

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Band: 7/8 (1886)
Heft: 14

Artikel: Der Schlackencement
Autor: Tetmajer, L.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-13612>

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: 21.11.2024

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

INHALT: Der Schlackencement. Von L. Tetmajer, Prof. am eidg. Polytechnikum in Zürich. — Stand der continuirlichen Bremsen in der Schweiz. Von Controllingenieur Bertschinger. — Preisbewerbung für das Sempacher-Denkmal. — Miscellanea: Einsturz eines Reservoirs der Zürcher-Wasserversorgung. Störung des Zugverkehrs auf der Gott-

hardbahn. Nutzen der Sicherungseinrichtungen im Eisenbahnbetrieb. Pilatusbahn. Die Bower-Gaslampe. Technische Einheit im Eisenbahnenwesen. Gaskraftmaschinen. Transport von Krupp'schen Kanonen. Aare-Correction.

Der Schlackencement.

Von Prof. L. Tetmajer in Zürich.

Im Sinne der Beschlussfassungen der Münchener Conferenz zur Vereinbarung einheitlicher Prüfungsmethoden ist unter „Schlackencement“ diejenige Species der Kategorie der *Puzzolamente* zu verstehen, welche durch innigste Mischung granulirter, entsprechend entwässerter und staubfein gemahlener Hochofenschlacken mit trocken gelöschtem, pulverförmigem Aetzkalk gewonnen wird. Der Schlackencement ist somit ein hydraulisches Bindemittel, welches je nach Beschaffenheit und Art der Aufbereitung seiner Componenten die an hydraulischen Bindemitteln geschätzten, bautechnisch wichtigen Eigenschaften in so hohem Masse besitzen kann, dass eine Besprechung seiner Darstellung, seiner Eigenschaften und der bisher damit gemachten Erfahrungen in unserer technischen Wochenschrift mindestens gerechtfertigt erscheinen dürfte.

Hochofenschlacken sind der Hauptsache nach Kalk-Thonerde-Silicate, welche bekanntlich als Nebenproducte bei Verhüttung eisenhaltiger Erze gewonnen werden. Je nach Beschaffenheit der Erze, des Brennstoffs, des Flussmittels und der Schmelztemperatur variiren auch die chemische Zusammensetzung, mit ihr die chemisch-physicalischen Eigenschaften der Schlacke. Im Allgemeinen — auf die in der Metallurgie übliche Bezeichnung können wir hier nicht eingehen — unterscheidet man die sauren, neutralen und basischen Hochofenschlacken. Sauer werden diejenigen Schlacken genannt, welche auf ein Aequivalent ihres Säuregehalts weniger als ein Aequivalent der Basen besitzen. Im entgegengesetzten Falle sind die Schlacken basisch. Zwischen beiden liegen die neutralen Schlacken, die wol nur ausnahmsweise, also zufällig angetroffen werden.

Bis vor wenigen Jahren spielte die Hochofenschlacke auf Eisenwerken lediglich die Rolle eines lästigen, oft kostspieligen Ballastes. Erst in neuester Zeit beginnt man einzelne Varietäten derselben öconomisch zu verwerthen. In der That mehren sich täglich die Anwendungsgebiete der Schlacken und es ist zu erwarten, dass mit fortschreitender Erkenntniss ihrer Werthverhältnisse sich Mittel und Wege finden werden, um ähnlich anderen Abfallstoffen auch die Hochofenschlacken im Dienste der Industrie und des Baugewerbes thunlichst auszunützen.

Die glasigen, volumenbeständigen, sauren Hochofenschlacken dienen vorwiegend zur Herstellung gegossener Schlackensteine für Hochbau und Pflasterungszwecke, zerkleinert verwendet man sie als Chaussierungsmaterial. In kaltem Wasser abgeschreckte Hochofenschlacken liefern den sogen. *Schlackensand* (die granulirte Schlacke), welcher als Bekiesungsmaterial für Gehwege, sowie als Füllstoff zur Mörtelbereitung geschätzt wird. Durch die Procedur des Zerblasens der flüssigen Schlacke mittelst des Dampfstrahles wird die Schlackenwolle gewonnen. Seit es geglückt ist, die Schlacken zu entschwefeln, d. h. zu *raffiniren*, hat dieselbe auch für die Thon-, Cement- und Glasindustrie, für Email-Zwecke u. a. m. an Bedeutung gewonnen. Aus Hochofenschlacken, die man nach Bedarf mit Bauxit, Kalkstein, Eisenoxyd etc. versetzt, wird bereits an mehreren Orten mit bestem Erfolge der sog. „*Patent-Portland-Cement*“ erbrannt. Thonerdereiche Schlacken haben auch für die Industrie chemischer Producte einige Bedeutung. Ich erinnere nur an die Darstellung des Alauns nach Lürmann's Verfahren, an die Kieselpräparate, welche auch als verbessernde Zusatzstoffe zu Portland-Cementen benützt werden können.

