

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 3/4 (1884)
Heft: 24

Artikel: Von der Wirkung einiger Zumischmittel auf den Portland-Cement
Autor: Tetmajer, L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-11954>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Project für die Innedecoration der Kirche zu Basserstorf. (Längsseite rechts.)

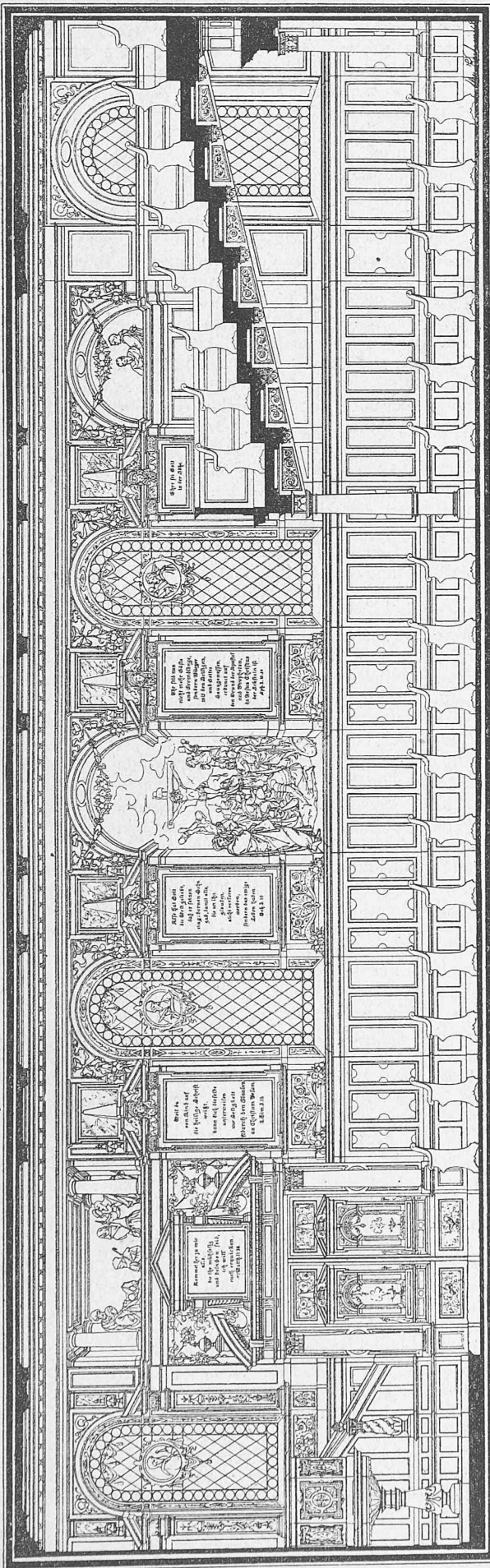


Photo-Zinkographie von J. Erni in Zürich.

Architect Alex. Koch in Zürich inv. 1884.

man die Darstellung der biblischen Erzählung von Jakob mit der Himmelsleiter sieht. (Vide beiliegende Tafel). Auf der Zwerggalerie Chorseite befinden sich zwei und je über den Eingangsthüren der Langseiten zwei weitere Szenen aus der biblischen Geschichte (die Zwerggalerie ist dann weiter nicht fortgesetzt). Die auf beifolgender Tafel (die wir der Güte der Redaction des „Builder“ verdanken) reproducirten Szenen sind links der „verlorene Sohn“, rechts „die Kinder bei Jesus“, während über der Thür rechts die „Anbetung der Hirten“ und links die „Tempelreinigung“ repräsentirt sind.

Ueberdies sind auf jeder Langseite noch zwei grosse Hauptbilder projectirt. Durch einen grossen Bogen, entsprechend den Fenstern und flankirt von zwei Tafeln sieht man rechts (vide nebenstehende Zeichnung), „die Kreuzigung“, links „die Himmelfahrt“, wie die übrigen figuralen Compositionen nach Cartons von Herrn Albert Freitag, Lehrer am hiesigen Gewerbemuseum.

Neben der Restauration im Innern zeigt der Grundriss noch einen Vorschlag für die Umänderung der Aufgangsstrepe zur Gallerie, die unter einer Verlängerung des Kirchenschiffes unter demselben Dache angebracht werden soll, da die jetzt bestehende ungeschützte Treppe zu steten Reparaturen Veranlassung gibt und auch hauptsächlich im Winter schwer zu begehen ist.

Von der Wirkung einiger Zumischmittel aufden Portland-Cement.

Von Prof. L. Tetmajer in Zürich.
(Nachdruck ist nur unter vollständiger Quellenangabe gestattet.)

Die diesjährigen Verhandlungen der Generalversammlung deutscher Cementfabricanten haben eine Reihe interessanter, in das Gebiet der Beurtheilung der Producte der Cementindustrie tief einschneidender Resultate an den Tag gefördert. Wie vorauszusehen war, absorbirte die Frage der Beimischung fremder Körper zum Portland-Cement auch diesmal das Hauptinteresse der Versammlung. Während jedoch im vorigen Jahre lediglich commercielle Rücksichten gegen das Mischverfahren geltend gemacht wurden, sind nun belangreiche Resultate wissenschaftlicher Forschungen in den Vordergrund getreten, die einerseits das Dogma der Unmöglichkeit der Verbesserung normaler Portland-Cemente durch Beimischung fremder Körper zahlenmässig erhärten sollen, andererseits berufen sind, eine strengere Definition des Portland-Cements abzugeben und die Anwesenheit etwaiger Zumischmittel auf mechanischem oder chemisch-analytischem Wege erkennen zu lassen.

