuß mit Concrete, das er auf dem Geschiebe des Grundes in einer Tiefe von 12 Fuß aufsetzte, so daß die gegenwärtige Fronte des Gebäudes von seiner Restauration herrührt.

Seit dieser Zeit wurde das Concrete von allen Architekten nicht allein zu Grundbauten, sondern auch zu Füll- und Hinterbauten (Futtern) von Werft-Mauern und Kai's, ja zuletzt sogar zu künstlichen Steinen und ganzen Mauern, Gewölben und Häusern angewendet.

Nach Smirke's Vorgang ist das Concrete gewöhnlich aus frisch gebranntem und fein gepulvertem Kalke bestehend, der trocken mit Grus und Sand gemengt wird, worauf man erst Wasser hinzufügt und das Ganze so rasch als möglich von zwei Arbeitern in der Nähe des ausgegrabenen Grundes zu einem steifen Brei anrühren läßt, der dann ohne Säumen so rasch als möglich von einem temporären Gerüste und so hoch als möglich in den ausgegrabenen Grund geworfen wird. Was sich durch den Fall nicht festgedrückt hat, wird geebnet und gerammt oder festgestampft.

Das Gemisch erhitzt sich mäßig während des Löschens des Kalkes, und beginnt so rasch anzuziehen, daß, wenn nur die Masse gehörig geebnet ist, man ohne Gefahr mit dem Mauerwerk auch des größten Gebäudes beginnen kann.

Man bedient sich hier stets des gewöhnlichen Kalkes, der nicht zu mager oder strong (stark) ist, wie ihn die Engländer nennen. Sie bezeichnen nämlich Mauerkalke, welche als Mörtel besser der Einwirkung | 282 | des Wassers widerstehen als reiner Kreide-Kalk, aber dennoch nicht für sich unter Wasser erhärten wie Cement – mit dem Namen Wasserkalke (waterlimes), und unterscheiden sie, je mehr sie sich dem Cemente nähern, durch das Wort stärker (stronger.) In London werden sie von den Maurern auch Steinkalk genannt, hie und da thonige Kalke. Alle diese Wasserkalke löschen sich noch mit Wasser, jedoch nicht ganz so rasch und aufschwellend⁴¹) als reiner Aetzkalk, und sie löschen sich desto langsamer, je mehr sie sich dem Cemente nähern.

Wenn man den gepulverten Aetzkalk dieser Wasserkalke mit etwa 1/3 Maaßtheil Wasser zu einer Kugel formt und sie ins Wasser legt, so dehnt sich die Masse aufschwellend aus und zerfällt zuletzt in Stücke. Das geschieht stets, jedoch früher oder später, je nachdem der Wasserkalk schwächer (fetter), oder stärker (mager) ist.

In England bilden ein häufig gebrauchter Kreidemergel, in der Nähe von Halling gebrochen, und der blaue Liaskalk die Gränzen von fettem Kalk und Cement.

Eine einzöllige Kugel von Halling-Kalk schwillt während 1 1/2 Stunden unter Wasser zu ihrem doppelten Durchmesser auf, wird also achtmal größer und fällt dann sogleich in Stücke, und zwar unter Entwicklung von so viel Hitze, daß das Wasser in dem Gefäße warm wird.

Der blaue Liaskalk dagegen, in derselben Weise behandelt, zieht unter Wasser rasch an, und nur mit der Zeit, das heißt nach mehreren Tagen, beginnt er etwas zu schwellen, was sich durch zahlreiche Risse an der Oberfläche kund gibt, worauf er zuletzt auch in Stücke fällt.

In England gehören zu den Wasserkalken alle gefärbten Kreide- oder Kalksteine. Die aus der Kreideformation geben die schwächsten, die aus der Liasformation die stärksten Wasserkalke.

Die obere Kreide, weiße Kreide, gibt reinen Aetzkalk. Die untere Kreide (lower chalks, Kreidemergel) ist gefärbt, gewöhnlich grau oder blaulich-grau (grey chalks) und gibt wegen ihres obwohl geringen Thongehalts Wasserkalk. | 283 |

Dahin gehören in England vorzüglich die geschätzten Halling-Kalksteine am linken Ufer des Medway-Flusses oberhalb Rochester, auch bei Burham am rechten Ufer desselben Flusses; dann der Dorking- oder Merstham-Kalk aus derselben Gegend. Alle diese Kalke gehören zu den schwächsten Wasserkalken; da hingegen die blauen Liaskalke von den entgegengesetzten Ufern des Bristol-Canals bei Watchet in Sommersetshire und Aberthaw in Glamorganshire, dann noch zu Lyme Regis in Dorsetshire die stärksten Wasserkalke bilden.