Der durch Granulirung *basischer* Hochofenschlacken gewonnene Sand wirkt als hydraulischer Zuschlag. Mit Kalkbrei oder staubförmigem Kalkhydrat angemacht, in

Formen gepresst oder gestampft, liefert derselbe für Luft- und Wasserbauten geeignete Mauersteine (Schlackensteine); Schlackenmörtel dient zur Herstellung von Formsteinen für Thür- und Fensterumfassungen, Werkstücke, Dach- und Belagsplatten, ferner zu Gebrauch-Gegenständen aller Art.

Eine weittragende Bedeutung gewinnen die basischen Hochofenschlacken durch die Möglichkeit der Massenproduction des Eingangs definirten *Schlackencementes*. Die Entwicklung der Bedingungen der Verwendbarkeit basischer Hochofenschlacken zur Darstellung des Schlackencementes ist Zweck vorliegender Publication. In einer folgenden Arbeit wollen wir die mit diesem Materiale in der Schweiz bisher gemachten Erfahrungen übersichtlich geordnet zusammenstellen.

Dass durch Granulirung bestimmte Sorten basischer Hochofenschlacken die Fähigkeit erlangen, mit Kalk angemacht hydraulisch zu erhärten, ist eine längst bekannte Thatsache. Anlässlich unserer Arbeiten (1882/3) für die schweiz. Landesausstellung, auf welcher auch der fabrikmässig dargestellte Schlackencement vertreten war, hatten wir zufällig Gelegenheit gefunden, den Werth des Granulirens der Hochofenschlacke von Choindez zahlenmässig festzustellen. Die seither zu verschiedenen Malen wiederholten Untersuchungen der Kalkcapacität granulirter und durch Mahlung ungranulirter Stückschlacke gewonnenen Schlackemehle haben unsere vorgenannten Resultate vollauf bestätigt. Im Ausstellungsjahre lieferte uns das von Roll'sche Eisenwerk Choindez die Schlackencemente *A* und *B*, von welchen Sorte *A* aus granulirter, Sorte *B* aus ungranulirter Stückschlacke hergestellt waren. Die mit diesen Cementproben ausgeführten Versuche ergaben folgende Resultate:

Mörtel 1 : 3	Sorte A.		Sorte B.	
	Zug	Druck	Zug	Druck
nach 7 täg. Wasserlagr.:	9,2 kg	83,4 kg p. cm ² ;	0,0 kg	0,0 kg p. cm ²
„ 28 „ „	15,5 „	124,1 „ „ ;	7,2 „	31,5 „ „

Eine spätere Untersuchung ergab:

Granulirte Schlacke:

Misch-Verhältniss von Schlacke zu Kalk (Gew.-Th.):

100,0 : 33,3	100,0 : 66,6	100,0 : 100,0			
Zug Druck	Zug Druck	Zug Druck			
Nach 28 tägiger Wasserlagerung:					
33,7 kg	259,9 kg p. cm ²	32,1 kg	233,7 kg p. cm ²	27,6 kg	205,2 kg p. cm ²
Nach 84 tägiger Wasserlagerung:					
43,5 kg	377,5 kg p. cm ²	38,1 kg	308,2 kg p. cm ²	34,3 kg	248,9 kg p. cm ²
Nach 210 tägiger Wasserlagerung:					
46,4 kg	440,5 kg p. cm ²	40,5 kg	326,7 kg p. cm ²	38,9 kg	267,8 kg p. cm ²

Nicht granulirte Schlacke.

Nach 28 tägiger Wasserlagerung:					
0,0 kg	0,0 kg p. cm ²	0,0 kg	0,0 kg p. cm ²	0,0 kg	0,0 kg p. cm ²
Nach 84 tägiger Wasserlagerung:					
5,4 kg	0,0 kg p. cm ²	5,4 kg	0,0 kg p. cm ²	0,0 kg	0,0 kg p. cm ²
Nach 210 tägiger Wasserlagerung:					
10,7 kg	50,5 kg p. cm ²	10,5 kg	54,1 kg p. cm ²	7,6 kg	47,6 kg p. cm ²

Die Wirkung des Granulirens steht ausser Frage; ihr inneres Wesen dagegen ist mit Sicherheit noch nicht festgestellt. Schon bei einem früheren Anlasse (1884) haben wir die Vermuthung ausgesprochen, dass durch Granulirung eine theilweise Umlagerung der Molecüle, eine partielle Zersetzung der im Feuer gewonnenen Zusammensetzung der Schlacke herbeigeführt wird. Hochofenschlacken sind keine nach stöchiometrischen Gesetzen gebildeten Silicate; es sind vielmehr Legirungen mannigfacher Verbindungen, die innerhalb bestimmter Grenzen des Säuregehaltes in heissflüssigem Zustande durch Dampf oder kräftigen Wasserstrahl zersetzt werden; die Schlacke verliert, wenn auch nur einen Bruchtheil ihres Schwefelgehalts und es scheint, dass aufge-