Der Stellungnahme des Vorstands deutscher Cementfabricanten gegen das Mischverfahren verdanken wir in der That eine wesentliche Erweiterung unserer Kenntnisse der charakteristischen Merkmale der hydr. Bindemittel und wengleich die zur Zeit veröffentlichten Resultate die herrschenden Unbestimmtheiten in der Definition und Bezeichnung der fraglichen Bindemittel noch nicht völlig beseitigen, so kann man doch kaum im Zweifel sein, dass auf dem betretenen Wege einem dringenden Bedürfnisse entsprochen werden kann und sicherlich entsprochen werden wird.

Herrn Prof. Dr. R. Fresenius in Wiesbaden gebührt das Verdienst, in der Präcisirung der Definition unserer modernen Bindemittel bahnbrechend vorgegangen zu sein und Methoden geschaffen zu haben, um bestimmte Sorten von Zumischmitteln in Portland-Cementen mit Sicherheit erkennen zu können. Die Bedeutung der Fresenius'schen Arbeit steht ausser Frage — ihre practische Verwerthung ist jedoch mit commerciellen und bautechnischen Rücksichten so eng verwoben, dass bei der schliesslichen Feststellung der Grenzwerte diesen Rücksichten Rechnung getragen werden muss, wenn man nicht aus der Phase der herrschenden Unbestimmtheiten in eine lästige, die interessirten Kreise möglicherweise schädigende Ueberbestimmtheit verfallen will.

Auch in der Frage der Wirkungen diverser Zumischmittel zum Portland-Cement hat der Verein lebhaftes Thätigkeit entfaltet und stimmen auch die Ergebnisse unserer, bisher durchgeführten Versuche mit jenen des Hr. R. Dyckerhoff nicht überein, so müssen doch diese Untersuchungen als nützliche Beiträge zur Klarstellung der schwebenden Angelegenheit begrüsst und verdankt werden.

Das allgemein wissenschaftliche Interesse und die Bedeutung des Mischverfahrens für unsere Schweiz. Verhältnisse veranlasste eine möglichst umfassende Prüfung der Wirkungen bestimmter Zuschläge auf einige Portland-Cemente, und wenn unsere Resultate diejenigen anderer Experimentatoren nicht bestätigen, so kann dies lediglich nur in der Verschiedenheit der Versuchsarten, Hilfsmittel, namentlich aber in der abweichenden Auswahl und Behandlung der verwendeten Zumischmittel eine Begründung finden.

Bevor wir auf die Resultate unserer Arbeit näher eintreten sei gestattet, einige allgemeine Bemerkungen voranzusetzen, von welchen wir hoffen, sie genügen zur Kennzeichnung und Motivierung unserer Anschauungen und zur Stellungnahme in Sachen des Mischverfahrens.

Unseren Untersuchungen lag die Absicht etwas zu lernen, keineswegs etwas zu beweisen zu Grunde. Was wir brauchen ist die Wahrheit, die Feststellung eines Thatbestandes, unbekümmert ob diese die Interessensphäre einer Fraction berührt. Ist der Thatbestand festgestellt und bestätigt er eine lautgewordene Ansicht, so bleibt immer noch näher zu erörtern übrig, ob und welche commercielle, volkswirtschaftliche, in vorliegendem Falle auch bautechnische Folgen an die Verwerthung der Sache geknüpft sind. Wenn einerseits die sachliche Forschung die Klarstellung obwaltender Verhältnisse anstrebt, die Gewerbefreiheit jedermann in den Stand setzt, die gewonnenen Resultate nutzbar zu machen, so fordern anderseits Geschäftsreellität, ja volkswirtschaftliche Landesinteressen, dass jedes Fabricat mit der ihm zukommenden Bezeichnung auf den Markt gelange.

Dass sich das Mischverfahren kaum aus der Welt schaffen lassen wird, glauben wir auf Grund unserer Versuchsergebnisse füglich annehmen zu können; anderseits hegen wir die feste Ueberzeugung, dass auf dem Wege der Feststellung einer sach- und zeitgemässen Nomenclatur, durch Beobachtung einer unter allen Umständen erforderlichen Reellität in der Geschäftsbahrung alle streitigen Tagesfragen sich lösen und beilegen lassen.

Bei Beurtheilung der Wirkungen eines Zumischmittels auf den Portland-Cement hat man 2 Momente, von denen der eine lediglich *mechanisch-physikalischer* Natur ist, während der andere eine *chemische Umlagerung* der Moleküle bedingt, auseinander zu halten. Sowohl der mechanische als chemische Vorgang äussert sich zunächst in der Erhöhung der normen-gemässen Sandfestigkeit. Die mehrererseits beobachtete Erhöhung der fraglichen Sandfestigkeit eines Portland-Cements durch Zusatz inerter, meist specifisch leichterer Körper, wie Kalksteinmehl, läuft lediglich auf eine Reduction des schädlichen Einflusses der Volumenvergrößerung hinaus, welchen namentlich frisch gemahlene Cemente mehr oder weniger immer besitzen. Möglicherweise tritt bei einzelnen Cementen überdies eine Vergrößerung der Oberfläche der Kittsubstanz, also eine Erhöhung der Dichte mit hinzu. Dass ein Zusatz inerter Körper die nachtheiligen Einflüsse des äusserlich d. h. durch die Glassplitterprobe nicht constatirbaren Treibens reducirt, lässt sich durch Parallelversuche mit reinem und gemischtem Cement in frischem und gelagertem Zustande beweisen. Man wird finden, dass während bei frischer Waare der Zusatz von Kalkmehl eine Erhöhung der Festigkeitsverhältnisse erzeugen kann, dieser in der gelagerten Waare eine Abminderung nach sich zieht. Vergleichende Proben reiner und gemischter Cemente mit Staubhydrat oder Kalkbrei bestimmter Consistenz lassen keinen Zweifel darüber, dass der eventuellen Erhöhung der Sandfestigkeit eines Portland-Cementes durch Zusatz inerter Körper keinerlei chemische Molekularwanderung zu Grunde liegt.