Sie vertragen im umgekehrten Verhältnisse ihrer Thonerdegehalte weniger Sand, während der reinste Kreide-Kalk die größte Quantität verträgt. So hat Pasley aus einer Menge von Versuchen den Schluß gezogen, daß 1 Kubikfuß frisch gebrannter Kalk, in Stücken nicht größer als eine Mannsfaust, der 35 Pfund wiegt, mit 3 1/2 Fuß gutem scharfem Flußsand und ungefähr 1 1/5 Kubikfuß Wasser wohlvermengt 3 1/2 Kubikfuß des besten Mörtels gaben, der mit diesem Kalke hervorgebracht werden kann.

Die Maurer in England gebrauchen indessen weniger Sand, 2 Theile nämlich zu 1 Theil Kalk, weil sie weniger Mühe im Mengen haben, rascher fertig werden, und der Kalk leichter zu verarbeiten (länger oder zäher) wird, obwohl diese Mischung nicht so gut ist als die erste.

Unerläßlich ist, daß das Concrete-Fundament stets breiter sey als die Mauern, die darauf gesetzt werden. Bei großen Gebäuden pflegt man auch die ganze Grundfläche, welche das Gebäude einnehmen soll, mit dem Concrete auszufüllen. Die erfahrensten Baumeister stimmen darüber überein, daß das Concrete nie weniger als 4 1/2 Fuß Tiefe haben soll, eben so braucht es nie tiefer als 6–7 Fuß zu seyn, wenn man nicht etwa in etwas größerer Tiefe auf einen festen Grund gelangen kann.

Der Nutzen des Concrete schien so schlagend, daß man bei seiner Anwendung zu Grundmauern nicht mehr stehen blieb. Der Architect Thomas Cooper zu Brighton hatte den kühnen Gedanken, die ganze Mauer gegen die See an der östlichen Klippe zu Brighton aus Concrete in einzelnen Theilen zu gießen, und zwar in derselben Weise wie der Tapia- und Pisé-Bau in Spanien und Frankreich seit undenklichen Zeiten ausgeführt wird.

Die Kisten oder Rahmen (Verschalungen), in welche das Concrete gegossen ward, waren 20 Fuß lang und 4 Fuß hoch, so daß man in dieser Weise eine Mauer in successiven Operationen zu Wege brachte, | 284 | die an manchen Stellen 60 Fuß hoch, unten 22 1/2 Fuß und oben 2 1/2 Fuß dick ist.

Hierauf folgte Ranger, der in zerlegbaren hölzernen Formen gewöhnliche Mauersteine und auch große Blöcke aus Concrete machte, und sich sein Verfahren patentiren ließ, was übrigens gar nichts

Abweichendes von dem bisher beschriebenen Verfahren hatte, ausgenommen daß er sich zum Anmachen des Gemisches des heißen anstatt des kalten Wassers bediente, was den einzigen Vortheil hat, daß das Gemenge schneller erstarrte, und man also weniger Formen nöthig hatte. Eine halbe Stunde nach dem Gießen aus den Formen genommen, müssen die Steine nur zwei oder drei Monate stehen bis man sie mit Sicherheit gebrauchen darf. Eine Menge Häuser wurden in London aus diesen Steinen erbaut, wovon ich nur das berühmte Collegium der Chirurgen (College of Surgeons), Lincolns-Inn-Fields, anführen will.

Der Admiralitäts-Architekt Taylor hatte ferner den riesigen Gedanken, die größten Kais- und Schiffswerftmauern aus den künstlichen Steinen nach Ranger's Patent aufbauen zu wollen. Er führte seine Idee auch aus, nur daß er, was unerläßlich war, die der See ausgesetzte Seite seiner Mauern in den Docks mit Granit bedeckte und schützte.

Ja sogar ein Gewölbe für Casematten, 18 Fuß lang, 5 Fuß hoch und 6 Fuß dick über der Krone des Bogens, ward vom Anfang Februar bis 17. März zu Woolwich gebaut und zwei Monate darauf mit schwerem Wurfgeschütz und Kanonenfeuer geprüft; 13zöllige Bomben drangen nicht tiefer als einen Fuß in das Gewölbe, obwohl das Innere desselben noch ganz weich war.

Die Vorschriften Ranger's und andern in Hinsicht auf die Mischungsverhältnisse sind 6–8 Theile Grus und Sand mit 1 Theil gepulverten und gesiebten Aetzkalks. Mergel mit hydraulischen Eigenschaften vertragen weniger Sand.

Es ist durchaus nothwendig, daß der Sand aus größern Steinen, Grus und aus kleinern Sandtheilchen bestehe, sonst erhält man auf einer Seite nichts als Mörtel, auf der andern Seite würde gar kein Zusammenhalt bewirkt werden können.