geschlossene Kieselsäure möglicherweise auch andere Verbindungen ausgeschieden werden, die befähigt sind, auf nassem Wege sich unter Wasseraufnahme mit Kalk zu sättigen und dabei zu erhärten. Mit Salzsäure behandelt gelatinieren sowohl die ungranulierten, als auch die granulierten Hochofenschlacken; die granulierten wesentlich energischer als die anderen. Die richtig granulirte, basische Hochofenschlacke hat das Ansehen verwitterten Granitsandes. Das Korn ist vorwiegend rundlich, glasig, einzelne Stücke sind durch Wasserdampf bimssteinartig aufgetrieben. Die Oberfläche der Körner ist matt, der Sand an sich quarzig-scharf, immerhin weniger scharf splittrig-eckig als der Sand der granulierten sauren Schlacke, die selbst an den bimssteinartig aufgetriebenen Stücken den charakteristischen Glasglanz zeigt. Die Granulirung, mit ihr der Grad ihrer Wirksamkeit, ist sehr verschieden. Je geringer der Druck und die Temperatur der Schlacke, je wärmer das Wasser, desto geringer der chemisch-physicalische Effect des Granulirens. Weissglühende, dünnflüssige Schlacke, die unter möglichst hohem Druck dem Hochofen entströmt, ist zur Granulirung besonders geeignet. Schlacken von grauem Giessereirohisen, Schlacken blau zugestellter Hochöfen, in welchen dieselben ansteigen, somit unter höherem Drucke ausfliessen können, geben die besten Resultate. Die Schlackentrift soll möglichst kurz, der Wasserstrahl möglich kräftig und wasserreich sein. Ein und dieselbe Schlacke in dünnflüssigem Zustande oder aber in syrupartiger Consistenz in kaltem Wasser abgeschreckt, liefert ungleichwerthigen Schlackensand. In Erstarrung begriffene Schlacke (von Hochöfen mit offener Brust) gibt daher auch stets ein minderwerthiges, dem granulierten Sande saurer Schlacken ähnliches Product.

Vorgänge, wie beim Granuliren basischer Hochofenschlacken scheinen auch in der Natur vorgekommen zu sein. Die Möglichkeit ist nicht ausgeschlossen, dass die technisch wichtigen Trass-Sorten, die Santorin- und Puzzolanerden als vulcanische Auswurfsmassen ihre Hydraulicität einer plötzlichen Abkühlung durch vulcanische Regen oder Niederfallen der glühenden Auswurfsmassen in das, den Vulcan umschliessende Meer (Insel Santorin, Azoren u. s. w.) verdanken. So sehen wir den ächten, technisch werthvollen Trassstein im Brohlthal bei Andernach entstanden durch Versteinerung einer vulcanischen Schlammlava. Er ist überlagert durch jüngere basaltische Lavaströme und vulcanische Aschen, welche, ähnlich der nicht granulierten Hochofenschlacke, nur untergeordnete, hydraulische Eigenschaften zeigen.

Der ächte und wilde Trass, das aus Trassstein und der losen vulcanischen Asche gewonnene Mehl zeigt in der chemischen Zusammensetzung keine genügend charakteristischen Unterschiede, um durch die Analyse eine zuverlässige Controle auf Reinheit des Materials zu erlangen. Gegen Zumischung der werthlosen vulcanischen Asche schützt einzig der Ankauf von Trasssteinen, welche auf den Bauplätzen vermahlen und in Mörtel verwandelt werden. Auch die Versteinerung der vulcanischen Schlammlaven spricht für eine Aufschliessung der Kieselsäure der glühenden Aschen durch vulcanische Regen. Aehnliche Versteinerung zeigen auch basische, in feuchtem Zustande mehlflein zermahlene Hochofenschlacken. Es ist uns begegnet, dass ein Hochofenschlackenmehl dieser Art in unserer Kugelmühle über Nacht derart versteinert (abgebunden) ist, dass die Masse gewaltsam herausgebrochen werden musste.

Jede basische Hochofenschlacke besitzt eine bestimmte Kalkgrenze, innerhalb welcher dieselbe den bei der Abkühlung angenommenen festen Aggregatzustand dauernd beibehält. Ueberschreitet der Kalkgehalt der Schlacke besagte Grenze, so tritt wahrscheinlich in Folge von Molecularspannungen ein selbstthätiges, meist spontanes Zerfallen der Schlacke in ein helles, weisslich bis grünlichgraues, immerhin sich scharf anführendes Mehl ein.