Völlig anders verhält sich die Sachlage, sofern dem Portland-Cement innerhalb bestimmter Grenzen staubfein gemahlene Körper beigemischt werden, die verbindungs-fähige Kieselsäure enthalten. Hier tritt eine chemische Action ein, wodurch nicht allein die Festigkeitsverhältnisse des normen-gemässen Cementmörtels, sondern auch diejenigen gleichwerthiger *Cementkalkmörtel* oft überraschende Steigerungen erfahren.

Seit Veröffentlichung der verdienstvollen Arbeiten Le Chatelier's, Hauenschild's, Erdmenger's u. A. kann wohl ernstlich keinem Zweifel unterliegen, dass wenn überhaupt durch Beimischung verbindungs-fähiger Kieselsäure zum Portland-Cement eine Verbesserung desselben sich erzielen lässt, diese nur der Bildung eines anfänglich colloidalen Kalkhydrosilicats zuzuschreiben ist. Während der Uebergangsperiode aus dem colloidalen in den festen Aggregatzustand, also in den ersten Phasen der Erhärtung müsste, sofern auch die Annahme des colloidalen Zustandes des Kalksilicats stichhaltig ist, lediglich der, mit der wirksamen Kieselsäure dem Portland-Cement beigemengte Ballast zur Geltung gelangen, somit bei verschiedenen Cementen verschieden, in der Regel jedoch *abmindernd* auf die Festigkeitsverhältnisse des Mörtels einwirken. Unsere Beobachtungen bestätigen diesen Vorgang vollends; die 7 Tag-Proben zeigen meist erhebliche, mit dem Ballast wachsende Abnahmen der Festigkeitsverhältnisse der Mörtel gemischter Cemente, während bereits nach 28 tägiger Wassererhärtung das Umgekehrte eintritt. (Vergleiche insbesondere die Resultate mit Vigier-Cement.) Auch weisen die unter Anwendung von relativ geringer und reichlicher Wassermenge, ferner kräftiger und geringer Rammarbeit durchgeführten Parallelversuche unabweisbar darauf hin, dass zur thunlichsten Ausnützung des Wirkungsgrades eines bestimmten Zumischmittels eine möglichst innige Berührung der Theilchen anzustreben und nur jene Wassermenge zu verwenden sei, die zur Bildung des gesättigt-colloidalen Kalksilicats erforderlich ist. Uebersättigte Lösungen im Cementmörtel zeigen ähnliche Abminderungen der Festigkeitsverhältnisse wie der Kalkbreimörtel gegenüber dem steifen Mörtel aus Staubhydrat. Die Wassermenge, mehr noch die bei Erzeugung der Probekörper verrichtete Arbeit sind vom grössten Einflusse auf das Ergebniss der Festigkeitsproben. Es liegt sehr im Interesse der Uniformität der Versuchsausführung, namentlich der dringend wünschbaren Elimination aller persönlichen Einflüsse, dass bei Erzeugung der Probekörper als Einheit eine *bestimmte Arbeit* (kg, m) festgestellt werde, denn nur auf diesem Wege ist eine wirklich brauchbare Werthschätzung der hydraulischen Bindemittel zu erreichen. Ohne Einheit in der verrichteten Arbeit, die das specif. Gewicht der Probekörper bestimmt, bleiben nach wie vor die an verschiedenen Stellen erhobenen Zahlen unter sich unvergleichbar. Leider konnte unser neues Verfahren der Erzeugung der Probekörper (Apparate hiezu liefert die *mech. Werkstätte Hottinger & Comp. in Zürich*) gelegentlich der Untersuchung der Wirkungen der Zumischmittel noch nicht verwerthet werden, so dass den erhobenen Festigkeitszahlen und spec. Gewichten jene Mängel anhaften, die bei der Handarbeit trotz Controle und Disciplin unvermeidlich sind.

Zur Kalkhydrosilicatbildung im Portland-Cement liefert dieser selbst den nöthigen Kalk. Dass Portland-Cemente in der ersten Erhärtungsperiode Kalk absondern ist heute ziemlich allgemein anerkannt. Immerhin dürften insbesondere zwei Beobachtungen aus neuester Zeit der Mittheilung werth erscheinen. Wir haben nämlich an grossen Bétonwürfeln selbst bei sehr scharfgebrannten, künstlichen Portland-Cementen (spec. Gewicht 3.1—3.2) blumenkohlartige ca. 6—8 mm hohe Ausblühungen gefunden, die sich als Kalkcarbonate erwiesen. Interessanter, weil die Wirkung granularer Hochofenschlacke in grossem Stile constatirt werden konnte, ist die Wahrnehmung, die am Ausstellungs-objecte des Herrn Rob. Vigier, an der Bétonbrücke der Schweiz. Landesausstellung,¹⁾ gemacht werden konnte. Vigier

¹⁾ Vide Schweiz. Bauzeitung Bd. II, No. 20.

verwendete als Bogenmaterial ein Gemenge von Portland-Cement und granulirter Hochofenschlacke, während die Widerlager aus einem, aus Flusssand und Geschieben erzeugtem Béton ausgeführt wurden. Die Widerlager sind mit der Zeit weisslichgrau geworden; stellenweise zeigen sie beachtenswerthe Ablagerungen von kohlen-saurem Kalk, während der Bogen auf die ganze Länge dunkelgrau geblieben und die tropfsteinartigen Ablagerungen nirgends zu finden waren. Freier Kalk im Portland-Cement und verbindungsfähige Kieselsäure im Zumischmittel sind die Grundbedingungen und die entscheidenden Momente in der Frage des viel besprochenen Mischverfahrens. Wie einerseits die Auswahl des Zumischmittels mit einigen Schwierigkeiten verbunden ist, ist andererseits die Fähigkeit und das Mass der Verbesserung an bestimmte Bedingungen geknüpft und es fällt bei verschiedenen Portland-Cementen sehr verschieden aus. Das procentuale Mass der durch die Kalkhydrosilicatbildung bedingten Verbesserung eines normalen Portland-Cementes lässt sich indessen in keinem Falle mit Sicherheit zahlengemäss feststellen, da zweifellos neben der chemischen stets auch mechanische Einwirkungen, die nicht ausgeschieden werden können, nebenherlaufen.