In Hinsicht auf den gepulverten Kalk scheint es jedoch wohlfeiler und besser, wenigstens bei Mauern an der Luft, den Kalk zuvor zu löschen, mit feinem Sand zu Mörtel zu machen und dann erst den Grus mit dem Mörtel zu vereinigen. Die große Seemauer zu Brighton, von welcher wir oben sprachen, ist aus einem Concrete dieser Art [285] gemacht. Ja nach den sorgfältigen Untersuchungen Pasley's soll zu künstlichen Steinen durchaus kein gepulverter Aetzkalk genommen werden, weil er sich nie vollkommen und gleichzeitig löscht und nach der Hand während des allmählichen Löschens unganze Stellen im Steine veranlaßt.

Es ist hier wieder zu bemerken, daß die eigentlichen Cemente viel zu kostspielig sind, um, bestimmte Fälle ausgenommen, zu künstlichen Steinen und Concrete mit Vortheil verwendet werden zu können.

Nach Pasley's Untersuchungen sind die Steine aus Cement, wie wir schon früher gesehen haben, in Bezug auf ihre relative Stärke viel schwächer als selbst dichte Kreide, und Concrete aus gewöhnlichem reinem oder etwas mergeligem Kalke sind eben so fest als die, bei denen Cement angewendet worden ist.

Ein Gemenge aus 1 Maaßtheil Halling-Kalkpulver und 3 1/2 Maaßtheilen groben Sandes brach bei einem Gewichte von 211 Pfunden. Von dem blauen Liaskalk 1 Maaßtheil, 4 2/3 Maaßtheile Grus und 1 2/3 feinen Sandes brachen mit 188 Pfd.; also waren alle diese stärker, als die oben angeführten mit Cementpulver. Nach allen Erfahrungen kommt Pasley zu dem Schlusse: „Concrete, wenn es innerhalb gewisser Gränzen angewendet wird, ist ein sehr vorzügliches und brauchbares Baumaterial, vorzüglich z.B. zu Grundmauern auf sandigen Inseln, wo weder Ziegelthon noch Steine überhaupt zu haben sind, auch für Hinter-, Füll- und Böschungsmauern; ich halte es aber verwerflich für alle Frontmauern, die der Wirkung des Seewassers, der Ebbe und Fluth ausgesetzt sind, und würde selbst eine Ziegelmauer mit Cement angeworfen jedem künstlichen Steine vorziehen.“

Eine andere Art von Concrete wird in England erzeugt durch eine uralte Manipulation, die man grouting nennt. Es entstehen dadurch wahre Gußmauern, die gleichfalls schon im höchsten Alterthume verwendet wurden.

Man legte nämlich bei den Mauern aus irregulären Steinen gebildet nur die Außenmauern jeder Lage in Mörtel, füllte die Zwischenräume mit Steinen und Geschieben aus, und goß dann flüssig gemachten Aetzkalk entweder mit oder ohne Sand gemengt hinein, der alle leeren Räume ausfüllte und zuletzt die einzelnen Stücke zu einer sehr festen Masse zusammen kittete. So schritt man dann mit einer neuen Lage in die Höhe, bis die Mauer beendet war.

Auch diese alte Art der Mauerung wurde in den neuesten Zeiten bei den größten Bauten Englands aus Ziegelsteinen angewendet. Man |286| macht nämlich auf dem Theil der vollendeten Mauern ein Bett aus gewöhnlichem Mörtel und legt zuerst die Ziegelsteine der beiden äußern Seiten darauf, so daß eine Art Canal in der Mitte offen bleibt; man gießt nun Wasser über die Mauer, rührt dann den Mörtel mit so viel Wasser an, daß er ausgegossen werden kann, und gießt ihn rasch auf die ohne Mörtel gelegten Ziegelsteine, so daß er alle leeren Zwischenräume zwischen ihnen ausfüllt. Man hat nämlich häufig die Bemerkung gemacht, daß bei vielen Mauern die verticalen Fugen oft ohne allen Mörtel, also vollkommen trocken waren. Man sieht leicht ein, daß auf diese Weise alle Fugen mit Mörtel ausgefüllt werden müssen, und die Erfahrung hat gelehrt, daß dieser flüssige Mörtel alle verticalen Fugen mit derselben Kraft verbindet, als der gewöhnliche die horizontalen Fugen.

Die Mauern des brittischen Museums sind durch den oft genannten Baumeister Sir Robert Smirke in der eben beschriebenen Art mit Gußmörtel hergestellt worden. Bei der wenigstens 2 1/2 Ziegelsteine dicken Mauer wurde jede Lage mit Gußmörtel versehen, bei den schmälern Zwischenmauern wurde diese Operation jedoch nur bei jeder dritten oder vierten Lage angewendet.