Für die von Roll'schen Eisenwerke zu Choindéz sind die beschriebenen Verhältnisse näher geprüft worden. Die Verhüttung der jurassischen Bohnerze auf graues Giessereirohisen fordert bei

pro 100 kg Bohnerz	Holzkohlen-	Coksbetrieb
einen Kalksteinzuschlag von 18	0/0	52,5 0/0.
In Folge dessen enthält die Schlacke vom Gargang:		
an SiO_2	36,78 0/0	c. 28,0 0/0
Al_2O_3	31,56 0/0	c. 22,5 0/0
FeO	Spur	c. 0,5 0/0
CaO	32,00 0/0	c. 47,0 0/0

In den 70er Jahren musste der kostspielige Holzkohlenbetrieb aufgelassen und der Coksbetrieb eingerichtet werden. Die nun gewonnene und zerfallene Schlacke wurde vom damaligen Hüttenchemiker Herrn Dr. P. Schoop analysirt und ergab unter anderem z. B. folgende Resultate:

	N. 1	N. 2
SiO_2	25,11 0/0	25,69 0/0
R_2O_3	22,70 0/0	21,54 0/0
CaO	50,90 0/0	51,18 0/0
S	1,05 0/0	1,06 0/0

Hieraus geht hervor, dass für die basische Hochofenschlacke von Choindéz eine Erhöhung von 3 bis 3,5 0/0 ausreicht, um spontanes Zerfallen derselben zu ergeben.

Aehnlich dem aus der *Stückschlacke* gewonnenen Schlackenmehl ist auch das an der Luft zerfallene Schlackenmehl für Zwecke der Bereitung hydraulischer Mörtel werthlos. Unsere mit zerfallenem Schlackenmehl in unterschiedlichen Mischungen mit Kalk angefertigten Probekörper sind, unter Wasser gesetzt, sämmtlich zerfallen.

Die chemische Zusammensetzung der Hochofenschlacke variiert mit dem Ofengang; bei normalen Betriebsverhältnissen, so lange Erz, Möller, Brennstoff und Windtemperatur sich nicht ändern, ist auch die Zusammensetzung und Beschaffenheit der Schlacke ziemlich constant. Folgende Analysen erhärten dies. Wir haben die Entwicklung der Schlackencementfabrication in der Schweiz seit dem Jahre 1881 verfolgt und die hierbei verwendete Hochofenschlacke, behufs Feststellung der Art und Grösse ihrer Veränderungen, jährlich analysiren lassen. Folgende Zusammenstellung gibt eine Uebersicht über genannte, auf wasserfreien Zustand berechnete Analysen der Choindéz-Schlacke.

Chemiker:	Prof. Marx	Prof. Dr. Lunge	Dr. Heintzel	Dr. Heintzel	Prof. Dr. Treadwell
Dat. d. Anal:	1881	1883	1884	1885	1886
SiO_2	27,51 0/0	26,92 0/0	26,66 0/0	27,31 0/0	26,88 0/0
Unlösliches	2,12	—	—	—	—
Al_2O_3	23,16	25,74	22,58	22,40	24,22
FeO	0,03	—	0,76	1,36	0,44
CaO	46,97	45,98	48,52	47,00	45,11
MgO	0,21	Spuren	0,88	0,42	1,19
CO_2	—	1,35	—	—	—
$CaSO_4$	—	—	0,29	0,12	0,31
CaS	—	—	0,31	1,39	1,85
	100,00	99,99	100,00	100,00	100,00

Eingangs ist bereits darauf hingewiesen worden, dass die Kalkcapazität granulirter Hochofenschlacken von deren Basicität abhängig ist. Nach unsern bisherigen Erfahrungen hängt der Wirkungsgrad einer Hochofenschlacke lediglich von dem Verhältnisse des Kalkgehaltes zur Kieselsäure ab. Unsern Erfahrungen nach sind Hochofenschlacken, für welche das Verhältniss von $\frac{CaO}{SiO_2}$ auf C. 1,0 sinkt, nicht nur zur Er-

zeugung von Schlackencement, sondern auch als hydraulischer Zuschlag zur Mörtelbereitung, Steinfabrication u. s. w. ohne Zusatz anderer activer Bindemittel, nicht mehr zu gebrauchen. Unter sonst gleichen Verhältnissen scheint die Kalkcapazität und Anfangsenergie einer Schlacke mit abnehmendem Verhältnisse der Thonerde zur Kieselsäure zu wachsen; ein sicherer Schluss in dieser Richtung ist indessen aus dem Grunde nicht möglich, weil Temperaturverhältnisse und die Art der Granulirung, alle aus der chemischen Analyse sich ergebenden Singularitäten zu verdecken im Stande sind.