Gestützt auf unsere Erfahrungen halten wir die Verbesserung eines Portland-Cementes durch Zusatz fremder Körper erreicht, wenn derselbe bei angenäherter gleicher Rammarbeit während der Erzeugung der Probekörper, gegenüber dem unvermischtem Cemente keine Abminderung der Zug- und Druckfestigkeit des normgemässen Mörtels mit und ohne Kalkzusatz zeigt. Die Verbesserung steht jedoch ausser Frage, sofern die Sandfestigkeit des gemischten Cementes mit und ohne Kalkzusatz eine nennenswerthe Erhöhung erfahren hat. In zweiter Linie bleibt dann noch zu berücksichtigen, dass durch Zusatz *wirksamer* Körper gewisse, mit der Sprödigkeit des scharf gesinterten Cementes verbundene Unarten gemildert, die Tendenz zum Treiben geneigter, hochkalkiger Cemente völlig gehoben, der Cement sicherer und zuverlässiger gemacht werden kann.

Die Wirkung der Zuschläge fremder Körper zu Portland-Cement ist mit vier verschiedenen Stoffen an fünf verschiedenen Cementen studirt worden. Die erste und umfassendste Untersuchung ist nach den hier üblichen Methoden, ausgedehnt auf vier bis sechs Altersclassen (zwei Jahre), durchgeführt. Hierauf ist eine Serie von Versuchen mit relativ viel Wasser und geringer Rammarbeit (leichtes Einstampfen) eingeleitet und erledigt worden, da hier wegen des colossalen Umfangs, die diese Arbeiten an und für sich annahmen, bloss eine Altersklasse, nämlich die 4 wöchentliche, als massgebende Probe in Aussicht genommen werden konnte. Die Wirkung der Zumischmittel erschöpfend darzulegen, hat den Berichtersteller veranlasst, auch die relative *Kieselfestigkeit* der gemischten und reinen Portland-Cemente festzustellen. Die dritte Versuchsreihe betrifft somit die Bétonfestigkeit, welche in zwei Altersclassen, nämlich nach 28 und 210 tägiger Wassererhärtung, erhoben wird.

Die Zumischmittel, welche in nachstehenden Zusammenstellungen mit ZNI, ZNII, ZNIII und ZNIV bezeichnet, sind zumeist zusammengesetzte Körper. So ist

ZNI reine Hochofenschlacke,

ZNII eine Schlackencomposition,

ZNIII und ZNIV repräsentiren Zumischmittel mit besonderer Reichhaltigkeit an verbindungsfähiger Kieselsäure.

An Portland-Cementen sind den Versuchen unterworfen:

- A Portl.-Cement v. *Rob. Vigier* in Luterbach b. Solothurn,
- B " v. *Vorwohle*,
- C " v. *Dyckerhoff*, Langsambinder,
- D " v. *Dyckerhoff*, Mittelbinder,
- E " v. *Schifferdecker*.

Sämmtliche Cemente sind bis auf 2% Gyps garantirt rein.

Portland-Cement von *Vorwohle* ist staubfein, durch Absiebung des Ballastes am 5000. Sieb, gewonnen. Ebenso gelangt der Cement von *Schifferdecker* als Handelswaare, ferner abgesiebt zur Verwendung. Die Behandlung der staubfeinen Cemente bezweckt das Verhalten der Zumisch-

mittel speciell an den wirksamsten Theilchen einer Handelswaare festzustellen.

In erster Linie schien es nöthig, das Verhalten der Hochofenschlacke I zu Kalkhydrat zu studiren, namentlich um die lückenhaften literarischen Producte über diesen Gegenstand zu ergänzen. Einzelne, allerdings tendenziöse Kundgebungen widersprechen den bisherigen Erfahrungen; es fehlt ihnen jede bestimmte, fassbare Grundlage und sie wären schon deshalb besser unterblieben, weil sie einige im Aufschwunge begriffene, sicherlich berechtigte Industrien verdächtigen und damit schädigen. In fraglichen Kundgebungen wird insbesondere der Kieselsäure der Schlacke, ohne Rücksicht auf die Qualität derselben, die Fähigkeit abgesprochen, sich mit dem Kalke zu verbinden, weil nicht einzusehen sei, wesshalb die Kieselsäure die im Feuer geschlossenen Verbindungen aufgeben werde; andererseits wird auf die Gefahren, die die Schwefelmetalle, insbesondere auch das Schwefelcalcium der Schlacken mit sich bringen eindringlichst aufmerksam gemacht.

Diesen Aeusserungen gegenüber ist geltend zu machen, dass bei Auswahl der Schlacke allerdings besondere Vorsicht, Sach- und Fachkenntniss nöthig ist, dass ferner die Schlacke, das Silicat als solches, ohne Vorbereitungen überhaupt nicht verarbeitet werden kann. Zu diesen Vorbereitungen gehört in erster Linie das *Granuliren*, wodurch eine theilweise Umlagerung der Moleküle, eine partielle Zersetzung der im Feuer gewonnenen Zusammensetzung der Schlacke herbeigeführt wird. Verbindungsfähige Kieselsäure muss ausgeschieden werden, während andererseits ein meist erheblicher Theil des *Schwefels* oxydirt, resp. in Form von Schwefelwasserstoff entweicht, wie jedermann weiss, der je mit einem Hochofen in Berührung gelangt, die Granulirung sah oder Schlackenproben genommen hat. Dass durch Granulirung basischer Hochofenschlacken verbindungsfähige Kieselsäure ausgeschieden wird, lässt sich durch vergleichende Festigkeitsproben mit der nämlichen Schlacke in granulirtem und ungranulirtem Zustande hinreichend beweisen. Während nämlich Aetzkalkhydrat auf nicht granulirtes Schlackenmehl nur oberflächliche Einwirkung zeigt, bindet granulirte Schlacke das Kalkhydrat sehr energisch ab und es zeigt der dadurch entstandene Cement Eigenschaften, die den bekannten thonerde- und eisenoxydar-men, kieselsäurereichen, französischen Cementen und hydraulischen Kalken (*chaux du Teil*) völlig analog sind.