Zum Schlusse will ich noch von einer Art von Fugenmörtel, in England sehr häufig angewendet, sprechen, da er dennoch für manchen Leser einiges Interesse haben könnte.

Da in England die meisten Mauern gewöhnlich keinen Anwurf erhalten, so werden die Steinfugen häufig und wohl am besten mit Cement herausgeputzt. In der Regel bedienen sich indessen die Maurer eines Fugenmörtels (pointing mortar) aus einem Theil Aetzkalk, 1 Theil Sand und 2 Theilen gesiebter Steinkohlenasche, der sehr fest wird und der Fuge ein etwas dunkleres Ansehen gibt.

Ein gewisser Martin aus Derbyshire erhielt im Jahre 1834 unterm 8. October ein Patent auf eine Mischung aus Aetzkalk, schwefelsaurem Eisenoxydul und Potasche. In Blashfields Fabrik kostet der Bushel 4 Shilling; im Jahr 1836 erhielt auch Troughton ein Patent für künstliche Steine.

Am meisten angewendet wird gegenwärtig Keene's Marmor-Cement, das im Jahre 1838 am 27. Februar für Keene, Wyne und Greenwood etc. patentirt wurde, das jedoch nur für Auskleidung innerer Räume gebraucht werden kann, da seine Grundlage Gyps ist.

Es beruht auf der zuerst von Pauware angeregten Kunst, den Gyps zu härten, indem man sein salinisches Wasser durch ein Salz ersetzt. Der Gyps wird nämlich gelinde gebrannt, bis er sein Wasser |287| verloren hat, und dann in Tröge mit Alaunlösung geworfen. Wenn er sich vollgesogen hat, wird er noch naß neuerdings in den Ofen gebracht und gebrannt. Die oben angeführte Firma, welche ihr Portland-Cement in London bereitet, ist auch Eigenthümerin von Keene's Marble-Cement geworden.

In Blashfields Fabrik kostet der Bushel 4 Shillinge und die allerfeinste Sorte in John Bazley White's Fabrik beinahe 8 Shillinge. Wahrscheinlich um mit Keene's Cement nicht in Collision zu kommen, nahm Vincent Bellman in London und Keating unterm 11. Februar 1846 ein Patent auf sein Parian-

Cement. Die Grundlage ist Gyps und die Bereitung des Parian-Cementes beruht auf denselben Principien wie Keene's Verfahren.

Indessen statt in Alaunlauge wirft er den seines Wassers durch Glühen beraubten Gyps in eine Lösung von 5 Pfund Borax oder gar Boraxsäure in 6 Gallons Wasser, gemischt mit einer Lösung von 5 Pfd. Weinstein in 6 Gallons Wasser. Wenn sich der Gyps vollgesogen hat, werden die Gypsstücke noch naß in den Ofen gelegt, der so geheizt ist, daß die Rothgluth bei Tage sichtbar ist. Nach 6 Stunden werden sie herausgenommen und dann gemahlen.

Alle diese empirischen Vorschriften haben Elsner's Untersuchungen überflüssig gemacht, und der mehrerwähnte Blashfield hat mehrere Clubhäuser in London mit einem Gypsmarmor ausgekleidet, der, was Härte und Schönheit betrifft, vom Marmor selbst kaum unterschieden werden kann, und einfach aus Gyps mit Leimwasser und ein wenig schwefelsaurer Zinkoxydlösung zusammengesetzt ist.

Anhang.

Ueber die Theorie des Erstarrens (Anziehens) und Hartwerdens der Mörtel und über den glänzenden Stucco der Alten.

Die Ursache der Erstarrung (des Anziehens) des Mörtels sowohl als des hydraulischen Kalkes hat noch immer keine genügende Erklärung gesunden.

Die Chemie beschäftigt sich vorzüglich mit der Wirkung von Körpern auf einander, die entweder durch Wasser oder Feuer in einen Zustand von vollkommener Flüssigkeit versetzt sind. Corpora non agunt |288| nisi soluta ist der alte Wahlspruch aller Chemiker und bei allen Lehren von chemischer Verwandtschaft wird dieser Flüssigkeitszustand der Körper stillschweigend vorausgesetzt.

Vollkommene Verschiebbarkeit der Molecule, ohne Veränderung ihres gegenseitigen Abstandes, also stabiles Gleichgewicht bloß in Beziehung auf die Entfernung der Molecüle von einander, und nicht in Hinsicht auf ihre Position, sind Grundbedingung des vollkommenen Flüssigkeitszustandes aller Körper, und gelten auch in Beziehung auf den Zustand von vollkommenen Lösungen.