Wiederholt ist auf die Gefahren, die schwefelreiche Schlacken bergen, aufmerksam gemacht worden. Chemiker von Fach behaupten, der Schwefel der Schlacken komme als Sulfid des Kalkes, möglicher Weise des Mangans und des meist

Unter sonst gleichen Umständen ist der *Grad der Zerkleinerung* für die Kraftentfaltung der granulirten Schlacke von ausschlaggebender Bedeutung. Die Art der Mahlung ist dabei völlig gleichgültig. Hierin stimmt meine mit der 8-jährigen Erfahrung der Leiter der von Roll'schen Eisenwerke vollkommen überein. Die eigentliche Schlackencementfabrikation zu Choindez datirt aus dem Jahre 1880. Im Jahre 1881 stand zum Zerkleinern der granulirten Hochofenschlacke bereits ein Mahlgang in Thätigkeit. Das gewonnene Schlackenmehl wurde im Jahr 1882/83 abgeseibt, mit ebenfalls gesiebttem Staubhydrat in einer nach Art der Thonschneider construirten Mischschnecke gemischt und in einer Hanctin'schen Kugelmühle so lange homogenisirt, bis die Masse gleichmässiges Ansehen zeigte.

Beim Homogenisiren mittelst Hanctin's Kugelmühle tritt eine weitere Verfeinerung des Schlackenmehls auf; sie ist jedoch zu unbedeutend, um die Qualität der Waare dadurch merklich zu erhöhen. Columne A enthält die Resultate der Festigkeitsproben mit der nach vorstehend beschriebener Art erzeugten Handelswaare. Im Jahre 1884/85 hatte man bereits wesentlich besser gemahlen; die aus der Fabrik bezogene Waare gab die unter B notirten Versuchsergebnisse. Durch weitere Verfeinerung mittelst unserer Kugelmühle konnte auch eine weitere Steigerung der Festigkeitsverhältnisse des an sich sehr kräftigen Materials erzielt werden, wie die Zahlen der Columne C bestätigen.

	A	B	C
Specif. Gewicht	2,65	2,69	2,67
Glühverlust	—	8,21	—
Rückstand am 900 Sieb:	7,1 ⁰ / ₀	0,5 ⁰ / ₀	0,0 ⁰ / ₀
2500 "	16,1 ⁰ / ₀	2,0 ⁰ / ₀	0,5 ⁰ / ₀
5000 "	28,9 ⁰ / ₀	18,0 ⁰ / ₀	8,4 ⁰ / ₀

Bei normaler Wasserlagerung ergab der Mörtel 1 : 3 folgende Resultate:

	A	B	C
Zugfestigkeit nach 7 Tagen: 9,2 kg p. cm ² ; 16,0 kg p. cm ² ; 24,0 kg p. cm ² ;			
" " 28 " 15,5 " " " 29,5 " " " 37,8 " " "			
Druckfestigk. " 7 " 97,7 " " " 104,0 " " " 134,1 " " "			
" " 28 " 124,1 " " " 201,3 " " " 254,1 " " "			

Eine uns vor zwei Jahren aus Spanien zugegangene Hochofenschlacke, derart zerkleinert, dass am 900 Sieb der Rückstand 0,0⁰/₀, am 5000 " " " ca. 38,0⁰/₀

betrug, ergab:
in Mischungen 100 Schl. : 10 K.; 100 Sch. : 20 K.; 100 Sch. : 30 K.
als Mörtel 1 : 3 bei normaler Wasserlagerung:

	A	B	C
Zugfestigkeit n. 7 Tg.: 0,0 kg p. cm ² ; 0,0 kg p. cm ² ; 0,0 kg p. cm ² ;			
28 " 5,7 " " " 5,7 " " " 5,5 " " "			
84 " 12,3 " " " 12,8 " " " 10,6 " " "			

Die nämliche Schlacke auf der Kugelmühle soweit zerkleinert, dass der

Rückstand am 900 Sieb	0,0 ⁰ / ₀ ,
2500 "	0,8 ⁰ / ₀ ,
5000 "	9,7 ⁰ / ₀

betrug, gab die in Tabelle 2 sub Nro. 8 angeführten Festigkeitszahlen.

Ähnliche Ueberraschungen sind uns bei den vergleichenden Untersuchungen zweier deutschen Schlacken zu Theil geworden. Folgende Zusammenstellung gibt über fragliche Verhältnisse nähern Aufschluss:

	Schlacke A		Schlacke B	
Specif. Gewicht	2,87	2,89;	2,95	2,94.
Rückstand a. 900 S.	3,6 ⁰ / ₀	0,3 ⁰ / ₀	4,3 ⁰ / ₀	1,0 ⁰ / ₀
2500 "	16,2 ⁰ / ₀	1,0 ⁰ / ₀	18,7 ⁰ / ₀	3,7 ⁰ / ₀
5000 "	59,6 ⁰ / ₀	9,0 ⁰ / ₀	62,8 ⁰ / ₀	9,0 ⁰ / ₀

Nach 28-tägiger Wasserlagerung ergab der Mörtel 1 : 3 eine

	Schlacke A	Schlacke B
Zugfestigkeit v. 9,3 kg p. cm ² - 40,3 kg p. cm ² ;	5,3 kg p. cm ² - 23,8 kg p. cm ²	
Druckfestigk. v. 68,0 " " " 181,4 " " "	0,0 " " " 108,7 " " "	