Folgende Versuchsreihen erhärten das Gesagte.

Mischungsverhältnisse: granulirte, nicht granul. Schlacke

Zugfestigkeit nach: 7 Tagen, 28 T.; 7 T., 28 T.

57,2 Staubhydrat: 42,8 ZNI: 300 Sand 13,3 kg, 23,5 kg; 2,5 kg, 5,9 kg.

66,7 Staubhydrat: 33,3 ZNI: 300 Sand 10,3 kg, 17,0 kg; c. 1,4 kg, 4,7 kg.

Zweite, ältere Probe mit fertig gelieferter Mischung.

für granulirte, für nicht granulirte Schlacke:

Mörtel 1:3 zeigte:	Zug.	Druck.	Zug.	Druck.
nach 7 Tagen:	9,2 kg;	83,4 kg;	nicht bestimmbar = 0,0 kg p. cm ² .	
nach 28 Tagen:	15,5 kg;	124,1 kg;	7,2 kg;	31,5 kg p. cm ² .

Wie kräftig der Mörtel 1:3 aus Staubhydrat (aus schwach hydraulischem, im Wasser zerfallenden Schwarzkalk) mit der granulirten Hochofenschlacke werden kann, zeigen folgende Versuchsreihen:

Schlackengehalt:	25 %	50 %	75 %	100 %.
Erhärtungsdauer:	7 Tage, 28 T.	7 T. 28 T.	7 T. 28 T.	7 T. 28 T.
Zugfestigkeit:	9,5 13,7	10,6 17,9	9,1 18,8	8,8 18,0 kg.
Druckfestigkeit:	94,5 134,1	116,0 170,0	118,6 170,2	92,6 184,0 "

Die oben sub. 2 als ältere Probe angeführte Versuchsreihe ist bis auf 30 Wochen Erhärtungsdauer ausgedehnt worden und ergab:

Erhärtungsdauer:	7 T.	28 T.	84 T.	210 Tage.
Normengemässe Zugfestigkeit:	9,2	15,5	20,2	24,2 kg pro cm ² .
" Druckfestigkeit:	83,4	124,1	186,1	232,1 " " "

Auch mit der Veränderlichkeit der Schlacken-zusammensetzung ist es nicht so gefährlich, als nach den diversen Berichten anzunehmen wäre. Der Gargang des Hochofens ist der normale und er liefert, weil der Möller sich nicht stark ändern kann, auch fast die gleiche Schlacke. Es liegt zu

sehr im Interesse der Eisenhüttenleute, die Schlacken, die bisher keine Verwendung fanden, möglichst lukrativ abzusetzen; in ihrem eigenen Interesse werden sie dafür besorgt sein, dass Schlacken vom Rohgang oder überhitzten Gargang nach wie vor zur Halde gefahren werden. Wie überraschend oft die Zusammensetzungen der Schlacken übereinstimmen können, zeigt ein zufällig in unserem Besitze befindliches Beispiel. Die oben citirte Schlacke I hat Prof. Dr. Lunge im Juni 1883 analysirt; ca. 1¹/₂ Jahre vorher hatte Prof. Marx in Stuttgart die Schlacke des nämlichen Hüttenwerkes zur Analyse erhalten. Die Resultate waren folgende:

Nach Prof. Dr. Lunge:		Nach Prof. Marx:	
Si O ₂	26,70 %	Si O ₂	27,08 %
R ₂ O ₃	25,53	Unlöslich	2,09
Ca CO ₃	2,81	Al ₂ O ₃	22,79
Ca O	44,13	Fe ₂ O ₃	0,02
Ca SO ₄	Spuren!!	Ca O	46,22
Mg CO ₃	Spuren	Mg O	0,21
H ₂ O	1,68	CO ₂	Spuren
	100,85	H ₂ O	1,22
			99,63

Folgende Zusammenstellung enthält die chem. Analysen solcher Schlacken, die granulirt gemahlen mit Staubhydrat in wirksame Verbindung treten;

	Nr. 1	2	3	4	5	6	7
Si O ₂	24,82 %	26,70 %	29,17 %	30,65 %	31,96 %	33,60 %	38,62 %
Al ₂ O ₃	8,32	25,53	9,42	9,18	10,11	11,20	16,55
Fe ₂ O ₃	0,82		0,37	2,75		0,97	0,02
Ca O	45,71	44,13	42,25	40,26	50,61	27,02	42,00
Mn O	3,93	?	6,54	2,97	2,85	10,98	?
Mg O	2,65	Spuren.	2,26	7,57	3,88	8,99	0,33
SO ₃	6,09	Spuren.	4,11	?	?	?	? etc.

Die wirksamsten Schlacken sind Nr. 1 bis 4; Nr. 7 ist die Hochofenschlacke von Wasseralfingen, welche wahrscheinlich in Folge des relativ hohen Thonerdegehaltes weniger gute Resultate geliefert haben soll; immerhin soll dieselbe noch ganz Vorzügliches leisten.