Der zweite Zustand, in welchem die Körper erscheinen, der Zustand der Festigkeit, hat für den Chemiker bei seinen Operationen nur eine secundäre Bedeutung, und der dritte mittlere Zustand zwischen Flüssigkeit und Festigkeit ist einer speciellen allgemeinen Aufmerksamkeit noch kaum gewürdigt worden.

Er ist es aber gerade, wo das Verhalten der Körper nicht allein von der Stabilität des Gleichgewichtes in Hinsicht auf die Entfernung der Molecüle von einander abhängt, sondern wo sich der Einfluß der relativen Position der Molecule gegeneinander geltend zu machen beginnt.

Berthollet, der in seinem berühmten Werke (1803) Essai de statique chimique zuerst die Erscheinungen chemischer Verwandtschaftskräfte auf einfache mechanische Principien zurückzuführen versuchte, und unbestreitbar darthat, daß die Intensität chemischer Verbindungskräfte nicht allein von dem Grade der Verwandtschaft, sondern auch von der Masse abhängt, betrachtete den Einfluß von Flüssigkeit und Festigkeit bloß in Hinsicht auf die Verbindung einzelner Körper unter sich in bestimmten oder innerhalb gewisser Gränzen in unbestimmten Verhältnissen, und es muß deßhalb noch eine Lehre von den Verbindungen weicher Körper mit einander eine Staito-Chemie im Gegensatze zur Hygro-Chemie geschaffen werden, die namentlich für die Theorie der chemischen Verbindungen, wie sie aus dem großen Laboratorium der Natur hervorgehen, allein den Schlüssel liefern wird.

Es ist eine längst bekannte Thatsache, daß wenn man gewöhnlichen guten Mörtel in dünnen Lagen auf einer Steinfläche ausbreitet, oder diesen gewöhnlichen Mörtel nur mit größeren Steinbruchstücken oder auch Rollsteinen mengt, das Gemenge in wenigen Minuten seine Ductilität verliert und erstarrt, was man in der technischen Sprache in Deutschland anziehen, in England set (setting) nennt. Smeaton sagt sehr wahr: „Anziehen (setting) bezeichnet den ersten Schritt oder Grad [289] des Erhärtens; indessen bildet der Kalk, obwohl er seine Ductilität verloren hat, in diesem Zustande eine sehr zerreibliche Substanz.“

Stört man den Zusammenhang des Mörtels in diesem Zustande, nachdem er nämlich angezogen hat, so nimmt er seinen frühern Zusammenhang nicht mehr an, und er hat deßhalb seine Bindekraft verloren. Ganz dasselbe findet beim hydraulischen Kalke statt.

Es ist ebenso bekannt, daß als Sand jedes kleine Steinfragment von der Größe groben Sandes gebraucht werden kann. Die Römer bedienten sich zu dem glänzend Pointen Stucco, mit welchem sie ihre Zimmerwände überzogen, bloß des gröblich gepulverten Kalkspathes, oder auch krystallinischen Marmors der in den Werkstätten der Marmorarbeiter abfiel.

Vitruv gibt zur Verfertigung dieses Stucco-Mörtels die einfache praktische Vorschrift, den Sumpfkalk so lange mit dem Kalkspathpulver zu vermengen, bis er nicht mehr an der Kelle hängen bleibt. Dieß beginnt sich nach meinen Versuchen zu zeigen, wenn man unter einen Maaßtheil dicken Kalkbreies (gewöhnlichen Sumpfkalkes) gegen 3/4 Theile groben Marmorsandes mengt. Die Gränze tritt bei zwei Theilen Marmorpulvers ein. Da ist der Mörtel nach dem technischen Ausdrucke sehr kurz.

Vitruv's gibt im Capitel VI Buch VII die Anweisung dreierlei Lagen von diesem Stuccomörtel über einander zu legen. Die erste von dem gröbsten Marmorpulver, die zweite vom Mittlern und die dritte von dem feinsten, wobei jede Lage vor dem Auftragen der neuen fest, geschlagen (subactum) und wohl gerieben werden muß (Cap. III), dieß alles aus dem Grunde, daß der Ueberzug nicht reiße und zuletzt einen schönen Glanz annehme.

Bei den schönsten von mir untersuchten römischen und pompejanischen Stuccos konnte ich indessen nur zwei Lagen wahrnehmen, eine gröbere dickere und eine äußerst dünne feinere.