Nach 210-tägiger Erhärtungsdauer unter Wasser gab der gleiche Mörtel eine

Zugfestigkeit v. 18,6 kg p. cm ² ,	—	15,3 kg p. cm ²	—
Druckfestigk. v. 92,8 " " "	—	78,3 " " "	—

Einschaltend sei gestattet hier zu bemerken, dass bei Bestimmung der Siebrückstände gekugelter Schlacken oder

anderer mineralischer Körper einige Aufmerksamkeit nöthig ist, um sich vor Trugschlüssen zu bewahren. Zwischen bewegten Kugeln können sich einzelne Partikelchen schuppenartig zusammenballen, die am Siebtuch nicht unbedingt zerfallen, somit leicht als Siebrest behandelt werden können, während sie in Wirklichkeit ein Conglomerat sind, welches in Ermanglung eines eigentlichen Kittstoffes oft schon unter mässigem Fingerdrucke oder bei Benetzung mit absolutem Alkohol in ihre Elemente zerfallen. So haben unsere microscopischen Untersuchungen schon im September 1885 keinen Zweifel darüber übrig gelassen, dass die zuerst durch Herrn F. Wolters beobachtete Schuppenbildung gekugelter Cemente oder Cementcompositionen mit dem constatirten Wirkungsgrade nichts zu thun habe, und dass alle physikalischen Veränderungen solcher Cemente einfach Folge der feineren Mahlung, bei Schlackencementen überdies Folge sind der innigsten Mischung und Annäherung der activ aufeinander einwirkenden Substanzen. Unserer Ansicht nach kommt es in der Frage der Abbinde- und Erhärtungsvorgänge der Gemenge aus Kalk und Schlacken auf die Strukturverhältnisse der einzelnen Componenten wenig an, dies umsomehr als es bislang nicht gelungen ist, greifbare Unterschiede in der Form und äusseren Beschaffenheit der durch Mahlung basischer Stückschlacken beziehungsweise des granulirten Sandes der nämlichen Schlacken zu entdecken. Im Gegentheil scheint das Mehl aus glasigem Sand saurer Schlacken eher schärfer und splittiger zu sein, ist aber dennoch practisch werthlos. Mag auch die fügliche Versteinerung eines Schlackencements das Resultat einer combinirten chemisch-physikalischen Wirkung sein, so viel steht fest, dass dieselbe unter stetiger Wasseraufnahme vor sich geht und dass gedarrte Probekörper ihre Cohäsion nicht verlieren, weil die kleinsten Theile aus ihrer Attractionssphäre rücken, sondern weil der Kittsubstanz das chemisch gebundene Wasser entzogen wurde.

Fassen wir vorstehende Auseinandersetzungen kurz zusammen, so können wir, Belehrung vorbehalten, sagen, dass die Eignung einer basischen Hochofenschlacke zur fabrikmässigen Darstellung eines Schlackencements bedingt wird:

- 1) *Durch die Basicität der Schlacke*, welche für vorliegende Zwecke hinlänglich genau durch das Verhältniss des Kalkes zum Kieselsäuregehalt zum Ausdruck gelangt. Ein relativ hoher Schwefelgehalt mahnt zur Vorsicht. Den, bezüglich der Wirkung des Schwefels bisher gemachten Erfahrungen kann ein endgültig entscheidender Werth nicht zuerkannt werden. Beim Granuliren entweicht ein Theil des Schwefels; Mittheilungen zufolge soll die Abminderung des Schwefelgehaltes desto grösser ausfallen, je heisser die Schlacke und kräftiger der Wasserstrahl, mit einem Worte, je energischer die Granulirung gewesen.
- 2) *Durch die Temperatur-Verhältnisse und die Art der Granulirung* der Schlacke; gute Resultate sind nur dann zu erreichen, wenn die Schlacke in möglichst heissem und daher dünnflüssigem Zustande in einem kräftigen Wasserstrahle abgeschreckt wird.
- 3) *Durch die Feinheit der Zerkleinerung*. Hochofenschlacken müssen so fein als irgend möglich gemahlen werden. Die maschinellen Einrichtungen und Hilfsmittel sind dabei sachlich völlig gleichgültig. Das zur fabrikmässigen Darstellung der Schlacken-Cemente unseres Wissens zuerst in Choindez, später im Thale a./H. angewandte System der Doppelmahlerei empfiehlt sich insbesondere deshalb zur Nachahmung, weil mit dem zweiten Mahlproceß die wünschbare, innigste Mischung und bei sachgemässer Auswahl des Apparates auch die thunlichste Annäherung der activ auf einander einwirkenden Stoffe auf mechanischem Wege erreicht werden kann.

Der zweite und wesentliche Bestandtheil jedes Schlackencements ist der trocken gelöschte Aetzkalk. Neben Schlacke und Staubkalk können nach örtlichen Verhältnissen, Qualität der Schlacke und Zweck des Fabricats diesem auch

andere künstliche oder natürliche Silicate beigemischt werden.