Von vortrefflicher Wirkung ist auch die in der Einleitung mit Nr. II bezeichnete Schlackencomposition; ihre chemische Zusammensetzung ist folgende;

Si O ₂	41,47 %
Al ₂ O ₃	24,57
Fe ₂ O ₃	1,26
Ca O	19,75
Mn O	4,08
Ca SO ₄	2,84
Ca CO ₃	1,72
Ca S	1,46
Mg SO ₄	0,84
H ₂ O	1,35
	99,34

Die Kalkproben dieser Composition hier anzuführen würde lediglich auf eine Wiederholung der vorstehenden Festigkeitszahlen hinauslaufen; wir constatiren deshalb einfach die Thatsache, dass die basischen Schlacken in granulirtem, staub-ein gemahlenem Zustande mit Kalkhydrat gemischt einen vorzüglichen, in höheren Altersclassen äusserst festen Cement liefern, der zu allen Bauausführungen an der Luft wie unter Wasser sehr wol geeignet ist. Die mit dem Schlackencement in der Schweiz, namentlich in Choindes und der Klus bei Balsthal ausgeführten, ziemlich bedeutenden Bétonarbeiten haben sich vorzüglich bewährt und es hat der Béton Festigkeiten erlangt, wie wir solche nur bei entschieden gutem Portland-Cementconcret zu sehen gewohnt waren.

Die Zumschmittel Nr. III und IV sind nicht weiter analysirt worden; dagegen sind die zu den Versuchen herbeigezogenen Portland-Cemente einlässlichen Untersuchungen unterworfen worden. Dieselben wurden zunächst, und zwar jede doppelt analysirt, hierauf in üblicher Weise allgemein untersucht, also die Gewichts- (Spec. Gewicht nach Dr. Schu-

mann) und Abbindungsverhältnisse, die Güte der Mahlung etc. etc., festgestellt. Folgende tabellarische Zusammenstellung giebt ein Bild über fragliche Verhältnisse:

P. Cemente von	Vigier	Vorwohle	Dyckerhoff	Schifferdecker
	langsam	Mittelbinder	langsam	Mittelbinder langsam
Si O ₂ :	21,68 %	21,20 %	19,83 %	20,79 % 19,62 %
Al ₂ O ₃ :	6,19	6,70	7,50	8,20 7,97
Fe ₂ O ₃ :	2,70	3,35	3,96	3,20 4,25
Ca O:	61,11	60,54	62,75	61,60 60,25
Ca CO ₃ :	2,09	2,31	1,52	1,70 2,75
Ca SO ₄ :	3,01	3,18	2,14	2,31 2,39
Mg O:	1,51	1,83	1,89	2,27 1,31
H ₂ O + Bit:	2,55	1,48	0,98	0,82 2,43
Summa	100,84 %	100,59 %	100,57 %	100,89 % 100,97 %

Bezeichnung der Handels-Cementgattung:	waare	Staubfein	Handes-waare	Handels-waare	Hdels-waare	Staub-fein
Spec. Gewicht:	3,03 (?)	3,03	3,13	3,13	3,01	3,05
Litergewicht, eingerüttelt:	2,09	1,66	1,93	1,96	1,69	1,89
Erhärtungsbeginn:	c. 4 h 30 m	0 h 24 m	0 h 50 m	0 h 10 m	c. 1 h 50 m	c. 1 h
Bindezeit:	c. 8—9 h	0 h 46 m	c. 7 h 00 m	0 h 33 m	c. 20 h 00 m	c. 16 h
Lufttemperatur:			13,5 bis 14,5° C.			
Rückstand am 900:	2,4 %	0,0 %	1,1 %	2,0 %	0,0 %	4,6 %
am 5000 Sieb:	32,3	1,8	12,6	18,5	0,4	20,4

Bei Verarbeitung und Prüfung vorstehender angeführter Portland Cemente sind die gleichen Hilfsmittel, die nämlichen Maschinen und hauptsächlich der gleiche Normaland verwendet worden. Der zu den Cementkalk-Proben benutzte Kalkbrei wurde durch Löschen von *Aetzalk* mit ca. der dreifachen Gewichtsmenge kalten Wassers und nachherigem Einsumpfen in Wannen mit absaugenden Wandungen, gewonnen. Bei der Verwendung hatte der Brei die folgenden Eigenschaften:

Consistenz: 27,9 bis 29 mm bei 4 kg Belastung des 6 cm Cylinders unseres Consistenz-Messers.

Glührest: 33,7 bis 35,4 %; *Spec. Gewicht:* 1,34 bis 1,36.

Ferner: 451,6 bis 459,6 g feste Substanz pro Liter Kalkbrei. Die Erzeugung der Probekörper der Zugfestigkeit besorgte für die ganze Serie ausnahmslos der eine, diejenige der Druckfestigkeit der zweite der in der Anstalt bediensteten Arbeiter.

Resultate der Festigkeitsproben.

In folgender Zusammenstellung bezeichnet: γ_z resp. γ_d das spec. Gewicht der Zug- resp. der Druckkörper. β_z „ β_d die Zug- beziehungsweise die Druckfestigkeit in kg pro cm². Sämmtliche Mischungsverhältnisse sind in Gewicht-Einheiten ausgedrückt.

A. Portland Cement Vigier.

	7 Tag,	28 Tag,	84 Tag,
$\gamma_z, \beta_z;$	$\gamma_d, \beta_d.$	$\gamma_z, \beta_z;$	$\gamma_d, \beta_d.$
100 Cement: 300 Sand; 9 1/2 % Wasser.			
— 13,5;	— 152,1	c. 2,20, 17,8;	c. 2,25, 196,0 2,22, 26,3; 2,24, 243,5.
85 Cement: 15 ZNI: 300 Sand; 9 1/2 % Wasser.			
— 13,3;	— 151,4	— 22,5;	— 198,6 2,20, 30,2; 2,26, 242,8.
85 Cement: 15 ZNII: 300 Sand; 9 1/2 % Wasser.			
2,24, 17,6;	2,27, 169,2	2,24, 27,9;	2,32, 221,5 2,26, 40,6; 2,28, 281,6.
100 Cement: — : 100 Kalkbr.: 600 Sand.			
2,17, 5,3;	2,25, 82,4	2,18, 8,5;	2,26, 111,5 2,19, 11,5; 2,26, 135,7.
85 Cement: 15 ZNII: 100 Kalkbr.: 600 Sand.			
2,17, 5,1;	2,28, 79,0	2,20, 11,9;	2,29, 146,8 2,20, 16,2; 2,27, 176,5.
75 Cement: 25 ZNII: 100 Kalkbr.: 600 Sand.			
2,16, 4,7;	2,26, 68,0	2,19, 10,9;	2,28, 161,5 2,21, 19,4; 2,28, 194,2.