Nach meinen Versuchen ist ein Theil Marmorstaub das beste Verhältniß für den letzten feinern Ueberzug. Dieser eigentliche Stucco wurde noch auf einen Untergrund (arenatum) aufgetragen, der einsaugend wie die Ziegelsteine selbst war, und gröblichen Meeressand statt des Marmorstaubes als Bestandtheil hat. Vitruv will sogar auch diesen wie den Marmorstucco aus drei Lagen zusammengesetzt wissen. Statt des Meersandes kann man sich sehr wohl des Ziegelsteinpulvers bedienen. 1 Maaßtheil Sumpfkalk mit 1 1/2 Maaßtheilen groben Ziegelsteinpulvers geben nach meinen Erfahrungen auf einer [290] einsaugenden Ziegelsteinmauer einen sehr guten Grund; saugt die Mauer nicht gut, so muß man die Quantität des Ziegelsteinpulvers vermehren, sonst scheidet sich etwas Wasser aus, und die Oberfläche überzieht sich mit einer Kruste halb-kohlensauren Kalkes.

Auf einem der schönsten Ueberreste antiken römischen Stuccos, aus den Bädern des Titus, ist die Dicke des groben Marmorstuccos 8 Millimet., die der obersten feinsten Kruste 1 Millimet., denn es sind da nur zwei Lagen (coria). Die gröbsten Körner sind Kalkspath 1 1/2 Millimet. breit, 2 Millimet. lang; die häufigsten 1 Millimet. lang und breit, auch etwas wenigens größer. Dieser antike Stucco absorbirt Wasser auf der frischen Bruchfläche; hingegen die mit dem feurigsten Zinnober bedeckte polirte Oberfläche absorbirt nicht allein kein Wasser mehr, sondern wird nur schwer vom Wasser benetzt. Daß hier zwischen Kalk und Kalkspath in der kurzen Zeit von 2 Minuten eine chemische Verbindung vor sich gehe, ist nach dem gegenwärtigen Standpunkte unserer Kenntnisse nicht denkbar; die Erklärung des Erstarrens muß also auf rein mechanischem Wege geschehen.

Schon bei dem zähen Kalkbrei findet ein stabiles Gleichgewicht der Masse in Beziehung auf die Entfernung der Molecüle von einander nicht mehr statt, allein es wirkt hier auch stabiles Gleichgewicht in Beziehung auf die Position der Molecüle Mit, und deßhalb ist die Verschiebbarkeit der Molecüle nicht mehr absolut leicht.

Kommen nun die Anziehungskräfte fester Körper mit ins Spiel, bei denen Gleichgewicht in Rücksicht auf Position vorherrschend ist, so wird das stabile Gleichgewicht, von der Entfernung der Molecüle allein herrührend, das in dem zähen Kalkbrei an und für sich nur mehr untergeordnet auftritt, durch die Berührung des festen Körpers mit der durch die Masse vertheilten wenigen Flüssigkeit vollkommen aufgehoben und der Brei erstarrt in dem Verhältnisse, in welchem die innigste Berührung der festen Flächen mit dem Kalkbrei vollständig hergestellt ist. Darum vernichtet eine, in dem Erstarrungsmomente hinzutretende, wenn auch nur geringe Wassermenge, die Erstarrung ganz.

Beim Auftragen dieses Stuccos muß, wie bei jeder andern gröbern Sorte, der Stein auf den man ihn trägt, vollkommen naß und vom Wasser durchzogen seyn. Es darf aber kein überflüssiges Wasser vorhanden seyn, das den aufgetragenen Stucco verdünnt. In diesem letzten Falle schwillt der aufgetragene Stucco auf, verliert beim Anziehen sein körniges Ansehen, wird glatt, überzieht sich mit einer dichten glänzenden Kalkkruste und springt dann an diesen Stellen in viele Stücke.

Der mechanischen Wirkung des festen Körpers im Innern des |291| Stuccos kommt gar sehr äußere mechanisch comprimirende Kraft zu Hülfe. Ja der gewöhnliche Anwurf hat seinen Namen daher, weil er mittelst der Kelle mit Kraft auf die Mauer geschleudert oder geworfen wird. Hydraulischer Mörtel bleibt nur haften, wenn er noch überdieß nach dem Anwerfen mit der Kelle angedrückt wird. Darum erstarrt auch das Concrete rascher, wenn man es von einem Gerüste in den Grund wirft, und gewöhnlicher Mörtel erstarrt in Fugen gegossen, weil sich der Kalk, ehe er erstarrt, ausdehnt, und sich selbst gegen die Wände der Fuge drückt, was sich beim hydraulischen Kalk gerade umgekehrt verhält. Deßhalb schreibt auch schon Vitruvius vor, um die glänzende Oberfläche des Stuccos hervorzubringen, müsse man den Stucco während des Anziehens mit Stäben schlagen (*baculorum subactionibus fundare soliditates*) und wohl reiben. Und wirklich erstarrt während dieses Reibens die Oberfläche rasch zu einer beinahe spiegelglänzenden Kruste (wenn das Reiben nach Plinius mit glatten Steinen geschah) die zuletzt eine äußerst dünne Haut kohlen-sauren Kalkes trägt und nun vom Wasser nicht mehr benetzt wird, so daß es nur möglich ist, mit sehr zähen Farben auf diesen glatten Grund zu malen. Vitruv gibt im Cap. VI. Buch VII. die Vorschrift, die letzte Schichte durch fleißiges Reiben (*diligente tectoriorum fricatione*) zu glätten und dann erst die Farben aufzutragen, daß sie durch diesen Grund schönen Glanz erhalten. Er prägt indessen im dritten Capitel dem Leser wohl ein, daß die Farben noch auf die nasse Bekleidung (*udo tectorio*) gelegt werden müssen, sonst läßt sie die Farben fahren, wenn sie abgewischt wird.