Besondere Aufmerksamkeit fordert der zur Schlackencementfabrication zu verwendende Kalk. Gar gebrannter Luftkalk — hydraulischen Kalk zu verwenden ist zwecklos — wird in Lagen von 10 bis 15 cm Höhe ausgebreitet, auf Faustgrößen zerschlagen und nun mit Wasser solange abgespritzt, bis das Material thunlichst vollständig in Pulver zerfallen ist. Die Masse bleibt 1—2 Tage sich selbst überlassen und wird hierauf behufs Abscheidung aller größeren Rückstände durch ein Drahtgitter geworfen. Von dem so gewonnenen Mehle werden mittelst Rüttel- oder Cylinder-sieben alle griesigen unvollkommen gelöschten Partikelchen abgeschieden. Der zur Cementbereitung zu verwendende Staubhydrat muss sich mehlig-weich anfühlen und darf keinerlei körnig-festen Bestandtheile mehr enthalten. Durch den zweiten Mahlprocess der vorangehend in richtigen Verhältnissen gemischten Schlackencementcomponenten werden die letzten Reste der körnigen Partikelchen zerrieben und unschädlich gemacht. Daher kommt es, dass so erzeugte Schlackencemente volumenbeständig, absolut zuverlässig sind und die schärfsten Proben auf Kalktreiben, nämlich die Koch-, Glüh- und Darrproben vollkommen bestehen.

Die Sorgfalt und sachgemässe Behandlung, die das Kalkmaterial fordert, schliesst die Darstellung des Schlackencementes auf Bauplätzen vollkommen aus. Ebenso unpractisch, auf grössern Bauplätzen überhaupt nicht durchführbar ist die Schlackencementbereitung mit Zuhülfnahme eingespulter Lufkalkes. Die Mischung von Hand bleibt immer unvollkommen, das Mischungsverhältniss schwer zu controliren, und schliesslich überwiegen Ankaufspreis, Transportkosten des Kalkes, sowie die Kosten der Mehrarbeit bei Erzeugung des Gemenges am Platz die Mehrkosten, welche der Transport des Kalkes im fertigen Cemente bedingt. Rechnet man den Vortheil der Zuverlässigkeit fabrikmässig erzeugter Waaren, so erkennt man, dass nur sachunkundige oder interessirte Rathgeber für das Zumischen des Schlackencements an Ort und Stelle plaidiren können.

Das einzige schlackenproducirende Hüttenwerk der Schweiz ist Choindez bei Delsberg im Jura. Wie bereits erwähnt, wird dort seit dem Jahre 1880 Schlackencement fabricirt; derselbe zeichnet sich durch eine überraschende Gleichmässigkeit in Farbe, Structur und seinen mechanischen Eigenschaften aus. Folgende Zusammenstellung gibt eine Uebersicht über die genannten Verhältnisse.

Probe No. :	1	2	3	4
Specif. Gewicht :	2,69	2,67	2,68	2,66
Glühverlust	8,21 0/0	7,44 0/0	8,85 0/0	7,72 0/0
Litergewicht				
lose :	1,02 kg	1,03 kg	1,02 kg	1,00 kg
eingerüttelt :	1,61 „	1,63 „	1,60 „	1,57 „
Siebrückstand am				
900 Sieb :	0,5 0/0	1,0 0/0	0,6 0/0	0,2 0/0
2500 „	2,0 0/0	2,8 0/0	1,6 0/0	1,2 0/0
5000 „	18,0 0/0	13,5 0/0	11,4 0/0	10,4 0/0
Anmachwasser :	— *)	32,5 0/0	32,5 0/0	33,0 0/0
Beginn d. Erhärtung :	—	ca. 2 St.	ca. 2 St.	ca. 1 3/4 St.
Bindezeit :	—	ca. 22 St.	ca. 21 St.	ca. 25 St.

Bei Wasserlagerung gibt der Normalmörtel 1 : 3 :

nach 7 Tagen 28 Tagen

eine mittlere Zugfestigkeit 12—17 kg pro cm² 24—30 kg pro cm²

„ „ Druckfestigkeit 100—130 kg pro cm² 180—250 kg pro cm²

Probe No. 1 ist direct aus der Fabrik bezogen (August 1885);
 „ „ 2 ist vom Bauplatze des Chemiebaus in Zürich entnommen (1886);
 „ „ 3 ist vom Bauplatze des Schleusenwehres bei Nidau entnommen (1886);
 „ „ 4 ist vom Bauplatze eines Wohngebäudes in Oberstrass entnommen (1886);

Die Nacherhärtung des Schlackencementes unter Wasser

ist sehr erheblich: die im Jahre 1882/3 ausgeführten Untersuchungen ergaben in dieser Hinsicht folgende Resultate:

Mörtel:	1 : 0	1 : 1	1 : 3
Dauer der Wasserlagerung :	7 Tg. — 210 Tg.	7 Tg. — 210 Tg.	7 Tg. — 210 Tg.
mittl. Zugf. :	14,6 kg — 33,0 kg p. cm ²	16,3 kg — 42,7 kg p. cm ²	9,2 kg — 24,2 kg p. cm ²
mittl. Druckf. :	116,2 kg — 352,4 kg p. cm ²	113,0 kg — 355,1 kg p. cm ²	97,7 kg — 232,1 kg p. cm ²

Ueber die Ergebnisse der speciellen Untersuchungen bezüglich Kalk- und Sandcapacität der frischen und gelagerten Cement-Componenten, bezüglich der Betonfestigkeit bei Luft-, theilweiser und gänzlicher Wasserlagerung, ferner der erheblichen Adhäsion und Wasserundurchlässigkeit des Schlackencementes von Choindez hier zu berichten würde zu weit führen. Dagegen dürfen unsere Beobachtungen bezüglich *Frostbeständigkeit* nicht unerwähnt bleiben. Frostwirkungen gegenüber verhalten sich die Schlackencemente ähnlich wie die mit Staubhydrat versetzten Portlandcemente. Sieben Tag alte, wassergesättigte Probekörper 1 : 3 zeigen nach zehnmaligem Auftauen und Wiedergefrieren meist ganz erhebliche Frostschäden. Nach 28 tägiger Wassererhärtung haben wir widersprechende Resultate erzielt. Durch 20 maliges Gefrieren bei ca. — 8° C. und Wiederauftauen in Wasser von ca. 12—14° C. sind eine Anzahl von Proben beschädigt worden, während andere fast vollkommen scharfkantig und intact aus der Procedur hervorgegangen sind.

Die an ausgeführten Objecten gemachten Erfahrungen bestätigen insofern unsere Versuchsergebnisse, als überall, wo der Mörtel oder Béton in den ersten Tagen seiner Erhärtung durch Fröste überrascht wurde, seine Fähigkeit verlor, nachträglich zu erhärten; er bröckelt an den beschädigten Stellen ab, während der unbeschädigte Kern intact und widerstandsfähig bleibt.

Die rationelle Verarbeitung der Schlackencemente fordert immerhin Vorsicht und eine sorgfältig Verwahrung frischer Ausführungen vor Frostwirkungen. Arbeiten in Schlackencement sind im Freien bei Lufttemperaturen unter Null nicht zulässig. Andererseits muss bemerkt werden, dass der Schlackencement, als Puzzolan-Cement, also als *hydraulisches Bindemittel* in erster Linie zu Arbeiten unter Wasser oder feuchten Atmosphären zu verwenden ist. An der Luft verliert der Schlackencement, wie der Portland- und jeder andere Cement einen Theil seines Hydratwassers und somit meist auch einen Theil seiner Kraft. Der Schwerpunkt des Erhärtungsprocesses liegt beim *Schlackencement* in der kräftigen und nachhaltigen Nacherhärtung, welche wie bereits erwähnt, mit einer Wasseraufnahme verbunden ist. Es ist daher bei Verwendung des Schlackencementes für Luftbauten insbesondere darauf zu achten, dass derselbe in den ersten vierzehn Tagen möglichst gleichmässig feucht gehalten werde.

Ob Schlackencement an der Luft, durch Verlust an Hydratwasser oder in Folge Einwirkung der Atmosphären eine Zersetzung erleiden kann, vermögen wir nicht zu entscheiden. Uns sind Fälle, wie sie bei Portland-Cementen vorkommen, die unter Umständen nach Jahren unter erheblicher Kohlensäureaufnahme zu Pulver zerfallen (Lufttreiber), bei Verwendung der Schlackencemente von Choindez nicht bekannt geworden.

Eine weitere, fatale Eigenschaft der Schlackencemente, ist ihre Tendenz zu *Trocken- oder Schwindrissigkeit*, die sich nur durch sachgemässe Behandlung, vor Allem durch Zusatz entsprechender Mahlzungsmittel mildern lässt.

Als eine für manche Anwendungsgebiete nachtheilige Eigenschaft des Schlackencementes muss endlich noch seine meist geringe Anfangsenergie bezeichnet werden. Alle künstlichen und natürlichen Puzzolanen theilen mit der wirksamen Hochofenschlacke die Eigenthümlichkeit, erst nach Ablauf einiger Zeit kräftig zu erhärten. Bei der Choindez-Schlacke beginnt die energische Steigerung der Cohäsion, der Ausdruck der beginnenden Versteinerung, nach 10—14 Tagen. Unsere Tabelle II zeigt übrigens, dass wir in der That über Hochofenschlacken verfügen, die bei angenähert gleichem Feinheitsgrade, schon nach siebentägiger Wasserlagerung eine erhebliche Cohäsion aufweisen.

*) Nicht bestimmt.