Control-Probe mit unvermischem Cement.

100 Cement: 300 Sand; Wasser.			
2,15, 14,8;	2,29, 161,5	2,19, 21,8;	2,27, 201,0 2,19, 26,9; 2,29, 241,3.

B. Portland-Cement Vorwohle.

100 Cement: 300 Sand; 9 % Wasser.			
2,27, 35,8;	2,38, 456,2	2,28, 38,8;	2,38, 563,6 2,30, 41,7; 2,36, 570,0.
85 Cement: 15 ZNII: 300 Sand; 9 1/2 % Wasser.			
2,30, 37,2;	2,37, 462,2	2,29, 54,8;	2,38, 688,8 2,31, 52,6; 2,35, 668,8

85 Cement: 15 ZNIII: 300 Sand; 9% Wasser.
 2,26, 32,1; 2,39, 415,0 | 2,28, 43,1; 2,41, 652,7 | 2,30, 48,9; 2,41, 816,2.
 100 Cement: — : 100 Kalkbr.: 600 Sand.
 2,24, 16,6; 2,33, 212,5 | 2,24, 20,3; 2,30, 216,3 | 2,25, 25,6; 2,35, 269,7.
 85 Cement: 15 ZNII: 100 Kalkbr.: 600 Sand.
 2,23, 11,8; 2,30, 142,7 | 2,24, 23,4; 2,33, 241,9 | 2,24, 25,7; 2,39, 366,7.
 85 Cement: 15 ZNIII: 100 Kalkbr.: 600 Sand.
 2,21, 14,8; 2,36, 155,7 | 2,24, 25,6; 2,36, 273,6 | 2,25, 32,3; 2,36, 307,5.

C. Portland-Cement Dyckerhoff.

(Langsambinder).

100 Cement: 300 Sand; 8 1/2% Wasser.
 2,24, 22,5; 2,33, 240,8 | 2,24, 30,4; 2,33, 319,5 |
 85 Cement: 15 ZNII: 300 Sand; 9% Wasser.
 2,27, 25,5; 2,34, 270,1 | 2,24, 39,8; 2,33, 431,2 |
 85 Cement: 15 ZNIV: 300 Sand; 11 1/2% Wasser.
 2,29, 25,2; 2,33, 216,0 | 2,29, 40,4; 2,37, 395,5 |
 100 Cement: — : 100 Kalkbr.: 600 Sand.
 2,17, 10,7; 2,28, 101,5 | 2,21, 13,2; 2,31, 135,0 |
 85 Cement: 15 ZNII: 100 Kalkbr.: 600 Sand.
 2,20, 9,4; 2,35, 133,2 | 2,22, 19,5; 2,36, 205,0 | 2,20, 27,4; 2,34, 269,5.
 85 Cement: 15 ZNIV: 100 Kalkbr.: 600 Sand.
 2,18, 7,5; 2,35, 103,9 | 2,19, 17,0; 2,37, 194,0 | 2,24, 27,9; 2,35, 237,2.

D. Portland-Cement Dyckerhoff.

(Mittelbinder).

28 tägige Probe.

100 Cement: 300 Sand; 9 1/2% Wasser.

7 Tag-Proben sind nicht ausgeführt worden.

| 2,23, 23,7; 2,32, 241,4 |

85 Cement: 15 ZNII: 300 Sand; 9 1/2% Wasser.

| 2,22, 32,4; 2,35, 352,5 |

85 Cement: 15 ZNIII: 300 Sand; 10% Wasser.

| 2,23, 34,1; 2,38, 393,9 |

E. Portland-Cement Schifferdecker.

28 Tag-Probe, Handelswaare.	28 Tag-Probe; Staubfeiner Cement.
100 Cement: 300 Sand; 8% Wasser.	100 Cement: 300 Sand; 9% Wasser.
2,26, 22,6; 2,34, 304,5	2,29, 41,3; 2,37, 460,0
85 Cement: 15 ZNIV: 300 Sand; 10% Wasser.	85 Cement: 15 ZNIV: 300 Sand; 10% Wasser.
2,26, 41,6; 2,39, 476,0	2,31, 53,5; 2,38, 619,0
100 Cement: — : 100 Kalkbr.: 600 Sand.	100 Cement: — : 100 Kalkbr.: 600 Sand.
2,19, 14,4; 2,31, 137,5	2,22, 21,3; 2,33, 216,5
85 Cement: 15 ZNIV: 100 Kalkbr.: 600 Sand.	85 Cement 15 ZNIV: 100 Kalkbr.: 600 Sand.
2,19, 20,3; 2,33, 182,5	2,19, 26,7; 2,35, 269,3

2. Versuchsreihe.

Erzeugung der Probekörper bei reichlicher Wassermenge, geringer Rammarbeit; 28 tägige Wassererhärtung.