Das Auftragen von Farben auf den geebneten, obwohl noch nassen Grund hat große Schwierigkeiten. Trägt man die Farbe mit Wasser angerieben auf, so macht sie entweder den bereits geglätteten Grund so flüssig, daß eine Politur unmöglich wird, denn der Kalk des Grundes vermischt sich mit der Farbe und macht sie lichter und unscheinbar. Ich trage deßhalb am liebsten die feingeriebenen Farben trocken mittelst Baumwolle auf, und glätte dann die gefärbte Oberfläche. Auch hier darf man wenn die Stelle fleckig wird, nicht mit Wasser nachhelfen oder nur höchst vorsichtig, denn dann reibt sich die Farbe während des Glättens nur allzuleicht von der benetzten Fläche weg und es erscheint der weiße Untergrund, auf welchem auch die trockene Farbe schwer haftet.

Selbst wenn man die Oberfläche färbt ehe man sie polirt, wie dieß beim Stucco der Römer fast immer der Fall war, so trägt man die Farbe am besten in Pulverform mittelst Baumwolle oder dergleichen

auf, denn |292| rührt man die Farbe mit Wasser an, so reicht das Wasser der Farbe hin die Oberfläche wieder flüssiger zu machen, und ihn am Erstarren zu verhindern.

Auf einer bereits erstarrten nicht mehr einsaugenden Oberfläche zieht ein zweiter Stucco-Auftrag nicht mehr an, so daß er sich glätten ließe. Die feinste letzte Decke beim Stucco muß deßhalb auf den geebneten, jedoch noch nassen gröbern Stucco aufgetragen und dann geglättet werden.

Zum Glätten, das erst beginnen darf, wenn der Stucco im Anziehen begriffen ist, bedient man sich nach Plinius glatter Steine mit etwas gewölbter Oberfläche, da beim Glätten nur ein kleiner Theil der geglätteten Steinoberfläche wirken darf, denn eine ebene glatte Oberfläche saugt sich sehr rasch am Steine fest, so daß man sie nicht mehr verschieben kann ohne den Stucco zu zerreißen.

Ich bediente mich anfangs zum Glätten einer Leiste oder eines Lineals von Spiegelglas, dessen einen Rand ich abrundete und polirte. Da mußte dann das Lineal schief gehalten werden, so daß nur ein kleiner Theil des Randes die zu polirende Stuccofläche berührte, und da gelang das Poliren am besten, wenn man das Lineal bloß in einer Richtung führte, nämlich mit von sich abgewendetem polirendem Rande gegen den Körper zu. Die polirte Fläche beginnt nach dem Anziehen in einigen Tagen zu schwitzen, wenn man den Stucco nicht zuvor festgearbeitet oder geschlagen hat, indem sich ein lichter Thau von Kalkwasser ausscheidet und auf die Oberfläche legt, der vorsichtig weggewischt werden muß, ehe er austrocknet und die polirten Flächen mit einer Kalkkruste überzieht. Auf diese Weise sind alle Wände der Alten in den römischen Bädern in Herculaneum und Pompeji überzogen. Ihr Glanz ist nach der Methode, die wir so eben angegeben, hervorgebracht und nicht durch Wachs. Ich habe überhaupt in ganz Italien nie Spuren von sogenannter enkaustischer oder Wachsmalerei gefunden, denn die Gemälde in Neapel, die man als Muster von enkaustischer Malerei anführte, waren erst in unsern Zeiten zum Theil mit Sandarach-Firniß überzogen worden, um sie vor den Einflüssen der Witterung zu schützen.

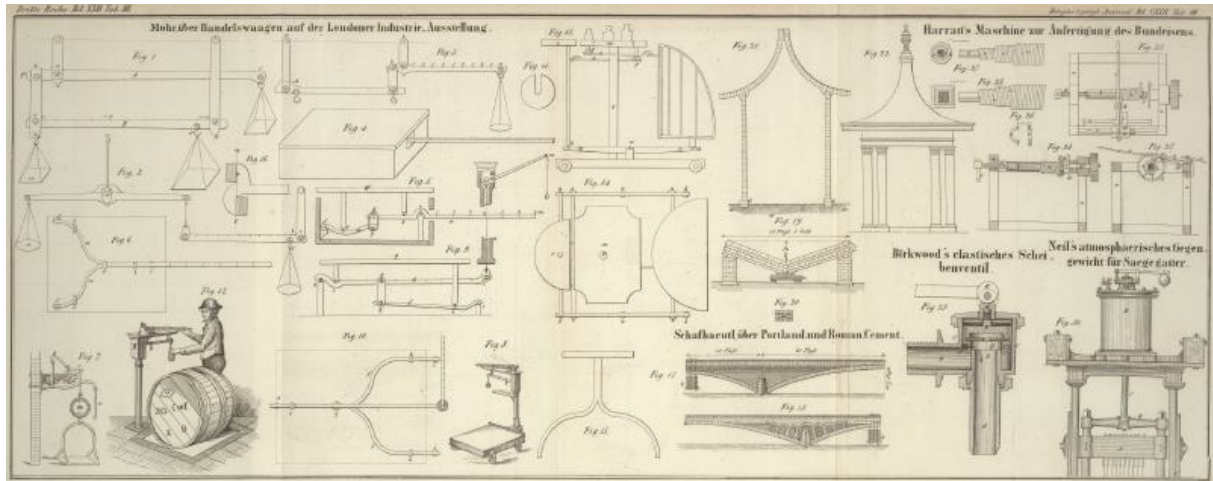
Obwohl alle Zimmer in den pompejanischen Häusern mit gefärbtem Stucco überzogen sind, so findet man doch nur geglätteten Marmorstucco in den vornehmen Zimmern, und unter diesen ist der weiße, rothe und gelbe Stucco der glänzendste. Der blaue mit Smalte erlangt nie den Glanz der oben angegebenen Farben. Ich fand auch mehrere verschieden |293| gefärbte Anwürfe oder auch bloß Anstriche übereinander, indem man z.B. ein grünes oder blaues Zimmer in ein rothes verwandelt hatte.

Die Farben sind alle Kalkfarben, und will man auf den bereits geebneten Grund malen, so muß man das Gemälde vollenden noch ehe der Grund hart geworden ist, und deßhalb so schnell als möglich arbeiten. Man findet daher auch bei den alten pompejanischen Gemälden, daß die Umrisse zu den Figuren mittelst eines stumpfen Griffels in den noch weichen Grund eingedrückt, also nach unserer noch üblichen Weise durchpausirt waren. Das Befestigungs- oder Bindemittel ist in allen bloß Kalk und wohl auch eine geringe Quantität hydraulischen Kalkes. Die Farben sind dick aufgelegt, aber alle brausen mit Säure betupft. Da der geglättete Grund sich nur schwer befeuchten läßt, so würde sich mit bloßen Wasserfarben in der kecken kräftigen Weise der Alten gar nicht malen lassen. Man muß sie deßhalb mit einem ätherischen Oele, etwa Spicköl, oder einem zähen Firnisse anmachen; gewöhnlich gebrauchten die Alten beim Ruß eine Art Gummi und Leim (glutinium).

Indessen auch mit Kalk und Cement befestigt halten die Farben nie so fest auf dem gefärbten Grunde als die Farbe des Grundes selbst auf dem noch nassen Mörtel. Ich fand, daß in Pompeji sich einige Farben mit Wasser aufweichen ließen, und Winckelmann und die Akademiker für die herkulanischen Entdeckungen hatten mehrere Gemälde mit Wasser von den polirten Wänden abgewaschen.

Der Staitochemie gehörte dann das Erhärten der hydraulischen Cemente unter Wasser an, das auf der chemischen Wirkung zweier oder mehrerer teigartiger Körper aufeinander besteht.

Die größere Dichtigkeit dieser chemischen Gebilde bedingt ihre Wirkung den flüssigen Körpern gegenüber, und eben diese größere Dichtigkeit ist es, die größere Nähe der Molecüle, welche eine im flüssigen Zustande oft schwache Verwandtschaft eines Körpers zur prädominirenden steigert, so daß eine der stärksten Basen, das Kali, im aufgelösten flüssigen Zustande der schwächeren Basis des Aetzkalks weichen muß, so lange sich die letztere im größeren Dichtigkeitszustande befindet.



Die Textdigitalisate des Polytechnischen Journals stehen unter der Lizenz Creative Commons BY-SA 4.0. Der Rechtestatus, beziehungsweise die Lizenz der Bilddigitalisate ist in den Metadaten der jeweiligen Objekte in den Digitalen Sammlungen der SLUB Dresden angegeben. Weitere Informationen finden Sie in unseren Nutzungsbedingungen.