1. Portland-Cement Vorwohle (Staubcement).

Mischungsverhältnisse	Wassermenge	Zugfestigkeit	Druckfestigkeit
100 Cem.: — :			
300 Sand	10% $\gamma_z=2,25$ $\beta_z=33,2$ $\gamma_d=2,30$ $\beta_d=396,6$ kg		
85 Cem.: 15 ZNII :			
300 Sand	10 = 2,27 = 34,2 = 2,31 = 396,6		
85 Cem.: 15 ZNIII :			
300 Sand	11 = 2,37 = 42,5 = 2,30 = 434,7		
100 Cem.: — :			
100 Kalkbr.: 600 Sand	— = 2,30 = 19,7 = 2,24 = 153,8		
85 Cem.: 15 ZNIII :			
100 Kalkbr.: 600 Sand	— = 2,30 = 22,3 = 2,25 = 171,3		

2. Portland-Cement Dyckerhoff (Langsambinder).

100 Cem.: — :			
100 Kalkbr.: 600 Sand	— $\gamma_z=2,28$ $\beta_z=7,8$ kg $\gamma_d=2,20$ $\beta_d=70,5$ kg		
85 Cem.: 15 ZNII :			
100 Kalkbr.: 600 Sand	— = 2,28 = 7,0 = 2,20 = 78,1		
85 Cem.: 15 ZNIV :			
100 Kalkbr.: 600 Sand	— = 2,285 = 13,3 = 2,20 = 103,2		

3. Portland-Cement Dickerhoff (Mittelbinder).

100 Cem.: — :				
300 Sand	10% $\gamma_z=2,29$ $\beta_z=21,5$ kg $\gamma_d=2,27$ $\beta_d=157,0$ kg			
85 Cem.: 15 ZNII :				
300 Sand	10,5 = 2,29 = 30,4 = 2,27 = 244,7			
85 Cem.: 15 ZNIII :				
300 Sand	11,5 = 2,29 = 32,3 = 2,28 = 284,3			

4. Portland-Cement Schifferdecker (Staubcement).

100 Cem.: — :				
300 Sand	10% $\gamma_z=2,37$ $\beta_z=36,0$ kg $\gamma_d=2,32$ $\beta_d=288,7$ kg			
85 Cem.: 15 ZNIII :				
300 Sand	12 = 2,355 = 37,7 = 2,295 = 391,6			
100 Cem.: — :				
100 Kalkbr.: 600 Sand	— = 2,29 = 14,5 = 2,255 = 138,3			
	— = 2,275 = 18,6 = 2,23 = 172,0			

3. Versuchsreihe.

Kies (Béton)-Festigkeit gemischter und reiner Portland-Cemente.

Die Versuche sind ausgeführt an würfelförmigen Körpern mit 16 cm Kantenlänge. Der zur Bétonage verwendete quarzreiche, scharfkörnige *Bétionsand* passiert ein Sieb mit 25 Maschen per cm^2 und bleibt auf einem solchen mit 64 Maschen liegen; fraglicher Sand hat ein mittleres spezifisches Gewicht $\gamma = 2,66$, ein Volumengewicht, eingerüttelt $\delta^2 = 1,55$ kg per Liter, 1 kg dicht gelagerter Sand enthält $V = 27,5$ cm^3 Hohlräume, das Schwindmass des Sandes betrug 5—6%.

Der *Schlägelstein* wurde auf ein Drahtgitter mit ca. 2,4 cm Maschenweite geworfen und es sind die kleinen Stücke mittelst eines Drahtsiebes mit ca. 1,8 cm Maschenweite entfernt worden.

1 hl des Schlägelsteins wog 140 kg
 100 kg desselben enthalten ca. 31 l Hohlräume.

Das hier verwendete *Staubhydrat* ist durch Löschen eines mit schwachhydraulischem Schwarzkalk (der jedoch im Wasser zerfällt) gemischten Luftkalkes gewonnen und gelangte nach ca. 3/4 jähriger Lagerung in der Anstalt zur Verarbeitung. Wahrscheinlich sind diesem, sowie dem Umstande, dass die zu den Béton-Proben verarbeiteten Reste der angeschafften Zumischmittel ebenfalls ca. 4—5 Monate in den Räumlichkeiten der Anstalt offen lagerten, jene Widersprüche zuzuschreiben, die die Resultate der Bétonproben verglichen unter sich sowie mit den Ergebnissen der Mörtelproben zeigen.

Jeder Probe sind 4 Würfel unterworfen und das Mittel der 3 besten als massgebender Durchschnitt berechnet worden. Die Erhärtung der Würfel erfolgte 2 Tage an der Luft, 26 Tage unter Wasser. Weitere Proben für eine 30 wöchentliche Wassererhärtung stehen derzeit noch aus.

A. Portland-Cement Vigier.

Mischungsverhältnisse in Gew.-Einheiten	Wassermenge in Gew.-% der Mörtelsubst.	Spec. Gewicht in Mittel	Druckfestigkeit kg pro cm^2
100 Cem.: — : 200 Sand :			
500 Kies	11%	2,56	321,2 kg
85 Cem.: 15 ZNIII : 200 Sand :			
500 Kies	11	2,54	348,6
50 Cem.: — : 50 Staubh. :			
250 Sand : 600 Kies	13	2,48	135,0
40 Cem.: 10 ZNII : 50 Staubh. :			
250 Sand : 600 Kies	13	2,45	167,6
40 Cem.: 10 ZNIII : 50 Staubh. :			
250 Sand : 600 Kies	13	2,46	154,0

C. Portland-Cement Dyckerhoff (Langsambinder).

50 Cem.: — : 50 Staubh. :			
250 Sand : 600 Kies	14%	2,48	164,0 kg
40 Cem.: 10 ZNII : 50 Staubh. :			
250 Sand : 600 Kies	13	2,465	185,5
40 Cem.: 10 ZNIII : 50 Staubh. :			
250 Sand : 600 Kies	13	2,47	177,2

D. Portland-Cement Dyckerhoff (Mittelbinder).

100 Cem.: — : 200 Sand :			
500 Kies	11%	2,55	330,3 kg

